สมอง เรียน รู้

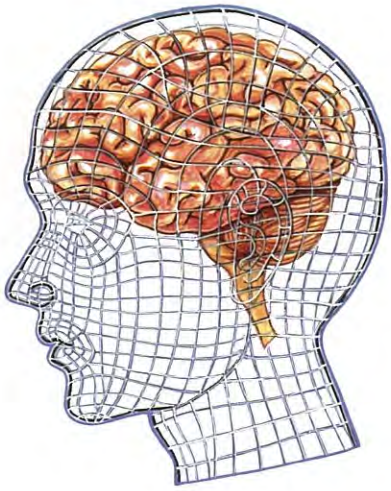


นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร
พรพิไล เลิศวิชา

สสอน
สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้
(องค์การมหาชน)

สมอง เรียน รู้

นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร
พรพิไล เลิศวิชา



สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพ
และนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอน.)

สมอง เรียน รู้

นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร
พรพิไล เลิศวิชา

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
อัครภูมิ จารุภากร.
สมอง เรียน รู้. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้, 2551.
310 หน้า.
1. การเรียนรู้. 2. ประสาทวิทยา. I. พรพิไล เลิศวิชา ผู้แต่งร่วม.
II. ชื่อเรื่อง
370.1523
ISBN 978-974-9772-49-2

พิมพ์ครั้งที่ 2	กรกฎาคม 2551 จำนวนพิมพ์ 3,000 เล่ม
จำนวนหน้า	310 หน้า ราคา 390 บาท
ข้อมูลลิขสิทธิ์	สมอง เรียน รู้ สงวนลิขสิทธิ์ © 2551 สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้
บรรณาธิการอำนวยการ	ดร.อรพินท์ สพโชคชัย
บรรณาธิการ	นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร
ที่ปรึกษา	ดร.ยุวดี ศันสนียรัตน์
ภาพประกอบ	ตรีทิพย์ เมืองมูล, วรกันต์ ตนบุรณ์ทรัพย์, อัครภูมิ จารุภากร
ออกแบบรูปเล่ม	เดือนฉาย รุ่มจิตร, อัครภูมิ จารุภากร
พิสูจน์อักษร	มารศรี ยกเต้ง, ฉัตรียา เลิศวิชา
จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย	สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอน.)
พิมพ์ที่	บริษัท ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์ จำกัด (มหาชน)

สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอน.)
Institute for Gifted and Innovative Learning (IGIL)
สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน) สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี

เลขที่ 1 อาคารคิวเฮ้าส์ ลุมพินี ชั้น 16 ถนนสาทรใต้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 02-6862999 โทรสาร 02-6862901 เว็บไซต์ http://www.igil.or.th

คำนิยม

หนังสือ "สมอง เรียน รู้"
โดย นพ.อัครภูมิ จารุภากร และ พรพิไล เลิศวิชา

สมองมนุษย์คือ สิ่งที่มหัศจรรย์ที่สุดที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และการทำงานของสมองมนุษย์ก็มหัศจรรย์พอๆ กัน คนในยุคนี้โชคดีที่วิชาการด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (Neurosciences) ได้ก้าวหน้าขึ้นอย่างมากมาย เปิดเผยการทำงานของสมอง ทำให้เกิดความเข้าใจกลไกของการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างไม่เคยมีมาก่อน มีผลต่อการปฏิวัติรูปแบบของการจัดกระบวนการเรียนรู้ในโรงเรียน และการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในสังคม

คนไทยโชคดีที่มีการจัดตั้งสถาบันวิทยาการเรียนรู้ขึ้น สำหรับนำเอาความก้าวหน้าด้านความรู้เกี่ยวกับสมอง มาใช้ในการ จัดกระบวนการเรียนรู้ สู่การปฏิบัติหรือประยุกต์ใช้ในสังคมไทย และเราโชคดีที่นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร และอาจารย์พรพิไล เลิศวิชา ได้ค้นคว้าและทดลองให้ความรู้ดังกล่าวในบริบทไทย นำมาเขียนหนังสือ "สมอง เรียน รู้" เล่มนี้

หนังสือเล่มนี้จัดพิมพ์ในรูปลักษณ์ของหนังสือยุค Brain—based Learning คือ มีภาพถ่าย ภาพวาด แผนผัง ตาราง ช่วยประกอบความเข้าใจ ช่วยให้น่าอ่าน อ่านง่าย เข้าใจได้เร็ว เข้าใจเรื่องราวที่ซับซ้อนได้ง่าย

ผมชื่นชมความประณีตในการจัดทำหนังสือเล่มนี้ ผู้อ่านจะสัมผัสได้ว่านี่คือหนังสือ "สัญชาติไทย" ไม่ใช่หนังสือที่มาจากการแปลตำราฝรั่ง ยืมรูปฝรั่งมาทั้งดุ้น เป็นหนังสือที่เขียนขึ้นจากการ "ย่อย" อย่างละเอียดรอบคอบ ผ่านการทดลองใช้ด้วย "สมอง เรียน รู้" ของผู้เขียนเอง

หนังสือเล่มนี้ควรเป็นหนังสือประจำบ้าน ประจำโรงเรียน ประจำห้องสมุด ประจำองค์กร ฯลฯ คือ ควรมีไว้ทั่วไป ให้หยิบมาทบทวนทำความเข้าใจได้เสมอ เพราะในโลกยุค "ความรู้เป็นฐาน" (Knowledge—based) นั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดไม่ใช่ความรู้ แต่เป็น "การเรียนรู้" และการเรียนรู้ไม่ใช่สิ่งที่เกิดขึ้นในวัยเด็กเท่านั้น แต่จะต้องเกิดขึ้นในคนทุกคนตลอดชีวิต เกิดขึ้นในทุกบริบทของชีวิต

ความรู้เกี่ยวกับ สมอง เรียน รู้ จะช่วยให้พ่อแม่เลี้ยงดู อบรม ลูกได้ถูกวิธียิ่งขึ้น ช่วยให้ครูทำหน้าที่เป็นกัลยาณมิตรแห่งการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้บริหารองค์กรและเจ้าหน้าที่แผนกพัฒนาทรัพยากรมนุษย์จัดกระบวนการเรียนรู้แฝงฝังอยู่กับกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้บริหารท้องถิ่นและผู้บริหารประเทศจัด "โครงสร้างพื้นฐาน" เพื่อการเรียนรู้ของท้องถิ่นและประเทศได้ดียิ่งขึ้น และที่สำคัญที่สุดช่วยให้บุคคลแต่ละคน ดำเนินชีวิตเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ของตนเองได้ดียิ่งขึ้น

ผู้อ่านพึงอ่านหนังสือเล่มนี้อย่างพินิจพิเคราะห์ ว่ากระบวนการเรียนรู้แบบที่ยึดถือกันอยู่ในปัจจุบัน ส่วนไหนบ้างที่จะต้องเปลี่ยนแบบ "ยกเครื่อง" ใหม่หมดหรือแบบปฏิวัติ

เนื่องจากความรู้ด้านประสาทวิทยาศาสตร์ที่เป็นฐานความเข้าใจเรื่อง สมอง เรียน รู้ กำลังก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วมาก ผมจึงขอตั้งความหวังว่าสถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้จะได้สนับสนุนให้มีการค้นคว้าความรู้ใหม่เชิงทฤษฎีและความรู้ใหม่จากการทดลองประยุกต์ใช้ความรู้นี้ในการจัดรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทไทย แล้วนำมาปรับปรุงหนังสือ "สมอง เรียน รู้" นี้ทุก ๆ 3 - 5 ปี เพื่อใช้หนังสือเล่มนี้ขับเคลื่อนการพัฒนารูปแบบและกระบวนการเรียนรู้ในสังคมไทยอย่างไม่หยุดยั้ง

ศ. นพ. วิจารณ์ พานิช
ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการจัดการความรู้เพื่อสังคม (สคส.)
www.kmi.or.th
http://gotoknow.org/blog/thaikm
3 กันยายน 2550

คำนำ
สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้

ในอดีตความรู้ทางด้านสมองมักถูกนำมาใช้ประโยชน์เฉพาะด้านการแพทย์หรือเพื่อรักษาอาการเจ็บป่วยทางสมองเท่านั้น แต่เมื่อวิทยาการด้านประสาทวิทยา (Neuroscience) มีความก้าวหน้ามากขึ้น โดยเฉพาะด้าน Cognitive Neuroscience ทำให้ข้อค้นพบต่างๆ เกี่ยวกับความคิด ความจำ การเรียนรู้ ฯลฯ อันเนื่องด้วยการทำงานของสมองได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการจัดการเรียนรู้มากขึ้นเป็นลำดับ

สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้เล็งเห็นว่า การเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของสมองเข้ากับกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้น เป็นเรื่องที่มีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาการศึกษา ซึ่งกำหนดการพัฒนาคุณภาพและศักยภาพของเยาวชนของเรา หนังสือ "สมอง เรียน รู้" ได้สังเคราะห์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับการทำงานของสมอง ขณะเดียวกัน ได้บูรณาการความรู้ดังกล่าวเข้ากับกระบวนการจัดการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ขอขอบคุณ นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร และ อาจารย์พรพิไล เลิศวิชา ที่ได้อุตสาหะทุ่มเทเวลาในการศึกษาค้นคว้าและเขียนหนังสือที่ทรงคุณค่าเล่มนี้ขึ้น สถาบันฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาของเด็กและเยาวชนในบ้านเราสืบไป

ดร.อรพินท์ สพโชคชัย

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้

คำนำผู้เขียน

ความคิดเป็นสิ่งนามธรรม จับต้องไม่ได้ แต่มันกลับมีบทบาทมหาศาลต่อมนุษย์และสังคม สาขาความรู้ที่ศึกษารูปการณ์ความคิดและจิตใจของมนุษย์นั้น มีอยู่มากมาย อาทิเช่น ประสาทวิทยา จิตวิทยา สังคมวิทยา มานุษยวิทยา ประวัติศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ปรัชญา และศาสนา เป็นต้น

ความรู้ที่ว่า ความคิดของคนเรามาจากไหน ก่อตัวขึ้นมาแบบไหน และเปลี่ยนแปลงไปด้วยกระบวนการแบบใดนั้น ยังคงเป็นความรู้ที่มีผู้ค้นคว้ากันอยู่สืบมา หนึ่งในใจกลางของความรู้นี้ก็คือ ความรู้ที่จะสืบทอด และพัฒนาความคิดจิตใจของมนุษย์ให้เป็นประโยชน์แก่สังคมและโลก ในหลายทศวรรษที่ผ่านมา ความรู้ด้านประสาทวิทยา (Neurosciences) นับเป็นความรู้สาขาหนึ่งที่มีความก้าวหน้าอย่างมาก ความรู้ด้านประสาทวิทยาเป็นอีกสาขาหนึ่งที่พยายามตอบคำถามข้างต้นอธิบายที่มาของความคิดและจิตใจของมนุษย์โดยผ่านทฤษฎีว่าด้วยการทำงานของสมองเป็นสำคัญ

หนังสือเล่มนี้ ได้รวบรวม สังเคราะห์ความรู้พื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับการทำงานของสมอง บูรณาการเข้ากับกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพราะมุ่งหมายต่อกลุ่มผู้อ่าน คือ ผู้ใหญ่ทั้งหลายที่มีบทบาทต่อการเลี้ยงดูและให้การศึกษาแก่เด็กและเยาวชน ผู้เขียนทั้งสอง ใคร่ขอขอบคุณโรงเรียน ครูบาอาจารย์ ครอบครัว และเด็กๆ ทั้งหลาย ซึ่งเป็นแหล่งที่มาสำคัญยิ่งของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบการเขียนหนังสือเล่มนี้ ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนการศึกษา ค้นคว้า และจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ออกเผยแพร่ต่อสาธารณชน

อัครภูมิ จารุภากร/พรพิไล เลิศวิชา

กรกฎาคม 2550

สารบัญ

1 — 2 — แชมป์วิดีโอเกม
สิ่งที่เปลี่ยนแปลงสมอง และสมองที่ถูกเปลี่ยนแปลง

2 — 4 — วิดีโอเกม เจนเนอเรชั่น
เด็กที่เปลี่ยนไป

3 — 8 — โลกานุวัตร
ไม่ใช่เด็กเท่านั้นที่เปลี่ยน โลกเองก็เปลี่ยนไปแล้ว

4 — 10 — สมองบางทีฉลาด บางทีโง่ อย่างนั้นหรือ
สมองที่เปลี่ยนแปลงโลก

5 — 17 — มองดูการเรียนรู้เสียใหม่
ปัญญาและการเรียนรู้

6 — 25 — สมองของเรา
โครงสร้างสมอง

7 — 39 — สมองทำอะไร
การทำงานของส่วนต่างๆ ในสมอง

8 — 79 — นาทีแห่ง ‘การเรียนรู้’
‘เซลสมอง’ คิดแบบไหน
ความรู้ทางสรีรวิทยาเกี่ยวกับเซลสมองและวงจรเชื่อมโยงเซลสมอง

9 — 95 — สมองมีมาแต่เกิด
ความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นสมอง และข้อมูลที่อยู่ในสมองตั้งแต่แรก

10 107 ข้อมูลใหม่ในสมอง
การก่อ-สร้าง ความคิด และ ความจำ

11 139 เมื่อไรจะเข้าใจ เมื่อไรจะจำ
เมื่อไรสมองจะผลิตความรู้และบันทึกข้อมูล

12 163 สัญญาณแห่งอารมณ์
อารมณ์ : การรับรู้ที่บงการสมอง

13 175 กดดัน หรือ ท้าทาย
ระบบประสาทอิสระ สารสื่อประสาท ความเครียด และปัญหาการเรียน

14 205 จูงใจสมอง
การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูง

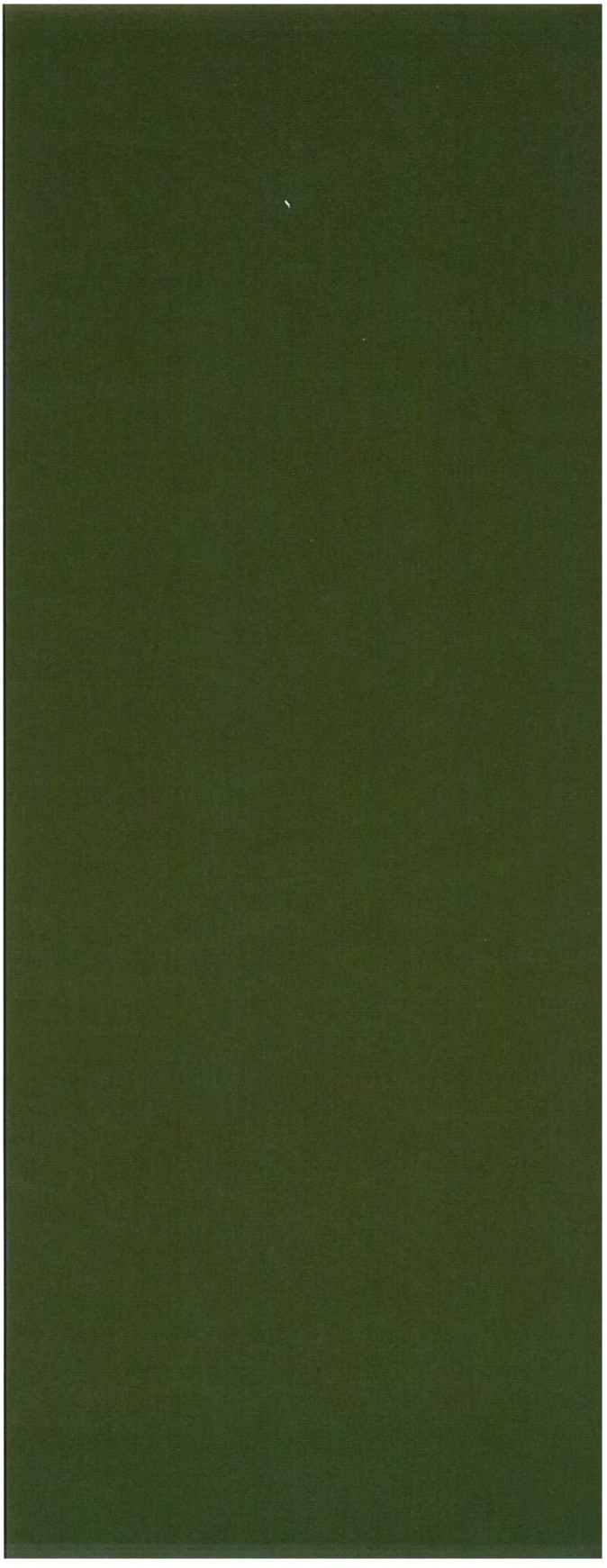
14.1 223 'ห้องเรียนรู้'
สิ่งแวดล้อมในห้องเรียน ห้องเรียน-ครู-นักเรียน-ครูกับนักเรียน และ สื่อสำหรับการเรียนรู้

15 233 เข้าใจ เพื่อใช้สมอง
ความรู้และการส่งผ่านความรู้

16 257 เรียนรู้สมอง
สรุปบางสิ่งที่เรียนรู้เกี่ยวกับสมอง

265 อธิบายคำ
คำเกี่ยวกับการเรียนรู้ คำเกี่ยวกับการรับรู้ คำเกี่ยวกับสมอง คำอื่นๆ

294 เอกสารและแหล่งข้อมูล Credits
300 บันทึกท้ายเล่มและคำขอบคุณ
302 แนะนำสถาบันวิทยาการการเรียนรู้





1 แชมป์วิดีโอเกม

สิ่งที่เปลี่ยนแปลงสมอง และสมองที่ถูกเปลี่ยนแปลง



http://www.amazon.com/60-Minutes-Fatal1ty-January-2006/dp/B000FOT9W6

เรื่องราวของ โจนาธาน เวนเดิล ถูกนำไปทำเป็นรายการโทรทัศน์ 60 MINUTES และมีการบันทึกเทปเป็นสินค้าที่วางขายทั่วไป ภาพโฆษณานี้อยู่บนเว็บไซต์อะเมซอน

ในการแข่งขันเพื่อชิงแชมป์สุดยอดนักวิดีโอเกมนัดสำคัญๆ ของโลก จะมีชื่อของโจนาธาน เวนเดิล(Jonathan Wendel) อยู่ด้วย และเขาก็มักจะเป็นผู้ผูกขาดชนะเลิศแทบทุกนัด โจนาธานเริ่มรู้จักวิดีโอเกมนินเทนโดเมื่อเขาอายุ 5 ปี หนึ่งปีหลังจากนั้นคุณพ่อของเขาซื้อคอมพิวเตอร์ให้ และเขาได้เริ่มต้นปฏิบัติการเล่นวิดีโอเกมอย่างเอาเป็นเอาตาย เมื่อย่างเข้าสู่วัยรุ่นเขาเริ่มสนุกสนานกับเกมยิงโชกเลือด พออายุได้ 18 ปี เขาก็ตัดสินใจเข้าชิงแชมป์วิดีโอเกมและได้รับเงินรางวัลเป็นก้อนแรก ตั้งแต่นั้นมาเขาตระเวนแข่งวิดีโอเกมไปทั่วโลก ในปี 2005 ปีเดียวเขาได้รับเงินรางวัลถึงสองแสนเหรียญ(สิบห้าล้านบาท)จากชัยชนะ ขณะนี้โจนาธานอายุได้ 25 ปี ใช้เวลาอย่างน้อยวันละ 8 ชั่วโมงหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซ้อมแข่งวิดีโอเกมเป็นอาชีพ

เรารู้จักการแข่งขันหลายรูปแบบ เช่น แข่งขันกีฬา แข่งขันตอบปัญหา แข่งขันเล่นดนตรี แข่งขันประดิษฐ์ แข่งขันกิน แม้กระทั่งการประกวดความงามก็เป็นการแข่งขัน การแข่งขันในเกมคอมพิวเตอร์ ประเภททำแต้มจากการทำลายเป้าหมายที่ปรากฏขึ้นบนจอภาพ มีอะไรน่าสนใจกว่าการแข่งขันประเภทอื่นๆ หรือ

ถ้าเรากำลังคิดถึงว่า สมรรถภาพของคนเราเกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานอย่างไรของร่างกาย เราจะเห็นว่า สมรรถภาพในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์แตกต่างไปจากสมรรถภาพอื่นๆ บางด้าน ความเร็วของนิ้วที่จะกดคีย์โต้ตอบเมื่อเห็นภาพบนจอ ขึ้นอยู่กับความฉับไวของสมองในการรับรู้ภาพที่เกิดขึ้น และส่งต่อข้อมูลนั้นไปยังสมองส่วนการสั่งงานบังคับการเคลื่อนไหวนิ้วเป็นหลัก

น่าจะเกิดอะไรขึ้น กับสมองของเด็กเหล่านี้



เป็นเรื่องที่น่าสนใจใช่ไหมว่าเกิดอะไรขึ้นหรือได้เคยมีอะไรเกิดขึ้นหรือไม่กับสมองของเด็กหนุ่มผู้ครองตำแหน่ง 'แชมป์วิดีโอเกม' คนที่กล่าวถึงนี้ รวมถึงเด็กคนอื่นๆ ที่ยึดเอาวิดีโอเกมเป็นสรณะ นักวิทยาศาสตร์ด้านสมองบางคนได้ทดลองวัดความสามารถใน "การรับภาพ" ของเด็กๆ ยุคใหม่ ผลปรากฏออกมาว่า เด็กที่ทำคะแนนได้ดีที่สุดคนหนึ่งก็คือคนที่อยู่แถวหน้าของนักเล่นวิดีโอเกมนั่นเอง แต่ลำพังการที่วัดได้ว่าสมองมีความสามารถในการรับภาพได้ดีมาก ก็ยังไม่ได้ตัดสินว่าเด็กเป็นอะไรไป หรือจะเป็นอะไรขึ้นมา มันเพียงแต่บอกว่า สมอง ปรับตัวและเปลี่ยนแปลง การศึกษาของนักวิทยาศาสตร์มีข้อสรุปเพียงว่า แอคชั่นเกมได้จัดการพัฒนาสมรรถนะของสมองเด็กในการจดจ่อกับภาพ (visual attention) และความสามารถในการรับรู้ต่อจุดสนใจ(คือเป้ายิง)ที่กระจายตัวมากขึ้นในภาพนั้น (spatial distribution) ได้สำเร็จ

แต่การพัฒนาสมรรถนะในการรับภาพก็เป็นเพียงด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งคือคำถามที่วิตกกันว่าอารมณ์ของเด็กที่ตอบสนองต่อความรุนแรงและความท้าทายต่างๆ ในทุกนาทีของการเล่นเกมนั้น จะก่อให้เกิดผลอย่างไรบ้างต่อเด็ก นักจิตวิทยาการเรียนรู้นึกสงสัยว่าวิดีโอเกมจะเข้าครอบงำและเปลี่ยนแปลงจิตใจของเด็กหรือเปล่า

ในมุมมองด้านสมอง วินาทีแห่งการเล่นเกมนั้นเป็นเวลาที่สมองทำงานอย่างหนัก โดยเฉพาะสมองซีกขวาซึ่งเป็นตำแหน่งที่ประมวลผลข้อมูลภาพ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์วิตกก็คือ ในขณะที่สมองซีกซ้ายทำงานด้านภาษา การวิเคราะห์ และใช้เหตุผล สมองซีกขวานี้เองที่มีเส้นทางลัดไปยังวงจรอารมณ์ หากเป็นการ 'อ่าน' หนังสือซึ่งเป็นการทำงานของสมองซีกซ้าย การรับความรู้สึกและอารมณ์ที่มากับข้อมูลจะถูกกรองด้วยการวิเคราะห์และเหตุผล แต่ถ้าเป็นสมองซีกขวา จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อภาพที่แฝงเนื้อในแห่งความรู้สึกและอารมณ์ของเกมเหล่านั้น ประดังเข้าสู่วงจรซึ่งลัดไปสู่ 'การสร้างอารมณ์ร่วม' อย่างทันทันที

เครก แอนเดอร์ซัน (Craig Anderson) นักจิตวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยมิสซูรี-โคลัมเบีย กล่าวว่า ในงานวิจัยของเขาได้พบว่า การโหมความรุนแรงเข้าสู่อารมณ์เช่นนี้ สามารถเร่งเร้าให้เกิดพฤติกรรมต่อต้านพฤติกรรมก้าวร้าว ความตกต่ำทางวิชาการ และปัญหาด้านพฤติกรรมอื่นๆ

2 วิดีโอเกม เจนเนอเรชั่น

เด็กที่เปลี่ยนไป



ผู้คนรุ่นวัยห้าสิบซึ่งเป็นผลผลิตของยุคอันเงียบสงบที่ผ่านมา ต่างพากันรำลึกถึงนกกางเขน นิ่ม นิด หน่อย น้อย ซึ่งหัดบิน บางคนนึกถึงแม่ไก่นันทา ซึ่งเที่ยวเล่นออกนอกถนน แสนสงสารนันทาผู้น่ารักที่ถูกรถชนตาย ผู้คนในรุ่นนี้พากันสงสัยว่าเด็กเดี๋ยวนี้อ่านอะไรกันหนอ และทำไมพวกเด็กเหล่านี้จึงเป็นไม้เบื่อไม้เมากับโรงเรียน ซึ่งพวกเขาเคยไปรู้จักกับนกกางเขนและแม่ไก่นันทาเสียจริงๆ

คำตอบของยุคนี้เปลี่ยนแปลงไปแล้ว ปัจจุบันนี้โลกถูกครอบครองไว้ด้วยสื่อนานาชนิด ไม่ว่าจะเป็นการ์ตูน นิทาน นวนิยาย หนังสือวารสาร ภาพยนตร์ที่อยู่บนแผ่นวีซีดี ซินเดอเรลลาบนจอภาพนั้นทั้งน่ารักน่าตื่นใจ ได้ยินทั้งเสียงทั้งเห็นเธอร้องเพลงเจื้อยแจ้ว สนุกกว่าการอ่านหนังสือหลายเท่านัก ถ้าเด็กไม่ได้รับการปลูกฝังให้รักการอ่านมาก่อน เห็นจะยากที่จะสนใจหนังสือได้ นอกจากนี้สิ่งเร้าใจกว่าและสื่ออันน่าตื่นเต้นทั้งหลายไม่ได้อยู่ที่โรงเรียน แต่มันอยู่ที่ร้านอินเทอร์เน็ต ห้างสรรพสินค้า หรือไม่ก็ที่บ้าน โทรศัพท์นั้นเล่า บัดนี้ทำได้แทบทุกอย่างตั้งแต่ส่งข้อความ ฟังเพลง ถ่ายภาพ และต่ออินเทอร์เน็ต บรรยากาศที่โรงเรียนยังห่างไกลจากสิ่งแวดล้อมของเด็กมากนัก

นิตยสาร Newsweek ฉบับนี้
ตีพิมพ์เรื่องราวของบทบาทเทคโนโลยี
ที่มีผลต่อการทำงานของสมองเด็ก



เด็กๆ ในปัจจุบันนี้มาโรงเรียนพร้อมกับจิตใจซึ่งต่างไปจากเด็กเมื่อ 50 ปีก่อน ปกนิตยสารนิวสวีคฉบับนี้ตีพิมพ์ภาพเป็นเด็กมีโครงสร้างภายในแบบ 'หุ่นยนต์' และตั้งชื่อเรียกพวกเขาว่า เด็กชีวกลไก (Bionic Kids) คำว่า Bionic น่าจะมาจากคำว่า bio + mechanic นี่เป็นนัยที่ต้องการสื่อความว่า เด็กยุคเทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้างจากอดีต โลกทุกวันนี้ที่เด็กอาศัยอยู่ต่างจากโลกของคนรุ่นก่อนหน้านี้มากทีเดียว 'generation gap' หรือ 'ช่องว่างระหว่างวัย' ที่เคยมีมาเสมอในอดีตเปลี่ยนโฉมหน้าไป ช่องว่างในปัจจุบันระหว่างคน 2 รุ่น เกิดจากอิทธิพลของเทคโนโลยีมากกว่าจะเกิดจากการปฏิเสธระบบการเมือง แฟชั่น บทเพลง เหมือนเช่นในยุคที่ผ่านมา ในปัจจุบันนี้เราได้พบเห็นเด็กสมัยใหม่ที่เปลี่ยนไปแล้ว พวกเขาสนิทสนมกันทั้งๆ ที่ 'ไม่รู้จัก' กันมาก่อนเลย ความสัมพันธ์ในหมู่เด็กสามารถจะเกิดขึ้นหรือจบลงได้เพียงปลายนิ้วกดลงที่แป้นมือถือ หรือบนคีย์บอร์ด ทักษะต่างๆ เกิดขึ้นจากการอ่านหนังสือน้อยกว่าที่ได้รับจากโทรทัศน์และวิดีโอเกม อวัยวะแห่งการรับรู้ต่างๆ ถูกจู่โจมอย่างรวดเร็วโดยข้อมูลที่หลั่งไหลมาจากทุกทิศทุกทาง 'ข้อความ' หรือ 'เมสเสจ' ที่เด็กๆ สื่อสารกันผ่านทางโทรศัพท์ กลายเป็นสิ่งขับเคลื่อนความคิดและวัฒนธรรมของวัยรุ่น เด็กๆ ใช้โทรศัพท์ 'ดาวน์โหลด' เพลงที่ชื่นชอบ โทรศัพท์ที่ถ่ายภาพได้กลายเป็นเรื่องปกติ เช่นเดียวกับไดอารีมือถือ(palmtop) ก็สามารถถ่ายภาพได้เช่นเดียวกัน แม้เสื้อผ้าที่สวมใส่ก็ยังอุตส่าห์ออกแบบให้มีไมโครโฟนและเครื่องเล่นเอ็มพี 3

ในบรรดาความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ พอจะกล่าวได้ว่าเด็กถูกขับเคลื่อนโดยเทคโนโลยีที่สำคัญห้าอย่าง คือ โทรทัศน์ วิดีโอเกม ซาวน์อะเบ้าท์หรือเครื่องเล่นเพลงเอ็มพี 3 อินเทอร์เน็ต และมือถือกับการส่งข้อมูลข่าวสาร หรือ 'เมสเสจ'

วิดีโอเกม เอ็มพี 3 อินเทอร์เน็ต-แช็ต และมือถือ-เมสเสจ เป็นสิ่งแวดล้อมใหม่ 4 อย่างที่หล่อหลอมเด็กให้เปลี่ยนไปอย่างมาก พ่อแม่เป็นกลุ่มแรกที่ตั้งคำถามต่อการเปลี่ยนไปของลูก และถัดไปคือนักวิทยาศาสตร์ซึ่งตั้งคำถามว่า มีอะไรเกิดขึ้นกับสมองของพวกเขาหรือเปล่า แม้ว่ารายการโทรทัศน์และวิดีโอเกมจะถูกมองในด้านลบในแง่ที่มันเป็นสื่อที่ไร้สาระเต็มไปด้วยประเด็นยั่วยุทางเพศ เน้นความรุนแรง ไม่สร้างสรรค์ และทำให้เด็กหมกมุ่นกับภาพและวัตถุ แทนที่จะสนใจการอยู่ร่วมกันในสังคมและพัฒนาทักษะทางสังคมขึ้นมา แต่นักวิทยาศาสตร์ด้านสมองไม่ได้สนใจเฉพาะประเด็นทางศีลธรรม หากแต่ให้ความสนใจในแง่ที่ว่า มีอะไรเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นบ้างในโครงสร้างด้านสมองของเด็ก ส่วนนักจิตวิทยาและนักการศึกษาก็สนใจว่า ระบบวิธีแห่งการสืบทอดความรู้และสร้างความรู้ที่เราเคยทำกันมาในศตวรรษก่อน ยังใช้ได้สำหรับพวกเขาไหม


THAILAND
GAME
SHOW
COMP
ook Series- G1
ASUS
Heart Touching
Rock Solid · Hea

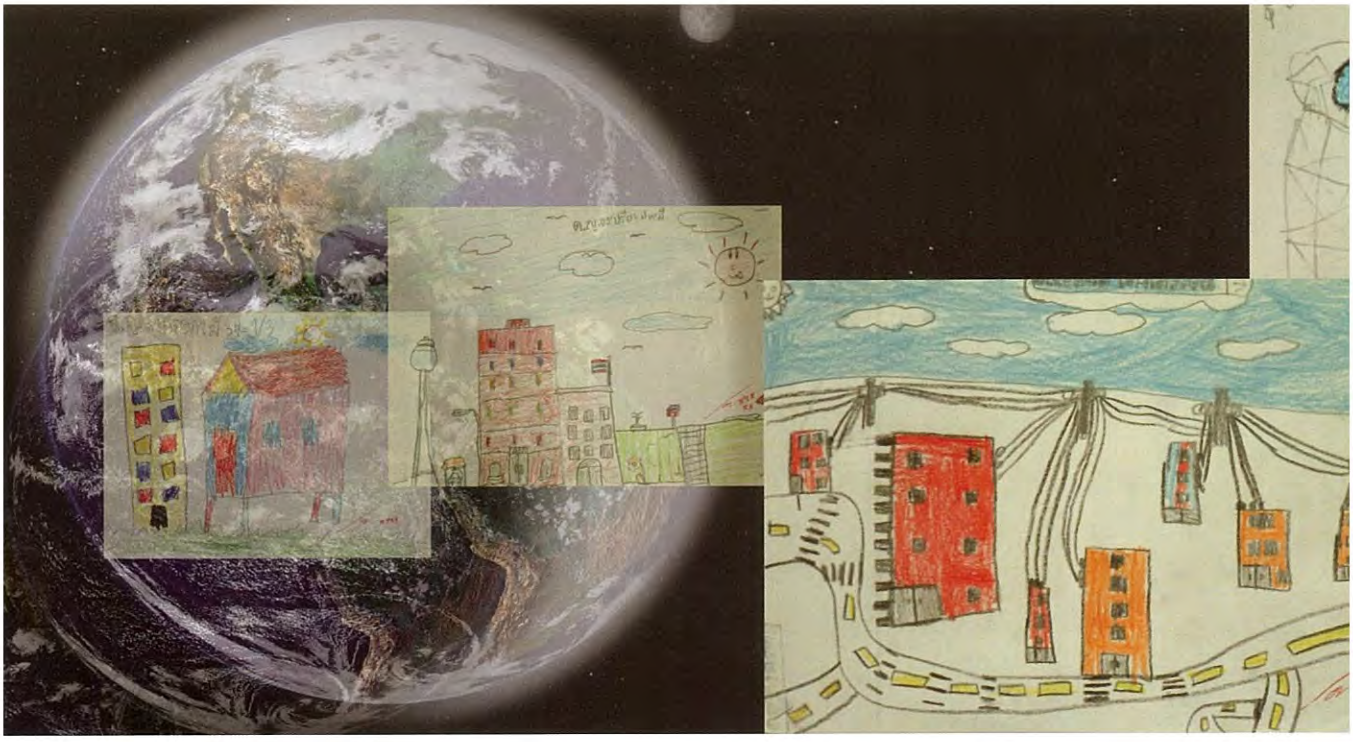


อันที่จริงยังมีอีกหลายปรากฏการณ์ ที่ชวนให้สงสัยว่าน่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญอะไรบางอย่างในโครงสร้างสมองของเด็ก ดังตัวอย่างที่พบว่ามีเด็กๆ ซึ่งมีพฤติกรรมที่ต่างไปจากเด็กธรรมดาเป็นจำนวนมากขึ้น คำว่า เด็กไฮเปอร์ (Hyperactive) เด็กสมาธิสั้น ADD/ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) เด็กออทิสทิก เป็นคำที่ได้ยินบ่อยขึ้น และคำว่า 'เด็กสมาธิสั้น' นั้น เกือบจะกลายเป็นลักษณะทั่วไปของเด็กเกือบทั้งหมดในห้องเรียนปัจจุบัน ในสายตาของคุณครู เราอาจพิจารณาปรากฏการณ์ใหม่นี้ในสองแง่คือ

ถ้าสมองผิดปกติ คือมีความผิดปกติในโครงสร้างสมอง เด็กที่มีความผิดปกติดังกล่าวดูจะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การเพิ่มขึ้นนี้สัมพันธ์กับอะไรหรือการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม พอจะเป็นสาเหตุให้สมองเกิดผิดปกติได้หรือไม่ อย่างไร หรือว่าความผิดปกตินั้นเกิดขึ้นเองและสัดส่วนก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆโดยไม่เกี่ยวกับอะไรเลย

ถ้าเป็นเพราะสมองปรับตัวแตกต่างกันมาก ระหว่างเด็กคนหนึ่งที่ดูปกติกับเด็กอีกคนหนึ่งซึ่งดูจะไม่ปกติ ดังนั้นสังคมสิ่งแวดล้อมคงเป็นต้นเหตุของการเปลี่ยนแปลงของสมอง สมองยังคงมีโครงสร้างที่ปกติแต่การทำงานเบี่ยงเบนไปแต่อะไรล่ะ ที่ทำให้บางสมองปรับตัวได้ดี แต่บางสมองปรับตัวไม่ได้ อะไรเป็นความแตกต่าง ทั้งๆ ที่สมองทั้งสองแบบก็อยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน

เราจะอธิบายอย่างไร ในเรื่องของสมองกับบรรยากาศที่เงียบสงบในยุคที่ผ่านมา จะอธิบายว่าสมองในยุคก่อนดีกว่าสมัยนี้ หรือว่าสิ่งแวดล้อมในยุคก่อนดีกว่าและสมองก็เหมาะกับสิ่งแวดล้อมในสมัยก่อนมากกว่าสิ่งแวดล้อมในยุคนี้



3 โลกานุวัตร

ไม่ใช่เด็กเท่านั้นที่เปลี่ยน โลกเองก็เปลี่ยนไปแล้ว

ในขณะที่เรากล่าวถึงความเปลี่ยนแปลงของพวกเด็กๆ และปริวิตกต่ออนาคตของพวกเขา เราลืมไปหรือเปล่าว่า โลกทั้งโลกก็เปลี่ยนไปแล้วเช่นกัน โลกได้เปลี่ยนแปลงเข้าสู่การใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์แล้ว ยุคอุตสาหกรรมกลายเป็นอดีต ยุคหลังอุตสาหกรรมเป็นชื่อของยุคใหม่ที่ตามมา และบ้างก็เรียกว่า ยุคคอมพิวเตอร์ บ้างก็เรียกว่า ยุคข้อมูลข่าวสารหรือยุคสังคมฐานความรู้

ความเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่นี้ ได้จัดความสัมพันธ์ในโลกใหม่หลายอย่าง อย่างน้อยที่สุดแต่รุนแรงที่สุดก็คือ การเปลี่ยนแปลงจากการใช้แรงงานคนและเครื่องจักรมาเป็นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีผลเปลี่ยนแปลงพลังการผลิตอันเป็นรากฐานของระบบความสัมพันธ์อื่นทุกอย่าง ตั้งแต่การทำงาน การบันเทิง การเรียน การเล่น ไปจนถึงรสนิยม และการจำแนกความดีความชั่ว



ต้องยอมรับว่า สิ่งแวดล้อม ปรากฏการณ์ ห้องเรียนและโรงเรียน ห่างไกลจากโลกความเป็นจริงที่เด็กสัมผัสอยู่ โลกกำลังก้าวไปสู่ความไม่แน่นอน ความสับสนซับซ้อน ความคลุมเครือ และภาวะหลายขั้วปรากฏตัวชัดเจนขึ้น ไม่ว่าจะในครอบครัวที่กำลังเกิดความขัดแย้งหลายแบบ ปรากฏการณ์ทางเพศ ปรากฏการณ์ทางศีลธรรม ผิดแผกไปจากที่เป็นมา ในโลกของการงานและอาชีพก็มีวิทยาการใหม่ๆ เกิดขึ้น ข้อมูล ข่าวสารและความรู้ใหม่เพิ่มขึ้นในโลก 2 เท่าทุกปี ทำให้อาชีพการงานใหม่ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก เว็บไซต์บางแห่งประกาศรับสมัครเจ้าหน้าที่นับพันอัตรา โดยที่ตำแหน่งและงานที่จะให้ทำเป็นสิ่งที่พึ่งเกิดขึ้นในโลกเมื่อ 2-3 ปีมานี้เอง แต่สิ่งที่สอนอยู่ในห้องเรียนและแนวทางของโรงเรียน ยังคงก้าวย่ำอยู่บนประสบการณ์ของยุคเก่า วิธีคิด วิธีอธิบายและจารีตของความรู้ยังอยู่บนพื้นฐานคำนิยามและระบบสัญลักษณ์เก่า จึงกีดกันไม่อนุญาตให้สิ่งที่เปลี่ยนแปลงเหล่านี้มี 'พื้นที่' อยู่ในห้องเรียน โรงเรียนและห้องเรียนเข้าร่วมในการอธิบายปรากฏการณ์ของศตวรรษที่ 21 น้อยเกินไป และยังมีแนวโน้มปิดกั้นมากกว่าการเปิดโลกแห่งความเป็นจริง

ท่ามกลางความเปลี่ยนแปลงเป็นพายุบุแคมนี้ โรงเรียน ห้องสมุด กระบวนการเรียนรู้ ส่วนมากยังยืนอยู่บนฐานเดิม ตำราเรียน วิธีการเรียนการสอน การจัดชั้นเรียน การจัดตารางเวลาเรียน การจัดหลักสูตร เปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยหลักการแล้วยังคงยึดถือตามที่ปฏิบัติกันมาเมื่อศตวรรษก่อน ความรู้ใหม่ๆ ที่เด็กจำเป็นต้องเรียนรู้ ต้องค้นคว้า ควรต้องเรียน รวมทั้งกระบวนการเรียนรู้ใหม่ ยังมีการผลิตขึ้นและนำมาใช้น้อย เด็กยืนอยู่ท่ามกลางความขัดแย้งอย่างรุนแรงระหว่างความจริงที่เคยมีมา (และก็ยังมีอยู่ หรือบางส่วนกำลังหายไป) กับความจริงที่กำลังเกิดใหม่ และอาจจะมาแทนที่ของเดิม บัดนี้ปัญหาที่รุนแรงที่สุดก็คือความเข้ากันไม่ได้เลยระหว่างของเดิมกับของใหม่นี้

ในท่ามกลางสถานการณ์เช่นว่านี้แหละ ที่โรงเรียนก็เผชิญหน้ากับปัญหาอันหนักหน่วง เพราะเด็กๆ กำลังหันหลังให้โรงเรียน พวกเขาไปโรงเรียนในสภาพจิตใจที่เบื่อหน่าย เด็กเล็กๆ ปฏิเสธที่จะไปโรงเรียน เด็กโตก็ไปโรงเรียนแบบซังกะตาย โรงเรียนที่ทำให้เด็กมีความสุข กลายเป็นแหล่งเยี่ยมชมดูงานว่า 'ทำสำเร็จได้อย่างไร' ค่ายเด็กและเยาวชนแห่งหนึ่งให้เด็กๆ กรอกรายการ 3 อันดับแรกในโลกนี้ที่เขาเบื่อที่สุด เด็กๆ เขียนว่า *"1. เบื่อครู 2. เบื่อการบ้าน 3. เบื่อห้องเรียน"* ทั้งสามอย่างนี้ก็รวมกันอยู่ในโรงเรียนนั่นเอง ฝ่ายครูและผู้ปกครองก็มีความสงสัยในการเปลี่ยนแปลงของเด็กๆ เช่นเดียวกัน คุณครูต่างพากันสงสัยว่า เกิดอะไรขึ้น เด็กๆ สมัยนี้จึงเรียนรู้ยากกว่าสมัยก่อน มีเด็กอ่านไม่ออก เขียนไม่ได้ สอบตกวิชาเลข ตกวิชาภาษาไทย ตกวิทยาศาสตร์จำนวนมาก และคำว่า 'ซ่อม' ก็กลายเป็นสิ่งปกติไปแล้วสำหรับโรงเรียน

4 สมองบางทีฉลาด บางทีโง่ อย่างนั้นหรือ

สมองที่เปลี่ยนแปลงโลก

เราจะทำอย่างไร จึงจะได้คำตอบว่าเกิดอะไรขึ้นกับเด็กๆ และจะมีทางแก้ไขบ้างไหม จะเป็นไปได้หรือว่าเด็กๆ ของเราจะเสื่อมถอยลงจริงๆ ตามปรากฏการณ์ที่เห็นอยู่ หรือว่ามี 'เนื้อใน' ของปัญหาอะไร หรือสังคมทำอะไรบางอย่างผิดไป หรือว่าเรากำลังสร้างแบบแผนอะไรที่โน้มนำเด็กของเราไปสู่ความ 'ตกต่ำ' ความวิตกเหล่านี้อยู่ในใจของผู้ใหญ่แทบทุกคน ปฏิกิริยาจากทั่วทั้งโลกก็คือ พยายามที่จะปรับปรุงโครงสร้างสังคมบางอย่างให้ดีขึ้น รวมทั้งความพยายามที่จะปฏิรูปการศึกษา เพราะคิดกันว่าปมเงื่อนคงจะอยู่ที่ การศึกษาที่จัดอยู่นี้ไม่เหมาะสมกับยุคใหม่นี้อีกต่อไปแล้ว แต่เราจะแก้ไขความผิดพลาด รื้อถอนกระบวนการจัดการศึกษาได้อย่างไร ถ้าเรายังไม่รู้จักเด็กๆ และวิธีที่พวกเขาเรียนรู้ดีพอ

ดังกล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า เด็กอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมหาศาล แล้วสมองของเด็กวันนี้เป็นสมองเดียวกันกับของเด็กในรอบ 100 ปีที่ผ่านมาหรือเปล่า และ ถ้าเราหมายจะปฏิรูปโครงสร้างการเรียนรู้เสียใหม่ให้เหมาะกับโลกที่เปลี่ยนแปลงนี้ เราเข้าใจสิ่งที่เราจะทำดีพอหรือยัง

ไม่มีสมองของใครถูกออกแบบมาให้โง่

บางทีเราจะเคยได้ยินคำอธิบายเกี่ยวกับผู้คน เช่นว่า คนนี้ถนัดคำนวณ คนนี้มีทักษะทางดนตรี หรือคนนี้มีพรสวรรค์ทางภาษา คำอธิบายนี้เป็นการเลือกสรรกล่าวถึงลักษณะพิเศษเฉพาะอย่างของคนเรา แต่เมื่อเรากล่าวว่าคนนี้ฉลาดมาก คนนั้นทึ่ม คนนี้หัวช้า นั่นหมายถึงเรากำลังประเมินแบบเหมารวมโดยสนใจเพียงประเด็นที่กว้างๆ ว่า คุณภาพของเขาเป็นอย่างไร แต่คำตอบของการประเมินนี้อาจนำไปสู่การสรุปและความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ขณะนี้เราไม่ได้กล่าวถึง 'บางลักษณะ' ของเขาแล้ว แต่เรากำลังประเมิน 'เนื้อใน' หรือ 'สาระสำคัญแห่งความสามารถ' ของเขา สำหรับแง่มุมทางการศึกษาแล้ว เราต้องให้ความสนใจกับคำว่า 'ทึ่ม' และ 'หัวช้า' เป็นพิเศษ ว่ามันหมายความว่าอย่างไร เพราะเรากำลังจะ 'ตัดสิน' คนคนหนึ่ง รวมทั้งอาจจะกำลังขี้ชะตาเขา

การวินิจฉัย 'สมอง' ของผู้คนเช่นนี้ควรสนใจว่า โครงสร้างของสมองของเขาเป็นแบบไหน อะไรจะเป็นสิ่งที่ตัดสินได้จริงว่าสมองนี้ดี สมองนั้นแย่ คำถามนี้คงจะทำให้เรานึกถึงคน 2 คนคือ โฮเวิร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) และแดเนียล โกลแมน (Daniel Goleman) ผู้เขียน Multiple Intelligences และ Emotional Intelligence ตามลำดับ ทั้งสองได้เสนอแนวคิดซึ่งเรียกกันในภาษาไทยว่า **พหุปัญญา** และ **ความฉลาดทางอารมณ์** ตามแนวคิดนี้ **คนเรามี 'ศักยภาพที่จะเก่ง'** (intelligences) **หรือ 'มีหัว' ในด้านต่างๆ หลากหลาย**กว่าความเก่ง 2 ด้านที่เคยชินกัน คือ คณิตศาสตร์(และตรรกะ) กับภาษา คำอธิบายนี้ย่อมทำให้นิยามแห่งความฉลาด ความทึ่ม ความโง่ ไม่ถูกจำกัดความอยู่เพียง ความชำนาญในการอ่านออก เขียนได้ คิดเลขเป็นอีกต่อไป เราอาจนึกถึงชาวนาที่เฉลียวฉลาด ช่างคิดและแหลมคม ช่างไม้ที่มีหัวคิดและทักษะเป็นเลิศ พ่อครัวที่สมองของเขาเต็มไปด้วยเมนูอาหารอันซับซ้อน ที่เขาใฝ่ใจรังสรรค์มันขึ้นมา นักจัดสวนที่คิดแบบออกมาได้ดีเยี่ยมราวกับสถาปนิก คนเหล่านี้ก็ได้ชื่อว่าเป็นคน 'ฉลาด' เหมือนกัน คำถามก็คือ คนเหล่านี้เอาความ 'ฉลาด' แบบนี้มาจากไหน และสะสมมันมาได้อย่างไร นอกจากนี้ เรายังอาจนึกถึงคนธรรมดาที่ไม่มีอะไรพิเศษ แต่เขาเหล่านั้นเป็นคนเดินดิน ที่เต็มไปด้วยความเชื่อมั่นและมีทักษะที่ดีในการสร้างครอบครัว เลี้ยงลูก จนผ่านชีวิตเข้าสู่วัยชราได้อย่างน่าภาคภูมิใจ เราควรจะอธิบายคนสามัญเหล่านี้ว่าอย่างไร

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมอง

เมื่อแรกเกิดสมองมีน้ำหนักไม่ถึงครึ่งกิโลกรัม น้ำหนักจะเพิ่มขึ้น 1 เท่าในปีแรก และหนักเป็นหนึ่งเท่าครึ่งหรือกิโลกว่าๆ เมื่อโตแล้ว สมองของผู้ชายมีขนาดใหญ่กว่าผู้หญิง แต่ขนาดดูเหมือนไม่เกี่ยวกับสติปัญญา สมองมีน้ำหนักเพียง 2% ของร่างกาย แต่มันกลับใช้พลังงานถึง 20-25% ของพลังงานทั้งหมดที่ร่างกายใช้ไปแต่ละวัน การใช้พลังงานมากเช่นนี้แสดงว่าสมองเป็นอวัยวะปฏิบัติการสำคัญของร่างกายมนุษย์

สมองมนุษย์

1. สมองมนุษย์มีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่การรู้คิดขนาดใหญ่ มีศักยภาพที่ใช้ความคิดได้สูง
2. เมื่อเกิดจนโต ขนาดเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก
3. มีการพัฒนาโครงสร้างและหน้าที่ตามอายุวัย จะนับว่าสมบูรณ์ได้ในอายุ 18-20 ปี แต่แม้อายุ 25-30 ปี ก็ยังมีการพัฒนาอยู่
4. ใช้พลังงานมากที่สุดกว่าอวัยวะใด อัตราการใช้พลังงานต่อน้ำหนักของสมองมากกว่าส่วนอื่นของร่างกายถึง 10 เท่า

การศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของสมองนั้นเริ่มคลี่คลายเกิดเป็นความเข้าใจเมื่อ 25 ปีที่แล้ว และยิ่งแหลมคมยิ่งขึ้นเมื่อ 4-5 ปีผ่านมานี้ นับเป็นครั้งแรก ที่นักวิทยาศาสตร์สามารถจะตอบคำถามและตรวจสอบดูองคาพยพและกระบวนการทำงานภายในสมอง ซึ่งต่างกับวิธีการที่ได้แต่เพียงสังเกตพฤติกรรมภายนอกที่เป็นผลมาจากการทำงานของสมองซึ่งใช้มาเป็นเวลายาวนาน การค้นพบเทคโนโลยีใหม่ๆ ได้เปิดประตูสู่โอกาสที่นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยจะสามารถเฝ้าสังเกตดูว่า ข้อมูลต่างๆ ที่ส่งเข้าไปในสมองนั้นถูกจัดการอย่างไรในกระบวนการที่เราเรียกว่า **การเรียนรู้**

เทคโนโลยีภาพถ่าย 3 มิติของสมอง สามารถจับภาพการไหลเวียนของเลือดไปสู่สมองส่วนต่างๆ ทำให้เห็นภาพ 'วาบ' ขึ้น ณ ตำแหน่งที่สมองกำลังทำงาน นักวิจัยด้านทฤษฎีการเรียนรู้พึ่งจะได้เริ่มต้นก่อรูปเป็นความเข้าใจว่า สมองของมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม รับข้อมูล ย่อยข้อมูลนั้น แล้วเก็บไว้เป็นความทรงจำเพื่อนำออกไปใช้อย่างไร

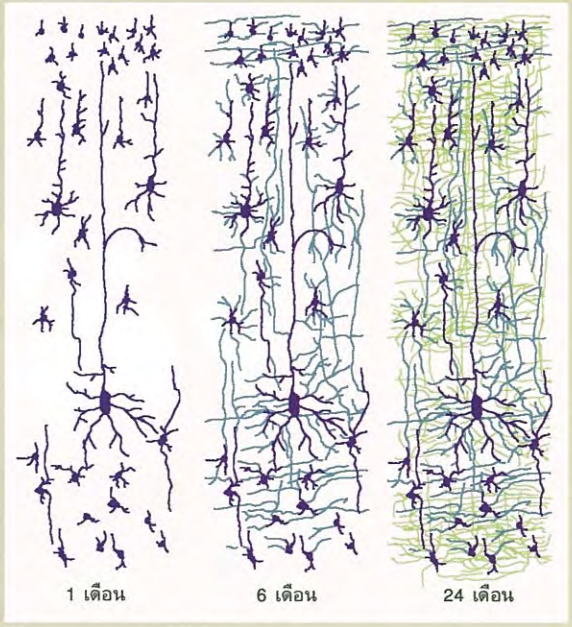
'กว่าจะถึงอนุบาลก็สายเสียแล้ว'

สมองถูกอธิบายว่าเป็นสิ่งอัศจรรย์ที่สุดมานานแล้ว เพิ่งจะในศตวรรษที่ 21 นี้เอง ที่นักวิทยาศาสตร์เริ่มจะสามารถทำความเข้าใจสมองและให้คำอธิบายว่า สมองของมนุษย์ที่น่าทึ่งนี้ทำงานอย่างไร สมองมีการจัดระบบที่ซับซ้อน และมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงหรือมีความยืดหยุ่นมาก ไม่น้อยไปกว่าอวัยวะในร่างกายส่วนอื่นๆ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนนี้ยังผลให้สมองพัฒนาศักยภาพในการคิด ความจำ ผ่านกระบวนการที่เรียกว่า 'การเรียนรู้' ซึ่ง 'เวลา' และ 'สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้' มีส่วนกำหนดอยู่มากว่า สมองจะปรับตัวเป็นอย่างไร เปรียบก็เหมือนระบบนิเวศน์ในป่าใหญ่ที่พรรณพืช พรรณสัตว์ อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพภูมิอากาศและเงื่อนไขการอยู่ร่วมกันที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

สมองถูกออกแบบมาเพื่อการเรียนรู้ เพื่อที่จะ 'อยู่รอด' เป็นสำคัญ และความอยู่รอดนี่แหละเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนทำงานของสมอง อันเป็นที่มาของการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เด็กเล็กๆ เริ่มเรียนรู้ที่จะยิ้ม หัวเราะ กินอาหาร คลาน นั่ง เดิน พูด สมองรับรู้และเปลี่ยนแปลงตัวเองก็เพื่อจะมีชีวิต ขอให้สังเกตด้วยว่าเด็กทุกคนจะผ่านพัฒนาการพื้นฐานขั้นต้นใน 0-3 ขวบแรกได้เท่าๆ กัน เว้นแต่จะมีสิ่งผิดปกติบางอย่างเกิดขึ้น เราทุกคนรู้ว่า เด็ก 2-3 ขวบทุกคนย่อมพูดได้ สื่อความหมายได้ แม้ว่าประโยคเหล่านั้นจะประกอบขึ้นซับซ้อนอย่างไรก็ตาม เด็กสามขวบสามารถฟังผู้ใหญ่คุยกันได้เข้าใจเกือบหมด ทำไมเล่าพวกเขาทุกคนจึงมีความเสมอภาคกันที่จะเรียนรู้ในวัยนี้ แต่กลับค่อยๆ ต่างกันมากขึ้นๆ ในวัยต่อๆ มา มีความลับอะไรซ่อนอยู่เบื้องหลังความแตกต่างนี้

สมองของเด็กเล็กได้รับความสนใจและถูกอธิบายไว้มากที่สุดในช่วงยี่สิบปีที่ผ่านมา และได้รับการอธิบายเพิ่มเติมชัดเจนขึ้นเมื่อหลายปีมานี้ คำอธิบายนั้นชี้ว่า วัยแรกเกิดถึง 5 ขวบแรก เครือข่ายการเชื่อมต่อของเซลในสมองเด็กจะมีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว และในอัตราความเติบโตที่เหลือเชื่อ ในภาพล่างแสดงให้เห็นการเชื่อมโยงของเซลสมองเด็กอายุ 1 เดือน 6 เดือนและ 24 เดือน ที่เปลี่ยนแปลงไปมากจนมีเครือข่ายของเซลสมองซับซ้อนหนาแน่นมาก

เครือข่ายเซลสมองที่เชื่อมโยงกันนี้มีความสำคัญมากต่อการเรียนรู้ มีรายงานผลการวิจัยทดลองจำนวนมากที่เริ่มชี้ให้เห็นว่าเด็กๆ ในวัยอนุบาลและวัยประถมนี้ สามารถเรียนรู้พร้อมกันได้ถึง 7 ภาษา นักวิทยาศาสตร์อธิบายเพิ่มเติมว่า ความจริงเด็กมีศักยภาพที่จะพูดได้ถึง 5,000 ภาษา เท่าที่มีอยู่ในโลก เพราะทั้ง 5,000 ภาษานี้ แท้ที่จริงประกอบด้วยเสียงเพียง 50 เสียง ซึ่งนำมาผสมกันเป็นคำต่างๆ แต่ความสามารถนี้ของเด็กจะค่อยๆ หมดไป เนื่องจากว่าเด็กไม่ได้ใช้มันต่างหาก



ภาพวาดเซลสมองบนผิวสมองเด็กทารก
แสดงกิ่งก้านที่งอกออกจากเซล เพื่อเป็นเส้นทางเชื่อมโยงกัน

มัธยม... ก็ยังไม่สาย

ในขณะที่หนังสือเรื่อง *'กว่าจะถึงอนุบาลก็สายเสียแล้ว'* ช่วยอธิบายเรื่องความสำคัญของสมองเด็กเล็ก ซึ่งเน้นว่าเป็น **'วัยทองแห่งการเรียนรู้'** แต่งานวิจัยที่ตีพิมพ์ในนิตยสารไทม์ (Time) เมื่อเดือนพฤษภาคม 2547 เป็นงานวิจัยที่จุดพลุแห่งความหวัง เพราะได้เพิ่มเติมองค์ความรู้ด้านสมองที่สำคัญ ที่ชี้ให้เห็นว่าสมองของเด็กมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะช้าลงกว่าเด็กเล็ก แต่ไม่ได้หมายความว่าโอกาสดีในการเรียนรู้จะหมดลง โดยเฉพาะใน **ช่วงวัยรุ่นถือว่าเป็นห้วงเวลาที่สำคัญอีกช่วงหนึ่ง ที่ควรสนใจเป็นพิเศษว่า สมองของพวกเขามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร**

วัยรุ่นมักมาพร้อมกับท่าที ความคิด ที่ต่างไปจากวันก่อนหน้า ส่วนใหญ่เรามักจะเห็นว่า พวกเขาไม่ค่อย 'ฟัง' อะไรสักเท่าไร แต่ภาพข้างล่างนี้ คือนักเรียนมัธยม 300 คน กำลังฟังเรื่อง สมองของเราเรียนรู้ได้อย่างไร ซึ่งกระตุ้นความสนใจของพวกเขามาก

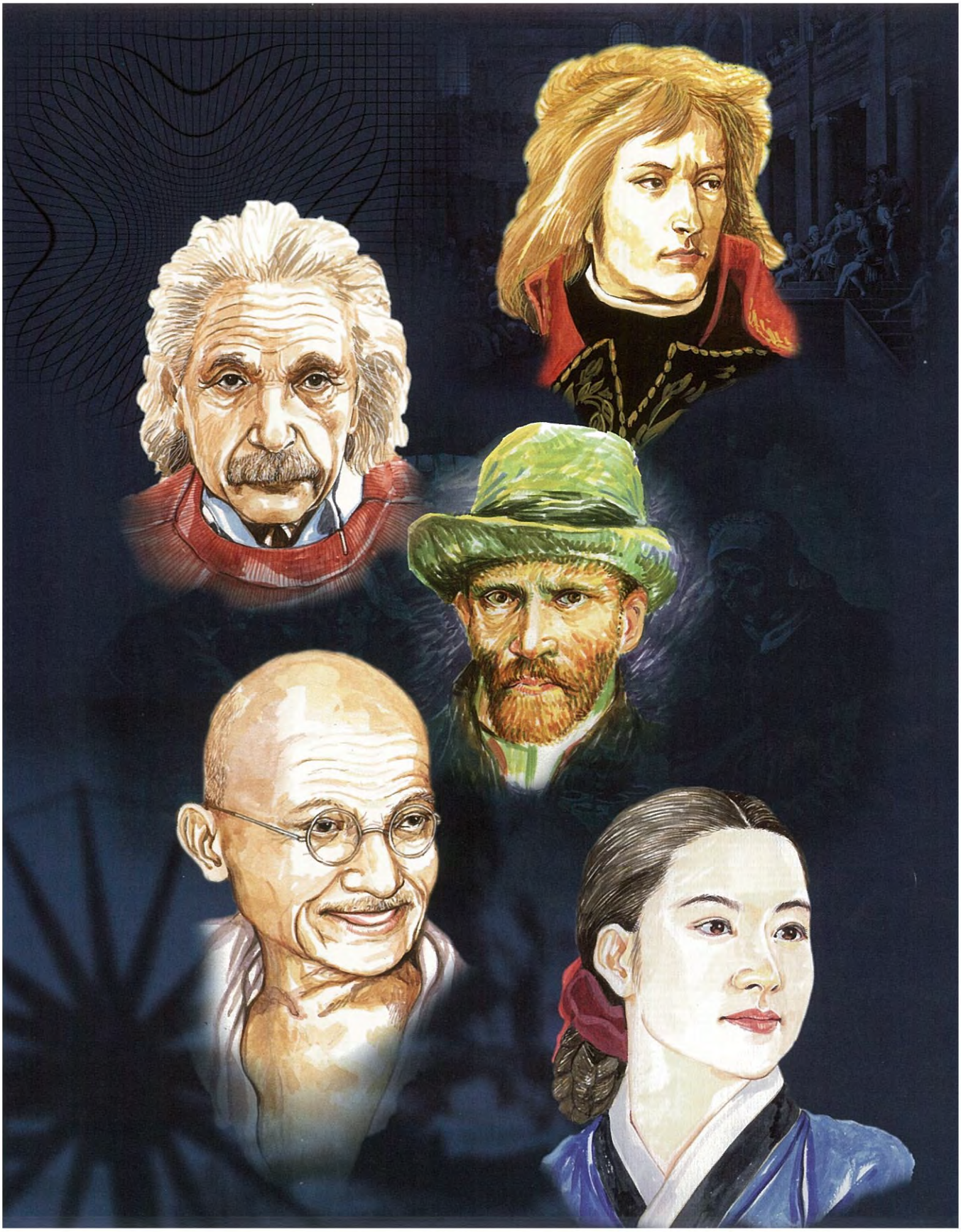


ดร. เจย์ กีดด์ (Jay Giedd) แห่งสถาบันสุขภาพทางจิตแห่งชาติ (สหรัฐอเมริกา) ได้ทำการวิจัยโดยนำเด็กวัยรุ่นจำนวน 1,800 คนในประเทศมาทำการศึกษา โดยใช้เครื่อง fMRI และอื่นๆ เป็นเวลา 20 ปี โดยหวังศึกษาดูว่าสมองของเด็กสมาธิสั้น (ADHD-Attention Deficit Hyperactive Disorder) และเด็กออทิสติก (autism) ก่อรูปและมีพัฒนาการอย่างไรในทุก 2 ปี แต่แล้วเขากลับได้พบว่ายากที่จะเข้าใจเรื่องนี้ เพราะที่คิดกันว่าสมองน่าจะพัฒนาแบบนี้หรือแบบนั้นยังเป็นสิ่งที่รู้น้อยมาก น้อยจนกระทั่งว่าไม่อาจชี้ชัดได้เลย ว่ามีอะไรในสมองที่กำลังทำงานผิดปกติไป (เพราะเราไม่รู้ทั้งหมดว่าที่ถูกต้องจริงๆ แล้วสมองทำงานอย่างไรนั่นเอง)

ในระหว่างโครงการวิจัยสมองเด็กเหล่านี้นี่เอง ดร. กีดด์ กลับได้พบว่า ทั้งหมดที่เขาได้เรียนรู้กลับกลายเป็นว่า สมองของเด็กปกตินั่นต่างหากที่น่าสนใจมาก และการศึกษาวัยรุ่นครั้งนี้กลายเป็นเรื่องน่าทึ่งอย่างที่สุดสำหรับเขา

ก่อนที่ ดร. กีดด์จะเปิดเผยความลับเรื่องสมองเด็กวัยรุ่นนี้ นักวิทยาศาสตร์คนอื่นๆ ได้เคยสรุปมาก่อนว่าเมื่ออายุ 12 ปี สมองมนุษย์โดยรวมจะมีการพัฒนาโครงสร้างส่วนใหญ่ได้สมบูรณ์ ข้อสรุปนี้ยังสอดคล้องกับทฤษฎีว่าด้วยพัฒนาการการเรียนรู้ ซึ่งเสนอโดยนักจิตวิทยาชื่อดังของโลกที่มีอิทธิพลมากที่สุดและได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษามาก่อนหน้า คือ เปียเจต์ (Jean Piaget) ซึ่งตามทฤษฎีของเขานั้น วัย 12 ปีเป็นวัยที่การเรียนรู้ก้าวมาถึงจุดสุดท้ายของพัฒนาการ หรืออีกนัยหนึ่ง การทำงานของสมองเป็นระบบที่สมบูรณ์แล้ว ด้วยทฤษฎีและความรู้ที่ยังมีจำกัดนี้ นักทฤษฎีบางคนจึงสรุปว่าสิ่งที่เรียกกันว่า **'วัยรุ่น'** ไม่มีอยู่จริง และอธิบายว่า คำว่า 'วัยรุ่น' เป็นเพียงพฤติกรรมที่สะท้อนปรากฏการณ์เทียมที่พึ่งจะเกิดขึ้นมา อันเป็นผลจากสิ่งแวดล้อมที่สับสนวุ่นวายในสังคมยุคหลังอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่จากการศึกษาของดร. กีดด์ยืนยันว่า สิ่งที่ผู้ปกครองบ่นเกี่ยวกับวัยรุ่นนั้นไม่ใช่เป็นเพียงเรื่องที่คิดไปเองเข้าใจไปเอง ความจริงมีบางอย่างที่ยังไม่สมบูรณ์ดีนักในสมองของวัยรุ่น เพราะเขาได้พบว่า สมองวัยรุ่นไม่ได้ยุติการพัฒนาที่อายุ 12 ปีอย่างที่เคยเข้าใจกันเลย ตรงกันข้ามสมองของเด็กวัยนี้ไม่เพียงแต่กำลังพัฒนาเปลี่ยนแปลงอยู่เท่านั้น แต่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างยกใหญ่ แม้แต่เมื่อล่วงเลยวัยรุ่นไปแล้วก็ตาม ดร. กีดด์กล่าวว่า เมื่อเริ่มต้นโครงการวิจัยนี้ เขาคิดว่าจะติดตามดูสมองเด็กวัยรุ่นเหล่านี้ไปจนถึงอายุราว 18-20 ปี แต่เอาเข้าจริงๆ เขาต้องติดตามดูพัฒนาการทางสมองของเด็กเหล่านี้นานกว่าที่คิดไว้ กล่าวคือ ในปัจจุบันนี้ แม้เด็กกลุ่มที่ศึกษาบางคนอายุถึง 25 ปีแล้ว สมองของพวกเขาก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างอยู่ นับว่าการค้นพบของ ดร. กีดด์ เป็นการเปิดพรมแดนความรู้ให้เราเข้าใจว่า เด็กวัยรุ่นก็ยังเป็นเด็กที่อยู่ในช่วงเวลาแห่งการเรียนรู้ที่สำคัญอยู่ และบทบาทของสมองในการเรียนรู้ในวัยนี้ แตกต่างไปจากวัยอนุบาล

สมองวัยรุ่นไม่ได้หยุดเปลี่ยนแปลงที่อายุ 12 ปีอย่างที่เคยเข้าใจกัน

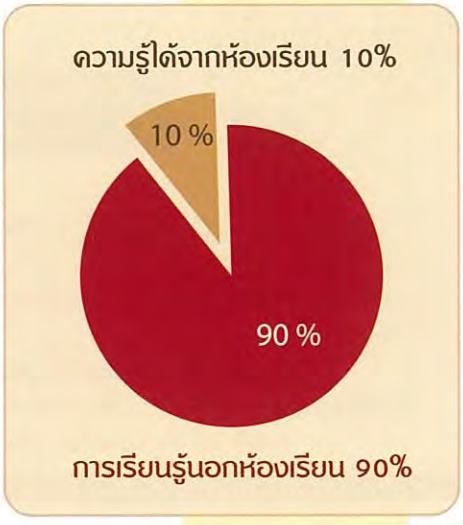


มองดูการเรียนรู้เสียใหม่ 5

ปัญญาและการเรียนรู้

ถ้าสมองของเด็กวัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างสูง และแสดงให้เห็นว่ามีสิ่งที่เรียกว่า "การเรียนรู้" เกิดขึ้นอย่างมากมายและต่อเนื่องจริงแล้วไซร้ เหตุไฉนจึงมีปัญหาในทำนองที่ว่า เด็กแย่ลงกว่าสมัยก่อน ปัญหานี้เกิดมาจากอะไร ทำไมผลการเรียนรู้ของพวกเขาจึง "ตก" ลง และความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ก็ลดลงโดยเฉลี่ย เมื่อเทียบกับพัฒนาการทางอายุ

โฮเวิร์ด การ์ดเนอร์ (Howard Gardner) นักการศึกษาซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในยุคนี้ เสนอให้เปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนรู้เสียใหม่ การ์ดเนอร์ก้าวพ้นไปจากการเรียนในความหมายอันคับแคบในห้องเรียน เพราะว่าโลกแห่งการเรียนรู้ของคนนั้น กว้างใหญ่ไพศาลเท่ากับมวลประสบการณ์ที่เขาสะสมมานั่นแหละ มีผู้ประเมินไว้ว่าความรู้ที่เราได้มาจากห้องเรียนจริงๆ ก็มีอยู่ราว 10% ของความรู้ทั้งหมดที่เรามีอยู่เท่านั้น ดังนั้น การ์ดเนอร์ไม่ยอมรับว่าผลการทดสอบในห้องเรียนจะเป็นตัวบ่งชี้วัดศักยภาพของสมองหรือความสามารถในการเรียนรู้ หรือ 'ปัญญา' ของเด็กคนนั้นได้



เด็กแต่ละคนแตกต่างกันมาก แม้ว่าเมื่อเข้าห้องสอบปลายภาค เราจะสามารถวัดความสามารถของเด็ก ในการตอบคำถามในแบบวัดผลได้ แต่เราก็วัดได้เฉพาะสิ่งที่เราอยากรู้เท่านั้น เช่น เราอยากรู้ว่าเด็กบวกลบเลขสองหลักได้หรือยัง เด็กเข้าใจกลางวันกลางคืนถูกต้องไหม เด็กเขียนสื่อสารได้ดีหรือไม่ เด็กมีความสามารถเข้าใจคำถึง 5000 คำหรือยัง แต่สิ่งที่เป็นตัวเด็กจริงๆ นั้นโดยมากเราไม่ได้วัด เราไม่มีเวลาจะเอาใจใส่กันจริงจังเลยด้วยซ้ำ

เด็กบางคนไม่สนใจเรียน แต่เป็นเด็กช่างสังเกตที่สุด มีอะไรแขวนอยู่บนผนังห้องบ้างเป็นจำได้หมด แม้กระทั่งเข็มนาฬิกาในห้องหลุดไปอันหนึ่งเขาก็รู้ เด็กบางคนชอบฟังเพลง ชอบร้องเพลง ร้องได้ไม่เพี้ยนเลยสักนิดเดียว ดังนั้น คงมีอะไรอย่างอื่นในตัวเด็กที่แสดงตัวตนของเขา นอกเหนือจากความรู้ที่เราวัดได้จากข้อสอบ ถ้าคำว่า "เก่ง" ไม่ได้หมายถึงเฉพาะการทำข้อสอบ คำว่า "เก่ง" ควรจะหมายถึงอะไร มีอะไรเกิดขึ้นหรือเป็นอยู่ในสมองของเด็กเก่ง?

ปัญญาและการเรียนรู้ : ความหมายที่เกี่ยวพันกัน ระหว่าง พฤติกรรม-การอ่านออกเขียนได้ ทำเลขเก่ง กับ สมอง-การเรียนรู้

สิ่งที่เกิดขึ้นในสมอง คือ การเปลี่ยนแปลง ที่เกิดจากการเรียนรู้ — การเรียนรู้ ก็คือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมอง

ส่วนสิ่งที่เห็นภายนอก คือ พฤติกรรม อันเกิดจากการสั่งการของสมอง — พฤติกรรม จึงไม่ใช่การเรียนรู้

พฤติกรรม เพียงแต่สะท้อนการเรียนรู้ หรือ การเปลี่ยนแปลงในสมองบางอย่างที่เกิดขึ้นในสมองเท่านั้น

นอกจากนี้ พฤติกรรม อันแสดงออกซึ่ง ปัญญา หรือความสามารถของสมองที่เรียนรู้นั้น มีหลากหลาย

พฤติกรรม ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงเฉพาะ อ่าน เขียน ทำเลข หรือทำข้อสอบได้ เท่านั้น



พฤติกรรมหลังการเรียนรู้ – พฤติกรรมก่อนการเรียนรู้ = การเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรม

การเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรม เกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงภายในของสมอง, แต่ไม่ใช่ สมองที่เปลี่ยนแปลงและเรียนรู้

การเรียนรู้ คือการเปลี่ยนแปลงของสมอง ไม่ใช่ การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรม

การ์ดเนอร์เรียกร้องให้มองลึกลงไปในตัวตนของเด็กทุกคน ว่าพวกเขามีเพียงความสามารถที่จะเก็บรับความรู้ในการเขียน อ่าน และคิดคำนวณเท่านั้นหรือที่จริงยังมีความรู้อีกคณานับที่ทำให้มนุษย์มีชีวิตอยู่รอดและสืบทอดเผ่าพันธุ์ ความรู้ทั้งหลายก็ล้วนแต่สะสม สืบทอดมาจากรุ่นสู่รุ่น และก็สมองของพวกเขานั่นแหละที่ "ทำงาน" สืบทอดอารยธรรมนี้ ดังนั้นแท้ที่จริงแล้ว **มนุษย์** ก็คือสมองของพวกเขานี่แหละ ที่เป็นผลผลิตอันอุดมสมบูรณ์แห่งพัฒนาการ แห่งการเรียนรู้ของมนุษยชาติ สมองที่เปี่ยมไปด้วยศักยภาพ ซึ่งไม่ใช่มีไว้เพื่อใช้เพียงอ่าน เขียนและคิดคำนวณ

น่าคิดว่าสมองของมนุษย์ถูกกักขังและถูกอธิบายไม่ถูกต้อง ลองเพ่งดูที่ตัวเราเอง ผู้คนรอบตัวเรา มองไปที่เด็กๆ สิว่า เราทั้งหลายเป็นใคร และเรามีความสามารถอะไรบ้าง เป็นความจริงหรือว่า เรามีสมองไว้สำหรับการคิดคำนวณ ตรรกะ และเรียนรู้ด้านภาษาเท่านั้น **ทฤษฎีพหุปัญญา** หรือ Multiple Intelligences ของการ์ดเนอร์ ช่วยเปิดมุมมองสิ่งที่อยู่ในสมองได้ดีขึ้น

คำว่า **"พหุ"** แปลว่า **หลาย** การ์ดเนอร์ค้นว่าสมองคนเราไม่ได้มีแต่ความสามารถที่จะเรียนรู้เฉพาะด้านตรรกะ คณิตศาสตร์และภาษา แต่เขาชี้ให้เห็นว่ามนุษย์เรามีความสามารถในการเรียนรู้หลายด้าน มี **ศักยภาพทางสมอง** หรือ มี **ปัญญา** ดังที่เขาได้แยกแยะไว้ 8 ด้าน

พฤติกรรมที่แสดงออก
(ปัญญา, ทักษะ, ความชำนาญ, ความสามารถ)

1. ความสามารถในการใช้คำ ทั้งในภาษาพูดและภาษาเขียน
2. ความสามารถในการใช้ตัวเลขและการใช้เหตุผล
3. ความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างระยะ ขนาด ตำแหน่ง และการมองเห็น
4. ความสามารถในการใช้และแสดงออก ผ่านอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น มือ เท้า
5. ความสามารถที่จะซึมซับและเข้าถึงสุนทรียทางดนตรี รวมถึงการเล่น การคิดประดิษฐ์ และการสื่อแสดงออกด้วยดนตรี
6. ความสามารถในการเข้าใจ รับรู้และแยกแยะ สภาพอารมณ์ ความต้องการ แรงกระตุ้น แรงจูงใจและความรู้สึกของผู้อื่น
7. ความสามารถในการย้อนมองสำรวจ ความนึกคิดและปรับปรุงตนเอง
8. ความสามารถในการมองเห็นและเข้าถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และความเป็นไปในธรรมชาติ

Multiple Intelligences ศักยภาพทางสมอง 8 ด้าน ตามแนวคิดของ Howard Gardner

สมองมีศักยภาพก็จริง แต่ไม่ได้ถูกพัฒนาเป็นสมองที่เรียนรู้และเข้าถึงความสามารถที่สมองมีอยู่อย่างเพียงพอ

ถ้าคนเรามีความสามารถจะเข้าถึงความรู้ความสามารถทั้งแปดด้านที่กล่าวมานี้จริงแล้วไซร้ ทำไมเล่าปรากฏการณ์แห่งปัญหาสังคมที่เราพบเห็นจึงร้ายแรงถึงเพียงนี้ พวกเราทั้งหลายยังไม่ได้ใช้สติปัญญาเหล่านั้นมาเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาชีวิตของเราแต่ละคน และของสังคมที่เราอาศัยอยู่นี้หรือ

คำถามนี้ยังไม่มีคำตอบแน่ชัดแต่ก็มีความพยายามที่จะแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ประเด็นที่เสนอก็คือ สมองมีศักยภาพก็จริง แต่ไม่ได้ถูกพัฒนาเป็นสมองที่เรียนรู้และเข้าถึงความสามารถที่สมองมีอยู่อย่างเพียงพอ ปัญหาไม่ได้อยู่ที่ศักยภาพของสมอง แต่อยู่ที่กระบวนการสร้างเสริมศักยภาพสมองนั้นไม่ถูกต้อง ทำให้สมองหลังกระบวนการเรียนรู้ กลายเป็นสมองพิการ แทนที่จะเป็นสมองที่มีศักยภาพเพิ่มขึ้น

ความเข้าใจเรื่องปัญญาและการเรียนรู้ที่ถูกต้อง จะนำไปสู่ประเด็นที่สำคัญ 2 เรื่อง เรื่องแรกเป็นประเด็นเกี่ยวกับการจัดการให้เกิดการเรียนรู้ หรือ การสอน ส่วนประเด็นที่สอง คือ ทัศนคติ จุดมุ่งหมายและวิธีการเกี่ยวกับการประเมินและวัดผล

มีการเรียกร้องให้ทำความเข้าใจความหมาย และลักษณะของการเรียนรู้เสียใหม่ อย่าปล่อยให้การเรียนรู้มีความหมายเพียงการทำให้สมองอ่านออกเขียนได้ คิดเลขเป็น หรือจำกัดอยู่แต่เฉพาะการเรียนรู้ 'วิชาการ' ในห้องเรียน

ส่วนการประเมินหรือการวัดศักยภาพของสมองเพื่อจะบอกว่า สมองได้รับการเรียนรู้และทำงานดีขึ้นหรือยัง ก็เป็นสิ่งที่สำคัญ ต้องทำความเข้าใจให้ถูกต้อง เพราะผลจากการประเมินดังกล่าว จะเป็นการชี้บอกว่า การจัดการให้เกิดการเรียนรู้ที่กำลังดำเนินอยู่นั้น ถูกต้องเหมาะสมแล้วหรือไม่

ตึก สะพาน อาคาร บ้านเรือน และสิ่งก่อสร้างทั้งหลาย สิ่งที่เราใช้ประโยชน์จากมันก็คือสิ่งเห็นภายนอก แต่มันยังมีฐานราก(เสาเข็ม)และโครงสร้าง ซึ่งเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น แต่เป็นฐานที่ตั้ง เป็นที่ยึดโยงที่สำคัญ ซึ่งองค์ประกอบของสิ่งก่อสร้างเหล่านั้นจะประกอบกันขึ้นและปรากฏต่อเรา

พฤติกรรมอาจเปรียบได้กับตัวตึก สะพาน อาคาร บ้านเรือนที่แลเห็นได้ ส่วนที่เป็นฐานรากและโครงสร้างอันเป็นที่มาแห่งพฤติกรรมทั้งหลายก็คือ สมองและโครงสร้างในสมองที่ทำงาน 'เรียนรู้' อยู่ อันเป็นสิ่งที่อยู่ภายในและมองไม่เห็น

เราอาจเข้าใจ 'กระบวนการเรียนรู้' ที่กำลังดำเนินอยู่ในสมองได้อยู่เหมือนกัน โดยการประเมินพฤติกรรมที่สมองสะท้อนออกมาให้เราเห็น เหมือนกับประเมินว่าฐานรากและโครงสร้างของตึกน่าจะเป็นอย่างไรเมื่อเราเห็นตัวตึก แต่ฐานรากและโครงสร้างนั้นไม่ใช่สิ่งเดียวกับตัวตึก ตัวตึกเพียงสะท้อนว่ามันต้องการฐานรากและโครงสร้างแบบใดรองรับ และเราจะรู้ได้ต่อเมื่อเราเข้าใจการก่อสร้าง

เช่นเดียวกัน **เราจะเข้าใจสมองและการเรียนรู้ โดยประเมินจากพฤติกรรมได้ ต่อเมื่อเราเข้าใจการทำงานของสมอง**



เราเข้าใจได้ว่าฐานรากและโครงสร้างตึก-อาคารน่าจะเป็นแบบใด ก็เมื่อมีความรู้พอสมควรเกี่ยวกับการก่อสร้าง

ในทำนองเดียวกัน... เราอาจประเมินพฤติกรรมที่เห็น แล้วรู้ได้ว่าสมองและการเรียนรู้เป็นอย่างไร ก็โดยอาศัยที่เข้าใจการทำงานของสมอง

ศักยภาพของสมอง หรือ สติปัญญาความสามารถ ที่เรากำลังกล่าวถึงนี้ อันที่จริงนั้น เป็นสิ่งที่สมองสะท้อนออกมาปรากฏให้เราเห็น เราจะตัดสินว่าใครมีสติปัญญาอย่างไร ก็ต้องดูพฤติกรรมที่เขาผู้นั้นแสดงออกมา ซึ่งย่อมมีข้อจำกัดในเบื้องต้นอยู่แล้วว่าตัวผู้ถูกตัดสินนั้นก็แสดงพฤติกรรมออกมาเพียงบางส่วน ไม่ใช่ทั้งหมดของสติปัญญาความสามารถนั้น ส่วนผู้คอยตัดสินนั้น ก็มีโอกาสเห็นพฤติกรรมที่แสดงออกเป็นบางส่วน ซึ่งย่อมน้อยลงไปจากพฤติกรรมทั้งหมดที่ผู้ถูกตัดสินอาจสามารถแสดงออกมาเสียอีก จึงกล่าวได้ว่า ผลการประเมินสติปัญญาความสามารถที่ทำได้นั้น เป็นสิ่งที่บอกเพียงคร่าวๆ และถ้ายึดถือเอาตามพฤติกรรมที่เห็นเป็นหลักโดยไม่คำนึงถึงข้อจำกัดนี้ เราจะประเมินสติปัญญาความสามารถต่ำกว่าศักยภาพที่เป็นจริงของสมองแน่นอน ยิ่งถ้าไม่เข้าใจว่าพฤติกรรมที่แสดงออก สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องอย่างไรกับ สติปัญญาที่อยู่ภายใน การประเมินนั้นยิ่งจะผิดพลาดไปด้วย

ดังนั้น การจะตัดสินสติปัญญาจึงมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งอื่นอยู่มาก สิ่งที่ต้องทำความเข้าใจก่อนตัดสินศักยภาพของสมองใดๆ คือ 1. สติปัญญานั้นจะปรากฏออกมาได้วิธีใด อะไรเป็นตัวขับ อะไรเป็นปัจจัยที่จะมีผลต่อการแสดงออกซึ่งศักยภาพและความสามารถทางสติปัญญาเหล่านั้น 2. เราจะวัดและเปรียบเทียบ(เพื่อที่จะให้คะแนน)ศักยภาพหรือความสามารถเหล่านั้นได้หรือไม่ อย่างไร และ 3. การวัดดังกล่าวนี้จำเป็นหรือเป็นประโยชน์หรือไม่ อย่างไร (เราจะวัดไปทำไม)

คำถามข้อแรก คำตอบมาจากความเข้าใจความสัมพันธ์เกี่ยวโยงระหว่างพฤติกรรมที่แสดงออกและพัฒนาการขณะเรียนรู้ของสมอง นั่นก็คือต้องมีความรู้ความเข้าใจกระบวนการเรียนรู้

คำตอบคำถามข้อสองมาจากคำตอบข้อแรกร่วมกับการประยุกต์ความรู้ดังกล่าวในบริบทที่เหมาะสม

ด้วยเหตุที่ การเรียนรู้ คือพัฒนาการของศักยภาพของสมองหรือปัญญา ดังนั้นคำตอบคำถามข้อ 3 จึงเป็นประเด็นหลักที่สำคัญ นั่นคือ **การประเมินหรือวัดศักยภาพสมองหรือสติปัญญาทั้งหลายย่อมเป็นไปเพื่อหาคำตอบที่อาจนำมาใช้ในการพัฒนาปัญญา** อธิบายในอีกทางหนึ่งก็คือ จุดมุ่งหมายของการประเมินไม่ใช่การจัดอันดับความเก่งของสมอง แต่การประเมินทำให้รู้ว่าสมองอยู่ในระดับใดเพื่อที่จะดำเนินการ

แม้จะนำสมอง-การเรียนรู้-พฤติกรรม ไปเปรียบกับ ตึก-ฐานรากและโครงสร้าง แต่ทั้งสองอย่างนี้ไม่เหมือนกัน ความแตกต่างที่สำคัญคือ ตึกนั้นถูกสร้างขึ้นจากสิ่งอื่นคือมนุษย์ ส่วนสมองสร้างตัวมันขึ้นมาเอง ภายใต้อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม

ต่อจากนั้นคือ ทำความเข้าใจสมองในบริบทนั้น และหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อจะยกระดับศักยภาพของสมองนั้นขึ้น นั่นคือ จัดกระบวนการให้เกิดการเรียนรู้ขึ้น

การจัดการ เพื่อทำให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้น หรือการจัดการศึกษา นั้นก็คือ การดำเนินการตามลำดับขั้นตอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ หรือปัญญาขึ้นในสมอง โดยใช้วิธีการซึ่งสอดคล้องกับพัฒนาการของสมอง

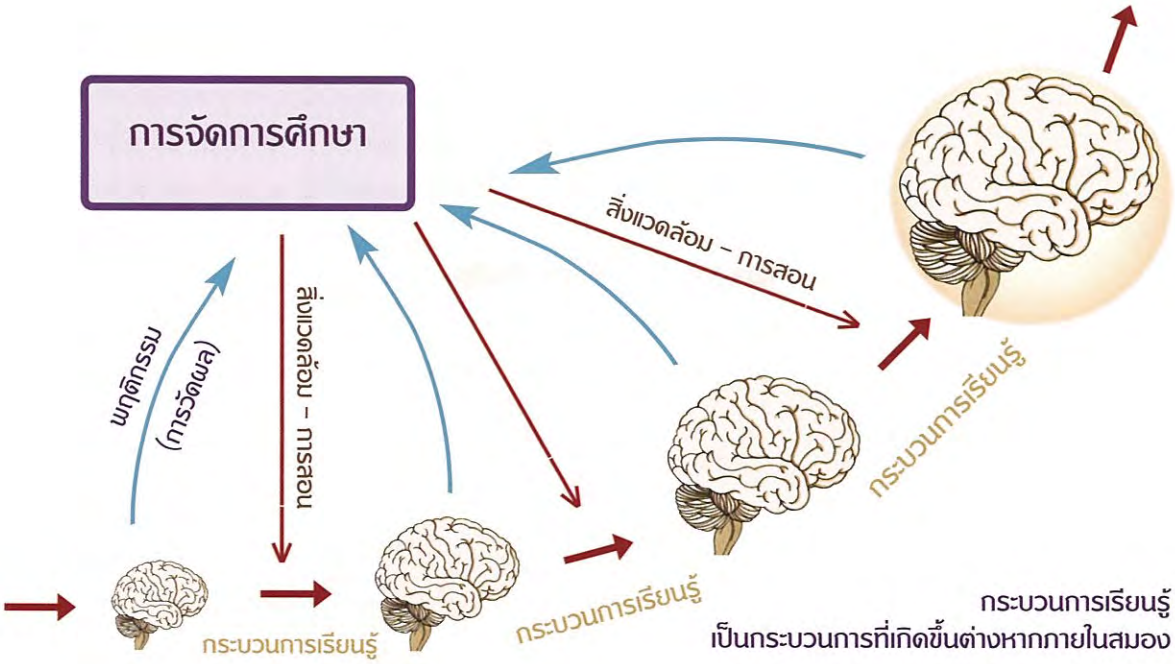
ความรู้ความเข้าใจที่อธิบายถึง กระบวนการของการเรียนรู้ หรือพัฒนาการของสติปัญญาความสามารถของสมองนั้นมีความสำคัญ มีทฤษฎีและแนวคิดจำนวนมาก ที่กล่าวถึงปัจจัยสำคัญต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ บางทฤษฎีอธิบายกลไกการทำงานของ 'พฤติกรรมการเรียนรู้' นี้ ความเข้าใจในเรื่องนี้นำไปสู่การจัดการให้เกิดการเรียนรู้

การจัดการให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้น มีตัวแปรหรือเงื่อนไขที่ต้องพิจารณา 2 ด้านคือ ผู้เรียนและผู้จัดให้เรียน(หรือผู้สอน) สิ่งสำคัญที่ต้องตอบได้จึงได้แก่ ด้านของผู้เรียน คือ จะเรียนอะไร(ผู้เรียนยังไม่รู้อะไร) และ เรียนอย่างไร(สมองเรียนรู้อย่างไร) ส่วนด้านของผู้สอน คือ จะสอนอะไร(ซึ่งต้องสอดคล้องกับว่า ผู้เรียนรู้แล้วหรือไม่และต้องการรู้หรือเปล่า) และจะสอนอย่างไร(ซึ่งจะสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ของสมอง เพื่อให้การสอนได้ผล)

และสำหรับการจัดการศึกษา ยังมีกิจกรรมสำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การประเมินผล การประเมินก็คือ ต้องการรู้ว่า กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดขึ้นแก่ผู้เรียนนั้น สัมฤทธิ์ผล สามารถทำให้สติปัญญาความสามารถพัฒนาขึ้นหรือไม่เพียงใด ควรสังเกตว่า การประเมินหรือการวัดนั้น เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการโดยอาศัยสิ่งที่ปรากฏเห็นจากศักยภาพของสมอง ในขณะที่กระบวนการเรียนรู้นั้นกระทำต่อตัวสมองโดยตรง นัยความหมายนี้ก็คือ ในกระบวนการสอน-เรียน สมองผู้เรียนเป็นกลจักรสำคัญของกระบวนการที่จะเกิดการพัฒนาหรือการเรียนรู้ กล่าวคือ สมองมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงต่อกระบวนการสอน-เรียนรู้ ส่วนในการประเมินนั้น สมองของผู้สังเกตหรือผู้ประเมินเป็นกลจักรสำคัญของกระบวนการที่จะแปลความหมายของสิ่งที่สมองผู้เรียนแสดงออกมา เพื่อให้รู้ว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้างในสมองผู้เรียนหลังการเรียนรู้ สองกระบวนการนี้ต่างกัน

และที่สำคัญกระบวนการสอนย่อมไม่ใช่การย้อนกลับของกระบวนการประเมิน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าการประเมินต้องการคำตอบ จึงถามว่า รู้จักดวงอาทิตย์หรือไม่ การสอน-การเรียนรู้ ย่อมไม่ใช่เพียงการย้อนกลับ หรือบอกคำตอบนักเรียนว่าดวงอาทิตย์คืออะไร แต่สิ่งที่กระบวนการสอน-เรียนจะต้องทำให้บรรลุผลคือ ทำให้ความหมายของดวงอาทิตย์นั้นเข้าไปมีที่ทางอยู่ในสมอง สัมพันธ์เชื่อมโยงกับความรู้อื่นที่สมองมีอยู่ก่อน และทางเดียวที่เป็นไปได้ก็คือ สมองต้องย่อยความรู้นั้นเข้าไปเองหรือสมองต้องเรียนรู้เอง การบอกว่าดวงอาทิตย์คืออะไรเป็นวิธีการหนึ่ง ซึ่งช่วยให้สมองรับเอาความรู้นี้เข้าไปได้ และอาจต้องควบกับวิธีอื่นๆ ด้วย วิธีนั้นๆ ยังมีหลากหลายแบบกระบวนการ ขึ้นอยู่กับว่า จะต้องการให้สมองเรียนอะไรและสิ่งที่จะเรียนนั้นสมองมีวิธีการเรียนรู้อย่างไร

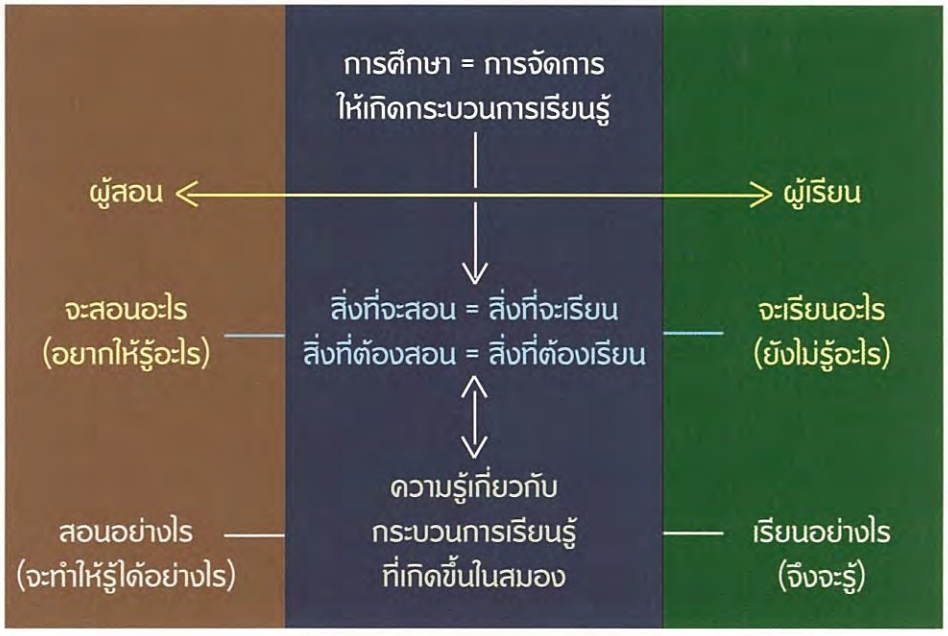
(การทำงานของวิทยุทำให้เกิดเสียง ดังนั้นหากวิทยุมีเสียงดังเกินไป การทำให้เสียงค่อยลงคือ การหรี่เสียง การหรี่เสียงเป็นการไปควบคุมกลไกของวงจรที่ทำให้เกิดเสียง เราไม่ได้ไปทำให้เสียงค่อยลงโดยตรง แต่ไปดำเนินการโดยรู้ว่ากลไกที่ทำให้เกิดเสียงทำงานอย่างไร)



กระบวนการเรียนรู้
เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่างหากภายในสมอง

การจัดการศึกษา หรือการจัดการให้เกิดกระบวนการเรียนรู้นั้น
เป็นการจัดสิ่งแวดล้อมและดำเนินการสอน ให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ของสมอง
โดยสังเกตพฤติกรรม ที่สะท้อนศักยภาพของสมองอันเกิดจากการเรียนรู้ เป็นแนวทางในการดำเนินการ

การจัดการให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ เกี่ยวข้องกับ บริบทของ ผู้สอน และ ผู้เรียน



คำบางคำที่ได้ยินคุ้นอยู่ในวงการการศึกษา เช่น พฤติกรรมนิยม คอนสตรักชั่นนิสซึม มองเตสเซอรี่ ฯลฯ เป็นชื่อเรียกของแนววิธีจัดการศึกษาแบบต่าง ๆ เป็นคำที่มีนิยามในตัวซึ่งอธิบายกระบวนการเรียนการสอนในด้านต่าง ๆ คำเหล่านั้นบอกให้รู้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนนั้น จะเอาอะไรให้เรียนเป็นหลัก จะมีวิธีสอนให้เรียนรู้ได้อย่างไร สิ่งที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน ก็คือ แต่ละแบบมีแนวคิดหรือคำอธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์อย่างไร รวมทั้งมีวิธีการที่ได้วางเป็นแบบแผนไว้ เป็นขั้นตอนลงมือทำ รวมทั้งวิธีการประเมินหรือการวัดผล ที่สอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าวนั้น เพื่อที่จะนำไปใช้ปฏิบัติให้บรรลุถึงเป้าหมายของการเรียนรู้หรือความชำนาญในทักษะต่าง ๆ

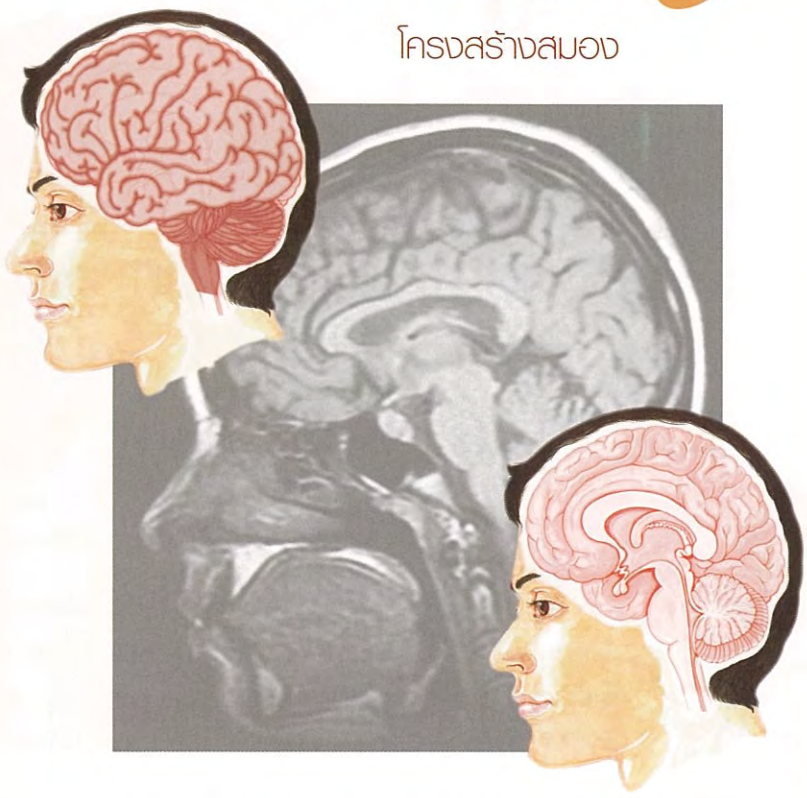
ในบรรดาปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ทฤษฎีหรือคำอธิบายกระบวนการ ที่มา กลไก แห่งการเกิดสติปัญญาและทักษะ ทฤษฎีหรือคำอธิบายนี้ก็คือ ความรู้ความเข้าใจว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้อย่างไร หรืออีกนัยหนึ่ง **สมองทำงาน-เรียนรู้อย่างไร**

การวิจัยเกี่ยวกับสมองและความรู้ที่เพิ่มขึ้นในราว 20 ปีที่ผ่านมานี้ โดยเฉพาะการค้นคว้าความรู้เกี่ยวกับสมองอย่างจริงจังในทศวรรษ 1990 ที่เรียกว่า **ทศวรรษแห่งสมอง** (Decade of the Brain) ทำให้ได้ทบทวนความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีมาแต่ก่อน อธิบายและทำให้ทฤษฎีการเรียนรู้บางทฤษฎีชัดเจนขึ้น รวมทั้งเปิดมุมมองและอธิบายแนวคิดใหม่ ๆ ในกระบวนการเรียนรู้ มุมมองเหล่านี้แหละที่เรียกตัวเองว่า **การเรียนรู้โดยเข้าใจสมอง** (Brain-Based Learning) เราควรต้องมองและจัดการเรียนรู้เสียใหม่ โดยใช้ศักยภาพของสมองให้เต็มที่ และนี่ก็คือ สิ่งที่สอดคล้องกับการค้นพบทางวิทยาศาสตร์เมื่อยี่สิบปีที่ผ่านมา ในโลกตะวันตก ทศวรรษแห่งสมองนี้พยายามหาคำตอบ เพื่อจะคลี่คลายไปสู่ความรู้ความเข้าใจยิ่งขึ้นว่า สิ่งที่ทำให้เราเป็นเราก็คือ สมอง และ สมอง ที่กำความลับทั้งมวลแห่งความเป็นเราไว้นี้ เราเข้าใจมันแล้วหรือยัง

นักวิทยาศาสตร์ด้านสมองเคยกล่าวไว้ว่า สมองมนุษย์เป็นระบบธรรมชาติที่ซับซ้อนและทรงพลังที่สุดในจักรวาลเท่าที่เรารู้จักมา อันที่จริงข้อค้นพบนี้เราเห็นประจักษ์แล้วจากการสั่งสมภูมิปัญญาสืบมาของมนุษยชาติ ศาสดาของศาสนาและปวงปรัชญาเมธี ล้วนแต่ได้ค้นหา และเสนอคำตอบต่อชีวิตและโลก มาเป็นเวลานานเกือบเท่ากับอารยธรรมของมนุษย์เอง ความรู้เรื่องสมองเป็นพรมแดนความรู้ใหม่ของวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครึ่งแรกของศตวรรษที่ 20 ถูกเรียกว่ายุคฟิสิกส์ และครึ่งหลังเป็นยุคแห่งชีววิทยา การวิจัยและความรู้ด้านสมองจากปลายศตวรรษก่อน อาจเปิดทางไปสู่ ยุคแห่งวิทยาศาสตร์ด้านสมองและจิตใจ ในต้นศตวรรษที่ 21 นี้...

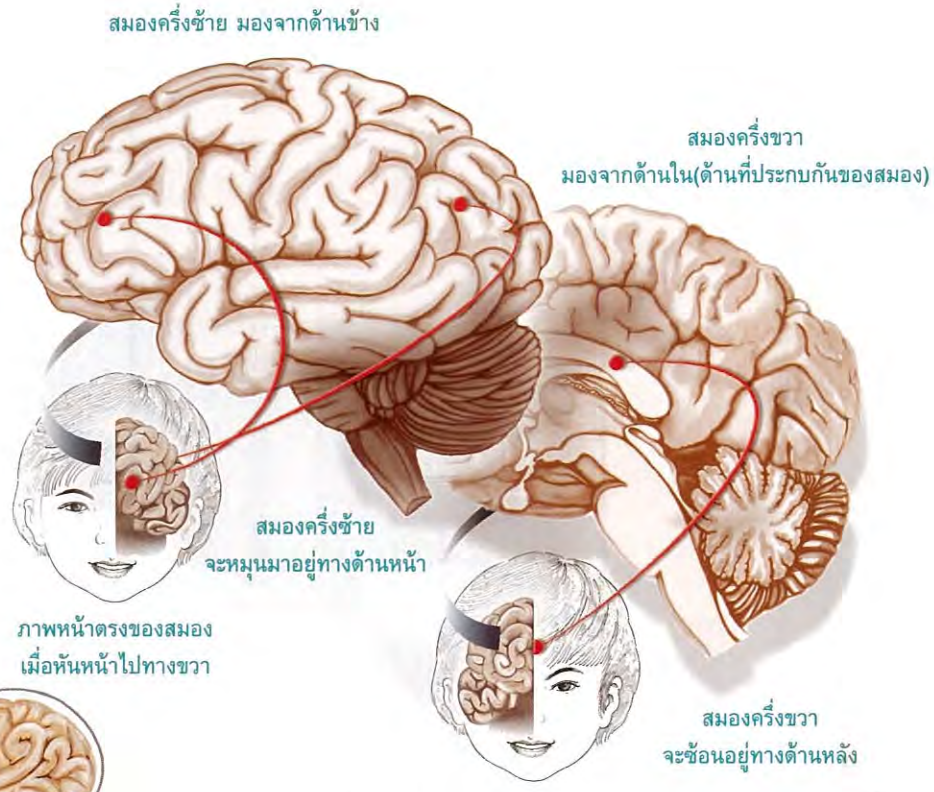
สมองของเรา 6

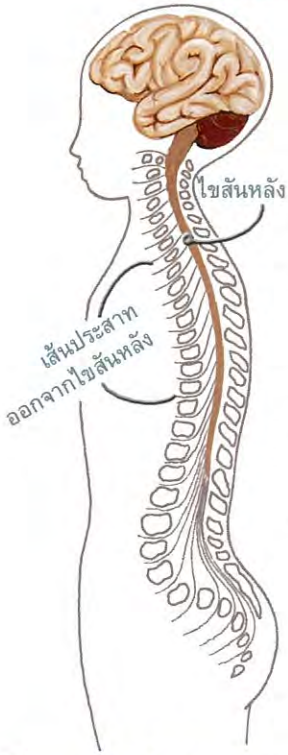
โครงสร้างสมอง



มนุษย์รู้ดีว่าสมองเป็นส่วนสำคัญ และการเรียนรู้คงจะต้องเกี่ยวกับสมอง คำพูดทำนองว่า เด็กคนนี้สมองดี คนนี้สมองทึบ คนนี้มีหัวคิด คนนี้หัวหมอ คนนี้มีหัว มีนัยว่า 'หัว' หรือ 'สมอง' เป็นที่มาของ 'การรู้ การไม่รู้ ความฉลาด ปฏิภาณไหวพริบ' นั่นเอง

(บทนี้และบทที่ 7 อาจมีคำศัพท์ที่ไม่คุ้นสำหรับผู้อ่านอยู่มาก ผู้อ่านอาจต้องอ่านซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง หรือ อาจผ่านพลิกไปอ่านเนื้อหาที่สนใจในบทอื่นๆ ก่อน และย้อนกลับมาอ่านทำความเข้าใจทีหลัง)



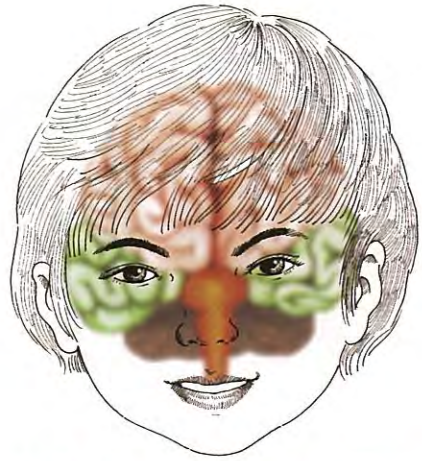


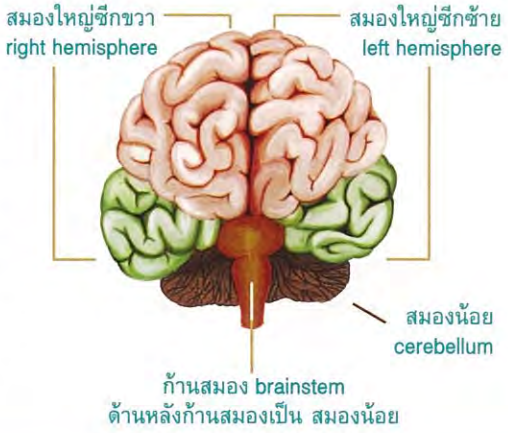
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะและส่วนประกอบของสมอง เป็นพื้นฐานสำหรับทำความเข้าใจเรื่องอื่นๆ ที่ซับซ้อนมากขึ้น อันได้แก่ การทำงานของสมอง ซึ่งปรากฏเป็นพฤติกรรมต่างๆ เรื่องของจิตใจ การเรียนรู้ รวมทั้งเรื่องความแตกต่างกันระหว่างมนุษย์ในเรื่องความรู้กับความไม่รู้ ความโง่กับความฉลาด

ก่อนหน้านี้นั้น ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมอง ได้มาจากการสังเกตพฤติกรรมภายนอก และการตรวจอวัยวะสมองของคนที่เสียชีวิตแล้ว ในปัจจุบันมีเครื่องมือสมัยใหม่ที่ทำให้เห็นภาพสมองขณะทำงานได้ นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือและการตรวจวัดที่ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ อีกหลายชนิดที่นำมาใช้ตรวจดูการทำงานของสมอง เครื่องมือเหล่านี้บางครั้งก็ยืนยันหรือบางครั้งก็หักล้างความเชื่อหรือความรู้ที่เข้าใจกันมาแต่ก่อนบางอย่าง ข้อมูลที่ได้มาช่วยคลี่คลายให้คำอธิบายใหม่ๆ ทั้งต่องานวิจัยค้นคว้าที่นักวิทยาศาสตร์ด้านสมองได้ทำมาก่อนหน้านี้และที่กำลังดำเนินอยู่ เครื่องมือเหล่านี้รวมกับศักยภาพของงานวิจัยด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ที่ดำเนินมาก่อนหน้านี้ ช่วยคลี่คลายไปสู่คำตอบที่ว่าสมองของคนเราทำงานอย่างไร

สมองที่อยู่ภายในกะโหลกศีรษะของเรานี้ มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมคว่ำ ส่วนโค้งอยู่ทางด้านบน ส่วนแบนอยู่ทางด้านล่าง มีแกนตรงกลางยาวยื่นออกมาจากครึ่งทรงกลมนี้ทางด้างล่างเรียกว่า **ก้านสมอง** (brainstem) ก้านสมองนี้มีส่วนต่อยาวเลยท้ายทอยลงไป ส่วนที่ยาวต่อมาจากท้ายทอยเมื่อพ้นกะโหลกศีรษะไปแล้วจะทอดตัวเป็นลำยาวภายในช่องตลอดแนวกระดูกสันหลังเรียกว่า **ไขสันหลัง** (spinal cord)

สมองส่วนที่สำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเรียนรู้ ความโง่ ความฉลาด ที่เรามักพูดถึง คือ ส่วนครึ่งวงกลมที่อยู่ภายในครึ่งบนของกะโหลกศีรษะ มีชื่อเรียกว่า **ซีรีบรัม** (cerebrum) หรือ **สมองใหญ่** เมื่อดูภายนอกส่วนครึ่งวงกลมนี้มีรอยหยัก เป็นร่องและลอนนูนทั่วไป มีร่องใหญ่มากที่ด้านบนตรงกลางกระหม่อม ซึ่งแบ่งครึ่งวงกลมนี้เป็น 2 ซีก จากหน้าไปหลัง ทำให้สมองแยกเป็น 2 ข้าง (2 hemispheres) ทางด้านซ้ายและด้านขวา ซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน สมองสองข้างนี้ไม่ขาดจากกันทีเดียว แต่ยึดติดกันด้วยส่วนของสมองที่อยู่ในตอนกลาง สมองแต่ละข้างแบ่งเป็น 4 ส่วน



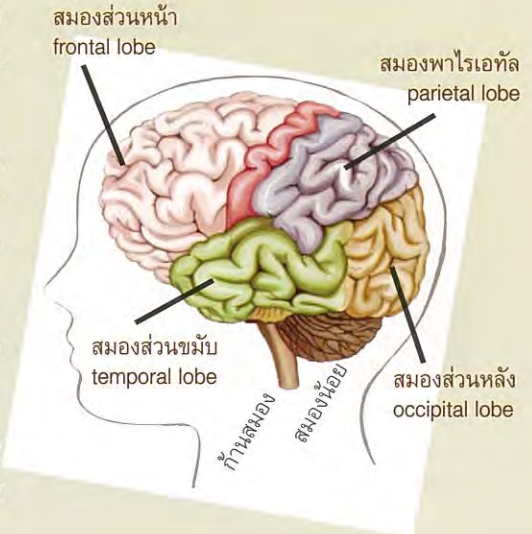


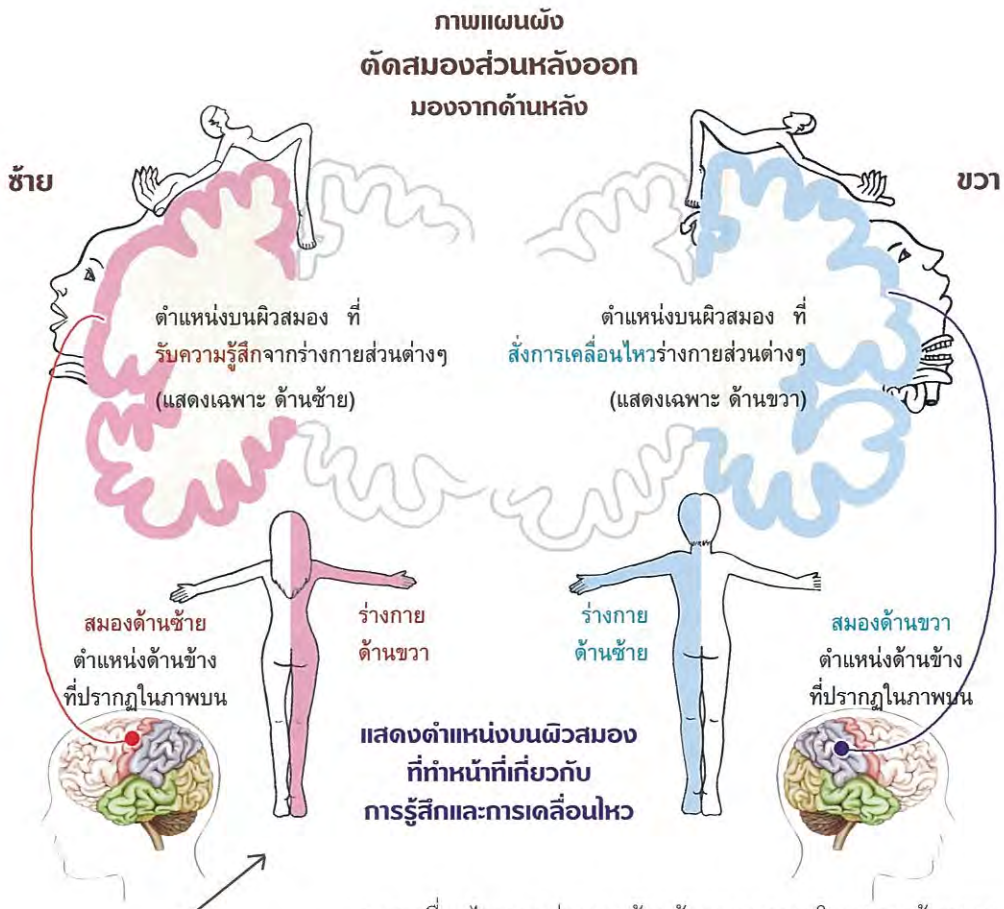
สมองส่วนหน้า (frontal lobe-ส่วนหน้าของกระหม่อม) ทำงานเกี่ยวกับการตัดสินใจ เหตุผล วางแผน และควบคุมการเคลื่อนไหว

สมองพาไรเอทัล (parietal lobe-ส่วนหลังของกระหม่อม) ทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกสัมผัสและรับรู้ตำแหน่งของร่างกายส่วนต่าง ๆ รวมทั้งนำการรับรู้ในส่วนนี้ประสานกับการรับรู้ภาพและเสียง

สมองส่วนหลัง (occipital lobe-เหนือท้ายทอย) ทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพ

สมองส่วนขมับ (temporal lobe-บริเวณทัดดอกไม้) ทำงานเกี่ยวกับรับรู้เสียง ความจำ การตีความ ภาษา





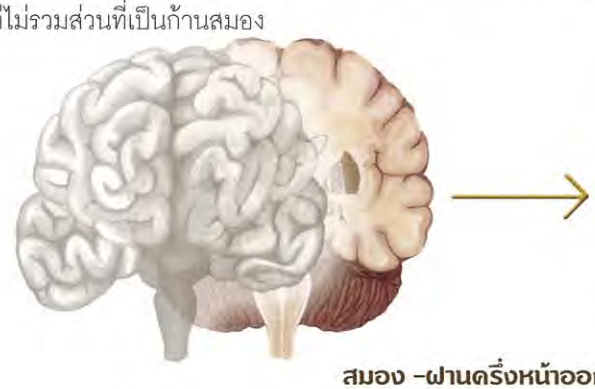


ภาพสมอง
มองจากด้านหลัง

การเคลื่อนไหวของร่างกายด้านซ้ายจะควบคุมโดยสมองด้านขวา ส่วนการเคลื่อนไหวด้านขวาจะควบคุมโดยสมองด้านซ้าย เช่นเดียวกับความรู้สึก คือ สมองซ้ายรับความรู้สึกร่างกายด้านขวา และสมองด้านขวารับความรู้สึกจากร่างกายด้านซ้าย ในการเรียนรู้ สมองทั้งซ้ายและขวาต่างก็ทำงานประสานกัน เชื่อมโยงกันตลอดเวลา แต่มีรายละเอียดแตกต่างกันบ้าง เช่น สมองด้านซ้ายทำงานเกี่ยวกับความเข้าใจภาษาและการพูด ส่วนสมองด้านขวารับรู้ระยะ มิติ วิเคราะห์ความสัมพันธ์และทำความเข้าใจการรับรู้แบบรวมๆ

- สมองด้านซ้าย เกี่ยวกับความเข้าใจ การแสดงออก ผ่านภาษาพูด การอ่าน และการเขียน รวมทั้งหาความสัมพันธ์โดยตรรกะและเหตุผล เป็นสมองที่ 'ใช้เหตุผล'
- สมองด้านขวา เกี่ยวกับความเข้าใจ การแสดงออก ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลแบบองค์รวม ความหมายมาจาก มิติรูปทรง การวางตำแหน่ง การจัดองค์ประกอบ กระบวนแบบ ความรู้สึกที่แฝงอยู่ในภาษา เช่น ท่าทาง น้ำเสียง เป็นสมองที่ 'รู้สึก'

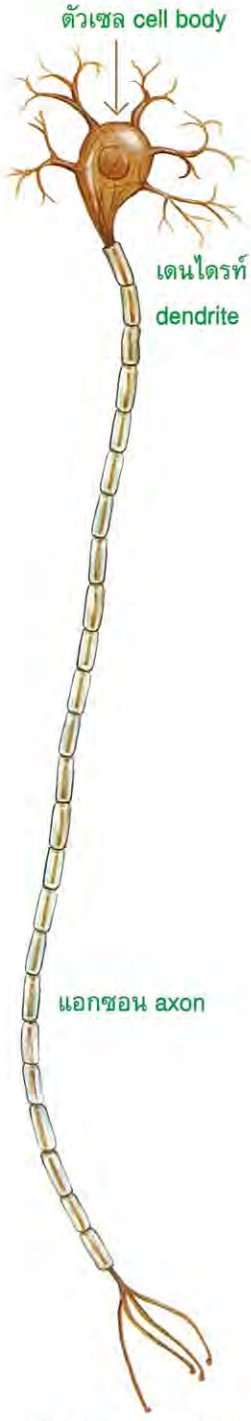
พื้นที่ผิวสมองอาจแบ่งออกเป็นส่วนๆ เช่นเดียวกับการแบ่งพื้นที่ผิวโลกออกเป็นแผนที่อาณาเขตประเทศต่างๆ การแบ่งพื้นที่นั้นทำให้สะดวกในการศึกษาหน้าที่การทำงานของสมองแต่ละบริเวณ เพราะพื้นที่แต่ละแห่งของผิวสมองนั้นมีหน้าที่ไม่เหมือนกัน สมองยังประกอบด้วยโครงสร้างในชั้นลึกใต้ผิวลงไปด้วย ส่วนภายนอกที่เห็นเป็นรูปสมองนั้นคือ ผิวสมอง หรือ เปลือกสมอง หรือ คอร์เทกซ์ (cortex) คำเรียกเต็มๆ คือ ซีรีบรัลคอร์เทกซ์ (cerebral cortex) เป็นชั้นบางๆ ของกลุ่มเซลสมองซึ่งคลุมเนื้อสมองที่อยู่ชั้นใต้ลงไป เนื้อสมองใต้ผิวสมองนั้นประกอบด้วยเส้นใยประสาท ซึ่งเชื่อมโยงเซลสมองบนผิวสมองคอร์เทกซ์ชั้นบน ชั้นใต้ผิวสมองนี้ยังมีกระจุกเซลสมองอีกหลายกลุ่มด้วย ชั้นใต้สมองนี้เรียกชื่อรวมๆ ว่า ซับคอร์ทิคัลเบรน (subcortical brain) หรือ ซับคอร์ทิคัลซิสเต็ม (subcortical system) เรียกสั้นๆ ว่า ซับคอร์เทกซ์ (subcortex) ซึ่งหมายถึงส่วนโครงสร้างสมองที่อยู่ใต้ผิวสมองทั้งหมด แต่ไม่รวมส่วนที่เป็นก้านสมอง



สมอง –ฝานครึ่งหน้าออก

คอร์เทกซ์ หรือ **ผิวสมอง** คือ ชั้นเนื้อเยื่อสมองที่คลุมสมองทั้งหมดที่เห็นเป็นส่วนที่สร้างขึ้นจากเซลสมองจำนวนหนึ่งแสนล้านเซล เรียงตัวเป็นชั้นๆ ประสานกันเป็นร่างแห ด้วยใยประสาทจำนวนมากที่อยู่รอบตัวมัน สีของชั้นผิวสมองนี้ดูคล้ำเข้มกว่าส่วนที่อยู่ข้างใต้ จึงมีชื่อเรียกคอร์เทกซ์อีกชื่อหนึ่งว่า สมองเทา (gray matter) **ส่วนใต้ผิวสมอง** หรือ **ซับคอร์เทกซ์** นั้นประกอบด้วยโครงสร้างเนื้อเยื่อหลายกลุ่ม ส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประสาทซึ่งหุ้มด้วยม้วนไขมันมีสีอ่อนกว่า มีชื่อเรียกส่วนที่มีสีอ่อนใต้ผิวสมองนี้ว่า สมองขาว (white matter) ซึ่งหมายถึงส่วนประกอบของสมองที่เป็นใยประสาทสีอ่อนนั้น ผิวสมอง/คอร์เทกซ์เป็นส่วนที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดของสมอง รอยหยักของผิวสมองทำให้พื้นที่ของผิวสมองเพิ่มมากขึ้น ผิวสมองเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือราว 80% ของระบบประสาททั้งหมด เป็นส่วนที่มีเซลสมองหนาแน่น และเมื่อกล่าวถึงการทำงานของสมองในการคิดหรือการเรียนรู้ก็มักจะหมายถึงการทำงานของส่วนผิวสมองนี้





เซลสมอง neuron

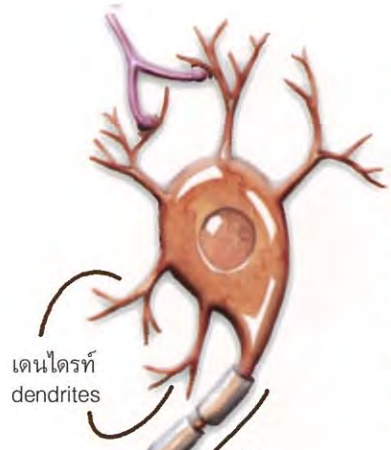
เซลสมอง หรือ **เซลประสาท(neuron)** บนผิวสมองคอร์เทกซ์นี้แตกต่างจากเซลทั่วไป สิ่งมีชีวิตประกอบขึ้นจากอวัยวะ อวัยวะประกอบขึ้นจากเนื้อเยื่อต่างๆ เนื้อเยื่อประกอบด้วยเซล ตัวเซลสมองนั้นเล็กมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดู แต่ส่วนที่ยื่นยาวออกไปจากตัวเซลสมองนั้น ถ้ามารวมกันเข้าอาจเห็นเหมือนเส้นด้าย แขนงยาวของเซลสมองนี้เป็นทางเดินของกระแสประสาทจากเซลหนึ่งติดต่อไปยังเซลอื่น จุดที่แขนงของเซลสมองมาจ่อเจอกันเรียกว่า**จุดต่อสัญญาณ (synapse-ซีนแนปส์)** การทำงานของสมองคือการที่มีกระแสประสาทไหลเวียนในวงจรเซลสมองที่ติดต่อกันนั่นเอง

เซลบนผิวสมองคอร์เทกซ์นี้ส่งแขนงเป็นเส้นใยยาวไปยังกลุ่มเซลใต้ผิวสมอง และกลับกันเซลบนผิวสมองก็ได้รับการเชื่อมโยงติดต่อโดยแขนงยาวนี้ ซึ่งส่งมาจากกลุ่มเซลที่อยู่ใต้ผิวสมอง แขนงเส้นยาวนี้มีชื่อเรียกว่า **แอกซอน (axon)** เซลผิวสมองยังส่งแอกซอนยาวไปควบคุมกล้ามเนื้อร่างกายส่วนต่างๆ แอกซอนเหล่านี้รวมกันเป็นเส้นทางเดินของใยประสาทภายในสมอง ทางเดินใยประสาทนี้ลู่รวมกันเห็นเป็นลำในบริเวณส่วนล่างหรือฐานสมองติดต่อกับก้านสมอง มีชื่อเรียกส่วนนี้ว่าข่อสมอง(cerebral peduncle) สมองทั้งหมดอาจดูเหมือนข่อกระหล่ำดอก ผิวสมองคือผิวดอกกระหล่ำ ส่วนก้านข่อนั้นคือก้านสมอง ก้านสมองยาวเลยกะโหลกศีรษะ ทอดตัวไปในช่องกระดูกสันหลัง เรียกชื่อใหม่ว่า **ไขสันหลัง** ส่วนเส้นประสาทที่เห็นในส่วนต่างๆ ของร่างกายนั้นก็คือ มัดของแอกซอนที่ส่งออกไปจากเซลประสาทที่อยู่ในไขสันหลังนั่นเอง

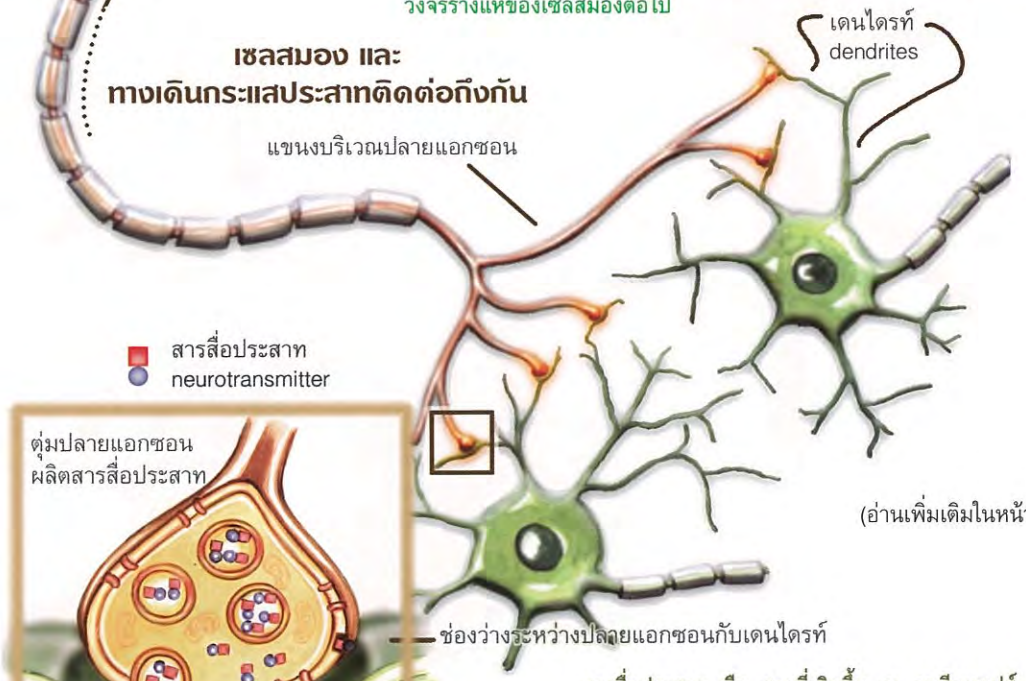
นอกจากแอกซอนจะเป็นทางติดต่อระหว่างเซลผิวสมองคอร์เทกซ์กับกลุ่มเซลใต้ผิวสมองแล้ว ยังมีกลุ่มแอกซอนที่เชื่อมโยงติดต่อคอร์เทกซ์ 2 ข้างซ้าย-ขวาเข้าด้วยกัน มีชื่อเรียกส่วนนี้โดยเฉพาะว่า **คอร์ปัสแคลโลซัม (corpus callosum)** ซึ่งมีจำนวนเส้นประสาทมากกว่า 250 ล้านเส้น คอร์ปัสแคลโลซัมนี้ยึดโยงสมองด้านซ้ายและขวาไว้ด้วยกัน และเชื่อมโยงการทำงานของสมองสองข้างเข้าด้วยกันด้วย

คอร์เทกซ์มีเซลสมองนับแสนล้าน คลี่ออกเป็นแผ่นจะได้ขนาดหน้าหนังสือพิมพ์ เซลสมองบนคอร์เทกซ์ทำงานประสานกันตลอดเวลา การประสานงานระหว่างคอร์เทกซ์ด้านซ้ายและด้านขวา มีความสำคัญมากในการเรียนรู้ ความหมายทางภาษาของเสียงของคำอ่านคำเขียน เกิดขึ้นที่สมองทางด้านซ้าย ส่วนความหมายหรือการรู้จักรูปร่างของสิ่งที่เห็น อยู่ที่สมองด้านขวา ความเข้าใจคำว่า 'หมา' อยู่ทางด้านซ้าย ส่วนการรู้จัก 'ตัวสัตว์ที่รูปร่างเป็นหมา' อยู่ทางด้านขวา คอร์ปัสแคลโลซัมในนักดนตรีมีขนาดใหญ่กว่าคนทั่วไป เพราะนักดนตรีต้องใช้ทักษะที่เชื่อมโยงสมองซ้ายขวามาก ต้องมีความเข้าใจจากการฟังเสียง เชื่อมโยงไปควบคุมการเคลื่อนไหวนิ้วมือทั้งซ้ายขวาในการเล่นดนตรี

การติดต่อเชื่อมโยงถึงกันในระบบประสาท เกิดขึ้นโดยมีแขนงแอกซอนของเซลสมองเซลหนึ่ง ยื่นยาวไปสัมผัสกับแขนงเดนไดรท์ของเซลสมองอีกเซลหนึ่ง จุดที่สัมผัสกันนั้นเรียกว่า**จุดซีนแนปส์** หรือ**จุดเชื่อมต่อสัญญาณประสาท** จุดที่สัมผัสกันนี้ อันที่จริงมีช่องว่างเล็กๆ (เล็กมาก)คั่นอยู่ ลำพังการที่แขนงของเซลมาจ่อสัมผัสกัน ไม่ได้ทำให้เกิดอะไรขึ้น การทำงานติดต่อเชื่อมโยงของวงจรในเซลสมองเกิดขึ้นจริง เมื่อมีการผ่านสัญญาณไฟฟ้าไปมาระหว่างกัน กระแสประสาทจะแล่นจากตัวเซลสมองไปยังปลายแอกซอนในลักษณะคลื่นกระเพื่อมของไฟฟ้าอ่อนๆ เมื่อไปถึงจุดต่อซีนแนปส์ คลื่นสัญญาณไฟฟ้านี้ไม่ได้กระโดดข้ามช่องว่างไปถึงกัน แต่จะมีการกระตุ้นให้มีการหลั่งสารสื่อประสาทที่ปลายแอกซอน สารสื่อประสาทนี้จะลอยข้ามช่องว่างระหว่างจุดซีนแนปส์นี้ไปที่อีกด้านหนึ่งคือเดนไดรท์ ซึ่งเป็นแขนงของเซลสมองด้านรับ ปุ่มรับที่อยู่บนผนังเซลบริเวณนั้นไวต่อการตรวจจับสารสื่อประสาทนี้ เมื่อปุ่มรับที่เดนไดรท์จับสารสื่อประสาทนี้ไว้ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเคมีขึ้น เกิดกระเพื่อมคลื่นไฟฟ้าขึ้นที่ปลายเดนไดรท์นั้น กระจายผ่านแขนงเดนไดรท์นั้นเข้าสู่ตัวเซลสมอง เซลสมองจะเพิ่มสัญญาณของคลื่นนั้นแล้วส่งออกไปยังแขนงแอกซอน เป็นการผ่านสัญญาณประสาทนี้ไปในวงจรร่างแหของเซลสมองต่อไป



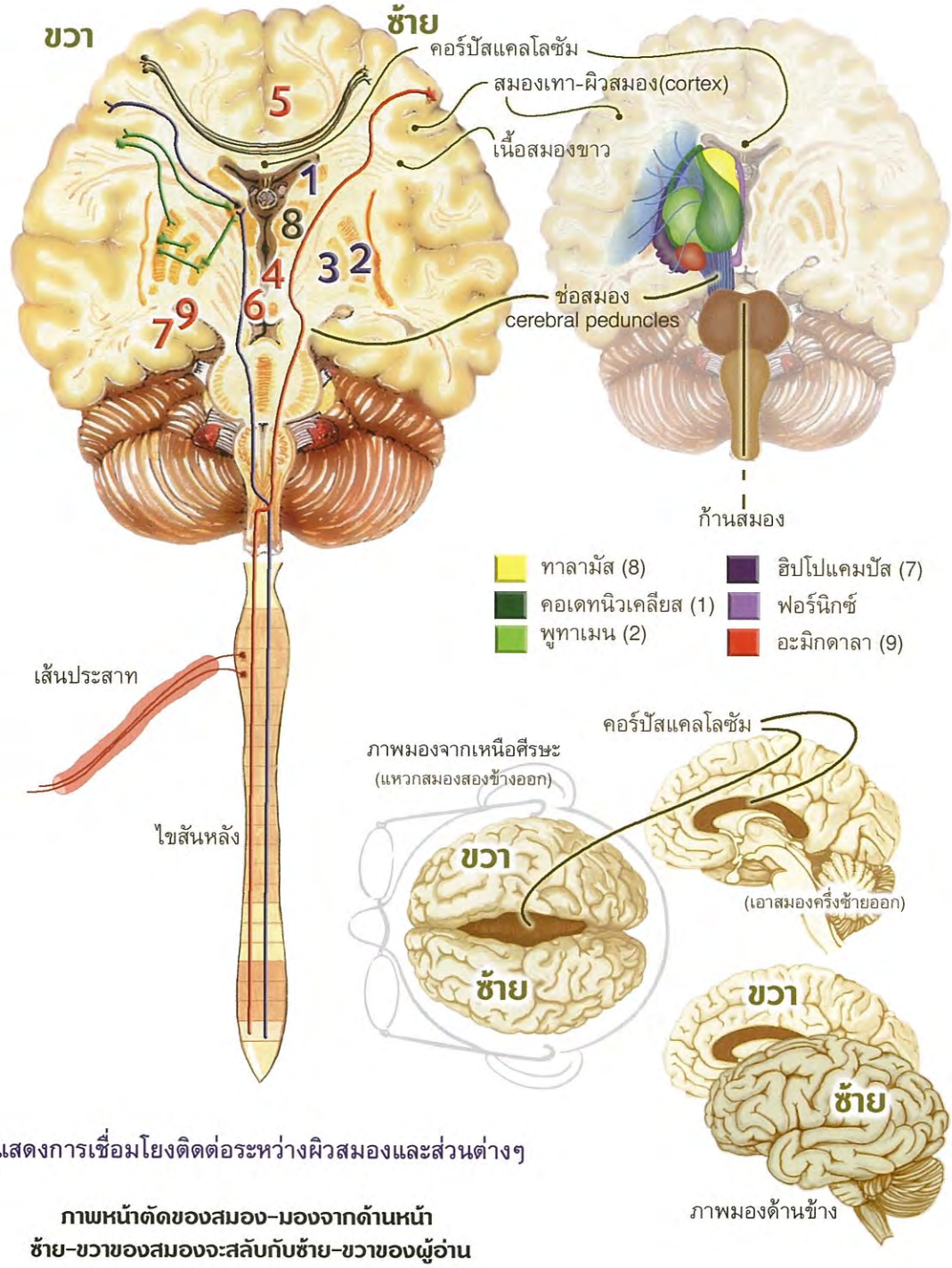
เซลสมอง และ ทางเดินกระแสประสาทติดต่อถึงกัน



ภาพขยายจุดต่อสัญญาณ (synapse)

(อ่านเพิ่มเติมในหน้า 91)

สารสื่อประสาท คือ สารที่เกิดขึ้น ณ จุดซีนแนปส์ ปลายประสาทแอกซอนจะผลิตสารนี้เมื่อต้องการส่งผ่านสัญญาณไปยังปลายประสาทเดนไดรท์ ซึ่งอยู่อีกฟากหนึ่งของช่องว่าง ณ จุดซีนแนปส์นั้น สัญญาณจากแอกซอนไปถึงเดนไดรท์โดยสารสื่อประสาทลอยข้ามช่องว่างนี้ไป และกระตุ้นให้เกิดสัญญาณขึ้นที่เดนไดรท์ อีกฟากหนึ่งของจุดซีนแนปส์นั้น



แสดงการเชื่อมโยงติดต่อระหว่างผิวสมองและส่วนต่างๆ

ภาพหน้าตัดของสมอง-มองจากด้านหน้า
ซ้าย-ขวาของสมองจะสลับกับซ้าย-ขวาของผู้อ่าน

ถัดจากผิวสมองคอร์เทกซ์สีเทา เป็นเนื้อสมองที่มีสีอ่อนกว่า(สีขาว) มีกลุ่มเซลสมองหลายกลุ่มแทรกตัวอยู่ในเนื้อสมองสีขาวนี้ กลุ่มเซลสมองซึ่งเรียกว่าเป็นโครงสร้างที่อยู่ใต้ผิวสมอง(ซับคอร์เทกซ์)นี้ มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ไม่น้อยไปกว่าเซลผิวสมอง งานของเซลผิวสมองนั้นเกี่ยวกับการรับรู้ ความคิด ความเข้าใจ การวิเคราะห์วางแผน ตัดสินใจ ส่วนกลุ่มเซลชั้นใต้ผิวสมองจะทำหน้าที่ เตรียมข้อมูล กรองข้อมูล เฝ้าระวังอันตรายและรักษาสภาวะสมดุลของร่างกาย ถ้าเปรียบว่าเซลผิวสมองเหมือนผู้ควบคุมหรือศูนย์บัญชาการ กลุ่มเซลชั้นใต้ผิวสมองก็จะเป็นเสมือนผู้เฝ้าระวังและบริกร เพื่อให้เซลผิวสมองทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เบซัลแกงเกลีย basal ganglia เป็นส่วนสมอง ซึ่งอยู่ติดกับทาลามัส มีความสำคัญเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนไหวในบางลักษณะ เช่น การก้าวเดินตามธรรมชาติ การเคลื่อนไหวบางอย่างที่เป็นอัตโนมัติ และยังประสานกับคอร์เทกซ์ส่วนหน้าสุด ทำหน้าที่เกี่ยวกับ การวางแผน ตัดสินใจ กระตุ้นให้มีพฤติกรรม(คือขยับเคลื่อนไหว)ต่างๆ

(ทางด้านขวามือเป็นชื่อ กลุ่มเซลสมองในเบซัลแกงเกลีย)

- คอเดทนิวเคลียส (caudate nucleus) (1)
- พูทาเมน (putamen) (2)
- นิวเคลียสแอคคัมเบนส์ (nucleus accumbens)
- โกลบัสพาลิดัส (globus pallidus) (3)
- ซับสแทนเทียไนกรา (substantia nigra)
- ซับทาลามิกนิวเคลียส (subthalamic nucleus)

ลิมบิกซิสเต็ม limbic system ทำงานเกี่ยวข้องกับอารมณ์ มีบทบาทสำคัญต่อการจำ การรับรู้ประสบการณ์อารมณ์ และควบคุมกลไกของร่างกายเกี่ยวเนื่องกับอารมณ์

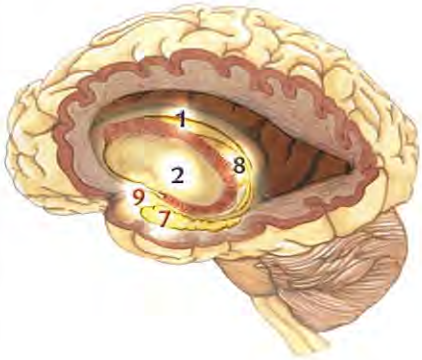
(ทางด้านขวามือ เป็นชื่อส่วนของสมองต่างๆ ที่ทำงานร่วมกันเป็นลิมบิกซิสเต็ม หรือ ระบบลิมบิก)

- อะมิกดาลา (amygdala) (9)
- ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) (4)
- ซิงกูเลทคอร์เทกซ์ (cingulate cortex) (5)
- ส่วนหน้าของทาลามัส (anterior thalamus)
- แมมมิลารี่บอดี้ (mammillary body) (6) และ
- ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) (7)

ทาลามัส thalamus ทาลามัสเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองหลายระบบ เพราะมันเป็นสถานีชุมสายของสัญญาณผ่านต่างๆ มันจึงเป็นประตูคุมการผ่านของสัญญาณประสาทต่างๆ ทั้งจากภายนอกที่จะขึ้นไปสู่ผิวสมอง และสัญญาณติดต่อระหว่างโครงสร้างใต้ผิวสมองกับผิวสมอง

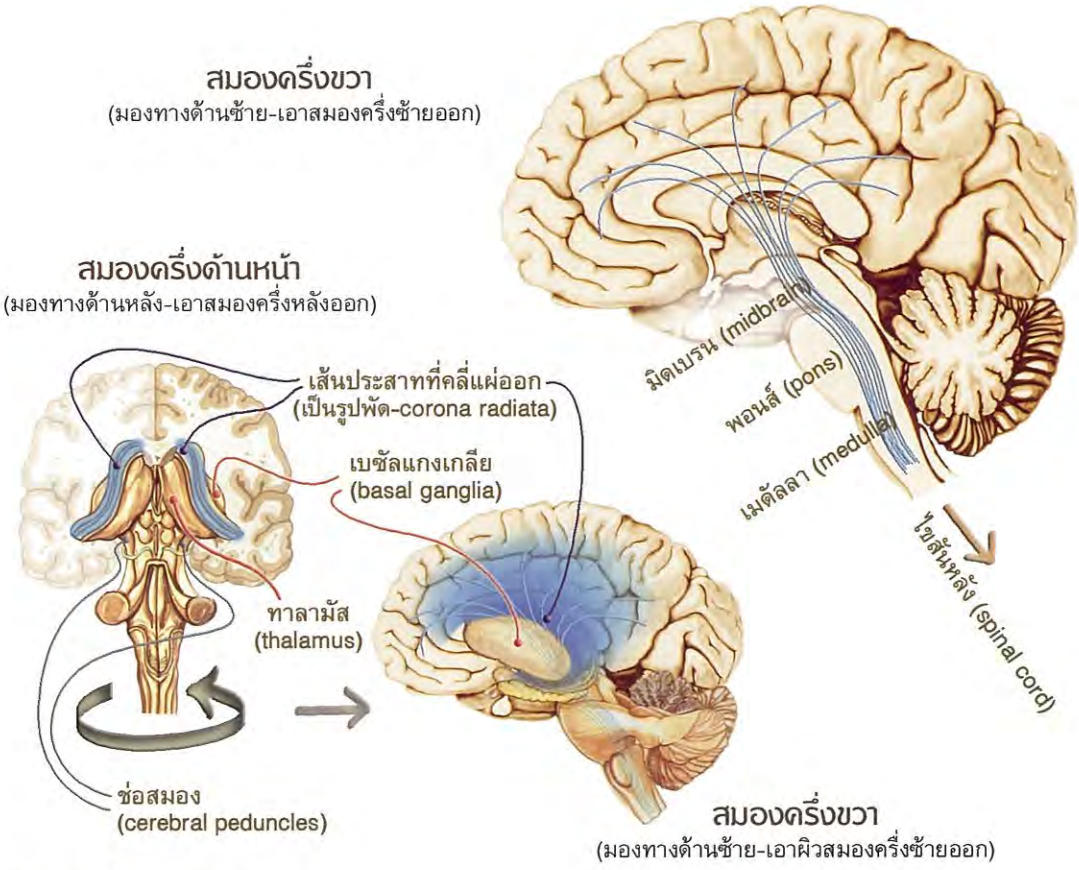
- ทาลามัส(thalamus) (8)

ไฮโปทาลามัส hypothalamus ควบคุมระบบภายในร่างกาย ให้อยู่ในภาวะสมดุลกับความต้องการของร่างกายในภาวะต่างๆ ทำการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การไหลเวียนของเลือดในระบบต่างๆ ไฮโปทาลามัส ผลิตสารกระตุ้นซึ่งจะไปกระตุ้นสมองและอวัยวะอื่นในร่างกาย ให้ผลิตฮอร์โมน ในภาวะคับขัน เช่น ขณะหนีไฟไหม้ ไฮโปทาลามัสจะกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน ฮอร์โมนนั้นจะไปควบคุมการทำงานในระบบต่างๆ ของร่างกาย ทำให้คนคนเดียวมีกำลังยกของหนักๆ ได้

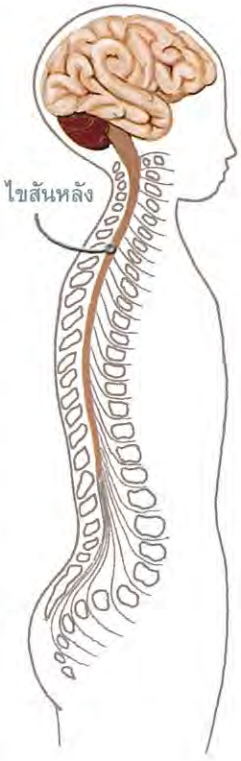


ก้านสมอง (brainstem) ลักษณะเป็นลำท่อนยาว ปลายด้านทางหัวของท่อนยาวนี้แยกออกเป็นสองง่าม (มีชื่อว่า cerebral peduncles-ข่อสมอง) ส่วนประกอบของง่ามนี้คือมัดใยประสาทติดต่อระหว่างก้านสมองกับคอร์เทกซ์หรือผิวสมองใหญ่สองข้าง ปลายหน้าของมัดใยประสาทนี้จะแผ่ออกเป็นรูปพัด ปลายพัดจรดผิวสมองแต่ละข้าง จากผิวสมองส่วนหน้า โค้งตามรูปสมองไปยังผิวสมองส่วนพาไรเอทัลและส่วนขมับ ส่วนที่แผ่ออกนี้จัดเป็นโครงสร้างใต้ผิวสมอง มีทาลามัสเกาะอยู่ด้านใน และเบซัลแกงเกลียเกาะอยู่ด้านนอกของคลี่ใบของพัด ถัดมาทางโคนหรือด้ามพัด ง่ามมัดใยประสาทสองง่ามนี้จะรวมกันอยู่ในก้านสมอง ซึ่งเป็นท่อนยาวต่อลงไปทางด้านล่าง ส่วนต่างๆ ของก้านสมองมีชื่อเรียกต่างกัน ส่วนต้นมีชื่อว่า **มิดเบรน** (midbrain) ถัดจากมิดเบรนมาทางด้านล่างคือ **พอนส์** (pons) ถัดจากพอนส์เป็น **เมดัลลา** (medulla) ซึ่งถือว่าสิ้นสุดส่วนก้านสมอง ต่อจากเมดัลลาลงไปเป็น **ไขสันหลัง**

บนก้านสมองนอกจากมีมัดใยประสาทติดต่อดังกล่าวแล้ว ยังมีกลุ่มเซลสมองแทรกตัวไปตลอด ได้แก่ กลุ่มเซลสมองที่ควบคุมการหายใจและจังหวะเต้นของหัวใจ ศูนย์สัญญาณกระตุ้นการทำงานของสมอง ควบคุมการหลับการตื่น กลุ่มเซลประสาทควบคุมเคลื่อนไหวลูกตา ควบคุมบังคับตาและใบหน้า ให้หันไปจับภาพจุดที่มีเสียงและการเคลื่อนไหว มีเซลประสาทควบคุมกล้ามเนื้อใบหน้า ลิ้น การพูด การกลืน ฯลฯ

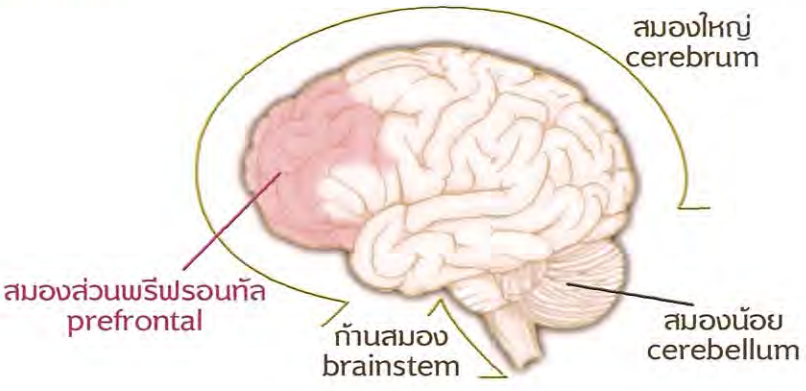


บนก้านสมองส่วนที่เรียกว่าพอนส์ มีโครงสร้างสำคัญของสมองอีกส่วนหนึ่งเรียกว่า **สมองน้อย** หรือ **ซีรีเบลลัม** (cerebellum) เกาะอยู่ เมื่อดูภายนอกจะเห็นสมองส่วนนี้อยู่ใต้สมองใหญ่ ซีรีเบลลัม ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุม ประสานการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ของร่างกาย รักษาสมดุลของท่าทาง การเคลื่อนไหวที่แม่นยำ การกะระยะที่ไม่พลาด จดจำแบบแผนการประสานงานของกล้ามเนื้อเล็กใหญ่ในทักษะการเคลื่อนไหวต่างๆ ซึ่งเกิดจากการฝึกฝนเรียนรู้ เช่น ท่าเดิน ท่าวิ่ง ท่าเตะบอล ชู้ตบาสเกตบอล เสิร์ฟลูกเทนนิส การเคลื่อนไหวเหล่านี้เกิดขึ้นโดยสมองน้อยทำงานประสานกับสมองใหญ่



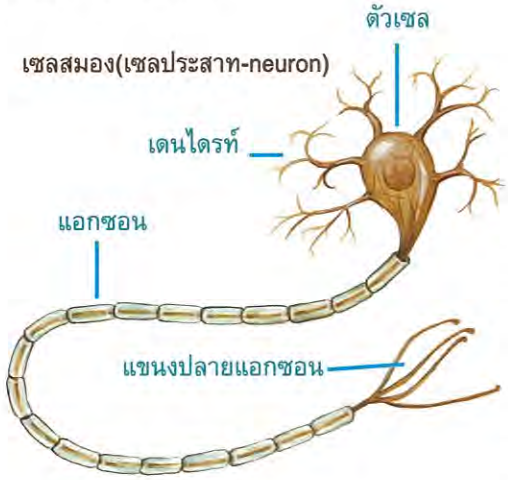
ปลายก้านสมองแยกไปสู่เป็นผิวสมองใหญ่สองซีก ส่วนโคนก้านสมองมีสมองเล็กยึดเกาะอยู่ ส่วนต่อถัดจากนั้นลงไป ก็คือ ประสาทไขสันหลัง ส่วนของระบบประสาท ที่ประกอบด้วย สมองใหญ่(คอร์เทกซ์และซับคอร์เทกซ์) ก้านสมอง และประสาทไขสันหลัง รวมเรียกว่า **ระบบประสาทส่วนกลาง** ประสาทไขสันหลังซึ่งเป็นส่วนปลายของระบบประสาทส่วนกลางนั้น ส่งเส้นประสาทออกไปยังแขนขาและอวัยวะต่างๆ เป็นปลายทางของการควบคุมของสมอง และเป็นทางรับสัญญาณความรู้สึกจากร่างกายส่วนต่างๆ เข้ามา เพื่อส่งต่อไปยังสมองใหญ่ เพื่อประมวลเป็นการรับรู้ต่างๆ เส้นประสาทต่างๆ นับตั้งแต่ออกจากไขสันหลังไปยังอวัยวะต่างๆ หรือ จากอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ เข้ามายังไขสันหลัง เรียกว่า **ระบบประสาทส่วนปลาย**

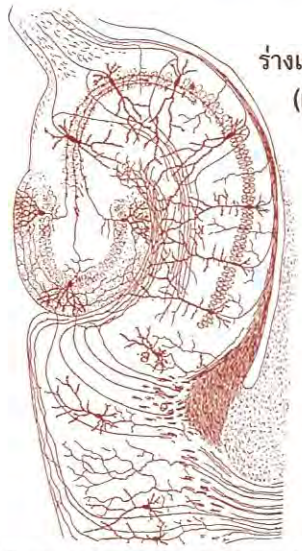
สมองทุกส่วนทำงานประสานกัน ผลรวมก็คือ มนุษย์ที่มีสำนึกสมบูรณ์ มีความคิด รู้จักใช้เหตุใช้ผล มีความรับผิดชอบ แต่ส่วนของสมองที่มีบทบาทสำคัญในเรื่องสำนึกและการรู้คิดนี้ คือ ผิวสมองคอร์เทกซ์บริเวณส่วนหน้าสุดของสมองใหญ่ (ตรงกับบริเวณหน้าผาก) ผิวสมองบริเวณนี้เรียกว่า **พรีฟรอนทัล (prefrontal)**



เซลสมอง และร่างแหวงจรของเซลสมอง

ผิวสมองที่เห็นภายนอกเป็นครึ่งทรงกลม มีรอยหยักอยู่ทั่วไปนี้ เมื่อมองเข้าไปใกล้ ขยายภาพที่มองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ ก็คือขยุ้มของเซลสมองจำนวนมากที่อัดแน่นและเชื่อมโยงกันอยู่อย่างเป็นระเบียบ เซลสมองนั้นต่างจากเซลทั่วไปคือ มีส่วนยื่นยาวออกมาจากตัวเซล คล้ายผลเงาะหรือเม็ดในของมะกอก ต่างไปที่ส่วนที่ยื่นยาวนั้นยังแตกแขนงย่อยๆ อีกมากมาย และความยาวของแขนงเหล่านั้นเมื่อเทียบกับตัวเซลแล้วนับว่ายาวมากกว่าหลายเท่า





ร่างแหของวงจรเซลสมอง (neural networks)

ภาพวาดขยายสมองส่วนฮิปโปแคมปัส แสดง เซลสมองที่เรียงตัวกัน มีเส้นใยแอกซอน-เดนไดรท์เชื่อมโยงประสานกันอย่างเป็นระเบียบ

Drawing of the neural circuitry of the rodent hippocampus.
By Santiago Ramon y Cajal.
Histologie du Systeme Nerveux de l'Homme et des Vertebretes,
Vols. 1 and 2. A. Maloine. Paris. 1911.
From "http://en.wikipedia.org/wiki/Image:CajalHippocampus.jpeg"

สมองมนุษย์ประกอบด้วยเซลจำนวนมากมหาศาล เด็กแรกเกิดมีเซลสมองหรือนิวรอนประมาณหนึ่งแสนล้านเซล (ลิงมีหนึ่งหมื่นล้าน=10%ของศักยภาพสมองมนุษย์ หนูมีห้าล้านและแมลงหวี่มีหนึ่งแสนเซล) ทั้งหมดนั้นเชื่อมโยงกันด้วยติ่งแขนงที่ยื่นออกมาจากเซล เป็นเครือข่ายร่างแหของวงจรขนาดมหึมา

กระบวน(pattern) แบบของการเชื่อมโยง หรือวิธีการที่เซลสมองเซลหนึ่งจะส่งสัญญาณต่อเชื่อมกับเซลสมองเซลอื่น เกิดโยงกันขึ้นเป็นวงจรนั้น ถ้านับเฉพาะแบบวงจรที่มีทางเดินสัญญาณไม่ซ้ำกันเลยอาจนับได้ไม่ถ้วนเป็นจำนวนมหึมาซึ่งเรียกไม่ถูก ถ้าให้เขียนอาจต้องใช้ตัวเลขนับล้านตัว ตัวเลขนี้ช่วยทำให้มองเห็นภาพของพลังทางทฤษฎีเกี่ยวกับสมองมนุษย์ วงจรแต่ละวงอาจเปรียบได้กับข้อมูลแต่ละชิ้นที่อยู่ในสมอง แต่ศักยภาพหรือพลังนี้ก็ไม่ควรทำให้หลงคิดไปว่านี่จะเป็นประสิทธิภาพที่แท้จริงของสมอง ประสิทธิภาพของสมองนั้นเกิดจากการใช้งานจริง บางคนได้อธิบายว่า เมื่อเราใช้ความรู้ ทักษะ และเครือข่ายของสมองได้สัก 50% เวลาของชีวิตก็หมดลง ไม่มีชั่วโมงพอเพียงที่จะใช้ประโยชน์จากเซลสมองได้หมดสิ้นด้วยซ้ำไป ขอให้เข้าใจว่า เซลสมองจำนวนมากจะถูกใช้งาน แต่บางส่วนยังไม่ถูกใช้ เซลสมองส่วนที่ไม่ได้ใช้นี้บางส่วนอาจจะเสื่อมตายไป แต่ถึงเราไม่ได้สูญเสียมันไปจริง ก็อาจเรียกได้ว่ามันสูญเสียความสามารถที่จะทำการเรียนรู้ไปแล้ว

เมื่อคนเราอยู่ในกระบวนการเรียนรู้ สมองแต่ละคนทำงาน เซลสมองของคนเราจะสร้างการเชื่อมโยงอย่างซับซ้อน จนเกิดเป็นร่างแหหรือเครือข่าย (connections, networks) เพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ แต่จำนวนเซลสมองจะค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป มนุษย์เริ่มสูญเสียเซลสมองบางส่วนตั้งแต่แรกเกิด พอย่างเข้าวัยฉกรรจ์ เซลสมองของคนเราจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของจำนวนที่พบในเด็ก 2 ขวบ แต่ประเด็นนี้ก็ไม่สำคัญเท่าไหร่ เราอาจจะสามารถสูญเสียเซลสมองไปได้ตั้งล้านเซลโดยไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นเลย เพราะเซลสมองที่มีอยู่ประมาณแสนล้านเซลนั้นเกินพอ จำนวนของเซลที่มีอยู่ไม่สำคัญเท่ากับว่า เซลเหล่านั้นถูกใช้เชื่อมโยงขึ้นอย่างไร เครือข่ายร่างแหของเซลสมองนี้มีลักษณะพิเศษคือ มีความสามารถในการปรับตัว ยืดหยุ่น (plasticity) ตลอดเวลาที่เรามีชีวิตอยู่ **ความยืดหยุ่นนี้หมายความว่าการเชื่อมต่อโยงใยของวงจรเซลสมองอาจเปลี่ยนแปลง สัญญาณที่เชื่อมต่อกันเป็นวงจรนี้คือการเรียนรู้** ทั้งหมดนี้คือความหมายที่ว่า **การเรียนรู้เกิดขึ้นตลอดเวลาที่เรามีชีวิต** สิ่งนี้ต่างหากที่มีความสำคัญ เพราะว่า แม้เราจะมีจำนวนเซลสมองลดลง แต่กระบวนการสร้างการเชื่อมโยงเซลในสมองก็ยังทำงานดีอยู่ ปรากฏการณ์หลายกรณีศึกษาชี้ว่า ร่างแหของเซลสมองขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะย่างเข้าสู่อายุ 25 ปี แล้วก็ตาม

ประสิทธิภาพของสมองนั้นเกิดจากการใช้งานจริง เมื่อเราใช้สมองได้สัก 50% เวลาของชีวิตก็หมดลง มีชั่วโมงไม่พอที่จะใช้ประโยชน์จากเซลสมองได้ทั้งหมด

และโดยที่เราคิดกันว่า "ความคิดจิตใจ" นั้น มาจากการทำงานของสมอง เราอาจวิตกขึ้นมาว่า เมื่อเซลสมองลดลง จะทำให้ "ความคิดจิตใจ" เราถูกลบออกไปด้วยหรือเปล่า คำตอบคือไม่ เซลสมองที่ลดลงเป็นส่วนที่เราไม่ได้ใช้งานตามหลักการที่ว่า อะไรที่ไม่ใช้จะหมดความสำคัญ ไม่มีหน้าที่และไม่มีอยู่อีกต่อไป นักวิทยาศาสตร์ประมาณว่าจำนวนเซลสมองจะค่อยๆ ลดลงจากการเสื่อมตามธรรมชาติ การไม่ได้ถูกใช้งาน และตายไปจากสาเหตุอื่นๆ ซึ่งในช่วงอายุ 20-70 ปี จะลดลงปีละสิบแปดล้านเซล แต่นั่นก็ไม่ได้เป็นปัญหาประการใด เพราะว่า แม้เราจะสูญเสียเซลสมองไปห้าหมื่นเซลต่อวัน ก็ยังต้องใช้เวลาเป็นร้อยๆ ปีกว่าที่เราจะสูญเสีย 'ความคิดจิตใจ' เราไปด้วย (ยกเว้นว่าสมองเราจะเกิดความผิดปกติบางอย่างซึ่งการสูญเสียเซลสมองไปมีจำนวนมากกว่าปกติในกรณีนี้ อาการผิดปกติทางจิตใจบางอย่างอาจเกิดขึ้นได้)

การวิจัยใหม่ๆ พบว่า มีสมองบางส่วน เช่น ฮิปโปแคมปัส สามารถสร้างเซลสมองขึ้นมาใหม่ได้ และมีความเป็นไปได้ว่า สมองส่วนอื่นก็อาจทำได้ การเติบโตเกิดใหม่ของเซลสมองในฮิปโปแคมปัส อาจเป็นผลจากการได้ใช้งานในส่วนนั้น (การใช้ความคิด การได้รับการกระตุ้นด้านอารมณ์ เป็นต้น เป็นการใช้งานฮิปโปแคมปัส) การทดลองในสัตว์ทำให้เชื่อว่า ในสภาวะที่ได้รับการกระตุ้นอย่างเหมาะสม เซลสมองในฮิปโปแคมปัสจะเพิ่มขึ้น 25-40% ดังนั้นจึงมีการเปรียบเปรยว่า แทนที่คำถามจะเป็นว่า "วันนี้เราสูญเสียเซลสมองไปเท่าไหร่" อาจจะกลายเป็น "วันนี้เราได้เซลสมองเพิ่มมาเท่าไร" เช่นนี้ก็เป็นได้ การที่สมองสามารถสร้างเซลขึ้นมาใหม่ได้นั้น หมายความว่ามนุษย์มีโอกาสในการพัฒนาตนเองสูง แม้พลาดจากโอกาสหนึ่งแล้ว ยังมีโอกาสอื่นๆ ที่จะ 'เรียนรู้' และสร้างเซลสมองขึ้นมา ความรู้นี้นำไปสู่การคิดทบทวนและการกำหนดท่าทีใหม่ต่อการจัดการเรียนรู้ และท่าทีของเราที่จะมีต่อเด็กและผู้ใหญ่ทุกคน

การเชื่อมโยงของเซลสมองเหล่านี้เองที่**เป็นกระบวนการสำคัญของการเรียนรู้** เป็นไปได้ว่า สมองเด็กมิใช่เพียงภาพสะท้อนแบบตรงไปตรงมาของการเรียนรู้เมื่อ 'วันวาน' ถ้าเป็นเพียงแต่เท่านั้น เด็กก็จะกลายเป็นเพียงภาพสะท้อนหรือผลของอดีต แต่ตรงข้ามสมองสามารถก้าวล้ำไปก่อรูปความเข้าใจโลกแห่งอนาคตที่จะมีมาด้วย สมองจะก้าวข้ามผ่านประสบการณ์แห่งการเข้าใจโลกล้ำหน้าไปอีก โครงสร้างจิตใจ (mind or mental structure) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยการทำงานของเครือข่ายอันมหัศจรรย์ของเซลในสมอง ในบรรดากระบวนการทั้งหลายของจิตสำนึกนั้น เป้าหมายเป็นใจกลางที่สำคัญที่สุด 'เป้าหมาย' ย่อมบอกแก่เด็กว่า "ฉันต้องการจะทำอะไร" ซึ่งลึกซึ้งกว่าการเรียนรู้ว่า "สิ่งนั้นเป็นอะไร สิ่งนี้คืออะไร" ความสามารถที่จะสร้างแรงบันดาลใจมาจากการบ่มเพาะแห่งตัวตนของตัวเด็กนั่นเอง

ทฤษฎีการเรียนรู้ของนักคิดหลายคน เช่น มาเรีย มองเตสเซอรี่ (Maria Montessori) และของ เปียเจต์ (Jean Piaget) ต่างก็ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาเด็กโดยเน้นการรู้จักตนเองหรือค้นพบตนเอง ทฤษฎีทั้งสองเกิดก่อนยุคค้นพบเครื่องมือใหม่ๆ สำหรับการค้นคว้าวิจัยทางวิทยาศาสตร์สมองและการแพทย์ แต่ด้วยความพากเพียรเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเด็กอย่างละเอียด ทำให้มองเตสเซอรี่และเปียเจต์ ต่างก็เห็นตรงกันและค้นพบความจริงที่พ้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของสมอง ที่ว่า เด็กๆ จะเรียนรู้สิ่งใดจริงๆ ได้ก็โดยผ่านประสบการณ์ของตนเอง การเรียนรู้ของเด็กมีความละเอียดอ่อนในการผสานประสบการณ์กับการคิด และมิได้แยกสองอย่างนี้ออกจากกัน การบรรยายความรู้ที่เรียกว่า "เลคเชอร์" ให้เด็กประถมฟังชั่วโมงหนึ่งนั้นไม่มีทางที่มองเตสเซอรี่และเปียเจต์จะยอมรับได้ว่าเป็น การให้การศึกษาที่แท้จริง

มาร์ค ทเวน (Mark Twain) เคยกล่าวไว้ดังนี้ว่า

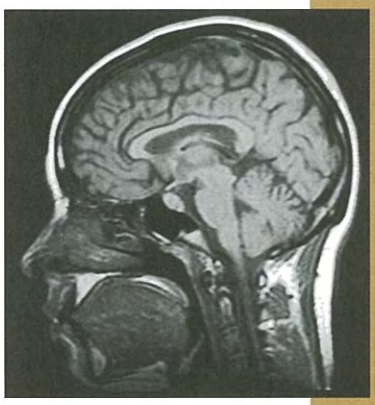
"ถ้าการศึกษาเป็นเพียงการบอกให้รู้แล้วก็เข้าใจได้ โลกของเราก็คงดีไปนานแล้ว"

สมองทำอะไร 7

การทำงานของส่วนต่างๆ ในสมอง

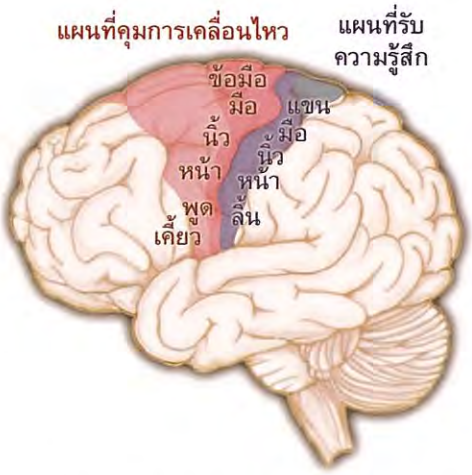
มนุษย์ได้สั่งสมและสืบทอดอารยธรรมจากรุ่นก่อนสู่รุ่นต่อๆ มา นานมาแล้ว นับแต่เริ่มวิวัฒนาการของมนุษย์ก็ว่าได้ การสั่งสมความรู้ต่างๆ นี้แหละทำให้มนุษย์ก้าวพ้นขึ้นมาจากการตัดสินใจเฉพาะหน้า สู่การ 'เรียนรู้' จากประสบการณ์และสิ่งที่สั่งสมไว้ในอดีต 'ทำ' ตามครรลองทางเลือกที่ดีที่สุด และ 'เตรียม' อนาคต ความสามารถเช่นนี้เกิดจาก สมอง ของมนุษย์

(บทนี้และบทที่ 6 อาจมีคำศัพท์ที่ไม่คุ้นสำหรับผู้อ่านอยู่มาก ผู้อ่านอาจอ่านซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง หรือ อาจผ่านพลิกไปอ่านเนื้อหาที่สนใจในบทอื่นๆ ก่อน และย้อนกลับมาอ่านทำความเข้าใจทีหลัง)



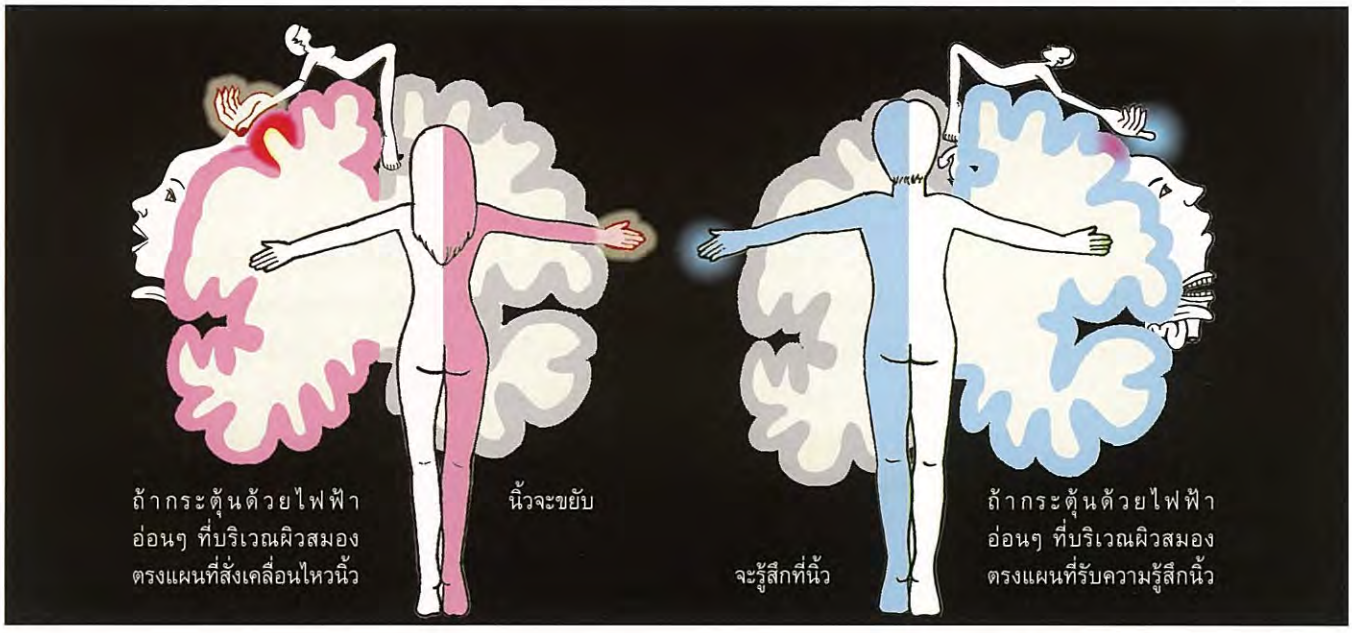
สมองเป็นกลุ่มของเซลสมอง สานกันเชื่อมโยงเป็นร่างแหขนาดมหึมา แทรกตัวอยู่กับเซลเกลีย และเซลพยุงเนื้อเยื่อ เส้นเลือด รวมทั้งเส้นประสาทของตัวเซลสมองนั้นทั้งหมดนี้รวมกันเป็นรูปร่างเป็นก้อนอ่อนนุ่มสีขาวเทาอมชมพู มีการจัดโครงสร้างภายในเป็นระเบียบ ก้อนสมองนี้อยู่ภายในกะโหลกศีรษะ มีน้ำหล่อเลี้ยง กะโหลกศีรษะและน้ำหล่อเลี้ยงนี้ช่วยป้องกันการกระทบกระเทือน

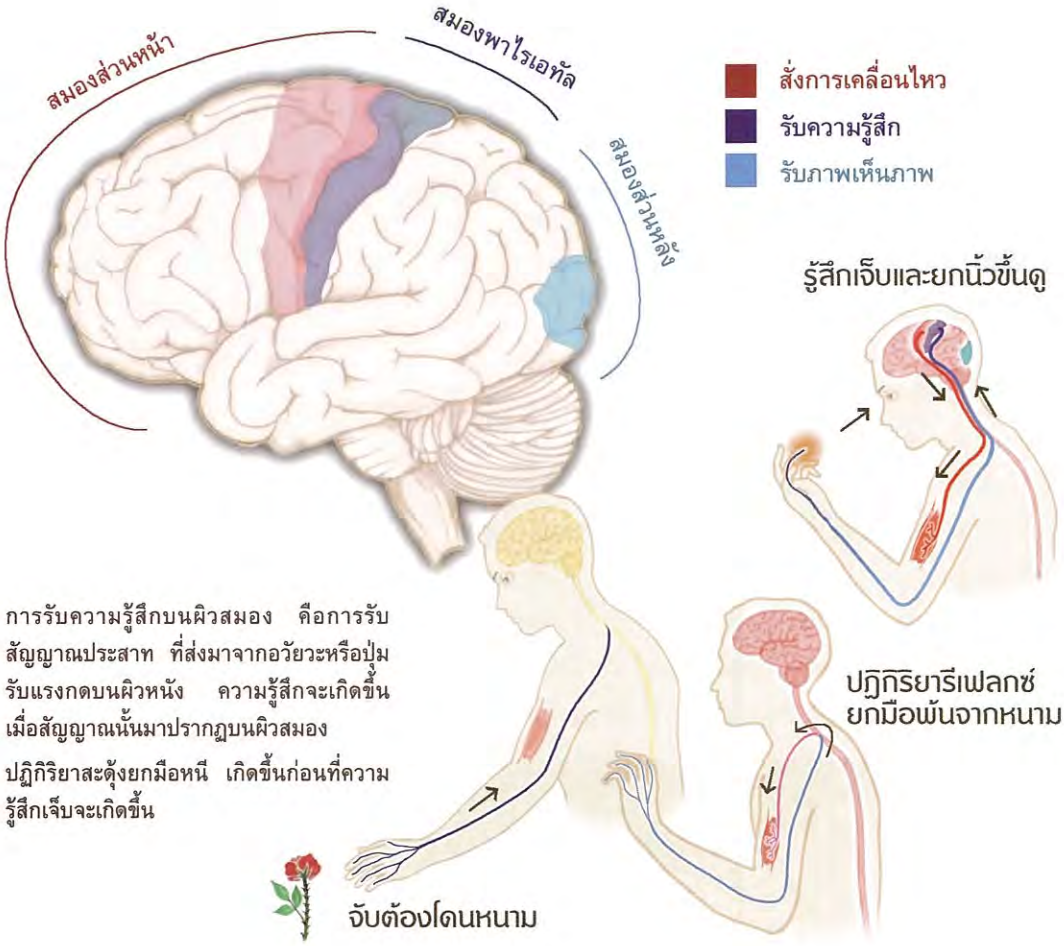
พื้นผิวสมองแบ่งออกเป็นส่วนๆ มีชื่อเรียกต่างกันไปตามบริเวณที่แบ่งออกนั้น ชื่อต่างๆ เหล่านี้ทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจกันในเวลาศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับสมอง เราอาจเรียกอ้างตำแหน่งต่างๆ บนผิวสมองโดยระบุ ด้านซ้าย/ขวา หรือระบุว่า สมองส่วนหน้า ส่วนพาไรเอทัล ส่วนขมับ ส่วนหลัง ฯลฯ ก็เพื่ออธิบายการทำงานในด้านต่างๆ ของสมอง ได้ชัดเจนขึ้น ร่างแหของเซลสมองเรียงตัวอยู่บนผิวสมองนี้ เรารู้ว่าวงจรร่างแหของเซลสมองที่ปรากฏอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันทำหน้าที่ต่างกัน



ความรู้สึก

ก้อนสมองนั้นแบ่งเป็นซีกซ้ายและขวา มีแผนที่ร่างกายอยู่บนผิวสมองนั้น **แผนที่ความรู้สึก**คือ ตำแหน่งบนผิวสมองที่รับสัญญาณความรู้สึกจากร่างกายส่วนต่างๆ ได้แก่ ลิ้น เหงือก ปาก จมูก หน้า นิ้ว มือ แขน อก ท้อง ขา ตำแหน่งที่ว่านี้จะเรียงตัวติดต่อกันอยู่บนผิวสมอง ด้านข้างซ้ายของตัวเรา จะปรากฏบนสมองด้านขวา ด้านข้างขวาของตัวเราจะปรากฏอยู่บนสมองด้านซ้าย ส่วน**แผนที่การเคลื่อนไหว**คือ ตำแหน่งบนผิวสมองที่ส่งสัญญาณบังคับควบคุมหรือสั่งให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเคลื่อนไหว ซึ่งก็เป็นเช่นเดียวกับกลุ่มเซลผิวสมองที่รับความรู้สึก คือ ตำแหน่งของการเคลื่อนไหวหน้าตา นิ้ว มือ แขน ขา ฯลฯ จะอยู่ไล่เรียงกันไป การเคลื่อนไหวด้านซ้ายจะควบคุมจากสมองด้านขวา การเคลื่อนไหวด้านขวาจะควบคุมจากสมองด้านซ้าย



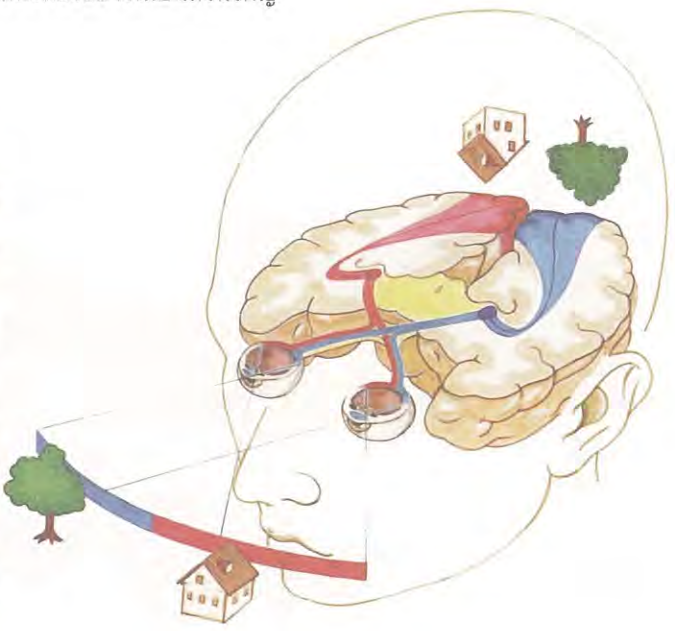


ตำแหน่งผิวสมองที่รับความรู้สึกนั้น อยู่ชิดติดกันกับตำแหน่งผิวสมองที่ควบคุมการเคลื่อนไหว คืออยู่บริเวณตอนกลางค่อนไปทางหลังของสมอง แผนที่ควบคุมการเคลื่อนไหวอยู่ทางด้านหน้า อยู่ในพื้นที่ของผิวสมองส่วนที่เรียกว่า สมองส่วนหน้า แผนที่รับความรู้สึกนั้นอยู่ค่อนไปทางหลัง อยู่ในพื้นที่ของผิวสมองส่วนที่เรียกว่า สมองพาไรเอทัล ความรู้สึกที่สมองรับรู้นี้คือ ความรู้สึกเกี่ยวกับการสัมผัสจับต้อง การรู้รสจากลิ้น และการรู้สึกถึงการขยับหรือตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย ส่วนการรับรู้ที่พิเศษอย่างอื่นคือ การรับรู้ภาพ การรับรู้เสียงและการรับรู้กลิ่น นั้นเกิดบนผิวสมองบริเวณอื่น

เห็นภาพ

การรับภาพเกิดขึ้นที่ผิวสมองส่วนที่เรียกว่า วิชวลคอร์เทกซ์ ซึ่งเป็นบริเวณหนึ่งของผิวสมองส่วนหลัง บริเวณรับภาพของสมองนี้เป็นบริเวณกว้างมาก เมื่อเทียบว่าขนาดลูกตาเล็กกว่าขนาดพื้นที่ทั้งหมดของร่างกายมาก (เห็นจากภายนอกอาจรู้สึกว่าพื้นที่บริเวณรับภาพนี้ไม่กว้างใหญ่นัก แต่ยังมีพื้นที่ผิวสมองที่ซ่อนอยู่ในหลืบร่องสมองอีก) นี่แสดงถึงความสำคัญของข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพหรือการมองเห็น ที่มีต่อการทำงานของสมองหรือการรับรู้-เรียนรู้ของคนเรา

ขนาดของพื้นที่ของผิวสมองที่เกี่ยวข้องในการทำหน้าที่ต่างๆ นั้น แสดงให้เห็นถึงความสำคัญ หรือปริมาณข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในหน้าที่นั้น พื้นผิวสมองที่รับภาพกว้างมากเพราะข้อมูลที่เกี่ยวกับการเห็นภาพมีมาก ทำนองเดียวกันบนแผนที่ความรู้สึกและแผนที่การเคลื่อนไหวนั้น ที่นิ้ว มือ หน้า จะกินพื้นที่บริเวณกว้างมากกว่าส่วนความรู้สึกและการเคลื่อนไหวส่วนอื่นๆ ในการเรียนรู้ของสมองมนุษย์นั้น การสัมผัสจับต้องและการเห็นภาพ เป็นที่มาของข้อมูลแห่งสรรพสิ่งรอบตัวภายนอกที่สำคัญมาก สำหรับเด็กแล้ว นี่เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่เด็กจะรับรู้เพื่อนำไปประมวลผล เป็น**ภาพโลกไว้ในสมอง (representation)** แทนสิ่งปรากฏภายนอก สมองจะรู้จักระยะและมิติผ่านสื่อแห่งสัมผัสทั้งสองอย่างนี้เป็นส่วนใหญ่



การรับแสงจากโลกที่ปรากฏภายนอกแตกต่างจากการรับสัมผัส ไม่ใช่ภาพที่เห็นโดยตาขวามาปรากฏที่สมองด้านซ้าย หรือภาพที่เห็นโดยตาซ้ายไปปรากฏที่สมองด้านขวา แต่กฎของการหักเหแสงในลูกตา และการจัดระเบียบของเส้นประสาทรับแสงจากจอรับภาพในดวงตา ทำให้กลายเป็นว่า ดวงตาแต่ละข้างจะมองเห็นได้เต็มภาพ สองตาเห็นสองภาพที่เกือบเหมือนกัน แต่เมื่อมองโดยใช้ทั้งสองตา เราเห็นภาพเพียงภาพเดียวที่เกิดจากการผสานข้อมูลสองภาพจากสองตานั้น โดยสิ่งที่ปรากฏเป็นภาพทางด้านซ้ายมือ มาจากจอด้านขวาในลูกตาทั้งสองตาของเรา ส่งสัญญาณมาซ้อนกันที่สมองด้านขวา ส่วนสิ่งที่ปรากฏเป็นภาพทางด้านขวามือ มาจากจอด้านซ้ายในลูกตาทั้งสองตา ส่งสัญญาณมาซ้อนกันที่สมองด้านซ้าย

มนุษย์รู้จักเพียงโลก ที่เกิดจากภาพที่สร้างขึ้นโดยวงจรสัญญาณในสมอง

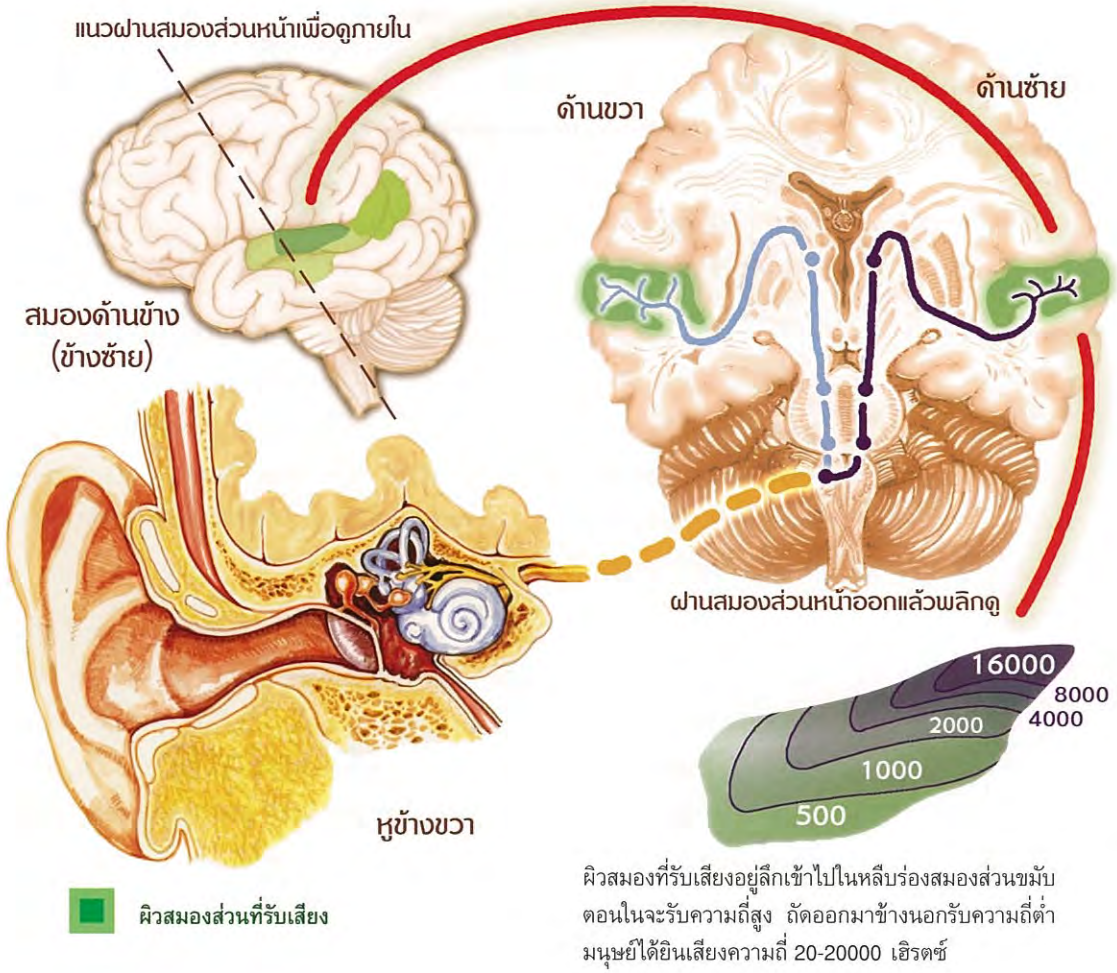
ได้ยินเสียง

สำหรับเสียงนั้น ข้อมูลจากหูที่ได้ยิน จะส่งไปยังผิวสมองบริเวณขมับส่วนหลังด้านบน การรับเสียงของสมองนี้แตกต่างไปจากการรับสัมผัสและการรับภาพ หูแต่ละข้างรับข้อมูลเสียง คือการสั่นสะเทือนของอากาศที่มากระทบแก้วหู แล้วแปรเป็นกระแสประสาทส่งไปยังสมองทั้งสองข้าง สมองจะแยกว่าต้นกำเนิดเสียงนั้นมาจากทางซ้ายหรือขวา โดยเปรียบเทียบความดังของเสียงที่ผ่านหูแต่ละข้างเข้ามา และผ่านไปยังสมองทั้งสองข้าง

พื้นที่ของผิวสมองส่วนที่รับเสียง แบ่งพื้นที่ย่อยลงไปอีกสำหรับรับเสียงตามระดับความถี่ การฝึกฝนดนตรีทำให้พื้นที่ผิวสมองที่แยกความถี่นี้มีการปรับตัวพัฒนาขึ้นกว่าเดิม พื้นที่สำหรับช่วงความถี่ต่างๆ จะกว้างขึ้น ความสามารถในการแยกแยะรับความถี่ต่างๆ เป็นไปได้ละเอียดขึ้น

นอกจากเรื่องตำแหน่งต้นกำเนิดเสียง ความดังและความถี่แล้ว สิ่งสำคัญของข้อมูลเสียงอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความละเอียดในการจับความเปลี่ยนแปลงของเสียง ความเปลี่ยนแปลงของเสียงก็คือ เวลาหรือจังหวะ ที่เสียงหนึ่งปรากฏขึ้นครู่หนึ่ง แล้วเปลี่ยนไปเป็นอีกเสียงหนึ่ง ลักษณะของสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ผ่านเข้าสู่การรับรู้ของสมองเป็นเสียง ซึ่งสื่อความหมายเป็นคำ เป็นภาษา เป็นเสียงดนตรี หรือเป็นเสียงของสัตว์ เสียงในธรรมชาติ สำเนียงในภาษาต่างๆ ความสามารถในการเข้าใจภาษาขึ้นอยู่กับความสามารถในการแยกแยะโทนเสียงที่ไล่เรียงกันมาเป็นชุด ตามจังหวะเวลา สั้นยาว ดังค่อยต่างกัน เหล่านี้เป็นเบื้องต้น





ผิวสมองที่รับเสียงอยู่ลึกเข้าไปในหลืบร่องสมองส่วนขมับตอนในจะรับความถี่สูง ถัดออกมาข้างนอกรับความถี่ต่ำ มนุษย์ได้ยินเสียงความถี่ 20-20000 เฮิรตซ์

การที่เด็กได้ฟังครูและพ่อแม่ อ่านให้ฟัง คือการฝึกให้มีการรับเสียงอย่างถูกต้อง การให้ฝึกฟังเสียงที่หลากหลาย เป็นการพัฒนาการทำงานของสมองในการรับเสียงนี้ ทำให้แยกแยะเสียงต่างๆ ได้ดีขึ้น การฝึกฝนเรื่องจังหวะด้วยดนตรีก็ดี ด้วยการบริหารเคลื่อนไหวร่างกายส่วนอื่นก็ดี เป็นการทำงานที่อาศัยวงจรเกี่ยวกับจังหวะเวลาภายในสมอง การใช้วงจรนี้เป็นการเสริมการทำงานของวงจร ทำให้มีความสามารถรับรู้เกี่ยวกับช่วงเวลา และช่วยพัฒนาการตอบสนอง-การเคลื่อนไหวในช่วงเวลาที่ละเอียดขึ้น เช่น การเคลื่อนไหวที่ละเอียดและรวดเร็วของอวัยวะส่วนต่างๆ ในการพูดและออกเสียง ทำให้พูดได้ชัดเจน มีจังหวะจะโคน

ได้กลิ่น

ข้อมูลเรื่องกลิ่น มาจากรูจมูกทั้งสองข้าง กลิ่นคือละอองหรือก๊าซที่ทำปฏิกิริยากับอวัยวะรับกลิ่นในจมูก แปรเป็นกระแสประสาทส่งไปที่สมองส่วนรับกลิ่น จมูกด้านซ้ายส่งกลิ่นไปสมองด้านซ้าย จมูกด้านขวาส่งกลิ่นไปสมองด้านขวา บริเวณของสมองที่รับกลิ่นนี้มีสองแห่ง แห่งแรกคือพื้นที่เล็กๆ ใต้สมองส่วนหน้าอีกแห่งหนึ่งคือกลุ่มเซลสมอง ซึ่งเชื่อมโยงกันอยู่เป็นโครงสร้างของร่างแหวงจรขนาดใหญ่ เซลสมองกลุ่มนี้มีชื่อว่า โครงสร้างลิมบิก หรือ ระบบลิมบิก กระแสประสาทของกลิ่นจะส่งไปสู่ระบบลิมบิกโดยตรง

ความไวของประสาทการรับกลิ่นของมนุษย์ลดลงไปมากในเส้นทางของวิวัฒนาการ สันนิษฐานกันว่าประสาทรับกลิ่นอาจเคยพัฒนามากกว่านี้ในสัตว์ในระยะต้นของวิวัฒนาการ การรับและรู้สึกกลิ่นเป็นกระบวนการหรือระบบทำงานของสมองแรกๆ ของสัตว์ ที่ก่อรูปขึ้นเป็นความรู้สึกถึงความหมาย และการมีอยู่ของสิ่งอื่นนอกไปจากตัวเอง ก่อนที่จะมีการพัฒนาความรู้สึกหรือรับรู้การมีอยู่ของสิ่งต่างๆ โดยผ่านระบบประสาทอื่นๆ ที่พัฒนาขึ้นมาภายหลัง

มีข้อคิดอยู่ว่า ระบบใดๆ จะพัฒนาขึ้นนั้นย่อมสะท้อนต้นแบบหรือปฏิสัมพันธ์ที่มีต้นแบบอยู่ในธรรมชาติ ด้วยเหตุที่ระบบลิมบิกมี 'ปฏิสัมพันธ์' หรือรู้จักกับโลกธรรมชาติโดยได้รับกระแสประสาทของกลิ่น ในยุคแรกของวิวัฒนาการระบบลิมบิกจึงพัฒนาขึ้น โดยเลียนแบบต้นแบบในธรรมชาติคือกลิ่น นั่นคือ ภาพแทนของโลกที่ระบบลิมบิกสร้างขึ้น ก็คือคุณสมบัติหรือลักษณาการของกลิ่น ภาพแทนของโลกภายนอกในสมองระบบลิมบิกนี้ ย่อมไม่เหมือนกับภาพแทนของโลกภายนอกที่สมองมนุษย์ปัจจุบันสร้างขึ้น(หลังจากที่ได้พัฒนาระบบประสาทอื่นๆ เช่น การมองเห็น) ภาพของกลิ่น มีลักษณะ เบา เลือนลาง หรือ รุนแรง ไหวง่าย เทียบกับสิ่งที่มนุษย์รู้จักในปัจจุบัน คือ อารมณ์

association

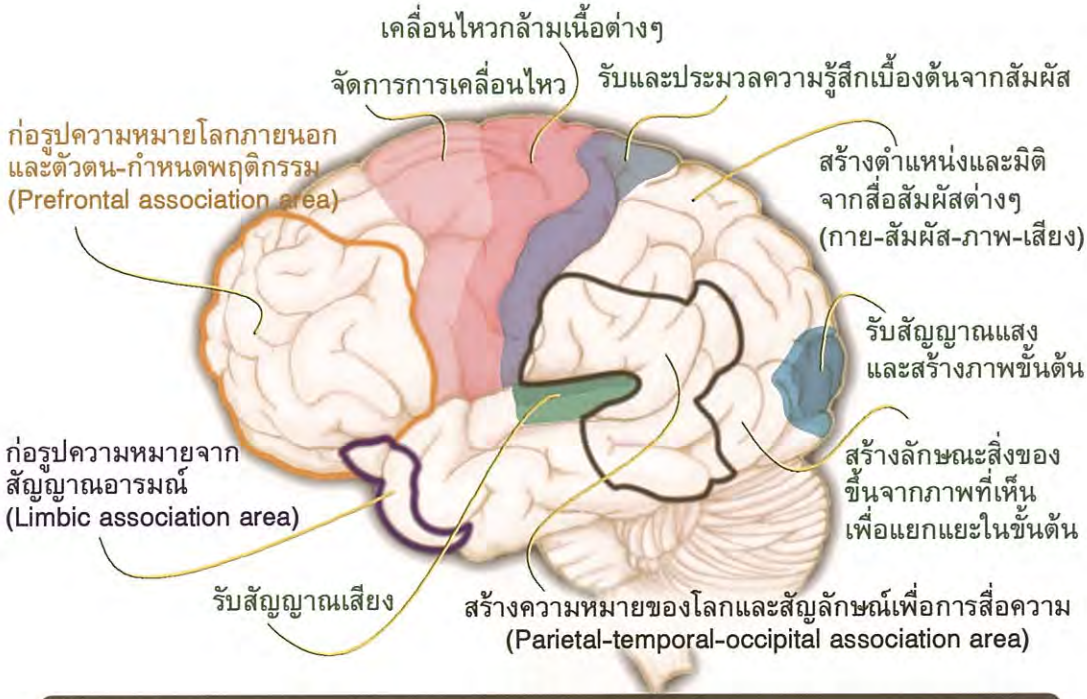
สัมผัสแห่ง รูป รส กลิ่น เสียง ซึ่งเป็นสื่อแห่งสัมผัส(modalities) แบบต่างๆ ซึ่งรับเข้ามาสู่สมองนั้น ฉายมายังตำแหน่งบนผิวสมองส่วนต่างๆ ก่อนเป็นเบื้องต้น เมื่อผิวสมองถูกกระตุ้นจากสัญญานเหล่านี้ ก็คือ การรับทราบหรือรับไว้ ต่อไปจากนี้คือ กระบวนการทำงานของสมอง ในการให้ความหมายกับการปรากฏของภาพแห่งสัมผัสที่รับไว้บนผิวสมองนั้น ให้เป็นสิ่งที่เข้าใจได้ และทำให้เกิดมีบริบทที่สัมพันธ์กันของความหมายเหล่านั้น(associative function) ทั้งในภาพย่อยและองค์รวมของมวลสื่อสัมผัสทั้งหลาย กลายเป็นความรับรู้เกี่ยวกับการมีอยู่ (perception) ของสิ่งที่ทำให้เกิดสื่อสัมผัสเหล่านั้น

การก่อรูปของการมีอยู่ การรู้ว่ามีอยู่ และความหมายของสิ่งที่มีอยู่ คือการก่อรูปขึ้นจากสัญญาณความรู้สึกที่ส่งมาจากอายตนะหรืออวัยวะรับสัมผัสต่างๆ มายังผิวสมองนั้น

กระบวนการที่ก่อรูปสิ่งเหล่านี้ (associative function) เกิดขึ้นที่ผิวสมองส่วนอื่น ในบริเวณที่ต่างไปจากผิวสมองที่รับสัญญาณนั้นโดยตรง จากการศึกษาพบว่า มีผิวสมองหลายบริเวณทำหน้าที่ที่ว่านี้ และกระจายอยู่หลายตำแหน่ง ผิวสมองส่วนที่อยู่ใกล้กับการรับสัญญาณชนิดใด จะทำการประมวลผล สร้างบริบทและความหมายแห่งการรับรู้การมีอยู่ของสื่อสัมผัสและสิ่งที่ก่อให้เกิดสื่อสัมผัสนั้น รวมทั้งประสานงานกันระหว่างผิวสมองส่วนอื่นๆ ทั้งที่อยู่ใกล้และห่างออกไป

การทำงานของเซลสมองเป็นลักษณะดั่งร่างแหของวงจรสัญญาณ วงจรเหล่านี้คือการเชื่อมโยงระหว่างเซลผิวสมองกับกลุ่มเซลสมองใต้ผิวสมองส่วนต่างๆ **การทำงานของวงจรก็คือการเรียนรู้ทั้งหลายของสมองมนุษย์** ที่มีชื่อเรียกต่างๆ กัน เป็นต้นว่า ความรู้ ความจำ การคิด อารมณ์ บุคลิก ความเชื่อ รวมทั้งภาพแทนโลกที่เกิดขึ้นในสมอง รวมทั้งความเป็นตัวตนของเจ้าของสมองเอง

ทั้งหมดของการเรียนรู้ทั้งหลายก็คือการทำงานของวงจรสมอง



พื้นที่บริเวณต่างๆ ของสมอง ที่ก่อรูปความหมาย เชื่อมโยงข้อมูลขึ้น (association areas) เป็นข้อมูลรับรู้ที่ซับซ้อนขึ้น จากข้อมูลสัญญาณชั้นต้นต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน

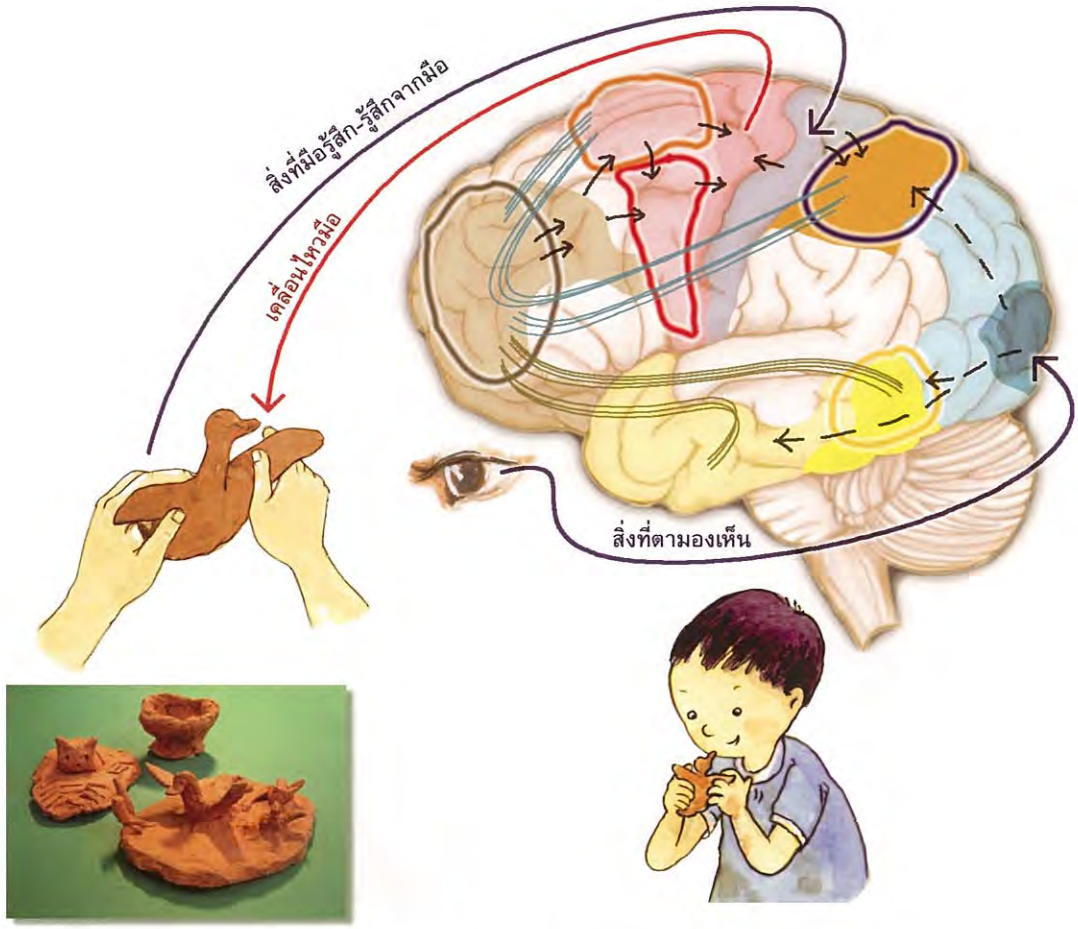
ระยะ มิติ

ผิวสมองส่วนพาไรเอทัล ถัดจากส่วนที่รับความรู้สึกจากร่างกายไปจนชนกับผิวสมองส่วนหลังที่รับภาพ เป็นที่ประมวลผลสร้างความสัมพันธ์ในด้านมิติ จากการรับรู้ต่างๆ เป็นที่สร้างความหมายเกี่ยวกับคุณสมบัติ ลักษณะของวัตถุที่สัมผัสจับต้อง เมื่อเราจะหยิบจับสิ่งใด ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งอวัยวะของร่างกาย เช่น มือ กับข้อมูลลักษณะวัตถุ ย่อมต้องสัมพันธ์กัน จึงจะสามารถใช้มือหยิบจับวัตถุสิ่งของต่างๆ ได้ หมายความว่า ท่าของมือที่หยิบดินสอย่อมต่างกับท่าของมือที่จับไขควง ข้อมูลแบบนี้เกิดขึ้นบนผิวสมองบริเวณนี้ ซึ่งเป็นบริเวณที่บรรจบกันของข้อมูลจากสมองส่วนต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลตามที่ตามองเห็น หูได้ยิน การรับรู้สัมผัสของวัตถุ รวมทั้งตำแหน่งการเคลื่อนนิ้ว มือ ฯลฯ จากนี้ข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังผิวสมองส่วนที่บังคับการเคลื่อนไหว ทำให้การควบคุมกล้ามเนื้อในการหยิบจับหรือกะระยะขว้างปาได้แม่นยำถูกต้อง ความสามารถในการเคลื่อนไหวจึงมีที่มาจากความรู้สึกจากสิ่งต่างๆ รอบตัว ที่สัมพันธ์กับความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อขยับเคลื่อนไหวร่างกายในท่าทางต่างๆ





การรู้ตำแหน่งที่มาของเสียงคือการรู้ทิศทางและระยะ ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับมิติ ข้อมูลนี้จะใช้ประกอบกับข้อมูลตามที่ตาเห็น เพื่อยืนยันตำแหน่งที่ชัดเจนของที่มาของเสียง แต่ถึงแม้เราไม่เห็นด้วยตา เราก็ยังเห็นภาพในใจได้ว่า เครื่องดนตรีชนิดใดอยู่ที่ตำแหน่งใด ขณะฟังเพลงในระบบสเตอริโอ



ศักยภาพของสมองบริเวณนี้ เห็นได้เด่นชัดในเรื่องของศิลปะ การวาดปั้น ให้เหมือนแบบนั้น มิใช่สักแต่ว่า มองเห็นและขยับมือได้แล้วจะวาดได้ ปั้นได้ แต่ต้องมีความเข้าใจในมิติของสิ่งที่มองเห็น และถอดออกมาเป็นข้อมูลเพื่อจะจำลองสิ่งที่เห็น เพื่อบังคับมือให้วาดหรือปั้นไปให้เหมือนอย่างที่จำลองอยู่ในใจนั้นได้อย่างถูกต้อง ในขณะเดียวกัน ความเข้าใจในมิติเช่นนี้ ก็เป็นเรื่องของทักษะทางคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน การรู้ระยะ การกะขนาดหรือปริมาณและการรู้จักรูปทรง เป็นการเข้าถึงคุณสมบัติอันเป็นนามธรรมของสิ่งต่างๆ เป็นสิ่งที่ต้องเข้าใจก่อนเป็นเบื้องต้นก่อนการเรียนรู้การคำนวณ

รู้จักสิ่งที่เห็น











เรื่องมิติ อาจอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยจะยกเรื่อง กบ สิ่งที่เห็นเป็นกบ อาจเป็นภาพด้านหน้า ภาพที่เห็นนั้นไม่ว่าจะเป็นตัวกบจริงๆ หรือเป็นรูปวาดของกบ ก็จะปรากฏต่อตาเป็นรูปแบนๆ เรียกว่ามีสองมิติ แต่เราสามารถประกอบรูปสองมิติ จากภาพที่เคยเห็นด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง ด้านบน ด้านล่าง เข้าเป็นสิ่งที่เรียกว่า กบ ในสมองของเรา ดังนั้นไม่ว่าเราจะเห็นกบจากมุมไหน ไม่ว่าจะเป็นหน้าตรงหรือด้านข้างของกบ เราก็จะรู้ว่าเป็นสิ่งเดียวกันไม่เป็นสิ่งอื่น นี่คือการทำงานของสมองด้านมิติ ส่วนการที่เรียกว่าสิ่งนั้นเป็น กบ เป็นการตั้งชื่อเรียก หรือให้ความหมายทางภาษาเชื่อมโยงกับสิ่งนั้น สิ่งเดียวกันนี้ อาจเรียกอย่างอื่นก็ได้ เช่น frog เป็นต้น

ในอีกด้านหนึ่ง คือทางด้านภาษา กบ อาจมีความหมายเชื่อมโยงกับสิ่งที่รับรู้ทางตาและสัมผัสในลักษณาการแบบอื่นๆ ได้มากกว่า 1 แบบ





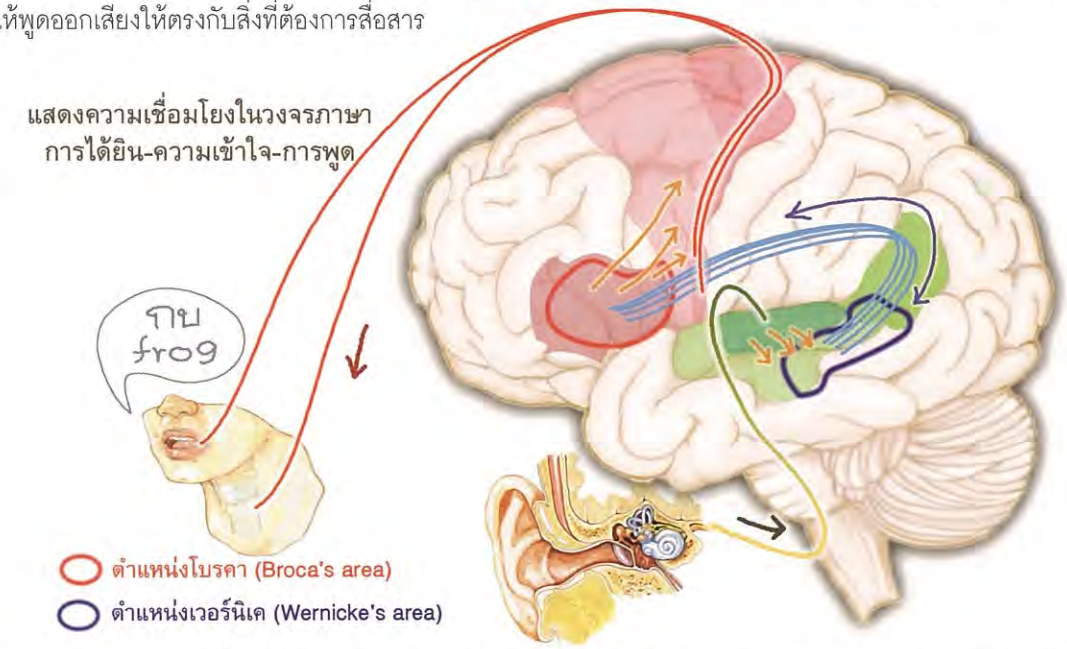
นอกจากการรู้มิติ คือรู้ตำแหน่งและรูปร่างของสิ่งที่ทำให้เกิดการรับรู้ในสมองแล้ว สมองยังรู้จักภาพที่รับรู้นั้น หรืออีกนัยหนึ่ง สมองสามารถแปลภาพที่เห็นในหลายมิติของสิ่งๆ หนึ่ง ให้มีความหมายเป็นอย่างเดียวสิ่งเดียว และรู้ว่าเป็นสิ่งใดด้วย ไม่ว่าสิ่งนั้นจะปรากฏมาในรูปไหน

ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่เห็น จะถูกส่งไปที่ผิวสมองส่วนพาไรเอทัล เพื่อประมวลข้อมูลเกี่ยวกับมิติมุมมอง ข้อมูลเดียวกันนั้นจะถูกส่งมาทางด้านล่างของสมองด้วย เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งที่เห็น และทำความรู้จัก หรือทำให้ภาพที่เห็นนั้นมีความหมายที่แน่นอน คือเป็นอะไรสักอย่างหนึ่งที่จะบอกหรือสื่อสารกับคนอื่นแล้วเข้าใจตรงกันได้ ถ้าสิ่งที่เห็นเป็นหน้าคน ก็จะแยกแยะจนเข้าใจแน่นอนว่าเป็นหน้าใคร เป็นคนนี้ไม่ใช่คนนั้น หรือไม่ใช่ใครเลย แตกต่างจากที่เคยเห็นมาทั้งหมด ผิวสมองที่ทำหน้าที่ประมวลภาพนี้อยู่ด้านล่างของสมองกินบริเวณของผิวสมองส่วนหลังต่อมาจนถึงผิวสมองส่วนขมับ

การสื่อสาร

ส่วนการจะสื่อสาร บอก หรือเรียกชื่อสิ่งที่เห็นว่าเป็นอะไร เป็นหน้าใครนั้น เป็นงานเกี่ยวกับภาษา ซึ่งเป็นการทำงานของผิวสมองส่วนขมับอีกหน้าที่หนึ่ง

การสื่อสารโดยภาษาพูด คือการใช้เสียง เรารับเสียงของคำผ่านหู และเสียงจะเปลี่ยนเป็นกระแสประสาทไปสู่ขอบด้านบนของผิวสมองส่วนขมับ ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลเสียง ใกล้ๆ กันนั้นเป็นบริเวณที่มีชื่อเรียกว่าเวอร์นิเค (Wernicke's area) ผิวสมองส่วนเวอร์นิเคมีหน้าที่สร้างความสัมพันธ์ระหว่างเสียงของคำกับความหมาย คือการนำเอาความทรงจำเกี่ยวกับเสียง และความทรงจำอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเสียงนั้นมาสัมพันธ์กัน บริเวณนี้อยู่บนสมองด้านซ้าย มีความสำคัญมากในการฟัง มันทำให้เกิดความเข้าใจความหมายของเสียงที่ได้ยิน และสร้างความเข้าใจภาษาจากการฟัง และเมื่อเราพูด มันจะส่งต่อความเข้าใจนั้นไปยังส่วนที่ควบคุมการพูด เพื่อให้พูดออกเสียงให้ตรงกับสิ่งที่ต้องการสื่อสาร



ผิวสมองที่เกี่ยวข้องกับการพูดเปล่งเสียงเป็นภาษา คือ โบรคา (Broca's area) ผิวสมองส่วนนี้อยู่บริเวณด้านข้างของสมองซีกซ้ายส่วนหน้า (สมองซีกขวาในบริเวณนี้ไม่เกี่ยวข้องกับหน้าที่นี้) การทำงานของมันคือการควบคุมการพูดการเปล่งเสียง ข้อมูลสำหรับการพูดจะส่งจากบริเวณเวอร์นิเคมายังบริเวณโบรคา เซลสมองที่โบรคาจะจัดลำดับคำตามไวยากรณ์ที่ต้องการพูด ลำดับคำเหล่านี้จะถูกส่งไปยังผิวสมองส่วนที่ทำการควบคุมกล้ามเนื้ออวัยวะต่างๆ ในการเปล่งเสียง เป็นต้นว่า สายเสียง ลิ้น เพดานปาก ริมฝีปาก ขากรรไกร อีกทอดหนึ่ง ถ้าไม่มีข้อมูลสำหรับควบคุมเสียงพูด การพูดก็เป็นไปไม่ได้ คนหูหนวกจึงเป็นใบ้ เพราะไม่มีข้อมูลของเสียงมาให้เลียนแบบ เพื่อเปล่งเสียงออกมา อย่างไรก็ดี บริเวณเวอร์นิเคในคนหูหนวกก็ยังคงเป็นบริเวณที่ทำงานเกี่ยวกับภาษา กล่าวคือสร้างความหมายของสิ่งต่างๆ ในโลก โดยอาศัยสื่อสัมผัสอื่นแทนเสียง เช่น ใช้ภาพท่าทางของมือในภาษาใบ้ เป็นต้น

ในการเรียนภาษา การฟังสำคัญมากและเป็นเรื่องที่สำคัญลำดับแรก การพูดเป็นสิ่งสำคัญอันดับต่อมา การพูดเป็นการใช้วงจรจากการฟังเพื่อเลียนเสียงออกมาเป็นคำพูด และจากการได้ยินเสียงที่ตนเองพูดในวงจรการฟัง สมองจะรู้ว่าจะออกเสียงอย่างไร เพื่อให้ได้เสียงตามที่ได้ยิน วงจรการสร้างเสียงจะก่อรูปจากการฟังเสียงที่พูด ในลำดับต่อไป เมื่อการฟังก่อให้เกิดความเข้าใจในภาษาแล้ว ความเข้าใจภาษาในเสียงที่ได้ยินขณะที่ตนเองพูดจะเป็นข้อมูลป้อนกลับ (feedback) ทำให้การพูดภาษาที่รู้เรื่องดำเนินต่อเนื่องกันไปอย่างถูกต้อง ในที่สุดวงจรการพูดที่เข้าใจภาษาก็จะเกิดขึ้น

ในการพูดครั้งแรก เราจะเลียนแบบเสียงที่ได้ยิน เหมือนนกขุนทอง โดยใช้วงจรการฟัง แล้วลองสั่งขยับปาก ลำคอ เปล่งเสียงออกมา เมื่อเราได้ยินตัวเองออกเสียง สมองก็จะรู้ว่าต้องแก้ไขการออกเสียงอย่างไร จึงจะให้เสียงที่เหมือนที่ได้ยินมากขึ้น การได้ยินเสียงและตำแหน่งของปาก ลิ้น ฯลฯ ที่สมองรับรู้เวลาออกเสียง (รวมทั้งที่สมองรู้ว่าสั่งงานปากและลิ้นนั่นอย่างไร) เรียกว่าเป็นวงจรป้อนกลับทำให้เกิดการเรียนรู้ในการออกเสียงได้ถูกต้องมากขึ้นเรื่อยๆ การพูดเป็นภาษา คือออกเสียงเป็นความหมายที่ต้องการสื่อสารนั้น เป็นการเรียนรู้ที่ซับซ้อนขึ้นไปอีก และต้องใช้การเชื่อมโยงกับวงจรการรับรู้อื่นๆ ที่สร้างความหมายให้กับเสียงเป็นเบื้องต้นก่อน ความสามารถในการออกเสียง เป็นเรื่องหนึ่ง ส่วนความสามารถในการพูด คือออกเสียงเป็นเรื่องเป็นราวนั้นต้องใช้ทั้งความสามารถในการออกเสียง และความสามารถในการเข้าใจเสียงด้วย

ลำดับเรื่องราว เหตุผล อารมณ์

อย่างไรก็ดี การพูดที่เป็นการเตรียมการ การพูดเรื่องยาวๆ ที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อนของสิ่งที่พูด ยังจำเป็นต้องใช้ความสามารถในการเรียบเรียง จัดลำดับขั้นตอน ของความหมายที่ต้องการพูด ซึ่งเป็นเรื่องที่มีรายละเอียดมากกว่าความสามารถในการฟังและพูดล้วนๆ และผิวสมองส่วนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับทักษะนี้ คือ ผิวสมองส่วนหน้าบริเวณที่อยู่ตอนหน้าสุด ซึ่งมีชื่อเรียกว่า พรีฟรอนทัล

ผิวสมองพรีฟรอนทัลอยู่ถัดจากบริเวณโบรคา ไปทางด้านหน้า ครอบคลุมพื้นที่สมองค่อนข้างกว้าง กล่าวโดยรวมๆ พรีฟรอนทัล ทำหน้าที่เกี่ยวกับการคิดคาดการณ์ การตัดสินใจ การควบคุมพฤติกรรม และเกี่ยวข้องกับการแสดงออกของความรู้สึกและอารมณ์ ทั้งหมดนี้เป็นที่มาของ 'บุคลิกภาพ' เฉพาะของแต่ละคน สมองบริเวณพรีฟรอนทัล เปรียบได้กับ หน่วยประสานจัดการหลัก ทำหน้าที่ประสานเชื่อมโยงและกำหนดแผนงานต่างๆ สำหรับการทำงานของสมองบริเวณอื่น

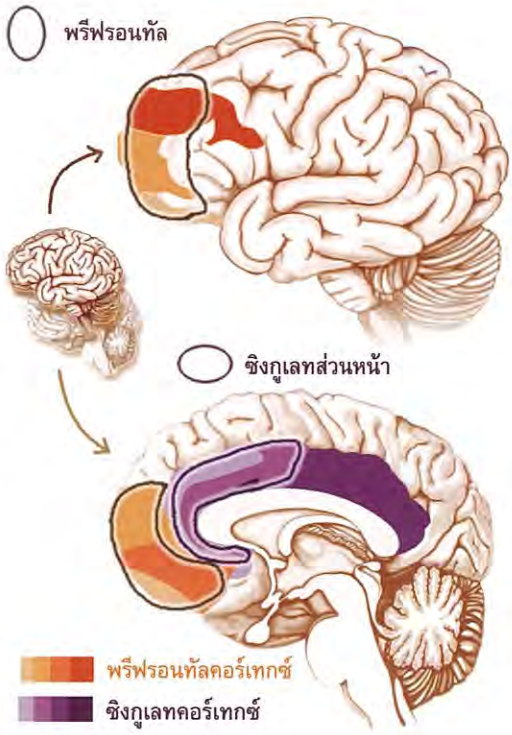
ซิงกูเลท เป็นผิวสมองอีกบริเวณหนึ่งที่มีความสำคัญ เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นพฤติกรรม(หรือการเคลื่อนไหวอันนำมาซึ่งพฤติกรรม) เชื่อมโยงระหว่างการคิดกับอารมณ์ ซิงกูเลท อยู่บริเวณด้านใน เป็นผิวสมองที่ซ่อนอยู่ระหว่างกลาง ของ

สมองสองซีกที่ประกบกันอยู่ ผิวสมองนี้ตรวจสอบการเคลื่อนไหว และป้อนกลับข้อมูลเกี่ยวกับความสำเร็จหรือข้อผิดพลาดที่มีต่อเป้าหมาย ผิวสมองส่วนนี้ติดต่อกับระบบลิมบิก ซึ่งเป็นกลุ่มเซลสมองที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอารมณ์ ข้อมูลด้านอารมณ์จะถูกนำมาประมวลผลด้วยในผิวสมองบริเวณนี้ ความสำเร็จหรือผิดพลาดจะถูกผนวกด้วยนัยทางอารมณ์ ทั้งหมดนี้ถูกส่งไปยังพรีฟรอนทัล เพื่อการตัดสินใจของพรีฟรอนทัลโดยตรง

การฝึกหัด การคัดเขียน นับเป็นการเคลื่อนไหวชนิดหนึ่งที่เป็นสิ่งใหม่เด็กโดยทั่วไปไม่คุ้นชิน มันเป็นสิ่งที่ยากสำหรับเด็ก แต่เราก็ต้องการให้เด็กทำ และความต้องการทำของเด็กเอง จะเป็นสิ่งผลักดันที่ดีที่สุด ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จในการเขียนได้

การทำงานของวงจรเซลสมองในซิงกูเลทเสมือนวงจรที่คอยให้ข้อมูลว่า ในปฏิบัติการต่างๆ โอกาสที่จะสำเร็จเป็นไปได้มากน้อยเพียงไร ในงานที่ยาก คนเรามักเลิกทำ เพราะการทำอะไรสักเรื่องหนึ่งนั้น มีการสิ้นเปลือง ถ้าความสำเร็จเกิดขึ้นไม่ได้ในเวลาอันสั้น อาจไม่คุ้มกับต้นทุนเวลาและพลังงานของชีวิตซึ่งมีจำกัด การจะจดจ่อกับสิ่งใดมักต้องละความสนใจจากสิ่งอื่น ความเป็นจริงในธรรมชาติก็คือ การจดจ่อกับบางสิ่งถ้านานเนิ่นไป อาจมีอันตรายจากการคุกคามของสิ่งอื่นซึ่งไม่ทันระวัง ดังนั้นสมองของสิ่งมีชีวิตจะต้องชั่งเอาว่า จะพยายามทำต่อไป หรือเลิกทำและหาหนทางอื่น ต้องเลือกว่าการทำต่อไปจะคุ้มค่ากับความสำเร็จหรือรางวัลบางอย่างหรือไม่

สิ่งหนึ่ง ที่ช่วยให้สมองตัดสินใจทำบางอย่างต่อไปคือ อารมณ์ ปัญหามีเพียงว่าทำอย่างไรจะให้สิ่งที่ทำนั้นท้าทาย น่าสนุก



'สมองเด็ก' มักไม่สามารถชั่งโอกาสความสำเร็จในการทำงานต่างๆ ไม่อาจคาดการณ์ได้จากประสบการณ์ (เพราะสมองพรีฟรอนทัลยังพัฒนาไม่มากนักและประสบการณ์ต่างๆ ยังมีไม่พอ) เราจึงไม่อาจคาดหวังให้เด็กรู้ว่า 'การฝึกคัดหัดเขียน' มีประโยชน์และควรทำต่อไป (การบอกเหตุผลนี้กับเด็กช่วยอะไรไม่ได้มากนัก) แต่สิ่งหนึ่งที่อาจช่วยให้สมองเด็กตัดสินใจทำคือ 'อารมณ์' ความท้าทายต่อความสำเร็จ คือความสนุกและพอใจนั้น ถูกสร้างมาในวงจรอารมณ์ของระบบลิมบิกเรียบร้อยแล้ว และข้อมูลของระบบนี้พร้อมจะถูกส่งผ่านซิงกูเลทไปพรีฟรอนทัล เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ให้พยายาม 'คัด' ต่อไป ปัญหามีเพียงว่า ทำอย่างไรจะให้ระบบลิมบิกทำงาน เพื่อบอกว่าสิ่งที่ทำนั้นท้าทาย น่าสนุก

อาการวัยรุ่นใจร้อน หรือพฤติกรรมกวนอารมณ์ของวัยรุ่น เชื่อว่ามาจากเหตุคือ สมองพรีฟรอนทัลยังพัฒนาไปไม่ถึงจุดที่สมบูรณ์พอ แต่นี่เป็นเรื่องของการกระตุ้นอย่างรุนแรงของสภาวะของฮอร์โมนในวัยนั้นด้วย ทุกสิ่งดูเป็นความท้าทายและต้องการจะทำ ในขณะที่ระบบเหตุผลเพิ่งเริ่มก่อตัวอย่างจริงจัง วัยรุ่นมักมีพฤติกรรมที่ขวางหูขวางตา หรือกระโดกกระเดกไม่เหมาะกาลเทศะในความเห็นของผู้ใหญ่ วัยรุ่นต้องการทดสอบสิ่งใหม่ๆ ท้าทายกับระบบเหตุผลที่มีอยู่เดิม สังคมผู้ใหญ่นั่นแหละเป็นตัวอย่างของระบบเหตุผลที่ล้มเหลว จึงไม่น่าสงสัยว่า 'เด็กแนว' คงไม่ใช่คำฮิตเฉพาะในยุคใดยุคหนึ่ง แต่พฤติกรรมของวัยรุ่นนั้นก็คือ 'เด็กแนว' สำหรับสังคมมาทุกยุคทุกสมัย

การคิด คือ สมองประมวลข้อมูลขึ้นจากสื่อสัมผัสต่างๆ เพื่อให้ได้ ความสัมพันธ์หรือความหมายที่จะเข้าใจ และมี 'ทางเลือก' สักอย่างหนึ่ง

การคิด

บริเวณสมองส่วนหน้านี้ เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการคิดโดยตรงคือ เป็นที่ประมวลผลของความจำขณะทำงาน หรือความจำเพื่อปฏิบัติการ (working memory) หรือความจำใช้คิด การคิด คือ สมองประมวลข้อมูลขึ้นจากสื่อสัมผัสต่างๆ นำข้อมูลสองข้อมูลหรือมากกว่า มาเปรียบเทียบ เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์หรือความหมายที่จะเข้าใจ และมีคำตอบหรือทางเลือกอะไรสักอย่างหนึ่ง ข้อมูลนี้อาจได้มาจากการรับรู้จากสื่อสัมผัส หรือข้อมูลนั้นมีอยู่ในความจำของสมอง ข้อมูลนี้ต้องเอามาวางลงชั่วคราวในพื้นที่ความจำใช้คิด เปรียบเสมือนเราต้องใช้โต๊ะทำงานเพื่อวางสมุดหนังสือที่เกี่ยวข้องลง ถ้าไม่มีโต๊ะทำงาน ก็จะไม่สะดวกในการค้นหาหรือคัดลอกเปรียบเทียบสิ่งที่ต้องการค้นคว้า จากหนังสือตำราที่เกี่ยวข้องนั้นได้ หนังสือตำราเหล่านี้จะไม่อยู่บนโต๊ะตลอดไป เมื่อหมดความจำเป็นก็เปลี่ยนเอาหนังสือตำราเล่มใหม่มาวางแทนที่เพื่อทำงานต่อ

การที่สมองจำข้อความสั้นๆ 2-3 ข้อความเพื่อเปรียบเทียบกัน หรือจดจำเหตุการณ์ที่ 1 และเหตุการณ์ที่ 2 เพื่อที่จะลำดับการเกิดก่อนหลังได้ หรือเมื่อกำหนดเป้าหมายว่าจะทำอะไรก็ต้องจำเป้าหมายได้ เพื่อคิดหากระบวนการต่อไปที่จะไปสู่เป้าหมายนั้น เป็นตัวอย่างการทำงานของสมองพรีฟรอนทัลในการประมวลผลความจำใช้คิด ถ้าสมองส่วนนี้ยังทำงานไม่สมบูรณ์ หรือเสียการทำงานไป ก็จะไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของข้อความ สับสนในเวลา หรือไม่สามารถตั้งมั่นและลงมือทำอะไรอะไรเพื่อให้บรรลุเป้าหมายใดๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีผลต่อความสามารถในการคำนวณและใช้ตรรกะเหตุผลด้วย

เด็กในวัยอนุบาลถึงต้นประถม ยังไม่สามารถเข้าใจเรื่องเวลาได้ ไม่สามารถคิดเกี่ยวกับเรื่องการคงที่ของปริมาณ หรือจำนวนได้ อาจให้คำอธิบายได้ว่า เพราะสมองยังไม่มีที่สำหรับวางข้อมูลพร้อมกันหลายหลายอย่าง หรือยังไม่มีกระบวนการ ที่จะใช้ในการประมวลผลเปรียบเทียบข้อมูลเหล่านั้นพร้อมกันอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเด็กผ่านวัยนี้ไป ในที่สุดความเข้าใจเรื่องการคงที่ของปริมาณหรือจำนวนก็จะเกิดขึ้นเอง ตามการพัฒนาขึ้นของสมองตามอายุวัย โดยที่กรอบหรือการกำกับ หรือบริบทของสิ่งแวดล้อม เช่น การดูแล การสอน การบอก ก็มีผลต่อพัฒนาการนี้ด้วยเช่นกัน



เด็กมักจะทำอะไรที่ผู้ใหญ่ไม่เข้าใจ ทั้งที่ผู้ใหญ่ก็อาจจะทำอย่างนั้นมาแล้วตอนเป็นเด็ก

บางทีเด็กจะเทน้ำใส่กระบอก ถ้วย ขวดขนาดต่างๆ ตั้งเรียงรายกัน เอาขวดนี้ใส่ขวดโน้น กระบอกนี้ใส่ถ้วยนั้น นอกจากน้ำก็เอาดินทรายมาใส่ด้วย

หรือบางที ก็จะหยิบเอาทัพพี ตะหลิว ขนาดต่างๆ ประดามีในครัวออกมาเรียงกัน สลับไปสลับมา ฯลฯ

เราอาจจะแปลได้ว่า สมองสั่งให้เด็กแก้ปัญหาบางอย่างที่สมองไม่เข้าใจ เช่น อาจไม่แน่ใจนักว่า น้ำในกระบอกกับน้ำในขวดที่รูปทรงต่างๆ กันไปนั้น จะเท่ากันหรือเปล่า ทำไมบางทีดูมาก บางทีดูน้อย สมองต้องการสร้างมโนภาพที่ชัดเจนบางอย่างขึ้น

เปียเจต์บอกว่า เด็กที่จะผ่านจากวัยอนุบาลไปประถมจะสร้างจินตทัศน์หรือมโนภาพอันหนึ่งได้สำเร็จคือความเข้าใจเกี่ยวกับการคงที่ของจำนวนและปริมาณ (นั่นคือ ไม่ว่าภาชนะที่ใส่น้ำจะเป็นเช่นไร ถ้าเทจากภาชนะอย่างหนึ่งไปยังภาชนะอีกอย่างหนึ่ง น้ำในภาชนะทั้งสองย่อมเท่ากัน แม้ว่ารูปร่างภาชนะอาจต่างกัน)

เด็กอาจไม่รู้ตัวว่าเขาต้องการทำสิ่งใด เพื่ออะไร แต่สมองจัดการสั่ง ให้เด็กทำในสิ่งที่จำเป็นแก่สมองแล้ว

สมองสองซีก

สมองซีกซ้ายและซีกขวา มีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ข้อมูลจากการวิจัยแสดงว่า สมองซีกซ้ายมีแนวโน้มใช้ในการคิดคำนวณและวิเคราะห์เหตุผล เชื่อมโยงความหมายทางภาษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้คำพูดหรือสร้างภาษาเป็นเรื่องของสมองซีกซ้าย ส่วนสมองซีกขวาสามารถสร้างการรับรู้จากภาพที่มองเห็น วิเคราะห์โครงร่าง รูปทรง และมิติต่างๆ สร้างทัศนะทางด้านศิลปะ เกี่ยวข้องกับอารมณ์ความรู้สึกมากกว่าการใช้เหตุผล ใช้ในเรื่องสัญชาตญาณหรือใช้ในการหยั่งรู้มากกว่าจะใช้ในการคิดคำนวณ สมองสองส่วนนี้ทำงานร่วมกันผ่านคอร์ปัสแคลโลซัม และทำงานผสานกันแบบองค์รวม ทำให้ภาพโลกภายนอกที่มองเห็น ชัดเจนขึ้นด้วยความหมายและการรับรู้ที่ต่างมุมมองจากสมองทั้งสองซีก

งานวิจัยของ สเปียรี่ (Roger Sperry) ผู้ได้รับรางวัลโนเบลเกี่ยวกับการศึกษาหน้าที่ของสมองสองข้างซ้าย-ขวาที่ต่างกัน ยังคงมีส่วนที่ใช้ได้อยู่ แต่บางกรณีข้อค้นพบนี้ถูกนำไปใช้แบบสุดขั้วเกินไป และมีความเข้าใจผิดหลายประการ เช่นคิดว่า คนที่สันทัดในการใช้สมองซีกขวา น่าจะไม่ถนัดในการใช้สมองซีกซ้าย ถ้าเด็กเก่งคณิตศาสตร์ก็จะไม่เก่งศิลปะ ถ้าชอบศิลปะจะไม่ชอบวิชาคำนวณ เป็นต้น รวมทั้งนำไปสู่การนำความคิดนี้ไปหากลวิธีที่จะพัฒนาสมองซีกซ้ายบ้าง สมองซีกขวาบ้าง เหมือนว่าแยกสมองสองข้างจากกันได้ ความเข้าใจเช่นนี้ไม่ถูกต้องนัก เพราะบรรดาความรู้ความชำนาญทั้งหลาย ได้มาจากการทำงานประสานกันของสมองทั้งสองข้าง การทำงานของสมองซีกซ้ายต้องอาศัยการประมวลผลของสมองซีกขวา และการทำงานของสมองซีกขวาก็ต้องอาศัยการประมวลผลที่พัฒนาเป็นพิเศษในสมองด้านซ้าย

มีเหตุผลหลายประการที่จะเชื่อมโยงระหว่างศิลปะกับวิทยาศาสตร์ ศิลปินกับนักวิทยาศาสตร์เหมือนกันตรงที่ช่างสังเกต เขาทั้งสองทำงานจากความหยั่งรู้ และใช้สัญชาตญาณด้วยเสมอ ศักยภาพเหล่านี้มาจากสมองส่วนที่ทำงานด้านการคิดวิเคราะห์(ด้านซ้าย) และส่วนที่ผลิตความสามารถในการหยั่งเห็นจากภายใน(ด้านขวา) ซึ่งเป็นการใช้ศักยภาพของสมองสองข้างพร้อมกัน

ลองพิจารณาดูว่า นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งกับศิลปินคนหนึ่งทำงานอย่างไร ขณะที่นักวิทยาศาสตร์ค่อยๆ จำแนกและจัดหมวดหมู่พืชและสัตว์ ศิลปินใช้ความรู้เรื่องสี แสง และเงา ค่อยๆ จัดวางองค์ประกอบและสีสันของภาพ ความรู้ที่จะอธิบายสิ่งต่างๆ (สมองด้านซ้าย) จะต้องประกอบด้วยความเข้าใจในมิติรูปร่างและการจัดวางขององค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งนั้นเสมอ (สมองด้านขวา) และความรู้ทั้งสองอย่างนี้จำเป็นต้องใช้ ทั้งในงานวิทยาศาสตร์และงานศิลปะ

ศิลปะกับวิทยาศาสตร์จึงปฏิสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อน ครูสอนวิทยาศาสตร์ กับครูศิลปะอาจจะเป็นคู่ร่วมงานที่หนุนเสริมกันอย่างมีประสิทธิภาพในกระบวนการจัดการเรียนรู้ โคลส์ (K. C. Coles) นักวิทยาศาสตร์ด้านสมอง เคยกล่าวว่า *"การวาดภาพ การเล่นเปียโน และการเขียนบทกวี ช่วยให้สมองรับข้อมูลได้ดี ทำให้คิดละเอียด คม และช่างสังเกต"* ใครจะรู้ว่า **ศิลปะและดนตรีช่วยพัฒนาความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และตรรกะ** เช่นนี้ โรงเรียน ห้องเรียน แม้กระทั่งครอบครัว มักเห็นว่าศิลปะ ดนตรี บทกวี เหล่านี้เป็นเพียงส่วนเสริมให้เด็กมีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้น มากกว่าจะเป็นว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเรียนรู้ อันจำเป็นต่อชีวิต

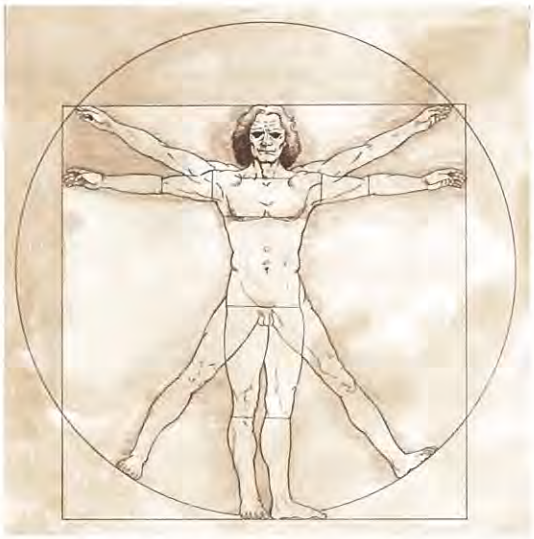
ของเด็ก ดังนั้น กิจกรรมด้านดนตรีและศิลปะจึงมักกลายเป็นเพียงกิจกรรมเสริมที่ไม่ใช่ "วิชา" สำคัญเลย

นอกจากความคิดเรื่องสมองสองซีก แต่ละข้างทำงานแยกกันแล้ว ความคิดที่ว่าสมองทำงานทีละส่วนก็ไม่ถูกด้วย เช่น คิดว่าขณะนี้กำลังคิดเลข ขณะนี้กำลังทำอาหาร ขณะนี้กำลังวิ่งเล่น ผิวสมองแต่ละแห่งทำงานต่างกันก็จริงแต่ว่าทุกส่วนทำงานพร้อมกันไป หรือประสานกันไป และแต่ละส่วนรับข้อมูลต่างๆ กัน เหตุการณ์ต่างๆ ถูกประมวลผลในสมอง ในฐานะที่เป็นส่วนย่อยขององค์รวมแห่งประสบการณ์อันซับซ้อน ซึ่งภาพรวมของประสบการณ์ทั้งหมดนั้นก็ถูกประมวลขึ้นมาด้วยในขณะเดียวกัน

การคิดเลขจะทำไม่ได้ ถ้าสมองที่เห็นภาพไม่เชื่อมโยงทำงานพร้อมกับสมองที่เข้าใจภาษาตัวเลข งานคิดเลข จะต้องอาศัยสมองที่จำลักษณะที่เป็นตัวเลขจำได้ว่าความหมายของตัวเลขคือจำนวน รู้ว่าจำนวนคืออะไร สัญลักษณ์ของเครื่องหมายต่างๆ เป็นอย่างไร และกฎเกณฑ์ของจำนวนกับเครื่องหมายเป็นอย่างไร

สมองทำงานหลายระบบพร้อมกัน ขณะที่กำลังสนใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งอยู่ ก็สามารถรับข้อมูลอื่นๆ ได้ และสามารถหันเหความสนใจมายังข้อมูลนั้น หากข้อมูลนั้นแสดงให้เห็นว่ามีนัยสำคัญหรือน่าสนใจกว่า ความสนใจให้ความสำคัญสิ่งใดๆ ของสมองนั้นเป็นไปตามธรรมชาติ สิ่งที่น่าสนใจมาก คือสิ่งที่เกี่ยวข้องตอบสนองความต้องการมาก จะได้รับการพิจารณาจากสมองก่อนสิ่งอื่น

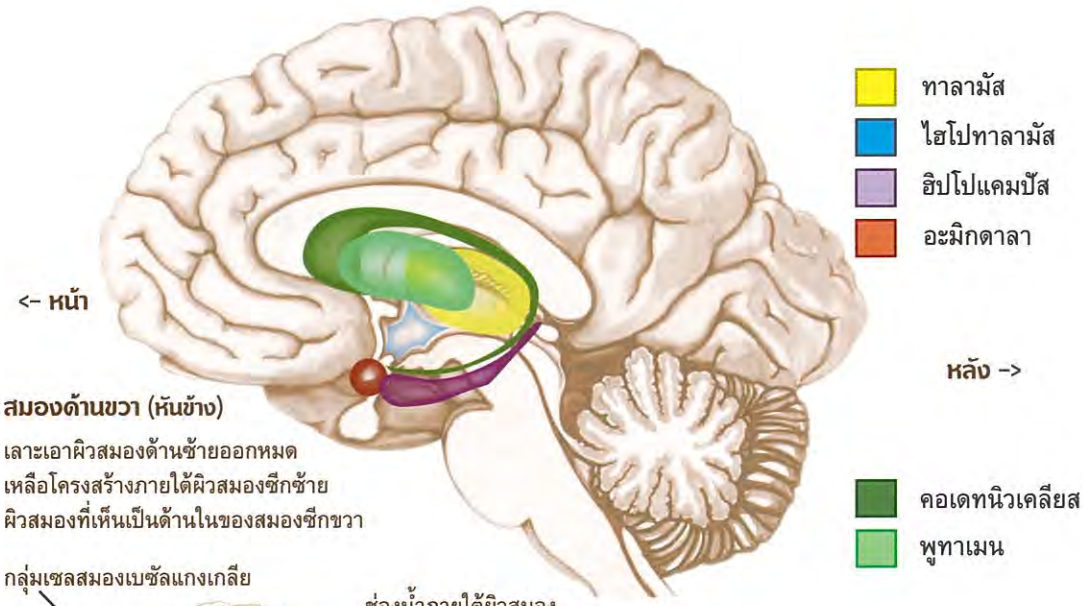
การเคลื่อนไหว เสียง เป็นตัวแปรภายนอกที่ดึงดูดความสนใจสูงสุด อารมณ์หรือภาวะสมดุลของสารต่างๆ ในเลือดในร่างกายและสมองก็มีบทบาทต่อการกำหนดความสนใจเช่นเดียวกัน แทบทุกนาทีมีสิ่งที่อาจรบกวนความสนใจของเรา ขณะทำ



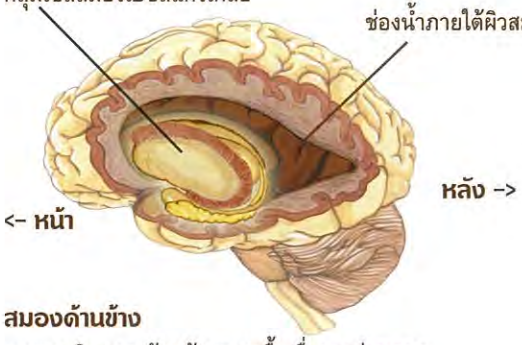
อะไรทำให้ ลีโอนาโด ดาวินชี คิดว่า สัดส่วนของร่างกายมนุษย์สามารถแทนได้ด้วยภาพวงกลมและสี่เหลี่ยมจตุรัสเช่นนี้

สิ่งหนึ่งก็มีสิ่งอื่นกำลังดำเนินอยู่ แต่สมองและจิตใจนั้นเป็นสิ่งที่ทำงานอย่างซับซ้อน ถ้าสมองสนใจจดจ่อต่อสิ่งหนึ่ง สิ่งอื่นอาจไม่มีความหมายต่อสมองเลยก็ได้ ลองสังเกตดูเวลาที่เรากำลังฟังเพลง ดูโทรทัศน์ เล่นเกมที่ชอบ หรือแม้แต่กำลังทำงานยากๆ ที่เราสนใจ เราแทบไม่รู้ว่ามีใครเรียกชื่อเรา หรือมีอะไรเกิดขึ้นที่ห้องข้างๆ ในทางกลับกัน เมื่อสมองขาดสมาธิ ไม่มีความจดจ่อ ไม่สนใจสิ่งที่ทำอยู่ เช่น ไม่สนใจฟังสิ่งที่ครูพูดอยู่ พอครูถามคำถามนักเรียนถึงกับสะดุ้ง เพราะสมองคิดเรื่องอื่นเพลิน จนไม่ได้รู้สึกเลยว่าครูยืนสอนอยู่หน้าห้อง

ภาวะแห่งความสนใจหรือไม่สนใจนี้สำคัญมาก เพราะเราอาจสรุปนักเรียนของเราว่า เรียนอ่อน หรือระดับสติปัญญาต่ำ ขณะที่ความจริงอาจเป็นอีกเรื่องหนึ่ง



สมองด้านขวา (หันข้าง)
เลาะเอาผิวสมองด้านซ้ายออกหมด
เหลือโครงสร้างภายใต้ผิวสมองซีกซ้าย
ผิวสมองที่เห็นเป็นด้านในของสมองซีกขวา



สมองด้านข้าง
เลาะเอาผิวสมองด้านซ้ายและเนื้อเยื่อบางส่วนออก
เพื่อให้เห็นตำแหน่งของกลุ่มเซลสมองภายใต้ผิวสมอง

ลึกลงไปใต้ผิวสมอง เซลสมองอีกหลายกลุ่มทำงานอยู่ กลุ่มร่างแหของเซลสมองเหล่านั้นมีภาระสำคัญไม่น้อยไปกว่าการงานของเซลสมองที่อยู่บนผิว การทำงานของเซลสมองกลุ่มนี้ เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการทำงานของผิวสมอง ถ้าผิวสมองเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้โดยตรง คือความหมายและความสัมพันธ์ของข้อมูล งานของกลุ่มเซลใต้ผิวสมองนี้ อาจจัดอยู่ในกลุ่มของเรื่องความสนใจ อารมณ์ สมาธิ การทำให้ข้อมูลมีความหมาย การจัดเตรียมเพื่อสร้างพฤติกรรมบางอย่าง รวมทั้งทำให้จำ ฯลฯ

ทาลามัส

ทาลามัส เป็นกลุ่มเซลสมองที่อยู่ลึกลงถึงใจกลางสมอง ตำแหน่งของทาลามัสเป็นปากประตูของเส้นทางข้อมูลที่รับเข้ามา เพื่อส่งไปยังผิวสมอง ข้อมูลสื่อสัมผัส ได้แก่ สัมผัส รูป รส เสียง จากอวัยวะ ผิวและกาย ตา ลิ้น หู ไม่ได้ผ่านไปสู่ผิวสมองโดยตรง แต่ถ่ายโอนมาที่ชุมทางนี้ก่อนเพื่อส่งต่อไป

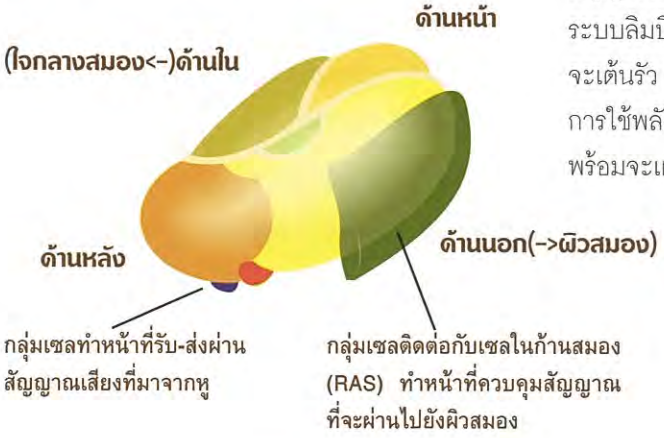
ทาลามัสเป็นจุดทางผ่านที่ข้อมูลเบื้องต้นถูกคัดกรอง สัญญาณข้อมูลที่มีลักษณะซ้ำเดิม (คือไม่ก่อให้เกิดการกระตุ้นเซลบนผิวสมองที่อาจให้ความหมายนัยสำคัญอะไรใหม่ ๆ)จะถูกลดความสำคัญลงไปก่อนถึงผิวสมอง สัญญาณจากก้านสมอง และสัญญาณสะท้อนกลับจากผิวสมองมายังทาลามัส ทำงานร่วมกันในการควบคุมการผ่านสัญญาณที่จุดนี้ ทาลามัสยังส่งผ่านการกระตุ้นจากก้านสมอง ไปยังผิวสมองด้วย การหลับ-การตื่นเกิดจากสัญญาณจากก้านสมองส่งมายังทาลามัส ถ้าทาลามัสไม่ส่งสัญญาณนี้ต่อไป ผิวสมองจะขาดการกระตุ้น สัญญาณจากภายนอกจะส่งไปไม่ถึงผิวสมอง สมองจะเข้าสู่ภาวะหลับ

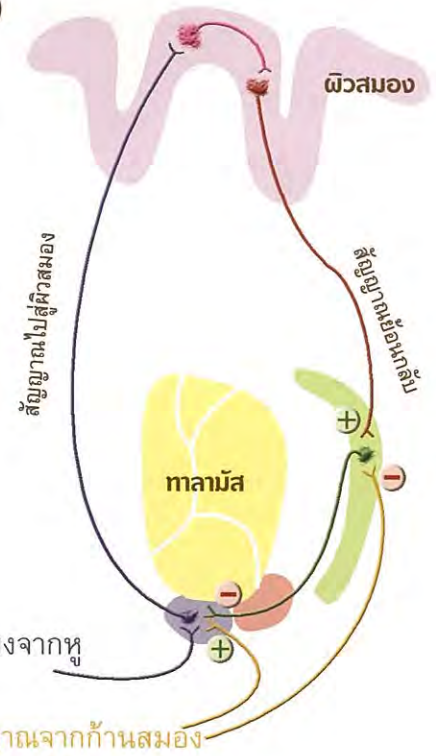
โดยวิธีนี้ **เสียงของครูที่สอนหน้าห้องจึงไม่ไปถึงหูนักเรียนเลย ถ้านักเรียนคนนั้นง่วง หรือกำลังสนใจเรื่องอื่นอยู่นอกเหนือจากเรื่องที่เรียน**

ขณะที่ทาลามัสกรองข้อมูลที่ไม่น่าสนใจออกนั้น ทาลามัสจะจับตาสัญญาณที่มีลักษณะพิเศษบางอย่างอยู่ตลอดเวลา หากมีสัญญาณทางตาที่ 'ดูเหมือน' บางอย่างคล้าย 'งู' สัญญาณนั้นจะถูกส่งต่อไปยังอะมิกดาลาและระบบการเคลื่อนไหวโดยอัตโนมัติอื่นๆ ทันที เป็นผลให้ที่กำลังคิดอะไรเพลินอยู่นั้นเป็นอันเลิก สมองจะกลับมาให้ความสนใจรวบรวมข้อมูลกับสิ่งที่ 'ดูเหมือน' นั้นให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ร่างกายจะถูกระบบประสาทอัตโนมัติกระตุ้น โดยสัญญาณจากอะมิกดาลาจะผ่านไปยังไฮโปทาลามัสในระบบลิมบิก และกลุ่มเซลสมองในก้านสมอง หัวใจจะเต้นรัว ความดันเลือดเพิ่มขึ้น หายใจเร็วขึ้น ระบบการใช้พลังงานของร่างกายถูกกระตุ้น เพื่อให้ร่างกายพร้อมจะเผชิญหน้า 'หาทางหนี' หรือ 'หาทีไล่'

ทาลามัส ด้านขวา

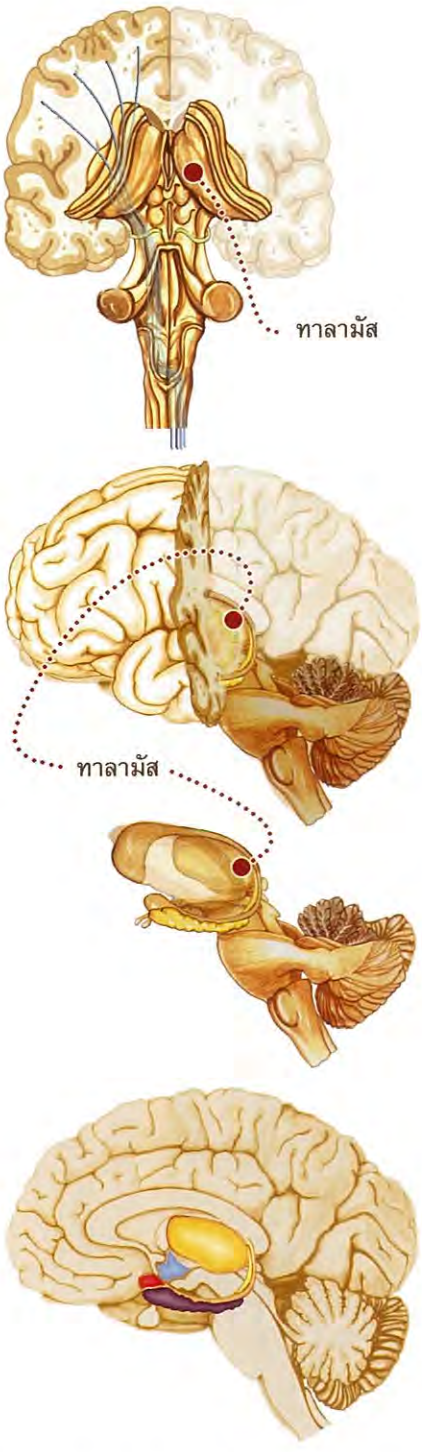
สีต่างๆ เป็นการวาดเพื่อให้เห็นกลุ่มเซลสมองที่แยกเป็นกลุ่มๆ ในทาลามัส ตามการทำงานของมัน





สิ่งที่เกิดขึ้นที่ชุมทางทาลามัสก็คือ ข้อมูลสื่อสัมผัสที่จะผ่านไปสู่ผิวสมอง จะกระตุ้นให้เกิดวงจรป้อนกลับของสัญญาณข้อมูลระหว่างผิวสมองและทาลามัส สัญญาณข้อมูลจะส่งกลับจากผิวสมองมายังทาลามัสอีก การวนกลับมาของข้อมูลจากผิวสมองเป็นการจัดการควบคุมข้อมูลที่ผ่านเข้ามายังทาลามัส ทาลามัสจึงเหมือน 'ประตู' ที่จะเปิดหรือปิด สำหรับสัญญาณที่จะส่งต่อไปยังผิวสมอง **สัญญาณจะไปถึงผิวสมองหรือไม่ขึ้นอยู่กับการทำงานที่ทาลามัส** ยาคลายกังวลเช่น ไดอะซีแพม จะเพิ่มฤทธิ์การหน่วงหรือยับยั้งการส่งผ่านสัญญาณที่จะส่งขึ้นไปยังผิวสมอง ซึ่งเท่ากับช่วยปิดประตูที่ทาลามัส

ก้านสมองจะส่งสัญญาณมายังทาลามัสด้วย ในยามที่สมองต้องตื่นตัวมีการตอบสนองต่อภาพหรือเสียงอย่างรวดเร็ว เช่น ในภาวะที่มีอันตรายต่อชีวิต สัญญาณจากก้านสมองจะไปสู่ผิวสมอง ทั้งโดยตรงและผ่านทาลามัสไป



สมองรูปครึ่งทรงกลมนั้น แบ่งออกเป็นสองข้าง ร่างแหของเซลสมองอยู่ที่ผิว มัดใยประสาทรับความรู้สึกส่งผ่านขึ้นมาจากร่างกายและอวัยวะต่างๆ โดยถ่ายโอนที่ทาลามัสก่อนส่งขึ้นมายังผิวสมอง เซลผิวสมองส่งใยประสาทเดินทางสวนกลับ ผ่านเข้าใกล้ทาลามัส แล้วเลยลงไปควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ทาลามัสเสมือนก้อนเซลสมอง ที่เกาะติดกับมัดประสาทนี้ มัดทางซ้ายหนึ่งก้อนและมัดทางขวาหนึ่งก้อน มัดเส้นประสาทนี้เปรียบเสมือนก้านของครึ่งทรงกลมสมองสองข้าง เลยต่อลงไปจากทาลามัส มัดประสาทที่ทอดลงไปสู่ด้านล่างนั้น จะลู่เข้ามาใกล้กันและประกบกันอยู่ในแกนกลางก้านสมอง วิ่งผ่านก้านสมองนี้ทอดลงไปในไขสันหลัง

ทาลามัสนั้นเป็นเซลสมองกลุ่มใหญ่ ส่วนไฮโปทาลามัสเป็นกลุ่มเซลสมองซึ่งแทรกตัวอยู่ในผนังโพรงกลางสมอง ต่อลงมาจากผนังส่วนที่ติดกับทาลามัส ส่วนของสมองบริเวณนี้อยู่ตรงด้านหน้าของก้านสมอง อันเป็นจุดที่มัดใยประสาทสองข้างแยกไปสู่สมองแต่ละซีก ก้านสมองสิ้นสุดตรงจุดที่มัดใยประสาทแยกออกไปทางซ้ายและขวานี้

กลุ่มเซลสมองบริเวณไฮโปทาลามัส ทำงานประสานติดต่อรับส่งข้อมูลกับกลุ่มเซลสมองที่อยู่บริเวณใกล้ๆ มีชื่อเรียกกลุ่มเซลเหล่านี้รวมทั้งไฮโปทาลามัสว่า ระบบลิมบิก หรือโครงสร้างลิมบิก นอกจากติดต่อทำงานร่วมกันในระบบลิมบิกแล้ว ไฮโปทาลามัสยังมีการติดต่อโดยตรงกับเซลสมองกลุ่มอื่นๆ ซึ่งรวมถึงกลุ่มเซลบนก้านสมองด้วย

- ทาลามัส
- ไฮโปทาลามัส
- ฮิปโปแคมปัส
- อะมิกดาลา

ไฮโปทาลามัส

ไฮโปทาลามัสเป็นเสมือนศูนย์ควบคุมปฏิบัติการ ที่รับข้อมูลและคำสั่งจากทั้งระบบลิมบิกและกลุ่มเซลบนก้านสมอง ในขณะเดียวกันก็สั่งงานและส่งข้อมูลไปยังกลุ่มเซลบนก้านสมองและระบบลิมบิกนั้นด้วย นอกจากนี้ยังรับข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวกับสภาวะภายในของร่างกาย เช่น อุณหภูมิและระดับน้ำตาลในเลือด จากเส้นเลือดที่หล่อเลี้ยงสมองบริเวณนั้น

การควบคุมสมดุลของระบบภายในร่างกายมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต เป็นหน้าที่โดยตรงของไฮโปทาลามัส เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในให้พอเหมาะคงที่ จำเป็นต่อการทำงานของเซลของอวัยวะต่างๆ สัญญาณประสาทจะส่งไปจากไฮโปทาลามัสนี้ ไปสั่งงานกลุ่มเซลสมองบนก้านสมอง ให้ควบคุมการทำงานของต่อมเหงื่อ เหงื่อออกทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลง การขยายตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนังทำให้ความร้อน ในเลือดซึ่งผ่านเข้าไปในเส้นเลือดฝอยมากขึ้น ถ่ายเทออกไปได้มากขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าการไหลเวียนของเลือดที่ผิวหนังถูกปิด จะทำให้ความร้อนในร่างกายไม่ระบายออก เป็นการรักษาอุณหภูมิของร่างกายไว้ไม่ให้ลดต่ำลงในยามอากาศหนาวเย็น ไฮโปทาลามัสยังทำหน้าที่อื่นอีก เช่น เมื่อร่างกายได้รับพิษบางอย่าง ไฮโปทาลามัสจะกระตุ้นกลุ่มเซลสมองในก้านสมอง ทำให้เกิดอาเจียนได้



แต่ละช่วงขณะของกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ร่างกายปรับตัวในสมดุลที่ต่างกัน



อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญมากก็คือ ไฮโปทาลามัสควบคุมฮอร์โมน ฮอร์โมนเป็นสารที่ละลายอยู่ในเลือด ผลิตจากอวัยวะที่มีหน้าที่เฉพาะ ในการผลิตฮอร์โมนนั้นๆ ฮอร์โมนทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลง ฮอร์โมนจะดึงร่างกายออกจากสมดุลปกติ เพื่อรับมือในเหตุการณ์ฉุกเฉินระยะสั้นๆ เช่น ภาวะที่ต้องนำพลังงานมาใช้ปริมาณมากและเร็วที่สุด ในขณะเผชิญอันตราย และไม่เพียงแต่เกี่ยวกับภาวะเฉพาะหน้าสั้นๆ แต่บทบาทหลักของฮอร์โมนตลอดช่วงชีวิตของเราคือการชักนำพัฒนาการให้เกิดขึ้นเป็นไปตามอายุวัยที่เหมาะสมแก่การงานต่างๆ ส่งอิทธิพลต่อพฤติกรรม การเรียนรู้และกระบวนการทำงานของสมองในการเรียนรู้

ฮอร์โมนในร่างกายมีหลายชนิด ไฮโปทาลามัสมีบทบาทสำคัญ โดยการสั่งให้ต่อมพิทูอิทารีผลิตฮอร์โมน ฮอร์โมนจากต่อมพิทูอิทารีจะกระตุ้นอวัยวะที่ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนซึ่งกระจายอยู่ตามตำแหน่งต่างๆ ทั่วร่างกาย ให้ผลิตฮอร์โมนและสารบางอย่างที่ร่างกายต้องใช้อีกต่อหนึ่ง

โดยวิธีนี้ ไฮโปทาลามัส จึงมีบทบาทในการรักษาสมดุลภายในร่างกายในภาวะปกติ ในขณะเดียวกันก็ปรับร่างกายเข้าสู่สมดุลใหม่ สำหรับภาวะฉุกเฉินเฉพาะหน้า รวมทั้งสร้างสมดุลสำหรับร่างกายตามอายุวัยเพื่อให้เหมาะสมแก่ภารกิจการงานในแต่ละช่วงชีวิต เช่น วัยเด็กเป็นไปเพื่อการเจริญเติบโตและเรียนรู้ วัยรุ่นเป็นการเตรียมพร้อมร่างกายและความคิดจิตใจสำหรับการงานและความรับผิดชอบ-ต้องเรียนรู้ที่จะตั้งคำถาม-หาเหตุผล-และทดลอง วัยหนุ่มสาวมีไว้สำหรับการงานที่แท้จริง-การให้กำเนิด-การมีครอบครัวสร้างผู้สืบทอดและคนรุ่นต่อไป

ไฮโปทาลามัส รักษาสมดุลภายในร่างกายในภาวะปกติ ในขณะเดียวกันก็ปรับร่างกายเข้าสู่สมดุลใหม่ สำหรับภาวะฉุกเฉินเฉพาะหน้า รวมทั้งสร้างสมดุลสำหรับร่างกายตามอายุวัยเพื่อให้เหมาะสมแก่ภารกิจการงานในแต่ละช่วงชีวิต

เมื่อสมองกำลังเริ่มเข้าสู่กระบวนพัฒนาการในรูปใหม่
จากการแตกกิ่งก้านสาขาของเซลสมองเปลี่ยนไปเป็นการริดทอนวงจรที่ไม่ใช้ลงนั้น
ฮอร์โมนแห่งวัยก็เข้าครอบงำการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเช่นกัน
ฮอร์โมนในวัยรุ่นส่วนใหญ่
ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเกี่ยวกับลักษณะทางเพศ
แต่มีฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมหมวกไตบางตัวที่มีผลต่อเซลสมอง
กระทบต่อการทำงานของเซโรโทนินและสารอื่นในระบบประสาท
ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะพื้นอารมณ์และความอ่อนไหวของอารมณ์

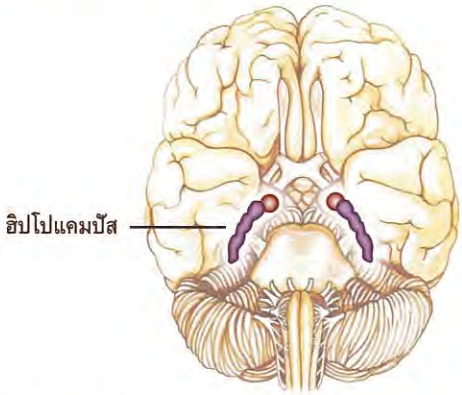


นิตยสาร Time. Vol. 163, No. .21. May 31, 2004 ฉบับนี้ ตีพิมพ์การศึกษาวิจัยของ ดร.กิดด์ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสมองในวัยรุ่น

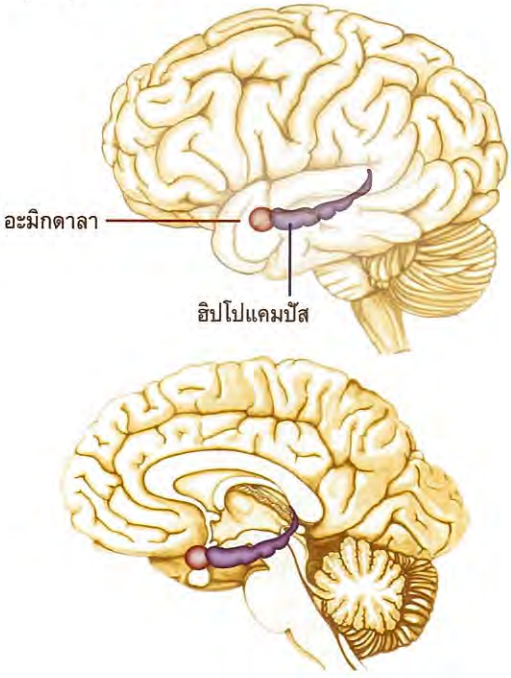
การเปลี่ยนแปลงในวัยรุ่น เป็นอีกช่วงหนึ่งที่การทำงานของสมอง พลิกโฉมไปจากที่เคยดำเนินมาอย่างสงบค่อยเป็นค่อยไปในวัยเด็ก ฮอร์โมนเพศเป็นตัวการสำคัญทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับเซล การใช้พลังงานของร่างกายจะเพิ่มขึ้นมาก การทำงานของเซลสมองพรีฟรอนทัล และเซลสมองในระบบลิมบิกจะถูกกระตุ้น (หรือเลิกยับยั้ง) เป็นช่วงวัยที่มีความต้องการหรือจูงใจต่อการแสวงหาประสบการณ์ใหม่(novelty seeking) ซึ่งเป็นลักษณะพฤติกรรมที่ถูกปรับแต่งในระบบการเรียนรู้ โดยระบบสารสื่อประสาทในสมองทำงานผสานกัน ทุกสิ่งดูเป็นความท้าทายและต้องการจะทำ ในขณะที่ระบบเหตุผลเริ่มก่อตัวอย่างจริงจัง วัยรุ่นต้องการทดสอบสิ่งใหม่ๆ ตั้งคำถามท้าทายกับระบบเหตุผลที่มีอยู่เดิม วัยรุ่นจึงนับเป็นวัยทองของการเรียนรู้อีกวัยหนึ่ง

ไฮโปทาลามัสยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย ที่เรียกกันว่าภาวะเครียด ภาวะที่เป็นภาวะเครียด ได้แก่ รู้สึกโกรธ อารมณ์หงุดหงิด มีปัญหากังวลที่หาทางออกไม่ได้ ความเหนื่อยล้าของร่างกาย ฯลฯ ไฮโปทาลามัสจะถูกกระตุ้น ฮอร์โมนจะถูกผลิต ยังผลให้การใช้พลังงานของร่างกายเปลี่ยนแปลง มีการปรับการทำงานของระบบภายใน เช่น ทำให้ปฏิกิริยาของภูมิคุ้มในการต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมลดลง ความรู้สึกเจ็บปวดลดลง ลดการใช้พลังงานในอวัยวะบางแห่ง ทำให้เพิ่มขีดสามารถในการทนและทำงานได้ในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยต่างๆ สิ่งที่เป็นปัญหาคือ ฮอร์โมนบางตัวที่ผลิตในภาวะเครียดนี้ กลับมีผลเสียต่อการทำงานของสมอง เซลสมองที่ช่วยให้เกิดการจำจะไม่ทำงาน และฝ่อตายไปในบางกรณี นอกจากอารมณ์จะมีผลต่อการทำงานของสมอง ผ่านทางฮอร์โมนที่ไฮโปทาลามัสผลิตขึ้นมาแล้ว อารมณ์ยังมีผลต่อวงจรทำงานของเซลสมองในกระบวนการคิดการใช้เหตุผลด้วย

ฮิปโปแคมปัส



ฮิปโปแคมปัส เป็นส่วนของผิวสมองส่วนขมับ บริเวณด้านล่างและด้านในที่ม้วนเข้าไป กลายเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวสมอง ถ้าพลิกสมองกลับดูด้านล่าง ผิวสมองบริเวณที่คลุมฮิปโปแคมปัสอยู่จะอยู่ใกล้ตรงกลางสองข้างของก้านสมอง



อะมิกดาลา เป็นกลุ่มเซลสมอง อยู่ชิดด้านหน้าของฮิปโปแคมปัส ฮิปโปแคมปัสอยู่ทางด้านล่างของสมอง ผิวสมองส่วนขมับส่วนที่อยู่ด้านล่าง คลุมอะมิกดาลาและฮิปโปแคมปัสเอาไว้

ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจำได้ในสมอง คือ กลุ่มเซลสมองที่เรียกว่า ฮิปโปแคมปัส 'ความจำ' หรือ 'สิ่งที่จำ' ไม่ได้อยู่ในฮิปโปแคมปัสนี้ หากแต่ เมื่อฮิปโปแคมปัสทำงานจะช่วยให้วงจรร่างแหของเซลผิวสมองที่เกี่ยวข้องทำงานด้วย ร่างแหของเซลผิวสมองที่มีความอยู่ตัว เป็นวงจรที่เกิดซ้ำสม่ำเสมอในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง คือความจำในเรื่องนั้นๆ ความจำในเหตุการณ์เรื่องราว ที่เกิดขึ้นในขณะที่อารมณ์กำลังสร้างสีสันของบรรยากาศอยู่นั้น เป็นความจำที่ก่อตัวขึ้นได้ง่าย และฝังใจอยู่นาน

อะมิกดาลา

ฮิปโปแคมปัสทำงานร่วมกับ สัญญาณที่ส่งมาจากอะมิกดาลา(ในเรื่องเกี่ยวกับอารมณ์) อะมิกดาลายังเป็นต้นทางการสั่งการปฏิกิริยาทั้งหลายของร่างกายที่เป็นไปโดยอัตโนมัติในภาวะคับขัน การเปลี่ยนแปลงที่เป็นอัตโนมัติ คือการเปลี่ยนแปลงในร่างกายที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดย 'ตัวเรา' สั่งหรือควบคุม

ถ้าเราเดินอยู่บนสนามหญ้า แล้วรู้สึกมีอะไรแวบๆ ยาวๆ อยู่ทางขวา ปฏิกิริยาของร่างกายในทันทีก็คือ ชะงัก หยุดเดิน ตัวแข็ง หัวใจเต้นเร็ว หันขวับไปทางสิ่งที่ปรากฏนั้นเพื่อดูให้ชัดๆ ปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เป็นไปเองโดยฉับพลัน เร็วเกินกว่าจะเป็นการสั่งงานจากผิวสมอง ตัวการสั่งงานในที่นี้คือ อะมิกดาลา คำสั่งถูกส่งไปยังไฮโปทาลามัสและก้านสมองโดยตรง

ข้อมูลของสิ่งที่เกิดในอะมิกดาลา และปฏิกิริยาต่างๆ ถูกส่งไปยังผิวสมองด้วยในขณะเดียวกัน นี่คือ การรับรู้ภายในของผิวสมอง คือ 'ตัวตน' ที่มีความรู้สึก 'กลัว' และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็คือ 'อาการตกใจ' บางทีเราเรียกว่า รู้สึกตกใจ เราตอบสนองโดยอัตโนมัติก่อนจะรู้สึกกลัวหรือตกใจ

สัญญาณสื่อสัมผัสต่างๆ ที่เกิดมาแต่ภายนอกนั้น เข้ามาสู่ทาลามัส ทาลามัสจะส่งไปยังผิวสมองทางหนึ่ง และส่งมาที่อะมิกดาลาอีกทางหนึ่ง สัญญาณที่ไปถึงผิวสมองเป็นเรื่องของปรากฏการณ์ของความร้อน เสียง แสง แรงกด ผิวสมองใช้ความสามารถในการประมวลผล 'แปลสิ่งเหล่านั้น' เป็นการรับรู้ 'ภาพแทนของโลกภายนอก' ที่ปรากฏขึ้นภายในสมอง ส่วนสัญญาณที่มาถึงอะมิกดาลาแล้วจะถูกส่งกลับมายังผิวสมองอีกครั้งหนึ่ง ในตอนนี้ ผิวสมองจะรับรู้สัญญาณข้อมูลภายใน ที่กำลังเกิดขึ้นในอะมิกดาลาว่า 'เป็นความรู้สึก' ความรู้สึกหรืออารมณ์จึงเป็นข้อมูลภายในตัวตนของมนุษย์ ที่ปรากฏขึ้นจากการทำงานของผิวสมองและอะมิกดาลาร่วมกัน

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในบรรดาความรู้สึกทั้งหลายที่มนุษย์รู้จักหรือรู้สึกได้นั้น ความรู้สึกที่มีต้นตอจากอะมิกดาลา คือความรู้สึกในด้านที่จะผลักดันปฏิกิริยาและพฤติกรรม 'ระวังภัย' การทำหน้าที่ของอะมิกดาลา ดูจะเริ่มต้นจากการป้องกันอันตรายของชีวิตตนเอง ต่อมาอะมิกดาลาสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเหตุการณ์หรือสิ่งที่เป็นอันตรายต่างๆ กับความรู้สึกเกี่ยวกับอันตราย ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงการรับรู้ของผิวสมองเข้ากับการรับรู้ของอะมิกดาลา เพื่อเป็นการสำทับประกันว่า ผิวสมองจะสั่งการพฤติกรรมที่หลีกเลี่ยงอันตรายแบบเดียวกับที่อะมิกดาลาทำ

ในวิวัฒนาการต่อมา ที่โครงสร้างของสมองสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเปลี่ยนแปลง เรื่องของอารมณ์ความรู้สึกมีความซับซ้อนขึ้น **'มีความรู้สึกหลายแบบ'** เกิดขึ้น ความรู้สึกต่างๆ นี้เกี่ยวข้องกับโครงสร้างการทำงานของสมองหลายส่วน โดยเฉพาะส่วนที่เรียกว่าลิมบิก ซึ่งเป็นระบบใหญ่ที่รวมเอาเบซัลแกงเกลีย ผิวสมองบางส่วน และอะมิกดาลาเข้าไว้ด้วย

ความรู้สึกในด้านที่เป็นความพอใจ ยินดี ดีใจ โดยพื้นฐานเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมกับพฤติกรรมที่สำเร็จเป็นไปตามความคาดหมายหรือมากกว่าความคาดหมาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเบซัลแกงเกลีย นิวเคลียสแอคคัมเบนส์และผิวสมองส่วนซิงกูเลท เมื่อสิ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของสมองในลักษณะเช่นนี้เป็นประโยชน์ สิ่งที่เกิดขึ้นจึงถูกเชื่อมโยงเป็นความรู้สึกหรืออารมณ์ โดยอาศัยกระบวนการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียกว่า 'สำนึกทางอารมณ์' นี้ เข้ากับเนื้อหาประสบการณ์ที่รับรู้โดยผิวสมอง อะมิกดาลามีบทบาทสำคัญในหน้าที่การงานเช่นนี้ ซึ่งอะมิกดาลาทำแบบเดียวกันอยู่แล้วในการเชื่อม 'สำนึกของอันตราย' เข้ากับการรับรู้ของผิวสมอง โดยยกขึ้นเป็นความรู้สึกกลัว(เพื่อที่จะมีพฤติกรรม 'หนี') หรือ โกรธ (เพื่อที่จะมีพฤติกรรม 'สู้')

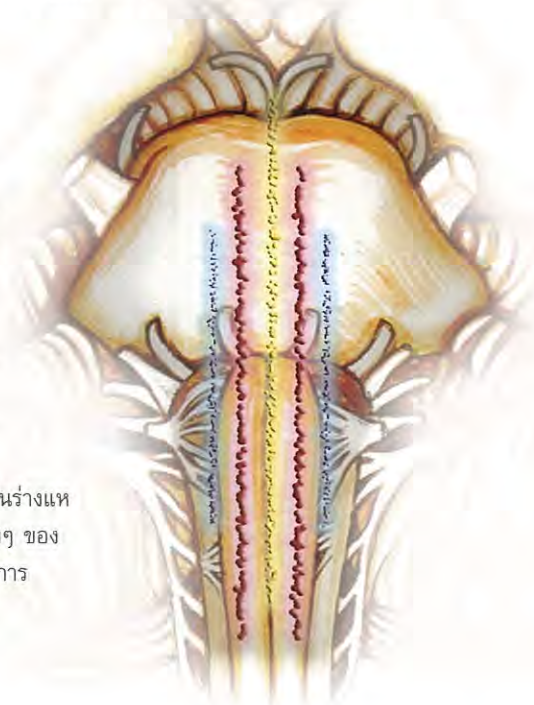
อะมิกดาลาจึงดูจะเป็นผู้อยู่เบื้องหลังการประเมินสัญญาณสื่อสัมผัสทั้งหลาย ในเรื่องที่เกี่ยวกับอารมณ์เกือบทุกเรื่อง ทั้งที่อารมณ์บางอย่างอาจมีต้นกำเนิดมาจากส่วนอื่นของสมอง แต่การสื่อส่งผ่านการแสดงออกทางอารมณ์ล้วนใช้เส้นทางผ่านอะมิกดาลาอยู่ อะมิกดาลาประทับตราสิ่งที่มองเห็น สิ่งที่ได้ยิน สิ่งที่สัมผัส ว่ามีนัยหรือคุณค่าทางอารมณ์แบบใด คุณค่าทางอารมณ์นั้น จะนำไปสู่แรงจูงใจหรือผลักดันพฤติกรรมประเภทที่เราเรียกกันว่า 'ไม่มีเหตุผล' ไม่ว่าคนเราจะรู้ตัวหรือไม่ก็ตาม อย่างเช่น ความกลัว ความลำเอียงในบางสิ่งที่บางครั้งบอกที่มาที่ไปไม่ได้ และอาจจะรวมไปถึง ความพึงใจในเพศตรงข้าม ความรู้สึกเอ็นดูเด็กหรือลูกสัตว์ต่างๆ ที่เกิดใหม่ด้วย

เหตุการณ์ เรื่องราว ที่เกิดในขณะที่อารมณ์กำลังสร้างสีสันของบรรยากาศอยู่นั้น ก่อตัวเป็นความจำขึ้นได้ง่ายและฝังใจอยู่นาน

อะมิกดาลา มีความรู้หรือแยกแยะสื่อสัมผัสภายนอกที่เข้ามาสู่สมองนี้อย่างไร อะไรทำให้สิ่งเหล่านั้นมีความหมายเพิ่มขึ้นไปกว่า เสียง แสง แรง รสที่ได้รับรู้ จากการศึกษาทำให้รู้ว่า อะมิกดาลานั้นมีกลุ่มเซลสมองที่เชื่อมโยงเป็นร่างแหวงจร มีการปรับโครงสร้างการเชื่อมโยงในขณะทำงานเชื่อมต่อกัน ในลักษณะที่เรียกว่า 'มีความจำ' หรือมีการเรียนรู้ นั่นคือ การเชื่อมโยงของร่างแหของกลุ่มเซลในอะมิกดาลามีการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวได้ เพื่อส่งสัญญาณตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่รับเข้ามาในลักษณะต่างๆ นี่อาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่อธิบายว่าทำไมคนเราจึงมีปฏิกิริยารู้สึกต่อสิ่งเดียวกันไม่เหมือนกัน รวมทั้งอาจพัฒนาความรู้สึกที่ผิดแปลกไปจากปกติได้ ปฏิกิริยาโต้ตอบจากอะมิกดาลานั้นมีทั้งสองส่วน คือส่วนที่เรียนรู้จากข้อมูลที่ติดต่อกับสมองส่วนอื่นๆ และส่วนที่ดูเหมือนจะรู้เองว่า จะมีปฏิกิริยาต่อสิ่งต่างๆ อย่างไร เป็นไปได้ว่าปฏิกิริยาบางอย่างถูกกำหนดมาตามแบบแปลนพันธุกรรม พันธุกรรมนี้ควบคุมการสร้างโครงสร้างทางประสาทส่วนนี้มาตั้งแต่เกิดแล้ว

ก้านสมอง

มีกลุ่มเซลสมองที่อื่นๆ อีก ซึ่งดูเหมือนจะรู้เองเช่นกันว่า จะต้องทำงานอะไร จะต้องมีปฏิกิริยาแบบไหน เหมือนเป็นหน้าที่การงานที่ถูกกำหนดไว้แล้วตั้งแต่เมื่อโครงสร้างเชื่อมโยงวงจรเกิดขึ้น กลุ่มเซลสมองในก้านสมองที่มีชื่อเรียกรวมๆ ว่า เรติคิวลาร์ฟอร์เมชั่น (reticular formation) มีหน้าที่การงานต่างๆ เกี่ยวกับระบบกลไกของร่างกายในการมีชีวิต มันถูกกำหนดมาแล้วว่าจะมีปฏิกิริยาหรือทำงานอย่างไรตั้งแต่ก่อนเกิด มันให้กำเนิดสัญญาณในตัวมันเองส่งออกไปกระตุ้นให้สมองส่วนอื่นๆ ทำงาน มันส่งสัญญาณไปยังอวัยวะภายในต่างๆ เป็นต้นว่า มันบอกให้หัวใจเต้น ทำให้กล้ามเนื้อทรวงอกขยายออกเพื่อหายใจอากาศเข้าไป ควบคุมเส้นเลือดให้มีความดันพอเหมาะแก่ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ทำงานประสานกับไฮโปทาลามัส ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ปรับระดับการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ควบคุมการหลับตื่น ฯลฯ



ก้านสมอง(มองจากด้านใต้สมอง)
แสดงบริเวณที่อยู่ของกลุ่มเซลใจกลางแกนก้านสมอง ที่เรียกว่า เรติคิวลาร์ฟอร์เมชั่น (reticular formation)

- กลุ่มเซลสมองแนวกลาง (median column)
- กลุ่มเซลสมองในแนวใกล้กลาง (medial column)
- กลุ่มเซลในแนวข้าง (lateral column)

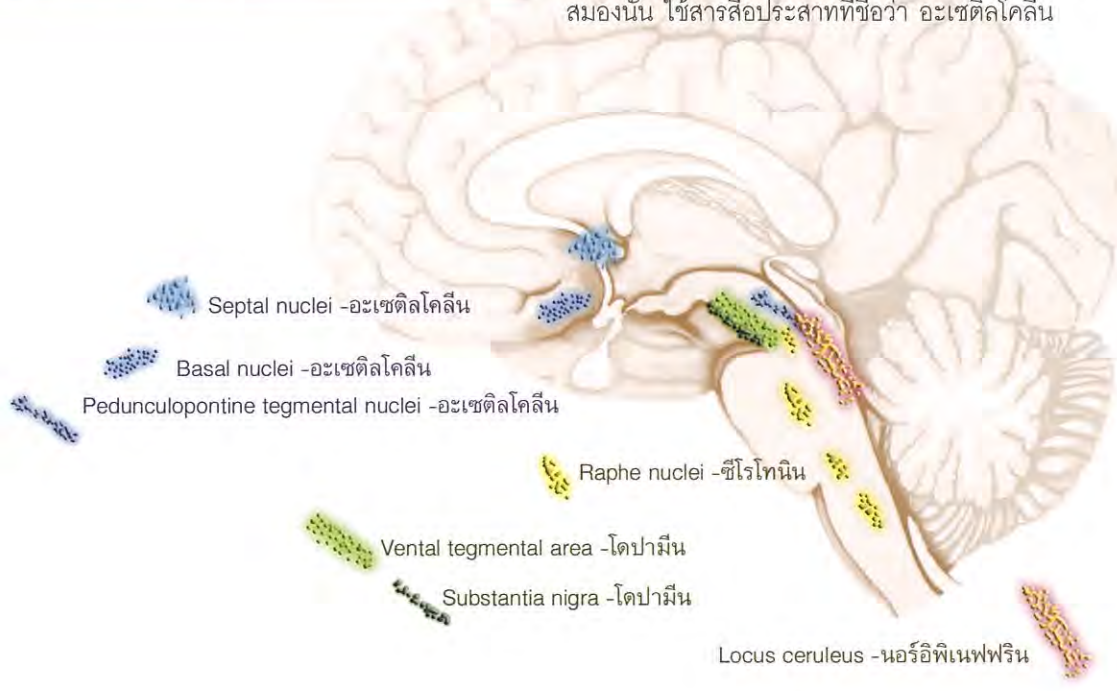
เรติคิวลาร์ฟอร์เมชั่น เป็นกลุ่มเซลสมองติดต่อเชื่อมโยงประสาทกันเป็นร่างแห อยู่ในแกนกลางก้านสมอง เซลกลุ่มนี้รับสัญญาณที่เกิดจากสัมผัสต่างๆ ของร่างกาย รับสัญญาณที่ส่งมาจากผิวสมอง และส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงาน ทั้งในส่วนต่างๆ ของสมองและอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย

สัญญาณที่ทาลามัสส่งไปยังผิวสมอง ซึ่งมีผลให้เกิดภาวะตื่นตัวพร้อมรับข้อมูลและตอบสนองนั้น ก็มีจุดกำเนิดจากเซลสมองในก้านสมองนี้ การง่วงและหลับ ก็คือสภาวะที่ผิวสมองปรับลดการทำงานลง อันเนื่องมาจากสัญญาณกระตุ้นจากก้านสมองนี้เปลี่ยนไป สัญญาณกระตุ้นนี้หากไม่ถูกส่งต่อไปจนถึงผิวสมอง ผิวสมองทั้งหมดจะหยุดทำงาน การหยุดทำงานของผิวสมองก็คือ อาการของเจ้าหญิงนิทรา ไม่ตื่น ไม่รู้สึกตัว ไม่ตอบ แต่ยังหายใจได้ หัวใจเต้น ระบบขับถ่ายและย่อยอาหารยังทำงาน หากระบบประสาทสมองส่วนก้านสมองนี้หยุดทำงาน คือไม่มีการส่งสัญญาณกระตุ้นนี้อีกต่อไป นั้นคือ ตาย การทำงานของก้านสมองคือตัวชี้ขาดว่าชีวิตยังอยู่หรือสิ้นสุดลงแล้ว

การทำงานของก้านสมองเป็นตัวชี้ขาดว่า ชีวิตยังอยู่หรือสิ้นสุดลงแล้ว

มีเซลสมองอยู่หลายกลุ่มบนก้านสมองนี้ เซลสมองเหล่านี้ส่งสัญญาณติดต่อจากก้านสมองไปยังสมองส่วนต่างๆ นอกเหนือจากความสำคัญของเซลกลุ่มนี้ในแง่สัญญาณชีวิต หรือสัญญาณกระตุ้นการทำงานของสมองแล้ว **การทำงานของเซลสมองกลุ่มนี้ยังมีอิทธิพลต่อ ความรู้สึก ความตั้งใจ ความคิด อารมณ์ ความจำ และพฤติกรรมต่างๆ** กลุ่มเซลบนก้านสมองนี้ไม่ได้ทำหน้าที่ดังกล่าวโดยตรง แต่ใช้วิธีควบคุมการรับส่งสัญญาณข้อมูล ที่ติดต่อผ่านไปมาระหว่างเซลสมองด้วยกัน สัญญาณควบคุมของกลุ่มเซลบนก้านสมองนี้ ใช้สารสื่อประสาทซึ่งแตกต่างไปจากที่เซลบนผิวสมองใช้ติดต่อกันเองที่จุดต่อสัญญาณ

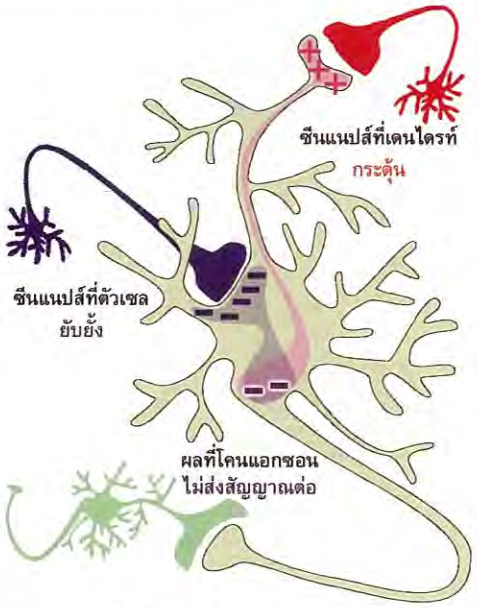
ตัวอย่างการควบคุม ที่เรติคิวลาร์ฟอร์เมชั่นส่งสัญญาณจากก้านสมอง ไปกระตุ้นทาลามัสและผิวสมองนั้น ใช้สารสื่อประสาทที่ชื่อว่า อะเซติลโคลีน



สารสื่อประสาท

สารสื่อประสาท ที่แอกซอนหลั่งออกมาที่จุดต่อสัญญาณนั้น มีมากกว่า 50 ชนิด ชนิดที่ใช้ติดต่อระหว่างเซลสมองทั่วไปคือ กลูตาเมท (glutamate) และ แกมมาอะมิโนบิวไทริคเอซิด (GamaAminoButyric Acid-GABA) สารตัวแรกนั้นออกฤทธิ์กระตุ้นหรือช่วยให้เซลสมองฝ่ายรับส่งสัญญาณต่อไปในวงจร ส่วนสารตัวที่สอง (GABA) ออกฤทธิ์ในทางหน่วงหรือยับยั้ง ทำให้เซลฝ่ายรับเฉื่อย ไม่ส่งสัญญาณต่อไป

มีสารสื่อประสาทที่สำคัญอีกสี่ชนิด ในจำนวนนี้มีอยู่สามชนิดเป็นสารกลุ่มโมโนอามีน (monoamine) มีเซลสมองบางกลุ่มเท่านั้นที่ผลิตสารสื่อประสาทชนิดนี้ที่จุดต่อสัญญาณ เซลกลุ่มนี้อยู่บนก้านสมอง สร้างเครือข่ายติดต่อไปยังส่วนต่างๆ ของสมองรวมทั้งผิวสมอง เราจัดรวมกลุ่มระบบเครือข่ายวงจรของกลุ่มเซลสมองเหล่านี้ ตามชนิดของสารสื่อประสาทที่มันใช้ และเรียกเป็น ระบบการทำงาน ตามชื่อสารนั้นๆ ได้แก่ ระบบเซโรโทนิน ระบบโดปามีน ระบบนอร์อะดรีนาลิน และระบบโคลินเนอร์จิก สามระบบแรกใช้สารสื่อประสาทโมโนอามีน ส่วนระบบโคลินเนอร์จิกนั้นใช้สารสื่อประสาทชื่ออะเซติลโคลีน



เซลสมองเซลหนึ่งมีซีนแนปส์มากมาย แต่ละซีนแนปส์อาจทำงานไม่เหมือนกัน ดังภาพข้างบนนี้ ซีนแนปส์ที่เดนไดรท์ทำให้ภายในเซลมีค่าบวกมากขึ้น แต่ซีนแนปส์ที่ตัวเซลซึ่งมาจากเซลสมองอีกเซลหนึ่งทำให้เป็นลบ ถ้าผลรวมของค่าประจุที่บริเวณโคนเซลเป็นบวกมากพอ จะเกิดสัญญาณส่งต่อออกไปตามแขนงแอกซอนได้ ถ้าไม่พอก็ต้องรอการกระตุ้นต่อไป

การใช้สารสื่อประสาทในระบบที่ว่านี้เป็น 'การควบคุมปรับแต่ง' ซ้อนไปบนระบบวงจรของเซลสมองที่ติดต่อกัน เป็นการซ้อนระบบลงไปเพื่อควบคุมปรับแต่งการรับรู้ข้อมูลหรือสั่งการเคลื่อนไหวต่างๆ แสดงว่า สัญญาณข้อมูลไม่ได้ผ่านจากเซลสมองเซลหนึ่งไปยังเซลอื่นแบบตรงไปตรงมา แต่ที่เซลสมองเซลหนึ่งอาจมีจุดต่อสัญญาณมากมายนับไม่ถ้วน (หนึ่งเซลอาจต่อกับอีกถึงหนึ่งหมื่นเซล) จุดต่อสัญญาณบางแห่งนั้นอาจเรียกว่า 'จุดคุมสัญญาณ' จะเหมาะกว่า เพราะสัญญาณจะผ่านจุดต่อสัญญาณได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับว่า มีการเสริมหรือหน่วงปฏิกิริยาที่จุดคุมสัญญาณเหล่านั้นอย่างไร สารสื่อประสาทที่ต่างกันนั้น มีหน้าที่เฉพาะต่อการทำงานของสมองในลักษณะที่ต่างกันไปด้วย

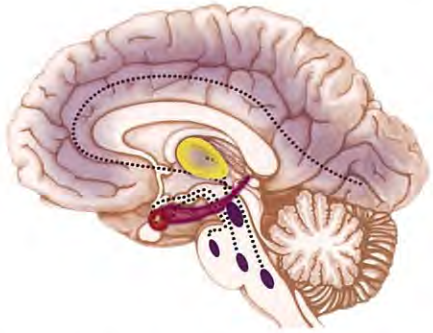
ลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ที่จุดต่อสัญญาณ(ซีนแนปส์) ปุ่มรับที่ไวต่อการตรวจจับสารดังกล่าวไม่ได้มีอยู่ทางด้านรับหรือด้านเดนไดรท์ด้านเดียว แต่ทางด้านส่งหรือแอกซอนก็มีปุ่มรับตรวจจับสารเหล่านี้เช่นกัน ปุ่มเหล่านี้มีหลายแบบ แต่ละแบบอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงที่จุดซีนแนปส์นั้นต่างกัน สารสื่อประสาทชนิดหนึ่งจึงอาจก่อให้เกิดผลคนละอย่าง ณ จุดซีนแนปส์ที่อยู่ในระบบได้ ขึ้นอยู่กับว่าปุ่มรับสารสื่อประสาทที่จุดซีนแนปส์นั้นเป็นแบบใด

พื้นอารมณ์



เซโรโทนิน (serotonin) เป็นสารสื่อประสาทตัวหนึ่ง ที่ผลิตจากเซลสมองบนก้านสมอง แอกซอนของเซลเหล่านี้ ติดต่อขึ้นไปถึงผิวสมองทั่วทุกบริเวณ เซโรโทนินจึงเป็นสารที่ควบคุมและปรับแต่งการทำงานของสมองที่สำคัญ การมีระดับเซโรโทนินในสมองน้อยเกินไป ทำให้เกิดอาการซึมเศร้า หมดอาลัยตายอยาก ชอบนอน มีพฤติกรรมการกินเพิ่มขึ้น(กินอยู่เรื่อยๆ กินมาก อยากกิน) ตรงกันข้าม ระดับเซโรโทนินที่ปกติ จะทำให้เกิดความรู้สึกกระฉับกระเฉง ความอยากกินอาหารเกินปกติลดลง การออกกำลังกายที่สม่ำเสมอทำให้มีระดับเซโรโทนินปกติ ซึ่งหมายถึงอารมณ์ที่แจ่มใส สงบ ไม่หงุดหงิดก้าวร้าว

ในเด็ก การได้เคลื่อนไหวสมกับความต้องการตามวัย จึงเป็นสิ่งสำคัญ ไม่เฉพาะในการฝึกฝนทักษะ และการเรียนรู้การควบคุมระบบกล้ามเนื้อของร่างกายเท่านั้น แต่ยังมีผลให้เด็กสงบลงเวลาอยู่ในห้องเรียน หลังจากที่ได้ออกกำลังมาเต็มที่แล้ว การควบคุมพฤติกรรมในห้องเรียนก็ทำได้ง่ายขึ้น



เซโรโทนินมีผลต่อพื้นอารมณ์โดยทั่วไป มีการเปรียบเซโรโทนินเหมือนน้ำมันหล่อลื่น เครื่องยนต์จะทำงานได้ดี ถ้าน้ำมันหล่อลื่นดี ยิ่งใช้งานมากก็ต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันบ่อย เครื่องยนต์ก็ต้องใช้งานอยู่เสมอจึงจะไม่ฝืดหรือติดขัด ดังนั้น ในกรณีของเซโรโทนิน จึงต้องให้สมองผลิตสารนี้และต้องใช้สมองด้วย

กลุ่มเซลเซโรโทนินบนก้านสมอง จะมีการติดต่อไปยังระบบสมองที่ตอบสนองต่อเซโรโทนินที่สำคัญได้แก่ ระบบลิมบิกและระบบความจำ(ฮิปโปแคมปัส) การที่เซลสมองในระบบลิมบิกตอบสนองต่อเซโรโทนิน จึงเป็นเหตุผลที่อธิบายว่า ทำไมเซโรโทนินจึงมีผลต่อภาวะอารมณ์ ภาวะความจำเสื่อมในวัยสูงอายุและโรคอัลไซเมอร์ เป็นความผิดปกติทางสมองที่ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการทำงานผิดปกติของระบบเซโรโทนินนี้ สารกระตุ้นประสาท เช่น ยาขยัน (metamphetamine) นั้น ทำให้เซลสมองที่ผลิตเซโรโทนินไม่ทำงานและตาย มีผลเกี่ยวกับความจำ เพราะมันไปเกี่ยวข้องกับฮิปโปแคมปัสในที่สุด

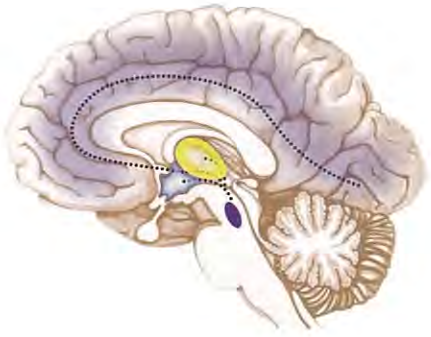
การกระตุ้นเร้า

นอร์อะดรีนาลิน หรือ นอร์อิพิเนฟฟริน (noradrenaline -norepinephrine) เป็นสารสื่อประสาทตัวเดียวกัน ซึ่งมีชื่อเรียกได้สองชื่อ เซลสมองระบบนอร์อะดรีนาลินบนก้านสมอง จะมีการติดต่อไปยังเซลสมอง ที่ตอบสนองต่อนอร์อะดรีนาลินหลายแห่ง เช่น ทาลามัส ผิวสมองทั่วไป และผิวสมองพรีฟรอนทัล การตอบรับต่อนอร์อะดรีนาลิน ณ จุดซีนแนปส์ที่ผิวสมองพรีฟรอนทัล มีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวรับหรือปุ่มรับที่มีอยู่ ปุ่มรับแบบหนึ่งเมื่อจับกับนอร์อะดรีนาลิน จะมีผลให้สมองพรีฟรอนทัลทำงานได้ดีขึ้น (การคิดหรือการใช้ระบบความจำชั่วคราวดีขึ้น) แต่หากมีนอร์อะดรีนาลินปริมาณมากขึ้นจะเกิดการจับบนปุ่มรับแบบอื่น ที่อยู่ในบริเวณนั้นด้วยเช่นกัน จะยังผลให้สมองฟรีฟรอนทัลไม่สามารถใช้ระบบความจำชั่วคราวได้ดีเช่นเดิม โดยทั่วไป ผลของนอร์อะดรีนาลินคือ ทำให้ผิวสมองพรีฟรอนทัลและผิวสมองบริเวณอื่นๆ ไวต่อการทำงานมากขึ้น ซึ่งอาจจะมากเกินไปจนเสียดุลยภาพในการควบคุมการทำงานโดยทั่วไป สภาวะแบบนี้เกิดขึ้นในขณะมีความเครียด

ในส่วนความจำนั้น เซลกลุ่มนอร์อะดรีนาลินนี้ส่งสัญญาณไปยังอะมิกดาลา อะมิกดาลาและฮิปโปแคมปัสทำงานร่วมกันในเรื่องเกี่ยวกับความจำ โดยเฉพาะเหตุการณ์ที่มีบรรยากาศของอารมณ์ร่วมด้วย นอร์อะดรีนาลินจะมีผลในการกระตุ้นอะมิกดาลา อะมิกดาลากระตุ้นฮิปโปแคมปัส ทำให้จำได้ดีขึ้น

โดยสรุปก็คือ นอร์อะดรีนาลินในปริมาณน้อยเกินไปจะส่งผลให้รู้สึกเฉื่อยเนือย ความจำไม่ดี นอร์อะดรีนาลินในปริมาณที่พอเหมาะจะมีผลต่อความว่องไว และความรู้สึกกระฉับกระเฉง

แต่ในสภาพความเครียดจากการกังวล การคุกคามหรือภัยอันตราย นอร์อะดรีนาลินจะถูกกระตุ้นให้ผลิตขึ้นมาก นอร์อะดรีนาลินในปริมาณสูง จะทำให้กระวนกระวาย กังวลมากขึ้น หงุดหงิดง่าย สะดุ้งตกใจง่าย ไม่มีสมาธิ จำอะไรไม่ได้ คิดอะไรไม่ออก



นอร์อะดรีนาลินมีผลต่อความตื่นตัวเป็นพิเศษ นอร์อะดรีนาลินจะกระตุ้นสมองในภาวะที่ต้องการความรวดเร็ว ต้องใช้ความจดจ่อต่อสิ่งรอบข้าง แต่การเร่งเครื่องยนต์จะมีผลดีก็ต่อเมื่อสภาพของเครื่องดีและระบบอื่นๆ เช่นเบรคดีด้วย ซึ่งหมายถึงระบบต่างๆ ของสมองต้องเสริมกัน ภาวะที่นอร์อะดรีนาลินสูงคือภาวะเครียดกังวล หรือภาวะฉุกเฉินเฉพาะหน้า ซึ่งภาวะทั้งสองมีประโยชน์ที่จำกัด

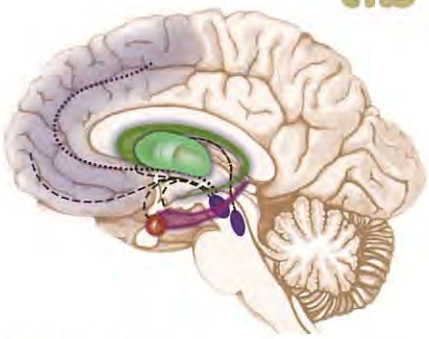
สมาธิ

เซลในก้านสมองอีกกลุ่มหนึ่ง ใช้ โดปามีน (dopamine) เป็นสารสื่อประสาท กลุ่มเซลเหล่านี้มีการติดต่อไปยังระบบสมองที่ตอบสนองต่อโดปามีนที่สำคัญ ได้แก่ เบซัลแกงเกลียซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบแผนการเคลื่อนไหว ระบบลิมบิกซึ่งเกี่ยวข้องกับอารมณ์ และผิวสมองพรีฟรอนทัลซึ่งเกี่ยวข้องกับการคิด โดปามีนเกี่ยวข้องกับเรื่องสมาธิ ในกระบวนการเรียนรู้คือการควบคุมจุดสนใจไว้กับปัญหาที่อยู่ตรงหน้า

ในบรรดาข้อมูลต่างๆ ที่เข้ามาสู่การรับรู้ของสมองนั้น สมองจะต้องสามารถ 'รวมจุดสนใจ' ไปยังบางสิ่งโดยตั้งใจ เพื่อที่จะ 'ทำงานหรือจัดการ' กับสิ่งนั้นได้ โดปามีน มีบทบาทในหน้าที่นี้ โดปามีนที่พอเหมาะทำให้กระตือรือร้นสนใจ มากเกินไปทำให้เริ่มหมกมุ่น การให้ความสำคัญกับบางสิ่งมากไปอาจทำให้มีอาการของการระแวงและคิดไปเอง

ปัญหาเกี่ยวกับการทำงานของระบบโดปามีนน้อยเกินไปคือ ไม่สามารถรวมจุดสนใจได้ คืออาการของการไม่มีสมาธิจดจ่อ ได้แก่ การไม่อยู่นิ่ง ความสนใจที่กระโดดจากสิ่งหนึ่งไปอีกสิ่งหนึ่ง ยังไม่ทันได้ให้ความสนใจจริงจังกับสิ่งใด เหล่านี้คือ ลักษณะอาการของ สมาธิสั้น (Attention Deficit Hyperactivity Disorder -ADHD) เชื่อว่า เกิดจากความผันแปรบางอย่างทางพันธุกรรม ทำให้ การส่งผ่านสัญญาณประสาทในระบบโดปามีน ทำได้ไม่สมบูรณ์

เรื่องสมาธินี้ยังเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบสารสื่อประสาทอื่นด้วย กล่าวคือทั้ง ระบบโคลินเนอร์จิก ระบบเซโรโทนินและระบบนอร์อะดรีนาลิน ล้วนเกี่ยวข้องกับสภาพที่ตื่นตัวพร้อมทำงานของสมอง อาการไม่มีสมาธิ(อย่างผิดปกติ) (ADD -Attention Deficit Disorder) นั้นเป็นผลมาจากระบบโคลินเนอร์จิกทำงานไม่เต็มที่ ทำให้สมองไม่ตื่นตัวพอที่จะ 'สนใจ' หรือมีสมาธิได้



โดปามีนเกี่ยวข้องกับการสร้างแบบแผนของพฤติกรรม การเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อการคาดหมายสูง หรือเป็นไปเพื่อสร้างผลสำเร็จตามความคาดหมาย จะเกิดขึ้นพร้อมกับปริมาณโดปามีนในสมองที่สูงตามไปด้วย เช่นในการเล่นวิดีโอเกม



สมองมีระบบต่างๆ หลายระบบ ทำงานประสานกันอย่างซับซ้อน ไม่ได้มีระบบเดียวที่ทำงานในแต่ละขณะนั้น ระบบต่างๆ ทำงานไปพร้อมๆ กัน และต่างมีผลต่อการทำงานของสมอง หรือการเรียนรู้ในลักษณะต่างๆ ดังนั้นผลจากการเพิ่มขึ้นของโดปามีน หรือกลไกการตอบสนองของเซลสมองต่อโดปามีน อาจถูกควบคุมด้วยกลไกอื่นด้วย เช่น การทำงานของระบบนอร์อะดรีนาลิน มีผลต่อเซลสมองบางบริเวณ ทำให้การตอบสนองต่อโดปามีนเพิ่มขึ้น เป็นต้น

พฤติกรรมและการคาดหมาย

ในการวิจัยตรวจวัดโดปามีนในสมองระหว่างพฤติกรรมต่างๆ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของโดปามีน ในภาวะอารมณ์ที่เพลิดเพลิน มีความพอใจ มีความตั้งใจสูง อารมณ์เหล่านี้เกิดขึ้นขณะมีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับสิ่งที่คาดหมายว่า เป็นรางวัล ซึ่งเป็นอารมณ์ด้านตรงข้ามกับ ความกลัว ความกดดัน ที่เกิดจากสิ่งที่เป็นภัยคุกคาม กระตุ้นการทำงานของระบบนอร์อะดรีนาลิน ซึ่งก่อให้เกิดความเครียด ในสถานการณ์ที่แปลกใหม่ไม่คุ้นชิน ทั้งโดปามีนและนอร์อะดรีนาลินล้วนทำงาน ผลของมันคือ กระตุ้นสมองให้ตื่นตัวและสร้างพฤติกรรม **โดปามีนทำให้พฤติกรรมลองสิ่งใหม่เกิดขึ้นได้** (novelty seeking) **พร้อมนัยทางอารมณ์ก็คือ สร้างแรงจูงใจจากการคาดหมายบางอย่าง** ขณะเดียวกัน กลไกระวังภัยจะทำให้เกิดความกลัว ความกังวลไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น สองอารมณ์นี้อยู่ตรงข้ามกันในการปรับสมดุลของพฤติกรรม

รางวัลและความพอใจดูจะเป็นของคู่กัน คำว่ารางวัลนั้น มีนัยถึงการคาดหมายบางสิ่ง โดยเฉพาะมีการตอบแทน หรือได้รับการตอบแทนเมื่อสิ่งที่คาดหมายเป็นจริง ทั้งหมดนี้เป็นที่มาของความพอใจ ความพอใจในขั้นที่ไม่ซับซ้อนคือ การคาดหมายและได้รับสิ่งที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต ดังนั้น รางวัลขั้นสำคัญก็คือ ความสำเร็จในการ(ได้มาซึ่งสิ่งที่จะทำให้)อยู่รอด ซึ่งเป็นต้นแบบอันนำมาซึ่งแรงจูงใจ กระตุ้นให้มีพฤติกรรมบางอย่างเพื่อให้ได้มาซึ่งรางวัลหรือความสำเร็จนั้น ระบบโดปามีน มีบทบาทอย่างสูงในการทำงานของสมองเกี่ยวกับเรื่องนี้

กลุ่มเซลสมองตอบสนองต่อโดปามีนที่สำคัญคือ กลุ่มเซลสมองที่เรียกว่า เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่า อาการมือสั่นซึ่งมักเกิดในคนสูงอายุ ที่เรียกว่า โรคพาร์คินสัน (Parkinson's disease) มีสาเหตุมาจากปัญหาในการทำงานของกลุ่มเซลสมองในเบซัลแกงเกลีย งานวิจัยระยะหลังนี้ ชี้ว่า เบซัลแกงเกลีย เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ โดยเฉพาะการปรับและสร้างแบบแผนการเคลื่อนไหวที่ไม่เคยหรือไม่คุ้นชินมาก่อน

ในขณะเล่นวิดีโอเกม พบว่ามี โดปามีนเพิ่มขึ้น ในลักษณะเดียวกับที่ได้เห็นรูปคนรัก หรือได้กลิ่นอาหารที่ชอบ (กลุ่มเซลสมอง nucleus accumbens บริเวณเบซัลแกงเกลียมีโดปามีนเพิ่มขึ้น) ทั้งสามกรณีมีสิ่งที่เหมือนกัน คือ สิ่งที่กระตุ้นเข้าสู่การรับรู้ในขณะนั้น เป็นสิ่งที่สมองให้ความหมาย-มีความสำคัญ สิ่งกระตุ้นที่มีความสำคัญมักจะนำไปสู่ (การสร้าง) วงจรพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ในที่นี้ การเล่นวิดีโอเกมคือพฤติกรรมที่กำลังเกิดขึ้นขณะที่สมองให้ความสำคัญต่อสิ่งที่กระตุ้น(คือเกมที่กำลังเล่นอยู่) แต่อีกสองกรณีอาจยังไม่มีพฤติกรรมให้เห็นชัดเจน(ขณะเมื่อเห็นคนรักหรือได้กลิ่นอาหาร) วงจรพฤติกรรมนั้นจะต้องมีวงจรแรงจูงใจเพื่อกระตุ้นให้วงจรพฤติกรรมนั้นทำงาน ความคาดหมายรางวัลนั้นอาจถูกสร้างขึ้นมาลอยๆ ก่อน แต่ต่อไปข้อมูลย้อนกลับจะเป็นตัวย้ำหรือทอนความคาดหมายรางวัลนั้น ซึ่งก็หมายถึงผลสะท้อนของพฤติกรรม จะกำหนดการคงอยู่และเสริมแรงวงจรของแรงจูงใจเอง หรือนำไปสู่การยุติพฤติกรรมในวงจรนั้นเพราะไม่มีแรงจูงใจต่อไป

ในตอนแรก ความคาดหมายในรางวัลอาจถูกสร้างขึ้นมาลอยๆ ก่อน แต่ต่อไป เมื่อเห็นว่า ทำแบบใดแบบหนึ่งแล้วประสบความสำเร็จ การรับรู้ในความสำเร็จนั้นก็คือ ความพอใจ ในขณะเดียวกัน การรับรู้ในความสำเร็จนั้นก็คือ แรงจูงใจ หรือเหตุผลที่จะทำแบบเดิมอีก แต่ถ้าล้มเหลว การรับรู้ในความล้มเหลวก็คือ บอกว่าสิ่งที่ทำไร้ผล เมื่อสิ่งที่ทำไร้ผลก็ไม่มีเหตุผลที่จะทำซ้ำเดิมอีก นั่นคือ มันเป็นสิ่งที่จะทอนแรงจูงใจที่จะทำแบบเดิมลงไปเอง

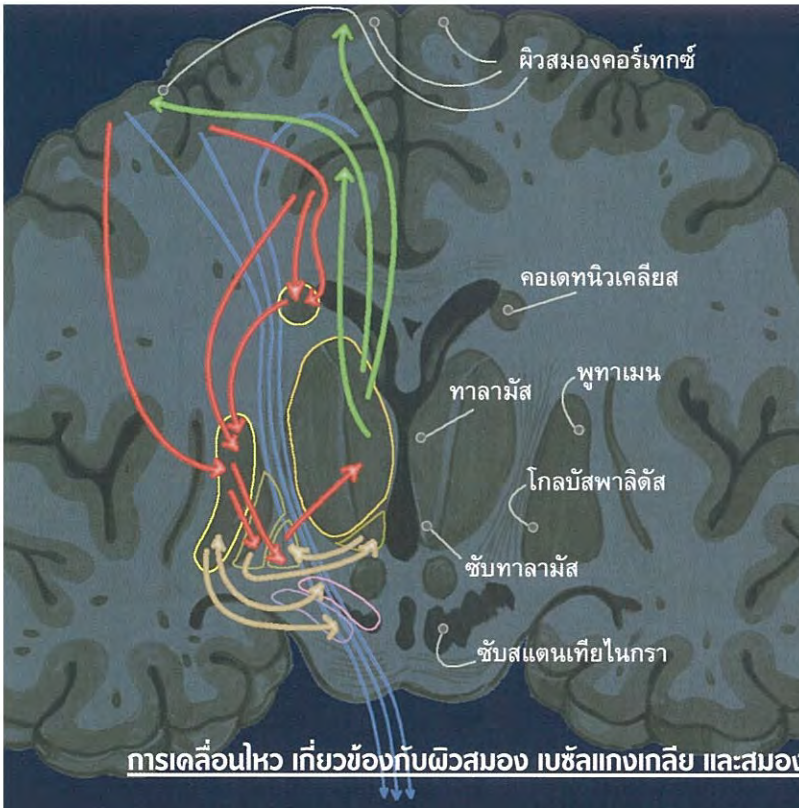
การเรียนรู้เพื่อสร้างพฤติกรรม อันนำไปสู่เป้าหมายและประสบความสำเร็จ น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นที่มาของประสบการณ์เกี่ยวกับความพอใจหรืออารมณ์ ซึ่งจะกลายเป็นแรงจูงใจที่จะสร้างพฤติกรรมนั้นต่อๆไป พฤติกรรมอันนำพาให้ชีวิตอยู่รอดนั้นมีมาก่อนความรู้สึกหรืออารมณ์ ที่ไปติดยึดพอใจในพฤติกรรมนั้น (อารมณ์ยินดี-พอใจพัฒนาขึ้นมาภายหลังในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม) การเพิ่มขึ้นของโดปามีน (ขณะที่มีพฤติกรรมและได้รับผลสำเร็จตามคาดหมายจากพฤติกรรม) นั้นเป็นทั้งปัจจัยและผลสะท้อนอยู่ในวงจรของกระบวนการ ที่เตรียมสมองสำหรับการรับรู้ เตรียมข้อมูลสำหรับการรับรู้ และใช้ข้อมูลนั้นสร้างหรือเสริมวงจรปฏิบัติการ ผลจากการเปลี่ยนแปลงในเบซัลแกงเกลียนี้ จะถูกถ่ายทอดเป็นสัญญาณไปยังระบบลิมบิกและส่งต่อไปผิวสมองส่วนพรีฟรอนทัลอีกทีหนึ่ง เพื่อรับรู้เป็นอารมณ์ความรู้สึกที่เรียกว่า ความตื่นตัว ความพอใจ ความลิงโลด ความ 'มันส์' เป็นต้น อารมณ์ความรู้สึกเหล่านี้ จะนำไปสู่ปฏิบัติการหรือการทำงานของสมองและร่างกาย เช่น ผิวสมองสั่งการเคลื่อนไหว(หรือมีพฤติกรรม)บางอย่าง อะมิกดาลาและไฮโปทาลามัส ร่วมกันกำกับสั่งการก้านสมองและหลั่งฮอร์โมนต่างๆ สู่กระแสเลือด ผิวสมองรับรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบลิมบิก และให้ความหมายต่อการเปลี่ยนแปลงที่รับรู้นั้นในรูปของ 'ตัวตน' ที่มีความรู้สึก 'พอใจ'



การกระตุ้นในวงจรรางวัลนี้ ดูจะเกิดขึ้นข้ากว่าการกระตุ้นฉับพลันของอะมิกดาลาในสถานการณ์ที่เผชิญอันตราย วงจรการทำงานของสมองคือกลุ่มเซลในก้านสมองที่ผลิตโดปามีน เข้าสู่เบซัลแกงเกลียนี้ มีการประสานติดต่อซับซ้อนกับก้านสมอง ทาลามัส และผิวสมอง ผิวสมองต้องมีการรับรู้ที่ชัดเจนต่อสิ่งที่มากระตุ้น รู้หรือมีประสบการณ์มาก่อนเกี่ยวกับประโยชน์ที่อาจคาดหมายได้ จึงจะเกิดความรู้สึกลิงโลดและพอใจ ต่างจากเมื่อมีภัย ซึ่งการทำงานของผิวสมองเกิดขึ้นหลังจากการสั่งงานโดยอัตโนมัติของ อะมิกดาลา-ก้านสมอง ซึ่งหยุดทุกอย่างที่ผิวสมองทำทั้งหมดก่อน เพื่อให้ความสนใจพิจารณาถึงอันตรายที่แวบเข้ามาในการรับรู้ (การอยู่รอดนั้นสำคัญกว่าอื่นใด)

แต่หากอะมิกดาลา ได้เรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งกระตุ้น ที่เกี่ยวข้องกับรางวัลมาก่อนหน้านี้(จนช่ำชอง) อะมิกดาลาก็จะส่งสัญญาณลัดตรงไประบบลิมบิกและก้านสมองได้เช่นกัน การสั่นกระดิ่งแล้วสุนัขมีอาการน้ำลายสอนั้น น่าจะเป็นตัวอย่างการทำให้เกิดวงจรในอะมิกดาลาที่คุ้นชินกับรางวัล ผ่านกระบวนการเรียนรู้ของสมองพรีฟรอนทัล ที่ดีตัวอย่างหนึ่ง

โดยสรุป ระบบโดปามีนนั้น มีบทบาทเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของผิวสมองส่วนหน้าทั้งหมด ที่มีต่อสถานการณ์ที่มีสิ่งกระตุ้นแปลกใหม่ ทำให้เกิดความรู้สึกถึงรางวัลและแรงจูงใจ และช่วยทำให้การเรียนรู้ทักษะหรือการปรับพฤติกรรมการแสดงออกเป็นไปได้ง่ายขึ้น โดยทำงานผ่านกลไกในเบซัลแกงเกลีย การทำงานของระบบโดปามีนไม่ใช่การกระตุ้นหรือการยับยั้งโดยตรง แต่เป็นการควบคุมสัญญาณทางรับและปรับจูนในตัวเซลสมอง ให้รองรับการทำงานสร้างพฤติกรรม(และเคลื่อนไหว) เพื่อให้เกิดผลที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพที่สุดต่อสิ่งที่มากระตุ้น



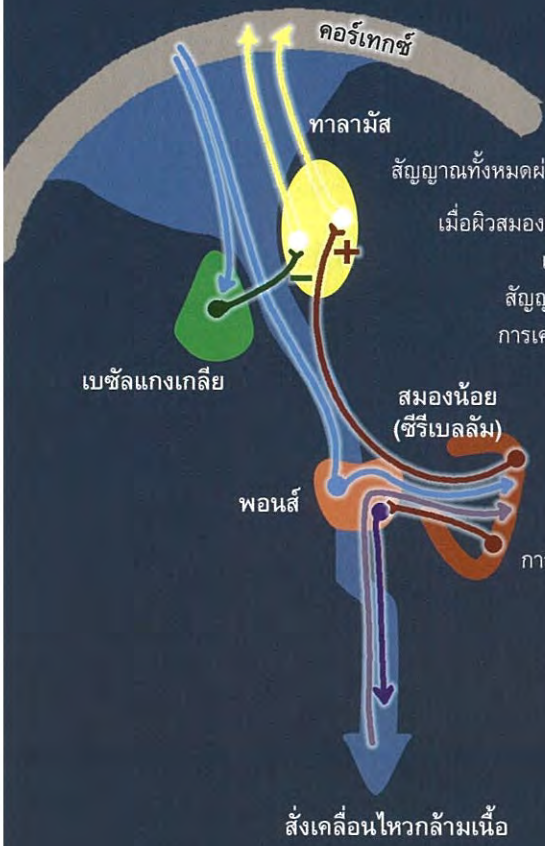
คอเดทนิวเคลียสและพูทาเมน เป็นหน้าด่านรับสัญญาณจากผิวสมอง

(คอเดทนิวเคลียสที่อยู่ตอนหน้าและนิวเคลียสแอคคัมเบนส์ รับสัญญาณจากระบบลิมบิกและส่วนพรีฟรอนทัล เซลสมองกลุ่มนี้เกี่ยวข้องกับการคิดมากกว่าการเคลื่อนไหว)

คอเดทนิวเคลียสและพูทาเมนติดต่อส่งรับข้อมูลกับซับสแตนเทียไนกรา แล้วส่งสัญญาณไปยังโกลบัสพาลิดัส

โกลบัสพาลิดัสติดต่อกับซับทาลามิกนิวเคลียส แล้วส่งสัญญาณคุมไปยังทาลามัส หรือปลดสัญญาณคุมที่มีต่อทาลามัส สัญญาณที่ผ่านไปยังผิวสมองถูกควบคุมที่ทาลามัสด้วยวิธีนี้

การเคลื่อนไหว เกี่ยวข้องกับผิวสมอง เบซัลแกงเกลีย และสมองน้อย



ผิวสมอง เบซัลแกงเกลีย และสมองน้อย ร่วมกันควบคุมการเคลื่อนไหว

ผิวสมองทำงานโดยการกระตุ้นจากสัญญาณ 2 ทางคือ
- สัญญาณจากภายนอก จากสิ่งเร้าที่แวดล้อมอยู่
- สัญญาณจากภายใน จากก้านสมอง

สัญญาณทั้งหมดผ่านทาลามัส ก่อนจะไปสู่ผิวสมอง เบซัลแกงเกลียคุมการทำงานของทาลามัสไว้

เมื่อผิวสมองต้องการเคลื่อนไหว เบซัลแกงเกลียรับสัญญาณจากผิวสมอง ทำการประมวลผลแล้วส่งไปทาลามัส ปล่อยทาลามัสออกจากการควบคุม เปิดช่องทางบนทาลามัส สัญญาณจากทาลามัสจะไปกระตุ้นผิวสมอง เฉพาะตำแหน่งการเคลื่อนไหวที่ต้องการ การเคลื่อนไหวส่วนอื่นจะไม่เกิดขึ้น เพราะเบซัลแกงเกลียยังคงคุมช่องทางดังกล่าวไว้ ทำให้สัญญาณออกจากทาลามัสไปไม่ได้

สมองน้อยทำหน้าที่ปรับการเคลื่อนไหวนั้นให้สมบูรณ์ โดยข้อมูลตำแหน่งของกล้ามเนื้อและข้อต่อต่างๆ จะส่งไปยังสมองน้อย ทำให้สมองน้อยปรับการเคลื่อนไหวให้ตรงไปยังเป้าหมายได้ โดยไม่ปัดแกว่ง

การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นสม่ำเสมอหรือมีการฝึกฝน จะมีลักษณะแบบแผนที่แน่นอน เช่น การเดิน การขึ้นลงบันได การออกลูกเซิร์ฟบนคอร์ทเทนนิส ฯลฯ

สมองน้อยช่วยให้การเคลื่อนไหวที่คุ้นชินเหล่านี้ทำได้ง่ายขึ้น ในขณะที่เบซัลแกงเกลียช่วยสร้างแบบแผน สำหรับการเคลื่อนไหวที่ไม่คุ้นชิน หรือต้องควบคุมตลอดเวลา (เช่น เริ่มหัดตีกลอง เล่นวิดีโอเกม ฯลฯ)

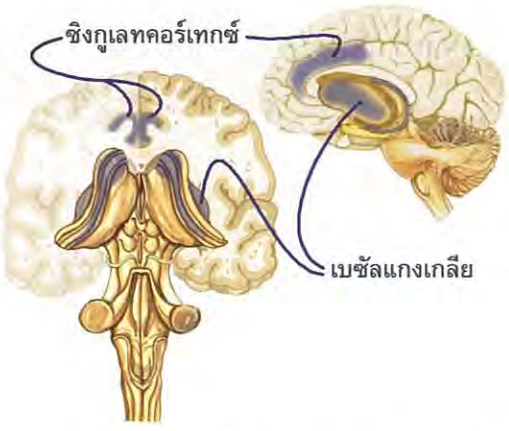
การเคลื่อนไหว เป็นสิ่งที่บอกให้รู้ว่า สัตว์มีปฏิกิริยาอย่างไรต่อสิ่งรายรอบที่แวดล้อมมันอยู่ การเคลื่อนไหวทั้งหมดก็คือ พฤติกรรม คือสิ่งที่อธิบายว่าสัตว์นั้นเป็นอย่างไร รูปร่างโครงสร้างหรืออวัยวะ เป็นเพียงอุปกรณ์ที่ช่วยให้การเคลื่อนไหวเป็นไปได้ อย่างไรก็ดี กระบวนแบบแห่งการเคลื่อนไหวและโครงสร้างอวัยวะของร่างกาย ย่อมอาศัยกันและกัน (จะบินต้องมีปีก จะว่ายน้ำให้ดีก็ต้องใช้ครีบ)

เบซัลแกงเกลียนับว่าเป็นทางผ่าน หรือที่บรรจบกันของถนนแห่งระบบควบคุมการเคลื่อนไหว ก่อนที่ผิวสมองใหญ่จะมีวิวัฒนาการขึ้นมานั้น สัตว์อาจใช้เพียงเบซัลแกงเกลีย(และสมองน้อย-cerebellum) ในการนำทางพฤติกรรมที่เหมาะสมสำหรับการมีชีวิตอยู่รอด เมื่อมีวิวัฒนาการของสมองใหญ่สำหรับความจำแห่งประสบการณ์รับรู้ในระดับสูงขึ้น และมีพัฒนาการของระบบลิมบิก ซึ่งสร้างความหมายและความซับซ้อนของอารมณ์ควบคู่ไปกับการเรียนรู้ของสมองใหญ่นั้นเบซัลแกงเกลียก็ยังคงเป็นวงจรที่ช่วยเหลือให้การเรียนรู้ทางพฤติกรรมเป็นไปได้ ประสานงานกับผิวสมองที่เกิดขึ้นใหม่และใกล้ชิดกับระบบลิมบิกมากขึ้น

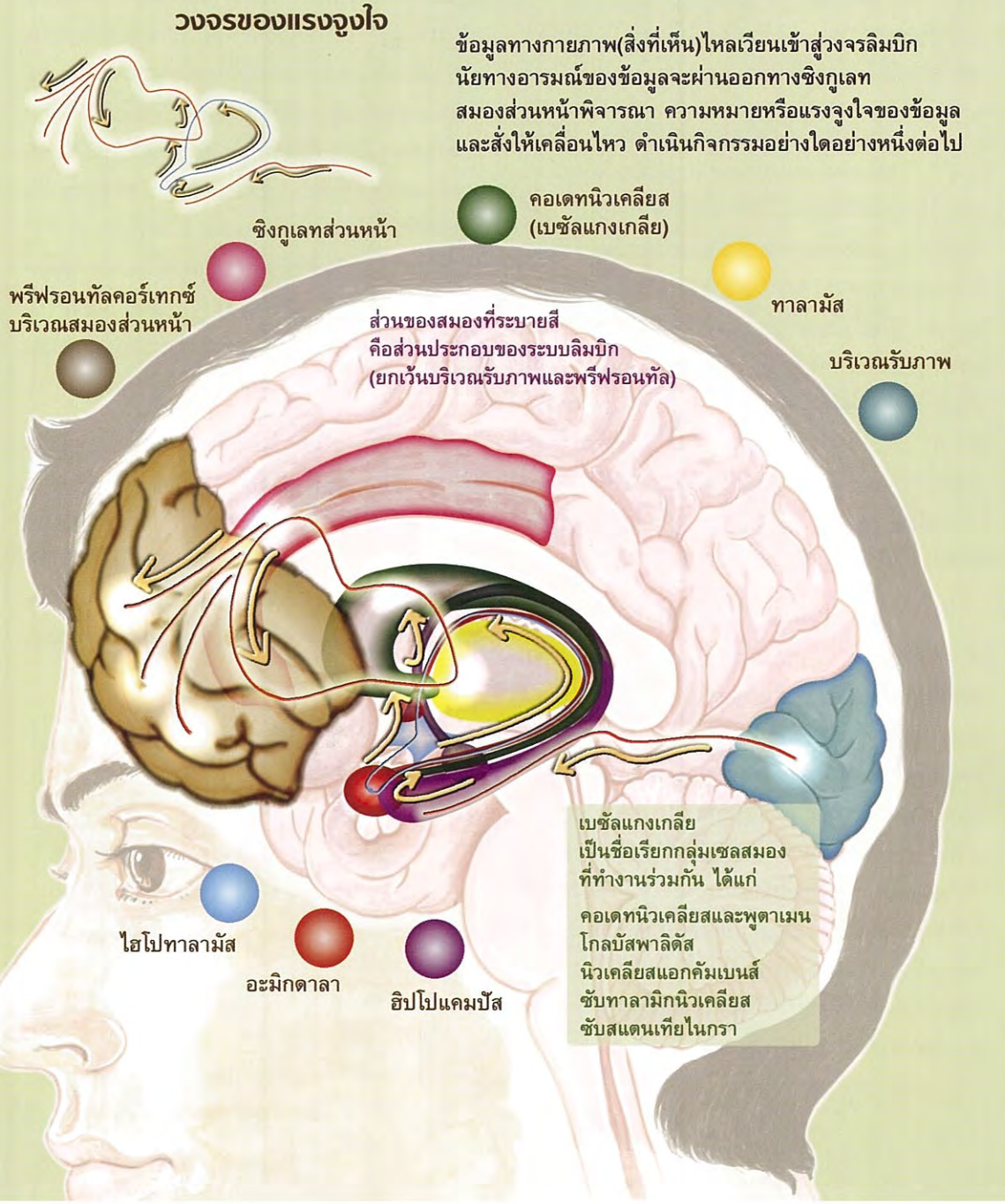
ผิวสมองที่มีหน้าที่รับรู้ คือส่วนพาไรเอทัล ส่วนขมับและส่วนหลัง ร่วมกันประมวลภาพโลกภายนอกและตำแหน่งของตัวตนท่ามกลางโลกนั้นขึ้นภายในสมอง ส่วนภาพตัวตนของเจ้าของสมองที่มีความรู้สึกนึกคิดและบทบาทที่กระทำต่อโลกต่างๆ นั้นถูกสร้างขึ้นโดยสมองส่วนหน้า ซึ่งเป็นส่วนที่กระทำ ระบบลิมบิกเกี่ยวข้องกับสิ่งที่มีความสำคัญยิ่งต่อพฤติกรรมของเจ้าของสมอง สิ่งนั้นเรียกว่า **แรงจูงใจ** หรือเหตุผลที่จะทำ ลิมบิกจะส่งสัญญาณอันมีนัยทางอารมณ์ ซึ่งจะกระตุ้นให้ผิวสมองพรีฟรอนทัลตัดสินใจสั่งการ นำไปสู่ปฏิบัติการโต้ตอบหรือมีพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่สมควรในสถานการณ์นั้นๆ

ระบบลิมบิกเป็นกลุ่มเซลสมอง ประกอบด้วย ทาลามัส(ส่วนหน้า) เบซัลแกงเกลีย อะมิกดาลา ฮิปโปแคมปัส และซิงกูเลท บทบาทของระบบลิมบิกคือประมวลภาวะภายในร่างกาย และส่งสัญญาณไปยังผิวสมองพรีฟรอนทัล เป็นการบอกบางอย่างเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ควรจะเป็น ต่อสิ่งภายนอกที่มากระตุ้นผ่านอวัยวะรับรู้ ผิวสมองพรีฟรอนทัลจะรับรู้สัญญาณภายในนี้ในลักษณะของความรู้สึกหรืออารมณ์ ซิงกูเลทเป็นส่วนของผิวสมองที่อยู่ด้านใน ในหลืบตรงกลางระหว่างสมองใหญ่ที่ประกบกันสองข้าง นับเป็นส่วนของผิวสมอง ที่เป็นรอยต่อของพัฒนาการระหว่างสมองสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมรุ่นเก่าและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสมัยใหม่ นั่นคือมันวิวัฒนาการขึ้นมาสอดคล้องกับภาระงานซึ่งเป็นเหมือนสะพานเชื่อมโครงสร้างหน้าที่ของสมองรุ่นเก่า ในการทำงานแบบเดิม กับ สมองรุ่นใหม่ ในการทำงานแบบใหม่

ซิงกูเลทและเบซัลแกงเกลีย เป็นส่วนสำคัญของระบบลิมบิก ที่จะผ่านสัญญาณไปสู่สมองพรีฟรอนทัล เพื่อให้เกิดการตอบสนองทางพฤติกรรมต่อสิ่งเร้าต่างๆ เบซัลแกงเกลียนั้นประสานการเคลื่อนไหวจากข้อมูล(เชิงกลไก)ภายใน ซิงกูเลทประสานการเคลื่อนไหวจากผลสะท้อนที่รับรู้(เชิงอารมณ์)จากสิ่งที่เกิดภายนอก



ไม่ว่าจะมีปัญหาการทำงานของเบซัลแกงเกลียก็ดี หรือซิงกูเลทก็ดี สิ่งที่เกิดขึ้นคือ บุคลิกคนคนนั้นจะเปลี่ยนไป กลายเป็น เฉยเมย เหมือนไม่รับรู้ต่อโลกภายนอก การพูด การเคลื่อนไหวน้อยลง ดูเหมือนเป็นผู้สังเกตการณ์ชีวิต มากกว่าจะเป็นเจ้าของที่จัดการชีวิตตนเอง



แรงจูงใจ

พฤติกรรมที่แสดงออก เป็นสิ่งบอกว่ามนุษย์คิดอย่างไรต่อสถานการณ์ หรือสิ่งเร้ากระตุ้นภายนอกที่มาสู่อายตนะ ถ้าพฤติกรรมนั้นตอบสนองต่อการกระตุ้นเร้าอย่างตรงไปตรงมาแล้ว สิ่งมีชีวิตก็ไม่ต่างอะไรไปจากเครื่องจักรกลไกขั้นดีที่มีระบบควบคุมตรวจจับความเปลี่ยนแปลงภายนอก แล้วป้อนกลับเพื่อปรับกลไกภายในแล้วตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงนั้น ความจริง พืชและสัตว์ชั้นต่ำดูเหมือนจะมีเพียงกลไกเช่นที่ว่านี้ สำหรับการดำรงชีวิตอยู่รอด แต่สถานการณ์ของมนุษย์ที่รู้เห็นเป็นอยู่นั้น ชี้ให้เห็นว่าการตอบสนองของมนุษย์ไม่ใช่สิ่งที่ตรงไปตรงมา เราอาจพูดว่า พฤติกรรมมนุษย์เกิดจากการคิดตัดสินใจ การคิดและตัดสินใจนี้ ที่จริงก็คือการตอบสนองทางพฤติกรรม ที่มีการคำนวณความเป็นไปได้ของความสำเร็จต่อเป้าหมาย ในสถานการณ์ที่ได้รับรู้นั้น ทั้งยังอาจกำหนดเป้าหมายใหม่ได้ตลอดเวลา

ซิงกูเลทส่วนหน้า เกี่ยวข้องกับการป้อนสัญญาณ เพื่อเป็นข้อมูลให้สมองพรีฟรอนทัลกำหนดพฤติกรรม สัญญาณนี้จะกระตุ้นให้มีการเคลื่อนไหวหรือมีพฤติกรรมต่อเป้าหมาย พร้อมกับประมวลผลข้อมูลของการเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรมนั้น เทียบเคียงกับข้อมูลที่ได้รับจากเป้าหมาย(หลังมีพฤติกรรมไปแล้ว) ผ่านมาทางระบบลิมบิก การประมวลผลนี้จะนำไปสู่การป้อนสัญญาณกระตุ้น ให้ดำเนินกิจกรรมดังกล่าวต่อหรือเปลี่ยนไปอย่างไร ขึ้นอยู่กับภาวะดุลยภาพที่เกิดขึ้นระหว่าง ภาพ(สำเนา)ของพฤติกรรมจากภายใน ที่พรีฟรอนทัลสั่งการไป ว่าตรงกันกับความคาดหมายว่าพฤติกรรมจะเกิดเช่นนั้นหรือไม่ด้านหนึ่ง กับอีกด้านหนึ่งคือ ผลที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมนั้น ตรงกันกับผลที่การคาดการณ์ไว้หรือไม่ ทั้งระบบลิมบิกและพรีฟรอนทัลดูเหมือนจะมีสะพานเชื่อมกันบนเบซัลแกงเกลียและซิงกูเลทนี้ ซิงกูเลทนำสัญญาณภายในจากระบบลิมบิกในความหมายของอารมณ์ ซึ่งเกี่ยวพันกับสัญชาตญาณความต้องการอยู่รอด มาชั่งน้ำหนักเปรียบความสำคัญกับกิจกรรมที่ออกแรงทำและผลที่ได้จากการทำนั้นตาชั่งนี้จะตรงหรือเอียง หรือมีประสิทธิภาพเพียงไร ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ของระบบลิมบิกและสมองพรีฟรอนทัลเอง โดปามีนในเบซัลแกงเกลีย ดูเหมือนมีบทบาทอยู่หลังฉากการเชื่อมโยงที่สำคัญในระบบของการทำงานนี้

(อธิบายภาพ)

ข้อมูลที่รับผ่านอวัยวะรับรู้ต่างๆ (เช่น ตา) เดินทางมาสู่สมองส่วนหลังเพื่อแปลผลเป็นภาพ แต่การรู้จักภาพไม่มีความเกี่ยวข้องอะไรกับปัญหาว่า สมองจะทำอะไรหรือไม่ ภาพมีความสำคัญต่อเมื่อมันมีข้อมูลทางอารมณ์ หรือมีนัยที่เกี่ยวพันเชื่อมโยงไปถึงความคาดหมายหรือสิ่งที่เป็นประโยชน์บางอย่างที่สอดคล้องกับการดำเนินชีวิต นั่นคือมันก่อให้เกิดความคิดอะไรบางอย่าง

ข้อมูลภาพถูกส่งเข้าไปในระบบลิมบิก นัยทางอารมณ์ถูกส่งเป็นสัญญาณ(ผ่านออกมาทางทาลามัสส่วนหน้า?) ผ่านต่อมายังเบซัลแกงเกลีย และไปสู่ซิงกูเลท ข้อมูลจะถูกประมวลบนซิงกูเลทนี้แล้วส่งไปยังสมองส่วนหน้า สมองส่วนหน้าเมื่อรับสัญญาณที่มีนัยทางอารมณ์นี้ จะถูกกระตุ้นให้มีพฤติกรรมตอบสนอง(เคลื่อนไหว-ทำอะไรหรือไม่ทำอะไรสักอย่าง)

เบซัลแกงเกลียจึงเปรียบเหมือนสวิทช์ปิดเปิด ซึ่งอาจให้สัญญาณนี้ผ่านไปยังสมองส่วนหน้าหรือไม่ก็ได้

หากเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบนี้ จะมีผลกระทบต่อพฤติกรรมซึ่งมาจากการสั่งการโดยสมองส่วนหน้า ผู้ที่มีความผิดปกติเช่นนี้อาจนั่งกลางแดดร้อนจนกระทั่งไม่สบายโดยไม่ลุกไปไหน อาจอยู่บนเตียงทั้งวันโดยไม่กินไม่ดื่มไม่ทำกิจกรรมอื่นๆ ถ้าบอกให้คนเหล่านี้ทำอะไรบางอย่าง เขาอาจโต้ตอบและทำอย่างที่บอกได้ เนื่องจากการผ่านสัญญาณเสียงเข้าไปในระบบภาษา เป็นการลัดทางจากระบบลิมบิก ความเข้าใจภาษาจะกระตุ้นให้สมองส่วนหน้ามีพฤติกรรมโต้ตอบได้เป็นพักๆ เมื่อหมดการสนทนาก็หมดการกระตุ้น หมดเหตุที่จะสั่งการพฤติกรรม (ทำอะไรๆ)ใดๆ อีกต่อไป

โดยสรุป

วิวัฒนาการของสมองใหญ่ของมนุษย์ คือศักยภาพของการเก็บข้อมูลจากการรับรู้ที่มหาศาล พร้อมพลังความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลสร้างเป็น ภาพตัวแทน (representation) ของโลกภายนอก ขึ้นมาในสมอง สมองส่วนขมับพร้อมกับฮิปโปแคมปัส มีความสำคัญในการสร้างภาพตัวแทนของเหตุการณ์ คือลำดับข้อมูลตามเวลาที่เกิดขึ้น และทำให้เกิดเสถียรภาพของวงจรเชื่อมโยง 'สิ่งที่จำได้' ทั้งหลาย พรีฟรอนทัลจัดการประสานข้อมูลบนผิวสมองทั้งหมด ส่วนใต้โครงสร้างของสมองใหญ่ คือ ทาลามัส ช่วยกรองและจัดความสำคัญของข้อมูล และอาจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การเชื่อมโยงข้อมูลที่มีความหมายบนผิวสมองเกิดขึ้น ระบบลิมบิกประมวลผลข้อมูลจากระบบประสาทอัตโนมัติซึ่งเป็นระบบดำรงชีพภายใน แปรเป็นสัญญาณแห่งอารมณ์ อันกลายเป็นแรงจูงใจ เพื่อส่งไปชี้นำพรีฟรอนทัลใน(การตัดสินใจสำหรับ)ปฏิบัติการชีวิต

การคิดคืออะไร อยู่ตรงไหนแน่ ทฤษฎีเกี่ยวกับ 'การคิด' ยังไม่ลงตัวทีเดียวนัก เป็นไปได้ว่า กระบวนแบบทำนองเดียวกับการทำงานตอบสนองทางพฤติกรรมภายนอกบนเบซัลแกงเกลีย-ซิงกูเลทนั้น จะถูกนำมาใช้ใน กระบวนการคิด เพื่อสร้างทฤษฎีหรือคำอธิบายทางนามธรรม คือจัดระบบจัดความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลต่างๆ เสียใหม่ ซึ่งก็คือการสร้างการเชื่อมโยงของร่างแหเซลสมองในรูปใหม่ การเชื่อมโยงใหม่หรือการเรียนรู้นี้ จะถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาทางรูปธรรมต่อไป การแก้ปัญหาทางรูปธรรม ก็คือการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมที่มุ่งผล หรือมีเป้าหมายให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่แลเห็นได้นั่นเอง

เราจะกล่าวว่า เบซัลแกงเกลีย-ซิงกูเลท หรือสมองส่วนใดส่วนหนึ่ง คือส่วนที่ทำงานการคิด อย่างแน่แท้ทีเดียวยังไม่ได้โดยสนิทใจนัก เพราะข้อสรุปเท่าที่ความรู้ทางสมองมีตอนนี้ มีเพียงรูปธรรมแห่งการตอบสนองหรือการเคลื่อนไหวเท่านั้นที่ตรวจสอบได้ แม้ว่าจากการทำงานของเบซัลแกงเกลีย-ซิงกูเลท เราจะยืนยันได้ว่าเบซัลแกงเกลีย-ซิงกูเลทเกี่ยวข้องมีบทบาทในการปรับพฤติกรรมการแสดงออก (เคลื่อนไหว) โดยเสนอข้อมูลเพื่อเป็นทางเลือกหรือเป็นหนทางใหม่ในการแก้ปัญหาให้แก่พรีฟรอนทัล แต่พฤติกรรมที่เป็นการคิดล้วนๆ และมิได้แสดงออกนั้นยังต้องรอการวิจัยต่อไป

นาทีแห่ง 'การเรียนรู้' 8

'เซลสมอง' คิดแบบไหน ความรู้ทางสรีรวิทยาเกี่ยวกับ เซลสมองและวงจรเชื่อมโยงเซลสมอง

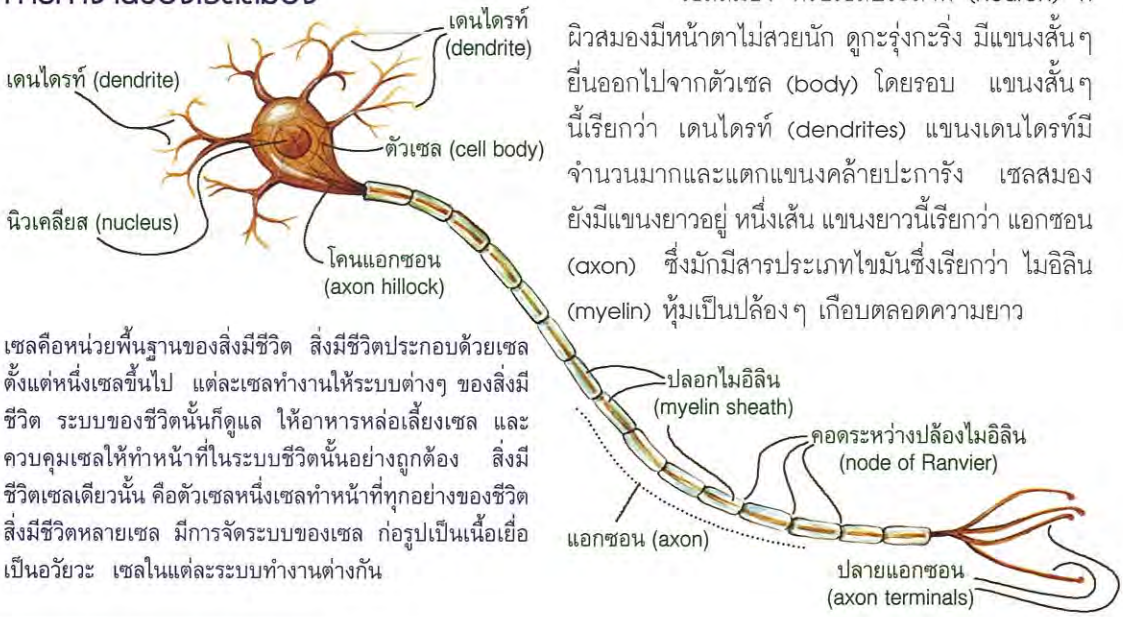
'สมอง' ของคนเราต่างกันเพราะอะไรหรือ

บางคนอาจคิดว่า ความแตกต่างกันนี้คงมาจากยีนส์ หรือพันธุกรรมที่ตกทอดมาจากบรรพบุรุษเป็นสำคัญ แต่การค้นคว้าด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ก็ดี การศึกษาสมองของมนุษย์ก็ดี กำลังอธิบายว่ายีนส์หรือพันธุกรรมเป็นเพียงส่วนหนึ่งทางกายภาพ ที่กำหนดลักษณะพื้นฐานของสมองเท่านั้น

สมองจะเป็นอย่างไร ยังขึ้นอยู่กับว่ากลุ่มเซลในโครงสร้างของสมอง มีการพัฒนาเชื่อมโยงกันอย่างไร การพัฒนาเชื่อมโยงกันของวงจรร่างแหเซลสมองนั้น เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ของคนเรากับสิ่งแวดล้อม ซึ่งก็คือประสบการณ์ชีวิต ดังนั้น ประสบการณ์ชีวิตนั่นแหละ เป็นตัวกำหนดลักษณะการพัฒนาเชื่อมโยงกัน ของวงจรร่างแหของเซลสมอง วงจรร่างแหของเซลสมองที่พัฒนาขึ้นจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมนี่แหละ คือสิ่งที่เรียกว่า การเรียนรู้ (learning)

(บทนี้เป็นอีกบทหนึ่งที่มีคำศัพท์และข้อมูลที่อาจไม่คุ้นเคย ความเข้าใจในเนื้อหาบทที่ 6, 7 และความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ จะช่วยให้เกิดความเข้าใจในบทนี้ได้ง่ายขึ้น ข้อมูลในบทนี้อาจนับเป็นความรู้พื้นฐานของกลไกการทำงานของสมอง อย่างไรก็ดี เนื้อหาส่วนใหญ่ในบทอื่นหลังจากนี้ไปเป็นเรื่องความเข้าใจทั่วไป ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลในบทนี้ ข้อมูลในบทนี้เป็นเพียงเหตุผลพื้นฐานสนับสนุนการประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับสมอง ดังนั้น ผู้อ่านอาจข้ามบทนี้ไปยังบทอื่นที่สนใจก่อนได้)

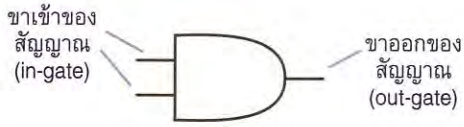
การทำงานของเซลสมอง



เซลสมอง หรือเซลประสาท (neuron) ที่ผิวสมองมีหน้าตาไม่สวยนัก ดูกะรุ่งกะริ่ง มีแขนงสั้นๆ ยื่นออกไปจากตัวเซล (body) โดยรอบ แขนงสั้นๆ นี้เรียกว่า เดนไดรท์ (dendrites) แขนงเดนไดรท์มีจำนวนมากและแตกแขนงคล้ายปะการัง เซลสมองยังมีแขนงยาวอยู่ หนึ่งเส้น แขนงยาวนี้เรียกว่า แอกซอน (axon) ซึ่งมักมีสารประเภทไขมันซึ่งเรียกว่า ไมอิลิน (myelin) หุ้มเป็นปล้องๆ เกือบตลอดความยาว

เซลคือหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเซลตั้งแต่หนึ่งเซลขึ้นไป แต่ละเซลทำงานให้ระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ระบบของชีวิตนั้นก็ดูแล ให้อาหารหล่อเลี้ยงเซล และควบคุมเซลให้ทำหน้าที่ในระบบชีวิตนั้นอย่างถูกต้อง สิ่งมีชีวิตเซลเดียวนั้น คือตัวเซลหนึ่งเซลทำหน้าที่ทุกอย่างของชีวิต สิ่งมีชีวิตหลายเซล มีการจัดระบบของเซล ก่อรูปเป็นเนื้อเยื่อเป็นอวัยวะ เซลในแต่ละระบบทำงานต่างกัน

การทำงานของโลจิกเกท

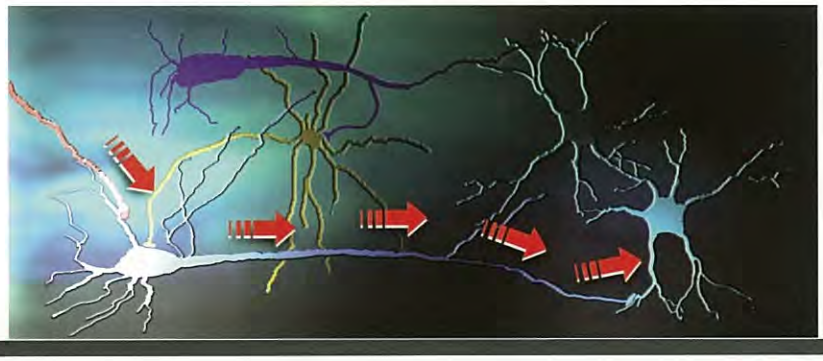


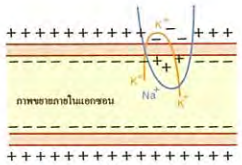
โลจิกเกท (logic gate) เป็นสัญลักษณ์ใช้เขียนแทนวงจรสัญญาณไฟฟ้า มีทางเข้าของสัญญาณสองขา และทางออกของสัญญาณหนึ่งขา ไฟฟ้าจากวงจรโลจิกเกทนี้ไม่ได้ใช้จ่ายไฟให้กับหลอดไฟหม้อหุงข้าวหรือเตารีด สัญญาณไฟฟ้า คือการเปลี่ยนแปลง(ตามหน่วยวัดแรงเคลื่อน)ไฟฟ้าขึ้นๆ ลงๆ ไฟฟ้าในวงจรสัญญาณมีค่าศักย์ไฟฟ้า(แรงเคลื่อนไฟฟ้า)น้อยมาก ไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณนี้นำไปใช้ประโยชน์เช่นใช้ในระบบคอมพิวเตอร์

หน่วยประมวลผลคอมพิวเตอร์(CPU) ประกอบด้วยโลจิกเกทจำนวนมากทำงานร่วมกัน โลจิกเกท(logic gate) คือสัญลักษณ์แทนหน่วยตรรกะพื้นฐาน(หรือวงจรที่ทำการคิด)ของคอมพิวเตอร์ เราใช้โลจิกเกทเขียนแสดงการทำงานของวงจรไฟฟ้าในหน่วยประมวลผลนั้น วงจรไฟฟ้าในโลจิกเกทนี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือสามารถบังคับให้สัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงได้ตามที่กำหนดไว้ การบังคับสัญญาณให้เปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นไปตามกฎเกณฑ์ ระบบกฎเกณฑ์นี้เรียกว่า ตรรกะของบูลีนหรือพีชคณิตบูลีน (Boolean Algebra) วงจรโลจิกเกทใช้งานเป็นทางเดินสัญญาณ สร้างและควบคุมดัดแปลงสัญญาณไฟฟ้า ต่างจากวงจรไฟฟ้าตามบ้านซึ่งใช้งานเป็นทางเดินกระแสไฟฟ้าซึ่งทำให้หลอดไฟติดสว่าง หม้อหุงข้าวทำงานได้ พัดลมหมุน อุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวใช้ประโยชน์จากไฟฟ้าทั้งในเรื่องของกระแสไฟฟ้า และสัญญาณไฟฟ้า เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์

วงจรโลจิกเกทประกอบด้วย หน่วยโลจิกเกทจำนวนมาก ไม่ใช่สร้างขึ้นโดยการเดินสายไฟ แต่สร้างจากการประกบสารกึ่งตัวนำเข้าด้วยกันเป็นชั้นๆ และให้กระแสไฟฟ้าเดินไปผ่านสารกึ่งตัวนำเหล่านั้น ไอซีทั้งหลายก็คืออุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำขึ้น เพื่อให้เป็นวงจรโลจิกเกทที่ต้องการ

เซลสมองทำหน้าที่พิเศษอยู่ในสมอง การทำงานของเซลสมองก็คือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังเซล จนเกิดสัญญาณไฟฟ้า แล้วบังคับทิศทางให้เกิดคลื่นสัญญาณนี้ขึ้นต่อเนื่องกันไป ผ่านแขนงแอกซอน เดนไดรท์และตัวเซลสมองต่อ ๆ กันไป เซลสมองหลายเซลทำงานร่วมกันจึงบังคับการไหลเวียนของคลื่นนี้ได้ คลื่นนี้เป็นศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าที่ผนังเซล เป็นสัญญาณไฟฟ้าอ่อน ๆ คือมีค่าไฟฟ้าต่ำ มีการเปลี่ยนแปลงค่าขึ้นลง เป็นคลื่นกระเพื่อมอยู่ในวงจรของเซลสมองที่ติดต่อกัน มักเรียกกันว่า สัญญาณประสาท หรือ กระแสประสาท

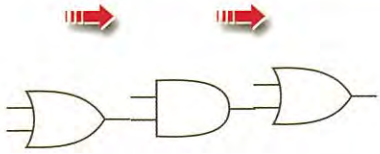




ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าออกผ่านผนังเซล ทำให้เกิดคลื่นสัญญาณไฟฟ้าแอกชันโพเทนเชียล วิ่งไปตามแขนงแอกซอน



ขาสองขาคือ ทางเข้าของสัญญาณ เมื่อผ่านเข้าไปในโลจิกเกท ตัวโลจิกเกทจะสร้างสัญญาณออกทางขาออกหนึ่งสัญญาณ สัญญาณออกนี้จะไปป้อนเข้าสู่ขาเข้าของโลจิกเกทตัวอื่น สัญญาณในวงจรโลจิกนี้มีสองค่า คือ สัญญาณที่มีค่าไฟฟ้าประมาณ 3 โวลท์เป็นสัญญาณไฟสูง(แทนด้วยเลข 1) สัญญาณที่มีค่าไฟฟ้า 0.5 โวลท์เป็นสัญญาณไฟต่ำ(0)

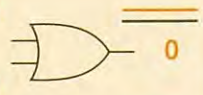


การบังคับควบคุม สัญญาณเป็นไปตามกฎที่เรียกว่า พีชคณิตของบูลีน จะเห็นได้ว่าสัญญาณขาออกขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณขาเข้าเป็นแบบใด

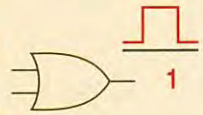
โลจิกเกทพื้นฐานมี 3 ชนิด
ตัวอย่างด้านขวานี้เป็น เกทออร์ (or gate)
ผลลัพธ์ของสัญญาณ ได้จากการคำนวณตามพีชคณิตบูลีน โดยใช้ operator 'or' ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ +
เลข 0 ใช้แทน ค่าไฟฟ้าของสัญญาณต่ำ
เลข 1 ใช้แทน ค่าไฟฟ้าของสัญญาณสูง

การคำนวณโดยใช้กฎของบูลินต่างไปจากกฎการคำนวณของเลขจำนวนเต็ม ถึงแม้จะใช้ตัวเลข 0 และ 1 แต่ไม่ได้หมายถึงปริมาณหรือจำนวนนับ อย่างในระบบเลข ตัวคำนวณหรือ operator ก็มีความหมายที่ต่างออกไปเช่นกัน

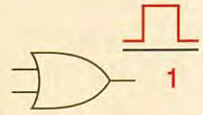
ถ้าสัญญาณเข้าเป็น 0 และ 0 → 0
สัญญาณออกจะเป็น 0
นั่นคือ 0 + 0 = 0 → 0

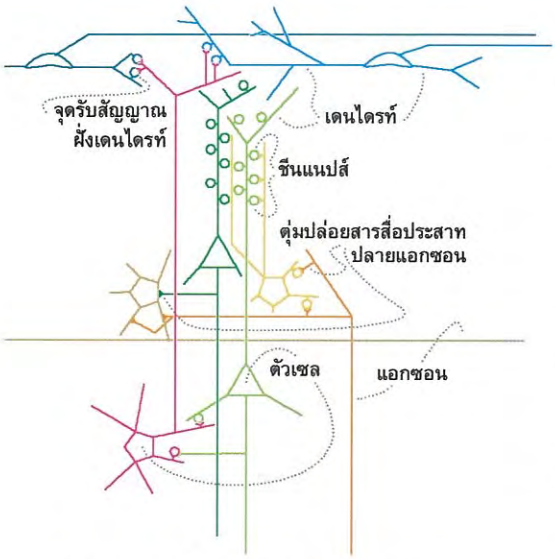


ถ้าสัญญาณเข้าเป็น 1 และ 0 → 0
สัญญาณออกจะเป็น 1
นั่นคือ 1 + 0 = 1 → 1



ถ้าสัญญาณเข้าเป็น 0 และ 1 → 1
สัญญาณออกจะเป็น 1
นั่นคือ 0 + 1 = 1 → 0





ผังจำลองวงจรที่ทำงานติดต่อกันของเซลสมอง
บริเวณผิวสมองที่ทำหน้าที่รับภาพ

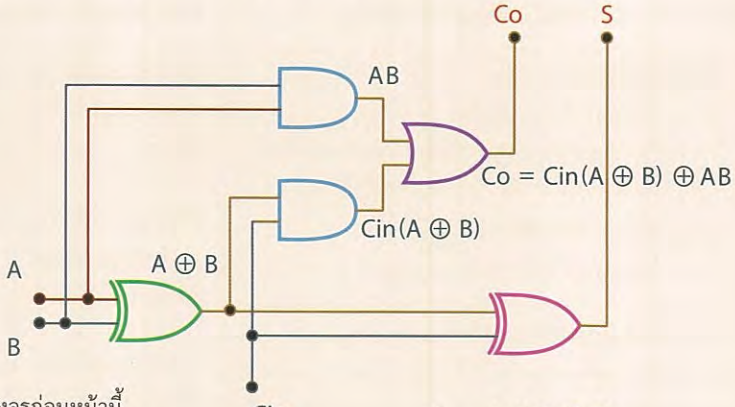
สัญญาณประสาทวิ่งไปในทิศทางเดียวคือ เริ่มมาจากแขนงเดนไดรท์ ผ่านตัวเซล แล้วออกไปทางแอกซอน ปลายแอกซอนจุดที่ส่งออกสัญญาณ จะมีเดนไดรท์ของเซลสมองตัวอื่นรับทอดสัญญาณต่อ เซลสมองตัวรับนี้อาจมีสัญญาณรับมาจากแอกซอนอื่นมากกว่าหนึ่งก็ได้ การส่งสัญญาณออกก็เช่นกัน แอกซอนอาจมีกิ่งแขนงหรือปลายที่แตกแขนง ออกไปจ่อกับเดนไดรท์ของเซลอื่นได้เป็นจำนวนมาก จุดที่ปลายแอกซอนและเดนไดรท์มาจ่อกันอยู่เรียกว่า ซีนแนปส์ synapse เซลสมองตัวที่รับสัญญาณมาแล้ว อาจจะส่งต่อสัญญาณไปหรือไม่ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย

การเชื่อมต่อโลจิกเกทให้ทำงานเป็นวงจรบวกเลขฐานสอง (Full adder)

S (ผลบวก) = A + B + Cin (ตัวทดมา)
Co (ทดไป) = Cin (A + B) + AB

เพื่อให้เข้าใจง่ายๆ วงจรนี้ทำงานดังนี้คือ

ถ้า A = 0, B = 0	ได้ S = 0	คือ 0 + 0	= 0 0
ถ้ามีตัวทดเข้า Cin = 1	ได้ S = 1	คือ 0 + 0 + (ทดมา) 1	= 0 1
ถ้า A = 1, B = 1	ได้ S = 0 ทด Co 1	คือ 1 + 1	= 1 0
ถ้ามีตัวทดเข้า Cin = 1	ได้ S = 1 ทด Co 1	คือ 1 + 1 + (ทดมา) 1	= 1 1

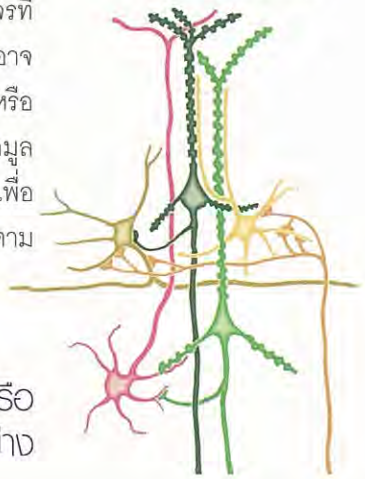


A = เลขฐานสองตัวที่ 1
B = เลขฐานสองตัวที่ 2
S = ผลบวก
Cin = carry in คือ ตัวทดฝากมาจากวงจรก่อนหน้านี้
Co = carry out คือ ทดไปวงจรอื่น

S = A ⊕ B ⊕ Cin
Co = Cin(A ⊕ B) ⊕ AB

เซลสมองหนึ่งเซล มีแขนงขาเข้าคือเดนไดรท์นับไม่ถ้วน และแอกซอนอาจส่งแขนงออกไปจำนวนมากเช่นกัน จุดต่อสัญญาณที่มีมากมายมหาศาลภายในวงจร ทำให้ผลลัพธ์สัญญาณทางออกอาจเป็นไปได้หลากหลาย และทำให้เกิดทางเดินของสัญญาณที่เป็นไปได้หลายแบบ ทางเดินของสัญญาณก็คือวงจรที่เกิดขึ้นชั่วขณะที่มีกระแสประสาทไหลอยู่ในวงจร วงจรสัญญาณแต่ละแบบนั้นอาจเป็นข้อมูลในสมองข้อมูลหนึ่ง หรืออาจทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณของวงจรอื่น หรือสั่งงานบางอย่าง วงจรร่างแหของเซลสมองบางวงจรทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลทางสัญญาณขาเข้า แล้วส่งข้อมูลทางสัญญาณขาออก ไปเป็นคำสั่งหรือข้อมูลเพื่อปฏิบัติการสำหรับวงจรอื่นๆ หรือควบคุมอวัยวะ เช่น แขนขาให้เคลื่อนไหวไปตามที่สมองสั่งการ

ภาพวาดจำลองวงจรที่ทำงานติดต่อกันของเซลสมองบริเวณผิวสมองที่ทำหน้าที่รับภาพ

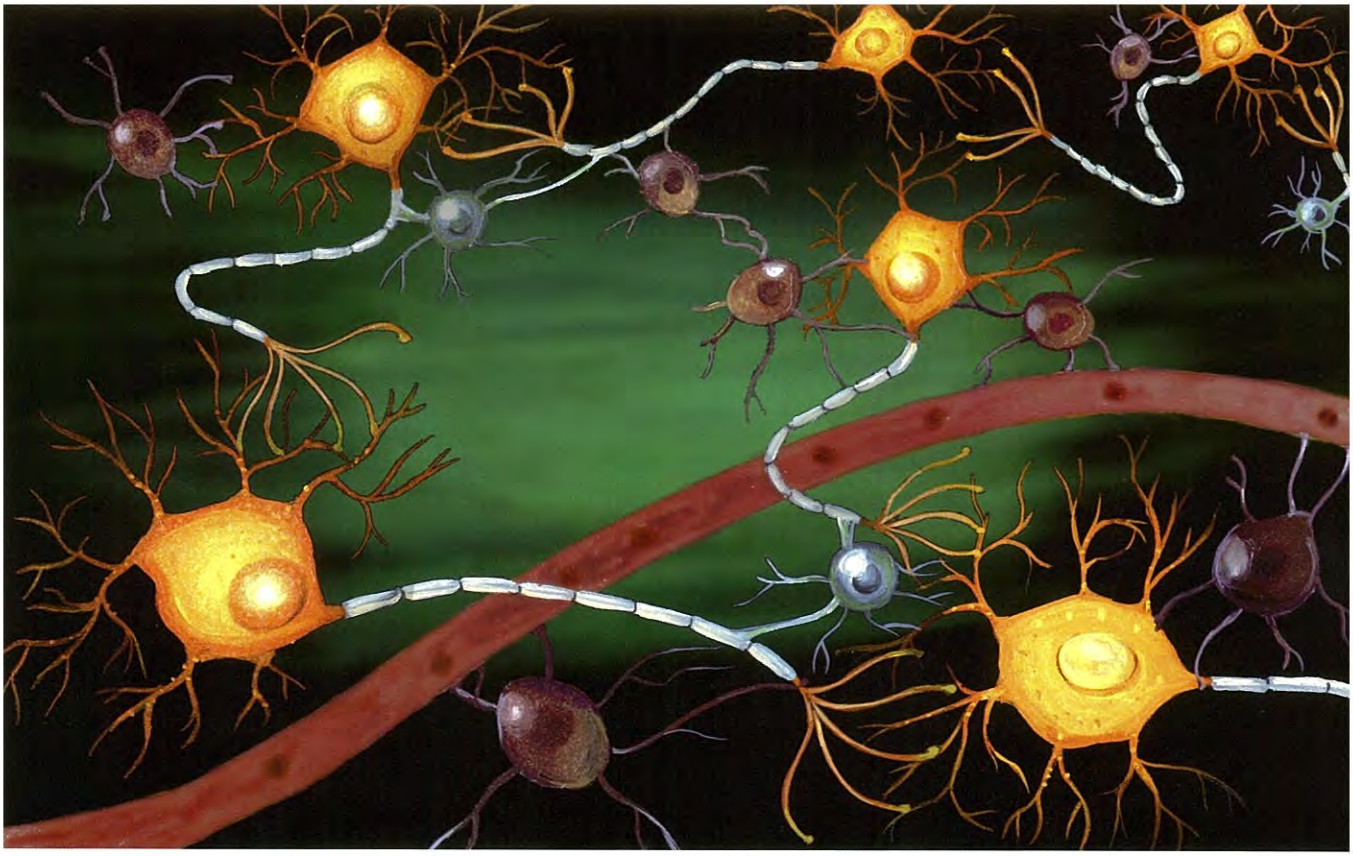


วงจรสัญญาณแต่ละแบบนั้น อาจเป็นข้อมูลในสมองข้อมูลหนึ่ง หรือทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณของวงจรอื่น หรือสั่งงานบางอย่าง

เนื่องจาก เลข 0 และ 1 ที่ใช้แทนค่าสัญญาณในวงจรโลจิก สามารถแทนปริมาณที่ใช้ในระบบนับเลขฐานสอง จึงมีการดัดแปลงวงจรโลจิกนี้ให้สามารถคำนวณเลขในระบบฐานสอง

ภาพสัญลักษณ์วงจรด้านซ้ายมือนี้ เรียกว่า วงจรโลจิกเกท สำหรับคำนวณการบวกเลขฐานสอง แสดงไว้เพื่อให้เห็นว่า การประกอบวงจรที่ใช้งานจริงๆ เป็นอย่างไร อุปกรณ์ใช้งานที่มีวงจรโลจิกเกททำงานอยู่ภายใน ได้แก่ ไอซี (IC) หรือชิปวงจรรวม ที่ใช้ในเครื่องคิดเลข ซึ่งมีวงจรแบบนี้นับร้อยวงจร รวมทั้งวงจรแบบอื่นๆ ซึ่งเมื่อทำงานร่วมกันแล้วก็ใช้คิดเลขได้ โดยแปลงเลขธรรมดาเป็นเลขฐานสอง ทำการบวกเลข แล้วแปลงผลลัพธ์กลับเป็นเลขธรรมดา เป็นคำตอบในที่สุด

การนำวงจรโลจิกเกท มาต่อกันหลายๆ วงจร ทำให้สามารถประมวลผลเมื่อให้สัญญาณขาเข้าที่กำหนด ก็จะให้สัญญาณทางออกที่แน่นอนได้ วงจรแบบนี้มีนับพันวงจรในเครื่องคิดเลขธรรมดาๆ ทำให้สามารถป้อนตัวเลขเข้าไปแล้วได้ผลลัพธ์ของการบวกลบคูณหารออกมา ในหน่วยประมวลผลหรือซีพียูของคอมพิวเตอร์ทั่วไปนั้น ประกอบขึ้นจากวงจรเหล่านี้นับล้านวงจร วงจรแบบนี้ถูกนำไปใช้ในอีกลักษณะหนึ่ง เช่น ที่อยู่ในหน่วยความจำ (RAM) ของคอมพิวเตอร์ หรือแฟลชไดรว์ (flash drive-handy drive) สถานะของวงจรสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นในอุปกรณ์เช่นนั้น ก็คือข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้



โลจิกเกท-คอมพิวเตอร์

1. รับสัญญาณเข้า -ผ่านขาทางเข้า (อินเกท)
2. ประมวลสัญญาณในตัวโลจิกเกท (ใช้คุณสมบัติสารกึ่งตัวนำเป็นกลไกกำเนิดสัญญาณออก สัญญาณออกเป็นแบบไหนขึ้นอยู่กับสัญญาณเข้าและคุณสมบัติกึ่งตัวนำที่ทำโลจิกเกท)
3. ส่งสัญญาณออก -ผ่านขาทางออก (เอาท์เกท)
4. สัญญาณต่างๆ อยู่ในรูปคลื่นศักย์ไฟฟ้า -เกิดจากคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำ เดินทางเร็วเท่ากับแสง
5. ต้องใช้ไฟฟ้าทำงาน
6. ใช้วงจรโลจิกเกทจำนวนมากมายทำงานร่วมกัน โดยออกแบบวงจรไว้แน่นอนตายตัว มีกระบวนการทำงานเป็นขั้นตอน กล่าวคือ ต้องใช้โปรแกรมหรือคำสั่งงานที่เป็น "ภาษาเครื่อง" ที่ "เขียนขึ้น" เฉพาะวงจรที่ออกแบบมานี้เท่านั้น วงจรจึงจะทำงานได้

เซลสมอง-วงจรเซลสมอง

1. รับสัญญาณเข้า -ผ่านเดนไดรท์
2. สัญญาณออกเป็นแบบไหนขึ้นอยู่กับผลรวมของศักย์ไฟฟ้าอันเกิดจากประจุไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงบนผนังเซล ณ จุดที่เรียกว่าแอกซอนฮิลลอก บนตัวเซลบริเวณโคนแอกซอน
3. ส่งสัญญาณออก -ผ่านแอกซอน
4. สัญญาณอยู่ในรูปคลื่นศักย์ไฟฟ้า -เกิดจากกระบวนการทางชีวเคมีทำให้ประจุไฟฟ้าบนผนังเซลเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลง เกิดขึ้นที่จุดหนึ่งแล้วลามต่อไปเป็นทอดๆ คลื่นการเปลี่ยนแปลง เดินทางช้ากว่าแสงมาก
5. ต้องใช้พลังงาน -เผาผลาญกลูโคส โดยใช้ออกซิเจน
6. มีการสร้างร่างแหของวงจรที่ซับซ้อน เซลสมองหนึ่งเซลรับสัญญาณเข้า-ส่งสัญญาณออก ติดต่อไปยังเซลอื่นๆ จำนวน 1,000-10,000 เซล ผ่านจุดซีนแนปส์ (synapse) จำนวนเซลสมองมีประมาณ 1 แสนล้านเซล สานกันเป็นวงจรร่างแหซึ่งปรับตัวตามข้อมูลที่รับเข้ามา การติดต่อระหว่างเซลเปลี่ยนแปลง โดยการเพิ่มหรือลดซีนแนปส์ ตลอดช่วงอายุขัยของชีวิตมนุษย์

ร่างแหวงจรของเซลสมอง กับ ซีพียูของคอมพิวเตอร์

เรารู้ว่า ไฟฟ้าทำให้หุงข้าวในหม้อไฟฟ้าได้ ทำให้พัดลมหมุน และพอจะรู้ว่ามันทำได้อย่างไร แต่ไฟฟ้าในรูปของสัญญาณไฟฟ้ายังทำสิ่งที่อัศจรรย์กว่านั้นอีก สัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเก็บและค้นหาข้อมูลภาพตัวเลขตัวหนังสือ บันทึกเสียง อ่านออกเสียง คิดเลข เล่นเกมแข่งกับเราได้ เราอาจไม่คุ้นกับการทำงานของซีพียูคอมพิวเตอร์นัก แต่ก็คงรู้ว่าประดิษฐกรรมเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น โทรศัพท์ วิทยุโทรทัศน์ เอ็มพี-3 เตาไมโครเวฟ ฯลฯ ทั้งหลายเหล่านี้ ล้วนทำงานด้วยสัญญาณไฟฟ้าทั้งสิ้น

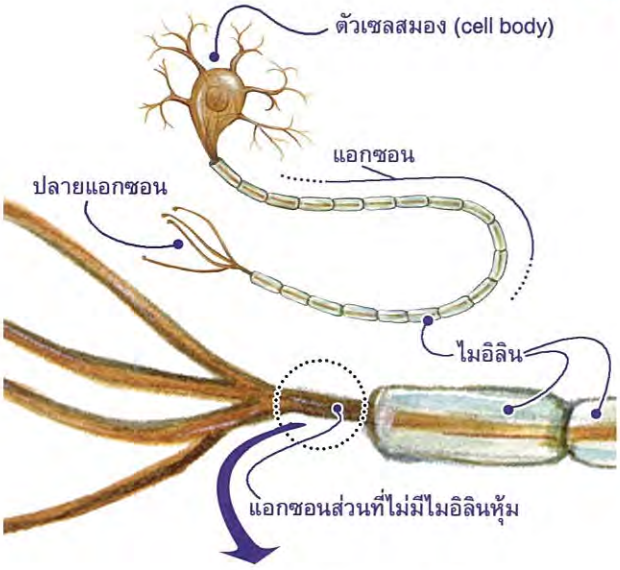
ถ้าสัญญาณไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์สามารถทำสิ่งอัศจรรย์ได้ สัญญาณไฟฟ้าที่วิ่งอยู่บนร่างแหวงจรเซลสมองในหัวเรา ยิ่งทำสิ่งที่มหัศจรรย์กว่า นั่นคือ ทำให้ คนเรารับรู้ เรียนรู้ รู้จักสิ่งต่างๆ จำ คิด มีอารมณ์ ทำสิ่งต่างๆ มีบุคลิกต่างๆ ฯลฯ

ถ้าสงสัยว่าจะมีอย่างอื่นในหัวเราหรือเปล่านอกจากสัญญาณไฟฟ้านี้แล้ว คงตอบได้เพียงว่า เท่าที่วิทยาศาสตร์ได้ค้นคว้าตรวจสอบทดลองเกี่ยวกับสมองนั้น ไม่มีสิ่งอื่นภายในสมอง นอกจาก **สัญญาณไฟฟ้า** ที่ผ่าน **เซลสมอง แอกซอน เดนไดรท์ จุดต่อสัญญาณ(ซีนแนปส์)** และ**สารสื่อประสาทซึ่งส่งผ่านสัญญาณที่จุดต่อสัญญาณนี้** ที่ทำให้ คนเรารับรู้ เรียนรู้ จำ คิด มีอารมณ์ มีบุคลิก ฯลฯ

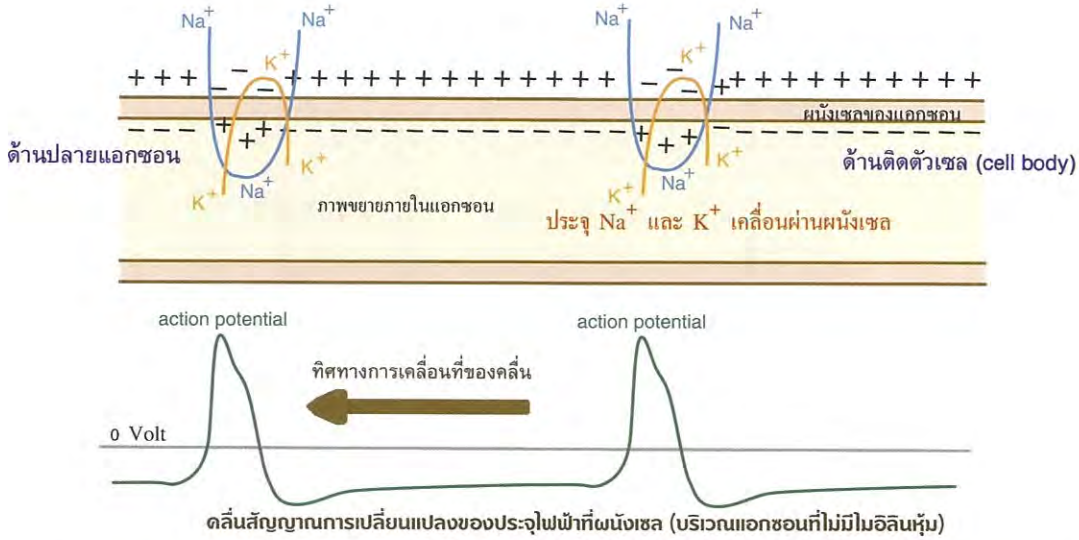
ดังนั้น การเรียนรู้ หรือ **'นาทีแห่งการเรียนรู้' โดยเนื้อแท้แล้วก็คือ การทำงานของเซลสมองในการส่งผ่านสัญญาณประสาทไปในร่างแหวงจรของเซลสมองทั้งหลาย การเชื่อมโยงระหว่างเซลที่จุดซีนแนปส์คือจุดที่แอกซอนจ่อเดนไดรท์อยู่เป็นตัวกำหนดรูปแบบของวงจร หรือ การเรียนรู้ที่เกิดขึ้น**

มีรายละเอียดที่สำคัญอีกบางประการ ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจและเหตุผลที่ว่า ทำไมช่วงอายุต่างๆ ของคนเราและสภาพแวดล้อมต่างๆ จึงมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ หรือ การคิดและการจำ รวมถึงความสามารถในการฟังการพูดและการกระทำต่างๆ ด้วย ทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกับ แอกซอน ซีนแนปส์ ตัวเซล และเดนไดรท์ อันเป็นเส้นวงจรทางเดินของสัญญาณไฟฟ้า แห่งการเรียนรู้นี้

แอกซอน ไมอิลิน (myelin) กับความเร็วของสมอง



เซลสมองมีลักษณะพิเศษคือ ผนังเซลของมันมีความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของประจุไฟฟ้า (ได้แก่ K^+, Na^+) ที่อยู่ในสารละลายทั้งภายในเซลและภายนอกที่อยู่รอบตัวเซล การผ่านเข้าออกของประจุไฟฟ้าเริ่มที่จุดหนึ่งบนตัวเซลบริเวณโคนของแขนงแอกซอน(axon hillock) แล้วเกิดปฏิกิริยาเป็นลูกโซ่ มีการเคลื่อนผ่านเข้าออกของประจุ ต่อเนื่องไปตลอดสายของแอกซอน ผลของการผ่านเข้าออกของประจุ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่ผนังเซล เกิดลูกคลื่นของสัญญาณไฟฟ้าวิ่งจากโคนแอกซอนไปยังปลายใยประสาท นี่คือการเดินทางของสัญญาณข้อมูลในระบบประสาท



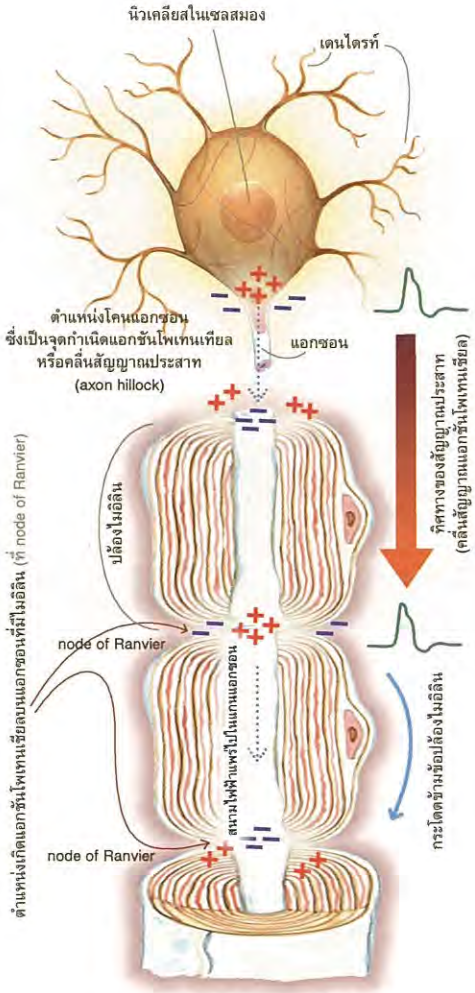
คลื่นสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าที่ผนังเซล (บริเวณแอกซอนที่ไม่มีไมอิลินหุ้ม)

เซลเปรียบเสมือนถุงของสารละลาย มีผนังเซลกั้นระหว่างสารละลายนอกเซลกับในเซล ภายในเซลสมองมีสารละลายและส่วนประกอบอื่นๆ ของเซลอยู่ นอกเซลก็มีสารละลายอยู่แต่ต่างชนิดกัน สารละลายต่างชนิดกันมีมวลประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสารละลายไม่เหมือนกันและไม่เท่ากัน ระหว่างนอกเซลกับในเซลมีผนังเซลกั้น ปกติผนังเซลจะกั้นไม่ให้มีการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าระหว่างนอกเซลและในเซลโดยอิสระ เมื่อใดที่ผนังเซลจุดหนึ่งเปิดประตูที่กั้นไว้ ประจุไฟฟ้าจะเคลื่อนผ่านผนังเซลบริเวณนั้นโดยอิสระ เกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าที่ผนังเซล ทำให้เกิดความต่างศักย์บนผนังเซล ซึ่งเรียกว่า **แอกชันโพเทนเชียล(action potential)** เมื่อเกิดแอกชันโพเทนเชียล ขึ้นบริเวณหนึ่ง จะชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้า และเปิดประตูที่ผนังเซลในบริเวณถัดไป ถ้าไม่มีไมอิลิน ก็จะเกิดการถ่ายเทประจุที่ผนังเซลบริเวณถัดไปใกล้ๆ คลื่นการเปลี่ยนแปลงจะทยอยลามต่อเนื่องไป

ปล้องไมอิลินที่หุ้มแอกซอนอยู่ จะทำให้การถ่ายเทประจุ เกิดขึ้นเฉพาะที่คอดระหว่างปล้อง ดังนั้น แทนที่จะมีการผ่านเข้าออกของประจุต่อเนื่องกันไป จะกลายเป็นว่า เมื่อการถ่ายเทประจุเกิดขึ้นที่คอดปล้องไมอิลินจุดหนึ่ง ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดการถ่ายเทประจุขึ้นที่จุดคอดปล้องไมอิลินถัดไป เป็นผลให้สัญญาณไฟฟ้าไปได้ไกลมากขึ้นในระยะเวลาเท่าเดิม (แทนที่จะเดินไปเรื่อยๆ กลายเป็นกระโดดข้ามปล้องไมอิลินไป)

ไมอิลินทำให้สัญญาณข้อมูลในระบบประสาทเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ในเวลา 1/1,000 วินาที แอกซอนที่ไม่มีไมอิลินจะนำสัญญาณได้ไกล 0.5 มม. (แอกซอนพวกนี้จะติดต่อระหว่างเซลสมองที่อยู่ใกล้ๆ กัน) แอกซอนที่มีไมอิลินจะนำสัญญาณได้ไกลมากกว่า 50 มม. มากกว่าแอกซอนที่ไม่มีไมอิลิน 100 เท่า เนื้อเยื่อสีขาวในสมองก็คือมัดกลุ่มของแอกซอนจำพวกนี้ ซึ่งเชื่อมโยงติดต่อระหว่างเซลสมองด้วยกัน ส่วนเส้นประสาทก็คือมัดแอกซอนที่เราเห็น โยงออกมาจากสมองหรือไขสันหลังไปยังอวัยวะต่างๆ ทั่วร่างกาย

อายุวัยของสมองเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของโครงสร้างสมอง ในเด็กแอกซอนของเซลสมองส่วนใหญ่ยังไม่มีไมอิลิน ไมอิลินที่สร้างขึ้นภายหลัง ทำให้เซลสมองส่งผ่านข้อมูลได้เร็วขึ้น ความเร็วในการส่งข้อมูล เป็นสิ่งจำเป็นมากในกระบวนการเรียนรู้ (ทำนองเดียวกับคอมพิวเตอร์ที่เร็วจึงจะเหมาะต่อการใช้งาน) ไมอิลินจะค่อยๆ เกิดขึ้นคลุมแอกซอนตามอายุของเด็กที่เพิ่มขึ้น ทำให้วงจรเซลสมองทำงานเร็วขึ้น



ไมอิลินเป็นฉนวน กั้นผนังเซลที่อยู่ใกล้ๆ ไม่ให้ถ่ายเทประจุได้ ความต่างศักย์ไฟฟ้าจึงแผ่จากจุดที่เกิดถ่ายเทประจุแล้ว ไปตามสายใยแอกซอน เมื่อถึงคอดปล้องที่ไม่มีฉนวนไมอิลินกั้นอยู่ จึงเกิดการถ่ายเทประจุที่ผนังเซลขึ้น เกิดแอกชันโพเทนเชียลขึ้นใหม่ ณ จุดที่ห่างไปจากเดิม ความต่างศักย์ที่แผ่ไปในสายใยแอกซอนนั้น มีความเร็วเทียบกับความเร็วของกระแสไฟฟ้า(หรือความเร็วแสง) จึงทำให้สัญญาณเดินทางไปตามแอกซอนได้เร็วขึ้น(ในช่วงปล้องไมอิลินนั้น)

ในเด็กแรกเกิด แอกซอนของเซลสมองส่วนใหญ่ยังไม่มีไมอิลิน การสร้างไมอิลินทำให้เซลสมองส่งผ่านข้อมูลได้เร็วขึ้น ความเร็วของการส่งผ่านข้อมูลจำเป็นมากในกระบวนการเรียนรู้ ไมอิลินจะค่อยๆ เกิดขึ้นหุ้มแอกซอน ตามอายุของเด็กที่เพิ่มขึ้น

ซีนแนปส์-synapses (จุดต่อสัญญาณ)



จุดซีนแนปส์ เป็นจุดจ่อต่อกันระหว่างปลายแอกซอนของเซลสมองที่ส่งสัญญาณ กับผนังเซลบนเดนไดรท์ของเซลสมองที่รับสัญญาณ บริเวณที่จ่อกันนั้น ตรงปลายของแอกซอนจะขยายใหญ่ขึ้นเป็นตุ่ม ส่วนพื้นที่ผนังด้านเดนไดรท์ที่จ่ออยู่นั้นก็จะกว้างขึ้นเว้าเป็นรูปถ้วยรับตุ่มของแอกซอน ระหว่างทั้งสองฝั่งแอกซอน-เดนไดรท์ เป็นช่องว่างแคบๆ

เมื่อสัญญาณไฟฟ้าเดินทางถึงปลายแอกซอน จะส่งผ่านสัญญาณนี้ไปยังเดนไดรท์โดยที่จุดซีนแนปส์นี้ ตุ่มปลายแอกซอนจะหลั่งสารสื่อประสาทลอยข้ามช่องว่างของซีนแนปส์ไป ตัวจับสารสื่อประสาทที่ผนังเซลฝั่งเดนไดรท์จะจับสารนั้นไว้ การจับสารสื่อประสาทที่ปลายเดนไดรท์ ทำให้ประจุไฟฟ้าที่ผนังเซลผ่านเข้าออกได้ เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่ผนังเซล ณ จุดนั้น คลื่นไฟฟ้าจะแผ่ไปยังตัวเซล ถ้าคลื่นไฟฟ้านี้มาถึงตัวเซลแรงพอ ก็จะก่อให้เกิดการถ่ายเทประจุที่ผนังเซลบริเวณโคนแขนงแอกซอน(axon hillock) ทำให้เกิดสัญญาณส่งออกต่อไปอีก

การส่งต่อสัญญาณระหว่างแอกซอนและเดนไดรท์ที่จุดซีนแนปส์ เป็นจุดสำคัญที่ชี้ว่า วงจรสัญญาณจะเกิดขึ้นหรือไม่ **ถ้าสัญญาณเชื่อมต่อกันได้หมายความว่าวงจรนั้นเกิดขึ้นและทำงาน วงจรหนึ่งอาจหมายถึง ข้อมูลความสัมพันธ์อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้ของสมอง** กล่าวอีกนัยหนึ่ง การเกิดวาบการกระตุ้นขึ้นที่ซีนแนปส์แล้วสัญญาณถูกส่งผ่านต่อไปครั้งใด ก็คือการเรียนรู้ได้เกิดขึ้นครั้งนั้น

การผ่านสัญญาณที่ซีนแนปส์ไม่ได้เกิดขึ้นง่ายดาย วงจรสัญญาณนี้อาจเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว หลังจากนั้น หากไม่มีสัญญาณผ่านมากระตุ้นซีนแนปส์อีก จุดผ่านทางนี้อาจถูกยกเลิก หมายถึงสารสื่อประสาทอาจผลิตน้อยลง และการกระตุ้นที่ซีนแนปส์จะได้สัญญาณไฟฟ้าที่อ่อน เมื่อผ่านเดนไดรท์ไปถึงตัวเซลก็ไม่สามารถก่อสัญญาณให้เกิดขึ้นได้อีก วงจรเชื่อมต่อก็ไม่เกิดขึ้น การเรียนรู้ที่เคยรู้-ข้อมูลความสัมพันธ์ที่เคยเข้าใจอาจหายไป การลืมอะไรที่เคยรู้แล้วเป็นตัวอย่างของกรณีเช่นนี้

แต่ถ้าหาก มีการกระตุ้นจากแอกซอนเพื่อส่งสัญญาณผ่านซีนแนปส์ใดเรื่อยๆ การผ่านสัญญาณจะสะดวกขึ้น การเชื่อมต่อบนซีนแนปส์นั้นจะมั่นคงขึ้น เรียกว่าวงจรการเรียนรู้นั้นอยู่ตัว หมายความว่า สิ่งเรียนรู้นั้นได้ผันตัว เป็นความจำฝังแน่น การเชื่อมต่อนี้จะมั่นคงได้ เกิดจากการใช้วงจรนั้นซ้ำๆ มีการกระตุ้นส่งสัญญาณเชื่อมต่อจากแอกซอนไปยังเดนไดรท์นั้นซ้ำแล้วซ้ำอีก ยิ่งใช้วงจรและซีนแนปส์เดิมมากเท่าไร การเชื่อมต่อก็จะเกิดง่ายขึ้นและเร็วขึ้นด้วย



ภาพวาดแสดงให้เห็นว่าเดนไดรท์ของเซลสมองเซลหนึ่งอาจมีจำนวนมาก แตกแขนงเป็นพุ่มหนาแน่น เซลสมองชนิดที่มีเดนไดรท์หนาแน่นนี้เรียกว่า เซลเพอร์คินเจ เซลเพอร์คินเจอยู่บนสมองน้อย(cerebellum) ทำหน้าที่ควบคุมประสานการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ

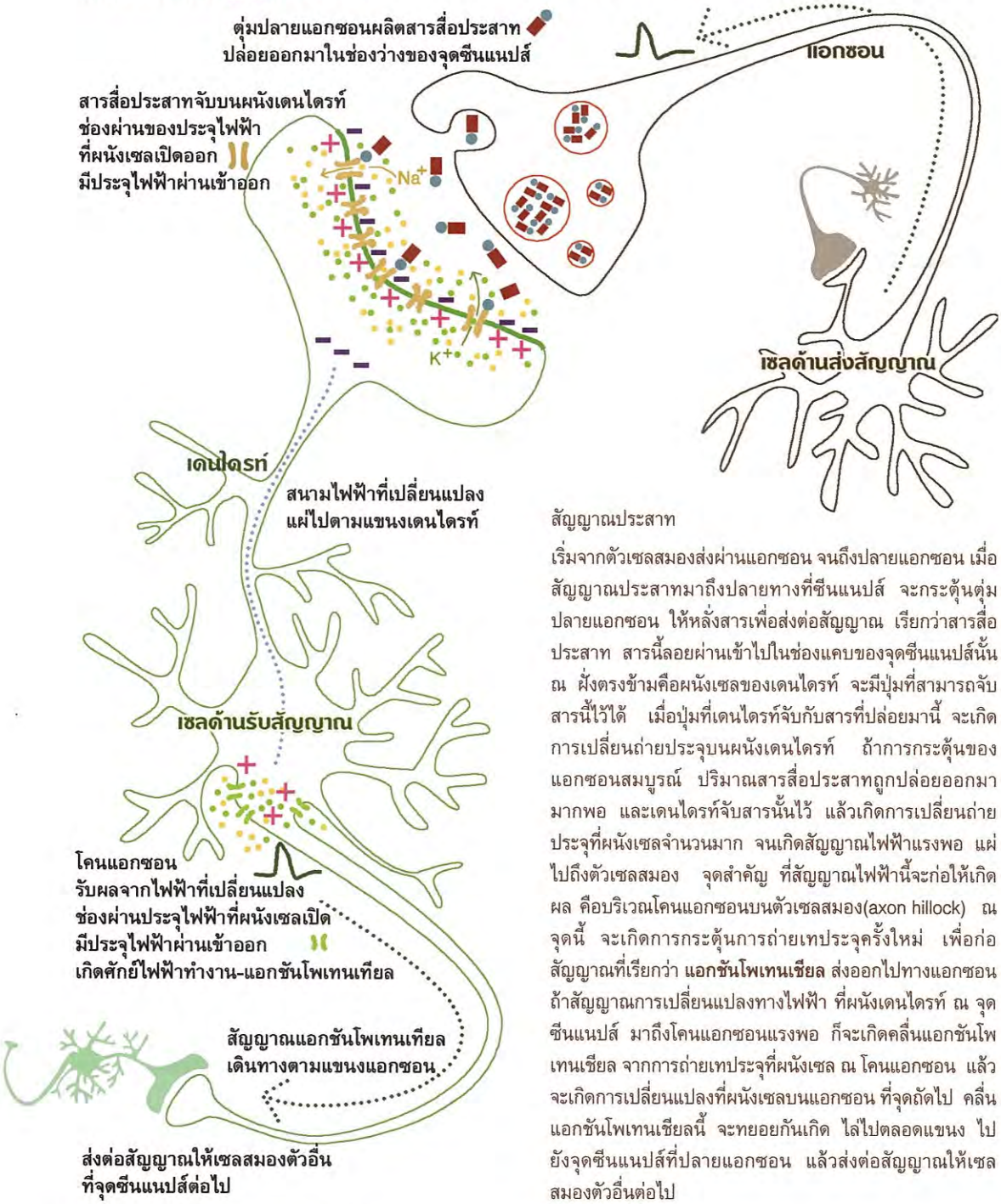
เมื่อสมองเรียนรู้สิ่งใดๆ เซลสมองจะรับข้อมูลผ่านเดนไดรท์จำนวนเป็นพันเป็นหมื่น ส่งข้อมูลผ่านออกทางแอกซอน ถึงแม้จะมีแอกซอนเดียว แต่ปลายแอกซอนนั้นแตกแขนงไปอีกเป็นจำนวนพันนอกจากนี้ ที่ตัวเซลสมองยังมีแขนงของแอกซอนมาสัมผัสเป็นจำนวนร้อยจำนวนพัน นั่นคือ นอกจากเซลสมองจะรับข้อมูลผ่านเดนไดรท์แล้ว ยังรับข้อมูลเข้าโดยตรงที่ตัวเซลด้วย รวมแล้วเซลสมอง 1 เซล ติดต่อกับเซลอื่น 1,000-10,000 เซล เมื่อเซลสมอง 1 เซลถูกกระตุ้นให้เกิดสัญญาณ แสดงว่าในขณะเดียวกันนั้นย่อมมีเซลสมองอีกนับพันนับหมื่นเซลถูกกระตุ้นด้วยเช่นกัน

กลุ่มเซลที่ถูกกระตุ้นและทำงานพร้อมกันนี้เรียกว่า ร่างแหวงจรของเซลสมอง (neural networks)

พัฒนาการการเรียนรู้ตามวัยของเด็ก ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขทางชีววิทยาอย่างหนึ่ง คือการพอกพูนไมอิลินบนแขนงแอกซอนก็จริง แต่สิ่งที่สำคัญที่เราอาจจัดการได้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ สิ่งนั้นคือประสบการณ์ ระหว่างเวลาที่รอการพอกพูนของไมอิลินนั้น หากเราได้จัดประสบการณ์ที่เหมาะสมให้เด็กจะเป็นการเพิ่มพูนข้อมูลเข้าไปในสมอง ช่วยให้เซลสมองได้ทำงาน หมายถึงมีกระแสสัญญาณประสาทวิ่งอยู่ในวงจร การทำงานของวงจรสมองก็คือการเชื่อมต่อของเซล คือการสร้างจุดซีนแนปส์ อีกทั้งการที่มีกระแสสัญญาณประสาทวิ่งบนแขนงแอกซอนระหว่างที่เซลสมองทำงานนั้น จะยังช่วยกระตุ้นให้ไมอิลินพอกพูนขึ้นในวงจรที่ใช้งานนั้นด้วย ยิ่งได้รับประสบการณ์ยิ่งมีการสร้างจุดซีนแนปส์ และยิ่งช่วยให้ไมอิลินพอกพูนเร็วขึ้น

ในการพัฒนาประสิทธิภาพของร่างแหวงจรสมองนั้น การสร้างไมอิลินเป็นการพัฒนาด้านความเร็ว ส่วนการพัฒนาการเชื่อมต่อสัญญาณที่จุดซีนแนปส์นั้น เป็นการสร้างวงจรการเรียนรู้ขึ้นโดยตรง วงจรการเรียนรู้นี้เกิดจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม คือประสบการณ์ชีวิต การได้รับคำแนะนำ การเรียน การฝึก ซีนแนปส์จะเกิดขึ้นต่อเมื่อมีการกระตุ้นให้ใช้ซีนแนปส์นั้น ยิ่งใช้มากยิ่งเกิดซีนแนปส์มากในสมอง ซีนแนปส์ที่เกิดขึ้นแล้วจะเชื่อมต่อมั่นคง หากมีการกระตุ้นการใช้ซีนแนปส์นั้นอยู่เรื่อยๆ

การเชื่อมต่อสัญญาณประสาท



สัญญาณประสาท

เริ่มจากตัวเซลสมองส่งผ่านแอกซอน จนถึงปลายแอกซอน เมื่อสัญญาณประสาทมาถึงปลายทางที่ซีนแนปส์ จะกระตุ้นตุ่มปลายแอกซอน ให้หลั่งสารเพื่อส่งต่อสัญญาณ เรียกว่าสารสื่อประสาท สารนี้ลอยผ่านเข้าไปในช่องแคบของจุดซีนแนปส์นั้น ณ ฝั่งตรงข้ามคือผนังเซลของเดนไดรท์ จะมีปุ่มที่สามารถจับสารนี้ไว้ได้ เมื่อปุ่มที่เดนไดรท์จับกับสารที่ปล่อยมานี้ จะเกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุบนผนังเดนไดรท์ ถ้าการกระตุ้นของแอกซอนสมบูรณ์ ปริมาณสารสื่อประสาทถูกปล่อยออกมามากพอ และเดนไดรท์จับสารนั้นไว้ แล้วเกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุที่ผนังเซลจำนวนมาก จนเกิดสัญญาณไฟฟ้าแรงพอ แผ่ไปถึงตัวเซลสมอง จุดสำคัญ ที่สัญญาณไฟฟ้านี้จะก่อให้เกิดผล คือบริเวณโคนแอกซอนบนตัวเซลสมอง(axon hillock) ณ จุดนี้ จะเกิดการกระตุ้นการถ่ายเทประจุครั้งใหม่ เพื่อก่อสัญญาณที่เรียกว่า **แอกชันโพเทนเชียล** ส่งออกไปทางแอกซอน ถ้าสัญญาณการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า ที่ผนังเดนไดรท์ ณ จุดซีนแนปส์ มาถึงโคนแอกซอนแรงพอ ก็จะเกิดคลื่นแอกชันโพเทนเชียล จากการถ่ายเทประจุที่ผนังเซล ณ โคนแอกซอน แล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังเซลบนแอกซอน ที่จุดถัดไป คลื่นแอกชันโพเทนเชียลนี้ จะทยอยกันเกิด ไล่ไปตลอดแขนง ไปยังจุดซีนแนปส์ที่ปลายแอกซอน แล้วส่งต่อสัญญาณให้เซลสมองตัวอื่นต่อไป

1. การส่งต่อสัญญาณระหว่างเซลสมองสองเซลเกิดขึ้น ณ จุดซีนแนปส์ โดยการหลั่งสารสื่อประสาทจากปลายแอกซอน

2. จุดซีนแนปส์อาจอยู่บนเดนไดรท์หรือบนตัวเซล สัญญาณส่งจากแอกซอนของเซลสมองเซลหนึ่ง มายังเซลสมองที่รับสัญญาณนี้ โดยจ่อวางปลายแอกซอน ไว้ที่แขนงเดนไดรท์หรือบนตัวเซลสมองโดยตรง ผนังเซลของเดนไดรท์หรือบนตัวเซล ณ จุดซีนแนปส์นี้ มีตำแหน่งที่มีโมเลกุลของโปรตีนที่ทำหน้าที่คอยจับสารสื่อประสาทที่แอกซอนปล่อยออกมา

3. เมื่อโมเลกุลโปรตีนบนผนังเซลฝั่งรับสัญญาณ จับกับสารสื่อประสาทจะทำให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุที่ผนังเซลบริเวณนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าบนผนังเซล ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมี 2 แบบ แบบแรกค่าศักย์ไฟฟ้าของผนังเซลเป็นลบน้อยลงจนอาจกลายเป็นบวก แบบที่สองค่าศักย์ไฟฟ้าเป็นลบมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะส่งสนามไฟฟ้าแผ่กระจายไป ตามแขนงเดนไดรท์และตัวเซล

4. สนามศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงนี้ ไม่สามารถแผ่ไปได้ไกลมากนัก ดังนั้นสัญญาณจากแอกซอนที่จะส่งต่อไปนั้น จะต้องสร้างขึ้นใหม่ ที่ตัวเซลสมองฝ่ายรับสัญญาณ ณ ผนังเซลบริเวณโคนแขนงแอกซอน จุดที่เรียกว่า แอกซอนฮิลลอก

5. ผนังเซลที่แอกซอนฮิลลอก จะสามารถก่อคลื่นสัญญาณแอกชันโพเทนเชียลได้ไหม่หรือไม่ ขึ้นอยู่กับสนามศักย์ไฟฟ้าที่แผ่มาถึงบริเวณนั้น ถ้าสนามศักย์ไฟฟ้าที่แผ่มาถึงเป็นค่าลบมากกว่าเดิม จะไม่เกิดผล แต่ถ้าสนามศักย์ไฟฟ้าที่แผ่มาถึงมีค่าเป็นลบน้อยลง หรือมีค่าบวก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุไฟฟ้าที่ผนังเซลอีกครั้ง และเกิด แอกชันโพเทนเชียล ตามมา

6. เนื่องจากเซลสมอง 1 เซลมีจุดซีนแนปส์บนตัวเซลเองและบนแขนงเดนไดรท์ จำนวนมาก แอกซอนจากเซลส่งสัญญาณหลายตัวอาจกำลังส่งสัญญาณมายังเซลรับสัญญาณเซลหนึ่งพร้อมกันที่จุดซีนแนปส์มากกว่าหนึ่งแห่ง ดังนั้น สนามศักย์ไฟฟ้าที่แผ่มาถึงตัวเซล จึงเป็นผลรวมของสนามศักย์ไฟฟ้าทั้งหมด ที่เกิดขึ้นจากจุดซีนแนปส์ทั้งใกล้และไกล ผลรวมนี้อาจทำให้เซลสมองที่รับสัญญาณนั้นก่อกำเนิดสัญญาณแอกชันโพเทนเชียลใหม่ ที่ผนังเซลบริเวณโคนแอกซอน หรือไม่ก็ได้

7. เพื่อให้การกระตุ้นที่ซีนแนปส์เกิดสัญญาณผ่านต่อไปได้สำเร็จในวงจร แอกซอนจะต้องส่งสัญญาณกระตุ้นถี่ๆ เพื่อให้มีสารสื่อประสาทปล่อยออกไปมากขึ้น เพียงพอที่โมเลกุลโปรตีนบนเดนไดรท์จำนวนมากจะจับไว้แล้วเกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุที่ผนังเซล จนมีความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงพอ หรืออีกวิธีหนึ่ง จะต้องมีจุดซีนแนปส์บนเดนไดรท์หลายจุด ที่แอกซอนส่งสัญญาณมาถึงในคราวเดียวพร้อมกัน จนเกิดผลรวมสนามศักย์ไฟฟ้าที่ตัวเซลมากพอ จนกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุไฟฟ้าที่ผนังเซล เกิดลูกคลื่นแอกชันโพเทนเชียลที่โคนแอกซอนได้ แล้วส่งผ่านเป็นสัญญาณออกไปในวงจรร่างแหของเซลสมองนั้นต่อไป

8. ปฏิกิริยาที่ซีนแนปส์ ซึ่งมีทั้งเกิดศักย์ไฟฟ้าบวก(ช่วยส่งผ่านสัญญาณ) และทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าลบ(เป็นอุปสรรคต่อการส่งสัญญาณ)นี้ เป็นภาวะปกติในร่างแหวงจรของเซลสมอง โดยวิธีนี้ บางสัญญาณอาจผ่านต่อไปในวงจรได้ บางสัญญาณผ่านไม่ได้ เป็นการควบคุมทางเดินของสัญญาณ วงจรที่มีการตรวจสอบการทำงานของวงจรเองมักใช้วิธีนี้ คือ เอาสัญญาณทางออกมาป้อนย้อนกลับควบคุมที่ทางเข้าของสัญญาณ ทำให้ควบคุมกระแสสัญญาณที่ไหลอยู่ในวงจรได้ วงจรสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูง จะมีการป้อนกลับของสัญญาณเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในตัวเอง

9. สารสื่อประสาทที่ปล่อยออกจากตุ่มปลายแอกซอนที่ซีนแนปส์มีหลายชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ glutamate, GABA, acetylcholine, serotonin, dopamine, norepinephrine

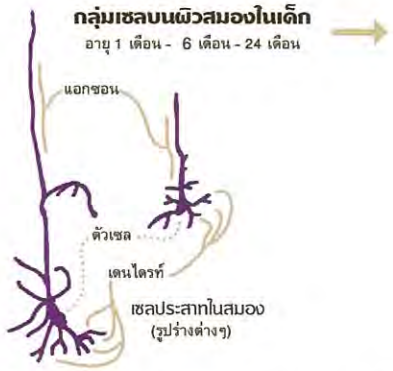
10. โมเลกุลที่จับสารสื่อประสาทเองก็มีหลายชนิดเช่นกัน นอกจากจะแตกต่างกันตามชนิดของสารสื่อประสาทแล้ว โมเลกุลที่จับสารสื่อประสาทชนิดเดียวกันก็มีหลายแบบด้วย ความแตกต่างหลากหลายนี้ เป็นความละเอียดลออในการออกแบบระบบประสาทในสมองของคนเรา โมเลกุลที่ต่างกันจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่ต่างกันบนผนังเซลด้วย

11. สารบางอย่างที่ผลิตโดยสมองเองหรือจากอวัยวะอื่นของร่างกาย เช่น ฮอร์โมน และสารอื่นที่ร่างกายได้รับบางชนิด จะมีผลต่อความเฉื่อยหรือความไวของเซลสมอง เป็นผลให้สารสื่อประสาทจากแอกซอนมากระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนถ่ายประจุได้ยากหรือง่ายตามไปด้วย สารต่างๆ ที่เข้ามาในร่างกายจึงอาจมีผลต่อการทำงานของสมองและกระบวนการเรียนรู้ด้วย แต่สารที่จะมีผลต่อสมองต้องสามารถผ่านผนังของหลอดเลือดในสมองได้ ซึ่งปกติจะผนังหลอดเลือดในสมองจะกั้นไม่ให้สารต่างๆ เข้าถึงเซลสมองได้โดยง่าย

การงอกของเดนไดรท์ (dendritic proliferation)

เดนไดรท์ คือแขนงที่งอกจากตัวเซลสมอง แขนงใหญ่จะแตกแขนงย่อย ซึ่งจะแตกแขนงย่อยไปอีกเรื่อยๆ จนดูเหมือนปะการัง หรือพุ่มของต้นไม้ เดนไดรท์ทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทจากแอกซอนของเซลสมองอื่น โดยปุ่มรับที่จุดซีนแนปส์ด้านเดนไดรท์ จะจับสารสื่อประสาทที่ผลิตจากด้านแอกซอน

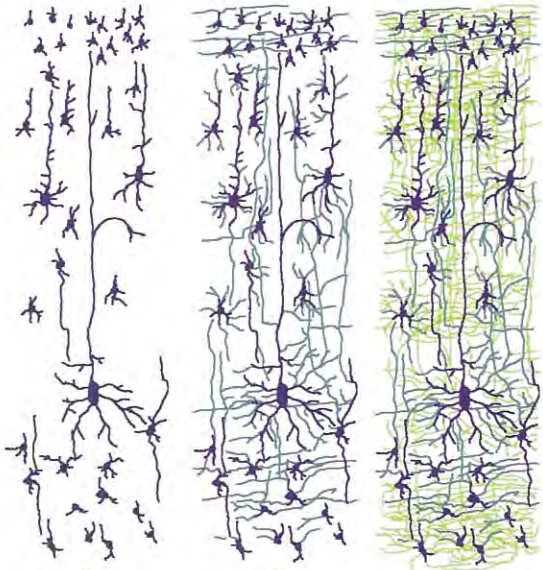
เมื่อแรกเกิด เซลสมองยังมีแขนงเดนไดรท์ไม่มากนัก แขนงเดนไดรท์จะงอกออกมาจำนวนมากระหว่างพัฒนาการจากแรกเกิดจนถึง 2 ขวบ การงอกของเดนไดรท์จากเซลสมองจำนวนมาก (มหาศาล) นี้ไม่ได้เกิดขึ้นเสมอกันทั้งหมดทั่วคอร์เทกซ์ บางจุดเกิดก่อน บางจุดเกิดทีหลัง นัยของการเพิ่มจำนวนเดนไดรท์นี้ ก็คือ เดนไดรท์เกิดขึ้นเพื่อรับการกระตุ้น เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อในวงจรร่างแหของเซลสมอง การงอกของเดนไดรท์เป็นโอกาสของการเปิดจุดต่อสัญญาณหรือซีนแนปส์ เป็นโอกาสของการใช้ศักยภาพของเซลสมองในการทำงาน ยิ่งเซลสมองติดต่อกันมากเท่าใด ยิ่งสามารถสร้างรูปแบบของวงจรต่อโยงกันในลักษณะต่างๆ มากขึ้น ยิ่งมีความสามารถในการประมวลข้อมูลสูงขึ้น



ถ้าเซลสมองมีแขนงเดนไดรท์จำนวนมาก จะสามารถติดต่อกับแอกซอนจากเซลสมองอื่นเป็นจำนวนมากด้วย เซลหนึ่งเซลที่ติดต่อได้กับเซลอื่นๆ อีกหลายพันเซล คือโอกาสที่จะสร้างร่างแหวงจรในแบบต่างๆ ได้มากขึ้นแบบไม่จำกัด วงจรของเซลสมองคือรูปธรรมของการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสมอง

สมองที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีสิ่งกระตุ้นหลากหลาย ทำให้ได้เห็น ได้ยิน ได้สัมผัสสิ่งที่ผิดแผกแตกต่าง มีรูปแบบต่างๆ บริบทเช่นนี้ ทำให้มีการกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนที่รับรู้ และหากได้ลงมือสำรวจประสบการณ์ต่างๆ รอบตัวที่ท้าทายต่อการเรียนรู้นั้น ก็จะเป็นการกระตุ้นสมองส่วนที่ควบคุมพฤติกรรม คือส่วนที่คิดและเคลื่อนไหว เราพบว่า สมองภายใต้สิ่งแวดล้อมเช่นนี้ จะมีเซลสมองซึ่งมีการงอกและแตกแขนงของเดนไดรท์ จำนวนมาก ประสบการณ์เป็นสิ่งที่กระตุ้นการงอกและแตกแขนงของเดนไดรท์

การงอกและแตกแขนงของเดนไดรท์ คือ สภาวะที่ต้องการเรียนรู้และกำลังเรียนรู้อยู่





นาทีแห่งการเรียนรู้

ภาพข้างบนนี้ แสดงภาพเซลสมองที่ส่งสัญญาณข้อมูลไปตามแขนงประสาทที่เรียกว่าแอกซอน ขอให้สังเกต ณ จุดที่มีแสง "วาบ" ณ จุดนั้นคือจุดที่เซลสมองสองเซลเชื่อมต่อกันได้สำเร็จ ซึ่งก็คือ จุดซีนแนปส์ (synapse) แขนงประสาทที่รับข้อมูลเรียกว่า เดนไดรท์ ในภาพเล็กได้แสดงให้เห็นว่า การเกิดซีนแนปส์ต้องอาศัยการหลั่งสารประเภทหนึ่ง เรียกว่า สารสื่อประสาท

แขนงแอกซอนของเซลสมองที่มีหน้าที่ส่งสัญญาณนั้นก็เช่นเดียวกัน จะยื่นออกไปทางไหน ยาวเท่าใดนั้น ถูกกำหนดโดยหน่วยพันธุกรรมส่วนหนึ่ง อีกส่วนเป็นผลมาจากการกระตุ้นของสิ่งแวดล้อม นี่ช่วยให้เข้าใจว่าศักยภาพสมองเป็นผลผลิตจากกรรมพันธุ์และประสบการณ์ภายนอกร่วมกัน เซลสมองตัวหนึ่งมีเพียงแอกซอนเดียว แต่ปลายของแอกซอนอาจแตกแขนงไปจับกับเดนไดรท์ได้หลายจุดทั้งบนเซลสมองตัวเดียวกันและเซลตัวอื่นอีกหลายตัว หรือปลายแขนงอาจลดทอนลง ซึ่งทำให้จำนวนซีนแนปส์เปลี่ยนแปลงไปด้วย แอกซอนจะเป็นฝ่ายส่งข้อมูลและเดนไดรท์เป็นฝ่ายรับแล้วส่งผ่านตัวเซลต่อไปอีก จากเซลหนึ่งถึงเซลหนึ่งกินเวลาไม่ถึงเศษเสี้ยววินาที เมื่อการส่งและรับข้อมูลเกิดขึ้นที่จุดใด หรือเกิดซีนแนปส์ ณ จุดใด "การเรียนรู้" ก็เกิดขึ้นที่จุดนั้น

เดนไดรท์จะคอยสำรวจหาข้อมูลอยู่เสมอ เพราะสมองต้องการเรียนรู้ เดนไดรท์จะงอกจากเซลสมองและเพิ่มขนาดและยืดยาวออกเอง ณ บริเวณที่มีสารสื่อประสาทอยู่มาก สารสื่อประสาทจะมีอยู่มากในบริเวณที่มีปลายแขนงแอกซอนส่งสัญญาณกระตุ้นและผลิตสารสื่อประสาทอยู่ แต่ละเดนไดรท์ของเซลแตกแขนงเป็นกิ่งเล็กเป็นกิ่งย่อยออกไปอีกหลายระดับ เพื่อไปหาจับและรับข้อมูลจากปลายแอกซอนของเซลสมองที่กำลังปล่อยสารสื่อประสาทอยู่นั้น

แขนงแอกซอนมีหน้าที่นำสัญญาณข้อมูลออกจากเซลสมอง และส่งผ่านต่อไปให้เดนไดรท์ของเซลสมองตัวอื่น โดยสร้างสารสื่อประสาทที่จุดซีนแนปส์ แอกซอนมีความยาวแตกต่างกัน ยาวที่สุดประมาณ 1 เมตร แต่ที่สำคัญคือ ยิ่งมีความหนาเท่าใดก็มีประสิทธิภาพในการส่งผ่านข้อมูลมากเท่านั้น ถ้าเด็กขี่จักรยานเป็นประจำ แอกซอนของวงจรควบคุมกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการขี่จักรยานย่อมหนาขึ้น และกระแสสัญญาณประสาทจะติดต่อเชื่อมโยงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อควบคุมการขี่จักรยานนั้น

ไมอิลิน (myelin) เป็นสารไขมันที่เซลเกลียเป็นผู้สร้างขึ้น หุ้มอยู่รอบแอกซอนทำให้แอกซอนหนาขึ้น ช่วย **"เร่ง"** การสื่อสารข้อมูลโดยยืดระยะทางการเหนี่ยวนำของประจุไฟฟ้าภายในแกนแอกซอนออกไป และป้องกันการรบกวนของประจุที่เกิดจากการทำงานของแขนงประสาทหรือเซลสมองตัวอื่นที่อยู่ใกล้กัน การมีไมอิลินช่วยทำให้การถ่ายเทประจุไฟฟ้าเกิดได้ไกลมากขึ้นในเวลาเท่าเดิม ทำให้สัญญาณประสาทหรือคลื่นแอกชันโพเทนเชียลเดินทางได้ถึง 120 เมตรต่อวินาที หรือ 250 ไมล์ต่อชั่วโมงทีเดียว ไมอิลินช่วยการทำงานของเซลสมอง ในขณะเดียวกันการทำงานของเซลสมองจะกระตุ้นให้เกิดไมอิลินขึ้นรอบแขนงแอกซอนนั้น

การที่เรารู้หน้าที่ของแอกซอนที่สัมพันธ์กับไมอิลิน ทำให้เรารู้ว่า การเรียนรู้บางอย่างต้องมีการทำซ้ำ ทำบ่อย การทำซ้ำๆ เช่น การขี่จักรยานทุกวันก็จะกระตุ้นให้เกิดความคงตัวของวงจรสมอง ในความรู้และทักษะเรื่องการขี่จักรยาน

การเชื่อมต่อกันของเซลสมองคงจะต้องมหัศจรรย์มาก ไม่ใช่เพียงเป็นการเชื่อมต่อแบบระนาบเดียว ลองพิจารณาดูตัวอย่างภาษาไทยของเราเอง การผสมกันของตัวหนังสือ ก-ฮ ตัวอักษรเพียง 44 ตัว กับสระอีก 22 ตัว เท่านั้นได้ประกอบสร้างคำและความหมายขึ้นมามหาศาลเกินกว่าที่เราจะคาดคิด และแน่ละคงยังจะมีคำเกิดมาใหม่อีกมากใน 100 ปีข้างหน้านี้ แม้ว่าการผสมตัวอักษรจะเป็นสิ่งอัศจรรย์ แต่การที่เซลสมอง 1 เซลติดต่อหรือผสมกับเซลอื่น ไม่ใช่เพียง 44 ตัว หรือ 22 ตัว แต่เป็น 1,000-10,000 เซล ย่อมเป็นการสร้างเครือข่ายของเซลสมองที่มหัศจรรย์ยิ่งกว่า

สมองเป็นองค์รวมของวงจรอันซับซ้อน เมื่อใดก็ตามที่สมองได้รับสัญญาณในแบบใหม่ๆ จากประสบการณ์ภายนอก จุดเชื่อมต่อใหม่จะเกิดขึ้น แบบวงจรใหม่ๆ จะเกิดขึ้น กระบวนแบบเหล่านี้ทั้งหมดคือ "การเรียนรู้" ของสมอง

ความจริงแล้ว ในสมองของเราประกอบด้วยเซลหลายชนิด เซลพื้นฐานที่ทำหน้าที่เรียนรู้จริงๆ ก็คือเซลสมองที่เรียกว่า นิวรอน (neuron หมายถึงเซลประสาท ทั้งที่อยู่ในสมองและระบบประสาทส่วนอื่น) ยังมีเซลอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า เซลเกลีย (glial cell) เป็นเซลพี่เลี้ยงซึ่งมีหน้าที่คอยนำร่อง ป้องกัน และบริการเซลแห่งการเรียนรู้ คือเซลสมอง ให้ทำงานตามศักยภาพได้สำเร็จ โดยที่มันอาจมีบทบาทสำคัญในการสื่อสารส่งผ่านข้อมูลมากกว่าที่เคยคิดกัน ในขั้นตอนพัฒนาการของสมองในครรภ์และในทารกแรกเกิดนั้น เซลสมองมีการเคลื่อนที่เพื่อไปยังตำแหน่งที่เหมาะสมในการทำงาน ถ้าไม่มีเซลเกลีย เซลสมองจะไม่สามารถเคลื่อนไปยังจุดที่มันจะทำงานได้

จากการศึกษาสมองของไอน์สไตน์ นักวิทยาศาสตร์คนสำคัญของโลกนั้นได้พบว่า น้ำหนักสมองของเขาไม่ต่างจากคนธรรมดา แต่ปรากฏว่ามีเซลเกลียอยู่มากกว่าค่าเฉลี่ยที่พบในคนทั่วไป การค้นพบนี้ทำให้เกิดความสนใจที่จะศึกษากันลึกซึ้งยิ่งขึ้นต่อไปว่าเซลเกลียมีบทบาทอะไรในสมองของคนเรา

สมองมีมาแต่เกิด 9

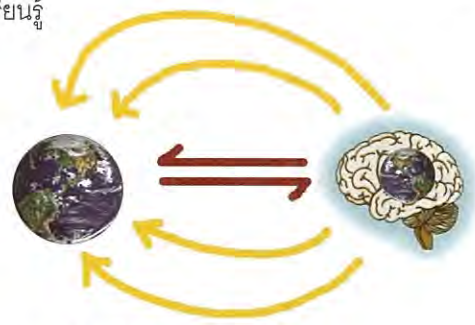
ความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นสมอง และ ข้อมูลที่อยู่ในสมองตั้งแต่แรก

ก้อนสมองเป็น กลุ่มเซลสมองซึ่งมีแขนงเดนไดรท์และแอกซอน รวมอยู่กับเซลเกลีย- เส้นเลือด-เลือด-สารต่างๆ ที่ละลายอยู่ทั้งในเซลและนอกเซล สิ่งที่เป็นก้อนสีขาวอมเทานี้แหละ เมื่อมีชีวิตมีเส้นเลือดนำน้ำตาลกลูโคสและออกซิเจนไปหล่อเลี้ยง และมีการไหลเวียนของคลื่นไฟฟ้าตามเส้นแขนงที่เชื่อมโยงเซลสมองเข้าด้วยกันเป็นร่างแห สมองก็กลายเป็นสมองมหัศจรรย์ขึ้น

อะไรคือสมอง ต่างจากสิ่งอื่นอย่างไร นัยของสมอง ที่ต่างจากสิ่งอื่นๆ

ถ้าถามคำถามเช่นว่า น้ำกับน้ำมันต่างกันอย่างไร หรือจะแยกผีเสื้อกับแมลงปอได้อย่างไร ฯลฯ วิธีตอบที่จะให้เกิดความเข้าใจได้ดีก็คือ เอาน้ำกับน้ำมันและผีเสื้อกับแมลงปอ มาให้(ได้ลองใช้ประสาททั้งห้าสัมผัส)ดู รวมทั้งอาจอธิบายคุณสมบัติบางอย่างเพิ่มเติมที่พอจะเข้าใจได้ง่ายหรือนำไปทดสอบดูได้ เช่น อธิบายการติดไฟของน้ำมัน การดับไฟของน้ำ หรือการกินอาหารและพฤติกรรมอื่นๆ ของสัตว์

แต่เราคงแยกได้ว่าสมองนั้นแตกต่างกับสิ่งอื่นๆ อยู่แล้ว ถึงแม้ยังอาจบอกไม่ได้ชัดเจนนักว่า ความเป็นสมองนั้นเป็นอย่างไร ดังนั้น การได้รู้เรื่องต่างๆ ของสมองเพิ่มขึ้น ย่อมไม่ใช่เพื่อบอกว่ามันแตกต่างจากสิ่งอื่น ความสำคัญของการได้รู้จักสมองเพิ่มขึ้นคือความเข้าใจที่เกี่ยวโยงไปถึงการทำงานและการใช้ประโยชน์จากความเข้าใจนั้นในการใช้สมอง ถ้าเปรียบกับรถยนต์ เรารู้จักกันอยู่แล้ว หากต้องการทำความรู้จักรถยนต์มากขึ้นไปอีก ก็ควรหมายถึง การรู้จักหัวใจของมัน คือการทำงานของเครื่องยนต์ ความรู้จักชนิดนี้ก็จะมีประโยชน์ในเวลาที่ต้องการแก้ไขปัญหา เช่น เวลาเกิดรถเสียขึ้น สมองนั้นเป็นอุปกรณ์สำคัญในการเรียนรู้ของมนุษย์ การรู้จักการทำงานของมันมากขึ้นอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการศึกษา โดยนำไปใช้ในการพัฒนาวิธีการต่างๆ ที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้



ความเป็นสมอง

ความเป็นสมองที่สำคัญคือคุณสมบัติของสมองเกี่ยวข้องกับ ข้อมูลและการประมวลข้อมูล สิ่งแวดล้อมเป็นที่มาของข้อมูล และปฏิบัติการต่อสิ่งแวดล้อมเป็นเป้าหมายในการประมวลข้อมูลของสมอง

ความ 'เป็นสมอง' นั้นคือ มีการรับรู้ การคิด การจำ การควบคุมสั่งการพฤติกรรมต่างๆ นอกจากนี้ สมองยังเป็นที่มาของคำต่างๆ ที่ใช้กันทั่วไปเช่น **ความรู้ ความคิด ความจำ ความรู้สึก(โกรธ หิว ดีใจ เสียใจ ฯลฯ) ความต้องการ ความตั้งใจ การตัดสินใจ ฯลฯ** ไม่มีสมอง คำเหล่านี้ก็ไม่มีความหมาย สิ่งที่เกี่ยวกับสมองเหล่านี้และตัวสมองเอง มีจุดมุ่งหมายหรือสะท้อนความเป็นตัวมันเองอย่างหนึ่ง คือ ปฏิกิริยาโต้ตอบต่อสิ่งแวดล้อม

ความแตกต่างระหว่างสมอง 'ก้อนไขมัน' กับ 'มันสมอง' ก็คือ 'สมองที่ทำงาน' และเกิดพฤติกรรมจากการทำงานนั้น การทำงานของสมองโดยพื้นฐานเป็นกระบวนการชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของเซลสมองทำให้เกิดการไหลเวียนของพลังงาน การไหลเวียนของพลังงานที่เกิดขึ้นบนร่างแหวงจรสมองนั้นทำให้ก้อนไขมันกลายเป็น 'มันสมอง' เมื่อมีการไหลเวียนของคลื่นไฟฟ้าบนร่างแหวงจรของเซลสมองต่างๆ สมองจึงมีการรับรู้-การคิด-การจำ และมีความรู้ ความคิด ความจำ ความรู้สึก ความต้องการ ความตั้งใจ มีการตัดสินใจ ฯลฯ

สิ่งแวดล้อมกำหนดวิธีการที่สมองคิด-ทำงาน
สิ่งที่สมองคิดคือโลกที่จำลองอยู่ในสมอง
โลกที่ปรากฏ คือโลกในความคิด หรือโลกที่สมองบงการ
สมองจัดการกับโลก ทั้งในความคิดและการกระทำ

คุณสมบัติของสมองเกิดขึ้นได้อย่างไร

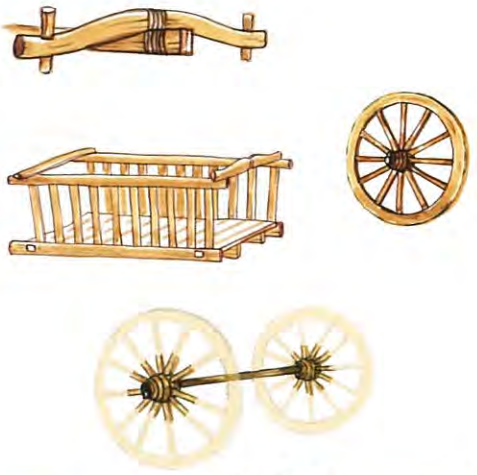
โดยทั่วไปแล้ว **สรรพสิ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ เกิดจากกลไกที่ทำงานของมัน** กลไกนั้นๆ ทำให้เรารู้หรือเข้าใจได้ว่าคุณสมบัติต่างๆ เกิดมีขึ้นได้อย่างไร และการจะเกิดกลไกและคุณสมบัติต่างๆ ขึ้นได้นั้น ก็ต้องอาศัยโครงสร้างของสิ่งเหล่านั้น รองรับเอื้ออำนวยให้กลไกต่างๆ ทำงานและปลดปล่อยคุณสมบัติต่างๆ ออกมาให้ได้เห็น

แอก-ล้อ-ดุม-เพลา-ที่นั่ง ที่ประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้ไม้-เหล็ก-ยางและวัสดุต่างๆ นั้นไม่ใช่ไม้ เหล็ก-ยาง-หรือวัสดุธรรมดาอีกต่อไป การเทียมโค หรือเอาเครื่องยนต์ไปใส่ เป็นกลไกทำให้องค์ประกอบทั้งหมดเคลื่อนไปได้ กลายเป็นเกวียนหรือรถยนต์ ซึ่งเป็นสิ่งใหม่ มีคุณสมบัติต่างไปจากองค์ประกอบย่อย

เช่นเดียวกับ โปรตอน อิเล็กตรอน นิวตรอน จัดเรียงตัวอยู่ในโครงสร้างแบบต่างๆ พร้อมระบบพลังงานที่ไหลเวียนอยู่ภายใน ทำให้เกิดเป็นโมเลกุล ธาตุและสารประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ กันไป

เมื่อดูสมอง วงจรร่างแหของเซลสมองก็คือโครงสร้าง คลื่นสัญญาณไฟฟ้าเคลื่อนผ่านก็คือกลไก และพลังงานที่ทำให้คุณสมบัติ 'ความเป็นสมอง' ปรากฏ

คุณสมบัติใหม่นั้นเป็น 'องค์รวม' อันเกิดจากการประกอบกันขึ้นของส่วนย่อยต่างๆ แต่ละสิ่งอันเป็นส่วนย่อยนั้น ไม่มีสิ่งใดมีคุณสมบัติของ 'องค์รวม' นั้น หากแตกย่อยแยกองค์รวมออกเป็นชิ้นๆ ก็จะไม่ได้องค์รวมตัวย่อยเล็กๆ ซึ่งมีคุณสมบัติแทนองค์รวมนั้นได้เลย **คุณสมบัติขององค์รวมนั้นอาศัยอยู่บนการประกอบขึ้น ขององค์ประกอบซึ่งแตกต่างกัน** แต่ละองค์ประกอบย่อยนั้นมีคุณสมบัติของตัวมันเองต่างๆ กัน ซึ่งเมื่อประกอบกัน จึงได้คุณสมบัติพิเศษอันใหม่ ที่ส่วนประกอบย่อยแต่ละชิ้นไม่มี



เกวียนเทียมโคใช้เป็นพาหนะบรรทุกได้ แต่จะนำเพียงส่วนประกอบบางส่วนของมันมาใช้ย่อมไม่อาจเป็นพาหนะได้



การทำงานเชื่อมโยงกันของเซลสมอง ทำให้เกิดชีวิตที่มีปฏิกิริยาต่อสิ่งแวดล้อม และมีจุดมุ่งหมาย

เราไม่อาจจินตนาการถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้เสมอไป เมื่อนำบางสิ่งบางอย่างมาประกอบกัน องค์ประกอบเหล่านั้นจะอาศัยกันและกัน คุณสมบัติใหม่ๆ ของสิ่งใหม่จะผุดขึ้นจากองค์ประกอบที่รวมกันนั้น แตกต่างไปจากเดิม

ความเป็นสมอง ของชีวิตเมื่อแรกเกิด

เมื่อทุกสิ่งลงตัวและเกื้อกูล ชีวิตก็ถือกำเนิดขึ้นพร้อมสมอง

ความเป็นสมองนั้นมีลักษณะซับซ้อน อย่างหนึ่งคือ

'การรับรู้ การคิด การจำ ความรู้ ความคิด ความจำ ความรู้สึก ความต้องการ ความตั้งใจ มีการตัดสินใจ' นั้นเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ รู้ไม่ได้โดยตรง เราจะเอา 'ความคิดที่มุ่งร้าย' หรือ 'ความรู้สึกที่ไม่ดี' ออกจากสมอง เพื่อให้มันน้อยลง หรือเอา 'ความรู้ ความจำ ความคิด' เข้าไปใส่ลงในสมองเพื่อให้มันมีมากขึ้นนั้นทำไม่ได้ จริงๆ แล้ว เมื่อสมองวางอยู่ในกะโหลกศีรษะใครสักคน เราจะไม่รู้เลยว่ามี 'ความเป็นสมอง' เหล่านี้อยู่เสียด้วยซ้ำ จนกว่าคนคนนั้นจะลงมือทำ มีการแสดงออกทางรูปธรรม เป็น**พฤติกรรม** ที่**เกิดจากการทำงานของสมอง** ซึ่ง**สะท้อน 'ความรู้ ความคิด ความจำ ความรู้สึก ความต้องการ ความตั้งใจ' ที่มีอยู่ในสมองนั้นออกมา** พฤติกรรมมีหลายแบบ คำต่างๆ ที่ประดิษฐ์ใช้บอกพฤติกรรมนั้น ก็คือ 'ความเป็นสมอง' ที่สะท้อนออกมานั่นเอง

พฤติกรรมเมื่อแรกเกิดสะท้อนอะไรในสมอง ?

พฤติกรรมดังในรูปนั้นเกิดจาก 'การคิด' หรือไม่ ลูกเต่ารู้จักคลานได้อย่างไร ทำไมรู้ว่าทะเลไปทางไหน ทำไมทารกไม่รู้จักยืนและเดินตั้งแต่เกิดเหมือนลูกม้าลูกช้าง



ทารกเกิดใหม่ แม้จะลุกเดินไม่ได้
แต่ก็รู้วิธีที่จะทำอาการ 'ร้อง' และ 'หายใจ'



ลูกม้าลุกยืนและเดินได้
ไม่กี่ชั่วโมงหลังออกจากท้องแม่



ลูกเต่าออกจากไข่ที่ชายหาด
คลานรี่ไปลงทะเลทันที

คิดเอา, จำมา, หรือ เป็นไปโดยอัตโนมัติ ?

สิ่งมีชีวิตนั้น มีพฤติกรรม 'ทำ' บางสิ่งทันทีเมื่อแรกเกิด สิ่งมีชีวิตนั้น มีพฤติกรรม 'คิด' มาตั้งแต่แรกเกิดหรือไม่ พฤติกรรมเหล่านั้น เป็นมาอย่างไร และเพื่ออะไร

คำว่า 'แรกเกิด' หมายความว่า เราตัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกที่จะมีผลต่อแบบวงจรที่ถูกสร้างขึ้นไว้ในสมอง ดังนั้น พฤติกรรรม ที่สิ่งมีชีวิตแรกเกิดทำนั้นก็น่าจะสะท้อนว่า มีแบบวงจรบางอย่างถูกสร้างไว้แล้วตั้งแต่เกิด สมองและแบบวงจรที่สร้างขึ้นนี้เป็นไปตามแบบแปลนพันธุกรรม

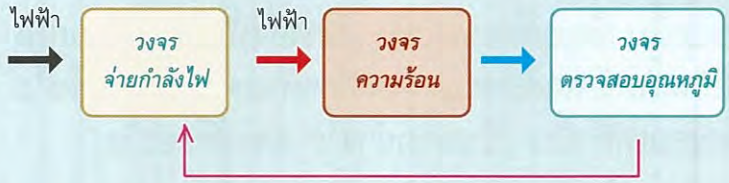
กระบวนการที่เกิดขึ้นในสมอง ที่สะท้อนออกมาเป็นพฤติกรรมแบบนั้น จะใช้คำเรียกว่าอะไรดี ลูกเต่า 'คิด' หรือเปล่าว่าจะคลานไปทางไหน เป็นการคิดแล้วตัดสินใจเลือกไปทางนั้น หรือว่า ใช้ความจำที่มีมาแต่เกิด เหมือนแผนผังทิศทางที่กำหนดไว้ในสมอง นำพาให้ขาทั้งสี่คลานไป หรือว่าเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นโดย 'อัตโนมัติ' แล้ว 'อัตโนมัติ' คืออะไร

การคิด คือ อะไร ?

ในสิ่งที่ไม่มีชีวิต ถ้ามีการทำอะไรอย่างหนึ่งเกิดขึ้น เช่น หุ่นยนต์เดิน โทรทัศน์เกิดภาพ หม้อไฟฟ้าหุงข้าวจนสุก เราไม่เรียกว่า 'พฤติกรรม' เราเรียกว่า 'มันทำงาน' สิ่งที่ทำอาจเป็นการทำงานหลายขั้นตอน อันเป็นผลจากกระบวนการหรือกลไกทางอิเล็กทรอนิกส์ ในวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบไว้ การทำงานนี้บางครั้งมีลักษณะอัตโนมัติ คือ จะทำงานแบบหนึ่งในเงื่อนไขหนึ่ง หากเมื่อเงื่อนไขนั้นเปลี่ยนแปลงไป ก็จะทำงานอีกแบบหนึ่ง หรืออาจหยุดทำงาน

เรามักใช้กลุ่มคำพวกนี้ คือ 'ความรู้, ความจำ, การเรียนรู้, การคิด, การตัดสินใจ, พฤติกรรม' กับสิ่งมีชีวิต และกลุ่มคำพวก 'ข้อมูล, โปรแกรม, การประมวลผล, เงื่อนไข, ทางเลือก, อัตโนมัติ' กับสิ่งไม่มีชีวิต แต่กลุ่มคำทั้งสองเริ่มเข้าใกล้กันมากขึ้น ตั้งแต่เราเริ่มรู้จักเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เราใช้คำที่ใช้กับสิ่งมีชีวิตไปอธิบายการทำงานของคอมพิวเตอร์ ในขณะเดียวกันเราก็อธิบายเรื่องการทำงานของสมอง โดยเปรียบเทียบกับคอมพิวเตอร์ และใช้คำที่ได้ใช้อธิบายการทำงานของคอมพิวเตอร์มาอธิบายการทำงานของสมอง ดังจะเปรียบเทียบให้เห็นต่อไป

ลองพิจารณา 'ขั้นตอนการทำงาน' ต่อไปนี้



หม้อหุงข้าวไฟฟ้า มีขั้นตอนการทำงานคร่าวๆ ดังนี้
แผ่นความร้อนที่ก้นหม้อจะทำงานถ้าอุณหภูมิยังต่ำ คือ เมื่อเริ่มหุงข้าว
เมื่อข้าวสุก น้ำแห้ง อุณหภูมิจะสูงขึ้น วงจรตรวจสอบอุณหภูมิรายงานไปยังวงจรจ่ายไฟฟ้า
วงจรจ่ายไฟฟ้ารับรู้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ก็จะตัดไฟฟ้าออก แผ่นความร้อนก็จะไม่ทำงาน



การทำงานของหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

กระบวนการที่หนึ่ง
อุณหภูมิต่ำ

วงจรจ่ายกำลังไฟ -จ่ายไฟฟ้า
วงจรความร้อน -ให้ความร้อน
วงจรตรวจสอบอุณหภูมิ -ทำงาน(โดยไม่ได้ใช้กระแสไฟฟ้า)

กระบวนการที่สอง
อุณหภูมิสูง

วงจรจ่ายกำลังไฟ -หยุดจ่ายไฟฟ้า
วงจรความร้อน -หยุดให้ความร้อน
วงจรตรวจสอบอุณหภูมิ -ทำงาน(โดยไม่ได้ใช้กระแสไฟฟ้า)

เมื่อพูดถึง **'การทำงาน'** อาจสรุปลักษณะหลักของกระบวนการทำงาน ได้ดังนี้

1. ในการทำงาน มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน
2. กระบวนการทำงาน ที่ทำให้งานสำเร็จลงงานหนึ่ง ประกอบด้วย การทำงานในขั้นตอนย่อยๆ หลายขั้นตอนประกอบกัน
3. ในการทำงาน อาจประกอบด้วยกระบวนการทำงานหลายแบบ แต่ละแบบก็คือขั้นตอนการทำงานที่ต่างชุดกัน แต่ละชุดของขั้นตอนการทำงาน อาจก่อให้เกิดผลลัพธ์ต่อการทำงานต่างกัน
4. ในกระบวนการทำงานนั้น มีขั้นตอนการทำงานซึ่งมีการควบคุม การควบคุมคือ **'การเลือก'** การควบคุมหรือการเลือกนี้ จะกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานถัดไป ซึ่งอาจเป็นการเปลี่ยนชุดกระบวนการทำงานใหม่ เพื่อให้ผลลัพธ์ของการทำงาน เป็นไปตามที่ต้องการ
5. งานเกือบทุกชนิด ก็คือ การดำเนินการซึ่งมีการเลือกกระบวนการทำงานที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ
6. **'เงื่อนไข'** จะเป็นตัวกำหนดเลือกว่า กระบวนการทำงานที่จะให้ผลสัมฤทธิ์ที่ต้องการจะต้องเป็นอย่างไร กระบวนการทำงานใดจะถูกใช้ จึงจะได้ขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสม และได้ผลงานตามที่ต้องการ
7. ในระบบที่ซับซ้อน การทำงานประกอบด้วยหลายขั้นตอน จะมีเงื่อนไขการทำงานเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนต่างๆ งานที่สำเร็จก็คือ ผลของการเลือกกระบวนการทำงานที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ที่เหมาะสม ทำให้เกิดงานตามขั้นตอนซึ่งดำเนินไปได้ตั้งแต่ต้นจนจบ

ในการทำงานของหม้อหุงข้าวนั้น เงื่อนไขในการทำงานเกิดจากผลของการทำงานนั่นเอง ข้าวจะสุกหรือดิบหรือไหม้ ขึ้นอยู่กับว่าจะให้แผ่นความร้อนทำงานหรือไม่ ถ้าข้าวยังไม่สุกหากแผ่นความร้อนไม่ทำงาน ข้าวก็ดิบใช้ไม่ได้ 'ข้อมูล' ที่จะตัดสินใจในเรื่องนี้คือความร้อนในหม้อข้าว เมื่อข้าวเริ่มสุกน้ำจะแห้ง ความร้อนจะสูงขึ้น ข้อมูลนี้ก็คือเงื่อนไขให้วงจรตรวจสอบอุณหภูมิส่งสัญญาณไปตัดกระแสไฟฟ้าออก มิฉะนั้นการคงกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงวงจรทำความร้อนไว้จะทำให้ข้าวไหม้ การทำงานของหม้อไฟฟ้าเป็นระบบเช่นนี้ เรียกว่า 'ระบบที่โปรแกรมไว้' ระบบที่มีการป้อนกลับข้อมูลที่เกิดจากผลของการทำงาน แล้วเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานได้ด้วยตัวเองเช่นนี้ เรียกว่า ระบบ 'อัตโนมัติ'

ถ้าเราไม่มีหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เราต้องใช้วิธีดั้งเดิมคือ ตั้งหม้อใส่ข้าวใส่น้ำบนเตาไฟ แล้วก็ต้องรอดู กะเมื่อน้ำเดือดและข้าวเริ่มสุก ต้องเทน้ำออก ลดไฟโดยเอาถ่านแดงออกเสียบ้าง และเอียงหม้อข้าวสลับไปมา จนกระทั่งข้าวแห้งสุกสวยดี ทั้งหมดนี้เราใช้ความคิดตัดสินใจในขั้นตอนการทำงานต่างๆ ทั้งสิ้น ต้องคิดและเลือกว่าจะเทน้ำออกได้หรือยัง ต้องคิดและเลือกว่าไฟแค่นี้แรงไปหรือเปล่า เป็นต้น แต่เมื่อใช้หม้อหุงข้าวไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า **'คิด เลือก ตัดสินใจ'** รวมทั้ง **ทำ** แทนเราหมด

การคิด เลือก และตัดสินใจนี้ ไม่ใช่สุ่มสี่สุ่มห้า แต่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ เงื่อนไข เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายที่ต้องการ

'คิด เลือก ตัดสินใจ' เป็นคำที่ใช้สำหรับมนุษย์ที่มีสมอง แต่สิ่งที่เกิดในหม้อหุงข้าว คือการทำงานตามโปรแกรมของวงจรไฟฟ้า ซึ่งได้ผลงาน คือ 'ข้าวที่สุกกินได้' ไม่ต่างจากที่คนทำ

ดังนั้น **ความเป็นสมอง 'คิด' นั้นก็เทียบได้กับ กระบวนการทำงานอันเกิดจาก 'โปรแกรม'** ซึ่งสร้างไว้ในวงจรไฟฟ้าในหม้อหุงข้าว ทั้ง 'โปรแกรม' และ 'การคิด' ต่างทำงานอย่างเดียวกัน คือหุงข้าวให้สำเร็จ โดยกระบวนการหลักก็คือ การเลือกขั้นตอนการทำงานต่างๆ ที่เหมาะสม การอธิบายเช่นนี้ สอดคล้องกับการอธิบายการทำงานภายในของสมอง ซึ่งก็คือการเชื่อมโยงของวงจรของเซลสมองโดยมีกระแสสัญญาณประสาท 'เลือก' วิ่งอยู่ในเส้นทางวงจร(pathway)ต่างๆ โดยนัยนี้ 'การคิด' ก็คือ 'การเลือก' ทั้งรูปแบบพฤติกรรมภายนอก และ การทำงานของวงจรเซลสมองภายใน



เกมหมากรุกเป็นตัวอย่างที่ดี
ในการทำความเข้าใจเรื่อง 'คิด-ทำ'

เมื่อถึงตาเด็กคนนี้เดิน สิ่งที่เขาทำ
คือสิ่งที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่เกิดขึ้นในแต่ละหมาก
ที่ปรากฏบนกระดาน

เป้าหมายของสิ่งที่ทำ คือสามารถหลบอำนาจโจมตี
จากหมากของคู่ต่อสู้ และหาทางกำชัยในการเล่น

คู่ต่อสู้ในเกมหมากรุกในยุคสมัยใหม่
ไม่จำเป็นต้องเป็นมนุษย์เสมอไป
คอมพิวเตอร์ถูกสร้างขึ้นมา
ให้สามารถคิดและเดินหมากได้แทนมนุษย์ได้

คอมพิวเตอร์ทำงานตาม 'โปรแกรม'
ซึ่งเป็นคำสั่งรายละเอียด
เกี่ยวกับหมากที่จะเดินในเงื่อนไขต่างๆ
เป้าหมายของคอมพิวเตอร์ถูกกำหนดไว้
เช่นเดียวกับมนุษย์ที่เล่นเกม
คือหลบหลีกอำนาจโจมตีจากหมากของคู่ต่อสู้
และหาทางกำชัยในเกม



Photo of Radio Shack Chess Computer 2150L.

Source: English Wikipedia, uploaded there by Model Citizen
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:RS__Chess__Computer.JPG, Mar 2007

แต่คอมพิวเตอร์ไม่สามารถเป็นอื่นเองได้ นอกจากคำสั่งโปรแกรมที่กำหนดไว้แล้ว
แต่มนุษย์จะอยู่ในเงื่อนไขของเกม เมื่อเขายังเล่นเกมอยู่เท่านั้น

มนุษย์ นอกจากจะคิดตามที่โปรแกรมเงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว
ยังสามารถเปลี่ยนเงื่อนไข หรือหาทางทำในวิธีใหม่ๆ ที่ยังไม่เคยกำหนดไว้ด้วย

ในระบบที่ยิ่งซับซ้อนมากเท่าไร จะยิ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลายขั้นตอน 'โปรแกรมอัตโนมัติ' จะคอยตรวจสอบ แก้ไข ปรับเลือกกระบวนการเพื่อให้ทั้งขั้นตอนก่อนหน้าและขั้นตอนต่อไปทำงานเหมาะสม เพื่อให้งานสำเร็จลงตามเป้าหมาย

คอมพิวเตอร์นั้น ทำงานได้โดยใช้กระบวนการเช่นนี้ กล่าวคือ โลจิกเกทหน่วยหนึ่งๆ ทำงานจากการเปรียบเทียบข้อมูลเข้า 2 ค่า เมื่อโลจิกเกทมากมายทำงานประสานกันเข้า ข้อมูลจำนวนมากก็จะเข้าสู่หน่วยประมวลผล เพื่อเลือกหรือกำหนดวิธีทำงาน จากค่า 2 ค่าจะกลายเป็นค่ามากมาย(ทวีกำลังตามจำนวนโลจิกเกท) ค่าต่างๆ เหล่านี้ก็คือเงื่อนไข หรือรายละเอียดในการทำงาน ซึ่งถูกกำหนดหรือ 'โปรแกรม' ไว้ในวงจร ด้วยวิธีนี้โลหะทรงกระบอกสามารถเป็นจรวดขีปนาวุธที่ร่อนออกจากฐานยิง หลบหลีกสิ่งกีดขวางต่างๆ ปรับระยะเพดานบินตามสภาพพื้นที่นอกจากจะพุ่งสู่เป้านิ่งแล้วยังสามารถพุ่งไล่ตามเครื่องบินที่เคลื่อนที่แม่นยำกว่ายิงปืนลมในงานวัดเสียอีก

โปรแกรมคือ 'ระเบียบวิธี' เป็นขั้นเป็นตอนที่ได้วางไว้เพื่อกำหนดกระบวนการทำงาน บางครั้งอาจเรียกว่า โปรแกรมคือกระบวนการซึ่งกำหนดกระบวนการอื่นๆ ในการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานทั้งหมด อาจมีขั้นตอนตรวจสอบ 'ข้อมูล' ที่จำเป็น ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นเงื่อนไข ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าว่า กระบวนการอาจต้องสับเปลี่ยนโดยอาจเลือกใช้กระบวนการที่ 1, กระบวนการที่ 2, ... หรืออื่นๆ แล้วแต่ว่าข้อมูลที่เป็นเงื่อนไขนั้นจะมีคุณภาพหรือปริมาณบ่งชี้อย่างไร

ลักษณะที่เป็นหลักของ 'โปรแกรม' ก็คือ 'การมีเงื่อนไข' คือมีการเปรียบเทียบ ตรวจค่าข้อมูล และกำหนดกระบวนการที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 กระบวนการ เพื่อให้สอดคล้องกับค่าข้อมูลที่แตกต่างกันนั้น

โดยสรุป ใน(โปรแกรม)การทำงานโดยทั่วไป ระหว่างการทำงาน อาจต้องเลือกทำงานในแบบที่ 1 หรือแบบที่ 2 หรืออื่นๆ แล้วแต่ว่าข้อมูลที่เป็นเงื่อนไขจะกำหนดไว้ว่าอย่างไร การ 'เลือก' ใน(โปรแกรม)การทำงานก็คือ 'แบบจำลองของการคิด' นั่นเอง

การคิด -ไม่ใช่อะไรอื่น 'การคิด' ก็คือ 'การเลือก' เพื่อที่จะให้การงานดำเนินไปตามเงื่อนไข เงื่อนไขสำคัญก็คือ ผลสำเร็จของงาน

การงานในกระบวนการง่ายๆ ไม่ซับซ้อน เราเรียกว่า 'เลือก' หรือ 'ทำตามเงื่อนไขที่มีไว้ให้เลือก' การงานในกระบวนการที่มีเงื่อนไขซับซ้อน เรียกว่า 'คิด-ตัดสินใจ'

เราใช้นิยามนี้กันอยู่แล้วในชีวิตประจำวัน เช่น ถ้าใครทำตามคำสั่งตามระเบียบหรือกระบวนการที่กำหนดขั้นตอนไว้ โดยไม่พลิกแพลงหรือไม่ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป คือไม่มีความสามารถที่จะตัดสินใจเลือกทำแบบอื่น (เพื่อเป็นการแก้ปัญหา) มักถูกเรียกว่า **'คิดไม่เป็น'**... (โดยเฉพาะเมื่อทำตามขั้นตอนที่ว่าแล้วเกิดผลไม่สำเร็จขึ้นมา) ส่วนใครที่พลิกแพลงได้มาก ตัดสินใจโดยไม่ต้องถามเราเรียกว่า **'คิดเก่ง'** (เว้นว่าอย่าพลาด ถ้าพลาดเรียกว่า 'อวดรู้')

โดยทั่วไปแล้ว เรามักมีความเข้าใจว่า 'การคิด' คือ การทำความเข้าใจต่อข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับ ส่วน 'การเลือก หรือ ตัดสินใจ(เลือก)' นั้นเป็นอีกสิ่งหนึ่ง และการปฏิบัติหรือทำตามที่เลือกหรือตัดสินใจนั้น ก็เป็นอีกเรื่อง

ถ้าทำความเข้าใจใหม่ตามที่เสนอมานี้ จะเห็นว่า การคิดก็ดี การเลือกก็ดี และการทำ(ตามที่เลือกหรือไม่ก็ตาม)ก็ดี เป็น กระบวนการเลือกจากข้อมูล เป็นการ เปรียบเทียบข้อมูลใหม่ว่าใช่หรืออยู่ในกลุ่มไหนของข้อมูลเก่า เมื่อคัดกรองหรือแยกข้อมูลได้ ก็เลือกว่าข้อมูลนี้ตรงกับข้อมูลที่เคยมีประสบการณ์ในทางคุณภาพต่างๆ ที่เคยรู้มาว่าอย่างไร (ดีหรือไม่ เป็นต้น) หลังจากนั้นก็จะเลือกว่าจะใช้วงจรไหนในกระบวนการทำงานของระบบประสาทสั่งการ เพื่อให้สั่งการทำ ตามที่เลือก ซึ่งก็มักจะ 'คาดผล' หรือมีเป้าหมายไว้แล้ว ผลที่ได้จากการ 'ทำ' จะย้อนมาเป็นข้อมูลใหม่ เป็น 'เงื่อนไข' เริ่มต้นของกระบวนการทั้งหมดอีกทีหนึ่ง

เราจะเห็นว่า แท้จริงแล้ว ทั้ง 'การคิด-การตัดสินใจ-พฤติกรรม' ก็คือ กลไกแบบหนึ่ง คือเป็นกระบวนการหรือการทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เงื่อนไขนั้นมาจากข้อมูลที่ได้รับเข้ามา

ข้อมูลอย่างหนึ่ง จะทำแบบหนึ่ง
ข้อมูลที่ต่างไป ก็ทำแบบอื่น

การคิดก็คือ กระบวนการทำงานแบบกลไกชนิดหนึ่ง

มีความแตกต่างระหว่าง การคิดกับการทำ ประการสำคัญอย่างหนึ่งคือ แม้การคิดและการทำจะเป็นกระบวนการพื้นฐานแบบเดียวกันของวงจรของเซลสมอง แต่การทำต่างจากการคิด ที่ว่า 'การทำ' ก่อให้เกิดผล เป็นรูปธรรม อันมีพลวัตต่อสิ่งแวดล้อมภายนอก ขณะที่การคิดเฉยๆ ไม่ได้ก่อให้เกิดผลอะไรทางรูปธรรม

ไม่ว่าจะเป็น การทำตามแบบแผน(คำสั่ง) การเลือกทำ การคิด-ตัดสินใจทำ ต่างก็เป็นกระบวนการที่มีแบบแผน ลำดับขั้นตอน (เป็นโปรแกรม) ซึ่งทำให้บางสิ่งเกิดขึ้น ต่อเนื่องจากสิ่งหนึ่งตามลำดับกัน โดยมีเงื่อนไขกำกับลำดับขั้นตอนต่างๆ ในแบบแผนนั้น

ในระบบที่ซับซ้อน เช่น คอมพิวเตอร์ ระบบการทำงานดำเนินไปโดยต่อเนื่อง ผลงานของระบบจะเปลี่ยนไปตามข้อมูล ซึ่งเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (ข้อมูลนั้นอาจถูกกำหนดมาจากนอกระบบ หรือเกิดขึ้นโดยระบบเอง ข้อมูลที่เกิดขึ้นโดยระบบเองและกลายเป็นเงื่อนไขการทำงานของระบบ เรียกว่า feed back-ข้อมูลย้อนกลับ) คอมพิวเตอร์ที่มีระบบทำงานซับซ้อนเช่นนี้ เราก็อาจมีอรรถาธิบายว่าคอมพิวเตอร์ถูกโปรแกรมให้ 'คิด' ได้

สิ่งมีชีวิตแรกเกิดก็มีแบบแผนกลไกของ 'การคิด' เพื่อทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งมาล่วงหน้าแล้ว ในที่นี้ ขั้นตอนของการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งถูกกำหนดไว้เป็นกระบวนการตายตัว **กระบวนการที่ถ่ายทอดผ่านกรรมพันธุ์มาทั้งสิ้นนั้น คือ "แบบแผนการคิด" ที่ผลักดันให้การกระทำต่างๆ ได้เกิดขึ้นตามขั้นตอนโดยเฉพาะ "เลือกที่จะเกิดขึ้นแบบนั้น ทำแบบนั้น" ไม่เป็นแบบอื่น** เพราะทางที่เลือกนั้นเหมาะสมที่จะเกื้อกูลต่อชีวิตที่จะดำรงอยู่ต่อไป

'การคิด-การตัดสินใจ-พฤติกรรม' ก็คือ กลไกแบบหนึ่ง คือเป็นกระบวนการหรือการทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เงื่อนไขนั้นมาจากข้อมูลที่ได้รับเข้ามา

คอมพิวเตอร์เองนั้นก็มีชุดคำสั่งโปรแกรมระบบการทำงานเบื้องต้นบันทึกอยู่ในชิ้นส่วนเล็กๆ บนวงจรที่เรียกว่า รอม(ROM) โปรแกรมบนรอมก็คือ 'รหัสอธิบายความคิด' ของคอมพิวเตอร์ในความจำ เมื่อเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จึงทำงานได้

ข้อมูลก็คือ ตัวรหัส หรือ สิ่งที่ระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ จะนำเอาไปแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ทั้งใช้เป็นกระบวนการทำงานของคอมพิวเตอร์ หรือเป็นเงื่อนไขสำหรับกระบวนการทำงาน

เมื่อเปรียบเทียบกับสมอง สิ่งที่อยู่ในสมองนั้น ก็คือร่างแหของวงจรเซลสมอง ซึ่งเป็นโครงสร้างเป็นรูปธรรมที่เห็นได้ ในร่างแหนี้ มีทางเดินวงจรที่จะเป็นทางผ่านของสัญญาณในขณะที่สมองทำงาน วงจรเหล่านี้เปรียบได้กับวงจรสำหรับทำหน้าที่คิด หรือเป็นกระบวนการคิด แบบแผนของวงจรเหล่านี้เมื่อยังไม่มีสัญญาณวิ่งอาจเปรียบได้ว่าเป็น 'ข้อมูล' เป็นชุดข้อมูลคำสั่งที่รอจะทำงานอยู่ เมื่อสมองทำงานผ่านการกระตุ้นของสัญญาณไปในวงจร การทำงานของวงจรก็เกิดขึ้น ส่งผลเป็นการเคลื่อนไหวหรือการประมวลผลจากสื่อสัมผัสต่างๆ ที่รับเข้ามา

คำว่า 'การคิด' ใช้สื่อความหมายกันในการสนทนาได้เข้าใจดี แต่ถ้าจะใช้อธิบายถึง 'สมองคิด' หรือกระบวนการคิดที่เกิดในสมอง อาจต้องใช้คำอื่น ที่สามารถให้ภาพของลำดับขั้นตอนของสิ่งที่เกิดในสมองได้ชัดเจนขึ้น

การคิดและการประมวลผล ก็คืออย่างเดียวกัน คำว่า 'ประมวลผล' ดูจะเป็นคำที่มีลักษณะอธิบายกระบวนการมากกว่าคำว่า 'คิด' ซึ่งทั้งสองคำก็คือ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งกับข้อมูล ข้อมูลในที่นี้ ก็คือ สิ่งที่ 'คอมพิวเตอร์' หรือ 'สมอง' จะนำเอาไปใช้ได้ ตัวกระบวนการเอง ในที่สุดก็อาจเป็นข้อมูลอันหนึ่ง ของขั้นตอนกระบวนการอื่นๆ ในระบบของการทำงานทั้งหมด วงจรในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ หรือ ร่างแหวงจรของเซลสมอง ซึ่งมีสัญญาณไฟฟ้าทำงานอยู่ ก็นับเป็นข้อมูล เป็นเงื่อนไขสำหรับ การคิดประมวลผล นั้น

แต่ 'ความจำ' ในสมองไม่เหมือน 'ความจำ' ในคอมพิวเตอร์ทีเดียวนัก ในคอมพิวเตอร์ ความจำเป็นโครงสร้างของสารกึ่งตัวนำที่ทำสำเร็จรูปมาจากโรงงานเรียกว่า 'ชิป' ในชิปนี้ สามารถจะส่งข้อมูลเข้าไปไว้ และข้อมูลจะอยู่ในนั้นจนกว่าจะปิดเครื่องหรือ 'ลบ' ข้อมูลออก

ส่วน **ความจำในสมอง ก็คือข้อมูลในรูปโครงสร้างทางเดินของวงจรของเซลสมอง ที่พร้อมจะนำมาใช้งานเมื่อเกิดสัญญาณของคลื่นประจุไฟฟ้า ไหลเวียนขึ้นในวงจร** ทางเดินวงจรนี้ก็คือ ตัวเซลสมอง-แอกซอน-ซีนแนปส์-เดนไดรท์ ที่จ่อวางต่อกันอยู่ในสมอง

ทางเดินวงจรนี้ ถ้ามีมาแต่เกิด (เช่นสิ่งที่มีมาในลูกเต่าเกิดใหม่) มักไม่เรียกว่า 'ความจำ' เรามักจะใช้ชื่อ 'ความจำ' ต่อเมื่อวงจรนั้นถูกสร้างขึ้นมาโดยการเรียนรู้ใหม่ วงจรความจำนี้ไม่ได้เกิดขึ้นง่ายนัก จะต้องมีการใช้วงจรนั้นซ้ำๆ หลายๆ ครั้ง หรือมีกระบวนการอื่นที่กระตุ้นวงจรนี้จนซีนแนปส์เชื่อมต่อกันอย่างดี เป็นทางผ่านของสัญญาณอย่างสะดวก วงจรอยู่ตัว 'ข้อมูลความจำ' จึงเกิดขึ้นในสมอง

ความจำ มีลักษณะพิเศษ อยู่อย่างหนึ่งคือมันจะเป็น ความจำ ที่มีความหมายสมบูรณ์ ก็ต่อเมื่อมันสามารถถูกนำมาใช้ได้หรือเข้าถึงได้ ข้อมูลที่อยู่ในสมองแต่ไม่สามารถมีวิธีใดที่รู้ได้ว่ามันมีอยู่ เอามาใช้ไม่ได้ ก็บอกไม่ได้ว่า มันมี 'ความจำ' อยู่หรือไม่

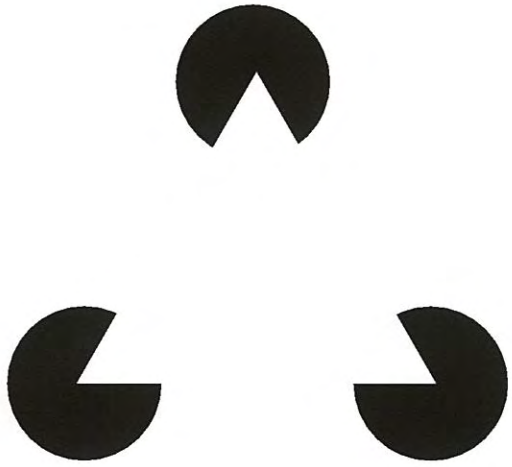
การคิดและความจำ หรือ 'คำสั่ง' สำหรับเต่าเกิดใหม่หรือม้าหรือทารกที่เกิดใหม่นี้ เป็นของมีมาตั้งแต่เกิด ซึ่งอาจดูไม่เหมือนภาพที่เรานึกคิดไว้ในเรื่อง 'กระบวนการเรียนรู้' กระบวนการเรียนรู้ดูจะเกี่ยวกับอะไรที่เกิดขึ้น 'ใหม่' อันเป็นผลจากการคิดหรือการประมวลข้อมูลที่เข้ามาภายหลัง อันจะก่อให้เกิด 'ความเข้าใจ' หรือ 'ทักษะ' อย่างใหม่หรือพัฒนาขึ้นกว่าเดิม

'การคิดใหม่' หรือ 'การมีทางเลือกให้พิจารณาใหม่' มักเริ่มต้นมาจากการรับข้อมูลใหม่หรือรับทราบเงื่อนไขใหม่ อันจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงอันเป็นการดำเนินการไปตามทางเลือกใหม่ที่เหมาะสม เพื่อให้ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายของงาน โดยเฉพาะ ผลสำเร็จของงานในแต่ละขั้นตอนนั้นเป็นข้อมูลเงื่อนไขสำคัญยิ่ง ที่จะกำหนดให้เกิดการคิดใหม่ ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้และพัฒนากระบวนการต่างๆ

ทั้งหมดนี้ก็คือ **กระบวนการเรียนรู้** นั่นเอง

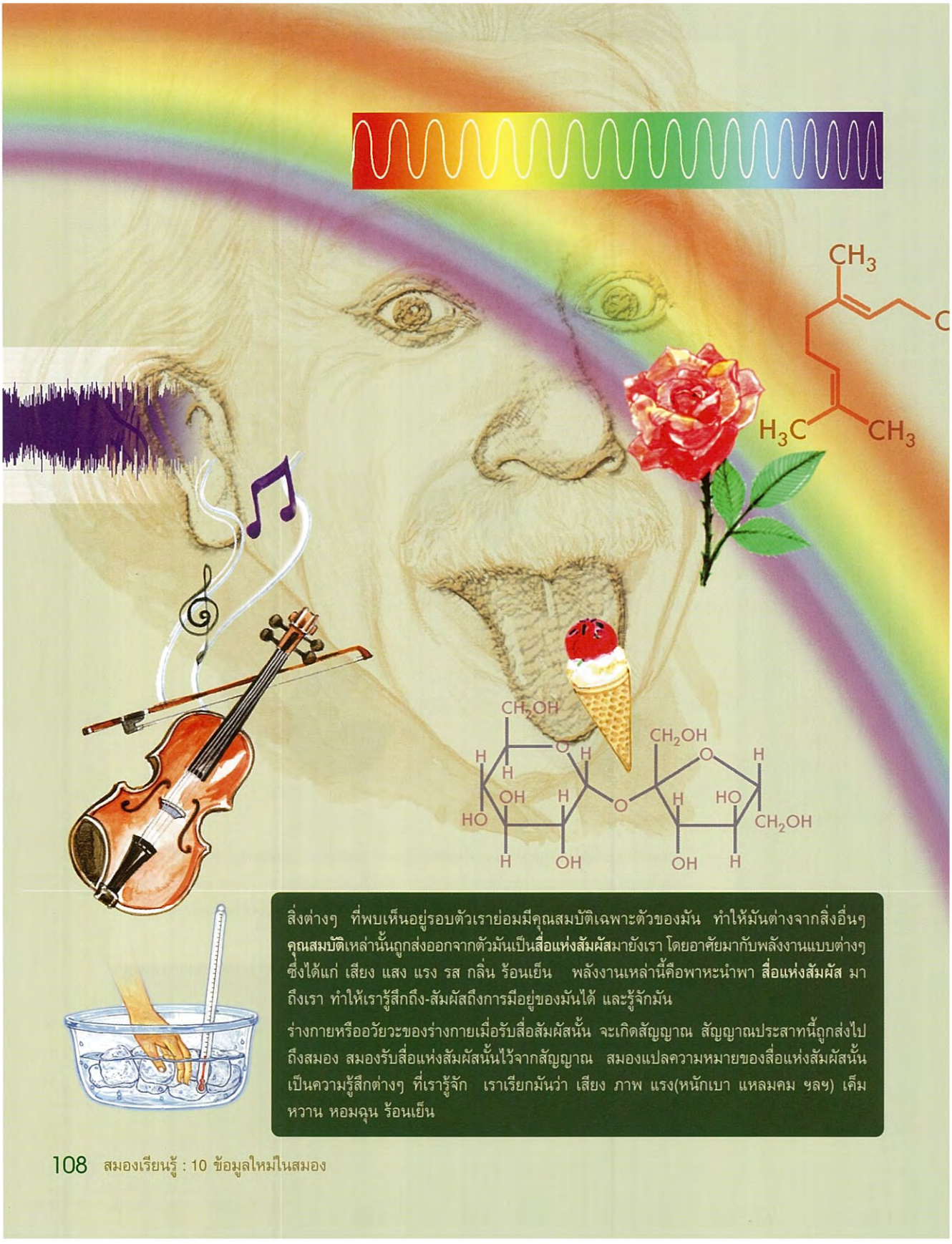
ข้อมูลใหม่ในสมอง 10

การก่อ-สร้าง ความคิด และ ความจำ



สมองสร้างรูปขึ้นใหม่ เอาลักษณะที่บอกนัยชัดเจน (definitive elements) จากสิ่งที่ได้รับรู้มาเทียบเคียงกับประสบการณ์ที่จดจำผ่านมา จากนั้นสมองจะค้นหาจากความจำส่วนอื่นๆ นำสิ่งที่คิดว่าน่าจะมีความสัมพันธ์สอดคล้องเข้ากันได้ เติมลงในช่องว่างส่วนที่เหลือเอาเอง

มนุษย์รู้จักโลก เพียงเท่าที่ สมองสร้างโลกนั้นขึ้นในสมอง



สิ่งต่างๆ ที่พบเห็นอยู่รอบตัวเราย่อมมีคุณสมบัติเฉพาะตัวของมัน ทำให้มันต่างจากสิ่งอื่นๆ **คุณสมบัติ**เหล่านั้นถูกส่งออกจากตัวมันเป็น**สื่อแห่งสัมผัส**มายังเรา โดยอาศัยมากับพลังงานแบบต่างๆ ซึ่งได้แก่ เสียง แสง แรง รส กลิ่น ร้อนเย็น พลังงานเหล่านี้คือพาหะนำพา **สื่อแห่งสัมผัส** มาถึงเรา ทำให้เรารู้สึกถึง-สัมผัสถึงการมีอยู่ของมันได้ และรู้จักมัน

ร่างกายหรืออวัยวะของร่างกายเมื่อรับสื่อสัมผัสนั้น จะเกิดสัญญาณ สัญญาณประสาทนี้ถูกส่งไปถึงสมอง สมองรับสื่อแห่งสัมผัสนั้นไว้จากสัญญาณ สมองแปลความหมายของสื่อแห่งสัมผัสนั้นเป็นความรู้สึกต่างๆ ที่เรารู้จัก เราเรียกมันว่า เสียง ภาพ แรง(หนักเบา แหลมคม ฯลฯ) เค็ม หวาน หอมฉุน ร้อนเย็น

การรับรู้ การคิด ความจำ คือ โครงข่ายวงจรร่างแหของเซลสมองที่ทำงานอยู่

เมื่อเรารับรู้หรือเริ่มทำการเรียนรู้ เราใช้อวัยวะได้แก่ หู-ฟัง ตา-มอง มือ-สัมผัส จมูก-ดม ลิ้น-ชิม อวัยวะทั้งห้านี้เป็นประตูรับโลกภายนอกเข้าสู่ตัวเรา โลกภายนอกปรากฏแก่เราในรูปของ เสียง ภาพ(แสง) ลักษณะผิว ความแข็งอ่อนของวัตถุและอุณหภูมิ(จากการสัมผัสจับต้อง) กลิ่น และรส

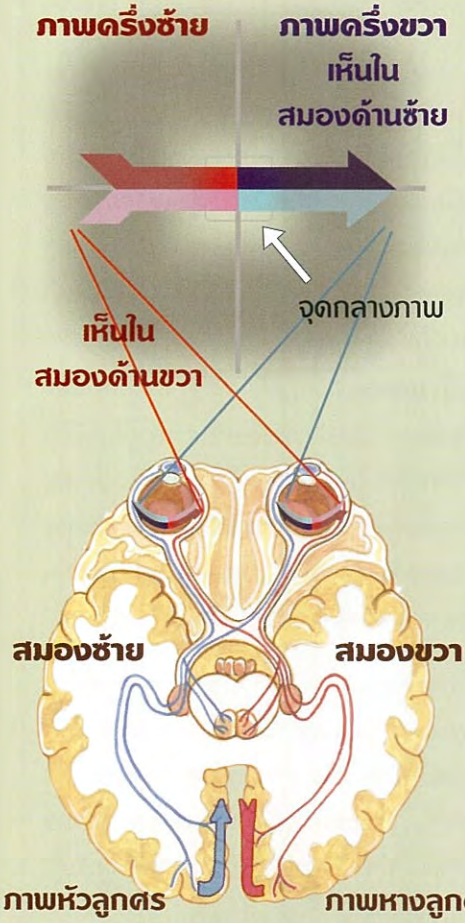
ที่หู-พลังงานจากคลื่นเสียงกระตุ้นเซลของอวัยวะรับเสียงในหูชั้นใน เกิดเป็นสัญญาณ ที่ตา-พลังงานแสงกระตุ้นเซลที่จอรับภาพ เกิดเป็นสัญญาณ ที่จมูกและลิ้น-ปฏิกิริยาเคมีกระตุ้นเซลรับกลิ่นและรสที่เยื่อบุผิวภายในจมูกและบนลิ้น เกิดเป็นสัญญาณ เมื่อมือสัมผัสและรู้สึก แข็ง อ่อน หยาบ เรียบ นุ่ม เหลว นั่นคือแรงต้านที่ส่งผ่านจากวัตถุที่สัมผัสมาสู่มือ ผิวหนังส่วนอื่นของร่างกายก็รับสัมผัสจากแรงนี้ได้เช่นกัน แต่มือเราจะสามารถแยกแยะลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นได้ดีกว่า แรงต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดสัญญาณ วัตถุที่สัมผัสที่ลิ้นและผิวหนังยังถ่ายเทพลังงานจลน์ของโมเลกุลคือความร้อนเย็นที่มากระตุ้นเซลรับสัมผัสบริเวณนั้นๆ ทำให้เกิดสัญญาณ

สัญญาณนี้มีลักษณะเป็นคลื่นไฟฟ้าเดินทางผ่านแขนงประสาทมายังสมองทาลามัส (thalamus) แล้วถูกส่งไปที่ผิวสมองคอร์เทกซ์ สัญญาณเหล่านี้ เกิดจากอวัยวะของร่างกายสัมผัสกระทบกับพลังงานซึ่งมาจากวัตถุภายนอก สัญญาณเหล่านี้คือ **พาหะของสื่อแห่งสัมผัส** สัญญาณเหล่านั้นพาสื่อสัมผัสต่างๆ มากับมันด้วย

ผิวสมองถูกกระตุ้นจากสัญญาณเหล่านี้ มีการไหลเวียนของสัญญาณดังกล่าวในร่างแหของเซลสมอง เมื่อร่างแหของเซลสมองทำงานมีสัญญาณเหล่านี้ไหลเวียนอยู่ เรียกว่า สมองรับสื่อแห่งสัมผัสนั้นจากสัญญาณที่พามา นั่นคือ สมองกำลังมีปฏิกิริยาต่ออะไรบางอย่างที่มากระทบตัวเรา (ปฏิกิริยานี้เรียกว่า **sensation** หรือ **รับสัมผัส**) ขั้นตอนต่อเนื่องตามมาคือ **'การรับรู้' (perception)** หรือ **การรู้จัก-รู้สึก-และเข้าใจในสัมผัส** ได้แก่ การรู้สึกเห็นภาพ รู้สึกได้ยิน รู้สึกถึงสัมผัสจับต้อง รู้สึกถึงการเคลื่อนไหว รู้สึกได้กลิ่น รู้สึกมีรส การรับรู้ความรู้สึกนี้เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการแยกแยะลักษณะสัญญาณที่ไหลเวียนอยู่ในวงจรร่างแหเซลสมอง ณ ตำแหน่งต่างๆ

การที่เรามีความรู้สึกรับรู้สิ่งต่างๆ ว่า มีคุณสมบัติเช่นนั้นเช่นนี้ มีความหมายเป็นนัยเดียวกับกล่าวว่า คุณสมบัติของสิ่งต่างๆ นั้นเกิดขึ้นในใจของเรา ถูกรับรู้โดยเรา ร่างแหเซลสมองที่ผิวสมองคอร์เทกซ์เมื่อถูกกระตุ้นจะสร้าง 'การรับรู้' ขึ้น **'สิ่งที่ถูกรับรู้' 'การรับรู้' 'ตัวตนที่รับรู้'** นั้นเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน

สิ่งที่ 'เรา-รับ-รู้' ไม่ใช่สัญญาณคลื่นไฟฟ้า ไม่ใช่โฟตอนของแสง ไม่ใช่การเคลื่อนที่ในรูปคลื่น ไม่ใช่ระดับพลังงานจลน์ของโมเลกุล ฯลฯ แต่ 'ตัวตน' ของเรารับรู้ หรือ **รู้จักว่า นี่คือ เสียง สีแสง ร้อนเย็น อ่อนแข็ง หนักเบา มีกลิ่น และรส ต่างๆ** รวมทั้งเมื่อมีการรับรู้ในขั้นตอนซ้อนขึ้นไปอีก ก็รู้จักว่านี่เป็นเสียงไวโอลิน เป็นรุ้งกินน้ำ เป็นดอกกุหลาบ เป็นก้อนน้ำแข็ง เป็นไอศกรีม เป็นต้น



ตำแหน่งที่สัญญาณภาพมาถึงสมอง

เรา 'เห็นภาพ' หนึ่งภาพ จากตาสองตา

จุดที่เห็นภาพชัดที่สุดอยู่ตรงหน้า, ตรงกลางภาพ

ภาพที่เราเห็น เป็นความรู้สึกที่สร้างขึ้นจากข้อมูลสัญญาณจากตาสองข้างที่รับแสง

ตาทั้งสองข้างรับแสงจากภาพภาพเดียวกัน

ถึงแม้ว่าตำแหน่งของตาที่ห่างกัน

ทำให้มุมของแสง(และภาพที่ปรากฏต่อตาแต่ละข้าง) ต่างกันเล็กน้อย

แต่ภาพปรากฏต่อเราเป็นภาพเดียว

ที่สำคัญก็คือ แม้ว่าตาแต่ละข้างจะรับแสงจากภาพได้เต็มภาพเหมือนกัน

แต่สัญญาณภาพถูกส่งไปยังสมองแต่ละซีกเพียงครึ่งภาพของที่ตาเห็นเท่านั้น

ถ้าเราปิดตาหนึ่งข้าง เรายังเห็นได้เต็มภาพจากตาข้างที่เหลือ

แต่ถ้าเราตัดสมองไปหนึ่งข้าง เราจะเห็นภาพแค่ครึ่งภาพ

คือเห็นภาพเฉพาะด้านตรงข้ามสมองที่ถูกตัดออก

'ภาพ' คือการรู้สึกรับรู้ อันเกิดจากการทำงานของสมองหลายส่วน

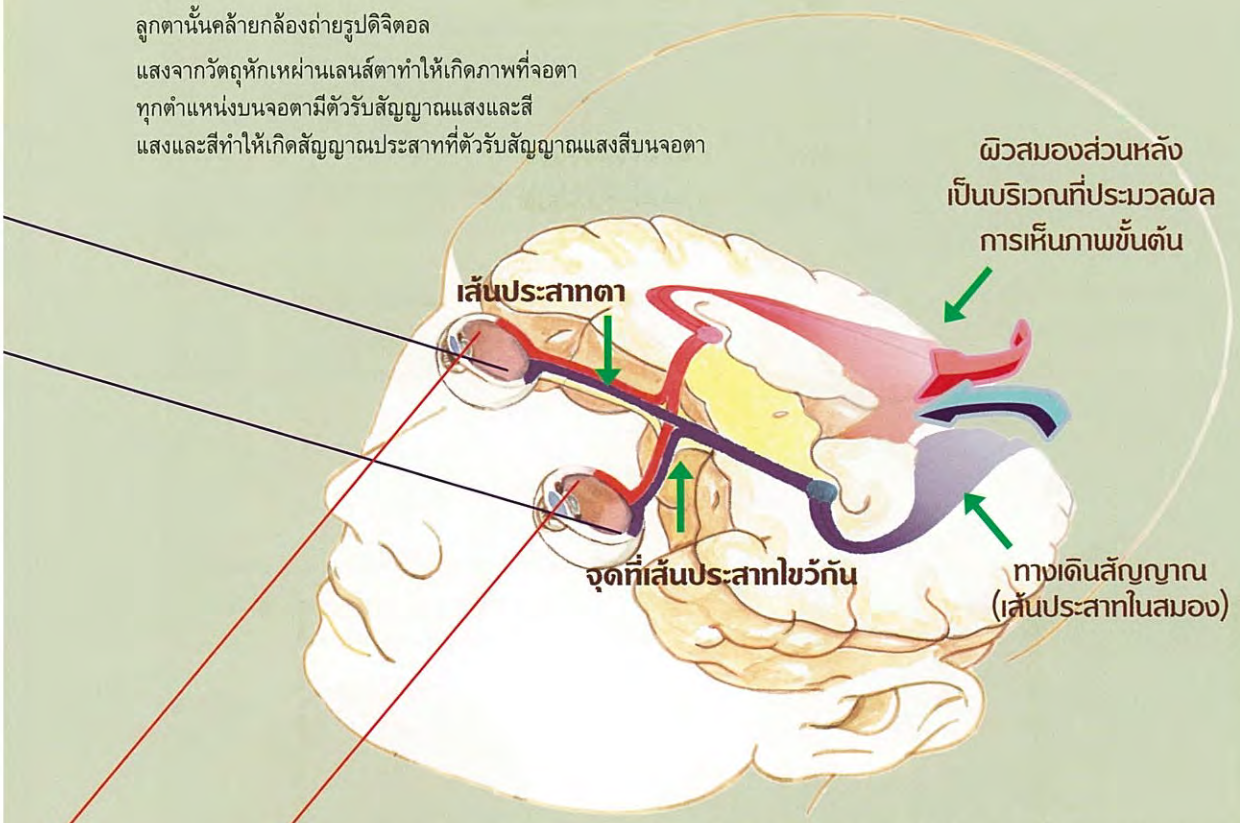
การทำงานของสมองใน 'การเห็นเป็นภาพ' เป็นตัวอย่างที่ดีของ

การก่อ-สร้างวงจรข้อมูลขึ้นในสมอง

เป็นการก่อ-สร้าง การรับรู้-การคิด-ความจำ

และเป็นการก่อ-สร้างวงจรการเรียนรู้ที่สำคัญ

ลูกตานั้นคล้ายกล้องถ่ายรูปดิจิตอล
แสงจากวัตถุหักเหผ่านเลนส์ตาทำให้เกิดภาพที่จอตา
ทุกตำแหน่งบนจอตามีตัวรับสัญญาณแสงและสี
แสงและสีทำให้เกิดสัญญาณประสาทที่ตัวรับสัญญาณแสงสีบนจอตา



เซลประสาทบนจอตารับสัญญาณจากตัวรับแสงสีบนจอตา แล้วส่งต่อสัญญาณนั้นมาตามเส้นประสาท
เส้นประสาทแต่ละเส้นนำสัญญาณข้อมูลของแสง ที่ตกกระทบบนแต่ละหน่วยหรือวงพื้นที่รับแสงบน
จอตาไปยังผิวสมอง (โดยผ่านสถานีถ่ายทอดสัญญาณที่ทาลามัส)

สัญญาณที่มาถึงผิวสมองเป็นข้อมูลเกี่ยวกับ ความสว่าง และสี สัญญาณเหล่านั้นสร้างกระแส
ประสาทไหลเวียนขึ้นในโครงข่ายวงจรเซลสมอง
เซลบนผิวสมองจัดเรียงตัวต่อกันเป็นผืนบนผิวสมอง ตามตำแหน่งที่รับสัญญาณมาจากจอตา
การจัดเรียงเซลเพื่อรับสัญญาณข้อมูลตามตำแหน่งรับแสง ทำให้วงจรเซลสมองสร้างความหมาย
เกี่ยวกับการเห็นขึ้นได้ นั่นคือข้อมูลเกี่ยวกับแนวของแถบความสว่างที่ต่างกัน เส้นขอบ ตำแหน่ง
การเปลี่ยนตำแหน่งของแถบความสว่าง บนพื้นที่รับแสงบนจอตา
วงจรสมองรับรู้ต่อกระบวนแบบต่างๆ ของวงจรสัญญาณที่เกิดขึ้น 'ความรู้สึกเห็นภาพ' ก็เกิดขึ้น

การเห็นภาพจึงเป็นการสร้างการรับรู้ขึ้นใหม่ หรือ 'สร้างความรู้สึกเห็น' ขึ้น อันเป็นผลจากการทำงานของสมอง

สมองไม่ใช่จอรับภาพแบบฟิลม์บนกล้องถ่ายรูป สมองอาจจะคล้ายหน่วยประมวลผลที่รับสัญญาณ
จากตัวรับแสงในกล้องถ่ายรูปแบบดิจิตอลมากกว่า
สมองรับสัญญาณประสาทมาจากจอตา และนำสัญญาณนั้นมาแปลผลโดยเซลสมองอีกทอดหนึ่ง

ภาพกบบนจอตาเป็นภาพโฟกัสของแสงที่ชัดเจน
แต่จอตาถ่ายทอดสัญญาณแสงนี้ไปยังสมอง
โดยซอยภาพออกเป็นพื้นที่เล็กๆ ซึ่งซ้อนกันอยู่บนจอตา

สัญญาณภาพกบบนจอตา ได้มาจาก
วงพื้นที่รับแสงของเซลประสาทจอตาแต่ละเซล
วงพื้นที่แต่ละหน่วยรับสัญญาณจากตำแหน่งที่เหลื่อมซ้อนกัน
ข้อมูลแสงบนพื้นที่แต่ละวง
จะถูกส่งออกไปทางใยประสาทจอตาหนึ่งเส้น
เส้นใยประสาทจอตาทุกเส้นรวมกัน
เป็นมัดเส้นประสาทตาเส้นใหญ่ออกทางด้านหลังลูกตา

ภาพกบกลับหัวที่เกิด
บนจอของลูกตาข้างซ้าย



เกิดภาพกบกลับหัว กลับซ้ายขวา บนจอตา
(ลูกตานี้ผ่าครึ่ง จึงมีภาพด้านข้างของกบ
ให้เห็นเพียงครึ่งเดียว)

ผนังจอตา (ภาพขยาย)

ผนังจอตา

ลูกตาซ้าย
(ผ่าครึ่ง)

แสงจากกบหักเหผ่านเลนส์ของลูกตา

ทาลามัส
(lateral geniculate nucleus)

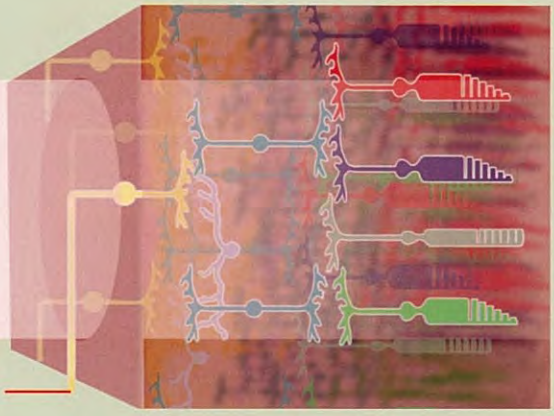
ผิวสมองด้านหลัง
(สร้างความรู้สึกเห็น)

วงพื้นที่รับแสง บนจอตา

(ganglion's receptive field)

จอตา คือพื้นที่รับแสงของเซลประสาทจอตาหลายหมื่นเซล พื้นที่รับแสงของเซลเหล่านั้นซ้อนเหลื่อมกัน หมายความว่า แสงตกบนจอตาหนึ่งจุด อาจกระตุ้นสัญญาณผ่านไปยังเซลประสาทจอตาที่อยู่ใกล้กันหลายเซล การที่พื้นที่รับสัญญาณแสงของเซลประสาทจอตาแต่ละเซลซ้อนเหลื่อมกันมีความสำคัญมากต่อการแปลผลเป็นการเห็นภาพต่อไป

เซลประสาทจอตา (ganglion cell)
เซลประสาทจอตารับสัญญาณจากตัวรับแสงชั้นในสุดของจอตา บนพื้นที่รับแสงมีตัวรับแสง (rods & cone) ซึ่งจะให้สัญญาณเมื่อโดนแสง สัญญาณจะส่งไปยังเซลประสาทชั้นกลางของจอตา (bipolar cells, horizontal cells, apocrine cells) จากนี้เซลประสาทจอตาจะรับสัญญาณเป็นตัวสุดท้าย ส่งต่อสัญญาณไปทางใยประสาทจอตา



แสง ฉายลงบนวงพื้นที่รับแสง 1 หน่วย
(ganglion's receptive field)

เส้นใยประสาทจอตา
คือแอกซอนของเซลประสาทจอตา(ganglion cell) ใยประสาทจอตาทั้งหมดรวมกันเป็นเส้นประสาทตา

เซลรับแสงบนจอตา (rods & cones)
ตัวรับแสงบนจอตาหนึ่งตัว ส่งสัญญาณไปยังเซลประสาทจอตาหลายเซลที่อยู่ใกล้เคียง

เส้นประสาทตา (optic nerve)
คือเส้นประสาททางด้านหลังของลูกตา เป็นมัดเส้นใยประสาทจอตารวมกัน ทอดไปยังกลุ่มเซลสมองทาลามัส(LGN)

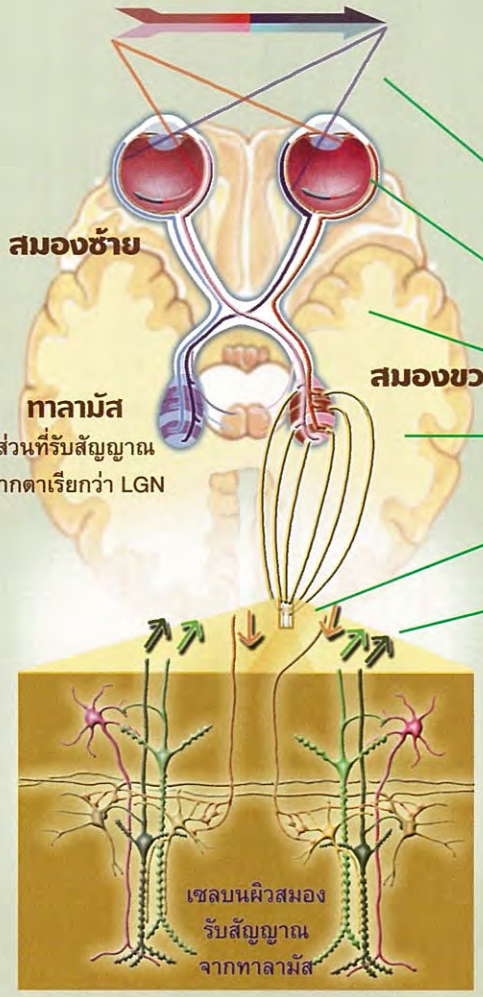


สื่อสัมผัสแสง ที่เดินทางไปกับสัญญาณประสาทบนใยประสาทจากจอตา มีข้อมูลแสงซึ่งซ้ำซ้อนกันจากเหตุที่วงพื้นที่รับแสงบนจอตาซ้อนเหลื่อมกัน

แสงตกลงบนวงพื้นที่รับแสง 3 วง

สัญญาณที่เกิดขึ้นบนวงที่ 1,2,3
ผ่านมายังเส้นประสาทจอตาเส้นที่ 1,2,3

พื้นที่รับแสงบางส่วนในวงที่ 2 ซ้อนทับกับพื้นที่ในวงที่ 3 แสงที่ตกลงบนบริเวณที่ซ้อนกันนั้น จะทำให้เกิดสัญญาณผ่านไปยังเซลประสาทจอตาของทั้งสองวง (วงที่ 2 และ 3) สัญญาณจะผ่านออกสู่ใยประสาทตาทั้ง 2 เส้น (2,3)



สัญญาณถูกส่งมาตามเส้นประสาทและทางเดินสัญญาณในสมอง ข้อมูลของแสงบนวงพื้นที่รับแสงบนจอตาตำแหน่งต่างๆ ส่งแยกมาเป็นกลุ่มๆ เป็นสัดเป็นส่วน รวมทั้งแยกสัญญาณจากตาซ้ายและตาขวาด้วย

แสงจากวัตถุหักเหผ่านเลนส์ตาเกิดภาพที่จอตา

ตัวรับแสงบนจอตากลุ่มหนึ่งส่งสัญญาณให้เซลประสาทจอตา

เซลประสาทจอตากลุ่มหนึ่ง ส่งสัญญาณให้เซลสมองทาลามัส

เซลทาลามัส(LGN) กลุ่มหนึ่ง ส่งสัญญาณให้เซลผิวสมอง

เซลที่ผิวสมองประสานกันเป็นโครงข่าย
สร้างความหมายการเห็นภาพจากข้อมูลสัญญาณที่ได้รับ

เซลที่ผิวสมองส่วนหลังส่งสัญญาณไปยังผิวสมองส่วนอื่น

เซลผิวสมองเรียงตัวในแนวตั้ง เซลชั้นกลางรับสัญญาณ

เซลสมองที่รับสัญญาณคือ กลุ่มเซลที่ทาลามัสเป็นอันดับแรกส่งต่อมายังเซลผิวสมองส่วนหลัง เซลสมองทั้งสองแห่งเรียงตัวต่อกันไปตามตำแหน่งสัญญาณแสงจากจอตา ให้สังเกตว่าสมองข้างหนึ่งรับสัญญาณจากจอตาทั้งสองข้างมาเพียงข้างละครึ่งของพื้นที่จอตา โดยครึ่งหนึ่งของสัญญาณจากตาแต่ละด้านไขว้ข้ามมายังสมองอีกด้านหนึ่ง

การสร้างวงจรที่เป็นระเบียบบนผิวสมองและทาลามัสเช่นนี้ ต้องอาศัยการทำงานของตาและสมองสัมพันธ์กันตั้งแต่เริ่มต้น ถ้าจอตาในทารกแรกเกิดไม่ได้รับแสง จะไม่สามารถส่งสัญญาณไปยังเซลที่ผิวสมอง เซลที่ผิวสมองก็ไม่ได้รับสัญญาณ การสร้างวงจรทำงานดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้น และนำไปสู่ความไม่สามารถในการมองเห็น ไม่สามารถรู้สึกเห็นหรือรับรู้แสงได้

เซลบริเวณผิวสมองส่วนหลัง (visual cortex)

สร้างการรับรู้และความรู้สึกเห็นภาพ
จากสัญญาณที่ส่งมาจากจอตา

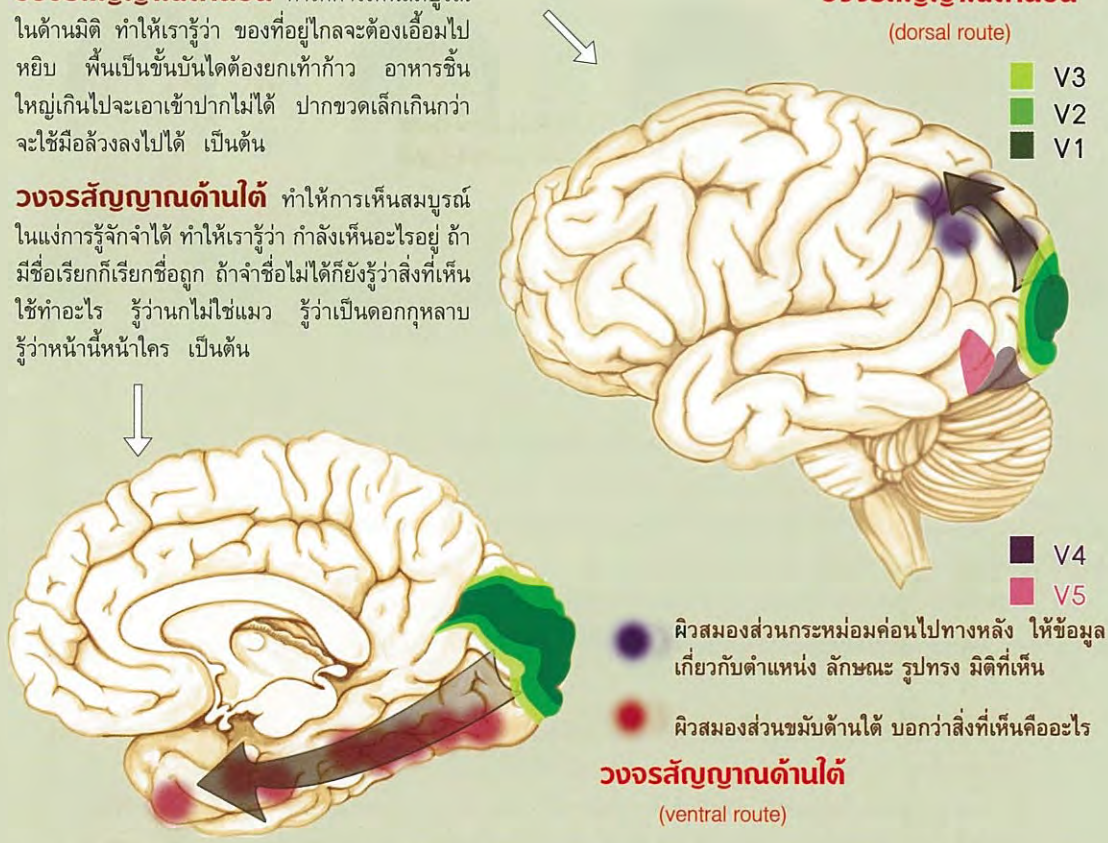
วงจรเซลสมองบริเวณผิวสมองส่วนหลังรับสัญญาณมาสร้างเป็นความรู้สึกเห็นภาพ เซลสมองชุดนี้รับสัญญาณเข้ามาแล้วติดต่อเชื่อมโยงสัญญาณไปในแนวดิ่งตั้งฉากกับชั้นของผิวสมอง สัญญาณจากตาซ้ายมาที่เซลชุดหนึ่ง ส่วนสัญญาณจากตาขวามาที่สมองข้างเดียวกันนี้แต่ใช้เซลอีกชุดหนึ่งแยกกันแต่เรียงอยู่ใกล้กัน เซลสมองแต่ละชุดในแนวดิ่งจะส่งสัญญาณติดต่อเชื่อมโยงกันต่อไปในแนวขนาน อีกส่วนหนึ่งส่งออกไปยังวงจรเซลสมองบริเวณอื่นที่ไกลออกไป

สัญญาณที่มาถึงผิวสมองเป็นข้อมูลความสว่าง และสี สัญญาณเหล่านั้นสร้างกระแสประสาทไหลเวียนขึ้นในโครงข่ายวงจรเซลสมอง การจัดเรียงตัวของเซลสมองรับสัญญาณตามตำแหน่งที่จอตารับแสง ทำให้วงจรเซลสมองสร้างความหมายเกี่ยวกับการเห็นขึ้นได้

เซลที่ผิวสมองสร้างวงจรเกี่ยวกับการรู้สึกเห็นต่างกันไป บางเซลรับสัญญาณมาเพื่อสร้างข้อมูลเกี่ยวกับสี บางเซลรับสัญญาณเพื่อสร้างข้อมูลเกี่ยวกับเส้นขอบของวัตถุ บางเซลรับสัญญาณเพื่อสร้างข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง(การเคลื่อนไหว)

วงจรสัญญาณด้านบน ทำให้การเห็นสมบูรณ์ในด้านมิติ ทำให้เรารู้ว่า ของที่อยู่ไกลจะต้องเอื้อมไปหยิบ พื้นเป็นขั้นบันไดต้องยกเท้าก้าว อาหารชิ้นใหญ่เกินไปจะเอาเข้าปากไม่ได้ ปากขวดเล็กเกินกว่าจะใช้มือล้วงลงไปได้ เป็นต้น

วงจรสัญญาณด้านใต้ ทำให้การเห็นสมบูรณ์ในแง่การรู้จักจำได้ ทำให้เรารู้ว่า กำลังเห็นอะไรอยู่ ถ้ามีชื่อเรียกก็เรียกชื่อถูก ถ้าจำชื่อไม่ได้ก็ยังรู้ว่าสิ่งที่เห็นใช้ทำอะไร รู้ว่านกไม่ใช่แมว รู้ว่าเป็นดอกกุหลาบ รู้ว่าหน้านี้หน้าใคร เป็นต้น



ผิวสมองส่วนหลัง แบ่งออกเป็นบริเวณย่อยลงไปคือ V1 V2 V3 V4 V5 V6 (V1= striate cortex, ส่วนอื่นๆ = extrastriates)

สัญญาณเข้ามาสู่บริเวณ V1 ก่อน แล้วส่งต่อไปยัง V2-V3 เซลสมองในบริเวณนี้จะประมวลสัญญาณรับสัมผัสแสงขึ้นเป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสี และแถบความสว่างที่ต่างกัน ซึ่งสร้างความรู้สึกเห็นเป็นภาพ มีเส้นขอบรูปและพื้นสี

การรับรู้เกี่ยวกับการเห็นจะซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ เมื่อสัญญาณถูกส่งต่อไปยังผิวสมองส่วนอื่นเพื่อสร้างความหมายที่เป็นประสบการณ์ของสิ่งที่เห็น-ซึ่งหมายถึง การรู้จักภาพที่เห็นว่า เป็นวัตถุ คน สัตว์ พืช ทิวทัศน์ ฯลฯ รวมทั้งรู้จักและจำสิ่งเหล่านั้นได้ ไม่ว่าจะมองจากมุมไหน

สัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาทางด้านบนของสมอง (dorsal route) จะถูกแปล-สร้างเป็นความหมายเกี่ยวกับมิติของภาพ เช่น สูงต่ำ ใกล้ไกล เหลี่ยมมน รูปทรงต่างๆ ฯลฯ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับปฏิบัติการเช่น หยิบจับ ขว้างปา สมองส่วนสำคัญที่รับช่วงสัญญาณเหล่านี้ไปสร้างความหมายต่อ อยู่บนสมองพาไรเอทัล(parietal lobe) ใกล้กับบริเวณที่สร้างความหมายเกี่ยวกับมิติของวัตถุที่รู้สึกจากการสัมผัสจับต้อง

สัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาทางด้านล่างของสมอง (ventral route) จะสร้างความหมายเกี่ยวกับ การรู้จัก เกี่ยวกับตำแหน่งการเคลื่อนไหว สมองส่วนสำคัญที่รับช่วงสัญญาณเหล่านี้ไปสร้างความหมายต่อ อยู่บนสมองขมับ(temporal lobe) บริเวณด้านนอก(ด้านข้าง)-เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว และด้านใต้-เกี่ยวกับการรู้จัก บนผิวสมองขมับนี้ยังมีบริเวณอื่นๆ ที่ทำหน้าที่สำคัญ เช่น บริเวณด้านในทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ ทำให้จำได้ บริเวณด้านบนทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน บริเวณที่ติดกับสมองพาไรเอทัลทำหน้าที่เข้าใจภาษา



แรกเกิด



2 เดือน



6 เดือน



ผู้ใหญ่

ทารกไม่ได้เห็นภาพต่างๆ เหมือนที่เราเห็น
คอมพิวเตอร์จำลองภาพข้างบนว่า สมองทารกวัยต่างๆ อาจแปลแสงสีที่เห็นเป็นภาพอย่างไรบ้าง

ทารก แรกเกิดยังไม่เห็นภาพชัดเจน ทารกยังบังคับเลนส์ตาไม่ได้ดี และจุดรับภาพบนจอตายังทำงานไม่สมบูรณ์
ทารก เริ่มแยกสีแดงและเขียวได้ เมื่ออายุ 2 สัปดาห์ และ
แยกความสว่างของภาพได้ดีเมื่ออายุ 8 สัปดาห์ คือเริ่มเห็นภาพเป็นรูปร่าง มีขอบเขตชัดเจนขึ้น
ทารก จะยังไม่สามารถควบคุมและปรับระยะชัดของสายตาทั้งสองข้างได้ จนกว่าจะย่างเข้าเดือนที่ 3-5

ทารกแรกเกิดใช้ตามองบริเวณที่เป็นขอบของวัตถุ นั่นคือบริเวณที่มีความเปรียบต่างของความสว่างของแสงมากที่สุด เมื่อมองหน้าคน มักจะมองบริเวณตีนผมและขอบของใบหน้า
ต่อเมื่ออายุ 2 เดือน จึงเริ่มมองรายละเอียดที่อยู่บนใบหน้า เช่น ตา ปาก (เพราะการเห็นภาพของสมองดีขึ้น)
อายุ 4-5 เดือน เด็กจะเริ่มแยกได้ว่า หน้าคน กับ สิ่งอื่นๆ ไม่เหมือนกัน และเริ่มจำหน้าได้

วงจรของสมองเกี่ยวกับการเห็นแสงและแปลภาพนั้น พร้อมที่จะทำงานแล้วในทารกที่เกิดใหม่ แต่การพัฒนามันจนสามารถเป็นวงจรที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องใช้แสง หรือภาพโลกสิ่งแวดล้อมรอบตัวเป็นตัวกระตุ้น

เมื่อแรกเกิด ผิวสมองที่สร้างความรู้สึกเห็น(บริเวณสมองส่วนหลัง) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และไวต่อสัญญาณกระตุ้น(คือสัญญาณประสาทจากจอตาที่เกิดจากแสง)มากที่สุด และช่วงเวลาที่ผิวสมองมีการเปลี่ยนแปลงนี้คือภายในหนึ่งปีแรก หากพ้นระยะนี้ไปโดยที่ผิวสมองไม่ได้รับการกระตุ้น การทำงานของเซลที่ผิวสมองจะบกพร่อง และอาจสูญเสียความสามารถในการสร้างภาพ หรือความรู้สึกเห็นต่อแสงไป (กรณีที่จะเกิดเรื่องเช่นนี้ คือในทารกที่เป็นต้อแต่กำเนิดและไม่ได้รับการรักษา)

ในเด็กที่ไม่สามารถใช้ตาทั้งสองข้างได้เท่าๆ กันในการมองการสำรวจสิ่งต่างๆ รอบตัว เช่นในทารกที่ไม่สามารถกลอกลูกตาได้ (คือมีตาเหล่หนึ่งข้าง) ตาข้างดีจะใช้งานและวงจรสมองจะพัฒนาขึ้นรองรับสัญญาณการทำงานที่มาจากตาข้างเดียวนั้น ถ้าไม่มีการรักษาก่อนอายุ 6 ขวบ ตาข้างเหล่จะมองไม่เห็น นั่นคือวงจรการรับรู้ภาพในสมองสำหรับตาข้างเหล่นั้นจะไม่พัฒนาขึ้นใช้งาน สมองจะสูญเสียศักยภาพที่จะทำงานกับสัญญาณแสงที่มาจากตาข้างเหล่นั้น

สมองเป็นที่เกิด ทั้งของ 'ตัวตน' ผู้รับรู้นี้ และเป็นที่อยู่ของคุณสมบัติ 'สิ่งอื่น' ที่ถูกรับรู้ คุณสมบัติต่างๆ ของสิ่งที่เรารู้จัก โดยแท้จริงแล้วเป็นเพียง 'ตัวแทน' ของสิ่งทั้งมวลแห่งโลกภายนอกที่สร้างขึ้นในสมอง เท่ากับว่าโลกภายนอกถูกสร้างขึ้น-ปรากฏขึ้นในสมองในรูปของวงจรสัญญาณ เหล่านี้คือ 'การประมวลข้อมูลของสมอง' หรือเรียกว่า **'การคิด'** นั่นเอง

โดยนัยนี้ การคิดคือสิ่งเหล่านี้ทั้งหมดอันประกอบด้วย สัญญาณ-สื่อแห่งสัมผัสที่เกาะมาบนสัญญาณ-กระบวนแบบของสัญญาณ-วงจรสัญญาณบนผิวสมอง ณ ตำแหน่งต่างๆ -การเกิดตัวผู้รับรู้-การรับรู้-หรือรู้สึกรู้จักลักษณะแห่งสื่อสัมผัสนั้น

กระแสสัญญาณที่เกิดขึ้นในวงจรของเซลสมอง ณ ตำแหน่งต่างๆ บนผิวสมองจะถูกแปลเป็นการรับรู้ต่อคุณสมบัติต่างๆ เป็นการทำให้รู้จักความรู้สึกที่ถูกนำมาสู่สมองโดยสัญญาณนั้นๆ เป็นการ 'รับรู้' ต่อโลกภายนอกหรือสิ่งที่มากระทบตัวตน

งานแรกๆ ของสมองคือการ 'จดจำรับรู้' ความหมาย-ความรู้สึกที่เกิดขึ้นบนตำแหน่งต่างๆ ของผิวสมองที่ถูกกระตุ้นด้วยสัญญาณ กระบวนต่างๆ ของแบบวงจรร่างแหของเซลสมองที่เกิดขึ้นจากสัญญาณจะถูกเปรียบเทียบ จัดกลุ่ม สร้างความหมาย และถูกนำมาใช้พัฒนาโครงข่ายวงจรของเซลบนผิวสมองเอง เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นในการแยกแยะความแตกต่างของสัญญาณ หรือแยกแยะความรู้สึกนั่นเอง ความรู้สึกก็คือความหมายของสัญญาณ คือการแปลปฏิกิริยาการทำงานของวงจรเป็นการรับรู้ในคุณสมบัติพื้นฐานต่างๆ (คือ กลิ่น, รส, เสียง, แสง, แรง-สัมผัส) กระบวนแบบต่างๆ ของวงจรเซลสมองที่เกิดขึ้นกลายเป็นข้อมูลความรู้สึก (ข้อมูลที่ว่านี้ได้แก่ ลักษณะความรู้สึกที่เป็น... กลิ่นหอม รสเปรี้ยว เสียงต่ำ สีแดง สัมผัสที่เรียบนุ่ม ฯลฯ) ข้อมูลเหล่านี้จัดเก็บอยู่ในรูปโครงสร้างการเชื่อมโยงของวงจร หมายความว่า บัดนี้สัญญาณประสาทหรือพาหะของสื่อแห่งสัมผัสเมื่อมาสู่สมอง ได้มีตำแหน่งที่จองไว้แล้วบนผิวสมองคอร์เทกซ์ ตำแหน่งเหล่านั้นมีความหมายเสมือนกับเป็นที่อยู่ของข้อมูลความรู้สึกที่แปลจากสื่อแห่งสัมผัสที่ได้รับ

หากต่อไป สมองถูกกระตุ้นที่จุดเดิม ก็จะมีความรู้สึกแบบเดิมเกิดขึ้น

ในกาลเวลาต่อไป หากมีสัญญาณประสาทใดส่งมายังผิวสมอง แล้วผ่านเข้าสู่พื้นที่ของวงจรสมองและก่อให้เกิดสัญญาณไหลเวียนชั่วรอยอยู่ภายในวงจรสมองส่วนใด ความหมายของสัญญาณนั้นก็คือข้อมูลความรู้สึก เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นเมื่อครั้งแรกๆ ที่เคยมีสัญญาณแบบเดียวกันไหลเวียนกระตุ้นในโครงสร้างวงจรเซลสมองเดียวกันนั้น นอกจากสัญญาณจะทำให้เกิดการรับรู้ข้อมูลเดิมซึ่งมีอยู่แล้ว สัญญาณใหม่นี้อาจก่อ-สร้างการเชื่อมโยงสร้างวงจรใหม่ซึ่งขยายซ้อนลง โดยใช้วงจรเดิมเป็นข้อมูลขั้นฐาน กรณีนี้วงจรสัญญาณที่สร้างขึ้นใหม่นั้นก็กลายเป็นข้อมูลใหม่ซึ่งพัฒนาขึ้นในสมองนั่นเอง

'การคิด' ของสมองคือการประมวลผลในวงจรสัญญาณ ซึ่งจะเปรียบเทียบ จำแนก จัดกลุ่ม สร้างความหมาย ให้แก่ (กระบวนแบบ)วงจรเซลสมองที่เกิดกระตุ้นจากสัญญาณต่างๆ ข้อมูลก็คือวงจรสัญญาณที่มีความหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง ข้อมูลบางอย่างเป็นข้อมูลเชิงซ้อน ความหมายของข้อมูลนั้นเกิดขึ้นจากการนำข้อมูลขั้นต้นมาประกอบกัน **'การคิด' สร้างความสัมพันธ์ขึ้นระหว่างข้อมูลขั้นต้นเหล่านั้น ข้อมูลและความสัมพันธ์เหล่านั้นจะกลายเป็นข้อมูลใหม่อีกขั้นหนึ่งซึ่งซับซ้อนขึ้นไปเรื่อยๆ**

วงจรร่างแหเซลสมองใด รองรับการไหลเวียนของสัญญาณที่เกิดขึ้นบ่อยๆ เรื่อยๆ วงจรนั้นจะเกิด 'ความคงตัว' หรือเป็นทางที่สัญญาณไหลผ่านได้ง่าย ซึ่งคือการพัฒนาขึ้นเป็น **'ความจำ'** (memory)

ความจำอื่นๆ ต้องอาศัยวงจรการรับรู้สัมผัสเบื้องต้นเป็นสำคัญ ความจำที่มีต่อสิ่งใดก็คือการอธิบายสิ่งนั้นได้ โดยรู้จากการสัมผัสเห็นภาพ ได้สัมผัสกลิ่น-รส หรือสัมผัสรับรู้ลักษณะจับต้องบางอย่างจำเพาะต่อสิ่งนั้น วงจรเชื่อมโยงที่ถูกสร้างขึ้นจากการเรียนรู้คุณสมบัติทั้งมวลทุกมิติของสิ่งหนึ่งๆ จะประกอบกันขึ้นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของสิ่งนั้น ถ้าวงจรคงตัว หมายความว่า วงจรเป็นทางผ่านของสัญญาณได้คล่องดี เมื่อไรที่สัญญาณผ่านวงจรซ้ำแบบเดิมอีก สิ่งนั้นก็จะ 'ผุดขึ้นมาในความคิด' มีความหมาย-รู้จัก-จำได้ นี่ก็คือกระบวนการจำได้เกี่ยวกับสิ่งนั้น

มีสิ่งที่ควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับ 'การคิด-การจำ' นี้อยู่อย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญก็คือ **'รู้-คิด-จำ' นั้นเป็นอาการที่จับต้องไม่ได้** กลิ่น รส เสียง แสง แรง-สัมผัส ที่รู้สึกทั้งหมดนี้จับต้องไม่ได้ เป็นเพียงสมมติของสิ่งที่เกิดอยู่ในสมอง ซึ่งเรารับรู้จากกระบวนการประมวลผลบนวงจรของเซลสมอง เป็นเพียงตัวแทนของสิ่งภายนอก (representation) ที่สมองรับรู้เข้าใจเอาเอง การอธิบายเชื่อมโยงการทำงานของสมองกับการรู้-คิด-จำทั้งหมดนี้เป็นเพียงแบบจำลอง(model) พยายามเชื่อมโยงการทำงานต่างๆ ของสมองขึ้นเป็นสิ่งที่เกิดก่อนหลังลำดับกันออกมา ซึ่งแบบจำลองที่ว่านี้ ยังไม่ลงตัวทีเดียวนัก

ในกระบวนการเรียนรู้ สมองทำงานพร้อมกันหลายส่วน ส่วนแรกคือผิวสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับ 'การรับ' สัญญาณที่ส่งมาถึงสมองโดยตรงถัดมาคือบริเวณใกล้เคียงซึ่งมีวงจรเชื่อมโยงไปถึง ผิวสมองบริเวณใกล้เคียงนั้นจะ 'ก่อ-สร้าง' คุณสมบัติที่ซับซ้อนของข้อมูลขึ้นจากการรับสัญญาณนั้น ไกลออกไปอีกหน่อยคือ ผิวสมองพรีฟรอนทัล (prefrontal cortex) ผิวสมองบริเวณนี้เป็นที่สำคัญมากในกระบวนการเรียนรู้ คือ เป็นใจกลางของกระบวนการโต้ตอบที่จะแสดงได้ว่ามี 'ตัวตน' ที่ 'รับรู้' การทำงานทั้งหลายของวงจรสัญญาณในสมอง เครื่องถ่ายภาพสมอง(fMRI) แสดงให้เห็นว่าสมองส่วนนี้มีการทำงานมากขึ้นในขณะที่ใช้ความคิด พิจารณา จดจำตัวเลขตัวอักษร สมองส่วนนี้ยังเกี่ยวข้องกับบุคลิกภาพ การใช้เหตุผล การตัดสินใจ การควบคุมอารมณ์ กล่าวได้ว่า สมองส่วนนี้แหละที่สร้าง 'ตัวตน' ขึ้นในมนุษย์

จากการวิจัยทางสมอง พบข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่งว่า ผิวสมองในแต่ละส่วนมีการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน การสร้างไมอิลินเคลือบใยประสาทในบริเวณต่างๆ ของสมองเกิดขึ้นช้าเร็วไม่เท่ากัน ดังนั้นสมองจึงมีความพร้อมสำหรับปฏิบัติการหรือมีศักยภาพที่จะทำงานแตกต่างไปตามช่วงอายุวัย ผิวสมองพรีฟรอนทัลเป็นส่วนที่พัฒนาช้ากว่าส่วนอื่นๆ กว่าจะสมบูรณ์เต็มที่ก็ต้องใช้เวลาราว 20-25 ปี นับเป็นสมองส่วนท้ายสุดที่จะปรับแต่งเสร็จและเดินเครื่องได้เต็มกำลัง ผิวสมองส่วนอื่นก็มีการพัฒนาไปตามอายุวัยซึ่งอาจไปถึงขีดสูงสุดของศักยภาพช้า-เร็วไม่เท่ากัน การที่ผิวสมองพรีฟรอนทัลและสมองบางส่วนพัฒนาช้านี้ส่งผลให้ 'การคิด' ต้องใช้เวลาพัฒนา ทำให้การคิดหรือความสามารถในการเข้าใจบางอย่างเกิดช้าไปตามอายุวัย ลำดับขั้นการพัฒนา 'การคิด' ในเด็กถูกสังเกตและบันทึกไว้อย่างน่าสนใจโดยเปียเจต์-นักจิตวิทยาชาวสวิส หากเราสังเกตในชีวิตประจำวัน ก็อาจเห็นได้ว่า เด็ก วัยรุ่น คนวัยพ่อแม่ และวัยกลางคนล้วนมีลักษณะการคิดที่แตกต่างกัน

ตำแหน่งต่างๆ บนผิวสมอง เป็นพื้นที่ก่อ-สร้างการเรียนรู้ที่สำคัญ

ข้อมูลคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ ในโลกถูกสร้างขึ้นบนผิวสมอง
โดยอาศัยความมีอยู่ของ 2 สิ่งที่สำคัญ คือ

โครงสร้างวงจรและการทำงานของเซลสมอง
พลังงานจากสิ่งแวดล้อมที่ผ่านเข้าสู่สมองทางอายตนะทั้งห้า

สัมผัส

สมองรับแรงเมื่อสัมผัสและรู้สึกถึง
ลักษณะอ่อน-แข็ง หยาบ ละเอียด
แหลม คม ร้อน เย็น ฯลฯ และ
รู้สึกแรง-ค่อยเมื่อมีการกระทบ



เสียง

สมองรับเสียงและรู้สึกถึง
ความดัง ระดับเสียงสูงต่ำ ระยะเวลาที่
ได้ยินเสียง จังหวะ ลำดับ

แสงและภาพ

สมองรับแสงและรู้สึกถึง
สี ความเข้มของสี ความสว่างที่ต่างกัน
การเลื่อนตำแหน่งของแถบสว่าง

นอกจากนี้ สมองยังสามารถรับกลิ่นและรส
ซึ่งมีความสำคัญลดลงไปในการเรียนรู้
สัตว์บางชนิด เช่น ปลาฉลาม เชื่อว่า สามารถ
รับและรู้สึกถึงแรงสนามแม่เหล็ก(โลก)ได้ด้วย

สิ่งต่างๆ ที่อยู่แวดล้อมมนุษย์
ส่งพลังงานกระจายออกจากตัวมันมายังมนุษย์
มนุษย์สัมผัสรับรู้พลังงานดังกล่าว
ในรูปของ เสียง แสง แรง กลิ่น รส
(กลิ่นและรสเป็นผลจากปฏิกิริยา
ระหว่างโมเลกุลของสสารกับจมูกและลิ้น)

การรับรู้ การคิด ความจำ เป็นเพียงแบบจำลองเพื่อให้เห็นภาพที่จะเข้าใจได้ง่ายขึ้น เป็นขั้นตอนสมมติของ 'กระบวนการเรียนรู้'

จากการรับรู้ ⟶เข้าสู่การคิด ⟶เป็นข้อมูลใหม่ ความรู้ใหม่ ⟶แล้ววงจรข้อมูลนั้นค่อยคงตัวอยู่ในสมองเรียกว่า 'ความจำ' สิ่งที่จำได้หรือวงจรข้อมูลความรู้นี้จะถูกนำไปใช้ในการคิดครั้งใหม่ คือนำไปเชื่อมโยงกับวงจรสัญญาณข้อมูลใหม่ต่อไป ขั้นตอนเหล่านี้เป็นเพียงแบบจำลอง ที่พยายามอธิบายกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสมอง ซึ่งเป็นความเชื่อมโยงซับซ้อนระหว่างวงจรในสมองส่วนต่างๆ

ดังที่เกริ่นไว้ว่า 'การคิด' เกิดอยู่ในสมอง การทำความเข้าใจอธิบายกระบวนการดังกล่าว จะต้องหาทางลดทอนความซับซ้อนที่เกิดขึ้นในการเชื่อมโยงของสมองแต่ละส่วนลงเป็นวงจรง่ายๆ ซึ่งยังทำไม่ได้ในหลายกรณี ส่วนใหญ่ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของสมองได้มาจากการเปรียบเทียบสมองปกติกับสมองที่ผิดปกติบางครั้งอุบัติเหตุหรือการรักษาทางการแพทย์ ทำให้วงจรการทำงานของสมองบางส่วนถูกตัดออกไป ทำให้ตรวจสอบได้ว่า สมองที่เหลือทำอะไรได้และทำอะไรไม่ได้ แบบจำลองที่อธิบายกระบวนการทำงานของสมอง จึงเสมือนการพยายามต่อภาพจิ๊กซอว์ ของความรู้สมองเท่าที่มีอยู่เข้าด้วยกันซึ่งอาจทำให้เห็นภาพได้รางๆ แบบจำลองเหล่านั้นยังเป็นตัวตั้งเพื่อหาทางพิสูจน์หาความรู้ที่ถูกต้องต่อไปด้วย

คำว่า 'การคิด' สั้นๆ นี้อาจนำไปสู่จินตทัศน์หรือความเข้าใจได้หลายแบบ 'ความจำชั่วคราวใช้คิด (working memory)' เป็นตัวอย่างหนึ่ง ความหมายของความจำชั่วคราวขณะคิดคือ ความสามารถของสมองที่จะรักษาข้อมูลชั่วขณะหนึ่งเพื่อที่จะใช้ประโยชน์ในกระบวนการทำงานอย่างอื่นต่อไป ในกระบวนการคิด สิ่งที่สำคัญก็คือการสร้างความสัมพันธ์และหาความหมายของข้อมูลบางชุด ดังนั้น 'ข้อมูลบางชุด' ดังกล่าวนั้น จะต้องปรากฏตัวอยู่ในสมองสำหรับใช้ในกระบวนการคิด การคิดจึงจะทำงานได้ สมองส่วนสำคัญที่สามารถทำงานคิดเช่นนี้คือผิวสมองส่วนพรีฟรอนทัล แต่เราไม่ทราบแน่ชัดว่า 'ความจำใช้คิด' นี้โดยตัวมันเองแล้วเป็นวงจรหรือกระบวนการแบบใด การหาคำตอบนี้อาจเริ่มด้วยสมมติฐานต่างๆ เช่นว่าความจำที่ว่านี้คือ สำเนาข้อมูลวงจรต่างๆ ที่ถูกก๊อปปี้มาไว้บนผิวสมองพรีฟรอนทัลชั่วคราว หรือว่าเป็นวงจรที่สร้างขึ้นไว้ในสมองพรีฟรอนทัลเพียงเพื่ออ้างอิงหรือบอกตำแหน่งของข้อมูลจริง หรือเป็นวิธีอื่นๆ ที่เรายังคิดไปไม่ถึง ปัญหาของ 'การคิด' ยังรวมถึงว่า สมองใช้วิธีการใดในการคิด การค้นคว้าทางสมองยังคงพยายามหาคำตอบเหล่านี้

ขณะคิด สมองวางข้อมูลลงในวงจรสมองและเปรียบเทียบระหว่างวงจรเหล่านั้น วงจรที่รับข้อมูลมาวางนี้ (หรืออาจเป็นกระบวนการที่ทำการเปรียบเทียบวงจรเหล่านี้) เรียกว่า ความจำชั่วคราว หรือความจำใช้คิด(working memory) ความจำใช้คิดมีข้อจำกัด ข้อมูลที่รับได้มีปริมาณจำกัด

ขณะที่รับรู้ข้อมูลเราใช้ส่วนความจำใช้คิด ซึ่งมีพื้นที่หรือวงจรในการทำงานกับข้อมูลจำกัด ลองนึกว่า ถ้ามีใครบอกเลขบ้าน 3 ตัว เลขรหัสไปรษณีย์ 5 ตัว แล้วให้ทวน จะตอบได้ไหม เบอร์โทรศัพท์ 8 ตัวก็คงยังพอจำได้อยู่ แต่ใครจะจำเลขบัตรประจำตัวประชาชนได้บ้าง

ชุดตัวเลขที่คนเราจำได้ คือประมาณ 7 ตัว หรือตัวอักษรได้ 7 ตัว หรือคำได้ 7 คำ ถ้ามากไปกว่านี้จะเริ่มมีปัญหาในการจำ เช่น เราจะจำเลขชุด 7 4 4 5 9 8 3 ได้ง่ายกว่าชุด 6 7 9 4 5 8 1 3 2 9 เราแทบจะจำกลุ่มอักษร T G I C U V D O U S A G S M ไม่ได้เลย ถ้าไม่ 'ท่องให้ขึ้นใจ' ข้อมูลยังคงเป็นสิ่งที่ไม่มีความหมาย ขาดความสัมพันธ์ใดๆ กับข้อมูลเดิมหรือข้อมูลใหม่ด้วยกัน ข้อมูลที่จำได้ขณะที่ฟังที่เห็นนี้ จะคงอยู่ในส่วนความจำใช้คิดประมาณ 15-20 วินาทีแล้วเลือนหายไป

ถ้านำอักษรชุด T G I C U V D O U S A G S M มาจัดกลุ่มใหม่ (chunking) เป็น TGI CUV DOU SAG SM กับจัดอีกแบบหนึ่ง เป็น TG ICU VDO USA GSM บางคนจะจำอักษรที่จัดกลุ่มแบบหลังนี้ได้เร็วกว่ากลุ่มแรก ง่ายกว่าไม่จัดแบ่งกลุ่ม เพราะข้อมูลที่จัดกลุ่มแล้วดูคุ้นเคยมากกว่า อันที่จริงความคุ้นเคยก็คือความหมายที่เกี่ยวโยงกับบางสิ่ง กลุ่มอักษรที่จัดกลุ่มหลังมีความหมายสัมพันธ์กับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (นั่นคือ TG-สายการบินไทย ICU-ห้องผู้ป่วยหนักในโรงพยาบาล VDO-หนังเช่าตามร้าน USA-อเมริกา GSM-มือถือ) ดูเหมือนการจัดกลุ่มแบบแรก คือ TGI CUV DOU SAG SM อาจไม่ได้ช่วยให้สมองรับข้อมูลได้ดีขึ้นเท่าไรด้วยซ้ำ เหมือนต้องพยายามจำอักษรแต่ละตัวอยู่ดี

กลุ่มอักษร 'จ า พ ก น ุ น ม ร' ถ้าให้จำ สมองก็จะทำให้มันเป็นกลุ่ม 'จา-พก-นุน-มร' คงไม่มีใครพยายามจำ 'จ-า-พ-ก-น-ุ-น-ม-ร' เรียงตัว ถ้าอักษรกลุ่มเดิมนี้เรียงใหม่เป็น 'พจนานุกรม' ทุกสมองคนไทยก็จะต้องจำทั้งกลุ่มอักษรนี้ได้รวดเดียว



ในชีวิตประจำวัน เรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ สิ่งต่างๆ ผ่านเข้ามาสู่การรับรู้ตลอดเวลา สมองทำงานตลอดเวลา ทั้งในขณะที่เราสนใจสิ่งหนึ่งสิ่งใดอยู่ หรืออาจไม่รู้ตัวด้วยซ้ำว่าได้พบได้เห็นบางสิ่ง ทั้งที่มันเข้าไปอยู่ในสมองเราแล้ว

การคิด คือ สมองทำงาน เพื่อให้ได้ความหมายบางอย่างจากสัญญาณประสาทที่ไหลเวียนอยู่ในวงจรเซลสมอง

การคิดเกิดขึ้นทั้งที่เรารู้อยู่ว่าคิด หรือสมองอาจจะกำลังทำงาน โดยที่เราไม่รู้สึงว่าได้คิดอะไรก็ได้

ความคิด อาจมีหลายประเภท ที่เรามักได้ยินบ่อยๆ คือ สิ่งที่คิดเป็นรูปธรรม และ สิ่งที่คิดเป็นนามธรรม

การคิดในลักษณะที่ 1 -เชื่อมโยงลักษณะทางรูปธรรม

สมองนั้นเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อสร้างข้อมูลใหม่ ข้อมูลใหม่จะมีความหมายโดยอาศัยข้อมูลเดิม แรกเริ่มเมื่อสัญญาณพาหะของสื่อแห่งสัมผัสเข้ามากระตุ้นสมอง วงจรแต่ละส่วนของการรับรู้จะอธิบายถึงความรู้สึกที่ได้รับ ได้แก่ ได้ยินเสียง-เห็นสีของภาพ-ความสว่างของแสง-ความนุ่มหรือหยุ่นของผิววัตถุ-รู้รสถ้าได้ชิม-ได้กลิ่น-รู้ว่าเย็นหรือร้อน ความรู้สึกเหล่านี้จะถูกเชื่อมโยงกัน การกระตุ้นที่เกิดพร้อมกันจะถูกเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน เป็นวงจรที่เชื่อมกัน เช่น



เสียงร้องของแมว รูปร่าง-กิริยา-สีสันของแมว สัมผัสนุ่มของขนแมว ก่อ-สร้างภาพความรู้จักแมวขึ้นในสมอง

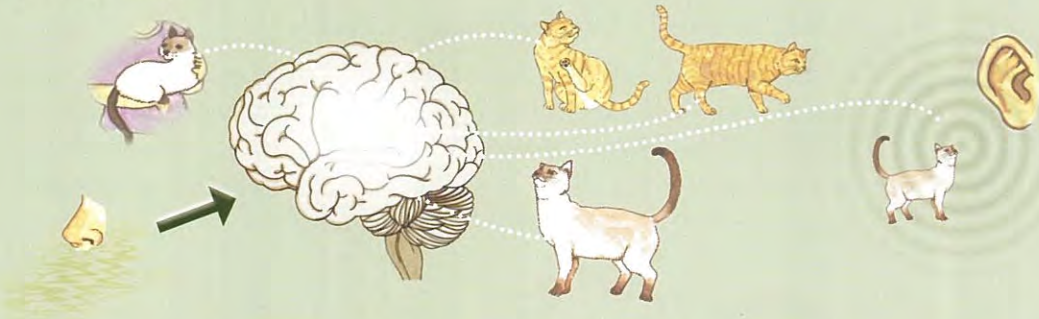
เสียงร้องของแมว รูปร่างสีสันของแมว สัมผัสนุ่มของขนแมว คือลักษณะทางรูปธรรมของแมวที่เชื่อมโยงกัน ก่อ-สร้างภาพความรู้จักแมวขึ้นในสมอง

การเชื่อมโยงทั้งหมดนี้เกิดขึ้นพร้อมกัน สมองพรีฟรอนทัลรับรู้การเชื่อมโยงของวงจรสัญญาณนั้น ต่อมา เมื่อใกล้ชิดแมวมากขึ้น ได้รู้อากัปกิริยาต่างๆ ของแมว ได้กลิ่นฉี่ของแมว ลักษณะของแมวก็จะสมบูรณ์ขึ้น การเชื่อมโยงวงจรสัญญาณจะผนวกรวมลักษณะใหม่ทั้งสองของแมวเข้าไว้ด้วย



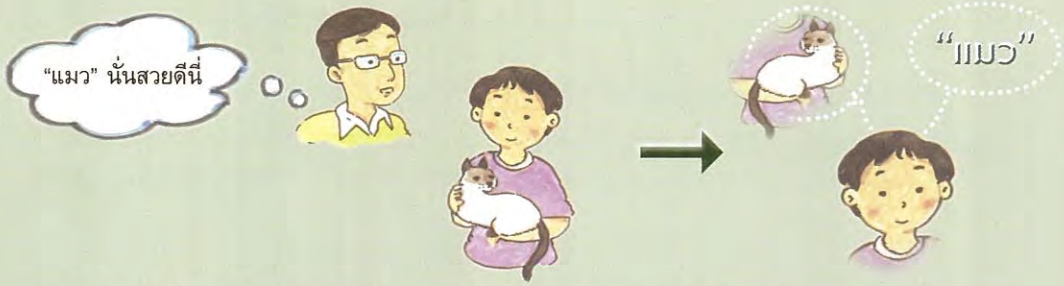
ประสบการณ์เกี่ยวกับกิริยาและนิสัยของแมว กลิ่นฉี่แมว ทำให้ลักษณะของแมวที่สมองรู้จักสมบูรณ์ขึ้น

ภายหลัง แม้มีสัญญาณข้อมูลเพียงเฉพาะ 'กลิ่นฉี่ของแมว' อย่างเดียว เข้ามากระตุ้นสมอง วงจรสัญญาณเดิมที่เชื่อมโยงกันในภาพแมว ก็จะถูกกระตุ้นขึ้นพร้อมกันทั้งหมด สมองพรีฟรอนทัลจะรับรู้ถึงความหมายที่มีทั้งหมดของวงจรที่ถูกกระตุ้นขึ้นนั้น คือ จากกลิ่นฉี่ของแมวก็ทำให้นึกถึงแมวได้ทุกๆ มิติของแมวที่เคยมีประสบการณ์ ขณะเดียวกันพรีฟรอนทัลก็สร้างวงจรสำหรับอ้างอิงข้อมูลดังกล่าวขึ้นชั่วคราว วงจรที่ทำงานนี้เรียกว่า หน่วยความจำชั่วคราว หรือหน่วยความจำใช้คิด (working memory)



การรับรู้จากกลิ่น ทำให้เกิดการเชื่อมโยงทั้งหมดที่เนื่องด้วยกลิ่น ทำให้นึกถึง ตัวแมว และอาจรู้ได้ว่าแมวร้องเสียงอย่างไร

บางทีเด็กอาจไม่รู้ว่าสิ่งที่ตัวเองรู้จักเป็นสัตว์ชนิดหนึ่งเรียกว่า 'แมว' ความรู้เกี่ยวกับภาษาหรือชื่อเรียกว่า 'แมว' นั้น อาจได้มาทีหลัง เช่น ในขณะที่อุ้มแมวไปให้พ่อดูนั้น ถ้าพ่อพูดว่า "แมวนั่นสวยดีนี่" คำว่า 'แมว' ก็จะเป็นข้อมูลใหม่ทางภาษา ที่เชื่อมโยงให้รู้ว่า ตัวอะไรที่อุ้มอยู่นั้นเรียกว่า 'แมว' ข้อมูลที่มีอยู่ก่อนเกี่ยวกับตัวตนของสิ่งหนึ่งที่รู้จักจาก ภาพ-เสียง-กลิ่น จะเชื่อมโยงกับวงจรภาษา ถูกผนวกเข้าเป็นวงจรประสบการณ์ทั้งหมดเกี่ยวกับแมว



การเชื่อมโยงนี้เกิดขึ้นในทันทีที่สัญญาณกระตุ้นเข้าสู่สมอง สมองพรีฟรอนทัลเป็นผู้รับรู้ความเชื่อมโยงนี้ แต่การเชื่อมโยงของสัญญาณนี้จะคงอยู่ไม่นานนัก เมื่อตัวกระตุ้นหายไปวงจรที่เชื่อมโยงอยู่ก็หยุดทำงาน แต่ร่องรอยของการเชื่อมโยงนั้นจะยังคงอยู่ เมื่อมีการกระตุ้นอีกจาก ภาพ เสียง สัมผัส ฯลฯ ที่เกี่ยวกับแมว วงจรเดิมของสิ่งที่เป็นแมว กับ คำว่าแมวของวงจรภาษา ก็กลับทำงานอีก ร่องรอยของการเชื่อมโยงนี้จะถูกย้ำและพัฒนาขึ้น จากร่องรอยที่บางเบาเป็นเส้นทางที่ชัดเจน เมื่อใดที่ชัดเจนมาก เราเรียกว่า ความจำเกี่ยวกับข้อมูลนั้นได้เกิดขึ้นในสมอง

ความจำ หรือร่องรอยที่ชัดเจนนี้เกิดขึ้นได้จากประสบการณ์คือการพบสัมผัสกับสิ่งกระตุ้นบ่อยๆ แต่ความจำบางอย่างอาจเกิดขึ้นได้ทันทีทันใด ชัดเจนแม้มีประสบการณ์เพียงครั้งเดียว ความ

สามารถในการจำที่แตกต่างกันไปได้เช่นนี้ เป็นเพราะว่า มีการทำงานของสมองส่วนอื่นๆ อีกที่มีบทบาทในการย้ำร่องรอยของประสบการณ์ สร้างความคงตัวของวงจรในสมอง ส่วนของสมองที่มีบทบาทในเรื่องนี้คือ ฮิปโปแคมปัส และสมองที่มีบทบาทต่อฮิปโปแคมปัสคือ อะมิกดาลา

อะมิกดาลาเกี่ยวข้องอย่างมากกับเรื่องราวของอารมณ์ ดังนั้น อารมณ์จึงมีบทบาทสูงยิ่งเกี่ยวกับความจำ เพราะอะมิกดาลาส่งอิทธิพลทางอ้อมในการย้ำรอยประสบการณ์บนสมองส่วนรับรู้ โดยผ่านการทำงานของฮิปโปแคมปัส ประสบการณ์ที่มีอารมณ์เกี่ยวข้องด้วยจึงเข้าไปสถิตอยู่ในความจำได้อย่างรวดเร็วและคงทน

ในทางตรงข้าม เมื่อเวลานานไป ร่องรอยประสบการณ์ที่ชัดเจนอาจค่อยลางเลือน สมองอยู่ในกฎของการใช้ประโยชน์ **มีอยู่เพื่อใช้การ ไม่มีงานก็ไม่ต้องเก็บไว้** วงจรเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลต่างๆ ในสมองจะถูกริดทอน(pruning) ถ้าไม่ได้มีการใช้งาน หรืออีกนัยหนึ่ง หากว่างเว้นจากสิ่งที่จะมากระตุ้นวงจรซึ่งเชื่อมโยงกันอยู่แล้วนั้น การเชื่อมโยงก็จะค่อยๆ หมดสภาพไป สิ่งที่เคยเป็นประสบการณ์ในความทรงจำ อาจไม่มีอยู่อีกต่อไป นี่คือ 'การลืม'

การคิดในลักษณะที่ 2 -ค้นหาข้อมูลที่เชื่อมโยง (ค้นหาความเชื่อมโยงทางรูปธรรม)

โดยปกติ ข้อมูลที่ใช้บ่อยๆ อยู่ในชีวิตประจำวัน ความหมายทุกลักษณะทุกมิติของมันจะปรากฏชัด ในทันทีที่ได้สัมผัสกับลักษณะหนึ่งลักษณะใดก็ตาม ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลนั้น เช่น ถ้าได้ยินคำว่า 'โต๊ะ' ก็จะนึกรู้ได้ทันทีว่า โต๊ะ เป็นอย่างไร ใช้งานอย่างไร ทำจากอะไร เป็นต้น

สำหรับข้อมูลที่ไม่คุ้นเคย ลักษณะต่างๆ ของข้อมูลเป็นสิ่งใหม่ ยังไม่มีความเชื่อมโยงที่สำคัญกับวงจรที่มีอยู่แล้วในสมอง เราอาจนึกไม่ออกเมื่อได้ยินคำว่า 'วิฬาร์' หรือ 'กุญชรวารี' เรียกกรณีแบบนี้ว่า 'ไม่รู้จัก'

ส่วนข้อมูลที่ถอยหลังไปไกลในอดีต ลักษณะต่างๆ ที่เคยเชื่อมโยงกันในข้อมูลนั้นอาจเลือนลางไป ลักษณะบางด้านของข้อมูลอาจปรากฏต่อเราแต่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปถึงลักษณะอื่นๆ ได้ เรียกกรณีนี้ว่า 'จำไม่ได้นึกไม่ออก' เช่น เห็นหน้าเพื่อนร่วมชั้นเรียนสมัยประถม อาจจำไม่ได้ว่า เป็นใคร หรือเคยมีความสัมพันธ์กันมาก่อนอย่างไร

การมีข้อมูลอยู่ในสมองแต่นึกไม่ออก หรือความพยายามที่จะนึกว่า เคยรู้จักสิ่งนั้นสิ่งนี้มาก่อนหรือไม่ เป็นการคิดในลักษณะที่ 2 การคิดในลักษณะนี้คือ ความพยายามตรวจสอบความหมายหรือลักษณะบางอย่างของข้อมูลที่หายไป หรือพยายามตรวจสอบว่าข้อมูลนี้มีความสัมพันธ์ใดๆ กับข้อมูลอื่นๆ ในประสบการณ์(ที่นึกออก)บ้างหรือไม่

ถ้าตอนนี้ มีใครถามอะไร แล้วเราตอบไม่ได้เพราะ 'ลืม' ไป
ลองสำรวจดูว่า เราใช้กระบวนความคิดในสมองอย่างไร ในการที่จะพยายามระลึกถึง 'สิ่งที่ลืม' ไปนั้น

ความเชื่อมโยงในลักษณะที่เป็นรูปธรรมเช่นนี้ ดูจะไม่ได้ใช้กฎเกณฑ์ของความสัมพันธ์ใดๆ นอกจากเป็นความเชื่อมโยงที่ใช้ 'ความจำ' เป็นหลัก จำว่า สิ่งโน้น กับ สิ่งนี้ เชื่อมโยงกัน จำว่าแต่ละลักษณะหนึ่งๆ ที่เห็นที่สัมผัสได้ เชื่อมโยงกับ ลักษณะอีกลักษณะหนึ่ง

นอกจากความคิดแบบจับรูปธรรมชนกันแบบนี้แล้ว สมองยังมีลักษณะการคิดอีกแบบหนึ่ง ซึ่งเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกัน การเชื่อมโยงนี้โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นใหม่จากข้อมูลที่มีอยู่แล้วของสิ่งต่างๆ สิ่งต่างๆ จะถูกจำแนกจัดกลุ่มโดยใช้สิ่งที่เรียกว่า 'ลักษณะร่วม' ความคิดคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ว่ามีลักษณะร่วมนี้ เป็น จินตนาการ ที่สำคัญของสมอง เราเรียกสิ่งนี้ว่าเป็น 'ความคิดนามธรรม'



กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด

เพื่ออธิบายสิ่งต่างๆ
สร้างความเข้าใจเหตุผลและการเปลี่ยนแปลง

ใช้สัญลักษณ์ = สร้างรหัสและความหมายแทนสิ่งที่รับรู้อยู่ภายใน
ใช้ชื่อเรียก การใช้ภาษา การบัญญัติ นิยาม
สร้างความเชื่อมโยงแบบนามธรรม

พัฒนาภาษา หรือรหัส เพื่อใช้แทนความหมาย เพื่อสื่อสารและต่อยอดจินตนาการ

ทำความรู้จักและรับรู้ การมีอยู่ของวัตถุสิ่งของ
สร้างความหมายของวัตถุสิ่งของ แยกแยะสิ่งที่ปรากฏด้วยคุณสมบัติต่างๆ จากความรู้สึกที่รับรู้เบื้องต้น
รับรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งที่ปรากฏเบื้องต้น ขอบเขต อาณาบริเวณ รูปทรง ความเหมือน ความต่าง จำนวน
ตำแหน่ง การเปลี่ยนตำแหน่ง การเคลื่อนที่ ระยะเวลาที่ปรากฏ จังหวะ

สร้างความหมายของสิ่งต่างๆ จากความรู้สึกรับรู้นั้น สร้างโลกขึ้นภายใน

มีความรู้สึกที่รับรู้เบื้องต้น มีการปรากฏขึ้น ขณะที่ปรากฏ และตำแหน่งที่ปรากฏ
แสงสีมืดสว่าง ร้อนเย็น เจ็บคัน แหลมคม มน เรียบหยาบ สากลื่น แห้งเปียก เหลวนุ่ม แข็งอ่อน เหนียว
เปราะ เบาหนัก เสียงสูงต่ำดังค่อย รสเผ็ดเปรี้ยวเค็มหวาน กลิ่นหอมเหม็นฉุน ฯลฯ

ความรู้สึกรับรู้เบื้องต้น

ปฏิกิริยารับรู้ของระบบชีววิทยา ต่อ รูปแบบของพลังงานที่ปรากฏในความรับรู้

การทำงานของกลุ่มเซลสมอง -
พลังงานไหลเวียนในวงจรร่างแหของเซลสมอง

พลังงานภายนอก จาก
สิ่งที่ปรากฏในอาณาบริเวณ
ที่แวดล้อมอยู่โดยรอบ

อายตนะ-ทางรับรู้ = อวัยวะรับสัมผัส +
การเชื่อมโยงของเส้นประสาท +
โครงสร้างร่างแหวงจรของเซลในสมอง

การคิดในลักษณะที่ 3
การเชื่อมโยงนามธรรม และ
การค้นหาความสัมพันธ์ทางนามธรรม (การจินตนาการ)



ลักษณะนามธรรมเบื้องต้นคือ ลักษณะเหมือน-ลักษณะต่าง ของสรรพสิ่งที่มากระตุ้นสมอง สมองจะแยกลักษณะร่วมของสิ่งต่างๆ อันนำไปสู่การจัดกลุ่ม และเป็นที่มาของความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ ระบบก็คือความคิดรวบยอดเกี่ยวกับ 'คุณลักษณะ' ของสิ่งที่อาจจัดเข้าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และมีความสัมพันธ์ที่คล้ายกันหรือต่างกันกับสิ่งที่จัดอยู่ในกลุ่มอื่น

สมองมนุษย์ทำงานในการ จัด จำแนก แยกกลุ่ม ประสบการณ์ที่ได้รับ ออกได้โดยอัตโนมัติ เรียกการทำงานของสมองเช่นนี้ว่า patterning หรือ การถอดแบบจากกระบวนลักษณะที่ปรากฏในธรรมชาติ การทำงานเช่นนี้ นอกจากจะเกิดขึ้นเองขณะสร้างวงจรสัมผัสรับรู้เบื้องต้น ณ ตำแหน่งต่างๆ บนผิวสมองแล้ว ในกระบวนการเรียนรู้ที่ซับซ้อน สมองพรีฟรอนทัลอาจมีบทบาททำงานร่วมกับสมองส่วนอื่นๆ เช่น เบซัลแกงเกลีย และซิงกูเลท ในการสร้างความสัมพันธ์อย่างใหม่ขึ้นมา ความสัมพันธ์นี้คือการเชื่อมโยงลักษณะร่วม-ต่าง ที่ซ่อนอยู่ภายใต้ลักษณะทางรูปธรรมของสิ่งที่เห็นในธรรมชาติ

เมื่อสมองรู้จักสิ่งใด ไม่ว่าจะเป็น รู้จักแมว รู้จักหมา รู้จักหมู รู้จักวัว หรือรู้จักควาย ฯลฯ สมองสามารถรู้จักลักษณะร่วมของกลุ่มสิ่งเหล่านี้ โดยจัดกลุ่มและระบบให้ เป็นต้นว่า มันเป็นกลุ่มที่มีชีวิต มันเดินด้วยสี่ขา ฯลฯ หรือถ้าเป็นสิ่งอื่น เช่น นก เป็ด วาฬ ปลา รถยนต์ เครื่องบิน เรือ ว่าว ลูกโป่ง ผักตบชวา จอก ฯลฯ สมองมนุษย์ก็สามารถจัดจำแนกแยกกลุ่มได้ เป็นต้นว่า อาจจัดกลุ่มเป็น จำพวกที่ลอยในอากาศได้ พวกที่มีการเคลื่อนไหว พวกที่ส่งเสียง พวกที่กินอาหาร พวกอยู่ในน้ำ ฯลฯ โดยอาศัยลักษณะร่วม-ลักษณะต่างของข้อมูลของแต่ละสิ่ง ที่สมองเคยบันทึกรับประสบการณ์ไว้



ความสามารถในการจัดกลุ่มนี้ ไม่จำเป็นว่า จะต้องถูกต้องตามมาตรฐานสากลในการจำแนกพืชและสัตว์ ไม่ว่าการจัดกลุ่มจะออกมาแบบใดก็ตาม สมองนั้นมี 'เหตุผล' ที่จะสร้างกลุ่มตามความเข้าใจของสมองเอง การจัดกลุ่มแบบมาตรฐานนั้นมีคุณูปการอยู่ที่ว่า เป็นการจัดกลุ่มที่มีหลักเกณฑ์ที่เป็นระบบ และเป็นการรวบรวมสะสมความรู้มายาวนาน ถ้าหากสมองจะเรียนรู้การจัดกลุ่มแบบมาตรฐานได้ ก็จะสามารถพัฒนาระบบความคิดได้รวดเร็วขึ้นและมากขึ้น รวมทั้งอาจต่อยอดความคิดที่มีผู้อื่นทำไว้แล้วนั้นได้อีกด้วย

ความสามารถในการคิดแบบนามธรรม เกี่ยวกับ 'คุณลักษณะ' นั้น ทำให้เราใช้ประโยชน์ในการคาดการณ์ กล่าวคือถ้าไปเจอกับของที่มีลักษณะกลม การคิดแบบนามธรรมจะบอกว่า ของนั้นก็จะมีลักษณะอื่นของความกลมที่เคยรู้จักด้วย เช่น คาดการณ์ได้ว่าของกลมที่เจอนี้จะต้องกลิ้งได้ เป็นต้น หรือ มีความรู้ว่างูเป็นสัตว์เลื้อยคลานที่มีพิษ ก็คาดการณ์ได้ว่า หากเจอสัตว์ที่คล้ายงู ก็จะมีอันตรายจากพิษโดนงูกัดได้ โดยไม่ต้องลองทำความรู้จักกับเจ้าสัตว์นั้นเสียก่อนว่าจะมีพิษหรือไม่ เป็นต้น

แต่มีกรณีหนึ่งที่ต้องพิจารณาให้ดี ถ้าเราเห็นอะไรแวบๆ ยาวๆ สีดำๆ กลางพื้นท้องนาหญ้ารก อาจจะมีการตอบสนองด้วยการสะดุ้งตกใจ หยุดกิริยาอาการทั้งหลาย การทำงานในลักษณะนี้ของสมองเกือบใกล้ความสามารถในการแยกลักษณะเมื่อสิ่งที่กระตุ้นต่อสายตามีลักษณะ กลม ยาว สีดำ ซึ่งเป็นลักษณะของงู การสะดุ้งอาจดูคล้ายกับการสั่งการให้หนี โดยใช้ระบบเหตุผลอธิบายว่าต้องหนีเพราะอาจมีอันตรายจากงูกัด แต่ทั้งหมดนี้ยังไม่ใช่ การหยุด-ตัวแข็งหรือกระโดดหนีในกรณีนี้ เกิดจากการสั่งการอัตโนมัติโดยอะมิกดาลา ซึ่งเป็นสมองส่วนที่ทำงานเตือนภัยเมื่อได้รับสัญญาณของสิ่งที่มีลักษณะเป็นงู การทำงานของสมองเป็นเพียงแบบแผนปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายที่เตรียมไว้ในสมอง ให้ใช้โดยอัตโนมัติในเวลาคับขันเพื่อให้ชีวิตอยู่รอดก่อนเป็นสำคัญ โดยไม่ต้องคิด

ลักษณะนามธรรมต่อมาคือ การสร้างระบบเหตุผล อันเป็นการเชื่อมโยงประสบการณ์ผ่าน 'สถานที่' และ 'เวลา' โดยนิยามว่า 'เหตุ' คือสิ่งที่มาก่อนอยู่ก่อน และ 'ผล' คือสิ่งที่เกิดขึ้นตามมา

นามธรรมที่เกี่ยวกับระบบเหตุผล คือการเปรียบเทียบคุณสมบัติของสิ่งของหรือปรากฏการณ์ที่เห็น ในบริบทที่แตกต่างกัน หรือเรียกว่าต่างกรรมต่างวาระ เช่น

ในบริบทของเวลา ถ้าหากเมื่อแรกเห็นเหล็กอยู่ในน้ำเป็นอย่างหนึ่ง ต่อมาอีกระยะหนึ่งเห็นเหล็กชิ้นเดียวกันนั้นเปลี่ยนแปลงคือมีสนิมขึ้น สมองจะสรุปปรากฏการณ์นี้ขึ้นเป็น 'เหตุ' ว่า เหล็กกับน้ำ 'ผล' คือ 'ขึ้นสนิม'

ในบริบทของสถานที่หรือตำแหน่งนั้น มักมีบริบทของเวลาเกี่ยวข้องอยู่ด้วย ถ้าผลส้มติดอยู่กับกิ่งบนต้นไม้ ทันทีที่มันหลุดจากการยึดกับกิ่ง มันจะตกลงที่พื้น สมองของไอแซค นิวตัน (นักวิทยาศาสตร์ผู้เปิดเผยความรู้เกี่ยวกับกฎของแรง) จะสรุปปรากฏการณ์นี้ขึ้น เป็น เหตุ: ถ้าตำแหน่งแรกของส้มคือส้มอยู่ห่างจากพื้นโดยไม่มีกิ่งส้มยึดส้มไว้ ผล: ตำแหน่งของส้มที่จะปรากฏต่อมาก็คือ ส้มหล่นลงพื้น และ หล่นลงเท่านั้น โดยไม่ได้ลอยขึ้นไป จากการสังเกตทำนองนี้อีกหลายประสบการณ์ ในที่สุด สมองจะสร้างระบบเกี่ยวกับเหตุผลที่ซับซ้อนขึ้นเพื่ออธิบายว่า ทำไมส้มจึงต้องหล่น หรือวัตถุต่างๆ ต้องตกลงบนพื้นโลก

การหาเหตุผลส่วนใหญ่ไม่ใช่เรื่องง่าย อย่างเรื่องส้มนี้ ต้องผ่านการคิดเป็นระบบ และนิยามความคิดขึ้นมาเชื่อมโยงการอธิบายนั้น เช่น ต้องสร้างความเข้าใจเรื่องการเคลื่อนที่ ก่อนที่จะสรุปว่า การเคลื่อนที่ แรง และมวล เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกัน นั่นก็คือ ส้มหล่น เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง อันเนื่องมาจากแรงดึงดูดของมวลของโลกที่กระทำต่อมวลของผลส้ม

สมองมนุษย์สามารถแยกแยะ pattern เกี่ยวกับระบบคุณลักษณะขึ้นพร้อมๆ กับเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เกิดก่อน หรือบริบทที่มาก่อน กับ สิ่งที่เกิดตามมา ขึ้นเป็นระบบเหตุผล

การพัฒนาทางภาษาในมนุษย์ เป็นการเริ่มใช้ระบบความคิดเชื่อมโยงทางนามธรรมขั้นต้น เป็นการใช้สัญลักษณ์บางอย่างเชื่อมโยงกับสิ่งที่เห็นเป็นรูปธรรมในโลกภายนอก เพื่อสื่อสารให้ตรงกันระหว่างมนุษย์ เพื่อจินตนาการถึงสิ่งที่ตรงกัน ขณะที่มันพ้นไปจากสายตา (ไม่อยู่ในอาณาเขตพื้นที่ของการรับรู้ได้โดยอายตนะ) ขณะที่สื่อสารกันนั้น

การพัฒนาภาษาขึ้นใช้ ส่งเสริมให้มีความก้าวหน้ามากขึ้น ในการสร้างและใช้ประโยชน์จากนามธรรม ช่วยให้สร้างระบบเหตุผลได้ซับซ้อนขึ้นโดยวิธีสร้างนิยามบนปรากฏการณ์เบื้องต้น แล้วสร้างระบบเหตุผลซ้อนขึ้นโดยอาศัยนิยามนั้นอีกที ระบบคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นตัวอย่างของการสร้างระบบคิด-เหตุผลขึ้นจากประสบการณ์เกี่ยวกับ การครอบครองพื้นที่ หรือปริมาณของสิ่งที่เห็น ภาษาตัวเลขถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้กับประสบการณ์นี้ แล้วใช้นิยามทางภาษานั้นก็ผูกโยงกันขึ้นเป็นระบบคิดที่ซับซ้อน ซึ่งเรียกว่า คณิตศาสตร์ ในที่สุด

การคิดทั้งหลายมีเป้าหมายของมัน คือ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ระบบคุณลักษณะและระบบเหตุผลที่สร้างขึ้นเป็นประโยชน์ต่อการคาดการณ์มาก ผลต่อเนื่องของการคาดการณ์ก็คือ มันช่วยให้มนุษย์อยู่รอดมากขึ้นและดีขึ้น เนื่องจากมนุษย์ไม่ต้องเรียนรู้โดยประสบการณ์ตรงเสมอไป มนุษย์ก็สามารถอาศัยการเทียบเคียง ก็รู้ว่า(คาดได้ว่า) สิ่งที่เป็นก้อนกลมสามารถกลิ้งไปได้ ขามีไว้เดิน ปีกมีไว้บิน และครีบทำให้ปลาว่ายน้ำได้รวดเร็ว ความอ่อนโยนเป็นคุณสมบัติที่ดีและทำให้พอใจ ฯลฯ

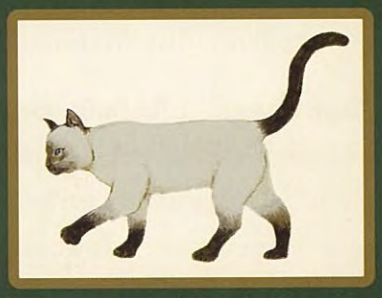
เราอาจรวมลักษณะการคิดอีกแบบหนึ่ง คือ การคิดหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาต่างๆ เข้าในกลุ่มของการคิดวิธีนี้ด้วย เช่น การคิดหาคำตอบว่า ทำไมน้ำเดือดจึงทำให้ไข่ต้มสุก หรือ จะให้ต้นไม้งอกงามควรทำอย่างไร หรือ 7+7 ได้เท่าไร ในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยพื้นฐาน ก็คือ การคิดหาระบบเหตุผลจากสิ่งที่ปรากฏเห็น หรือไม่ก็เป็นการย้อนใช้ระบบเหตุผลที่มีอยู่คาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้น หรือหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุดว่า ถ้าเรากำหนดบางสิ่งเป็นเหตุ อะไรจะเป็นผลตามมา การคิดแบบนี้ ก็คือ การค้นหาความสัมพันธ์เชื่อมโยงทางนามธรรม หรือ 'การจินตนาการ' นั่นเอง

ความสามารถทางนามธรรมของสมองไม่ได้พัฒนาแบบกระโดดออกมาจากความว่างเปล่า ยังมีขั้นตอนย่อยๆ ของพัฒนาการความสามารถนี้ นักจิตวิทยาคนสำคัญ คือ เปียเจต์ (Piaget) ได้บันทึกการสังเกตนี้ไว้ ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในข้อสรุปเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับขั้นตอนการพัฒนาการของการนึกคิดในเด็กจากการสังเกต (Cognitive Development Theory) และทฤษฎีพัฒนาการของความรู้ (Genetic Episthemology) (ดูเพิ่มเติมในบทที่ 15 : เข้าใจ เพื่อใช้สมอง)

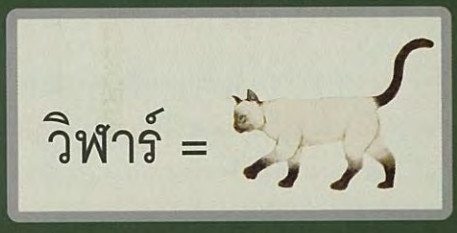
ตัวอย่างต่อไปนี้
อาจช่วยให้เห็นภาพความสัมพันธ์ระหว่าง 'การรับรู้-การคิด-ความจำ' ในขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ บางลักษณะ



ภาพข้างซ้ายนี้เป็นคำใหม่
ที่สามารถอ่านได้ นึกออกเสียงได้
จากข้อมูลเดิม คือ แบบแผนการสะกดคำ
แบบแผนการออกเสียง และ
ความจำเกี่ยวกับอักษรและสระ
อาจนับได้ว่า ไม่มีอะไรเป็นข้อมูลใหม่
เพราะ "วิฬาร์" ไม่มีความหมายอะไร
นอกจากการสะกดคำแปลกๆ (ที่ใช้กฎเกณฑ์เก่าที่รู้อยู่แล้ว)



ภาพซ้ายนี้เป็นสัตว์ชนิดหนึ่ง
เป็นข้อมูลเก่า เพราะรู้จักอยู่แล้วว่า
รูปร่าง หน้าตาอย่างนี้คือ 'แมว'



เมื่อนำ 'วิฬาร์' และ 'ภาพแมว' มาเชื่อมโยงกัน
ก็พอจะคิดได้ว่า วิฬาร์ หมายถึงสัตว์ชนิดนี้
ซึ่งเดิมสัตว์ชนิดนี้ รู้อยู่แต่เรียกว่า 'แมว'

ความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่าง ตัวอักขระที่เขียน 'วิฬาร์' กับ ภาพ 'แมว' ถูกสร้างขึ้นในสมอง เป็นข้อมูลใหม่

'ลายอักขระ' ไม่เพียงแต่เชื่อมโยงกับ 'ภาพแมว' เท่านั้น
แต่ ยังเชื่อมโยงกับ 'เสียง' ของอักขระที่ปรากฏ ซึ่งอาจอ่านออกเสียงได้ยิน และ ความหมายของสัตว์ชนิดหนึ่งที่มีตัวตนในละแวกบ้าน
รวมถึง เสียงของมัน ของที่มันกิน กิริยาท่าทางหรือนิสัยอื่นๆ

ความคิดรวบยอดทั้งหมดเกี่ยวกับ 'แมว'
เชื่อมโยงกับ ภาษา(อักขระและเสียงอ่าน) ที่ใช้เรียกขาน 'แมว' ทั้งคำเก่า 'แมว' และคำใหม่ 'วิฬาร์'

ดังนั้นจึงเกิดมีความรู้ว่า วิฬาร์ = แมว 

เมื่อเห็นรูปนี้  *จึงทำให้นึกถึงคำว่า 'แมว' และคำว่า 'วิฬาร์' ไปพร้อมๆ กัน*

การคิดกับความจำอาศัยกันและกัน การคิดอาศัยข้อมูลจากความจำ การคิด สร้างความสัมพันธ์บนข้อมูลที่มีอยู่แล้วในสมอง การจัดความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบใหม่ขึ้น (pathway ใหม่) กลายเป็นข้อมูลใหม่ เป็นการรับรู้แบบใหม่ ข้อมูลใหม่ในกรณีนี้จึงไม่ใช่ข้อมูลจากภายนอกล้วนๆ แต่เป็นข้อมูลเดิมที่ถูกจัดระเบียบใหม่ ข้อมูลใหม่ ที่เกิดขึ้นจากการคิดนี้เมื่อนำมาใช้ซ้ำๆ จะกลายเป็นความจำ การประมวลผลข้อมูลหรือการคิด คือการเปรียบเทียบและสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่รับรู้เข้ามาเสียใหม่ เกิดเป็นข้อมูลที่มีความหมายซ้อนบนข้อมูลเดิมที่เคยจำไว้แล้ว ถ้าไม่มีข้อมูลเดิมอยู่ก่อนในความจำก็ไม่สามารถสร้างข้อมูลใหม่ที่ซับซ้อนกว่าการรับรู้เดิมๆ ขึ้นมาได้

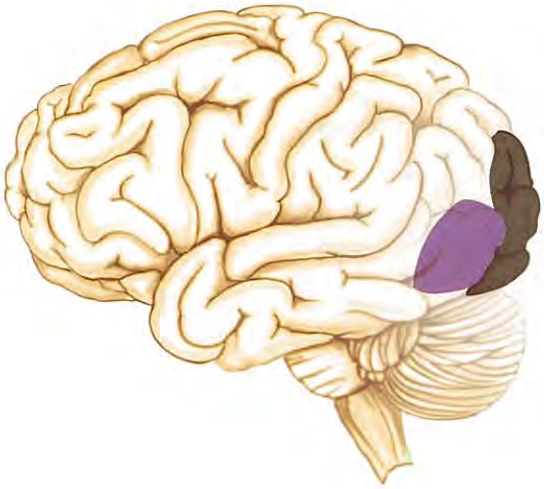
ตามนัยความเข้าใจ 'การคิด' ดังข้างบนนี้ อาจกล่าวได้ว่าการคิดไม่ได้เกิดขึ้นที่สมองพรีฟรอนทัลแห่งเดียว ทุกๆ ตำแหน่งที่มีการรับรู้สัญญาณข้อมูลจะมีการประมวลผลจัดการกับสัญญาณนั้นอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นจึงมีการคิดอยู่ด้วย เพียงแต่ว่าส่วนการคิดบนสมองพรีฟรอนทัลนั้น เป็นการคิดที่อยู่ใต้สำนึกรู้สึกตัว เป็นการสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงในแบบนามธรรมซับซ้อนขึ้นจากประสบการณ์รับรู้พื้นฐาน เป็นลักษณะ 'การคิด' ที่เข้าใจกันโดยทั่วไป

ปัญหาในระบบการรับรู้-การคิด-ความจำนี้ อาจเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอน การจำไม่ได้หรือลืม-เป็นปัญหาที่รู้จักกันดี การคิดไม่ออกหรือแก้ปัญหาไม่ได้-ก็เป็นลักษณะหนึ่งของปัญหาการคิดที่ธรรมดาที่สุด ส่วน-ปัญหาของการรับรู้-อาจไม่ธรรมดานัก ถ้าสายตาดีหูไม่หนวก อวัยวะของร่างกายยังมีความรู้สึก ก็ไม่น่าจะมีปัญหาเกี่ยวกับการรับรู้ แต่-ปัญหาเกี่ยวกับการรู้-ก็ยังอาจเกิดขึ้นในแบบอื่นๆ ได้อีก

ความผิดปกติชนิดหนึ่งเรียกว่า **'visual agnosia'** หมายถึง อาการที่ไม่รู้ว่า สิ่งที่เห็นอยู่คืออะไร มีลักษณะดังนี้คือ ลองให้ดูสิ่งของอะไรสักอย่างหนึ่ง จะเห็นของสิ่งนั้น แต่บอกไม่ได้ว่าเป็นอะไร ถ้าสมมติว่าของสิ่งนั้นเป็นดอกกุหลาบ สมองที่ผิดปกติแบบนี้จะบอกได้ว่ามีสีอะไร อธิบายลักษณะดอกได้ แต่บอกไม่ได้ว่าเป็นอะไร แต่ถ้าหากเปลี่ยนจากการให้ดู เป็นให้ดมกลิ่นหรือจับต้อง ก็จะบอกได้ทันทีว่าเป็นดอกกุหลาบ คนที่มีความผิดปกติเช่นนี้ไม่ได้ตาบอด เนื่องจากเขามองเห็น และเขารู้จักดอกกุหลาบดี เพราะถ้าถามว่า ดอกกุหลาบเป็นอย่างไรเขาก็จะอธิบายได้

ปัญหาข้างบนนี้ ไม่ได้เป็นปัญหาความจำ เพราะเขาอธิบายสิ่งที่เขารู้จักเกี่ยวกับดอกกุหลาบได้ อาจกล่าวได้ว่าไม่ได้เป็นปัญหาเกี่ยวกับการคิดโดยตรง เพราะเขาสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง 'กุหลาบ' ในมิติอื่นๆ ได้หมด ยกเว้น เชื่อมโยงออกไปจากภาพที่เห็นไม่ได้

สมองดังกล่าว รับข้อมูลเข้ามาทางสายตา สมองสามารถแปลสัญญาณข้อมูลที่ได้รับเป็น สี รูปทรง มิติ แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดเข้าเป็นอะไรอย่างหนึ่งได้ หรือเชื่อมโยงได้ไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถเข้าถึงความหมายจากประสบการณ์รับรู้ที่มีมาแต่ก่อนได้ การเชื่อมโยงนั้นจึงไม่ถูกเข้าใจ ไม่รู้จักสิ่งที่เห็น แต่สมองไม่มีปัญหาในการทำความรู้จักจากการสัมผัสรับรู้ 'กลิ่น' หรือ 'สัมผัสจับต้อง' ไม่มีปัญหากับ 'นิยาม' หรือภาษาที่ใช้เรียกสิ่งที่รู้จักนั้น รวมทั้งปัญหาไม่ได้อยู่ในระบบวงจรของเซลสมอง บนผิวสมองบริเวณที่เกี่ยวกับการเห็นภาพขั้นต้น(ที่แยกสี รูปทรง มิติ) คล้ายกับว่าปัญหาเกิดอยู่บนวงจรที่สร้างประสบการณ์ภาพในระดับถัดมา (ซึ่งในตัวอย่างนี้ เป็นวงจรเกี่ยวกับการจัดกลุ่ม-จำแนกพวกภาพที่เห็น)



ผิวสมองส่วนหลัง

บริเวณนี้สร้างความหมายจากสัญญาณแสงที่ได้รับขั้นต้น คือทำหน้าที่สร้างความรู้สึกเห็นเป็นภาพ

ผิวสมองส่วนต่อระหว่างสมองส่วนหลังกับสมองขมับ

บริเวณนี้สร้างความหมายที่ซับซ้อนขึ้น โดยรับข้อมูลภาพที่สร้างขึ้นแล้วบนบริเวณผิวสมองส่วนหลัง นำมาสร้างเป็นประสบการณ์ภาพที่รู้จัก (บริเวณนี้คือ ส่วนต้นของเส้นทางด้านใต้ แห่งการประมวลสัญญาณภาพ-ventral route)

ภาพแสดงบริเวณสมอง ซึ่งเมื่อได้รับความเสียหาย อาจทำให้เกิดอาการ ไม่รู้จักสิ่งที่เห็น (visual agnosia)

ปัญหาในบริเวณ ■ ทำให้เกิดความผิดปกติของการเห็น ขั้นที่ว่า อาจไม่สามารถระบุบอกได้เลยว่า สิ่งที่เห็นเป็นรูปร่างอย่างไร ผู้ที่มีความผิดปกตินี้ อาจมีความสามารถในการเห็น เพียงแยกสิ่งต่างๆ ที่เห็นตรงหน้าได้จากลักษณะอย่างอื่นๆ เช่น จากสี เป็นต้น

ปัญหาในบริเวณ ■ ทำให้เกิดความผิดปกติของการรับรู้-รู้จัก แต่ยังสามารถเห็นเป็นภาพ เพียงแต่ว่าไม่สามารถแยกภาพที่มีลักษณะคล้ายๆ กันออกจากกันได้ เช่น บอกว่า เห็นหมู ทั้งที่สิ่งที่อยู่ข้างหน้า เป็นวัว เป็นต้น

จากตัวอย่างการทำงานที่ผิดปกติของ การรู้ หรือ การคิด หรือ การจำ นี้ จะเห็นว่า **กระบวนการเรียนรู้** เป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนซับซ้อน รูปแบบจำลอง(การรับรู้-การคิด-ความจำ) ที่แสดงมานั้นไม่อาจแสดงความซับซ้อนนี้ได้ทั้งหมด การ **'มีข้อมูลอยู่ในความจำ'** หรือ 'การได้เรียนรู้' แล้วนั้น อาจไม่ได้หมายความว่าจะ **'รู้จัก' 'จำได้'** หรือ **'เอามาใช้ได้'** เสมอไป

แม้ว่าจะมีข้อมูลที่คงตัวหรือความจำแล้วในสมอง แต่ถ้ากระบวนการคิดผิดปกติก็เอามาใช้ไม่ได้-บอกใครไม่ได้-เหมือนกับจำไม่ได้ ไม่รู้ว่าสิ่งที่เห็นคืออะไร กลับกันก็คือ ถ้ากระบวนการคิดปกติ แต่ถ้าไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์จำอยู่เลยว่า 'สิ่งนั้น' เรียกว่า 'ดอกกุหลาบ' ก็บอกใครๆ ไม่ได้เหมือนกันว่าตัวเองเห็นอะไร โดยทั่วไปปัญหาว่า 'ไม่รู้จัก' มักจะมาจากไม่เคยมีการรับรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเคยรับรู้แล้วแต่จำไม่ได้ เป็นเรื่องข้อมูลที่ไม่คงตัวหรือความจำที่ถูกลืมไปมากกว่า มีกรณีพิเศษที่ไม่บ่อยนัก คือ เป็นโรคบางอย่างหรือเป็นการเสื่อมของสมองตามอายุ จึงจะทำให้เกิดความผิดปกติเช่นนี้ขึ้น คือไม่รู้จัก ทั้งๆ ที่เคยรู้จักมาก่อน

กระบวนการเรียนรู้ เป็นการ ก่อ-สร้าง ความจำ และพัฒนาทักษะการคิด จากการรับรู้ประสบการณ์ที่เป็นพื้นฐาน ค่อยพัฒนาซับซ้อนขึ้นตามลำดับ

ในการเรียนการสอน ดูจะมีประเด็นที่สำคัญอยู่สามเรื่อง คือ ปัญหาว่าจะทำอย่างไรให้ผู้เรียนสนใจรับรู้สิ่งที่ได้จัดให้ศึกษาเล่าเรียน ปัญหาว่าจะทำอย่างไรให้จำ และปัญหาว่าจะทำอย่างไรให้คิดและเข้าใจ

ประเด็นแรกนั้นยอมรับกันว่า ถ้าทำให้การเรียนเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ผู้เรียนก็จะกระตือรือร้นในการค้นคว้าเล่าเรียน สำหรับปัญหาสองประเด็นหลัง เป็นหัวข้อที่ถกเถียงกันอยู่ทั่วไป คือ ควร(จัดการ)สอน(เพื่อ)ให้จำ หรือ ควร(จัดการ)สอน(เพื่อ)ให้คิด ดูเหมือนว่าข้อสรุปของการถกเถียงนี้ จะออกมาในรูปที่ว่า การสอนให้จำ ทำให้เด็กคิดไม่เป็น ดังนั้นจะต้องเลือกเอาว่าจะสอนให้คิด หรือ สอนให้จำ อย่างใดอย่างหนึ่ง

จริงอยู่ที่ว่า หากจำได้แต่ไม่มีความเข้าใจก็ไม่ช่วยให้นำสิ่งที่จำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่การที่เกิดความไม่เข้าใจจนเอาอะไรที่สอนไปใช้ประโยชน์ไม่ได้นั้น ไม่ควรโทษว่า เป็นเพราะเอาแต่จำ เลยทำให้คิดไม่เป็น บางกรณีเสียอีก ที่ความไม่เข้าใจหรือคิดไม่ออก อาจเกิดจากการที่ไม่สามารถจำข้อมูลที่จะช่วยให้เข้าใจได้

การจำเป็นสิ่งที่ตรงไปตรงมา คือถ้ามีวิธีการที่ดีและมีความเพียรพยายามก็อาจสร้างความจำได้ แต่ความเข้าใจ-ไม่เป็นเช่นนั้น แม้จะพยายามคิดเอง หรือมีใครมาบอกให้รู้วิธีคิด ก็ใช่ว่าจะคิดตามและเกิดความเข้าใจได้เสมอไป



การพัฒนา จากประสบการณ์ สัมผัสและรับรู้ ขึ้นสู่ ทักษะการคิด



ความสนใจช่วยให้สมองทำงาน รับรู้ข้อมูลจากภายนอกเข้ามาในสมอง การประมวลผลข้อมูลนั้นในสมอง คือการทำงานของวงจรสัญญาณ เป็นการจัดกลุ่มเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของวงจรเอง รูปแบบของวงจร ก็คือความหมายแทนโลกภายนอก ที่ 'ตัวเรา' รับรู้ (ซึ่ง 'ตัวเรา' ที่รับรู้นั้นก็สร้างขึ้นจากการทำงานของวงจรสัญญาณในสมองนี้เช่นกัน) ความเข้าใจในความหมายของข้อมูล ที่ถูกป้อนเข้ามาในสมอง ก็คือความสัมพันธ์เชื่อมโยงของวงจรสัญญาณ ที่สร้างขึ้นไว้แล้วในสมอง วงจรสัญญาณที่สร้างขึ้นไว้แล้วในสมองก็คือความจำ ถ้าสมองไม่สามารถหาความหมายของข้อมูลที่เข้ามาได้ สมองก็จะเริ่มคิด คือก่อ-สร้าง จัดระบบความสัมพันธ์เชื่อมโยงใหม่ในวงจร จนมีความลงตัว นั่นคือการสร้างความเข้าใจขึ้นมาใหม่

ข้อมูลจะนำไปสู่การคิดและความเข้าใจเบื้องต้น ความจำจะถูกสร้างขึ้นและเป็นฐานเพื่อทำความเข้าใจในเรื่องที่ซับซ้อนขึ้นต่อไป การรับรู้ข้อมูลที่หลากหลาย จะนำไปสู่การจัดระบบความสัมพันธ์ที่หลากหลาย ระบบความสัมพันธ์ขั้นต้นเป็นฐานของการจัดระบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนขึ้นต่อไป

เราอาจติดข้องถกเถียงต่อต้านเรื่องการท่องจำ จนกระทั่ง ยกเอานกแก้วนกขุนทองมาเปรียบเปรย ด้วยเห็นว่าการทำความเข้าใจต่างหากที่เป็นหัวใจของการเรียนรู้ แต่จริงๆ แล้ว **การจำและการมีความจำนั้นเป็นหัวใจของกระบวนการเรียนรู้ พอๆ กับความเข้าใจ** ที่ควรสนใจก็คือ จะทำอย่างไรให้เกิดความจำขึ้นโดยไม่รู้สึกว่าต้องท่องจำ ถ้าไม่ใช้การท่องแล้วจะมีวิธีการหรือค้นคิดกลวิธีใดได้บ้าง เพื่อให้เกิดความจำขึ้น และให้สมองเด็กได้เห็นถึงประโยชน์ของการมีความจำนั้น ใช้ความจำนั้นเป็นฐานเพื่อเข้าใจสิ่งใหม่ได้ เพราะข้อมูลที่เข้ามาใหม่ หากไม่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่อยู่ในความเข้าใจเดิมหรือความจำเดิม สมองจะไม่สามารถทำความเข้าใจได้ **การเรียนรู้ที่ไม่ได้เพิ่มพูนจากฐานความรู้เดิมจะก่อรูปเป็นความรู้ใหม่ได้ยาก** การคิดอย่างเดียวโดยไม่สร้างความจำขึ้นเลยนั้น เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า ใช้เวลามากกว่า ในการทำงานของวงจรเซลสมอง

ภาษาเป็นตัวอย่างของการจำและใช้ความจำโดยอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ เราไม่ได้พูดจากันโดยคอยแปลความหมายของเสียงที่ได้ยินตลอดเวลาสนทนา แต่ความเข้าใจในเสียงพูด เกิดจากการทำงานจากความจำของสมอง รูปแบบของเสียงโยงผูกกับความหมายของภาษาในทันที แม้คณิตศาสตร์ก็เช่นกัน **ความจำทำให้เกิดความคล่องตัวเวลาแก้ปัญหา** การแก้ปัญหาได้ เป็นหัวใจของการเรียนรู้ การที่เด็กรู้สึกถึงผลสำเร็จในการแก้ปัญหา จะส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้นั้น ความรู้สึกถึงผลสำเร็จนี้ไม่ใช่ความรู้สึกลอยๆ แต่มาจากเหตุผลที่จับต้องได้ที่ยืนยันว่ากระบวนการเรียนรู้ที่กำลังเกิดขึ้น เป็นไปในทิศทางที่ถูกต้องแล้ว

เมื่อทำความเข้าใจตามแบบจำลองการเรียนรู้นี้ ที่ว่า **ความรู้ความเข้าใจก่อตัวเป็นขั้นๆ จากง่ายไปสู่ยาก จากความเข้าใจพื้นฐานไปสู่ความเข้าใจที่ซับซ้อน** เราอาจสามารถแยกแยะปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ที่ไม่ประสบความสำเร็จได้ ความเข้าใจในปัญหาเหล่านี้ เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจัดการเรียนการสอนต่อไป

ตัวอย่างนี้
ช่วยให้เห็นกระบวนการทำงานของสมองในบางลักษณะของ การคิดและความจำ

การคิดและการใช้ความจำนั้นเป็นกระบวนการที่ซ้อนกันอยู่ ถ้าถามว่า 7+7=? หรือ 7x5=? กระบวนการหาคำตอบเกี่ยวกับโจทย์นี้อาจเป็น

เรื่องการคิดล้วนๆ คือ

7 เพิ่มอีก 7 หน่วย (บนเส้นตรงจำนวน-ใช้นิ้วนับเอา) จะได้ค่าอยู่ตรงเลข 14 (คือนับได้ถึง 14)
7x5 คือ 7 บวกด้วยจำนวนเดิม 5 ครั้ง ก็ทำการบวกเช่นเดียวกับโจทย์แรก ไป 5 ครั้งได้ 35

หรือ อาจเป็นเพียง *เป็นการคิดครึ่งเดียวอีกครึ่งใช้ความจำ* คือ

ครึ่งแรกของการคิด คือรู้ว่า 7+7 เป็นการบวก
ส่วนข้อมูลในความจำของสมอง บอกว่า ถ้ามี 7 กับ 7 บวกกัน คำตอบคือ 14
ครึ่งแรกของการคิด คือรู้ว่า 7x5 เป็นการคูณ
ตามตารางสูตรคูณ ซึ่งเป็นการท่องจำข้อมูลอยู่ในสมอง บอกว่า คำตอบคือ 35

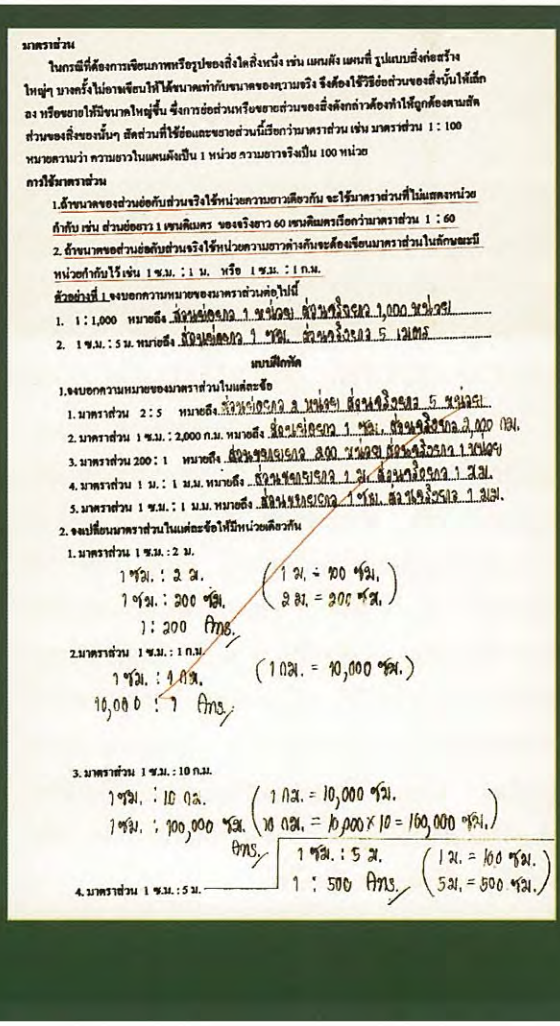
เอกสารคำสอนนี้ได้อธิบายความรู้ ซึ่งถือเป็น "fact" ทางคณิตศาสตร์ด้วยถ้อยคำที่ถูกต้องสละสลวย แต่ทว่าการอธิบายได้แยกความรู้มาอธิบายต่างหากจากบริบทของเหตุการณ์ที่มันเกิดขึ้น ผู้เรียนที่มีองค์ความรู้หรือมีจินตนาการทางคณิตศาสตร์อยู่ก่อนอาจจะเข้าใจได้ แต่ผู้เรียนที่ไม่มีองค์ความรู้เดิมพอเพียง ไม่สามารถจินตนาการตามการอธิบายนี้ ก็จะเกิดภาวะ *ปฏิเสธการรับรู้* หรือ *ไม่ทำความเข้าใจคำอธิบาย* และนำไปสู่ภาวะที่เรียกว่า *อ่อนเลย* ในที่สุด

sheet นี้อธิบายว่า

1. *ถ้าขนาดของส่วนย่อกับส่วนจริงใช้หน่วยความยาวเดียวกัน จะใช้มาตราส่วนที่ไม่แสดงหน่วยกำกับ เช่น ส่วนย่อยาว 1 เซนติเมตร ของจริงยาว 60 เซนติเมตร เรียกว่ามาตราส่วน 1 : 60*

2. *ถ้าขนาดของส่วนย่อกับส่วนจริงใช้หน่วยความยาวต่างกัน จะต้องเขียนมาตราส่วนในลักษณะมีหน่วยกำกับไว้ เช่น 1 ซ.ม. : 1 ม. หรือ 1 ซ.ม. : 1 ก.ม.*

ถ้าเราคิด(เข้าข้างตัวเรา)ว่า เรื่องมาตราส่วนเพียงแค่นี้ ไม่น่าจะมีอะไรเข้าใจได้ยาก และก็ ไม่เห็นจะต้องใช้ความจำอะไรด้วย ...ลองดูหน้าต่อไป



มาตราส่วน

ในกรณีที่ต้องการเขียนภาพหรือรูปของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น แผนผัง แผนที่ รูปแบบสิ่งก่อสร้าง ใหญ่ๆ บางครั้งไม่อาจเขียนให้ได้ขนาดเท่ากับขนาดของความจริง จึงต้องใช้วิธีย่อส่วนของสิ่งนั้นให้เล็ก ลง หรือขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการย่อส่วนหรือขยายส่วนของสิ่งดังกล่าวต้องทำให้ถูกต้องตามสัด ส่วนของสิ่งของนั้นๆ อัตส่วนที่ใช้ย่อและขยายส่วนนี้เรียกว่ามาตราส่วน เช่น มาตราส่วน 1 : 100 หมายความว่า ความยาวในแผนผังเป็น 1 หน่วย ความยาวจริงเป็น 100 หน่วย

การใช้มาตราส่วน

1.ถ้าขนาดของส่วนย่อกับส่วนจริงใช้หน่วยความยาวเดียวกัน จะใช้มาตราส่วนที่ไม่แสดงหน่วยกำกับ เช่น ส่วนย่อยาว 1 เซนติเมตร ของจริงยาว 60 เซนติเมตรเรียกว่ามาตราส่วน 1 : 60

2. ถ้าขนาดของส่วนย่อกับส่วนจริงใช้หน่วยความยาวต่างกันจะต้องเขียนมาตราส่วนในลักษณะมีหน่วยกำกับไว้ เช่น 1 ซ.ม. : 1 ม. หรือ 1 ซ.ม. : 1 ก.ม.

ตัวอย่างที่ 1 จงบอกความหมายของมาตราส่วนต่อไปนี้

1. 1 : 1,000 หมายถึง ส่วนย่อยยาว 1 หน่วย ส่วนจริงยาว 1,000 หน่วย
2. 1 ซ.ม. : 5 ม. หมายถึง ส่วนย่อยยาว 1 ซม. ส่วนจริงยาว 5 เมตร

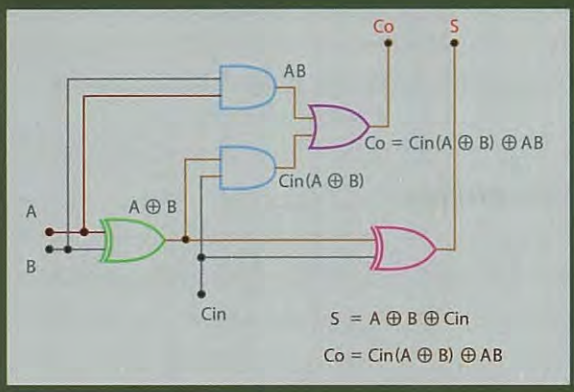
แบบฝึกหัด

1.จงบอกความหมายของมาตราส่วนในแต่ละข้อ

1. มาตราส่วน 2 : 5 หมายถึง ส่วนย่อยยาว 2 หน่วย ส่วนจริงยาว 5 หน่วย
2. มาตราส่วน 1 ซ.ม. : 2,000 ก.ม. หมายถึง ส่วนย่อยยาว 1 ซม. ส่วนจริงยาว 2,000 กม.
3. มาตราส่วน 200 : 1 หมายถึง ส่วนย่อยยาว 200 หน่วย ส่วนจริงยาว 1 หน่วย
4. มาตราส่วน 1 ม. : 1 ม.ม. หมายถึง ส่วนย่อยยาว 1 ม. ส่วนจริงยาว 1 ม.ม.
5. มาตราส่วน 1 ซ.ม. : 1 ม.ม. หมายถึง ส่วนย่อยยาว 1 ซม. ส่วนจริงยาว 1 ม.ม.

2. จงเปลี่ยนมาตราส่วนในแต่ละข้อให้มีหน่วยเดียวกัน

1. มาตราส่วน 1 ซ.ม. : 2 ม.
   1 ซม. : 2 ม. (1 ม. = 100 ซม., 2 ม. = 200 ซม.)
   1 ซม. : 200 ซม.
   1 : 200 Ans.
2. มาตราส่วน 1 ซ.ม. : 1 ก.ม.
   1 ซม. : 1 กม. (1 กม. = 10,000 ซม.)
   10,000 : 1 Ans.
3. มาตราส่วน 1 ซ.ม. : 10 ก.ม.
   1 ซม. : 10 กม. (1 กม. = 10,000 ซม.
   1 ซม. : 100,000 ซม. 10 กม. = 10,000 × 10 = 100,000 ซม.)
   Ans.
4. มาตราส่วน 1 ซ.ม. : 5 ม. — 1 ซม. : 5 ม. (1 ม. = 100 ซม., 5 ม. = 500 ซม.)
   1 : 500 Ans.



เมื่อดูตัวอย่างมาตราส่วนแล้ว ลองดูตัวอย่างต่อไปนี้อีก จะเข้าใจปัญหาของเรื่องมาตราส่วนที่ผ่านมามากขึ้น

รูปข้างบนนี้ มีที่มาในหนังสือเล่มนี้มาก่อนหน้านี้แล้ว

ในภาพนี้ S = A⊕B⊕Cin เป็นข้อเท็จจริง แต่ผู้ที่ 'ไม่เข้าใจ' หรือ 'ไม่จำ' สัญลักษณ์ทั้งหลายที่ใช้ในรูป ก็จะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากข้อเท็จจริงหรือความรู้นี้

ทั้งเรื่อง 'โลจิกเกท' และเรื่อง 'มาตราส่วน' นี้ เราใช้มุมมองจากด้านตัวเรา
เรื่องมาตราส่วน เราว่าเป็นเรื่องน่าจะเข้าใจง่ายเพราะเรามีความเข้าใจมันแล้ว
เมื่อเจอปัญหา โลจิกเกท เราบอกว่าไม่เข้าใจ หรือ จำไม่ได้ เพราะเป็นสิ่งใหม่สำหรับเรา

ถ้า 'โลจิกเกท' เป็นสิ่งใหม่สำหรับเรา มันก็เหมือนกับ 'มาตราส่วน' เป็นสิ่งใหม่สำหรับเด็ก ป. 5
สำหรับเด็ก ป. 5 แล้ว 'มาตราส่วน' เป็นสิ่งที่ยังเชื่อมโยงไม่ได้ หาที่มาที่ไปไม่ได้ (ไม่ใช่รู้แล้วเหมือนเรา)

เราควรใช้ความเข้าใจนี้ มองปัญหา 'มาตราส่วน' โดยสมมติว่า เราเป็นเด็กนักเรียนที่เผชิญปัญหา
ลองจินตนาการดูว่า ถ้าเราเป็นเด็ก ป. 5 ถูกสอนว่า มาตราส่วนคืออย่างนั้นอย่างนี้
จะมีสภาพต่างจากที่เรารู้สึกต่อ 'โลจิกเกท' ขณะนี้หรือเปล่า

มุมมอง–ความคิด : จินตนาการ กับ ความเคยชิน

สองตัวอย่างในหน้าก่อนกับหน้านี้ เป็นแง่มุมเกี่ยวกับ การคิดและความเข้าใจในอีกแง่หนึ่ง นั่นคือ 'มุมมอง' หรือ 'ความคิดเห็น' การคิด ก่อ-สร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อสิ่งต่างๆ ที่รับรู้ อาจทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีที่คิดนั้น เรียกว่า มุมมองแบบหนึ่งในการคิด หรือความคิดเห็นแบบหนึ่ง โดยทั่วไป เรามักมีมุมมอง หรือมีวิธีการในการคิด ในการหาความสัมพันธ์เชื่อมโยงแบบเดียวเท่านั้น คือแบบที่เราคิดว่าถูกต้อง และเราใช้มุมมองนั้นอยู่เป็นปกติในชีวิตประจำวันโดยไม่ได้นึกคิดว่า เรากำลังคิดแบบไหน หรือยังมีวิธีคิดหรือมุมมองอื่นหรือไม่

มีแบบการทดลองของเปียเจต์ ที่เรียกว่า 'The Three Mountains Task' (แบบทดสอบภูเขาสามลูก) การทดลองนี้เป็นการทดสอบเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์ในเด็กซึ่งแสดงให้เห็นว่า **เด็กที่มีวุฒิภาวะในระดับที่ยังไม่ผ่านพ้นขั้นตอนพัฒนาการบางขั้นตอนนั้น** (คือยังอยู่ในขั้น preoperational stage) **ไม่สามารถเข้าใจได้ว่า 'มุมมอง' อื่นนอกเหนือไปจากที่ตัวเองมีประสบการณ์รับรู้อยู่นั้นเป็นอย่างไร** นั่นคือ **ไม่เข้าใจสิ่งที่คนอื่นคิด**

ถ้าสิ่งที่ปรากฏภายนอกผ่านการรับรู้เข้าสู่ตัวเรา แล้วเราทุกคนสามารถคิดเห็นมองเห็นความสัมพันธ์ของเรื่องต่างๆ เกี่ยวโยงกันได้เหมือนกันหมด คนเราคงไม่มีเรื่องต้องทะเลาะกัน คงไม่มีเรื่องอย่างเช่นที่ ปโตเลมี เห็นว่าโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาล ในขณะที่คอปเปอร์นิคัสเห็นว่า โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ เรื่องราวเช่นนี้แสดงว่าในกระบวนการเรียนรู้ โดยเฉพาะ 'การคิด' บางครั้งต้องอาศัย **'การจินตนาการ'** หรือการคิดนอกพื้นฐานของความรู้หรือความจำที่มีอยู่เดิม กล่าวกันว่า การจินตนาการนั้น เป็นศักยภาพพิเศษของสมองมนุษย์ที่ไม่มีในสัตว์อื่น การจินตนาการเป็นการคิดโดยลองจัดความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ใหม่ กระบวนแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบใหม่ที่เกิดขึ้นบางครั้งเป็นที่มาของความรู้ใหม่ๆ ในโลก อย่างไรก็ดี การจินตนาการที่มีลักษณะดังกล่าวนั้น เมื่อพิจารณาให้ถึงที่สุดแล้ว ก็จะพบว่า ไม่ใช่เรื่อง 'แหกคอก' ความรู้ความเข้าใจเดิมแต่อย่างใด ไม่ใช่เรื่องที่ผุดขึ้นมาลอยๆ โดยไม่เกี่ยวโยงอย่างสิ้นเชิงกับข้อมูลความรู้ความเข้าใจใดๆ ที่มีอยู่ก่อน ทว่าสิ่งที่เป็นจินตนาการ ในบางครั้ง กลับแสดงให้เห็นกระบวนความสัมพันธ์ที่เข้ารูปเข้ารอยชัดเจนยิ่งขึ้น และย้ำตรรกะเดิมที่เคยใช้มา ตัวอย่างความคิดหรือการที่เชื่อว่าโลกเป็นศูนย์กลางนั้น แท้จริงเป็นการคิดที่ผิวเผิน เป็นการทำความเข้าใจอย่างหยาบๆ ต่ออาการที่ 'เรามองเห็น' ดวงอาทิตย์โคจรโดยรอบไปในท้องฟ้า ก็เลยคิดว่า 'ตัวเอง' อยู่นิ่งและมีสิ่งอื่นเคลื่อนที่ไปรอบๆ เอาตัวเราเป็นศูนย์กลางของจักรวาล แต่สิ่งที่คอปเปอร์นิคัสคิด เป็นการกลับรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างโลก ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์อื่นๆ กับดวงอาทิตย์ พร้อมกับคิดถึงการหมุนของโลกรอบตัวเองไปด้วย ในที่สุดก็ได้ความสัมพันธ์ซึ่งสอดคล้องกันและอธิบายเรื่องต่างๆ ได้ดีกว่า ทั้งเรื่องกลางวัน กลางคืน เรื่องการเคลื่อนที่โคจรของดวงจันทร์และดาวเคราะห์อื่นๆ (โดยไม่ต้องมีเงื่อนไขพิเศษเพื่ออธิบายว่า ทำไมดาวเคราะห์จึงเดินหน้าและถอยหลังในบางเวลาอย่างที่เคยเข้าใจมาแต่เดิม)

ในผู้ใหญ่ปัญหาเรื่องมุมมองนี้ไม่ใช่ว่าหมดไป หากแต่ต่างไปจากเด็ก **ในเด็กนั้นวงจรของเซลในสมองอาจยังไม่บรรลุขั้นตอนการพัฒนาเพียงพอ แต่ในผู้ใหญ่ วงจรนี้พร้อมจะพัฒนาแล้ว แต่ไม่พัฒนา** ถ้าเราปล่อยปละละเลยเด็ก ปล่อยให้ภาวะการไม่พัฒนาของวงจรนี้เป็นไปตามยถากรรม เราก็จะได้ผู้ใหญ่ในอนาคตที่ความสามารถ มีศักยภาพในการรู้-ในการมอง-ในการเข้าใจสิ่งต่างๆ น้อยกว่าที่ควร เมื่อเราไม่สามารถจะเข้าใจอะไรอะไรได้ สิ่งที่เราจะใช้กันเป็น 'เหตุผล' หรือ 'ความคิดเห็น' ต่อสิ่งต่างๆ ก็ไม่มีอะไรมากไปกว่า **'ความเคยชิน'** คือ เคยมีประสบการณ์(ซึ่งจำกัดอยู่)เท่าใด ก็ใช้เพียงแค่นั้น

การทดสอบภูเขาสามลูก



หลังจากให้เด็กเดินดูโดยรอบภูเขาสามลูกจากมุมต่างๆ กันแล้ว ก็ถามเด็กว่า ตุ๊กตาที่นั่งอยู่ตรงข้ามเธอ จะมองเห็นภาพแบบไหน (ให้ตอบโดยเลือกรูปภาพที่มองจากมุมต่างๆ กัน)

เด็กที่ยังมีอายุสมองในขั้น preoperational stage จะเลือกภาพแบบที่ตัวเองเห็น ซึ่งแสดงว่า เธอคิดว่า ตุ๊กตาจะเห็นอย่างที่เธอเห็น

ความจำ

การจำและความจำ คือประสบการณ์ที่ได้เกิดขึ้นแต่จบไปแล้วในโลกที่เป็นจริง การจำและความจำเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงในสมองอย่างหนึ่ง ความเปลี่ยนแปลงนั้นคือ มี 'ข้อมูล' หรือ 'วงจรตัวแทน' ที่เกิดจากการรับรู้โลกภายนอกมาปรากฏขึ้นภายในสมอง วงจรนั้น 'คงตัว' คือคงอยู่ในสมองไม่เลือนไป

การจะรู้ว่ามีความเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ในสมองหรือไม่ อาจใช้วิธีทดสอบความจำ เราทดสอบความจำได้โดยทำนองเช่นว่า ถามเรื่องที่เกิดขึ้นเมื่อวาน ถามปัญหาในบทเรียนที่สอนเมื่อชั่วโมงที่แล้ว นั่นคือ เราทำการทดสอบดูว่า ในช่วงเวลาหนึ่งก่อนหน้านี้ หากมีสถานการณ์ เหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดการรับรู้บางอย่าง ต่อมาสมองยังจะสามารถถ่ายทอดเหตุการณ์นั้น หรือการรับรู้ที่ผ่านไปแล้วนั้นได้หรือไม่ ถ้าทำได้ก็แสดงว่า มีการเปลี่ยนแปลงที่เรียกว่า 'ความจำ' เกิดขึ้นในสมอง การทดสอบความจำ เป็นการตรวจสอบทางอ้อม คือ เราไม่ได้เปิดกะโหลกเข้าไปดูตัวความจำในเนื้อสมอง แต่เราดูเอาว่า ถ้าสมองแสดงพฤติกรรมบางอย่างออกมา ก็อาจเชื่อได้ว่า มีบางอย่าง คือ ความจำในสมองนั้นเองเป็นเหตุแห่งพฤติกรรม ที่เกี่ยวเนื่องกับความจำนั้น

มีการจัดหมวดหมู่แบ่งความจำไว้เป็นหลายประเภท เพราะพฤติกรรมที่ใช้อ้างอธิบายลักษณะของความจำนั้นมีความแตกต่างกันอยู่ ความที่ต่างกันนี้มีความสำคัญต่อการค้นคว้าวิจัย เพราะความแตกต่างเหล่านี้อาจล่อแสดงถึงที่มาหรือกระบวนการทำงานที่ต่างกันของสมอง

'ความจำ' อาจจัดแบ่งตามลักษณะพฤติกรรมของสมองที่เกี่ยวข้อง หรือจัดแบ่งตามกระบวนการที่แต่ละประสบการณ์นั้นปรากฏขึ้นเป็นความจำในสมอง (ดูขยายความในหน้าตรงข้าม)

นอกจากนี้ ยังอาจจำแนกประเภทความจำโดยใช้เกณฑ์ระยะเวลาที่ข้อมูลสามารถนึกรู้และจำได้ ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว ความจำระยะสั้นหรือความจำในปัจจุบันขณะ เป็นความจำที่เกิดขึ้นในนาทีที่ได้ยินได้เห็น หรือกำลังคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งอยู่ เป็นการทำงานประมวลผลของสมองในการคิด เรียบเรียงข้อมูลที่ได้รับมาเพื่อความเข้าใจความหมายในชั่วปัจจุบันขณะ ส่วนความจำระยะยาวหรือความจำของประสบการณ์ เป็นความจำที่เข้าใจกันโดยนัยความหมายของคำว่า 'จำ' โดยทั่วไป คือเป็นความจำย้อนระลึกสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีต หรือจำข้อมูลเรื่องราวที่พยายามทบทวนฝึกหัดฝึกฝนเพื่อให้คุ้นเคยและชำนาญ เพื่อย้อนระลึกได้เมื่อถึงโอกาสที่ต้องการนำมาใช้ในอนาคต

การแบ่ง 'ความจำ' ออกเป็น 5 ประเภท ตามลักษณะของสิ่งที่จำและการจำ ความจำแต่ละประเภทเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองส่วนที่ต่างกัน

1. **ความจำขณะคิด (working memory)** หมายถึง การรักษาข้อมูลประสบการณ์การรับรู้ชั่วขณะที่กำลังเชื่อมโยง หาความหมาย หาความสัมพันธ์ ของข้อมูลนั้นในระหว่างการคิด เมื่อไม่ได้ใช้ประโยชน์สักระยะหนึ่ง 'พื้นที่' หรือวงจรที่แทนข้อมูลนี้ จะถูกแทนที่ด้วยข้อมูลใหม่

2. **ความจำทั่วไปเกี่ยวนิยามความหมาย (semantic memory)** เป็นความจำเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ต่างๆ เกี่ยวกับนิยาม สัญลักษณ์ ความหมายทางภาษา กฎเกณฑ์ คำอธิบาย ความรู้ในเรื่องต่างๆ ข้อมูลการรับรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นเมื่อมีความสัมพันธ์กับข้อมูลอื่นที่มีอยู่ก่อนแล้วมีแนวโน้มจะเป็นข้อมูลที่ถูกจำได้ ความจำในกลุ่มนี้จะถูกใช้เวลาเราเห็นคำต่างๆ สัญลักษณ์ต่างๆ แล้วต้องการนึกรู้ความหมายของมัน ซึ่งอาจจะเป็นความหมายของคำตามพจนานุกรม ชื่อของสถานที่ ชื่อหนังสือ/ภาพยนตร์ รวมทั้งเป็นความรู้ที่เราใช้ตรวจสอบความถูกต้องของคำและสัญลักษณ์ต่างๆ (ที่เราจำได้) ด้วย เช่น การสะกดคำ กฎเกณฑ์ไวยากรณ์ สูตรเคมี สูตรคูณ ส่วนของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำให้ข้อมูลนี้จำได้ และรู้ว่ามีข้อมูลนี้จำอยู่(ย้อนนึกได้) คือ ฮิปโปแคมปัสและสมองส่วนหน้า (frontal lobe) ส่วนอื่นๆ ของผิวสมอง เป็นส่วนที่บันทึกรายละเอียดต่างๆ การเข้าถึงข้อมูลความจำประเภทนี้ หรือการนำข้อมูลนี้มาสู่ 'การระลึกรู้' (recognize) อาศัยการนึกทบทวน (recall) ความจำในกลุ่มนี้โดยตัวของมันเองเกิดขึ้นได้ยากที่สุด ส่วนใหญ่จะต้องใช้วิธีการรับข้อมูลเดิมซ้ำๆ ซึ่งก็คือการท่องนั่นเอง หรือมิฉะนั้นจะต้องสร้างความเชื่อมโยงอย่างใดอย่างหนึ่งกับข้อมูลที่มีอยู่เดิม

3. **ทักษะ (procedural memory)** ทักษะในการเคลื่อนไหว ทักษะในการงาน หรือแม้แต่ทักษะในการคิด (เช่น ทักษะการเล่นหมากรุก) เป็นความจำประเภทหนึ่ง ข้อมูลความจำประเภทนี้เกี่ยวกับขั้นตอน วิธีการต่างๆ ทักษะเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเริ่มต้นด้วยการควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายให้สัมพันธ์กัน ทักษะเกี่ยวกับการคิดเริ่มต้นด้วยการคิดหาวิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหา เมื่อมีการทำเช่นเดิมนี้ซ้ำๆ บ่อยๆ (ซึ่งเรียกว่า การฝึกฝน) จะเกิดวงจรความจำรองรับการทำงานนั้นๆ เป็นพิเศษ ทำให้การเคลื่อนไหวหรือการงานที่ฝึกฝนหรือการคิดนั้น เป็นการสั่งงานผ่านวงจรที่มีความจำในขั้นตอนพิเศษเหล่านั้น เช่น ในการขี่จักรยาน ว่ายน้ำ ขับรถ เล่นดนตรี พิมพ์สัมผัส การ 'จำทางได้' เวลาไปไหนมาไหน จัดอยู่ในความจำประเภทนี้เช่นกัน

   ความชำนาญนั้นเกิดจากการประสานงานกันของระบบรับรู้และระบบควบคุมการเคลื่อนไหว เป็นกระบวนต่อเนื่องที่เกิดซ้ำๆ จนกลายเป็นกระบวนการทำงานของร่างแหเซลสมองชุดหนึ่ง เมื่อ 'ความชำนาญ' เกิดขึ้นแล้ว สมองส่วนสั่งการมีหน้าที่เพียงไปกระตุ้นวงจรความชำนาญนั้นให้ทำงานขึ้นเมื่อต้องการใช้ความชำนาญนั้นโดยไม่ต้อง 'คิดและสั่ง' ทีละขั้นตอนว่าจะต้องทำอย่างไรอีกต่อไป ผิวสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับความจำชนิดนี้ คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนพาไรเอทัล (parietal) ยังมีส่วนใต้ผิวสมอง คือ เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) และสมองน้อย (cerebellum) ด้วย

4. **ความจำทั่วไปเกี่ยวกับเหตุการณ์ (episodic memory)** ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์เป็นข้อมูลซับซ้อนของหลายสิ่งผนวกกับข้อมูลเวลา เป็นข้อมูลเรื่องราวที่คิด ภาพขณะคิด ขณะทำ

สิ่งต่างๆ ซึ่งสัมพันธ์กับสถานที่และเวลา ข้อมูลนี้จะถูกใช้เวลาเรารำลึกย้อนและถามตัวเองว่า 'ที่ไหน' 'เมื่อไร' และ 'อะไรบ้าง' เช่น 'เมื่อวานนี้ไปฟังการบรรยายที่น่าสนใจที่ศูนย์วัฒนธรรม' 'วันที่ 25 นั่งอยู่ที่ห้องทำงานจนดึกแล้วไฟดับ' ฯลฯ สมองไม่ได้เก็บข้อมูลนี้แบบภาพวิดีโอ แต่จะสร้างความเชื่อมโยงของวงจรเซลสมองที่รับรู้ต่างๆ ไว้ โดยจำลำดับของการรับรู้ต่างๆ ไว้ด้วย และสมองอาจจะจำเพียงการรับรู้ที่มีนัยสำคัญต่อการเชื่อมโยงการรับรู้ทั้งหลายเท่านั้น เมื่อเรารำลึกถึงเหตุการณ์นั้นภายหลัง ก็คือ สมองจะต้องเชื่อมโยงวงจรการรับรู้เหล่านั้นขึ้นใหม่ ดังนั้นในภาพที่รำลึกได้ จึงมักไม่มีรายละเอียด มีแต่รายการหลักๆ เท่านั้นที่นึกออก สมองส่วนขมับ และฮิปโปแคมปัสภายในสมองส่วนขมับ มีความสำคัญเกี่ยวกับความจำนี้

5. **ความจำเกี่ยวกับอารมณ์ (emotional memory)** ความจำเกี่ยวกับอารมณ์ เป็นความจำเกี่ยวกับเหตุการณ์ ซึ่งเน้นว่า มีความรู้สึกมีอารมณ์มาเกี่ยวข้อง การรำลึกถึงในความจำประเภทนี้ก็คือ การรำลึกถึงเหตุการณ์ ซึ่งอาจเป็นไปโดยตั้งใจคิดถึงมัน หรือโดยมี 'อะไรที่ทำให้ฉุกคิดถึง' เมื่อเหตุการณ์นั้นย้อนเข้ามาสู่ความนึกคิด ความรู้สึกอารมณ์ในเหตุการณ์นั้นก็กลับมาด้วย สมองส่วนอะมิกดาลาทำให้อารมณ์ความรู้สึกในเหตุการณ์ประทับไปกับความทรงจำ เมื่อรำลึกถึงเหตุการณ์นั้น วงจรความจำเกี่ยวกับเหตุการณ์นั้นก็กระตุ้นอะมิกดาลาไปด้วย

ความจำอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามเกณฑ์ระยะเวลาที่จำ คือ

ก. **ความจำระยะสั้น** หรือความจำในปัจจุบันขณะ (short-term memory) ได้แก่ working memory

ข. **ความจำระยะยาว** หรือความจำประสบการณ์ (long-term memory) ได้แก่ semantic memory, procedural memory, episodic memory, emotional memory

สมองไม่ได้มีศูนย์กลางความจำเพื่อจดจำเหตุการณ์ทั้งหมดไว้เพียงแห่งเดียว ดังนั้นเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง หรือของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ต่างก็คือความรับรู้หลายชิ้นส่วนประกอบกัน ซึ่งแต่ละส่วนคือประสบการณ์รับรู้จากสื่อสัมผัส(เสียง แสง แรง กลิ่น รส)ที่เก็บบันทึกอยู่ในสมองส่วนต่างๆ กัน

เมื่อความจำไม่ได้เก็บอยู่ในพื้นที่เฉพาะที่ใดที่หนึ่ง การเรียกความจำกลับคืนมาก็ทำได้โดยรวมส่วนแยกต่างๆ นั้นเข้าด้วยกันเป็นประสบการณ์แบบผสมผสาน (integrated experience) ยกตัวอย่าง เราสามารถจำได้ว่านี่เป็นรูปใคร โดยที่เราอาจเห็นเพียงจุดเด่นของรูปนั้นๆ เพียงจุดเดียวก็เพราะสมองได้ทำการสร้างรูปขึ้นใหม่ ซึ่งในการสร้างใหม่ (reconstruct) นี้ ไม่จำเป็นต้องเอาองค์ประกอบทั้งหมดมาสร้าง แต่เอามาเพียงส่วนที่ชัดเจน (definitive elements) เท่านั้น จากนั้นสมองจะค้นหาจากความจำส่วนอื่นๆ ที่คิดว่าน่าจะมีความสัมพันธ์สอดคล้องเข้ากันได้ แล้วเติมลงในช่องว่างส่วนที่เหลือเอาเอง

เมื่อไรจะเข้าใจ เมื่อไรจะจำ 11

เมื่อไรสมองจะผลิตความรู้และบันทึกข้อมูล



ทางไหน 'หัวปลา' ?

บางทีเราอาจเข้าใจว่า **การเรียนรู้ เกิดจากการ "บอกให้รู้"**
แต่การบอกให้รู้นั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้
แล้วการบอกให้รู้นั้น อยู่ตรงส่วนไหนของกระบวนการเรียนรู้



เด็ก : แม่จ๋า หมาพูดได้ไหม

แม่ : ไม่ได้หรอกลูก หมาเห่าได้แต่พูดไม่ได้

เด็ก : มีแต่คนอย่างเดียวที่พูดได้เหรอครับแม่

แม่ : ใช่สิลูก หมาเห่า นกร้อง แมวร้อง แต่มันไม่สร้างประโยค หรือคำพูดขึ้นมาสื่อสารอย่างคนเรา แต่เสียงสัตว์ก็คงสื่อสารได้ใจความบ้างเหมือนกัน เช่น ร้องแบบนี้โกรธ เห่าแบบนี้ดีใจกระมังลูก

บางทีเราอาจเข้าใจว่า *การเรียนรู้* เกิดจากการ *"บอกให้รู้"* แต่การบอกให้รู้นั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ แล้วการบอกให้รู้นั้น อยู่ตรงส่วนไหนของกระบวนการเรียนรู้

กระบวนการเรียนรู้ในสมอง ประกอบด้วย

1. รับ - การรับข้อมูลในสมอง -การสัมผัสรับรู้นำข้อมูลเข้าสู่สมอง สิ่งที่อยู่ข้างนอกนั่นถูกแปลงเป็นอะไรอย่างหนึ่งในสมอง
2. คิด - การเชื่อมโยงข้อมูลในสมอง -เกิดความเข้าใจว่า อะไรอย่างนั้นสัมพันธ์กับความรู้เดิม หรือสิ่งที่มีอยู่ในสมองแล้วอย่างไร
3. จำ - การจำทำให้ข้อมูลและความเชื่อมโยงนั้นคงอยู่ในสมอง -เกิดความรู้ใหม่ เป็นข้อมูลใหม่ที่จะเป็นฐานของกระบวนการเรียนรู้ต่อไป

ดังนั้น 'การบอกให้รู้' ก็จะเกี่ยวข้องกับส่วนแรกของการเรียนรู้เท่านั้น

การคิด เป็นกระบวนการภายในตัวผู้รับรู้หรือผู้เรียน ซึ่งคนอื่นไปเกี่ยวข้องไม่ได้โดยตรง อาจจะเกี่ยวข้องบ้างทางอ้อม เช่น การบอกวิธีคิด การชี้ให้เห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงของข้อมูล ซึ่งอาจนำไปสู่การคิดได้ แต่การกระทำดังกล่าวก็เป็นเพียงการทำให้เกิดการรับรู้ข้อมูลวิธีคิด หรือข้อมูลความสัมพันธ์เท่านั้น หาได้แทนการคิดเองของผู้เรียนรู้ไม่

อย่างไรก็ดี จะเห็นได้ว่า **นอกจากการรับรู้ประสบการณ์ตรงด้วยตนเองแล้ว เด็กอาจจะรับรู้จาก การบอก หรือ การอธิบาย ให้ฟังจนมีความรู้หรือความเข้าใจก็ได้ การถ่ายทอด ความรู้ แบบนี้ ถูกนำไปใช้ในห้องเรียนและในการสอนความรู้ในหลายศตวรรษที่ผ่านมา** แต่ที่จริงควรจะทบทวนดูว่า การบอกเพื่อให้รู้นั้นมีข้อจำกัดมาก





การคิดอาจจบลงด้วยความเข้าใจ คือสร้างความหมายความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ หรืออาจจบลงด้วยความไม่เข้าใจ คือข้อมูลยังไม่สัมพันธ์กัน

ถ้าการคิดขาดข้อมูลประสบการณ์ที่จำเป็น ความสัมพันธ์ของข้อมูลอาจไม่สมบูรณ์ สิ่งที่คิดว่าเข้าใจ อาจไม่ถูกต้อง

ชิ้นปลาเค็มที่ตัดซอยจากตัวปลาอินทรีนั้น อาจทำให้เด็กที่ไม่เคยรู้ที่มาของชิ้นปลาเค็มนี้ คิดเทียบเคียงกับลักษณะตัวปลาที่เคยรู้จัก ปลา-เค็ม คงทำจากปลาชนิดหนึ่งหรือแม้กระทั่งเป็นปลาชนิดหนึ่ง และส่วนที่เห็นแบนๆ นั้นน่าจะเป็นตัวปลา แบบเดียวกับปลาทั่วไป

การรับรู้ประสบการณ์ตรง คือ การสัมผัสและรวบรวมมวลข้อมูลจากการสัมผัสนั้นด้วยตัวเอง ซึ่งมวลประสบการณ์เหล่านั้นอาจรวมถึง การเห็นรูป-ภาพ-พฤติกรรม-อาการการเคลื่อนไหว-มุมมองในมิติต่างๆ การรู้สึกสัมผัสจับต้อง การได้ยินเสียงร้อง-คำราม-กัมปนาทแห่งธรรมชาติ-อึกทึกแห่งเครื่องจักรเครื่องยนต์ การได้กลิ่นชิมรส รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับวัตถุแห่งการรับรู้ สิ่งเหล่านี้ล้วนให้ข้อมูลพื้นฐานที่จะสร้างภาพแทนของสิ่งต่างๆ อันมีในโลก ซึ่งจะอยู่ในวงจรการรับรู้ของเด็กต่อไป

สิ่งที่แม่ *บอก* แก่เด็ก ในตัวอย่างนั้น เป็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัว เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับตัวเด็กแทบทั้งสิ้น การ *บอกความรู้* จะได้ผลดีก็เพราะว่าเด็กมีพื้นฐานประสบการณ์ตรงในเรื่องเหล่านั้นมาบ้างแล้ว เช่น ในประโยคสนทนาข้างต้นนั้น เด็กเข้าใจได้ง่ายก็เพราะเด็กรู้จักคน หมา นก และแมว เคยได้ยินเสียงสัตว์ทุกชนิดที่กล่าวมา เมื่อแม่ *บอก* เด็กไม่เพียงแต่ 'จดจำ' คำพูดของแม่ แต่ในใจนั้นเด็กนำเสียงสัตว์ทุกชนิดมาเปรียบเทียบกัน จินตนาการไปตามคำสอนของแม่ได้ จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้นี้แท้จริงแล้วไม่ได้มาจาก 'การรับ' **ฟัง** อย่างเดียว เบื้องหลังของการเรียนรู้นี้ ยังมีการ(เคย)เห็น การ(เคย)ได้ยิน เป็นองค์ประกอบด้วย

ความรู้ในโรงเรียนหรือในสาขาวิชาความรู้ต่างๆ นั้น เป็นความรู้ที่ซับซ้อน และจำนวนมากอาจเป็นความรู้ที่เด็กไม่เคยพบ ไม่เคยเห็น ไม่เคยได้ยิน กระทั่งอาจไม่มีทางได้มีโอกาสสัมผัสจริงๆ เลยในชั่วชีวิตของเขา ความรู้เหล่านั้นนอกจากซับซ้อนไกลตัวแล้ว ยังอาจเป็นนามธรรมและมี 'สาระ-ข้อมูล' บรรจุอยู่เป็นจำนวนมาก จึงเป็นความรู้ที่จะใช้วิธีการ 'บอกให้รู้' ได้ยาก หรือแม้บอกแล้ว เด็กสอบได้คะแนนแล้ว อีกไม่นานก็ลืมไป ไม่สามารถนำข้อมูลที่รู้นี้ไปสร้างเป็นวิธีคิดของตนเอง หรือนำไปสร้างความรู้ใหม่ได้ มีคำถามว่า แล้วเราจะทำให้เด็ก *เรียนรู้* ความรู้ที่ซับซ้อนขึ้น เป็นนามธรรมยิ่งขึ้นเหล่านี้ได้อย่างไร

การสนใจรับข้อมูล–เข้าใจ–และจำ คือการทำงานของสมองที่ผลิตความรู้และบันทึกข้อมูล กระบวนการทำงานของสมองที่ว่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล หรืออีกนัยหนึ่ง สมองมีข้อจำกัดในการทำงานกับลักษณะข้อมูลบางประเภท

ถ้าต้องการให้สมอง 'เรียนรู้' เข้าใจและจำ ควรสนใจประเด็นต่อไปนี้

1. **การรับรู้ – สมองจะรับรู้ข้อมูลเมื่อไร**
   - จะเพิ่มการรับรู้ข้อมูลให้สมองได้ไหม
2. **การคิด – สมองจะคิดเมื่อไร, เมื่อไรเลิกคิด**
   - จะทำให้คิดเก่ง, คิดเป็นได้อย่างไร
3. **ความจำ – สมองจำอย่างไร**
   - เร่งความจำให้เกิดขึ้นได้หรือไม่ ให้จำมากๆ ได้เท่าใด
   - สมองจำได้เรื่อยๆ หรือเปล่า, มีการ 'เต็ม' หรือไม่

ที่ผ่านมานักการศึกษา คุณครู และพ่อแม่พยายามคิดค้น ***วิธีการถ่ายทอดความรู้*** ให้มีเทคนิคหลากหลายมากขึ้น เช่น การสาธิต การให้ทดลอง การเล่าเป็นนิทาน การผูกเรื่องเป็นเพลง การให้แสดงละคร การเล่นเกม เป็นต้น และล่าสุดนี้ก็มีวิธีการสอนหรือวิธีการเรียนรู้ใหม่ๆ เกิดขึ้น เช่น **การเรียนรู้โดยการทำโครงงาน** (Project Learning) **การเรียนรู้โดยใช้เรื่องราวเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้** (Story Line) **การเรียนรู้โดยให้เด็กสร้างความรู้ขึ้นมาด้วยตัวเอง** (Constructive Learning) เป็นต้น วิธีการทั้งหลายนี้คิดค้นขึ้นมาก็เพื่อจะแสวงหาแนวทาง ให้การเรียนรู้ของเด็กเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดนั่นเอง

ก่อนจะพิจารณาว่า 'ความรู้(ซับซ้อน)' จะเกิดขึ้นหรือไม่ในกระบวนการเรียนรู้ เราลองมาพิจารณากันก่อนว่า ลักษณะที่ข้อมูลจะเข้าไปสู่การรับรู้ของเด็กจริงๆ แบบใด ที่ 'การบอกความรู้' จะประสบความสำเร็จในขั้นต้น คือ เด็กได้รับช่วงข้อมูลที่บอกนั้น

สมองทำงานกับข้อมูลในสถานการณ์แบบใด	สมองทำงานอย่างไรกับข้อมูล
ถ้ารับข้อมูลด้วยประสบการณ์ตรง จะเข้าใจและจำได้ดีกว่า	ในประสบการณ์ตรง การเชื่อมโยงข้อมูลเกิดขึ้นในหลายส่วนของสมอง เป็นผลดีต่อการทำงานของวงจร
สมองรับข้อมูลที่คุ้นเคย หรือข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่คุ้นเคย ได้ดีกว่า	การทำงานในวงจรเดิม(ข้อมูลที่คุ้นเคย) หรือ การเชื่อมโยงเพิ่มเติมต่อวงจรเดิมที่มีอยู่แล้วทำได้ง่าย
ถ้าจะให้คิด ข้อมูลจำนวนพอเหมาะช่วยให้การคิดง่ายขึ้น และถ้ามีการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลในชั้นต้นๆ ไว้ก่อน จะทำให้คิดข้อมูลซับซ้อนต่อไปได้	ในการคิด สมองใช้วงจรข้อมูลเชื่อมโยงเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ ในการทำงานนี้ สมองต้อง 'online' ข้อมูลบางวงจรไว้ เรียกว่าใช้พื้นที่ความจำชั่วคราวขณะคิด พื้นที่ความจำชั่วคราวนี้มีจำกัด
ข้อมูลที่มีลักษณะแปลกใหม่ จัดจ้าน มีการเคลื่อนไหว ดึงดูดความสนใจต่อสมอง	โครงสร้างวงจรของสมอง พร้อมที่จะประมวลผลข้อมูลประเภทนี้ เพราะมีนัยสำคัญต่อการอยู่รอด ขั้นพื้นฐาน
ข้อมูลที่มีความหมาย มีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกัน เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญ	สมองหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของข้อมูล เพื่อคาดการณ์และเตรียมการต่อสิ่งที่อาจเกิดขึ้น เพื่อการอยู่รอด ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น
การคิดและการจำต้องใช้เวลา	การทำงานของวงจรสมอง เป็นกระบวนการทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ใช้เวลา
อารมณ์ มีผลต่อความสนใจรับข้อมูล การคิด และจำ	วงจรสมองที่ทำงานด้านอารมณ์ ควบคุมและส่งเสริมวงจรสมองที่ทำงานเรียนรู้
สมองต้องมีสุขภาพดี จึงจะป้อนข้อมูลให้คิดและจำได้	สมองต้องใช้พลังงานและสารโครงสร้าง จากอาหาร สร้างวงจรการเรียนรู้

ประสบการณ์สร้างกระบวนการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นในสมอง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องสัมผัส (มีประสบการณ์ตรง) จะรับรู้ได้ดีกว่า เข้าใจ และจดจำได้ง่าย

ในชั่วโมงการเรียน การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระการเรียนรู้คือข้าวสวยสำหรับมื้อเย็น

ด.ญ.กสิกรรม : - ก่อฟืน, ติดไฟ
- เอาหม้อ, ตวงข้าว, ซาวข้าว, ใส่น้ำ, ตั้งไฟ, รอเดือด, ข้าวสุก
- เช็ดน้ำ, ดงข้าว

ด.ช.ดิจิตอล : - ซื้อที่ร้านหน้าโรงเรียน
- ไม่เคยได้ยินและไม่รู้จัก "ซาวข้าว" "เช็ดน้ำ" "ดงข้าว"

ชั่วโมงเดียวกัน ให้ส่งข่าวให้เพื่อนเกี่ยวกับเพลงใหม่ของ Linkin Park

ด.ช.ดิจิตอล : - เปิดคอม, เข้าเน็ต, ล็อกอิน, โหลด MP3
- โหลด M, ล็อกอิน, เล่น M, แซ็ต, เมล

ด.ญ.กสิกรรม : - ซื้อเทปที่ร้านหน้าโรงเรียน
- ส่งให้เพื่อนทางไปรษณีย์
- ไม่เคยได้ยินและไม่รู้จักอะไรที่ ด.ช.ดิจิตอลรู้จัก

มีข้อคิดง่ายๆ ว่า "ถ้าไม่มีโอกาสสัมผัสสิ่งใด ก็จะไม่รู้จักสิ่งนั้น"
"ถ้าอยากรู้อะไร ก็ให้สัมผัสสิ่งนั้น"

ด.ช.ดิจิตอล กับ ด.ญ.กสิกรรม อยู่คนละโลกเดียวกัน คือ ดูเหมือนอยู่ในอาณาบริเวณของโลกนี้ที่ติดต่อไปมาหาสู่กันได้ แต่ในขอบเขตกว้างใหญ่ของโลกนี้ สิ่งแวดล้อมที่อธิบายโลกให้แก่ประสบการณ์ของเด็กทั้งสองคนต่างกันมาก ในตึกหรูในเมืองใหญ่ มีระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง มีสิ่งอำนวยความสะดวกจากเทคโนโลยีชั้นสูง แต่บ้านดอยไกลปืนเที่ยง 'คอมพิวเตอร์' อาจดูคล้ายแค่ 'โทรทัศน์' อีกชนิดหนึ่งก็ได้

สำหรับ ด.ญ.กสิกรรมแล้ว เรื่องหุงข้าวไม่ใช่เรื่องจำเป็นต้องเรียนในชั้นเรียน เนื่องจากเคยทำมากับมือจนรู้ดี ต่างกับ 'อินเทอร์เน็ต' ซึ่งคำคำนี้แทบจะไม่มีใครรู้จักเข้าใจกัน เมื่อก่อนศตวรรษที่ 21 (พ.ศ.2543 ถอยหลังไป)

ประสบการณ์ คือการที่สมองรับสื่อสัมผัส-พหุสัมผัส- ทั้งภาพที่เห็น มือที่สัมผัส ความยาวนานที่ข้อมูลอยู่กับการรับรู้ ล้วนกระตุ้นให้เกิดสัญญาณจำนวน

มากในวงจรสมอง สมองพยายามหาความเชื่อมโยงของวงจรสัญญาณเหล่านั้น พร้อมทั้งมีการลองคิด และพิสูจน์สิ่งที่คิด ถ้าเป็นวัตถุสิ่งของ ก็จับต้อง พลิกไปมา เขย่า ทุบ เคาะ แม้กระทั่ง กัดดู ชิมดู ถ้าเป็นกระบวนการ เช่น การหุงข้าว ก็ต้องลองวิธีแล้ววิธีเล่า สังเกตว่าไฟแค่นี้ พอที่น้ำจะเดือด หรือไฟอ่อนไป น้ำน้อย ข้าวก็ต้องดิบ หรือถ้าน้ำแห้งแล้วใช้ไฟแรงเกินไป ข้าวจะไหม้ สมองก็จะได้ข้อมูลใหม่ที่ต่อเนื่องเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดให้สัมพันธ์กัน วงจรสมองที่ทำงานพร้อมกันหลายวงจร และมีความเกี่ยวเนื่องกัน จะทำให้เสถียรภาพของวงจรดี จุดเชื่อมต่อเกิดขึ้นและคงอยู่นาน นี่คือการเกิดขึ้นของการเรียนรู้ในสมอง



ประโยชน์ของงานประดิษฐ์กระดาษตัดและซ้อนไขว้ไปมานี้ ไม่ใช่เพียงสิ่งประดิษฐ์ที่สวยงาม แต่เป็นการให้เด็กได้ฝึกควบคุม ฝึกใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กๆ ในการบังคับกรรไกร นอกจากนี้การที่สมองได้ผ่าน**ประสบการณ์การสาน**โดยการสัมผัสจับต้องด้วยตัวเอง สมองจะมีวงจรประสบการณ์นั้นเป็นฐาน และจะนำมันมาใช้เพื่อเข้าใจสิ่งประดิษฐ์ และวิธีที่มนุษย์คิดประดิษฐ์ ในอนาคตต่อไป





สมองรับข้อมูลที่คุ้นเคย รวมทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่คุ้นเคยได้ดีกว่า



ข้อมูลพื้นฐานคือ ความรู้เดิมที่มีอยู่ในสมอง กระบวนการเรียนรู้จะนำความรู้นั้นมาใช้เป็นฐานเพื่อสร้างข้อมูลใหม่ สร้างความเข้าใจใหม่ อาจจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะมีความเข้าใจใหม่ใดๆ ลอยมากลางอากาศได้

ความรู้เก่าหรือข้อมูลเดิม ก็คือวงจรที่เชื่อมโยงการรับรู้สื่อสัมผัสต่างๆ เข้าด้วยกัน เป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้วในสมอง ถ้ามีวงจรประสบการณ์ 'ปลา' อยู่แล้วก่อนมาเข้าโรงเรียน เมื่อครูพูดถึงปลา เด็กก็จะคิดถึงสัตว์รูปร่างอย่างปลาตามที่จัดกลุ่มจัดพวกไว้ในใจตัวเอง คือ รูปร่างเพรียว อาจกลมหรือแบน มีครีบ มีหาง และว่ายน้ำได้ วงจรข้อมูลเกี่ยวกับปลาโยงเอาข้อมูลสื่อสัมผัส ได้แก่ ภาพ เสียง สัมผัส ฯลฯ เข้าไปเป็นข้อมูลความรู้ของเด็กเกี่ยวกับปลา จากนี้แม้พูดถึง ปลาอื่นๆ ที่เด็กไม่เคยเห็น เด็กก็จะใช้ข้อมูลเดิมทำความเข้าใจได้ว่า สัตว์ที่รูปร่างคล้ายกันนี้และอยู่ในน้ำเรียกว่าปลา ถ้าบอกว่า 'แซลมอน เป็นปลาชนิดหนึ่ง' ก็จะเข้าใจ แต่ถ้าบอกว่า เดนกี่ เป็นไวรัสชนิดหนึ่ง หรือ พาราเซตามอล เป็นเวชภัณฑ์ อาจจะเข้าใจได้ยาก เพราะไม่รู้ว่า ไวรัส และ เวชภัณฑ์ หน้าตาเป็นอย่างไร

ข้อมูลที่คิดว่า เด็กจะรับจะเข้าใจนั้น เกือบทุกกรณีคือ รับเพราะรู้วิธีหาความสัมพันธ์กับความรู้ที่เดิมที่มีอยู่ การรับโดยไม่หาความสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนเป็นไปได้ยาก วงจรความจำส่วนใหญ่ก็เป็นการสร้างความสัมพันธ์ 'อิง' กับวงจรความจำที่มีอยู่ก่อน การสร้างวงจรความจำข้อมูลใหม่ขึ้นมาโดยไม่สัมพันธ์กับอะไรเลยแทบจะเป็นไปไม่ได้

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และการรับข้อมูลของสมอง อาจสรุปได้ดังนี้

1. การรับรู้ต่อ 'ข้อมูลใหม่' จะเป็นไปได้ดี ต่อเมื่อมี 'ความรู้เดิม' ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์กับข้อมูลใหม่นั้นได้ก่อน

2. ขณะที่สมองกำลังรับข้อมูลใดอยู่ สมองก็จะคิดทำความเข้าใจสิ่งนั้นด้วยเสมอ การทำความเข้าใจ คือหาความสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น การหาความสัมพันธ์ คือการจัดจำแนกสิ่งนั้น ว่าจะจัดอยู่ในกลุ่มไหน จำพวกไหน โดยที่มีคุณสมบัติเหมือนหรือต่างกับกลุ่มอื่นพวกอื่นอย่างไร ดังนั้น จึงเป็นไปได้ยากที่การรับรู้จะเกิดขึ้นได้ ถ้าปราศจากความเข้าใจ นั่นคือ แม้ว่าในทางทฤษฎี ดูเหมือนว่าการรับ-รับรู้ การคิด การจำ จะเป็นคำที่แยกออกจากกันได้ แต่ความเป็นจริงแล้วสามสิ่งนี้เกิดร่วมกันอยู่ในกระบวนการเรียนรู้ ตลอดเวลา

3. 'ความรู้เดิม' หรือฐานข้อมูลเดิม ที่อยู่ระดับล่างสุด ที่เป็นฐานรากของการก่อตัวของความรู้ใหม่ทั้งหมด คือ สื่อสัมผัสทั้งหลาย (แสง สี เสียง รส กลิ่น สัมผัสจับต้อง) คือ ข้อมูลจากอายตนะหรือเครื่องมือ(อวัยวะ)รับรู้ประจำตัวที่อยู่กับเรา ดังนั้นถึงแม้ 'ข้อมูล' จะ 'ใหม่' แค่ไหน ก็ไม่ใหม่เกินความรู้สึกรับรู้ของคนเรา สมองใช้ระยะเวลาเริ่มแรกของชีวิตเรียนรู้และรู้จักสื่อสัมผัสพื้นฐานทั้งหลาย (ประสาทการมองเห็นใช้เวลาราว 1 ปีที่จะรับรู้และเข้าใจแสงและภาพ หรือมิติการเห็น หลังจากที่เรารับรู้ว่า มีแสงสีต่างๆ เท่าที่มีในโลกแล้ว จะไม่มีการรู้จักแสงสีใหม่ขึ้นมาอีก)

การมีโอกาสสัมผัสรับรู้สิ่งต่างๆ มากๆ เป็นสิ่งดี เป็นการสร้างข้อมูลความรู้พื้นฐานและความสัมพันธ์เชื่อมโยงขั้นต้นที่สำคัญ การใช้ประสาทสัมผัสเป็นการก่อสร้างประสบการณ์ตรง ความรู้อื่นๆ ล้วนต่อยอดจากประสบการณ์ตรงนี้ทั้งสิ้น ประสบการณ์ตรงเป็นการรับรู้ที่ดีที่สุดต่อ 'การมีอยู่' และการ 'รู้จัก' สิ่งนั้น

ความรู้ในโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นความรู้ต่อยอด คือ โดยทั่วไป เด็กมีประสบการณ์ต่อสิ่งต่างๆ มาแล้ว สิ่งที่เป็นการสอนในโรงเรียน ส่วนหนึ่งก็คือ การบอกนิยามใหม่ การอธิบายที่สร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงใหม่ๆ หรือ อย่างธรรมดาที่สุด ก็คือ บอกชื่อเรียกใหม่สำหรับใช้กับสิ่งที่เด็กรู้จักอยู่แล้ว ทั้งหมดนี้จะเป็นสิ่งที่เด็กอาจทำความเข้าใจได้ง่าย ถ้าเด็กมีประสบการณ์พื้นฐานมาเหมือนๆ กัน

แต่บังเอิญ เด็กมีประสบการณ์พื้นฐานต่างกัน ยังบางครั้งก็มีประสบการณ์ชั้นที่สองคือได้รับการสอนมาต่างกัน ดังนั้นการเรียนรู้บางเรื่องจึงเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะการสอนในเรื่องที่เป็นความรู้ความเข้าใจใหม่ และความรู้ใหม่นั้นต้องอาศัยความเข้าใจคำศัพท์หรือนิยามในบางเรื่องมาก่อน แทบจะเป็นไปไม่ได้สำหรับเด็กบางคน

นักเรียนไปโรงเรียน 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 ปี(ถ้าเรียนจบ ม.6) ในระหว่างนี้ เขาฟัง ฟัง และฟัง เป็นส่วนใหญ่ ลองคำนวณดูโดยเฉลี่ยคุณครูควรจะพูดราว 100-150 คำต่อนาที แต่มีกี่คำที่เราแน่ใจว่านักเรียนได้ยิน นักเรียนจะได้ยินสิ่งใดหรือไม่นั้น ก็ขึ้นอยู่กับว่านักเรียนฟังหรือเปล่า

โดยปกติสิ่งที่ครูสอนเป็นสิ่งใหม่ ซึ่งเด็กต้องคิดจินตนาการไปด้วย (มีหรือเปล่าที่คนเราฟังโดยไม่คิดตามเลย!) การคิดในเรื่องใหม่ที่ไม่รู้ไม่เคยคิดมาก่อนทำให้ความสามารถในการฟังน้อยลง ฟังได้ช้าลง เช่น อาจจะฟังได้สัก 50 คำต่อนาที และหากว่าสิ่งนั้นยากแก่การเข้าใจ อาจฟังได้เพียงไม่กี่คำ เช่น เมื่อครูพูดว่า

"หมู หมา แพะ แกะ วัว เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม วาฬ ก็เลี้ยงลูกด้วยนม จึงไม่ใช่ปลา ไม่เรียกว่า ปลาวาฬ"

นับได้เพียง 20 กว่าคำเท่านั้น สมองเด็กประถมจะต้องหยุดกึกลงที่คำว่า "ปลาวาฬ" เพราะเด็กคงนึกไม่ออกว่า "ปลาวาฬ อยู่ในน้ำมีครีบมีหางเหมือนปลาจะไม่ใช่ปลาได้อย่างไรแล้วมีนมให้ลูกกินด้วยหรือแล้วเวลากินนมจะว่ายน้ำไปด้วยกินนมไปด้วยหรือ" เป็นต้น จากนี้ครูอาจพูดประโยคต่อไป (โดยไม่ได้หยุด)

"และยังมีสัตว์ประเภทอื่นๆ พวกแมลง พวกนก พวกสัตว์เลื้อยคลาน..."

เป็นไปได้ว่าอาจมีนักเรียนส่วนหนึ่งไม่ได้ฟังและไม่ได้ยินวรรคหลังนี้เสียแล้ว เพราะมัวคิดถามอยู่ในใจ กว่าจะรู้สึกตัวอีกที อาจจะได้ยินวรรคต่อไปคือ วรรคที่สามหรือสี่ ซึ่งแปลว่าเกิดการฟังที่ ขาดตอน และก็นำไปสู่การ "ไม่เข้าใจ" หรือ "เข้าใจผิด" นี่คือตัวอย่างของปัญหาวิธีการเรียนรู้ของสมองกับวิธีจัดการเรียนการสอนที่อาจไม่สัมพันธ์กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการเรียนรู้โดยการสอนด้วยการอธิบายยืดยาว



วาฬ = ไม่ใช่ปลา
เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม



ขณะที่มีการรับข้อมูล สมองจะคิดเกี่ยวกับข้อมูลนั้นด้วย ข้อมูลจะเข้าไปใช้พื้นที่ในสมองส่วนการคิด สมองส่วนการคิดจะใช้ระบบความจำขณะคิดระบบความจำขณะคิดทำงานคล้ายๆ เสมือนเอาหนังสือพจนานุกรมมาวางไว้ข้างๆ บนโต๊ะทำงาน เอากระดาษ ปากกา ยางลบ มาเตรียมไว้ แล้วหยิบหนังสือที่ต้องการศึกษามานั่งลงมืออ่าน

ขณะที่รับเอาข้อมูลจากหนังสือทางตาด้วยการอ่านนั้น อาจต้องการค้นหาคำแปลศัพท์ที่ไม่รู้ ซึ่งพจนานุกรมนั้นวางอยู่บนโต๊ะแล้วเอื้อมมาพลิกดูได้ทันที สิ่งที่อยู่บนโต๊ะนั้นเปรียบเสมือนข้อมูลขณะคิด ซึ่งจะนำมาใช้ได้ทันทีเมื่อมีปัญหาระหว่างการทำงาน แต่พื้นที่โต๊ะมีจำกัด บางครั้งไม่พบศัพท์ในพจนานุกรมที่ต้องการ หากต้องการพจนานุกรมอีกเล่มก็ต้องหาที่วางบนโต๊ะ โดยเอาเล่มเดิมไปเก็บ เพื่อให้มีที่ว่างสำหรับวางพจนานุกรมเล่มใหม่ ระบบความจำขณะคิดมีลักษณะคล้ายเช่นนี้

พิจารณาดูให้ดี ที่เรียกว่า 'ข้อมูล' ได้แก่ 'ตัวเลข' 'ตัวอักษร' หรือ 'คำ' นั้น แท้จริงคือ ความหมาย หรือ ความสัมพันธ์ในสื่อสัมผัสที่ปรากฏแก่สมอง สมองรับรู้ความหมาย สมองไม่ได้รับรู้ข้อมูลเฉยๆ สมองไม่ได้เห็นตัวอักษร ตัวเลข หรือ คำ แต่สมองจัดความสัมพันธ์ของข้อมูลสื่อสัมผัสที่เห็นขึ้นมา กล่าวคือ ภาพลายเส้นถูกนำไปโยงหาความสัมพันธ์กับความรู้ที่มีอยู่เดิมในสมอง แปลเป็นตัวอักษร และกลุ่มตัวอักษรโยงหาความสัมพันธ์กับความหมายของคำที่เคยรู้จัก ยิ่งสมองหาความหมายที่ซับซ้อนขึ้นไปได้มากเท่าไร สมองก็จะรับข้อมูลได้หรือจำได้ เข้าใจได้มากเท่านั้น

ตัว 'อ' หรือ ตัว 'พ' สำหรับสมองแล้วคือ ภาพที่สื่อความหมายเป็นตัวอักษร ความซับซ้อนของความหมายระดับตัวอักษร ก็คือ



พ = ภาพลายเส้น(ตาเห็น พ) + เสียงอ่าน(ได้ยินในใจว่า พอ) + ความหมาย(ความเข้าใจเกิดขึ้น รู้จักว่าเป็น อักษรภาษาไทย)

อ = ภาพลายเส้น(อ) + เสียงอ่าน(ออ) + ความหมาย(อักษรในภาษาไทย ซึ่งอาจจะใช้เป็นสระก็ได้)



เมื่อ 'พ' รวมกับ 'อ' โดยถูกลำดับ เป็น 'พอ' สมองจะรับรู้โดยจัดความสัมพันธ์ของภาพที่เห็นซับซ้อนขึ้นอีกระดับหนึ่ง เป็น



พอ = อักษร 2 ตัวรวมกันเป็นคำในภาษาไทย มีความหมายในเชิงปริมาณที่ไม่มากเกินไป ไม่น้อยเกินไป

เมื่อให้สมองรับรู้สิ่งหนึ่ง สิ่งที่สมองทำคือ สมองพยายามหา 'กระบวนความสัมพันธ์' ที่ซับซ้อนขึ้นไปเป็นขั้นๆ จากสิ่งที่รับรู้

ถ้าสมองพบความสัมพันธ์ใน 'จ-า-พ-ก-นุ-น-ม-ร' เป็นกลุ่มพยางค์ที่ออกเสียงได้ สมองจะรับไว้เป็น 'จา-พก-นุน-มร' แต่ถ้าเป็น 'พ-จ-น-า-นุ-ก-ร-ม' สิ่งที่สมองจะรับคือกระบวนความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนที่สุดเท่าที่จะ 'คิด' ได้ คือ 'พจนานุกรม'

ความหมายสร้างขึ้นจากการนำข้อมูลสื่อสัมผัสใหม่ โยงเข้ากับข้อมูลเดิมในสมอง ข้อมูลเดิมในสมองนี้อาจเรียกว่า 'ความจำ' ก็ได้ จริงๆ แล้วความจำคือชุดความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งชุดของภาพและความหมาย เมื่อสมองได้ข้อมูลภาพมา ความหมายจะถูกโยงเข้าไปทันทีตามวงจรความสัมพันธ์ที่มีอยู่ ถ้าการโยงความหมายไม่เกิดขึ้นทันที สมองจะเปรียบเทียบภาพที่มีอยู่ในความจำ หากพบชุดความสัมพันธ์ใดที่มีภาพที่คล้ายกันโยงอยู่กับความหมาย ข้อมูลสื่อสัมผัสนั้นจะถูกเข้าใจตามความหมายที่พบนั้น

ความจำ ก็คือ ความหมาย คือ ความสัมพันธ์ของข้อมูลใหม่ที่ได้รับ ที่อิงอยู่กับข้อมูลเดิมในสมอง ถ้าข้อมูลใหม่ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ กับข้อมูลเดิมในสมองเลย สมองต้องพยายามสร้างชุดความสัมพันธ์ขึ้นมาใหม่ นั่นคือสร้างวงจรที่ซับซ้อนใหม่อันหนึ่งขึ้นมา ซึ่งต้องใช้เวลา

สมองหาความหมายตลอดเวลาโดยอัตโนมัติ การหาความหมายก็คือการคิด คือ การหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เห็น นี่คือ คุณสมบัติหนึ่งของสมองที่กล่าวว่า **สมองหาความหมายจากกระบวนแบบที่ปรากฏต่อสมอง** (The brain searches for meaning through 'patterning'.)

การมองหากระบวนแบบ(pattern) นี้ เป็นการจัดกลุ่มเพื่อหาความสัมพันธ์ หรือหาความสัมพันธ์แล้วจัดกลุ่ม การจัดกลุ่มนับเป็นกลวิธีใช้วงจรความจำใช้คิดอย่างมีประสิทธิภาพ ความแตกต่างระหว่างมือใหม่กับผู้ชำชอง คือ ผู้ชำชอง(มีประสบการณ์มาก) สามารถจัดระเบียบข้อมูลเป็นกลุ่มที่ใหญ่กว่า มีความหมายต่อเขามากกว่าได้

การท่องหรือการทำให้ขึ้นใจ เป็นวิธีการที่ตั้งใจทำให้เกิดความจำ ต้องการทำให้เกิดความคุ้นเคยกับสิ่งที่ปรากฏเห็นในรูปแบบความสัมพันธ์บางอย่าง (นั่นคือเกิดความคงตัวของวงจรเชื่อมโยงในสมอง อันเกิดจากการได้รับสัญญาณสื่อสัมผัส ในรูปกระบวนบางแบบ) แต่ถ้าสมองหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลใหม่กับข้อมูลความรู้เดิมในสมองได้ การเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปในวงจรสมองที่มีที่ทางในสมองอยู่แล้วย่อมทำได้ง่ายกว่า ซึ่งอาจไม่ต้องท่อง

วงจรสมองไม่ได้มีไว้เพื่อสร้างความจำแบบท่องจำข้อมูลอย่างเดียว สมองใช้วงจรสมองเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวด้วย การฝึกหัด ฝึกฝนบ่อย ๆ ก็จะเกิดความคงตัวของวงจร วงจรจะทำงานได้เร็ว การควบคุมทำได้ง่าย เรียกว่าจำรูปแบบการเคลื่อนไหวนั้นได้ และสั่งงานเคลื่อนไหวได้อย่างคล่องแคล่ว

มีการวิจัยที่แสดงว่า เมื่อมีสิ่งกระตุ้นบางอย่าง กระตุ้นวงจรในสมองให้ทำงาน สมองจะตอบรับต่อสิ่งกระตุ้นนั้นดีขึ้นในการกระตุ้นครั้งถัดมา โดยสังเกตจากพฤติกรรมแสดงออกอันเกี่ยวเนื่องกับประสบการณ์ที่ได้รับสิ่งกระตุ้นนั้น เช่นพบว่าสมรรถนะของพฤติกรรมนั้นดีขึ้น การตอบสนองเร็วขึ้น ทั้งนี้ไม่เกี่ยวกับความจำ (ไม่ว่าจะจำได้หรือไม่ว่าเคยมีประสบการณ์กับสิ่งนั้นมาก่อน) การที่สิ่งกระตุ้นมีผลต่อพฤติกรรมเช่นนี้เรียกว่า มีไพรมิ่ง (priming effect -priming หมายถึงทำอะไรเตรียมไว้ก่อน เช่น การทาสีรองพื้นก่อนทาสีจริง) การวิจัยอีกกรณีหนึ่ง ได้ให้ผู้ที่มีความผิดปกติทางสมองที่จำอะไรใหม่ไม่ได้เลย มาทดลองทำอะไรบางอย่างซ้ำ ๆ ในครั้งหลัง ๆ เขาจะทำได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ แม้ว่าเขาจะจำไม่ได้เลยว่าเคยทำสิ่งนั้นมาก่อน

ตามสามัญสำนึกของเราแล้ว เราทำอะไรไปครั้งหนึ่งก็มักจะจำได้ว่าเคยทำสิ่งนั้น ยิ่งทำหลายครั้งก็จำได้แน่นอน คงบอกได้ยากว่า ที่สามารถทำอะไรดีขึ้นได้นั้นไม่เกี่ยวกับความจำ(ที่ระลึกย้อนได้) แต่การวิจัยยืนยันว่า แม้จะจำไม่ได้ การรับข้อมูลเข้าไปก็มีผลให้วงจรสมองที่ทำงานทางพฤติกรรมตอบสนอง มีการปรับตัวเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แสดงพฤติกรรมนั้นได้คล่องตัวขึ้น เร็วขึ้น

แสดงว่า **สมองทำงานอยู่ตลอดเวลา สื่อสัมผัสจากประสบการณ์ที่รับเข้ามาจะผ่านกระบวนการ 'หากระบวนแบบความสัมพันธ์เชื่อมโยง'** อยู่เสมอ ไม่ว่าเราจะรู้ตัวหรือไม่ก็ตาม ยิ่งสื่อสัมผัสนั้นผ่านการรับรู้มากเท่าไร วงจรสมองที่เกี่ยวข้องก็ยิ่งคงตัวขึ้น การทำงานของวงจรเกิดได้ง่ายขึ้น และรวดเร็วขึ้น ซึ่งหมายถึง เมื่อสมองคิดแล้วจะจำ ในที่สุด-จะจำและระลึกคิด-ถึงสิ่งนั้นได้ดีขึ้น

เรารู้กันอยู่ว่า ถ้าเคยมีประสบการณ์อะไรมาเคยรับรู้หรือมีอะไรผ่านตา แม้จะนึกไม่ออก จำไม่ได้ ก็นับว่ามีโอกาสที่จะรับรู้และเรียนรู้สิ่งนั้นง่ายกว่า เร็วกว่าผู้ไม่เคยมีประสบการณ์ เช่น การขี่จักรยานที่ลืมไปแล้วว่าขี่อย่างไร มาหัดทบทวนใหม่ย่อมได้ความชำนาญกลับคืนมาเร็วกว่า **อ่านหนังสือยากๆ เที่ยวแรกจะช้ากว่าและเข้าใจอะไรได้น้อยกว่าอ่านเที่ยวสอง**

การทำให้เกิดความคุ้นเคยนั้นเป็นกลวิธีหนึ่งที่ทำให้เกิดความจำ เราทำให้เกิด 'ความคุ้นเคย' ได้โดยการฝึกซ้อม การนึกทบทวน และการท่องให้ขึ้นใจ เป็นต้น



การโฆษณาสินค้าโดยเฉพาะการนำเสนอโลโก้หรือเครื่องหมายการค้านั้น เป็นกลวิธีสร้างความคุ้นเคย โดยไม่ต้องอาศัยความจดจ่อหรือตั้งใจเพื่อที่จะเข้าใจข้อมูลที่โฆษณา **รูปและสัญลักษณ์ของสินค้าที่ผ่านตาไปตามท้องถนนทุกวันนั้นกระตุ้นให้วงจรรับรู้ของสมองรับสิ่งนั้นไว้โดยไม่จำเป็นต้องตั้งใจใคร่ครวญ ความถี่ของการกระตุ้นจะก่อให้เกิดนัยสำคัญต่อการเรียนรู้ขึ้นมาเอง** วงจรที่รับรู้ จะกลายเป็นวงจรความจำไปเอง ดังนั้นคนยุคโฆษณา ก็จะมีการเรียนรู้ผ่านการให้นัยสำคัญ ต่อแรงกระตุ้นเทียมนี้เป็นจำนวนมาก ผลก็คือ ...?

สมองขณะรับข้อมูลจะมีลักษณะการคิดแบบนี้เช่นนี้ นอกจากข้อมูลจะมีผลต่อการคิดและจำดังข้างบนแล้ว สมองยังมีข้อจำกัดในการรับข้อมูลขณะคิดอีกลักษณะหนึ่งที่รู้กันอยู่ คือ แทบจะเป็นไปไม่ได้ที่สมองจะทำการรับและคิดประมวลข้อมูล 2 อย่างไปพร้อมๆ กันได้ (โดยเฉพาะเมื่อข้อมูลเป็นคนละเรื่องไม่เกี่ยวข้องกัน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นสื่อสัมผัสชนิดเดียวกัน ผ่านช่องทางการรับข้อมูลทางเดียวกัน) เช่น ถ้ามีใครมาพูดอะไรกับเราขณะที่เรากำลังพูดโทรศัพท์ เราจะรู้เรื่องน้อยกว่ายื่นกระดาษมาให้อ่าน (แต่ถ้าข้อความบนกระดาษนั้นเป็นเรื่องที่ต้องใช้การคิด เราอาจจะไม่รู้เรื่องเลย หรือไม่ก็กลายเป็นว่าเราพูดโทรศัพท์ไม่รู้เรื่อง) ปรากฏการณ์นี้อาจอธิบายได้ง่ายๆ ว่า ความจำใช้คิดน่าจะไม่สามารถประมวลผลชุดความสัมพันธ์สองชุดที่ไม่เกี่ยวข้องกัน พร้อมๆ ในขณะเดียวกันได้ สมองต้องเลือกเอาว่า จะจดจ่อหรือทำสิ่งใดก่อน คุณลักษณะที่เลือกจะรับข้อมูลหรือจดจ่อต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เรียกว่า selective attention



ความสัมพันธ์ ระหว่าง การรับ-คิด-รู้-จำ-ทำ

ใจกลางของการเรียนรู้ คือการเข้าใจ ซึ่งเป็นฐานของการกระทำ
ผลจากการกระทำจะย้อนกลับไปเป็นข้อมูลของสมอง
เพื่อทำความเข้าใจและผลิตความรู้ขึ้นใหม่

ข้อมูล

ปฏิเสธข้อมูล
รับข้อมูลไม่ได้
รับข้อมูล
ข้อมูลสะท้อนตนเอง
ข้อมูลภายนอก
ตั้งใจรับข้อมูล

รับ

ข้อมูลที่รับไว้

สิ่งที่ได้จากการหาความหมาย
เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล

ไม่ได้คิด
คิดไม่ออก-ไม่เข้าใจ

คิด-รู้

คิดได้-เข้าใจตามที่คิด

สิ่งที่คิด

ข้อมูลย้อนกลับ

เข้าใจถูก - เข้าใจผิด
คิดเหมือนคนอื่น
คิดต่างจากคนอื่น

สิ่งที่จำได้

จำไม่ได้

จำ

จำได้
จำสิ่งที่รู้
จำได้ว่ายังไม่รู้

สิ่งที่คาดคะเน

สิ่งที่คาดว่าจะเป็นผล
อันเกิดจากพฤติกรรมที่แสดงออก

ทำ

พฤติกรรม

ทำอย่างที่คิดไม่ได้-
สื่อสารสิ่งที่คิดไม่ได้

ทำได้อย่างที่คิด

พิการ-พูดไม่ได้-
เคลื่อนไหวไม่ได้

ยังไม่เชี่ยวชาญ-ความสามารถไม่พอ
เรียบเรียงสิ่งที่คิดออกมาไม่ได้



เราต้องการเข้าใจโลกเพื่อแก้ปัญหาความอยู่รอดของตนเอง
เราใช้ความเข้าใจนั้นติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น เพราะต้องอยู่ร่วมกับผู้อื่น
กระบวนการสร้างความเข้าใจ จึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับตนเองและผู้อื่น
ความเข้าใจเกิดจากการคิด อาจผิดหรือถูก อาจตรงหรือไม่ตรงกับผู้อื่น
การกระทำเป็นผลจากการคิดและมีความคาดหมายในการกระทำนั้น
ผลจากการกระทำจะปรากฏต่อสิ่งแวดล้อม ต่อผู้อื่น และต่อตัวเอง

ข้อมูลบางลักษณะดึงดูดความสนใจต่อสมอง

ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง สิ่งแวดล้อมภายนอกส่งพลังงานเข้ามากระตุ้นประสาทสัมผัสของเราทุกทิศทาง ในรูปแบบต่างๆ กัน แต่มีบางสิ่งเท่านั้นที่สมองเรารับรู้ถึงการกระตุ้นของสิ่งเหล่านั้น นั่นก็คือ สมองมีแนวโน้มที่จะสนใจต่อข้อมูลที่มีลักษณะบางอย่าง ความสนใจของสมองต่อข้อมูลเรียกว่า attention ข้อมูลที่มีคุณสมบัติดึงดูด 'ความสนใจของสมอง' มีลักษณะดังต่อไปนี้

1) มีความแปลกใหม่ (novelty)
2) มีความเข้มข้นจัดจ้าน (intensity)
3) มีการเคลื่อนไหว (movement)
4) มีความหมาย (meaning)
5) มีนัยทางความรู้สึกหรืออารมณ์ (emotion)

ความแปลกใหม่ นำมาซึ่งความตื่นเต้น ความสงสัยใคร่รู้ แต่ในที่สุดความแปลกใหม่เหล่านี้ถ้าเกิดขึ้นบ่อยๆ ก็จะกลายเป็นความเคยชิน (habituation)

ความเข้มข้นจัดจ้าน (intensity) เช่น เสียงดัง สีสดใสฉูดฉาด ในวงการโฆษณาทั่วไปลงทุนใช้ประโยชน์จากคุณลักษณะนี้กันมาก ถ้าการลงทุนดังกล่าวถูกนำมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้แทนก็จะมีประโยชน์อย่างยิ่ง ลองคิดดูว่า สารคดีสนุกๆ ภาพยนตร์ประวัติศาสตร์ที่สร้างดีเยี่ยม จะกระตุ้นให้ผู้คนเรียนรู้ได้ดีสักเพียงไหน

การเคลื่อนไหว (movement) การเคลื่อนไหวหมายถึงอะไรได้หลายอย่าง เช่น ภาพยนตร์ การเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ ไฟที่กะพริบ น้ำไหล การเคลื่อนไหวกระตุ้นการเรียนรู้ของสมองได้ จราจรใช้ไฟกะพริบกระตุ้นสมองคนขับรถ ให้รู้ว่ามีอันตรายอยู่ข้างหน้า เป็นต้น

ภาพเคลื่อนไหว นั้นเป็นสิ่งที่ดึงดูดเด็ก (หรือแม้แต่ผู้ใหญ่) มาก โทรทัศน์สามารถดึงดูดให้เด็กอยู่กับหน้าจอโดยไม่เบื่อ เพราะมันรวมเอาความเคลื่อนไหว สี เสียง และความแปลกใหม่เข้าไว้พร้อม แต่กลับกลายเป็นอุปสรรคอย่างยิ่ง ยากที่วิธีการที่ซ้ำซากจำเจในห้องเรียนจะเอาชนะมัน อย่างไรก็ดีความสนใจในข้อมูลประเภทนี้จะหมดไป เมื่อสมองได้เรียนรู้ในภายหลังว่า ข้อมูลชนิดนี้ไม่ได้มีความหมายแท้จริงต่อชีวิตหรือกิจวัตรของชีวิต เสียงดังของรถยนต์ที่ผ่านหน้าบ้านอาจไม่รบกวนเราเหมือนตอนแรกที่เราย้ายบ้านมา เมื่อเรารู้ว่าเสียงนั้นไม่มีความหมายอะไรและเริ่มเคยชินกับเสียงนั้น เราอาจไม่รู้ด้วยซ้ำว่า วันหนึ่งๆ มีรถผ่านหน้า

บ้านมากน้อยเท่าไร นิทานอีสปเรื่อง 'เด็กเลี้ยงแกะ' ก็เป็นอุทาหรณ์ในเรื่องการหมดความสนใจในการบอกเล่าข้อมูลซึ่งไม่มีนัยสำคัญนี้เป็นอย่างดี

ความสนใจ(จดจ่อ-attention) ของสมองที่มีต่อลักษณะที่ดึงดูดใน 3 ประการแรกนี้ เป็นกลไกการทำงานของสมองเอง โครงสร้างของวงจรสมองที่วิวัฒนาการขึ้นมา ใช้ประโยชน์จากการทำงานกับข้อมูลที่มีลักษณะเช่นนี้ ข้อมูลเช่นนี้อาจมีนัยเกี่ยวพันกับความอยู่รอด กล่าวคือ ทั้งความแปลกใหม่ ความเข้มข้นจัดจ้าน และการเคลื่อนไหว เหล่านี้เป็นคุณสมบัติของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมกระตุ้นให้สมองต้องประมวลผลว่า เกิดอะไรขึ้น และจะมีภยันตรายหรือไม่ เช่น สัตว์ร้ายกำลังมาหรือเปล่า แต่ทั้ง 3 ปัจจัยนี้ ก็กระตุ้นอารมณ์หรือความตื่นใจได้ชั่วคราว และอาจใช้ในห้องเรียนไม่ได้ผลตลอดไป เพราะในที่สุดสิ่งเหล่านี้จะกลายเป็นความเคยชิน

ความเคยชิน เกิดขึ้น เมื่อมีข้อมูลใดผ่านเข้ามาสู่การรับรู้บ่อยครั้ง และไม่มีนัยสำคัญที่จะต้องมีพฤติกรรมตอบสนองอันใด กลไกในสมอง จะลดความสำคัญของข้อมูลนั้นลง เพื่อให้มีพลังงานและวงจรในสมองพร้อมที่จะไปสนใจสำรวจสิ่งใหม่ๆ ที่อาจมีความสำคัญมากได้อีก

ความแปลกใหม่ ความจัดจ้าน การเคลื่อนไหว อาจเรียกร้องความสนใจจากสมองได้ไม่มากและไม่นานนัก การเรียนรู้ในเรื่องบางอย่าง และการผลักดันทำสิ่งใดให้สำเร็จ ต้องใช้เวลานานพอสมควร การที่จะให้สมองสนใจต่อสิ่งใดมากและยืนยาวนานพอที่กระบวนการเรียนรู้ที่แท้จริงจะเกิดขึ้นนั้นมักต้องใช้การจูงใจด้วย

การจูงใจที่สำคัญก็คือ การทำให้การเรียนรู้มีความหมาย และการทำให้เกิดอารมณ์ร่วมไปด้วย ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้



ข้อมูลที่มีความหมาย

ความหมายก็คือ การที่สมองสามารถคิดและเข้าใจ คือสร้างความสัมพันธ์เชื่อมโยงในข้อมูลนั้นได้ โดยเฉพาะถ้าความสัมพันธ์เชื่อมโยงนำไปถึงข้อมูลความรู้เดิมได้ ความหมายของข้อมูลที่มีต่อสมองจะชัดเจน มีความสำคัญและจดจำได้ดียิ่งขึ้น

$x^2 + 2x + 4 = 0$

นักเรียนคนหนึ่งในชั้นมัธยมประหลาดใจมากที่เธอต้องทำความรู้จักกับ 'x' เธอกระซิบถามเพื่อนที่เรียนเก่งกว่าว่า

"เราจะเอา 'x' นี้ไปใช้ทำอะไรรู้มั้ย?"

เพื่อนที่เก่งกว่าให้คำตอบว่า

"ไม่รู้ซี อย่างน้อยก็ต้องเอาไปใช้ตอนสอบนั่นแหละ"



ภาพที่เห็นนี้ ใครไม่รู้จักก็ต้องรู้จัก เพราะมันคือ ภาพผสมของสัตว์สองชนิดที่รู้จักกันดี เป็นภาพของข้อมูลใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่มีอยู่เดิม มันคือตัวอะไรเอ่ย ...

ความหมายของข้อมูล มีบทบาท 3 ประการ

1. ความหมายเอาชนะความดึงดูดที่ข้อมูลชนิดอื่นๆ มีต่อสมอง ผิวสมองคอร์เทกซ์ถูกออกแบบมาเพื่อให้ 'ค้นหาความหมาย' โดยเฉพาะ สมองนี้ทำงานเชิงตรรกะ พัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือใหม่ที่ให้มนุษย์ใช้สำหรับต่อสู้และดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อม การหาความหมายยังประโยชน์แห่งการอยู่รอดของเผ่าพันธุ์ โดยการเรียนรู้และคาดการณ์ไปข้างหน้าทำให้มนุษย์สามารถใช้การประดิษฐ์คิดค้นสร้างเทคโนโลยี ดัดแปลงสิ่งแวดล้อม เพื่อต่อสู้กับภยันตรายและแสวงหาปัจจัย 4 ได้ดีกว่าการใช้ศักยภาพทางกายและสัญชาตญาณพื้นๆ แบบสัตว์อื่นในสายวิวัฒนาการ

2. ข้อมูลที่มีความหมาย คือ ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับข้อมูลอื่น ข้อมูลที่มีความหมายเป็นความรู้ในตัวมันเอง และพอกพูนความรู้ความเข้าใจในความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง ให้มากขึ้นด้วย

3. ความหมายของข้อมูลเกิดจากการที่สมองขณะคิด สามารถสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลใหม่กับข้อมูลเก่า หรือสร้างความสัมพันธ์ในรูปใหม่ๆ ระหว่างข้อมูลเดิมได้ ในขณะที่สมองคิด-ทำงานอยู่นี้จะเกิดการทำงานพร้อมๆ กันของวงจรร่างแหเซลสมองหลายวงจร บางกรณีมีการทำงานของวงจรการรับรู้และความจำทั้งส่วนภาพ เสียง สัมผัส นิยาม เหตุการณ์ ฯลฯ การทำงานของวงจรต่างๆ พร้อมกันนี้ นำไปสู่ความสามารถที่จะคงข้อมูลใหม่นั้นไว้ได้ ข้อมูลใหม่ที่มีความหมายนี้จะปรากฏขึ้นทุกครั้ง ไม่ว่าวงจรของภาพ เสียง สัมผัส ฯลฯ วงจรใดวงจรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับมัน ทำงานขึ้นมา เนื่องจากมีความเชื่อมโยงกันอยู่ ถ้าข้อมูลใหม่ไม่มีความหมาย ไม่มีความสัมพันธ์กับวงจรใดๆ เลย ข้อมูลนั้นจะลบเลือนหายไปในเวลาไม่นาน

มีการอธิบายว่า การเชื่อมต่อที่จุดซีนแนปส์ของเซลสมอง 2 เซลจะทำได้ง่ายขึ้นและกระชับมั่นคงขึ้น ถ้าเซลที่เชื่อมต่อกันนั้นถูกกระตุ้นพร้อมๆ กัน (presynaptic & postsynaptic activation) การเชื่อมโยงของวงจรเซลสมองสองวงจร ซึ่งเดิมเป็นอิสระจากกัน จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการกระตุ้นสองวงจรนั้นพร้อมๆ กัน ในที่สุดเมื่อสองวงจรเชื่อมกันได้แล้ว การกระตุ้นวงจรใดวงจรหนึ่งก็จะมีผลให้กระตุ้นการทำงานของวงจรที่สองไปด้วย ร่างแหวงจรของเซลสมองที่ประกอบด้วยวงจรรับรู้สื่อสัมผัสแต่ละอย่างอาจถูกเชื่อมโยงกันเป็นความสัมพันธ์ของการรับรู้สื่อสัมผัสทั้งมวล และก่อรูปความหมายขึ้นมาได้โดยวิธีนี้

ดังนั้น ส่วนความจำของสมองซึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในสมองส่วนต่างๆ โดยที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงมีความหมายต่อกัน จะถูกกระตุ้นพร้อมๆ กันทุกคราวที่มีการกระตุ้นส่วนใดส่วนหนึ่ง ก็ยิ่งทำให้ความจำเกิดขึ้นเร็วและคงอยู่นานมากขึ้น โดยสรุปก็คือ ยิ่งข้อมูลมีความหมาย ยิ่งทำให้มีความจดจำเกี่ยวกับข้อมูลนั้น และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกันเพิ่มดีขึ้นกว่าเดิม และไม่ลืมไปง่ายๆ ด้วย

นัยทางอารมณ์

อารมณ์ คือความรับรู้ที่สมองมีต่อความต้องการอันเป็นสัญชาตญาณ ซึ่งต้องการขับเคลื่อนต่อสู้เพื่อดำรงชีวิตอยู่รอด อารมณ์เป็นข้อมูลหนึ่งที่ผิวสมองคอร์เทกซ์ซึ่งเป็นส่วนวิวัฒนาการเพื่อการคิดการวางแผน ต้องใช้เป็นข้อมูลเพื่อตัดสินใจในปฏิบัติการหรือพฤติกรรม อารมณ์จึงมีอิทธิพลต่อกระบวนการเรียนรู้

1. อารมณ์เพิ่มความสนใจและลดความสนใจในการเรียนรู้ (แล้วแต่ว่าเป็นอารมณ์แบบใด)
2. อารมณ์ทำให้การรับรู้ผิดผันไป (ตามแต่ใจที่อยากรับรู้นั้น)
3. อารมณ์มีอิทธิพลต่อการคิด
4. อารมณ์มีอิทธิพลต่อความจำ

อารมณ์เป็นตัวแทนของการเรียกร้องจากสัญชาตญาณ ทำงานของมันโดยมีอิทธิพลต่อการคิดตัดสินใจของคนเราอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะรู้ตัวหรือไม่ก็ตาม การดูแลหน้าตา การแต่งเนื้อแต่งตัว ไม่ว่าจะให้ดูสวยหรือดู 'เซอร์' เป็นเรื่องที่ทุกคนให้ความสนใจโดยเฉพาะวัยรุ่น

ความต้องการเป็นที่ยอมรับของคนอื่น การต้องการกลุ่ม รวมทั้งการมีสุขภาพที่ดีล้วนมีประโยชน์ต่อการอยู่รอดในบางลักษณะ ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับ การดูแลผิว เส้นผม ดูแลสุขภาพและความสวยงาม จึงเป็นสิ่งที่ขายได้ และตามมาด้วยการแข่งกันขายในโทรทัศน์บางช่วงเวลา มีแต่รายการโฆษณาของผลิตภัณฑ์เหล่านี้





การคิดและการจำ ต้องใช้เวลา

สมอง นอกจากจะมีวงจรความจำใช้คิดจำกัดแล้ว ยังมีข้อจำกัดเรื่อง เวลา ประสิทธิภาพของสมองในการรับและคิด ขึ้นอยู่กับสภาพสมองที่สำคัญคือ

- ทางกายภาพ
- ด้านอารมณ์
- ระยะเวลา

สภาพทางกายภาพ คือ ความพร้อมด้านพลังงาน (คือ สภาพเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง ความดันเลือด ออกซิเจน และสารอาหารที่ไปเลี้ยงสมอง) และความสมบูรณ์ทางโครงสร้างของสมอง (คือ สมองที่พัฒนาไม่เท่ากันในวัยต่าง ๆ รวมทั้งโรคต่าง ๆ ที่ทำให้สมองไม่ทำงานตามปกติ)

'ระยะเวลาที่ใช้งานสมอง' จะสร้างข้อจำกัดทางกายภาพและอารมณ์ให้เกิดขึ้นกับสมอง สมองขณะคิดนั้นใช้พลังงานมากขึ้น พลังงานเหล่านี้ได้มาจากกลูโคส (glucose) และออกซิเจนในเลือดที่มาเลี้ยงสมองผ่านเซลเกลียซึ่งห่อหุ้มรอบหลอดเลือดอยู่ **ไม่มีใครทราบว่า สมองจะสามารถคิดติดต่อกันได้นานเท่าไร และประสิทธิภาพในการคิดจะลดลงอย่างไร แต่ผลของการใช้สมองติดต่อกันที่ทราบกันดี คือความจดจดจ่อ ความสนใจ ความตั้งใจจะลดลง** (คือจะมีการเปลี่ยนแปลง

ทางกายภาพในสมอง ซึ่งสะท้อนออกมาให้เห็นในลักษณะของอารมณ์ที่เปลี่ยนไป) ความจดจ่อ ความสนใจ ความตั้งใจที่ลดลงนี้ ทำให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ลดลง ความสามารถในการใช้สมองเป็นเวลายาวนานแค่ไหน ในแต่ละคนอาจไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับผลสำเร็จในการคิดหรือประมวลข้อมูลที่รับเข้ามานั้น การคิดได้เป็นขั้นๆ ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จะเป็นผลให้สมองสามารถใช้งานคิดต่อไปได้เรื่อยๆ เช่นกัน แต่ถ้าทันทีที่ลงมือ ก็คิดไม่ออกแล้ว ประเดี๋ยวก็เลิกคิด เลิกสนใจ

ความสามารถในการคิดทำความเข้าใจต่อข้อมูลใดๆ เกิดขึ้นจากความเข้าใจพื้นฐานบางอย่างที่มีมาอยู่ก่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำลังรับมาคิดและทำความเข้าใจนั้น เรียกว่า มี **วงจรพื้นฐานสำหรับทำความเข้าใจ**นั้นอยู่แล้ว วงจรพื้นฐานนี้ อาจเป็นโครงสร้างทางชีววิทยาที่มาจากแบบแปลนพันธุกรรมส่วนหนึ่ง แต่ที่สำคัญคือ มัน**มาจากการสะสมสร้างพื้นฐานความรู้ความเข้าใจที่จำเป็น มาก่อนหน้านั้น**

อย่างไรก็ดี การเว้นช่วงให้มีเวลาพักระหว่างชั่วโมงเรียน เป็นสิ่งที่จำเป็นและยอมรับกันในการจัดการศึกษาทั่วไป จากการวิจัยพบว่า ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงของรอบวันนั้น สมองมีสภาวะที่เปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ที่จะรองรับการเรียนรู้ได้มากน้อยไม่เท่ากัน การเพิ่มขึ้นและลดลงของความสามารถในการเรียนรู้นี้มีลักษณะเป็นคาบวัฏจักรรอบ 90 นาที (รอบวัฏจักรนี้มีทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน แต่ในเวลากลางวันระดับความสามารถในการเรียนรู้จะสูงกว่ารอบวัฏจักรในตอนกลางคืน) ข้อมูลนี้อาจใช้ในการพิจารณาการจัดคาบเวลาเรียนได้

'เวลา' นอกจากจะเป็นเงื่อนไขต่อความสามารถในการ 'รับ' และ 'คิด' หรือ 'ทำความเข้าใจ' ผ่านกลไกทางชีววิทยาแล้ว ควรไม่ลืมว่า 'เวลา' ยังเป็นตัวแปรโดยตรงต่อการ 'เข้าใจ' และ 'จำ' ด้วย

การตกผลึกทางความคิดนั้น เป็นคำที่เราใช้กันอยู่ หมายถึงช่วงเวลาระหว่างที่สมองอยู่ในกระบวนการเรียนรู้ จนกระทั่งเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แต่การวัด 'เวลา' หรือ 'ปริมาณ' หรือ 'คุณภาพ' ของการตกผลึกทางความคิดอย่างเป็นรูปธรรม ยังเป็นเรื่องยาก เราเพียงรู้คร่าวๆ ว่า การเรียนรู้และเกิดความเข้าใจในเรื่องหนึ่งเรื่องใดนั้นต้องใช้เวลา และมีตัวแปรมากมายเกินกว่าจะสรุปลงสั้นๆ สิ่งที่เข้าใจได้ง่ายกว่า เป็นรูปธรรมมากกว่า คือ การตกผลึกทางความจำ (memory consolidation)

ข้อสังเกตเกี่ยวกับ **การตกผลึกความจำ** หรือการก่อตัวของความจำ ซึ่งทำให้สามารถย้อนระลึกบางสิ่งบางอย่างได้นั้น มาจากงานวิจัยของ Georg Muller และ Alfons Pilzecher นักจิตวิทยาชาวเยอรมัน ซึ่งพบว่า ถ้าให้จำกลุ่มคำ 1 พยางค์ที่ไม่มีความหมาย 2 กลุ่ม โดยให้ดูคำชุดแรกก่อนแล้วตามด้วยคำชุดที่สอง การพยายามจำคำชุดที่สองจะทำให้ลืมคำชุดแรก แต่ถ้าไม่มีคำชุดหลัง คำชุดแรกจะค่อยๆ ก่อตัวเป็นข้อมูลที่จำได้ดีขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไป ระยะเวลาที่ใช้ในการจำคำชุดแรกได้นี้ เรียกว่า **ช่วงตกผลึกความจำ (consolidation period)**

ความจำยังไม่เกิดขึ้นทันทีขณะที่รับรู้ข้อมูลอยู่ แต่มีกระบวนการใต้สำนึก (subconscious) ที่ทำงานสร้างเสถียรภาพของวงจรร่างแหเซลสมอง การท่องให้ขึ้นใจ การฝึกซ้อม ก็เป็นกระบวนการที่ทำให้มีการตกผลึกความจำเร็วขึ้น

การท่องจำและการฝึกฝนเป็นการกระทำออกมาจาก(ข้อมูลที่มีอยู่)ภายใน ขณะเมื่อแสดงออก เราไม่เพียงแต่สั่งสมองให้เกิดผลภายนอก เช่น เคลื่อนไหวหรือออกเสียง แต่เรา 'รับ' เอา 'ผล' ที่แสดงออกนั้นย้อนเข้ามาใหม่ด้วย เราจึงรู้ว่าเรารู้ตัวและทำอะไรไป นี่เป็นการสร้างประสบการณ์ข้อมูลรูปแบบเดิมป้อนย้อนกลับเข้าสู่กระบวนการรับรู้ ทางอวัยวะรับรู้ด้วยตนเองโดยตั้งใจ เป็นการใช้วงจรร่างแหของเซลสมองกลุ่มเดิมซ้ำ ๆ เป็นการสร้างเสถียรภาพให้กับวงจรร่างแหเซลสมอง ทำให้กระตุ้นการทำงานของวงจรขึ้นใหม่ได้ง่าย (ทำให้เกิด LTP-long term potentiation)



ฮิปโปแคมปัสเป็นสมองที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้จำได้ ในระหว่างหลับ สมองส่วนฮิปโปแคมปัสจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นการทำงานของร่างแหวงจรของเซลสมอง ที่เคยทำงานรับรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งไว้ในระหว่างตื่น โดยเฉพาะเรื่องที่มีอารมณ์เกี่ยวข้อง **การกระตุ้นวงจรดังกล่าวก็เท่ากับทำให้การทำงานของจุดต่อสัญญาณคงตัวและมีเสถียรภาพ หรือเกิดความจำ** โดยที่เราไม่ต้องพยายามเลยนั่นเอง



ด้วยเหตุนี้ การนอนหลับมีความสำคัญ สมองทำงานบางอย่างอยู่ขณะที่เราหลับ

นัยความหมายของการตกผลึก (การจำ) นี้ คือ **ความจำค่อย ๆ เกิดขึ้น ไม่ได้เกิดทันที** สิ่งที่สมองเรียนรู้ไว้ก็ไม่ได้ลืมไปทันที การจำบางสิ่งบางอย่างได้ในชั่วโมงเรียนอาจถูกลืมไปหมด เพราะสมองไม่ได้ก่อรูปความจำที่คงนานขึ้นทันทีที่รับรู้ข้อมูล แต่จะใช้เวลาช่วงหนึ่งคือ 'ช่วงตกผลึก' ที่จะทำให้ข้อมูลนั้นจำได้ และ**การบรรจุข้อมูลเข้าไปอย่างยัดเยียด อาจทำให้ข้อมูลอันดับต้น ๆ ที่รับรู้เข้าไปก่อน ไม่สามารถเข้าสู่กระบวนการตกผลึกเป็นความจำได้** และจะมีปัญหาต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ ยังแสดงนัยว่า **การฝึกฝนโดยเว้นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมนั้นเป็นไปได้ เพราะสมองไม่ได้ลืมไป** การเว้นช่วงเวลายังเปิดโอกาสให้สมองได้พัก อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้สมองด้วย

อาหาร สารบางอย่าง กับสุขภาพสมอง

กระบวนการเรียนรู้ก็คือกระบวนการสร้างวงจรของเซลสมอง กระบวนการเรียนรู้กระตุ้นให้เกิดการทำงานของสัญญาณในวงจรนั้นๆ การทำงานของเซลสมองเหล่านี้ต้องอาศัยพลังงานเช่นเดียวกับเซลมีชีวิตอื่นๆ พลังงานนี้ได้มาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี คือการเปลี่ยนรูปของโมเลกุลของสารอาหารที่ได้รับ เพื่อสร้างพลังงานขึ้น เก็บพลังงานนั้นไว้ใช้ และใช้พลังงานนั้น เพื่อสร้างโมเลกุลของสารที่เซลต้องการใช้ เพื่อเจริญเติบโต เพื่อเคลื่อนไหว และเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ของเซล

เซลสมองก็เหมือนเซลทั่วไปในร่างกายที่ต้องการพลังงานจากกลูโคสและออกซิเจน รวมทั้งไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสารละลายที่อยู่รอบตัว ซึ่งในจำนวนนี้มีทั้งสารอาหารที่ให้พลังงานแก่เซล และสารที่เซลนำไปใช้เพื่อเจริญเติบโต และสารละลายที่อยู่ในรูปประจุไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นประโยชน์หรือเป็นอันตรายต่อเซลได้ ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของประจุนั้น

อาหารและสารที่จำเป็น จึงมีความสำคัญต่อสมอง เช่นเดียวกับที่มีความสำคัญต่อเซลมีชีวิตทั่วไป แต่มีสารบางชนิด เช่น วิตามินเอ ไอโอดีน ฯลฯ มีความจำเป็นต่อการทำงานของเซลสมองเป็นพิเศษ วิตามินเอเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลจอประสาทตาส่วนไอโอดีน แม้ไม่ได้เกี่ยวกับเซลสมองโดยตรง แต่เป็นธาตุจำเป็นที่ร่างกายต้องใช้สำหรับการผลิตฮอร์โมนไทรอยด์ ถ้าขาดไอโอดีน ฮอร์โมนตัวนี้จะผลิตไม่พอ ส่งผลให้สมองและร่างกายโดยรวมทำงานช้าลง เซลร่างกายอื่นทำงานลดลงมีปัญหาไม่มาก แต่เซลสมองซึ่งใช้พลังงาน 20% ของร่างกายได้รับผลกระทบมาก ในผู้ที่ขาดไอโอดีน สติปัญญาจะพัฒนาไม่ได้เลยทีเดียว



เซลสมองยังแตกต่างพิเศษไปกว่าเซลอื่นๆ ตรงที่มีระบบการติดต่อเชื่อมโยงส่งสัญญาณถึงกัน ซึ่งเป็นลักษณะและหน้าที่สำคัญของเซลสมอง จุดซินแนปส์ซึ่งเป็นจุดที่สัญญาณผ่านต่อถึงกันนั้น อาศัยสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด หลายประเภท เป็นตัวกลางในการติดต่อนี้ ความผิดปกติของสารสื่อประสาทและการทำงานที่จุดซินแนปส์ มีผลต่อการทำงานของวงจรร่างแหของเซลสมอง ส่งผลต่อการทำงานของสมองโดยรวม

สารสื่อประสาทเหล่านี้เป็นสารที่เซลต้องสร้างขึ้นมา ซึ่งต้องอาศัยโมเลกุลที่จำเป็นบางชนิด จากสารอาหารที่ร่างกายรับประทานเข้าไป

ความผิดปกติในระบบประสาทหรือในสมอง อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากปริมาณของสารสื่อประสาทบางอย่าง ในวงจรทำงานของเซลสมอง น้อยไปหรือมากไป การมีน้อยไปอาจเกิดจากการผลิตสารสื่อประสาทไม่พอเพียง เช่น สารสื่อประสาทซีโรโทนิน จะผลิตน้อยลงถ้าขาดสารอาหารที่จำเป็น เช่น ทริปโทแฟน (tryptophan) ปริมาณสารสื่อประสาทที่จุดต่อสัญญาณนั้นอาจผิดปกติไป จากการได้รับสารบางอย่างหรือยาบางชนิดที่มีผลต่อการทำงานของสมองเช่น ยานอนหลับ ยากล่อมประสาท ยารักษาโรคทางจิตบางชนิด รวมทั้ง สารเสพติด กาแฟ บุหรี่ สารเหล่านี้ทำให้การเชื่อมโยงติดต่อกันระหว่างเซลสมองเปลี่ยนแปลงไป โดยมีผลต่อกระบวนการสร้าง(และกำจัด)สารสื่อประสาท หรือไม่ก็ไปกระตุ้นหรือยับยั้งการกระตุ้นที่จุดซีนแนปส์ในวงจรของเซลสมองเสียเอง

สารสื่อประสาทนั้น ทำงานร่วมกันซับซ้อน ยากจะบอกว่าสารตัวใดตัวหนึ่งตัวเดียวจะมีผลอย่างไรต่อการรับรู้ข้อมูลของสมอง ในสภาวการณ์ปกติ ที่ไม่ใช่ภาวะผิดปกติจากโรคหรือการเสพสารผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ เกิดขึ้นเพราะมีการกระตุ้นจากข้อมูลภายนอก ผ่านเข้าสู่ศูนย์ประสาทสมอง ที่ควบคุมการผลิตสารเหล่านี้ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้ ส่วนใหญ่จึงเป็นผลเป็นปลาย ไม่ใช่เหตุ การที่เด็กบางคนมีพฤติกรรมผิดปกติ แล้วพบว่าพวกเขามีปัญหาสารสื่อประสาทผิดปกติหรือไม่สมดุล อาจเป็นไปได้ว่า การที่สารสื่อประสาทมีปัญหา เป็นผลสืบเนื่องมาจากปัญหาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ การแก้ปัญหาที่แท้จริงจึงอาจอยู่ที่ต้นตอ คือแก้ที่สภาพแวดล้อมและการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้แก่พวกเขา การใช้ยาเพื่อแก้ไขจัดการกับความผิดปกติของสารสื่อประสาท อาจเป็นเรื่องรอง เป็นความจำเป็นในกรณีพิเศษ ไม่ใช่ภาวะปกติของการเรียนรู้

เรื่องของอาหารและสารจำเป็นต่อร่างกายนี้ ไม่ได้อยู่ในกระบวนการทำงาน รับ-รู้-คิด-จำ ในระบบข้อมูลความรู้ของสมองโดยตรง แต่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองที่จะผลิตข้อมูลและบันทึกความรู้ ทั้งยังมีวิธีจัดการได้ง่ายๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือแก้ปัญหาในระหว่างการเรียนรู้ วิธีเหล่านั้นได้แก่ การดูแลสุขภาพ การดูแลเรื่องน้ำ อาหาร รวมทั้งอากาศและสารจำเป็น การจัดการเหล่านี้เท่ากับทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของเซลสมองปกติ สารเสพติดหรือสารที่เป็นอันตรายอื่นๆ ที่เป็นปัญหาต่อการเรียนรู้ก็หลีกเลี่ยงเสีย รายละเอียดในเรื่องนี้เป็นเรื่องการจัดการดำเนินการอื่นๆ ที่ต่างไปจากการจัดการข้อมูลสำหรับสมอง อย่างไรก็ดี ควรให้ความสนใจว่า **ถ้าการเรียนรู้ของเด็กมีปัญหา การจัดการที่ง่ายที่สุดและไม่ควรดูเบาก็คือการดูแลเรื่อง น้ำ อาหาร อากาศ และสารจำเป็น**เหล่านี้ ไอโอดีน ธาตุเหล็ก และวิตามิน รวมทั้งโรคพยาธิต่างๆ ที่ทำให้ขาดสารอาหารดังกล่าว อาจเป็นต้นตอของปัญหา เป็นเรื่องที่ต้องไม่มองข้ามไป

สัญญาณแห่งอารมณ์ 12

อารมณ์ : การรับรู้ที่บงการสมอง

อารมณ์เป็นแรงขับพฤติกรรมที่สำคัญ มันทำงานโดยอัตโนมัติ และรวดเร็ว ในขณะที่เหตุผลและความหมาย อาจกำหนดทิศทางและเป้าหมายของพฤติกรรมได้เหนือกว่า แต่มันทำงานช้ากว่ามาก



โต๊ะโตะจัง สังเกตเห็นว่า มีอะไรบางอย่างตกอยู่ใกล้ๆ เท้าของเธอ ดูคล้ายสตางค์ เธอเคยเก็บของที่คิดว่าเป็นสตางค์ได้หนหนึ่ง แต่พอมาดูอีกทีกลายเป็นกระดุมเสื้อ ในครั้งนี้ โต๊ะโตะจังคิดว่า จะต้องพิจารณาดูให้แน่ใจเสียก่อน ก่อนที่จะหยิบขึ้นมา

โต๊ะโตะจัง ก้มลงไปมองใกล้ๆ ปรากฏว่า สิ่งที่เห็นนั้นคือสตางค์จริงๆ เป็นเหรียญ 5 เซ็น คนโดยสารรถไฟคงทำตก และเมื่อรถไฟเอียงมันจึงกลิ้งมาทางนี้ แต่ในบริเวณนั้นไม่มีใคร นอกจากโต๊ะโตะจัง

"ทำไงดีล่ะ..." โต๊ะโตะจังคิด

*ข้อความข้างต้นนี้คัดมาจาก หนังสือ**โต๊ะโตะจัง -เด็กหญิงข้างหน้าต่าง** แปลโดย ผุสดี นาวาวิจิต หนังสือโต๊ะโตะจัง ฯ เล่มนี้พิมพ์ครั้งที่ 12 โดยสำนักพิมพ์ผีเสื้อ เป็นหนังสือที่พยายามสื่อสารถึงความคิดความเข้าใจของเด็กได้ดีที่สุดเล่มหนึ่ง*

มีความเข้าใจเกี่ยวกับ 'อารมณ์' ในความหมายต่างๆ หลายความหมาย คำนิยามเหล่านั้นอาจใช้อธิบายสภาวการณ์ในบริบทต่างๆ

ข้อความในกรอบข้างบนแสดงเหตุการณ์ สถานการณ์ และสมองที่คิด เหตุการณ์บอกให้รู้ว่า เด็กคนหนึ่งเห็นสตางค์ตกอยู่ สถานการณ์อธิบายเรื่องราวที่มาที่ไปของเหตุการณ์ให้ชัดเจนขึ้น เป็นนัยบอกให้ทราบว่า มีอะไรก่อตัวเป็นเงื่อนไขของอะไรบางอย่าง สมองคิดว่าจะทำอะไรในสถานการณ์นั้น

อารมณ์ทำให้โลกมีสีสัน อารมณ์ คือ ความหมายที่เราให้แก่ภาพ เสียง กลิ่น รส สัมผัส ที่รับรู้ หรือเป็นความรู้สึกภายในอื่นๆ เช่น หิว โกรธ เป็นสุข ฯลฯ

สัญชาตญาณแห่งการอยู่รอดนั้น ควบคุมความนึกคิด ผ่าน 'อารมณ์' สมองส่วนสัญชาตญาณนั้นสืบทอดมาจากวิวัฒนาการอันยาวนาน โดยพื้นฐานหน้าที่คือดำรงชีวิตให้อยู่รอดด้วยกลไกอย่างง่ายที่สุด คือ มีการตอบสนองทันทีที่เผชิญหน้า (ต่อการคุกคามหรือเพื่อคุกคาม) แต่ผิวสมองคอร์เทกซ์มีวิวัฒนาการเพื่อหน้าที่ในลักษณะที่ต่างกัน **ผิวสมองคอร์เทกซ์มีหน้าที่เก็บจำประสบการณ์เพื่อคิด เรียนรู้ และดัดแปลงนำความรู้นั้นมาใช้เปลี่ยนแปลงให้เป็นฝ่ายได้เปรียบในสถานการณ์ต่างๆ** ไม่ว่าจะหาทางหนี (เมื่อถูกคุกคาม) หรือ หาทีไล่ (เมื่อต้องการสู้หรือล่า) ผิวสมองคอร์เทกซ์ต้องเป็นอิสระจากการควบคุมของสัญชาตญาณ มิฉะนั้นก็จะกระทำหน้าที่ดังกล่าวไม่บรรลุผล ในทางกลับกัน หากว่าคอร์เทกซ์เป็นอิสระจากสัญชาตญาณโดยสมบูรณ์ คอร์เทกซ์อาจจะไม่มีประโยชน์สำหรับการมีชีวิตอยู่รอดเลย

เพราะเหตุว่าทุกอย่างล้วนเป็นเหตุผลและปัจจัยต่อกันของมันเองอยู่ในโลก การมีชีวิตอยู่หรือไม่ก็เป็นเพียงผลของปัจจัยบางอย่าง การดำเนินอยู่ของเหตุและปัจจัยเป็นสิ่งที่ปราศจากความมุ่งหมาย ดังนั้นหากไม่มีความจำเป็นหรือความต้องการจะมีชีวิตอยู่ ซึ่งเป็นความมุ่งหมายที่สำคัญเสียแล้ว เหตุผลจะมีประโยชน์อะไร ระบบเหตุผลเป็นหน้าที่การงานของคอร์เทกซ์ คอร์เทกซ์หรือผิวสมองวิวัฒน์ขึ้นเพื่อรองรับหน้าที่หลักที่สำคัญ คือสนับสนุนข้อมูล สำหรับการนึกคิดใช้เหตุผลเพื่อการอยู่รอด

อารมณ์คือ สัญญาณที่สื่อสาร "สาร" จากสัญชาตญาณ ไปยังความนึกคิด เพื่อให้รับรู้ความต้องการของความต้องการที่จะมีชีวิตอยู่

อารมณ์จึงเป็นเสมือนตัวเชื่อม สัญชาตญาณบอกและควบคุมความนึกคิดผ่าน 'อารมณ์' **อารมณ์จึงไม่ใช่เรื่องของเหตุผล** อารมณ์ไม่มีเป้าหมายที่แท้จริง หากแต่อารมณ์มักจะสื่อสารเป้าหมายที่สัญชาตญาณต้องการให้คอร์เทกซ์ได้รับรู้ เพื่อให้ผิวสมองคอร์เทกซ์จัดการอย่างเหมาะสมต่อไป

มีกลุ่มเซลสมองหลายกลุ่มทำงานเกี่ยวข้องกับอารมณ์นี้ โครงสร้างสมองส่วนนี้เรียกว่า ระบบลิมบิก สิ่งที่เป็นผลจากการทำงานของระบบลิมบิก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางสรีระต่างๆ ของระบบการทำงานของร่างกาย (ความดันเลือด, การเต้นของหัวใจ, ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ฯลฯ) นอกจากนี้ ระบบลิมบิกยังส่งสัญญาณโดยตรงและโดยอ้อม ผ่านวงจรสัญญาณประสาทไปยังผิวสมองคอร์เทกซ์ ทำให้มีผลต่อ 'การรับ-รู้-คิด-จำ' ลักษณะดังกล่าวทั้งหมดนี้แหละที่จะ นิยาม คำว่า 'อารมณ์'

อารมณ์คือ สัญญาณที่สื่อสาร "สาร" จากสัญชาตญาณไปยังความนึกคิด หรืออีกนัยหนึ่งเป็นข้อมูลภายในระบบชีวิตที่ส่งให้แก่สมอง เพื่อให้รับรู้ความต้องการที่จะมีชีวิตอยู่รอด

สมองสร้างประสบการณ์รับรู้ขึ้น โดยให้ความหมายของสัญญาณเหล่านั้นเป็นความรู้สึกทางอารมณ์ แบบต่างๆ ได้แก่ ความหิว, ความกลัว, โกรธ, ผิดหวัง, เสียใจ... (ยังมีคำอื่นๆ อีกมากที่มีความหมายทางอารมณ์ที่เราใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน)

นอกจากนี้ สัญญาณเหล่านั้นยังก่อให้เกิดอาการทางอารมณ์ต่างๆ ปรากฏขึ้น ได้แก่ ตื่นเต้น หน้าแดง หรือ หน้าซีดตัวสั่น เลือดขึ้นหน้า... (อาการเหล่านี้คือพฤติกรรมที่มนุษย์ควบคุมไม่ได้) เป็นต้น

ทั้งความหมายของอารมณ์จากประสบการณ์รับรู้ และความหมายของอารมณ์จากอาการปรากฏเหล่านี้ เป็นสิ่งที่รู้จักเข้าใจกันโดยทั่วไป เราจึงอาจนิยามว่า อารมณ์คือ ประสบการณ์รับรู้ต่อสัญญาณ และ/หรือ อาการที่ปรากฏอันเนื่องมาจากสัญญาณ สัญญาณที่ว่านี้ สื่อนัยบางอย่างเกี่ยวพันกับสัญชาตญาณที่มีความต้องการให้สมองหรือระบบชีวิต ดำเนินไปในลักษณะหรือวิถีบางอย่างที่โยงย้อนไปได้ถึงความเกี่ยวพันกับความอยู่รอด

ส่วนพฤติกรรมบางอย่างที่สะท้อนอารมณ์ เช่น ยกกำปั้นส่งแรงไปยังใบหน้าผู้อื่น(เรียกว่า ชก) เป็นพฤติกรรมที่มนุษย์ควบคุมได้ โดยทั่วไป พฤติกรรมที่รุนแรงมักสะท้อนอารมณ์ที่รุนแรง แต่ไม่แน่เสมอไป พฤติกรรมอาจถูกควบคุมให้ดูไม่รุนแรง ทั้งๆ ที่อาจมีแรงผลักดันของอารมณ์ที่รุนแรงบางอย่างอยู่ภายใน ส่วนพฤติกรรมแสดงอารมณ์ ที่เห็นได้ภายนอกนั้น มีผลบอกหรือสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ได้ ดังนั้น ในส่วนของพฤติกรรม บางครั้งจึงขึ้นอยู่กับว่า เจ้าของอารมณ์นั้นต้องการให้ผู้อื่นรู้อะไร หรือต้องการสื่อสารอะไรกับผู้อื่นหรือไม่ (ถ้าเป็นการแสดง ก็อาจทำท่ากระฟัดกระเฟียดหรือบีบน้ำตา ตามบทละคร เป็นต้น)

ในภาวะกดดัน มนุษย์อาจควบคุมการแสดงอารมณ์ไม่ได้ แต่บางครั้งกลับต้องการแสดงอารมณ์นั้น เพื่อบรรลุผลในการคุกคาม(ไล่) หรือเอาตัวรอด(หนี) หากสมองมนุษย์สามารถควบคุมพฤติกรรมได้โดยสมบูรณ์ พฤติกรรมที่แสดงออกก็ย่อมล้วนเป็นผลจากการตัดสินใจแล้ว ว่ามันจะสนองแรงผลักดัน นั่นคือเป็นภารกิจที่จะสำเร็จประโยชน์ที่อารมณ์หรือสัญชาตญาณต้องการ อย่างไรก็ดี พฤติกรรมที่รุนแรงอันเนื่องมาจากอารมณ์นั้น มักส่งผลสะท้อนกลับเพิ่มความรู้สึกหรืออารมณ์ที่รุนแรงมากขึ้น ในขณะที่ การควบคุมความรุนแรงทางพฤติกรรมไว้ ก็มีผลทำให้อารมณ์ความรู้สึกนั้นสงบลง

อารมณ์เป็นพฤติกรรม คือเป็นปฏิกิริยาที่ถูกสร้างขึ้นภายใน (สมองสามารถมีประสบการณ์รับรู้ได้ในเมื่อเกิดอารมณ์ขึ้น) และ เป็นอาการที่เห็นได้ภายนอก

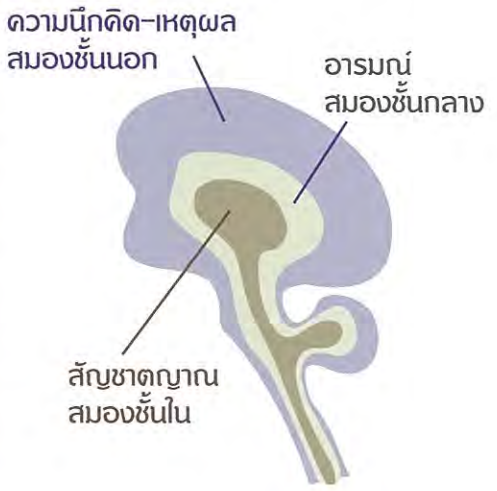
เราอาจวัด 'อารมณ์' จากการบอกเล่าสะท้อนสิ่งที่คิดรู้สึก ข้อมูลแบบนี้ขึ้นอยู่กับผู้ให้ข้อมูลเป็นหลัก ไม่สามารถตรวจสอบข้างในความรู้สึกนึกคิดของผู้ให้ข้อมูลได้ (เป็นข้อมูลแบบ subjective) ขึ้นกับผู้ให้ข้อมูลว่า จะให้ความหมายอย่างไรต่อสัญญาณภายในที่เกิดขึ้น

อีกทางหนึ่ง เราอาจวัด 'อารมณ์' โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของร่างกาย เช่น การเต้นของหัวใจ เหงื่อที่ฝ่ามือ ความดันเลือด ฯลฯ (เป็นข้อมูลแบบ objective) เครื่องจับเท็จคือตัวอย่างของเครื่องมือวัดปฏิกิริยาของร่างกายที่เกิดขึ้นระหว่างการพูดจริงและพูดเท็จ ข้อมูลเช่นนี้เป็น อาการปรากฏอันเนื่องมาจากสัญญาณภายในที่เกิดขึ้น

โครงสร้างของสมองและอารมณ์

มีความพยายามที่จะค้นหาว่า สมองส่วนใดเกี่ยวข้องกับ อารมณ์ และมันทำงานอย่างไร ปาเปซ (James W. Papez) ได้สังเกตว่า มีเซลสมองกลุ่มหนึ่งเชื่อมโยงกันเป็นวงจรและการทำงานของมันเกี่ยวข้องกับอารมณ์ แมคลีน (Paul MacLean) ได้เสนอแนวคิดทางโครงสร้างและวิวัฒนาการเพื่อทำความเข้าใจกลไกของสมองอันเป็นที่มาของอารมณ์ และเรียกชื่อวงจรสมองที่ปาเปซค้นพบไว้ว่า ระบบลิมบิก (Limbic system) ต่อมาได้มีการศึกษาการทำงานของกลุ่มเซลตามชื่อเรียกดังกล่าว ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทำให้รู้บทบาทของกลุ่มเซลแต่ละกลุ่มมากขึ้น ความคิดเกี่ยวกับ วงจรอารมณ์ หรือ โครงสร้างของสมองที่ทำหน้าที่นี้จึงเปลี่ยนแปลงไปจากตอนแรก อย่างไรก็ดี แนวทางการคิดที่ ดร.แมคลีนเสนอไว้ ยังคงมีประโยชน์ต่อภาพความเข้าใจบางอย่างกว้างๆ อยู่บ้าง

ภาพแสดงผังของสมอง 3 ส่วน ซึ่งจำแนกตามโครงสร้างหน้าที่ตามลักษณะที่ปรากฏในเส้นทางวิวัฒนาการ ตามที่ ดร.พอล แมคลีน Paul D. MacLean (1969) ศึกษาไว้ สมองส่วนในสุดคือ R-complex มีบทบาทเกี่ยวข้องกับกิจกรรมแห่งสัญชาตญาณ ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงอยู่ของระบบชีวิตขั้นพื้นฐาน เป็นที่มาของพฤติกรรมตอบสนองในการต่อสู้เพื่ออยู่รอด วิวัฒนาการทำให้เกิดสมองชั้นที่สอง คือระบบลิมบิก คลุมลงเหนือสมองส่วนใน สมองส่วนนี้เป็นที่มาของอารมณ์และความจำบางส่วน ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างสัตว์แต่ละตัว สมองส่วนสุดท้ายคือผิวสมองคอร์เทกซ์ ขยายขึ้นครอบคลุมสมองทั้งหมด และเป็นส่วนที่เห็นชัดจากภายนอก ทำให้เกิดทักษะการคิด เหตุผล ภาษา ศิลปะ เป็นต้น



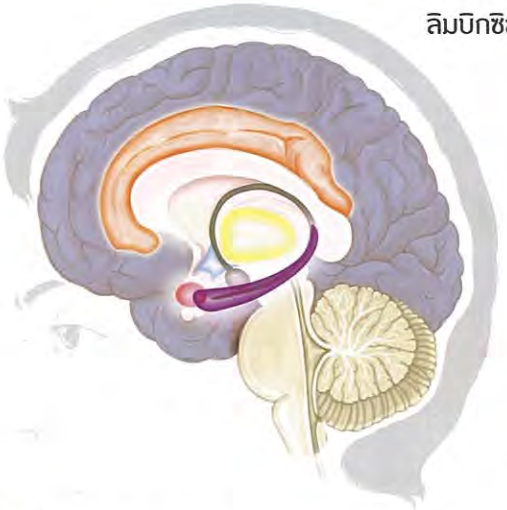
โครงสร้างของสมองเปลี่ยนแปลง ตามลำดับการวิวัฒนาการ



Reptilian brain (สมองส่วนสัญชาตญาณ) สมองส่วนนี้เป็นผลของวิวัฒนาการในลำดับต้น เริ่มต้นก่อนสมัยสัตว์มีกระดูกสันหลังยุคแรกๆ (สัตว์เลื้อยคลาน) ถือกำเนิดขึ้น จนเป็นโครงสร้างที่สมบูรณ์ในระยะต่อมา โครงสร้างของสมองส่วนนี้มีในสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยทั่วไป เทียบได้กับทาลามัส ก้านสมอง(เมดัลลา-พอนส์-มิดเบรน) รวมทั้ง เซรีเบลลัม(สมองน้อย)ด้วย

Paleomammalian brain (สมองส่วนอารมณ์) สมองส่วนนี้เป็นผลจากวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมยุคแรก โครงสร้างของสมองส่วนนี้ เทียบได้กับ ระบบลิมบิก

Neomammalian brain (สมองส่วนที่เก็บจำประสบการณ์ เรียนรู้ นึกคิด ให้เหตุผล และรับรู้ความรู้สึกที่ละเอียดอ่อน) สมองส่วนนี้เป็นผลจากวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมยุคปัจจุบัน โครงสร้างสมองส่วนนี้ เทียบได้กับ ผิวสมองเกือบทั้งหมด ผิวสมองที่พัฒนาเป็นสมองมนุษย์นั้น มีอายุเพียง 1 แสนปีบนเส้นทางวิวัฒนาการ (นั่นคือมนุษย์เกิดขึ้นบนโลกเพียง 100,000 ปีก่อนหน้านี้)



ลิมบิกซิสเต็ม (Limbic system) เทียบได้กับสมองชั้นกลาง

- ซิงกูเลทคอร์เทกซ์ (cingulate cortex)
- ทาลามัสส่วนหน้า (thalamus)
- ฮิปโปแคมปัส (hippocampus)
- ไฮโปทาลามัส (hypothalamus)
- อะมิกดาลา (amygdala)
- ฟอร์นิกซ์ (fornix)
- แมมิลารีคอมเพลกซ์ (mamillary complex)

ผิวสมองคอร์เทกซ์เทียบได้กับสมองชั้นนอก (Neomammalian brain)

ทาลามัส ก้านสมองและซีรีเบลลัม(บางส่วน)เทียบได้กับสมองชั้นใน (Reptilian brain)

ข้อสรุปความเข้าใจบางส่วนต่อ งานเกี่ยวกับสมอง 3 ส่วน (Triune brain) ที่ ดร.แมคลีน ศึกษาไว้

สมองชั้นใน (Reptilian brain) เป็นส่วนของสมองที่มีวิวัฒนาการมาก่อนยาวนาน ในสัตว์ทั่วไปก็มีสมองส่วนนี้คล้ายกัน นับตั้งแต่ชั้นสัตว์เลื้อยคลาน (reptiles) จนถึงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mammals) หน้าที่ของมันก็คือ สร้างแบบแผนพฤติกรรมขั้นต้น เพื่อให้สัตว์สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในธรรมชาติ สมองส่วนนี้ควบคุมการทำงานของร่างกาย เช่น การหายใจ การเต้นของหัวใจ การปรับตัวตอบโต้ต่อการคุกคาม หรือการหนีจากอันตราย ฯลฯ เรียกว่า เป็นสมองที่เกี่ยวข้องกับสัญชาตญาณการอยู่รอด

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีวิวัฒนาการมาจากสัตว์เลื้อยคลานเมื่อหลายล้านปีก่อน มีส่วนที่เรียกว่า สมองเก่าหรือสมองชั้นกลาง (Paleomammalian brain) ขยายออกไปทางด้านหน้าคลุมสมองชั้นใน (Reptilian brain) สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ว่านี้เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมยุคแรก(หรือยุคเก่า) สมองชั้นกลางนี้ทำหน้าที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้นคือ มีความจำ มีนัยทางประสบการณ์เกี่ยวกับความจำนั้น(คืออารมณ์) การทำงานของสมองส่วนนี้ทำให้พฤติกรรมโต้ตอบต่อสิ่งเร้า แตกต่างกันไปในแต่ละคราวที่สิ่งเร้านั้นมากระตุ้น และแตกต่างกันในสัตว์แต่ละตัว ต่อมาประสิทธิภาพในการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับสิ่งเร้าที่รับรู้มีการพัฒนาสูงขึ้น พร้อมๆ กับพฤติกรรมตอบโต้ก็ได้ยกระดับขึ้นสู่ความสามารถในการวางแผน และกลายเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในปัจจุบัน (หรือยุคใหม่) โดยมี สมองใหม่หรือสมองชั้นนอก (Neomammalian brain) ขยายขึ้นคลุมสมองชั้นกลาง (Paleomammalian brain) นับเป็นชั้นนอกสุด สมองใหม่นี้มีศักยภาพในการรับรู้ การคิดและคาดการณ์โดยใช้เหตุผล และเข้าควบคุมพฤติกรรมของสัตว์โดยทั่วไป

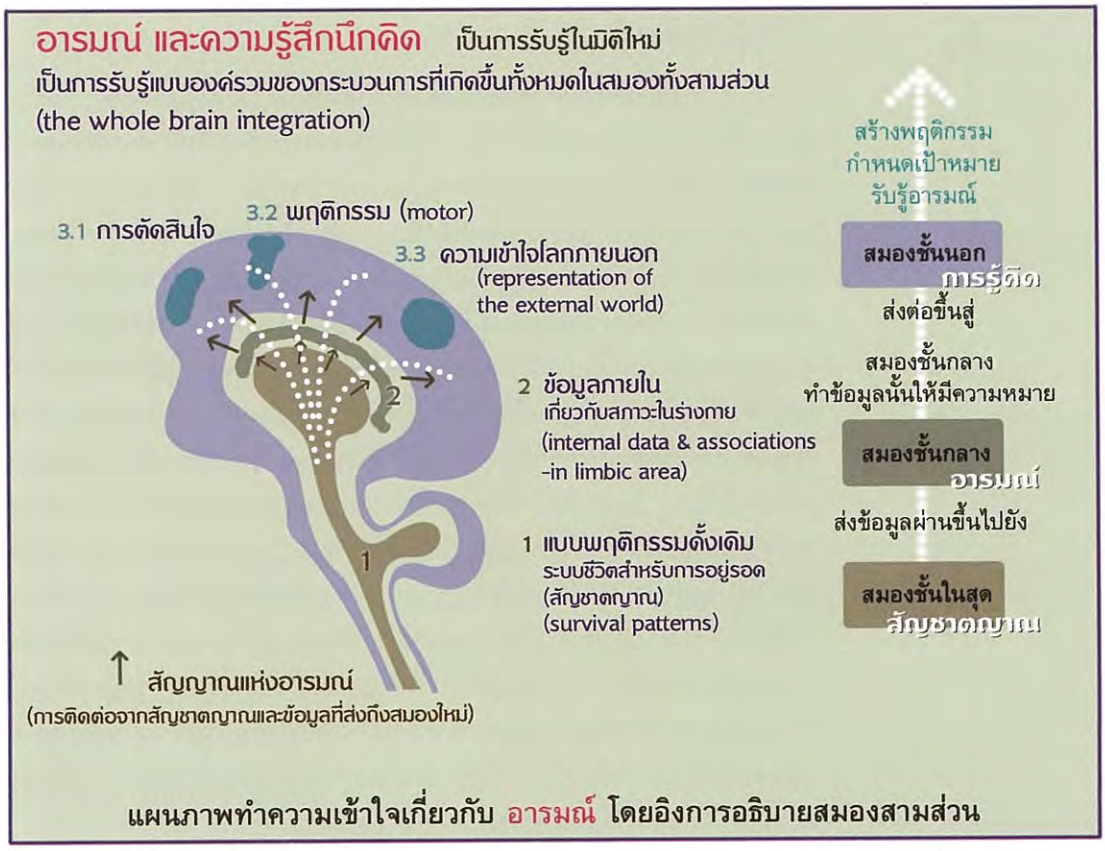
อย่างไรก็ดี ในสัตว์(รวมทั้งมนุษย์) หากเกิดกรณีที่สมองส่วนนึกคิดและเหตุผลนี้ สูญเสียความสามารถในการควบคุมไป ก็จะปรากฏพฤติกรรมส่วนสัญชาตญาณในสัตว์ออกมา ซึ่งทำให้สัตว์นั้นผิดแผกไปจากตัวมันในเวลาที่ปกติ พฤติกรรมนั้นอาจดูไม่มีกฎเกณฑ์ คาดเดาไม่ได้

การจำแนกสมองออกเป็น 3 กลุ่มนี้ ทำให้เห็นความสัมพันธ์ของขั้นตอนวิวัฒนาการกับลักษณะหน้าที่ที่แตกต่างกัน 3 แบบของสมอง 3 ส่วน แม้สมองจะมีวิวัฒนาการขึ้นเรื่อยๆ แต่โครงสร้างเก่าทั้ง 3 ส่วนนั้นก็ยังคงทำงานอยู่ ตามหน้าที่ของใครของมัน ประสานกันอยู่ในสมองใบเดียวของคนเราในปัจจุบัน

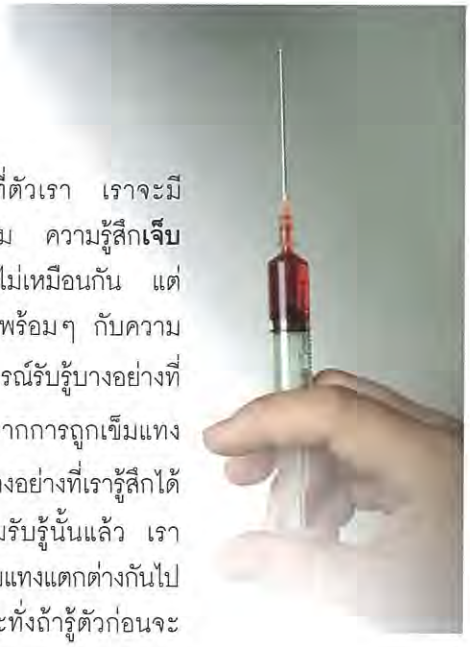
การทำงานของอารมณ์ การรับรู้ที่บงการสมอง

ในความเป็นจริงแล้ว อาจไม่สามารถแยกได้ชัดเจนว่า ตำแหน่งของสมองปัจจุบันในส่วนใดตรงไหน ทำหน้าที่ในแบบเดิมที่เคยเป็นมาก่อนวิวัฒนาการ (แต่ละส่วนมีการเปลี่ยนแปลงที่วิวัฒน์ขึ้น และทำงานในลักษณะที่ต่างออกไป) อย่างไรก็ดี ประโยชน์ของการจัดกลุ่มสมองในลักษณะนี้ทำให้เราเห็นภาพการทำงานของสัญชาตญาณ อารมณ์ และความนึกคิดได้ดีขึ้น

ลิมบิกซิสเต็ม เป็นชื่อเรียกโครงสร้างของสมองที่ประกอบด้วย อะมิกดาลา (amygdala) ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) และซิงกูเลทคอร์เทกซ์ (cingulate cortex) ฯลฯ ซึ่งทั้งหมดนี้จัดอยู่ในโครงสร้างส่วนที่เป็นสมองขั้นกลาง(Paleomamalian brain) **สมองส่วนลิมบิกนี้แหละเป็นสมองที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอารมณ์**



แผนภาพทำความเข้าใจเกี่ยวกับ อารมณ์ โดยอิงการอธิบายสมองสามส่วน



เมื่อมีปลายเข็มมาจิ้มที่ตัวเรา เราจะมีความรู้สึกเจ็บต่อปลายแหลมของเข็ม ความรู้สึก**เจ็บ**กับความรู้สึกว่าเข็มมีปลาย**แหลม** ไม่เหมือนกัน แต่บางครั้งอาจแยกกันไม่ค่อยออก พร้อมๆ กับความรู้สึกดังกล่าวนี้ เราจะมีประสบการณ์รับรู้บางอย่างที่เกี่ยวเนื่องกับอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการถูกเข็มแทงโดยสัญชาตญาณ คือมีสัญญาณบางอย่างที่เรารู้สึกได้หรือเกิดอารมณ์ นอกจากความรับรู้นั้นแล้ว เราแต่ละคนยังมีปฏิกิริยาต่อเข็มหรือเข็มแทงแตกต่างกันไป บางคนรู้สึกกลัวเข็มมาก จนกระทั่งถ้ารู้ตัวก่อนจะไม่มีวันให้เข็มแทงได้

สัญญาณที่เกิดจากของแหลมสัมผัสที่ผิวหนัง วิ่งไปสู่ทาลามัส ซึ่งเป็นชุมทางทั้งหมดของความรู้สึกต่างๆ แล้วสัญญาณจะถูกส่งต่อไปผิวสมองคอร์เทกซ์ทางหนึ่ง (บริเวณรับความรู้สึก) และอะมิกดาลาอีกทางหนึ่ง ที่ผิวสมองคอร์เทกซ์ (บริเวณรับความรู้สึก) จะรับรู้ว่าแหลม/เจ็บ ส่วนที่อะมิกดาลาจะรับรู้ว่า (แหลมและเจ็บนั้น) มีนัยบางอย่างเกี่ยวกับอันตราย และส่งออกสัญญาณบางอย่างไปยังคอร์เทกซ์ การทำงานขึ้นพร้อมกันของอะมิกดาลาและคอร์เทกซ์(ซึ่งรับรู้สัญญาณจากอะมิกดาลา)เช่นนี้ เกิดเป็นประสบการณ์รับรู้ที่เรียกว่าอารมณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น กลัว หรือเจ็บปวด (เจ็บในที่นี้เป็นความรู้สึกด้านอารมณ์จากอะมิกดาลา) นอกจากอะมิกดาลาจะรับสัญญาณจากทาลามัสแล้ว ยังรับสัญญาณที่ส่งย้อนมาจากผิวสมองคอร์เทกซ์ด้วย ในบางกรณี สัญญาณย้อนกลับจากผิวสมองคอร์เทกซ์นี้จะควบคุมอะมิกดาลาไว้ เรียกว่า มีการคิดตัดสินใจโดยใคร่ครวญและควบคุมสถานการณ์ได้ (เช่น ยอมฉีดยา) แต่ในบางกรณี สัญญาณย้อนกลับจะเสริมปฏิกิริยาจากอะมิกดาลา กรณีเช่นนี้คือสมองยอมรับในนัยความสำคัญที่อะมิกดาลาได้ให้แก่สถานการณ์ที่เกิดขึ้น (เช่น ไม่ยอมฉีดยา) ในอีกกรณีหนึ่ง คือสัญญาณจากอะมิกดาลา รุนแรงเกินกว่าที่จะเปิดโอกาสให้มีการใคร่ครวญจากผิวสมองทำให้พฤติกรรมหลุดจากการควบคุมได้ (เช่น อาการหวาดผวาที่เกิดในกรณีต่างๆ) เข็มเล่มเดียวกันจึงก่อให้เกิดความรู้สึกและ 'อารมณ์' ในความรู้สึกนั้นต่อผู้คนต่างๆ แตกต่างกันไป

เหตุการณ์ในอดีต ที่บางสิ่งในเหตุการณ์มีลักษณะพิเศษ ได้เคยกระตุ้นการทำงานของอะมิกดาลา ทุกสิ่งที่อยู่ในเหตุการณ์นั้น ไม่ว่าจะเป็นสถานที่ในอดีต ภาพ สีหน้า ใบหน้า ท่าทาง ฯลฯ จะสามารถกระตุ้นอะมิกดาลาได้อีก การระลึกถึงเหตุการณ์นั้นจะกลับมาพร้อมกับความรู้สึกหรืออารมณ์ เพราะวงจรความจำเชื่อมโยงสิ่งเหล่านั้นเข้ากับสิ่งที่กระตุ้นอะมิกดาลา (ฮิปโปแคมปัสเป็นตัวเร่งให้วงจรความจำเกิดขึ้น เชื่อมโยงข้อมูลประสบการณ์บนผิวสมองเข้าด้วยกันกับสิ่งที่กระตุ้นอะมิกดาลาไว้ก่อนหน้านี้) ความหวาดผวากลัวจนผิดปกติที่เรียกว่า โฟเบีย(phobias) นั้น เกิดจากอะมิกดาลาทำงานมากผิดปกติ ทันทีที่มีสื่อสัมผัสบางอย่างกระตุ้นการรับรู้ของผิวสมองคอร์เทกซ์ จะมีการเชื่อมโยง(จากบางสิ่งที่อยู่ในความจำ) ไปกระตุ้นอะมิกดาลาด้วย

ส่วนสมองที่อะมิกดาลาที่ไม่ทำงาน หรือผิวสมองคอร์เทกซ์ที่ไม่มีสัญญาณมากระตุ้นจากวงจรลิมบิก ก็จะเป็นสมองที่ไม่รู้สึกรู้สาถึงอารมณ์ ความสามารถในการคิดหรือรู้จักอารมณ์บกพร่องไป ทำให้วิเคราะห์นัยทางอารมณ์ที่แฝงมากับภาพหรือเสียงไม่ได้ เช่น ไม่รู้ว่าใบหน้าที่โกรธ หรือ เสียงที่เป็นสัญญาณของอันตรายเป็นอย่างไร หรือแม้แต่ 'ไม่รู้สึก' ว่า เข็มที่จิ้มอยู่นั้นเจ็บ เป็นต้น

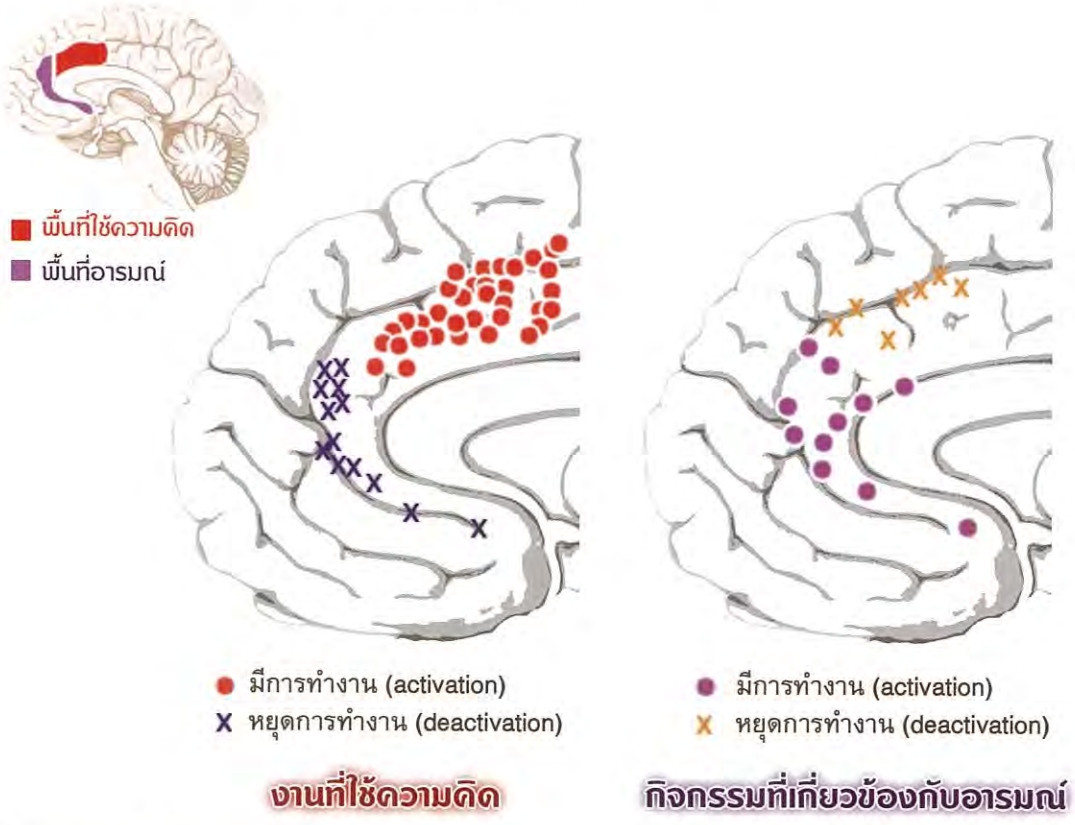
อะมิกดาลานั้น ทำงานในลักษณะอัตโนมัติ (ใต้สำนึก)ด้วย พฤติกรรมบางอย่างเกิดขึ้นจากตัวเราโดยที่เราไม่ได้ออกคำสั่ง ไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้น เช่น เมื่อเห็นสิ่งที่ดูคล้ายงู อะมิกดาลาจะเป็นส่วนทำงาน ที่รู้ว่านี่อาจเป็นภาวะคับขัน ก็จะส่งสัญญาณไปควบคุมให้หยุดก้าวเท้าโดยอัตโนมัติทันที ในเรื่องที่เกี่ยวกับการเลือกที่รักมักที่ชังหรือ 'ความลำเอียง' ทั้งที่ชัดแจ้งและซ่อนอยู่ในจิตใต้สำนึก รู้ตัวหรือไม่รู้ตัว ก็เป็นผลจากการทำงานของอะมิกดาลา ส่งสัญญาณไปเบี่ยงเบนการใช้เหตุผลของผิวสมองพรีฟรอนทัล

ทางผ่านหรือหน่วยถ่ายทอดปฏิบัติการของอารมณ์ที่สำคัญนั้นคือไฮโปทาลามัส ไฮโปทาลามัส เป็นศูนย์กลางส่งคำสั่งควบคุมระบบสรีระ(การทำงาน)ภายในของร่างกาย โดยสั่งให้ต่อมพิทูอิทารีผลิตฮอร์โมน(ซึ่งจะออกฤทธิ์ต่ออวัยวะต่างๆ) คำสั่งอีกส่วนหนึ่งจะถูกถ่ายทอดไปยังก้านสมองซึ่งเป็นหน่วยปฏิบัติการโดยตรง ทั้งหมดนี้ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายที่เรารู้สึกได้คือ ใจสั่นเวลาโกรธหรือเวลาหิว เลือดฉีดแรงเวลาตื่นเต้น เป็นต้น ในขณะเดียวกัน ฮอร์โมนที่เกิดขึ้นและการทำงานของกลุ่มเซลบนก้านสมอง ก็จะมีอิทธิพลต่อการทำงานของเซลสมองทั่วทั้งสมองด้วย

ในขณะที่กลุ่มเซลสมองใต้ผิวสมองนั้นทำให้เกิดความหมายแห่งสัญญาณอารมณ์ และอาการปรากฏแห่งสัญญาณอารมณ์แล้ว ก็ยังมีการติดต่อไปยังผิวสมองด้วย ผิวสมองคอร์เทกซ์ส่วนที่เกี่ยวข้องเรื่องอารมณ์ คือ ผิวสมองพรีฟรอนทัลและผิวสมอง

ส่วนขมับตอนหน้า การติดต่อนี้อาจผ่านไปทางเบซัลแกงเกลียและซิงกูเลทส่วนหน้า ไปมีผลต่อพฤติกรรม เวลาเราตัดสินใจทำอะไร เรามักเข้าใจว่าสิ่งที่เราคิด สิ่งที่เราทำ เป็นพฤติกรรมที่รู้ตัว โดยอาจนึกไม่ถึงว่าการทำงานของผิวสมองนั้นจะถูกควบคุมหรือเบี่ยงเบนพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเกิดจากการประเมินสถานการณ์และข้อมูลอย่างซับซ้อน เพื่อสนองตอบต่อสัญชาตญาณ(หรือต้นเหตุแห่งอารมณ์) ทำให้มีปฏิกิริยาต่อบางสิ่งบางอย่างทางบวกและบางอย่างทางลบ(คือเกิดความลำเอียงต่อสิ่งต่างๆ) ข้อมูลจากสัญชาตญาณที่ส่งผ่านอารมณ์มาชี้นำการตัดสินใจของเรานี้ ทำให้เรามองสิ่งต่างๆ เหตุการณ์ต่างๆ โดยมีความรู้สึกพอใจหรือไม่พอใจ (เหตุการณ์และพฤติกรรมที่นำไปสู่ 'รางวัล' =พอใจ, ส่วนที่นำไปสู่ 'อันตราย-โทษ' =ไม่พอใจ) และดังนั้น ก็จะปรับหรือแสดงพฤติกรรมไปตามที่ 'รู้สึกตัว' การแสดงออกเหล่านั้นก็คือพฤติกรรมในสังคมที่รับรู้กัน ได้แก่ การสื่อสาร-ส่งสารถึงผู้อื่น กล่าววาจา แสดงท่าทีเพื่อบอกให้รู้ หรือตัดสินใจเลือกทำในสิ่งที่คิดว่าเหมาะสม

มีการวิจัยศึกษาโครงสร้างของสมองที่ชื่อว่า **ซิงกูเลทคอร์เทกซ์** ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ **ระบบลิมบิก** พบว่า ในระหว่างที่เราทำงาน-ใช้ความคิดและในขณะที่เรามีความรู้สึก-ใช้อารมณ์ จะมีการทำงานของสมองส่วนนี้ ที่น่าสนใจก็คือ ระหว่างความคิดและอารมณ์สมองมีการทำงานในลักษณะที่ตรงข้ามกัน คือมีการกระตุ้นในบางบริเวณของสมอง และยับยั้งในบางบริเวณของสมองนั้น



แสดงว่า ภาวะทางอารมณ์และภาวะขณะใช้ความคิด มีอิทธิพลซึ่งกันและกัน เราอาจนึกได้ว่า ในเวลาที่หงุดหงิด มักจะจำอะไรไม่ได้ คิดอะไรไม่ออก ในทางกลับกัน เวลาเราไม่อยากให้อารมณ์บางอย่างรบกวนจิตใจเรา เราจะใช้อุบายบางอย่างกับตัวเอง เช่น หาอะไรทำ หรือคิดเรื่องอื่นๆ เสีย จะได้ลืมเรื่องที่รบกวนใจอยู่

การทำงานของอารมณ์ยังคงมีการศึกษาวิจัยกันต่อไปอีก ข้อสรุปที่มีในขณะนี้ ความจริงอาจไม่ต้องใช้ความรู้ทางประสาทวิทยาเข้าช่วยเลย ดังที่รู้กันดีว่า อารมณ์มีผลต่อสมอง ต่อกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. อารมณ์มีอิทธิพลต่อความสนใจ(ความจดจ่อ)และความตั้งใจ

อารมณ์อาจกระตุ้นความสนใจและความตั้งใจ หรือ

อารมณ์อาจเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการเรียนรู้ โดยทำให้ความสนใจและความตั้งใจลดลง

ข้อมูลที่ดึงดูดนั้น เกี่ยวข้องกับอารมณ์ซึ่งมีอิทธิพลโดยพื้นฐานต่อการทำงานของสมอง นั่นคือ ข้อมูลที่มีความหมายต่อสัญชาตญาณจะดึงดูดความจดจ่อจากผิวสมองคอร์เทกซ์ นำสมองเข้าสู่กระบวนการผลิตข้อมูลและบันทึกความรู้

ข้อมูลที่น่าเบื่อหน่าย ซึ่งสมองคอร์เทกซ์หาความหมาย หาความสัมพันธ์ หาเหตุผลไม่ได้ สัญชาตญาณจะเตือนว่า "เลิกคิดได้แล้ว" เสียพลังงาน (การคิดคือการทำงานของเซล สมองต้องใช้พลังงาน) และเสียเวลา (คือ ไปใช้เวลาทำอย่างอื่นที่จะช่วยดำรงชีวิตอยู่ได้จะดีกว่า)

2. อารมณ์ทำให้การรับรู้ผิดผันไป หรือเป็นไปตามภาวะความสนใจที่ถูกอารมณ์กำหนด

อาจมองเห็นกระดุมเป็นสตางค์, เป็นขนม, เป็นอื่นๆ ไม่เป็นสิ่งที่มันควรจะเป็นคือกระดุม คนสองคนดูภาพยนตร์เรื่องเดียวกัน อาจสังเกตเห็นบางสิ่งไม่เหมือนกัน

3. อารมณ์มีอิทธิพลต่อการคิด

ในสภาวะคับขัน เช่น กลัว กระบวนการคิดจะมีประสิทธิภาพน้อยลง

4. อารมณ์มีอิทธิพลต่อความจำ

ความทรงจำทางอารมณ์ คือ ความรู้สึกที่ถูกผนวกประทับอยู่กับเหตุการณ์บางอย่างโดยอัตโนมัติ ในเกือบทุกกรณี ความทรงจำที่มีอารมณ์ประทับอยู่ด้วยเป็นความทรงจำที่แจ่มชัดยืนนาน

นอกจากนี้ ปฏิกิริยาอาการทางอารมณ์ต่อบางสิ่งนั้นเป็นข้อมูลที่ถูกจำอยู่แล้วในสมอง เป็นสิ่งที่ถ่ายทอดมาแต่กำเนิดผ่านพันธุกรรม เช่น ความรู้สึกกลัวภัย เป็นต้น

5. กระบวนการเรียนรู้ เปลี่ยนแปลงอารมณ์ได้

อารมณ์เป็นการส่งออกของสัญญาณจากอะมิกดาลา วงจรเซลสมองในอะมิกดาลาก็มีพฤติกรรมของการเรียนรู้ กล่าวคือ วงจรปรับตัวและเปลี่ยนแปลงได้ การบันทึกการตอบสนองอย่างใหม่ต่อสิ่งกระตุ้นใดๆ ลงในอะมิกดาลาจึงเป็นไปได้ (นี่คือหนทางรักษาหรือแก้ไขความผิดปกติทางอารมณ์บางอย่าง ทำให้สมองเปลี่ยนแปลงการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นบางสิ่ง ให้กลับเป็นอย่างที่มันควรจะเป็น) สิ่งนี้อธิบายว่าทำไมอารมณ์ ความรู้สึกของคนเราต่อสิ่งต่างๆ จึงแตกต่างกันไป

ความรู้ความเข้าใจในเรื่องของอารมณ์ อาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ดังนี้

1. ใช้ข้อมูลที่ดึงดูดเป็นที่สนใจ(เกี่ยวข้องกับสัญชาตญาณ) กระตุ้นความสนใจของผิวสมองคอร์เทกซ์ในการเริ่มกระบวนการเรียนรู้ ...(ดูข้อ 3 ด้วย)

2. ขจัดเงื่อนไขหรือสภาวะแวดล้อม อันมีลักษณะคุกคาม บังคับ ลงโทษ เพื่อมิให้เกิดอารมณ์อันก่อกวนกระบวนการเรียนรู้

การจัดการประเด็นนี้ต้องเข้าใจด้วยว่า การทำงานในสมองเป็นเรื่องซับซ้อน โดยเฉพาะในเรื่องอารมณ์นี้ การใช้วิธีการหรืออุบายเดียวกันในสถานการณ์เหมือนกัน อาจได้ผลที่แตกต่างกันในคนสองคน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยที่เกิดร่วม แต่ความจริงโดยทั่วไปก็คือ ความหดหู่ เบื่อหน่าย ความกลัว จากสถานการณ์ที่คุกคาม บังคับ ลงโทษ ไม่ส่งเสริมการใช้ความคิดแน่นอน

3. เข้าใจและตระหนักว่า เงื่อนไขสภาวะแวดล้อมบางอย่างที่เป็นคุณต่อสัญชาตญาณอาจบิดเบือนขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการเรียนรู้ได้ หรืออาจเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการเรียนรู้ในที่สุด

(งานโฆษณาทั้งหลายมีลักษณะดังที่กล่าวมานี้ ลองคิดดูว่า มีเหตุผลอะไรจริงๆ หรือไม่ ที่ให้ผู้หญิงนุ่งน้อยห่มน้อยมายืนอวดโฉมอยู่หน้ารถยนต์รุ่นใหม่ที่ต้องการขาย สมรรถนะของรถยนต์มีความเกี่ยวข้องอะไรกับเรื่องดังกล่าว ถ้าไม่มีก็แสดงว่า เรากำลังเอาสัญชาตญาณไปเป็นเหตุผลจูงใจกันให้ซื้อของ ผู้คนจำนวนมากมักจะละเลยเรื่องลักลั่นที่ทำกันอยู่ เราอาจลืมไปว่า สมองเรียนรู้อยู่ทุกขณะแม้ไม่ตั้งใจ ความไม่เป็นเหตุผลอาจสามารถก่อตัวขึ้นได้ในกระบวนการเรียนรู้ของเด็กหรือแม้กระทั่งของผู้ใหญ่ที่โตแล้วในที่สุด ในสังคมเวลานี้ ร้องหาศีลธรรม ความสงบ การยับยั้งชั่งใจ ฯลฯ ทั้งๆ ที่ตั้งหน้าตั้งตากันสร้างสภาวะแวดล้อมที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของสมอง เป็นเรื่องที่นับเป็นการสวนทางกันอย่างยิ่ง มีเรื่องจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ที่อาจเป็นอุทาหรณ์(แม้มันอาจจะไม่ถูกต้องและไม่เป็นจริง) ในภาพยนตร์เรื่อง "2001 จอมจักรวาล" มนุษย์โปรแกรมระบบตรรกะที่ขัดแย้งกันลงไปในระบบคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ ชื่อ HAL หยุดทำงานเมื่อเจอโจทย์ที่ต้องใช้ตรรกะที่ถูกโปรแกรมไว้แก้ปัญหา เนื่องจากความขัดแย้งกันของระบบตรรกะที่โปรแกรมไว้ จึงหาทางออกหรือหาคำตอบไม่ได้ (คงเหมือนคอมพิวเตอร์แฮงค์) สมองมนุษย์มีศักยภาพสูงก็จริง แต่การเรียนรู้ถูกหล่อหลอมจากสภาพแวดล้อม ถ้าสมองต้องประสบกับตรรกะที่ขัดแย้งในสิ่งแวดล้อม ไม่สามารถจับต้นชนปลาย จัดที่ทางของสิ่งต่างๆ ให้อยู่ในที่ที่มันควรอยู่ได้ดีพอ ก็อาจจะประสบปัญหาปฏิเสธการทำงาน ปฏิเสธการเรียนรู้เช่นกัน เมื่อไม่ใช้เหตุผลพิจารณาหรือใช้มันไม่ได้ อะมิกดาลาก็เข้าควบคุมเท่านั้นเอง)

4. สร้างความประทับใจ โยงความรู้สึกทางอารมณ์กับข้อมูลระหว่างกระบวนการเรียนรู้ จะช่วยทำให้เกิดความทรงจำ

ภาพยนตร์ เช่น บางระจัน สุริโยทัย เป็นตัวอย่างอย่างดีในกรณีนี้
(โฆษณารถยนต์ในข้อ 3 ก็เป็นตัวอย่างด้านลบที่ดีเช่นกัน)

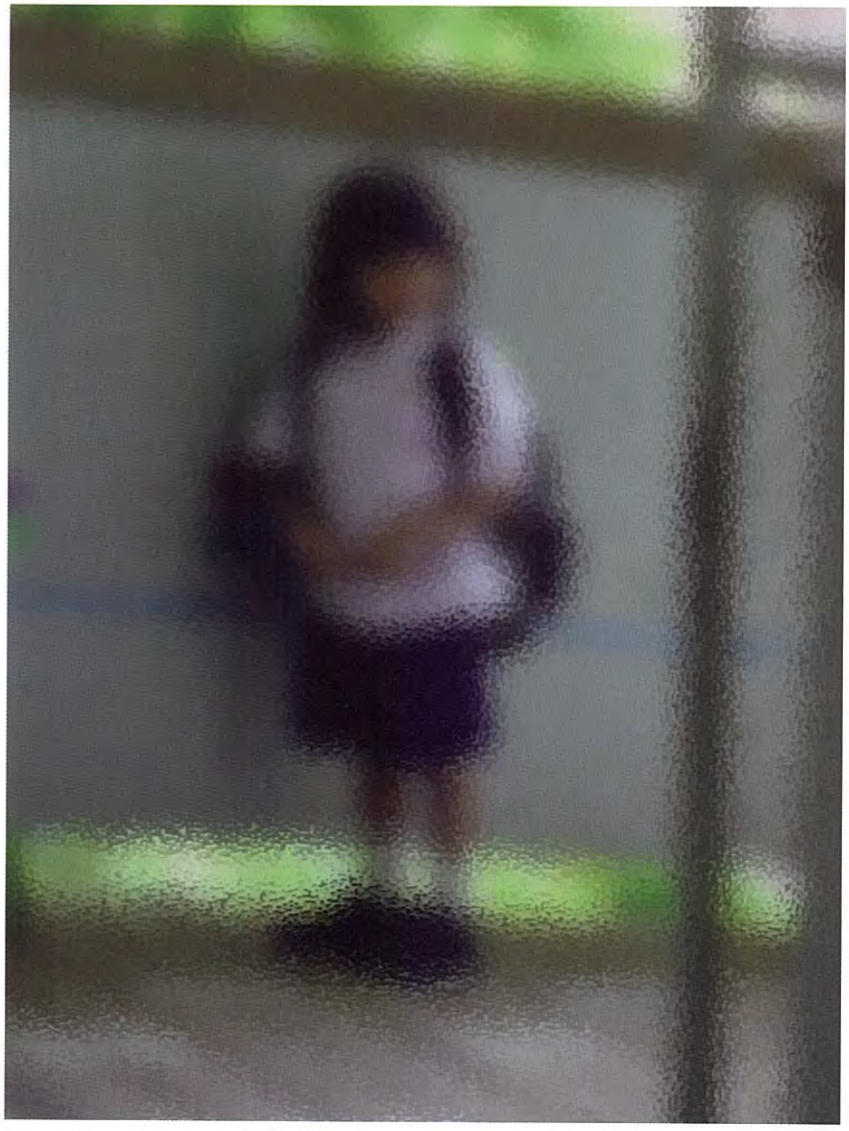
กดดัน หรือ ท้าทาย 13

ระบบประสาทอิสระ

การปรับแต่งสมองด้วยระบบสารสื่อประสาท

ความเครียด และ ปัญหาการเรียน

กระบวนการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของสมองในการแก้ปัญหา โรงเรียนคือสถานที่แห่งหนึ่งซึ่งอาจพัฒนาเครื่องมือนั้นให้แก่เด็กได้ สภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ที่ดีควรทำให้เด็กใช้สมองของเขาแก้ปัญหา มากกว่าที่จะให้เขารู้สึกว่า เขาต้องแก้ปัญหาสมองของเขาเอง



สมองของคนเรา ไม่ได้อยู่ในภาวะราบเรียบปกติตลอดเวลา

ในชีวิต เราเผชิญปัญหาที่แก้ไม่ตก ความไม่ยุติธรรม ความไม่เข้าใจ ความพ่ายแพ้ ความเบื่อหน่าย ความต้องการเอาชนะ ความทะยานอยาก ความคับแค้น ในเด็กๆ ก็มีภาวะเหล่านี้เช่นเดียวกัน เมื่อเราต้องการทางออกจากภาวะตึงเครียด เรามักจะทำสิ่งเหล่านี้ เช่น อ่านหนังสือเบาสมอง ดูหนัง ฟังเพลง ไปท่องเที่ยว คุยกับเพื่อน ปรึกษาครอบครัว เหล่านี้ก็คงเป็นวิธีการที่เราพยายามทำให้สมองและจิตใจของเราผ่อนคลายจากความกดดันต่างๆ แต่เด็กบางคนดูจะมีทางเลือกไม่มากนัก

สิ่งแวดล้อมมีความหมายบางอย่างต่อเรา นอกเหนือไปจากสิ่งที่เห็นและจับต้องได้
เมื่อสมองรับรู้สิ่งต่างๆ ภายนอก สมองสร้างภาพ 'ตัวแทน' ของสิ่งนั้นไว้ ภายในร่างแหของเซลสมอง
ในขณะเดียวกัน 'ตัวเรา' ก็ถูกสร้างขึ้นเช่นกัน และมี 'ตัวเรา' ที่แตกต่างกันในสองความหมาย

'ตัวเรา' อย่างแรกคือ สิ่งที่ประกอบเป็นตัวเราทางกายภาพ แยกออกจากสิ่งที่รับรู้ภายนอกได้
'ตัวเรา' อย่างที่สองคือ 'จิตใจตัวเรา' ที่รับรู้-ความรู้สึกที่เกิดมีต่อสิ่งภายนอกที่รับรู้นั้น

สมองรับรู้ สีเขียว รูปเหลี่ยม รูปกลม หรือ ผิวสัมผัสที่แข็งกระด้าง หรือเหนียวเหนอะหนะ ฯลฯ

แต่ จิตใจ รับรู้ความรู้สึกต่างๆ ต่อสภาพแวดล้อมนั้น

ความรู้สึกนี้ก็ไม่ได้เป็นคุณลักษณะจริงๆ ของสภาพแวดล้อมนั้น
แต่เป็นปฏิกิริยา ที่ 'จิตใจ' อาศัยสภาพแวดล้อมนั้น สร้างคุณลักษณะของความรู้สึกนั้นๆ ขึ้นมา

สภาพแวดล้อมเหตุการณ์ที่มีลักษณะบางอย่าง ที่ได้ก่อให้เกิดปัญหาต่อจิตใจ
เราเรียกว่า 'ภาวะกดดัน' ต่อจิตใจ



ภาวะกดดันนี้ไม่ใช่มีแต่เพียงปรากฏการณ์ภายนอก ภายในสมองอันเป็นบ่อเกิดของจิตใจนั้น มีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง ทั้งเหตุที่มาจากสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นปัญหากดดัน ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในสมอง ที่ทำให้ 'รู้สึก' ว่ามีความตึงเครียด และการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากสมองที่เครียด ก็มีผลต่อสมองเองและต่อความเปลี่ยนแปลงอื่นในร่างกาย สารในสมองและในระบบเลือดหลายชนิด มีบทบาทเกี่ยวข้องเหตุการณ์ที่กล่าวมาข้างต้น สมองถูกกระตุ้นให้ผลิตสารเหล่านั้น และสารเหล่านั้นกลับมามีผลย้อนกลับ กระตุ้นต่อสมองและร่างกายในอีกทางหนึ่ง สารเหล่านี้นี่เองที่อาจทำให้คนเราสามารถทำสิ่งที่เหลือเชื่อได้ เช่น ยกโอ่งน้ำใบใหญ่ได้เมื่อเผชิญเหตุการณ์ไฟไหม้ (หรืออย่างอื่นที่ใหญ่และหนักซึ่งเวลาปกติจะไม่ยกเอง) นี่เป็นตัวอย่างผลงานของสารอะดรีนาลีน ซึ่งถูกผลิตออกมาจากต่อมหมวกไตจากการสั่งของสมอง เป็นต้น

ความจริง การรับรู้ของสมองต่อสถานการณ์ภายนอกเกิดขึ้นตลอดเวลา เหตุการณ์ที่มีความหมายต่อเราก็คือเหตุการณ์ที่จะมีผลกระทบต่อเรา อาจเป็นผลประโยชน์ หรือ ผลเสีย ต่อการมีชีวิตอยู่(รอด) ดังนั้นมันจึงทำให้สัญชาตญาณส่งสัญญาณอารมณ์ออกมา และ 'จิตใจ' ของเรา 'รู้สึก' ต่อเหตุการณ์นั้น

มนุษย์มีทางเลือก 3 อย่าง คือ 1.อยู่เฉยๆ
2.หาทางหนี(จากผลเสีย-อันตราย)
3.หาที่ไล่(ล่า-สู้ หันหน้าเผชิญ-เอาชนะ)

ในขณะที่เลือกทางหนึ่งทางใดนั้น **คนเรามีความคาดหวังต่อ 'ความสำเร็จ'** คือ ประโยชน์ต่อการมีชีวิตอยู่(รอด) ซึ่งอาจเป็น ความปลอดภัยของชีวิต หรือ ปัจจัยในการดำรงชีวิต(อาหาร) ส่วน 'ความสนุก-ความพอใจ' แม้ไม่ใช่ประโยชน์ที่เห็นได้โดยตรง แต่มันเป็น ความรู้สึกที่ได้รับต่อการมีความสำเร็จต่อเป้าหมายซึ่งเป็นตัวแทนของเป้าหมายที่ซ่อนอยู่ ที่อาจซับซ้อนหลายชั้นก่อนจะสืบสาวไปถึงต้นตอเป้าหมายเดิมของการมีชีวิตอยู่(รอด)นั่นเอง

ในขณะที่มีเหตุการณ์ และคนเราต้องหาทางเลือก โดยมีความคาดหวังต่อเป้าหมายเป็นตัวชี้นำ เราเรียกว่า 'ภาวะกดดัน' ภาวะกดดันเป็นความรู้สึกซึ่งเกิดขึ้นในจิตใจเป็นลักษณะของสถานการณ์ภายนอกบางอย่าง ซึ่งทำให้มีความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมองหรือเรียกว่า 'ความตึงเครียด'

ความเครียด คือสภาวะอย่างหนึ่งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในสมอง โดยเฉพาะมีการเปลี่ยนแปลงของสารสื่อประสาท อันเนื่องมาจากวงจรสัญญาณของเซลสมองบางวงจร ถูกกระตุ้นให้ทำงานมากกว่าหรือน้อยกว่าปกติ

ความเครียด คือความรู้สึกที่จิตใจของสมองรับรู้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงในสมดุลของสมอง ในภาวะที่ต้องเผชิญกับการตัดสินใจต่อทางเลือก และมีความคาดหมายบางอย่างต่อการเลือกนั้น

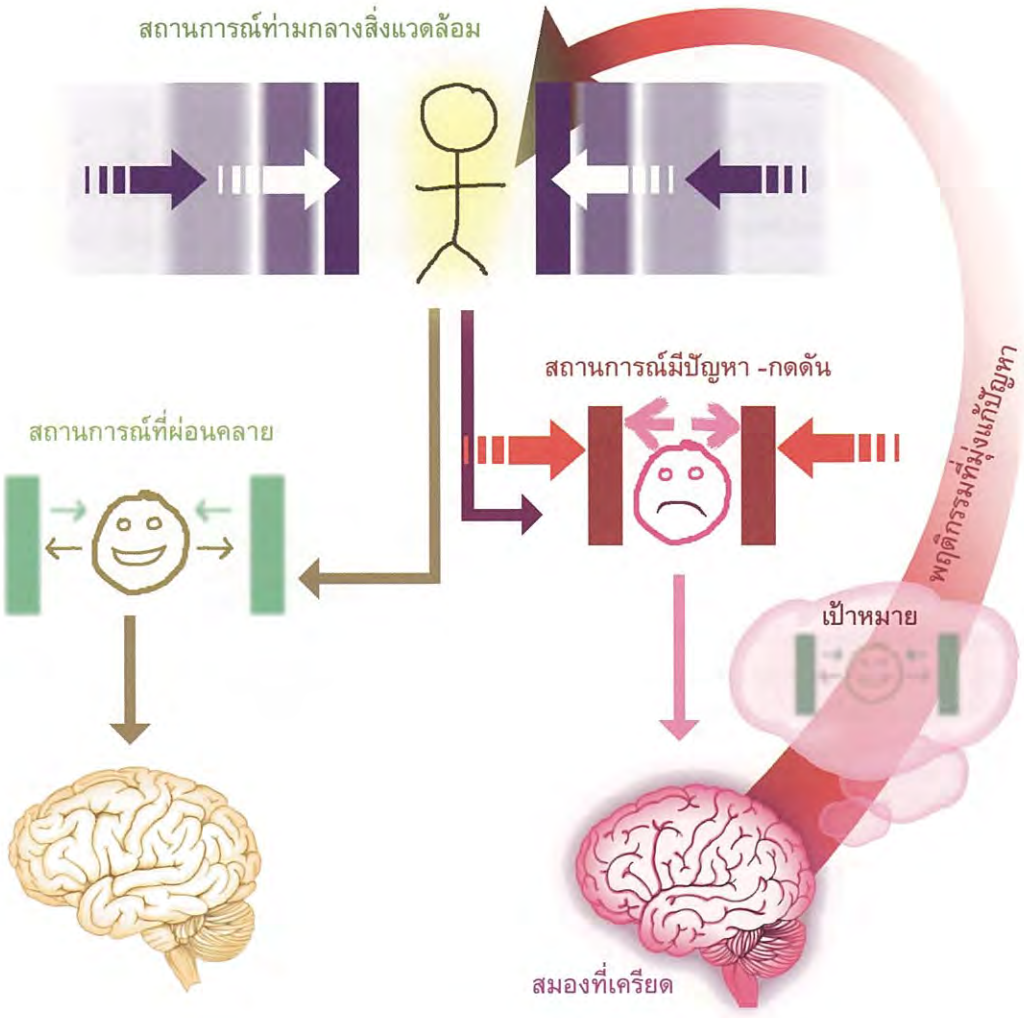
นักวิทยาศาสตร์ด้านสมองได้ให้ความสนใจเป็นพิเศษต่อสารในสมองที่เรียกว่าสารสื่อประสาท สารที่สมองผลิตขึ้นเพื่อทำหน้าที่สื่อสารติดต่อระหว่างเซลสมองนี้มีทั้งหมดกว่า 50 ชนิด ปริมาณของสารเหล่านี้ในเนื้อเยื่อระหว่างเซลสมองมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขณะสมองทำงาน การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลกระทบต่อความกะปรี้กะเปร่า สมาธิ และปัจจัยในการเรียนรู้อื่นๆ และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างน่าสังเกตใน 'ภาวะเครียด' สารที่สื่อสารระหว่างเซลสมองนี้ยังอาจลดลงหรือเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ เช่น อาหาร ยา การต้องแสงแดด ความเจ็บป่วย เชื้อโรค ฮอร์โมน จังหวะทางชีวภาพของร่างกาย การดูแล การถูกทอดทิ้ง และสิ่งเร้าต่างๆ ผลจากการที่สารสื่อประสาทเหล่านั้นเปลี่ยนแปลง ดูจะสะท้อน 'ความรู้สึกของจิตใจ' หรือ 'อารมณ์' หรือ 'บรรยากาศ' ในขณะนั้น อาจกล่าวได้ว่า ความเปลี่ยนแปลงของอารมณ์หรือความรู้สึกต่อตัวตน ก็คือ ความเปลี่ยนแปลงสมดุลของสารเหล่านี้ในสมอง

เงื่อนไขภายนอก คือ สภาวะที่ก่อความกดดัน ส่วนเงื่อนไขภายใน คือ ความพร้อมของร่างแหวงจรของเซลสมอง ที่จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในการเลือกพฤติกรรม โดยมีความคาดหมายต่อเป้าหมาย

ถ้าพฤติกรรมทางเลือก ที่ตัดสินใจใช้ สอดคล้องกับผลสำเร็จตามคาดหมาย สถานการณ์ภายนอกจะเปลี่ยนไป ภาวะกดดันจะคลี่คลาย ความเครียดหายไป เนื่องจากสมองเปลี่ยนแปลงสู่สมดุลเดิม

ถ้าการเลือกไม่สอดคล้องกับผลที่คาด ภาวะกดดันไม่คลี่คลาย ความเครียดก็ยังคงอยู่ เราเรียกว่าขณะนี้ 'สมอง' 'จิตใจ' หรือ 'ตัวเรา' เผชิญ 'ปัญหา' มีความกดดันอยู่รอบๆ เกิดความรู้สึกเครียด

ดังนั้นเราอาจเรียงประโยคว่า **ปัญหาก็คือ ภาวะที่เราเผชิญอยู่กับความกดดันที่ยังไม่คลี่คลาย** หรือ **ภาวะกดดัน คือภาวะที่เราเผชิญปัญหาที่แก้ไม่ตก หาทางเลือกทางออกที่สำเร็จไม่ได้** ก็เหมือนกัน

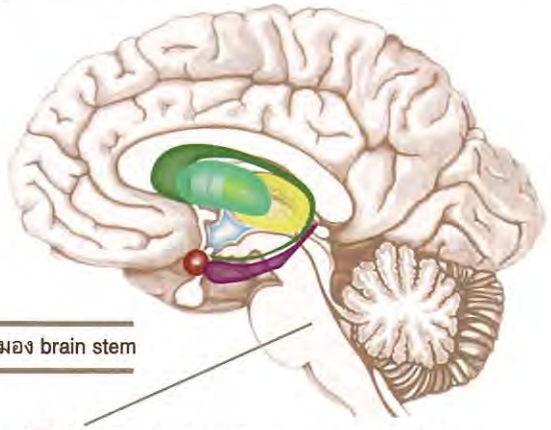


การทำงานของสมองในกระบวนการเรียนรู้ เป็นหน้าที่ของสมองเพียงส่วนหนึ่ง คือ ความพยายามเชื่อมโยงข้อมูลสื่อสัมผัสที่รับผ่านเข้ามาจากโลกภายนอกให้เป็นเรื่องเป็นราว

สมองยังมีการทำงานในอีกหน้าที่หนึ่ง ซึ่งไม่ใช่การเรียนรู้ 'โลกภายนอก' นั่นคือ การควบคุม 'ระบบภายใน' เพื่อจัดการดูแลผดุงชีวิตให้ดำเนินอยู่ได้ ดูแลเครื่องมือคืออวัยวะรับสื่อสัมผัสทั้งหลาย อวัยวะเคลื่อนไหวต่างๆ จัดการให้ชีวิตต้องกินเพื่อนำอาหารมาแปลงเป็นเชื้อเพลิง ต้องหายใจเพื่อนำออกซิเจนมาเผาผลาญเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงงาน ต้องลำเลียงส่งอาหารและออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ต้องขับถ่ายของเสีย ต้องรักษาอุณหภูมิ ต้องดูแลป้องกันไม่ให้มีพิษหรือภัยใดๆ มาคุกคามก่อนระบบจะพังและทำงานไม่ได้ในที่สุด เราจะเรียกระบบนี้ว่า **ระบบผดุงชีวิต**

งานในการเรียนรู้-รับ-รู้-คิด-จำ ต่อข้อมูลโลกภายนอกนั้น เป็นงานโดยตรงของผิวสมองคอร์เทกซ์ แต่จะเห็นได้ว่า **ข้อมูลโลกภายนอกที่ปรากฏรับรู้ต่อเรานั้นไม่ได้เป็นเพียงเรื่องราวของปรากฏการณ์ทางกายภาพหรือปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ล้วนๆ เรา 'มีความรู้สึก' ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อตัวเราเองด้วย** นั่นคือ ผิวสมองคอร์เทกซ์ รับ-รู้-คิด-จำ ข้อมูลที่เป็นปฏิกิริยาของชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ข้อมูลที่ทำให้ 'รู้' เกี่ยวกับปฏิกิริยาของชีวิตนี้เป็นข้อมูลจากภายใน สมองทำงาน-โดยกระบวนการทำงานซึ่งรับรู้ทั้งข้อมูลภายในนั้นพร้อมกันไปกับรู้จักข้อมูลโลกภายนอก และข้อมูลภายในนั้นส่งมาจากส่วนของระบบประสาทสมองที่ดูแลระบบภายในของร่างกาย

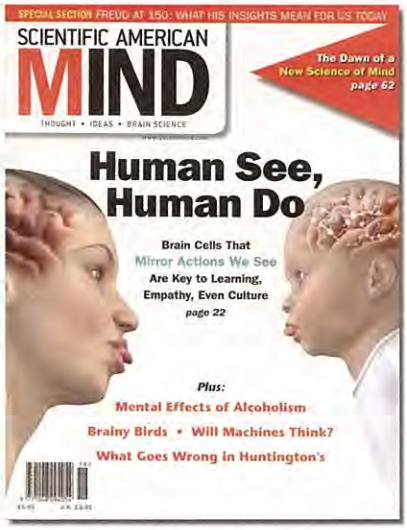


รูปสมองซีกขวาด้านใน มองผ่านสมองซีกซ้ายด้านข้าง เสมือนว่าเอาเปลือกนอกและภายในบางส่วนของสมองซีกซ้ายออกไป ส่วนที่เป็นสี คือโครงสร้างของสมองที่อยู่ภายใต้ผิวสมองซีกซ้ายที่เหลืออยู่ ถ้าจินตนาการมองทะลุผิวสมองซีกขวาที่เห็นไปอีกก็จะเห็นโครงสร้างอย่างเดียวกันนี้เป็นคู่กันอยู่

กลุ่มเซลสมองภายใต้ผิวสมอง subcortical structure และก้านสมอง brain stem

- **ฮิปโปแคมปัส**-hippocampus -ทำให้จำ เชื่อมโยงความจำ
- **อะมิกดาลา**-amygdala -บอกเหตุเกี่ยวกับข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการอยู่รอด ส่งสัญญาณทำให้เกิดอารมณ์
- **เบซัลแกงเกลีย**-basal ganglia -ประสานงานเชื่อมโยงข้อมูลภายใน-ภายนอก เพื่อการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องมีเป้าหมาย
- **ก้านสมอง**-brain stem -ดูแลระบบภายในร่างกาย
- **ทาลามัส**-thalamus -ชุมทางสัญญาณ คัดกรองและส่งสัญญาณไปยังผิวสมองและส่วนต่างๆ ของสมอง
- **ไฮโปทาลามัส**-hypothalamus -ประสานควบคุมสั่งการทำให้เกิดปฏิกิริยาอาการของร่างกายในภาวะต่างๆ

(การรู้จักข้อมูลภายในนี้เองทำให้รู้จักหรือเข้าใจ 'ภายใน' ของผู้อื่นด้วย เพราะขณะที่ สภาวะภายในเกิดขึ้น จะสะท้อนปฏิกิริยาออกมาภายนอก เราจะรู้สึกถึงสภาวะภายในนี้ และรู้จักปฏิกิริยาที่เราแสดงออกในขณะนั้นควบกันไป ดังนั้น เมื่อเราเห็นผู้อื่นแสดงการรับรู้ปฏิกิริยาภายนอกของเขา เราก็เข้าใจได้ว่าปฏิกิริยานั้นอาจเกิดจากอารมณ์หรือความรู้สึกภายในแบบไหน เราเข้าใจคนอื่นจากการเข้าใจตัวเอง)



นิตยสาร Scientific American Mind, Vol. Apr/May 2006

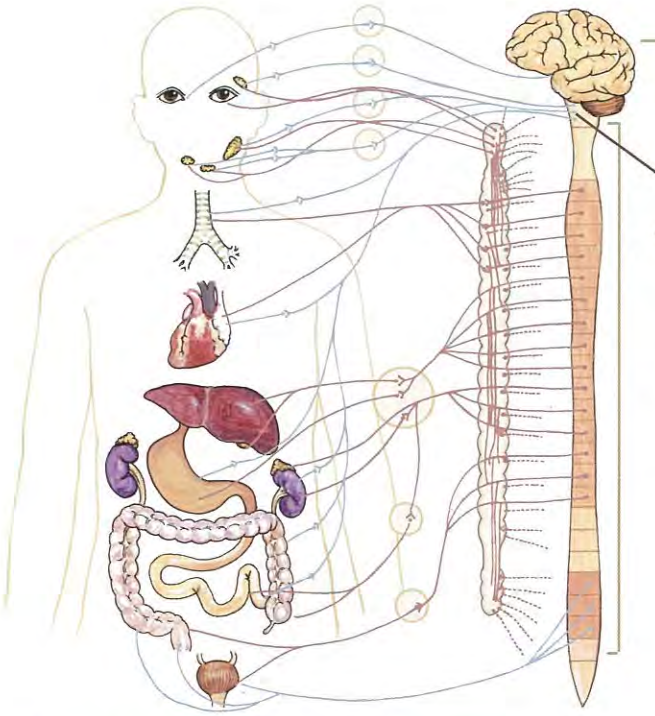
ข้อความข้างล่างนี้ ถอดความมาจากบทความในนิตยสาร Scientific American Mind

mirror neurons (มิเรอนิวรอน-เซลสะท้อนพฤติกรรม) เป็นคำตอบต่อข้อสงสัยที่ลงตัวหมดจด อธิบายทุกสิ่งตั้งแต่ว่า เราเรียนรู้ที่จะเดินได้อย่างไร ไปจนถึงว่า การเข้าถึงความรู้สึกของผู้อื่นนั้นเกิดได้อย่างไร

mirror neurons เป็นเซลสมองอยู่กระจัดกระจายทั่วไปในตำแหน่งผิวสมองที่สำคัญๆ กลุ่มเซลพวกนี้มีลักษณะพิเศษคือ มันทำงานในขณะที่สมองเรากำหนดอาการแห่งพฤติกรรม(คือเราทำอะไรบางอย่าง) และถึงแม้เพียงแต่เห็นผู้อื่นทำ ยังไม่ได้ลงมือทำเอง เซลเหล่านี้ก็ทำงาน

การดูแลระบบภายในหรือระบบผดุงชีวิต นี้ เป็นปฏิบัติการของกลุ่มเซลบนก้านสมองและไขสันหลัง ก้านสมองไม่ใช่เป็นก้านธูป และไขสันหลังก็ไม่ใช่ไขมัน ทั้งสองเป็นส่วนติดต่อกับสมอง มีเซลซึ่งทำหน้าที่อย่างเดียวกับเซลสมองอยู่ด้วย (ศัพท์บัญญัติเรียกเซลในระบบประสาทว่า เซลประสาท ซึ่งหมายถึงทั้งเซลในสมองและเซลที่อยู่ในก้านสมอง-ไขสันหลัง เซลสมองในหนังสือนี้ ก็คือเซลประสาทที่อยู่ในสมองนั่นเอง) เซลในก้านสมองและไขสันหลังรับสัญญาณจากอวัยวะภายในต่างๆ และส่งสัญญาณผ่านเส้นประสาทไปยังอวัยวะเหล่านั้น ทางเดินเส้นประสาทเหล่านี้เชื่อมโยงกัน บางส่วนก่อเป็นปมระโยงระยางอยู่ขนานไปกับกระดูกสันหลัง และบางส่วนเป็นขยุ้มร่างแหกระจายอยู่เป็นหย่อมๆ ทั่วไปตามอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย

การทำงานของก้านสมองและไขสันหลังในส่วนนี้ เป็นระบบที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของเรา ระบบมีการรับสัญญาณจากอวัยวะต่างๆ แล้วก็ส่งคำสั่งควบคุมที่เหมาะสมออกไปเอง วงจรการทำงานแบบนี้เรียกว่า รีเฟลกซ์ reflex กลไกรีเฟลกซ์คือวงจรกลไกที่แบบการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นถูกกำหนดไว้ตายตัว เมื่อมีสัญญาณกระตุ้นแบบหนึ่งก็จะมีการตอบสนองแบบหนึ่งที่กำหนดไว้แล้ว รีเฟลกซ์ เป็นระบบควบคุมแบบง่ายๆ เช่น เมื่อเราเปลี่ยนท่าจากนอนเป็นยืน ความดันเลือดจะต่ำลง เพราะแรงดึงดูดของโลกมีผลต่อปริมาณเลือด ทำให้ไหลขึ้นไปจากส่วนล่างของร่างกายน้อยลง เลือดจะไปเลี้ยงสมองน้อย อวัยวะที่รับรู้ต่อความดันเลือดในร่างกาย ที่บริเวณเส้นเลือดแดงใหญ่ที่คอ ส่งสัญญาณรายงาน 'ความดันลดลง' ไปยังเซลประสาทในระบบอัตโนมัติที่ไขสันหลัง ซึ่งก็จะส่งสัญญาณออกไปกระตุ้นให้เส้นเลือดส่วนปลายบีบตัวเล็กลง กระตุ้นหัวใจให้บีบแรงขึ้น จึงทำให้ความดันเลือดขึ้นสู่ปกติ ในบางเวลา ถ้าระบบ 'รีเฟลกซ์' นี้ทำงานไม่สมบูรณ์ ก็จะมีอาการหน้ามืด เป็นต้น



ระบบประสาทอัตโนมัติ(ระบบประสาทอิสระ) มีศูนย์สั่งการบนก้านสมอง ส่งสัญญาณมาตามเส้นประสาทของระบบและประสาทไขสันหลัง

การทำงานของระบบทำให้เกิดลักษณะอาการที่เกิดขึ้นต่อร่างกาย แตกต่างกันเป็น 2 แบบ จึงจำแนกออกเป็นระบบย่อย 2 ระบบ

ระบบซิมพาเททิก

ระบบพาราซิมพาเททิก

ระบบประสาทอัตโนมัติ (ระบบประสาทอิสระ)

เมื่อระบบพาราซิมพาเททิกทำงาน	เมื่อระบบซิมพาเททิกทำงาน
อาการที่รู้สึกได้ : หัวใจเต้นช้าลง	อาการที่รู้สึกได้ : หัวใจเต้นแรง
อาการอื่น : ม่านตาหรี่ลง	เลือดสูบฉีด
การเคลื่อนไหวของลำไส้มากขึ้น	เหงื่อออก
มีน้ำย่อยในกระเพาะ	อาการอื่น : น้ำตาลเพิ่มขึ้นในเลือด
กระเพาะปัสสาวะบีบตัว	หลอดลมขยายตัว
	หลอดเลือดในปอดขยายตัว
	ม่านตาเปิดรับแสงมากขึ้น
	การเคลื่อนไหวของลำไส้ลดลง
	การย่อยอาหารลดลง

ผลแตกต่างที่เกิดจากการทำงานของระบบประสาทอิสระทั้งสองแบบ เป็นที่มาของแนวคิดว่า การจัดการระบบภายในนั้นเปรียบเหมือนระบบจัดการพลังงาน ในลักษณะหนึ่งเป็นการปฏิบัติการสำหรับการใช้พลังงาน(catabolic) ส่วนอีกลักษณะหนึ่งเป็นปฏิบัติการสำหรับการสะสมสำรองพลังงานรวมทั้งซ่อมสร้างโครงสร้างต่างๆ ของร่างกาย(anabolic)

อย่างไรก็ดี สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ไม่อาจแยกหยุดการทำงานของระบบในลักษณะใดลักษณะหนึ่งได้โดยเด็ดขาด ระบบประสาทที่แยกเป็นสองระบบตามลักษณะทางกายวิภาคและทางลักษณะของสารเคมีสื่อสารนั้น ทำงานร่วมกันไปทั้งสองระบบตลอดเวลา การปรับการทำงานของทั้งสองระบบให้ประสานกันนั้นเป็นหน้าที่ของไฮโปทาลามัส

การทำงานทั้งหมดนี้ 'เรา' ที่รู้ตัวอยู่นี้ ไม่ได้สั่ง การทำงานดังกล่าวเป็นการตอบสนองต่อ**การเปลี่ยนแปลงภายในร่างกาย เป็นกลไกของระบบซึ่งทำงานเองโดยอัตโนมัติ** การทำงานในระบบนี้จึงเรียกว่า เป็นการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system) หรือระบบประสาทอิสระ

ระบบประสาทอัตโนมัตินี้ทำงานเป็นระบบคู่ คือมีระบบสั่งงานอยู่สองระบบ คือ ระบบซิมพาเททิก (sympathetic) และระบบพาราซิมพาเททิก (parasysmpathetic) การปรับความดันเลือดดังกรณีข้างบนเป็นการทำงานของระบบซิมพาเททิก นอกจากนี้ ซิมพาเททิกยังเป็นระบบหลักในการทำงานเวลาร่างกายเผชิญกับภาวะคับขัน เช่น ตกใจ ตกอยู่ในอันตราย ซิมพาเททิกจะกระตุ้นการทำงานของหัวใจทำให้เลือดสูบฉีดไหลเวียนแรงขึ้น โดยเฉพาะกล้ามเนื้อจะได้รับปริมาณเลือดมากขึ้น เพราะอาจจำเป็นต้องใช้งานในการต่อสู้หรือวิ่งหนี ส่วนระบบพาราซิมพาเททิก จะทำงานเมื่อร่างกายได้รับอาหาร น้ำย่อยกระเพาะจะถูกหลั่งออกมา ลำไส้จะเคลื่อนไหวมากขึ้น เลือดจะไหลเวียนในระบบย่อยอาหารมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนเป็นไปเพื่อการจัดหาและเก็บสำรองพลังงาน รวมทั้งใช้พลังงานในการซ่อมสร้างโครงสร้างต่างๆ ของร่างกาย ตรงกันข้ามกับระบบซิมพาเททิก การทำงานของระบบซิมพาเททิกเป็นการกระตุ้นการเผาผลาญนำพลังงานที่เก็บไว้มาใช้

การทำงานของระบบนี้นั้นนับว่าเป็นอิสระอยู่มาก จริงๆ แล้ว โดยปกติในภาวะที่คนเรา 'รู้ตัว' อยู่นั้น สิ่งที่เรารู้และควบคุมได้จริงๆ ก็คืออวัยวะภายนอกของเรา เช่น แขน ขา หน้า ตา ฯลฯ แต่เราไม่อาจควบคุมอวัยวะภายในได้ เราไม่อาจควบคุมสั่งการให้นำพลังงานออกมาใช้ได้ นอกเสียจากว่าระบบภายในนั้นจะสั่งการเอง เมื่อได้รับข้อมูลว่าจำเป็นต้องใช้พลังงานนั้นๆ อย่างไรก็ดี การเก็บและการใช้พลังงาน หรือการรักษาดุลของพลังงานนี้มีรายละเอียดปลีกย่อยอีกมาก เช่นสมดุลอย่างไรที่จะพอเหมาะพอดีสำหรับร่างกายที่กำลังเจริญเติบโตอย่างไรจึงจะพอดีสำหรับการมีชีวิตอยู่ท่ามกลางสิ่งแวดล้อมนี้ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละวันในแต่ละสถานที่

ร่างกายมีระบบที่ซับซ้อนมากในการดูแลจัดการ ระบบนี้มีศูนย์สั่งการควบคุมซึ่งอยู่เหนือขึ้นไป

สัญญาณประสาทถูกส่งออกจากกลุ่มเซลบนก้านสมอง ไปยังผิวสมองคอร์เทกซ์และกลุ่มเซลสมองชั้นในใต้ผิวสมองที่ทำงานร่วมกัน (ได้แก่ ทาลามัส เบซัลแกงเกลีย อะมิกดาลา ซิงกูเลท ฮิปโปแคมปัส กลุ่มเซลสมองเหล่านี้ทำงานประสานกับเซลที่ผิวสมองในงานต่างๆ) สัญญาณจากก้านสมองจะกำกับปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองส่วนดังกล่าว ระบบที่ก้านสมองควบคุมสมองใหญ่หรือผิวสมองนี้ มีลักษณะพิเศษคือ ใช้สารสื่อประสาทที่เฉพาะเจาะจงควบคุมที่จุดเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆบนร่างแหของเซลบนผิวสมอง นั่นหมายความว่า การทำงานของผิวสมองถูกควบคุมโดยก้านสมอง ระบบสมองที่เป็นช่องทางของเราสำหรับรับรู้ต่อสิ่งต่างๆ ในโลกและเราควบคุมสั่งการได้นั้น อยู่ภายใต้อิทธิพลของการทำงานของก้านสมองโดยวิธีนี้ ซึ่งเรียกว่า ระบบสารสื่อประสาทในสมอง (neurotransmitter systems)

กลุ่มเซลสมองบนก้านสมองอีกส่วนหนึ่งส่งสัญญาณข้อมูล ซึ่งเป็นรายงานสภาวะความเป็นไปของอวัยวะภายใน ไปยังส่วนของสมองที่เรียกว่า ไฮโป-ทาลามัส

ไฮโปทาลามัส นั้นเป็นศูนย์ควบคุมระบบภายในของร่างกายทั้งหมด มันส่งสัญญาณ สั่งการไปยังระบบประสาทอัตโนมัติ(autonomic system) ในบางสถานการณ์ และยังควบคุมระบบภายใน ด้วยปฏิบัติการของมันเองอีกระบบหนึ่ง คือระบบฮอร์โมน หรือ **ระบบต่อมไร้ท่อ** (endocrine system) ไฮโปทาลามัสหลั่งสารบางอย่างไปสู่ต่อมพิทูอิทารีที่อยู่ติดกัน เป็นการกระตุ้นให้ต่อมพิทูอิทารีผลิต(หรือหยุดผลิต)ฮอร์โมนบางอย่าง ฮอร์โมนมีหลายชนิดและเป็นสารจำเป็น ฮอร์โมนชนิดหนึ่งๆ จะทำหน้าที่กระตุ้นเฉพาะต่อมหรืออวัยวะที่ไวต่อการกระตุ้นจากฮอร์โมนชนิดนั้นเท่านั้น อวัยวะเหล่านี้(ได้แก่ ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต รังไข่และอัณฑะ เป็นต้น) จะทำงานเป็นปกติ และบางอย่างก็ผลิตสารที่สำคัญสำหรับการทำงานของเซลต่างๆ ในร่างกาย ต่อเมื่อได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมน ไฮโปทาลามัสนั้นปรับระบบการทำงานภายในให้สมดุล ปรับการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับที่หามาได้ ตามภาระปฏิบัติการของชีวิตและโครงสร้างของร่างกาย ตามวัยและหน้าที่การงาน

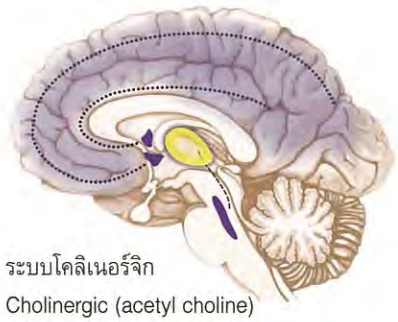
มีทางใดบ้างที่ผิวสมองคอร์เทกซ์จะ 'รับรู้' เกี่ยวกับระบบภายในร่างกาย ทางที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดก็คือการรับรู้ผ่านไฮโปทาลามัส เพราะสัญญาณ 'รับรู้' ทั้งหมดเกี่ยวกับอวัยวะภายใน ถูกส่งมายังไฮโปทาลามัส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบลิมบิก การรับรู้นั้นจะถูกส่งผ่านระบบลิมบิกไปยังผิวสมอง การรับรู้นี้ไม่ได้เป็นแบบที่ 'เรา' หรือผิวสมองคุ้นเคย ดังเช่นประสบการณ์รับรู้สื่อสัมผัสจากโลกภายนอก แต่การรับรู้ถูกให้ความหมายอย่างอื่น แบบที่เราสัมผัสได้โดยระบบลิมบิก เช่น ความรู้สึกหมดแรง ความรู้สึกอิ่ม-หิว ความรู้สึกอยากอาเจียน อยากขับถ่าย ฯลฯ เหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของสภาวะของระบบพลังงานและความเป็นไปภายในร่างกาย ที่เรารับรู้ได้

ที่กล่าวมานี้เป็นการคะเนว่า ความรู้สึกภายในของเราน่าจะเกี่ยวข้องกับไฮโปทาลามัส และวงจรที่เชื่อมโยงอยู่ จริงๆ แล้วความรู้สึกอาจเกิดขึ้นเมื่อวงจรเชื่อมโยงทั้งหมดทำงาน ไม่ใช่เฉพาะผิวสมองรับรู้ว่า ไฮโปทาลามัสทำงาน หรืออาจมีสมองส่วนอื่นหรือกลไกอื่นที่ทำให้เรารู้สึก ซึ่งยังไม่ยืนยัน บนผิวสมองส่วนที่เรียกว่า อินซูลาคอร์เทกซ์ เป็นที่ที่มีเส้นทางการรับรู้บางอย่างผ่านมากับระบบอัตโนมัติ ส่งผ่านก้านสมองขึ้นมา การรับรู้เหล่านั้นได้แก่ ความร้อน ความเย็น ความเจ็บ ฯลฯ แม้ความรู้สึกเหล่านี้ไม่ใช่ความรู้สึกต่อระบบภายในร่างกาย แต่มันก็มีผลเชื่อมโยงไปสู่การทำงานของระบบอัตโนมัติโดยตรง

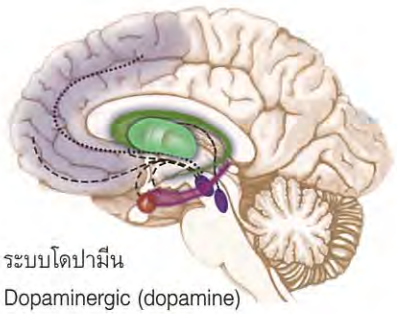
การรับรู้ของสมองต่อระบบภายในนั้นมีอยู่จริง แต่ความรู้สึกรับรู้ต่อระบบภายในที่เกิดขึ้นแก่เรา เช่น ความรู้สึกหมดแรง หิว อิ่ม ฯลฯ นั้น เกิดขึ้นได้อย่างไร ที่ส่วนไหนของสมอง ยังไม่มีการรับรองแน่ชัด

ระบบสารสื่อประสาท ที่เกิดจากก้านสมองส่งสัญญาณไปยังผิวสมองและโครงสร้างใต้ผิวสมอง เป็นระบบควบคุมอีกระบบหนึ่ง ที่คอยปรับการทำงานของผิวสมองคอร์เทกซ์ กลุ่มเซลในระบบลิมบิก และกลุ่มเซลทาลามัส-เบซัลแกงเกลีย โดยควบคุมสัญญาณที่ติดต่อกันอยู่ในร่างแหวงจรของเซล กลุ่มเซลสมองดังกล่าวเหล่านี้เป็นกลุ่มวงจรร่างแหของเซลสมองที่ทำหน้าที่ต่างๆ ในชีวิตเรา ดังเช่น การเรียนรู้เป็นเรื่องของผิวสมองคอร์เทกซ์ ปฏิกิริยาอารมณ์เป็นเรื่องของระบบลิมบิก ส่วนการฝึกฝนพฤติกรรมหรือทักษะเป็นเรื่องของกลุ่มเซลเบซัลแกงเกลีย

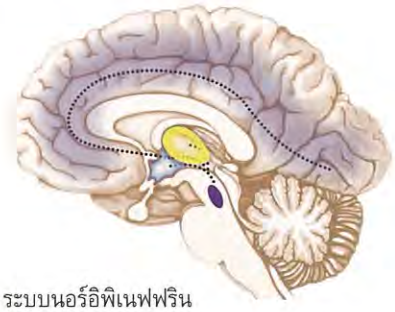
เริ่มต้นจากเซลกลุ่มหนึ่งบนก้านสมอง ซึ่งให้กำเนิดสัญญาณอัตโนมัติของมันเองออกมา เซลกลุ่มนี้บางส่วนส่งสัญญาณไปยังทาลามัส ทาลามัสเป็นขุมทางของสื่อสัมผัสทั้งหลายที่ผ่านมาจากอวัยวะรับ



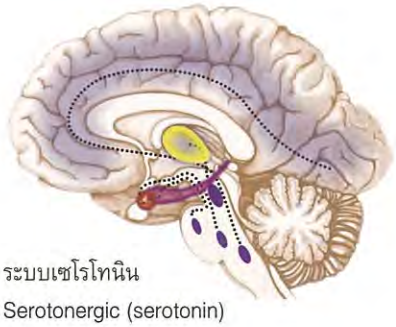
ระบบโคลิเนอร์จิก
Cholinergic (acetyl choline)



ระบบโดปามีน
Dopaminergic (dopamine)



ระบบนอร์อิพิเนฟฟริน
Norepinephrinergic (norepinephrine)



ระบบเซโรโทนิน
Serotonergic (serotonin)

กลุ่มเซลบนก้านสมองและฐานสมองใหญ่ ปรับแต่งการทำงานของสมองโดยสารสื่อประสาทต่างชนิดกัน

● = กลุ่มเซลสมองที่ผลิตสารสื่อประสาทสี่ชนิด ส่งแขนงแอกซอนไปยังบริเวณต่างๆ ของสมอง บริเวณสีต่างๆ คือบริเวณที่จะได้รับสารสื่อประสาทจากปลายแอกซอนของกลุ่มเซลสมองดังกล่าว

บนก้านสมอง มีเซลหลายกลุ่ม ซึ่งต่างก็ส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนที่อยู่เหนือขึ้นไป ผลของการควบคุมปรับแต่งจากก้านสมอง โดยสัญญาณเหล่านี้นั้น ขึ้นอยู่กับหน้าที่การงานของวงจรเซลสมองที่ได้รับสัญญาณควบคุมนั้น การทำงานเหล่านี้ซับซ้อนมาก จากความรู้ที่ได้จากการวิจัยทางประสาทวิทยา เราพอบอกได้คร่าวๆ ว่า มีระบบวงจรสำคัญ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับผิวสมอง อยู่ 4 ระบบ เป็น **ระบบสารสื่อประสาท** 4 ระบบ เรียกชื่อตาม สารสื่อสัญญาณที่เซลสมองในวงจรนั้นผลิตออกมาที่จุดต่อสัญญาณ (จุดซีนแนปส์)

สื่อสัมผัสจะต่อไปยังผิวสมอง สัญญาณที่มาจากก้านสมองนี้ทำหน้าที่คุมช่องทางผ่านของสัญญาณสื่อสัมผัสเหล่านี้ เมื่อมีสัญญาณจากก้านสมองมา สัญญาณจึงจะผ่านเซลสมองของทาลามัสไปยังผิวสมองได้ ถ้าไม่มีสัญญาณมาจากก้านสมอง ก็จะไม่มีสัญญาณใดที่ผ่านหู ตา จมูก มือเท้า ไปยังผิวสมองได้ โลกจะไร้มายาแห่งภาพและสำเนียงเสียงต่างๆ นั่นคือภาวะแห่งการหลับ ถ้าเซลสมองบนก้านสมองกลุ่มนี้มีการส่งสัญญาณ สื่อสัมผัสจากภายนอกก็จะไปกระตุ้นการทำงานของผิวสมองให้ตื่นขึ้นมารับรู้โลกภายนอกได้

ระบบผดุงชีวิต กับ ระบบการเรียนรู้

ดูเหมือนกับว่า ผิวสมองนั้นมีผังวงจรคร่าวๆ รออยู่ สื่อสัมผัสจากภายนอก เช่น สี แสง เสียง กลิ่น ก่อให้เกิดสัญญาณของสื่อสัมผัสเข้ามาไหลเวียนในวงจรพร้อมๆ กับที่มีสัญญาณจากก้านสมองมาหล่อเลี้ยงการทำงานของกลุ่มเซลโครงสร้างใต้ผิวสมอง ซึ่งก็จะส่งสัญญาณมาควบคุมปรับแต่งการทำงานต่างๆ ของผิวสมอง ทำให้เกิดการไหลของสัญญาณ ต่างการไหลก็ต่างวงจร เกิดวงจรต่างๆ ทำให้เกิดความหมายของข้อมูลต่างๆ เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการรับรู้ต่อสื่อสัมผัสนั้น ชี้นำและทำให้เกิดพฤติกรรมและทักษะในพฤติกรรมต่างๆ และทำให้เกิดพฤติกรรมเชิงอารมณ์ ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลสื่อสัมผัสที่รับรู้และการลงมือปฏิบัติการต่างๆ กลายเป็น ความมุ่งมั่น ความตั้งใจ ความเหนื่อยล้า ความรู้สึกสนุกพอใจ ความรู้สึกกลัว ความรู้สึกไม่ชอบ อารมณ์ดี โกรธ รัก เกลียด ฯลฯ แน่นอนว่าพฤติกรรมเชิงอารมณ์เหล่านี้ ไม่ได้อยู่ในตัววัตถุหรือสิ่งแวดล้อมภายนอก แต่พฤติกรรมเชิง**อารมณ์เหล่านี้ เป็น 'ความหมาย' ที่สิ่งมี 'ชีวิต' เช่น มนุษย์ ประเมินหรือให้คุณค่าตราไว้กับปรากฏการณ์ทางกายภาพของสิ่งแวดล้อม** เหล่านั้น, เป็นสิ่งที่มนุษย์บอกกับตัวเองว่า สิ่งเหล่านั้น จะเกี่ยวข้องสำคัญกับ 'ตัวตน' มนุษย์อย่างไร

การทำงาน 'เรียนรู้' ของผิวสมองคอร์เทกซ์ต้องขึ้นอยู่กับก้านสมอง ไม่เพียงเพราะก้านสมองดูแลจัดหาพลังงานผ่านระบบผดุงชีวิตเท่านั้น แต่ก้านสมองยังกำกับการทำงานของผิวสมองคอร์เทกซ์โดยตรงด้วยระบบสารสื่อประสาททั้งสี่ชนิดนั้น นี่คือการส่งสัญญาณ 'บอก' ซึ่งโดยปฏิบัติการก็คือการปรับแต่งการทำงานของผิวสมองคอร์เทกซ์ ช่วยเอื้ออำนวยให้ 'คิด' และ 'ทำ' ในเรื่องที่เกี่ยวข้องเป็นประโยชน์ต่อระบบผดุงชีวิต อย่างเช่น ถ้าคิดและทำเรื่องวิธีที่จะได้มาซึ่งอาหารอันเป็นแหล่งพลังงานคือ คิดและทำเรื่องกิน 'สมอง' ดูจะ 'รู้สึก' พอใจเป็นอย่างยิ่ง เป็นต้น

ระบบประสาทอัตโนมัติ ที่ควบคุมดูแลภายในร่างกาย ให้อยู่ในสมดุลตลอดเวลานั้น มีประสิทธิภาพอยู่มากก็จริง แต่ก็ด้อยกว่าระบบสมองส่วนเหนือกว่า ตรงที่ว่า ระบบประสาทอัตโนมัตินั้นมีการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมแบบกลไกตายตัวเป็นส่วนใหญ่ พฤติกรรมของระบบประสาทอัตโนมัตินี้ คือการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกายที่สังเกตตรวจวัดได้ เช่น การเต้นของหัวใจ ความดันเลือด ระดับน้ำตาลในเลือด ฯลฯ แต่ ผิวสมองคอร์เทกซ์ ใช้ 'การคิด' ซึ่งเป็นพฤติกรรมแบบนามธรรม ในการโต้ตอบต่อข้อมูล **'การคิด' นี้เกิดขึ้นและอยู่ภายในสมอง ถ้าไม่แสดงออกก็ไม่มีรูปธรรมที่จะสังเกตเห็นและรับรู้ได้** และเมื่อใดมีการสั่งการของผิวสมอง แสดงออกมาให้สังเกตเห็นต่างๆ นั้น นั่นก็คือ 'พฤติกรรม' ซึ่งรวม 'การคิดและการทำ' ไว้ด้วยกันแล้ว ระบบล่างหรือระบบควบคุมภายในหรือระบบประสาทอัตโนมัตินั้น ต้องการ(demand) ระบบบนหรือระบบการคิดของผิวสมองคอร์เทกซ์(รวมถึงระบบจัดการทักษะทางพฤติกรรมของเบซัลแกงเกลียด้วย) เพื่อให้ใช้ศักยภาพต่างๆ นั้น 'เรียนรู้' เพื่อให้เกิดพฤติกรรมที่เหนือกว่าการโต้ตอบแบบกลไกรีเฟลกซ์ง่ายๆ ทั้งนี้ทั้งนั้นก็เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิตอยู่

ภาวะปกติ และ ภาวะไม่ปกติ

ระบบที่ปกติ ก็คือ ระบบที่ดำเนินไป โดยระบบผดุงชีวิตหรือการดูแลภายใน 'เกื้อหนุน' ระบบการเรียนรู้ และระบบการเรียนรู้ก็ทำหน้าที่เกื้อหนุนต่อระบบผดุงชีวิต เป็นผลให้ พลังงานที่ไหลเวียนอยู่ในร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุล กล่าวคือ **พลังงานที่ใช้ พลังงานที่จัดหามาและสำรองไว้ก็จะพอเหมาะ ต่อภาระปฏิบัติการของชีวิต และโครงสร้างของร่างกาย**

สมองส่วนคอร์เทกซ์หรือผิวสมองรวมทั้งส่วนโครงสร้างใต้ผิวสมอง นับว่าได้รับการดูแล ในฐานะเป็นอวัยวะหนึ่งในร่างกาย นอกจากนั้น ระบบผดุงชีวิตยังเอื้ออำนวยต่อสมอง เพื่อให้มีศักยภาพของการคิดและทักษะที่วิเศษ สมองที่จะคิดได้เยี่ยม จดจำและเรียนรู้ทักษะต่างๆ ได้ดีนั้น ควรจะต้องการอะไรบ้าง...

ความต้องการเหล่านั้น น่าจะได้แก่ ความตื่นตัว สมาธิ ความจำ(หรือความคงตัวของวงจรในข้อมูลเดิม) ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงวงจรข้อมูลเดิม(ความคล่องตัวเมื่อต้องการสร้างข้อมูลใหม่ในการเรียนรู้ใหม่) สมองที่มีประสิทธิภาพดีน่าจะมีสิ่งเหล่านี้ (อาจต้องมีสิ่งอื่นๆ อีกหรือไม่ ?...) สิ่งเหล่านี้ถูกจัดหาเตรียมไว้ในระบบการเรียนรู้ โดยการทำงานของระบบสารสื่อประสาท ที่กำเนิดจากก้านสมอง

ระบบนอร์อิพิเนฟฟริน Norepinephrinergic (norepinephrine)

กระตุ้นสมองให้ตื่นตัวต่อข้อมูล-และจำ โดยเฉพาะเมื่อเผชิญสิ่งที่ไม่คาดหมาย(และอันตราย)

ระบบโคลิเนอร์จิก Cholinergic (acetyl choline)

มีความเกี่ยวข้องเป็นพิเศษต่อ ความสามารถในการรับข้อมูล ความชัดเจนของข้อมูล และการทำให้เกิดความคงตัวของวงจรข้อมูล (ความจำ)

ระบบโดปามีน Dopaminergic (dopamine)

มีความเกี่ยวข้องเป็นพิเศษต่อ การสร้างพฤติกรรมใหม่ ระบบโดปามีนให้ความหมายความสำคัญต่อข้อมูลหรือแบบพฤติกรรมต่างๆ ผ่านวงจรรางวัลหรือการจูงใจ (reward pathway) และเสริมแรงขับทางพฤติกรรม(reinforcing behavior)
บางทีเราอาจคิดว่าความจำเป็นเรื่องที่ดีไม่มีสอง แต่จริงๆ แล้ว 'ความจำ' เป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ เพราะ 'ความจำ' เป็นข้อมูลของความเคยชิน เป็นการง่ายและประหยัดพลังงานที่จะใช้วงจรการคิดเดิมที่เคยทำมา การสร้างวงจรใหม่ วิธีการใหม่ คือการเบี่ยงเบนไปจากวงจรซึ่งคงตัวอยู่เดิมแล้ว เป็นเรื่องยาก ระบบโดปามีนช่วยเปิดทาง กระตุ้นการเชื่อมโยง(เรียนรู้)ในวงจรการเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรมในรูปใหม่

ระบบเซโรโทนิน Serotonergic (serotonin)

ดูเหมือนจะเป็นระบบซึ่ง ปรับสมดุลระหว่างแรงกระตุ้นภายนอก-ภายในและพฤติกรรมโต้ตอบโดยสะท้อนถึงสภาวะโดยทั่วไปของระบบผดุงชีวิต หรือสมดุลของร่างกายในขณะนั้น ว่าพร้อมที่จะ 'คิด' หรือ 'ทำ' มากน้อยเพียงใด ในแง่การทำงานของสมองก็คือ ระบบสัญญาณซึ่งควบคุมปรับจูนการทำงานของวงจรสมองอื่นๆ นั่นเอง

สารสื่อประสาท	การทำงานในสมอง และผลที่เกิดขึ้น	เซลสมองต้นทาง	สมอง บริเวณที่แสดง ผลของสารสื่อประสาท
อะเซติลโคลีน Acetylcholine	กระตุ้นผิวสมองให้ตื่นตัว, ช่วยให้จำ, ช่วยแยกข้อมูลได้ชัดเจน, ทำให้จดจ่อกับการรับรู้ข้อมูล	ก้านสมอง (interpeducular nu.)	ทาลามัส
		กลุ่มเซลบริเวณฐานสมอง (basal forebrain)	ผิวสมอง ทั่วบริเวณทั้งหมด
นอร์อิพิเนฟฟริน Norepinephrine	พฤติกรรมการกิน, พฤติกรรมทางเพศ	ก้านสมอง (ventrolateral tegmental area)	ไฮโปทาลามัส
	การตื่น การหลับ		กลุ่มเซลบริเวณฐานสมอง
	กระตุ้นการรับรู้ข้อมูล กระตุ้นสมองขณะเผชิญหน้า, ในลักษณะที่เสี่ยง, มีสิ่งไม่คาดหมาย ทำงานขณะคิด ช่วยให้จำ และใช้ความจำ	ก้านสมอง (locus ceruleus)	ทาลามัส ไฮโปทาลามัส อะมิกดาลา ผิวสมอง
โดปามีน Dopamine	ควบคุมการตอบสนองทางพฤติกรรม	ก้านสมอง	เบซัลแกงเกลีย, พรีฟรอนทัล
	การเคลื่อนไหว	substantia nigra	dorsal striatum (เบซัลแกงเกลีย)
	ระบบรางวัล	ventral tegmental area	ventral striatum (เบซัลแกงเกลีย ส่วนที่เกี่ยวข้องกับ ระบบลิมบิก)
	การคิด วางแผน ตัดสินใจ,	ventral tegmental area	ผิวสมองพรีฟรอนทัล
เซโรโทนิน Serotonin	การหลับนอน, พื้นอารมณ์, พฤติกรรมทางเพศ, การกิน, ความรู้สึกเจ็บ, ระบบความจำ, ความตื่นตัวกระปรี้กระเปร่า	dorsal raphe nucleus	cortex, thalamus
		medial raphe nucleus	limbic system

สารเซโรโทนิน อยู่ในวงจรสมองที่ทำงานเกี่ยวกับ การกระตุ้นการใช้พลังงานของระบบผดุงชีวิตในรอบวัฏจักร กลางวัน-กลางคืน (circadian rhythm) (อะเซติลโคลินจากก้านสมองทำให้ทาลามัสและสมองตื่นขึ้น แต่ตัวควบคุมวงจรหลับตื่นนั้นเกี่ยวข้องกับเซโรโทนิน วงจรนี้อยู่บนไฮโปทาลามัส) การหลับตื่นของร่างกายนี้เป็นการดูแลให้ทุกระบบของร่างกายมีจังหวะทำงานที่เหมาะสม การพักเป็นการทำงานอีกแบบหนึ่ง นอกจากนี้ สารเซโรโทนิน ยังเกี่ยวข้องกับเรื่องอื่นๆ อีก

อาการง่วงหลังกินอาหาร เกิดจากสารเซโรโทนินในสมองลดต่ำลง นำร่างกายเข้าสู่ภาวะพัก และทำการสะสมพลังงานขณะที่มีการย่อยและดูดซึมสารอาหาร

สมองมีเซโรโทนินต่ำ จะมีความรู้สึกซึมเศร้า (depression) นั่นคือ ความรู้สึกของการหมดพลังงาน ไม่อยากทำอะไร ไม่มีแก่ใจทำอะไร

สมองมีเซโรโทนินต่ำ สิ่งแวดล้อมดูมีอิทธิพลมากขึ้นในการกระตุ้นบงการให้เกิดพฤติกรรมต่างๆ (impulsive behavior) การคิดการตัดสินใจจะสูญเสียอำนาจควบคุมพฤติกรรมไป

ในสภาวะที่เครียดยาวนาน ระดับเซโรโทนินจะลดลงและเปลี่ยนไปเป็นความซึมเศร้า (ความเซ็ง)(depression)

เซโรโทนินเป็นปัจจัยซึ่งเป็นตัวชี้ว่า ขณะนี้พลังงานพอใช้หรือไม่ หรือจะมีความสามารถในการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ จนสำเร็จหรือไม่ ศักยภาพที่จะใช้พลังงานและทำงานดังกล่าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย มีการเปรียบเทียบ เซโรโทนิน เสมือนน้ำมันหล่อลื่น เครื่องยนต์ที่ทำงานหนักต้องการน้ำมันหล่อลื่นมาก ถ้าหล่อลื่นไม่ดี เครื่องจะไม่ค่อยวิ่ง ดังนั้นถ้าเซโรโทนินต่ำความจูงใจในการจะทำสิ่งใดมักไม่ค่อยมี พฤติกรรมใน impulsive behavior นั้น ก็คือ สิ่งแวดล้อมมีบทบาทกำหนดชักนำการกระทำ ทำให้เกิดพฤติกรรมที่ดูจะเป็นไปตามแรงกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม โดยที่เจ้าของพฤติกรรมไม่อาจควบคุมหรือยับยั้งได้ อันที่จริงแล้วในสภาวะที่เซโรโทนินต่ำ สมรรถภาพโดยรวมของสมองจะลดลงทุกด้าน โดยเฉพาะด้านการคิด หรือการควบคุมตนเอง

นอกจากในภาวะปกติ ที่ชีวิตร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุลในการใช้พลังงานแบบหนึ่งแล้ว ยังมีภาวะอื่นๆ ที่ร่างกายต้องการสมดุลของพลังงานในแบบต่างๆ กัน เช่น ในภาวะคับขันจากอันตรายทางกาย ซึ่งจะต้อง 'สู้' หรือ 'หนี' สิ่งที่ร่างกายต้องการก็คือ ความสามารถในการตอบสนองอย่างรวดเร็ว ทั้งการคิดและการกระทำ สภาวะนี้ต้องการใช้พลังงานมากกว่าในภาวะปกติ ระบบประสาทอิสระในร่างกายจะทำงานโดยอัตโนมัติ และการทำงานของมันทำให้เรา ใจเต้น เลือดสูบฉีด อาจจะมีตัวเย็น เหงื่อออก กล้ามเนื้อเกร็ง ร่างกายพร้อมจะเคลื่อนไหวไปหมดทุกส่วน สิ่งเหล่านี้ เรียกว่าเป็น 'ความเครียด' ทางกายภาพที่เกิดขึ้นกับร่างกาย

ส่วนการทำงานของสมองระบบ 'การเรียนรู้' ในภาวะคับขันหรือความเครียด อาจเป็นได้สองแบบ ขึ้นอยู่กับความพร้อมหรือประสบการณ์ที่เผชิญในภาวะนั้นๆ (ซึ่งมีผลต่อระดับนอร์อิพิเนฟริน ว่าจะถูกหลั่งออกมากระตุ้นสมองมากน้อยเพียงใด)

1. การคิดจะถูกกระตุ้นมาก สมองแล่น อาจคิดอะไรได้มากมาย เพื่อ 'หาทางออก' (นอร์อิพิเนฟรินจำนวนน้อย)

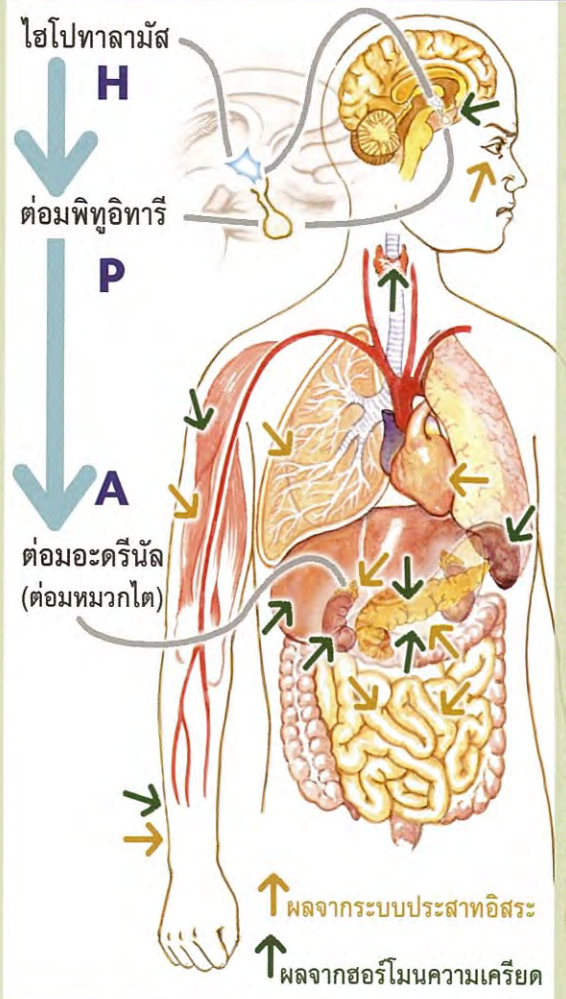
2. คิดอะไรไม่ออกเลย และยิ่งสับสนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าการคิดนั้นไม่เกี่ยวข้องกับ ปัญหาภาวะฉุกเฉินที่เผชิญอยู่ (นอร์อิพิเนฟรินจำนวนมาก ระยะเวลาที่ถูกกระตุ้นนาน)

เมื่อมีสิ่งบอกเหตุทางกายภาพและต้องการพฤติกรรมที่ตอบโต้เพื่ออยู่รอดนั้น ร่างกายต้องปรับสมดุลเข้าสู่สภาวะที่ต้องใช้พลังงานเพิ่ม

ระบบประสาทอิสระจะทำงาน -ผลที่เกิดขึ้นคือ ม่านตาเปิดกว้าง หัวใจเต้นแรงและเร็ว เส้นเลือดในกล้ามเนื้อขยายตัว หลอดลมขยายตัว เส้นเลือดในปอดขยายตัว กระเพาะอาหารลำไส้หยุดการเคลื่อนไหวและหยุดการย่อยและดูดซึมอาหาร ต่อมหมวกไตชั้นในหลั่งสารอะดรีนาลิน ซึ่งมีผลต่อร่างกายทั่วไป เช่นเดียวกับที่เกิดจากการสั่งงานของระบบประสาทอิสระโดยตรง แต่ผลของมันจะกว้างขวางกว่า และเสริมการสั่งงานจากระบบประสาทอิสระมากยิ่งขึ้น

ระบบต่อมไร้ท่อทำงานในชั่วครู่ต่อมา -ผลที่เกิดขึ้นคือ มีสารคอร์ทิซอล(จากต่อมหมวกไต)เพิ่มขึ้นในระบบไหลเวียน ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเซลทุกระบบในร่างกาย มีการสลายไขมันและโปรตีนเพื่อสร้างน้ำตาล ทำให้น้ำตาลเพิ่มขึ้นในเลือด ทำให้เม็ดเลือดขาวลดลงในระบบไหลเวียน ทำให้ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันลดลง ทำให้เลือดแข็งตัวเร็วขึ้น ปริมาณน้ำและเลือดในร่างกายถูกเก็บกักไว้(ผลจาก DHEA ที่หลั่งจากต่อมหมวกไต) ความรู้สึกต่อการเจ็บปวดลดลง(ผลจากเบต้าเอ็นดอร์ฟินที่หลั่งจากต่อมพิทูอิทารี) ทั้งหมดนี้คือเตรียมพลังงานเต็มอัตราสำหรับการใช้งานทางพฤติกรรมเคลื่อนไหวเป็นประการสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสมดุลร่างกายในภาวะกดดัน ที่เกิดขึ้นภายนอกสมอง-HPA axis



ระบบต่อมไร้ท่อและไฮโปทาลามัสที่ทำงานร่วมกันเช่นนี้เรียกว่า HPA axis

หรือสายตรงไฮโปทาลามัส-ต่อมพิทูอิทารี-ต่อมหมวกไต ไฮโปทาลามัสสั่งให้ต่อมพิทูอิทารีผลิตสาร ACTH เพื่อไปกระตุ้นต่อมหมวกไต ให้ผลิตสารคอร์ทิโคสเตอร์รอยด์ (แปลตามตัวว่าสารประเภทสเตอรอยด์ที่ผลิตโดยต่อมหมวกไตชั้นนอก)

สารประเภทสเตอรอยด์ที่ว่านี้มี 2 ประเภท คือ กลูโคคอร์ทิคอยด์ (คอร์ทิคอยด์ที่เกี่ยวกับกลูโคสหรือพลังงาน) และ ไมเนอราโลคอร์ทิคอยด์(คอร์ทิคอยด์ที่เกี่ยวกับเกลือแร่)

กลูโคคอร์ทิคอยด์ที่สำคัญในมนุษย์ มีชื่อเรียกว่า คอร์ทิซอล (cortisol) ทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงดังที่กล่าว

ในมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่นๆ กลไก HPA axis นี้ ไม่ได้ทำงานเฉพาะในสภาวะที่ร่างกายต้องการปฏิกิริยาหรือพฤติกรรมเคลื่อนไหวที่ชัดเจน(เช่น สู้หรือหนี)เท่านั้น แต่ยังทำงาน ในสภาวะที่มีความรู้สึกว่าเผชิญปัญหา-ทางความคิด-ด้วย นี่อาจทำให้เรานึกได้ว่า ระบบการทำงานเพื่อแก้ปัญหาทางความคิดนั้น อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานในการแก้ปัญหาทางพฤติกรรม นั่นคือ แบบการทำงานของสมองสำหรับปรับทักษะพฤติกรรม อาจถูกจำลองไปใช้ในวงจรการคิด ดังนั้น ร่างกายจึงใช้วงจรตอบสนองแบบเดียวกัน เราอาจเห็นได้ว่า กลไกทำงานที่ว่านี้ ไม่น่าจะเป็นผลดีนักสำหรับมนุษย์ซึ่งเผชิญปัญหาความคิดมากขึ้นในเส้นทางวิวัฒนาการปัจจุบัน

การเปลี่ยนแปลงของ ร่างกาย และ จิตใจ รวมทั้ง การเรียนรู้ จะออกมาในรูปไหน การเปลี่ยนแปลงจะนำไปสู่ภาวะสมดุลใหม่แบบใด เป็นเรื่องที่ซับซ้อน ความซับซ้อนของมันไม่ได้เป็นเพราะว่าระบบกลไกการตอบสนองของร่างกายมีความซับซ้อนอย่างเดียว แต่ตัวตนหรือความคิดที่ถูกสร้างขึ้นมา โดยผ่านการเรียนรู้ การสะสมการรับรู้นั้น ทำให้ท่าทีการปรับตัวต่อสิ่งต่างๆ ของคนเราแต่ละคน ยิ่งซับซ้อนมากขึ้นไปด้วย ความคิดของเราแต่ละคน ที่จะปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่กดดันรายล้อมอยู่ โดยยอมรับเอาภาวะสมดุล(หรือพฤติกรรม)ที่เกิดขึ้นแบบใด ว่าเป็นแบบ 'การปรับตัว' ที่ปกติ/เหมาะสม หรือ เกินเลย/น้อยไป/ไม่เหมาะสมนั้น ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้และการยอมรับสภาวะการปรับตัวที่มีมาก่อน 'เป็นฐาน' สำหรับการปรับตัวใหม่ต่อไปในอนาคต

โดยทั่วไป ภาวะที่ไม่ปกติเป็น 'ภาวะกดดัน' ที่ก่อให้เกิด 'ความเครียดในร่างกาย' และ 'ความรู้สึกเครียด' ในอารมณ์ นั้น เป็นสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของระบบภายในร่างกาย และ สมรรถภาพการเรียนรู้ (การใช้ความคิดและการจำ) พอที่จะสรุปได้ตามตาราง

'ความเครียด' ที่เกิดขึ้นชั่วครู่ในเหตุการณ์เฉพาะหน้า	'ความเครียด' ที่เกิดขึ้นเรื้อรังติดต่อกันเป็นเวลานาน
อะดรีนาลินจากระบบประสาทอิสระ และฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต คือ กลูโคคอร์ทิคอยด์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย ในขณะตอบสนองต่อภาวะฉุกเฉิน	**ภายใต้ภาวะที่ต้องปรับตัวเป็นระยะเวลานาน ภายใต้สถานการณ์กดดัน จะยังคงมีระดับฮอร์โมนกลูโคคอร์ทิคอยด์ที่สูงกว่าปกติ ผลที่สำคัญคือ การทำงานเกี่ยวกับการเจริญเติบโตและการซ่อมสร้างร่างกาย ถูกกดหรือคุมไว้ให้อยู่ในระดับต่ำ**
มีการกระตุ้นกระบวนการสร้างกลูโคส (gluconeogenesis) โปรตีนในกล้ามเนื้อถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน ไขมันถูกสลายเป็นกรดไขมัน ทั้งหมดเป็นไปเพื่อนำพลังงานออกมาใช้	กระบวนการควบคุมและใช้พลังงานผิดปกติ มีอาการของเบาหวาน(มีน้ำตาลกลูโคสในเลือด แต่นำมาใช้เป็นพลังงานไม่ได้เต็มที่) โรคอ้วน และกล้ามเนื้อลีบเล็ก
หัวใจเต้นเร็ว หัวใจบีบตัวแรงขึ้น	โรคหัวใจ ความดันสูง
ความจำ และทักษะบางอย่าง ดีขึ้น (ในช่วงสั้นๆ)	มีการเสื่อมของระบบประสาท เซลในระบบความจำฝ่อตาย
	ไม่เจริญเติบโต, กล้ามเนื้อเล็กลีบ, กระดูกเสื่อม, แผลหายช้า
การทำงานของกระเพาะอาหารและลำไส้ถูกระงับชั่วคราว (อาหารไม่ย่อย ไม่รู้สึกหิว)	ผนังเยื่อบุกระเพาะอาหารบางลง เป็นโรคกระเพาะ การเคลื่อนไหวและการดูดซึมของลำไส้ผิดปกติ
	ไม่มีประจำเดือน, สมรรถภาพทางเพศเสื่อม
ปฏิกิริยาต่อสิ่งแปลกปลอม(การอักเสบ)ลดลง ความเจ็บปวดจากแผลลดลง เลือดแข็งตัวเร็วขึ้น (หากมีบาดแผล เลือดที่ออกจะหยุดเร็วขึ้น)	ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันผิดปกติ ภูมิคุ้มกันต่ำ แพ้ง่าย

ปัญหา และการเรียนรู้ : กดดัน หรือ ท้าทาย

อะไรบ้างคือสิ่งที่เรียกว่าปัญหา : ข้อมูลที่หาความสัมพันธ์เชื่อมโยงไม่ได้ หรือข้อสงสัยที่ไม่มีคำตอบ คือปัญหา สิ่งที่เกิดขึ้นซึ่งไม่ตรงกับความคาดหมายไว้ คือปัญหา ภาวะฉุกเฉินที่นำชีวิตเข้าสู่อันตรายคือปัญหา คำว่า 'ปัญหา' จึงมีความหมายทางรูปธรรมได้หลายแบบ แต่ในกรณีทั้งหมดนี้ ถ้าสรุปนิยามสำหรับสมองแล้ว อาจกล่าวได้ว่า ปัญหาเกิดขึ้นเมื่อมีการรับรู้ถึงสถานการณ์ในบริบทดังกล่าว และ ปัญหาเรียกร้องให้มีพฤติกรรม เพื่อการแก้ไขปรับเปลี่ยนบางสิ่งบางอย่าง อันเป็นองค์ประกอบของบริบทนั้น

เมื่อปัญหาเกิดขึ้น นั่นหมายถึง ระบบผดุงชีวิตเผชิญหน้ากับสิ่งแวดล้อมบางอย่าง และการเผชิญหน้านั้นต้องการการตอบสนองบางอย่าง จริงๆ แล้วมนุษย์เราเผชิญหน้ากับสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา และการเผชิญหน้านั้นก็ต้องการการตอบสนองอยู่ทุกขณะ แต่โดยทั่วไปสถานการณ์เหล่านั้นมักไม่เรียกว่าปัญหา เราตื่นขึ้น แปรงฟัน อาบน้ำ กินข้าว ไปทำงาน ฯลฯ กิจวัตรเหล่านี้ดำเนินไปอย่างปกติ ถ้ามันไม่มีปัญหา นั่นก็คือว่า ถ้าพฤติกรรมที่เป็นการตอบโต้กับสิ่งที่เผชิญอยู่นั้น ได้ผลปกติเป็นไปตามคาดหมาย ทุกสิ่งดำเนินไปได้โดยไม่ติดขัด ก็ถือว่าไม่มีปัญหา

เราเผชิญปัญหาเมื่อมีสิ่งไม่คาดหมายเกิดขึ้นแล้วต้องหาพฤติกรรมที่จะตอบสนองต่อสิ่งนั้น เมื่อหิวข้าวแล้วไม่มีอะไรจะกิน ก็เริ่มจะมีปัญหา เมื่อง่วงนอนแต่ ยังทำงานไม่เสร็จ ก็เป็นปัญหา บางทีปัญหาเป็นเรื่องแค่ความคิดสงสัย ว่าทำไมค้างคาวถึงออกหากินกลางคืน ไม่ออกหากินกลางวัน หรือ โลจิกเกทหมายถึงอะไร ปัญหาในสองกรณีหลังเป็นแค่ต้องการหาคำตอบบางอย่าง ถ้าจะว่ามีความคาดหมายอยู่ ก็คงเป็นความคาดหมายว่า เราน่าจะรู้คำตอบเหล่านั้น แต่เมื่อไรไม่สนใจคาดหมายคำตอบ ปัญหาก็จะหมดไป แต่ถ้ายังคาดหมายคำตอบ ก็จะต้องมีการผลักดันพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อแก้ปัญหา คือค้นหาคำตอบนั้น

ปัญหาบางอย่าง เป็นสภาวะที่กดดันซึ่งอาจนำไปสู่ความเครียด **ความเครียดคือการเปลี่ยนแปลงของร่างกายและจิตใจ ทำให้เกิดดุลยภาพในลักษณะที่ไม่ควรจะเป็น และในทางลบก็อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบผดุงชีวิต** ส่วนภาวะกดดัน คือ สถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่เรียกร้องพฤติกรรมบางอย่างซึ่งโดยทั่วไปเรามักตกอยู่ในสภาพจำยอมต้องรับสถานการณ์เช่นนั้น การไม่ตอบคำถามเรื่องค้างคาวจะไม่ทำให้เกิดปัญหาต่อไป ด้วยเหตุว่า การเปลี่ยนเป้าหมายหรือการคาดหมาย คือเลิกคิดเรื่องคำถามนั้นเสีย ก็ทำให้ความเป็นปัญหาหมดไป แต่ถ้ายังหาอะไรกินไม่ได้ทั้งๆ ที่หิว ความคาดหมายเรื่องอาหารถูกกำกับไว้ด้วยความจำเป็นทางสรีระ ซึ่งอย่างไรก็ต้องแก้ปัญหานั้น จะเปลี่ยนจุดหมายหรือความคาดหมายไปเรื่องอื่นได้ยาก กรณีนี้เป็นความจำเป็นทางสรีระ มีกรณีอื่นซึ่งเป็น

ปัญหาอันเกิดจาก ความคาดหมายที่ผูกพันกับอารมณ์ เช่น คาดหมายว่าฟุตบอลทีมเยอรมันจะต้องชนะแล้วกลับแพ้ บางครั้งความคาดหมายหรือเป้าหมายที่ดูไม่น่าจะสำคัญต่อชีวิตเลย กลับเป็นเรื่องที่กลายเป็นความเป็นความตาย (ดังเช่น บางคนมีปัญหากับทีมฟุตบอลที่แพ้ดังกล่าว อย่างน้อยก็ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง) เป้าหมายเหล่านี้เกิดจากการเบี่ยงเบนของเป้าหมายในระหว่างประสบการณ์เรียนรู้ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างซับซ้อนก่อนหน้านั้น

เมื่อมีปัญหา เราถูกบังคับให้เลือกพฤติกรรมมาแก้ปัญหา สมองมีศักยภาพในการทำงานมากกว่าการโต้ตอบแบบรีเฟลกซ์ ดังนั้น การแสดงออกซึ่งพฤติกรรม ก็คือ ความคิดบวกกับการกระทำ **ปัญหาจึงบังคับให้มนุษย์ คิดและทำ ซึ่งนับเป็นผลกระทบทางบวกของปัญหา การคิดและทำ นำมาซึ่ง 'การเรียนรู้'**



ปัญหาปรากฏต่อสมอง ในบรรยากาศที่ต่างกันสองแบบ บางทีเรารู้สึกอึดอัด หงุดหงิด วิตกกังวลมาก ว่าจะจัดสรรเงินที่หามาได้อย่างไร ให้พอกับความจำเป็นที่จะต้องใช้จ่าย เช่นเดียวกับที่นักเรียนก็กระวนกระวายเมื่อวันสอบใกล้เข้ามาทุกที หรือใจเต้นตึ้กๆ เวลาครูเรียกไปหน้าชั้น อีกแบบหนึ่งเป็นในทางตรงข้าม เช่น เวลาอยู่หน้าจอเกมแทบไม่อยากลุกไปไหน จนกว่าจะ 'แก้ปัญหา' และสะสมแต้มได้อีกขั้นหนึ่ง



ความกดดัน คือ 'ปัญหาในบรรยากาศที่มีความคาดหมายสูง' ในขณะที่ 'รู้สึกว่ามีความสามารถในการแก้ปัญหานั้นต่ำ' นั่นคือการประเมินตัวเองว่า 'ไม่ว่าจะพยายามทำอย่างไรเพื่อแก้ปัญหา ก็อาจแก้ปัญหาไม่ได้ ความสำเร็จในการแก้ปัญหาอาจมีไม่มากนัก' ในกรณีนี้ เราจะรู้สึกอึดอัด หงุดหงิด วิตกกังวล

ส่วน**ความท้าทาย เป็นบรรยากาศที่มีความเชื่อมั่นว่า จะสามารถแก้ปัญหาได้ในที่สุด** โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มีความรู้สึกว่าปัญหานั้นง่าย ดังนั้น แม้จะคาดหมายความสำเร็จไว้สูง ก็ไม่ได้หมายความว่าจะมีความกดดันเสมอไป ในทางตรงข้าม ยิ่งคาดหมายสูงเท่าไร ยิ่งท้าทายมากเท่านั้น

เราคงเห็นว่าความแตกต่างในบรรยากาศทั้งสองของปัญหา ก็คือ 'ความรู้สึก ต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหา' หรือพูดแบบตรรกะทางวิทยาศาสตร์ก็คือ ถ้าคิดแล้วว่า **ความน่าจะเป็นในการแก้ปัญหาได้มีมาก ปัญหาที่มีอยู่ก็คือ ความท้าทาย ถ้าความน่าจะเป็นในการแก้ปัญหาได้มีน้อย ปัญหาที่มีอยู่มักเป็น ความกดดัน**

ในการเรียนรู้นั้น การทำงานของวงจรการคิด ก็คือ การเลือกทาง ระหว่างทางที่อาจเป็นไปได้หลายทาง เงื่อนไขในการเลือกก็คือเป้าหมายที่(ถูก)กำหนดไว้ ถ้าเลือกแล้วมีผลสะท้อนกลับว่าการเลือกกับเป้าหมายนั้น 'ตรง' กัน วงจรทางที่เลือกก็จะถูกจำไว้โดยสัมพันธ์กับเป้าหมาย เมื่อใดมีเป้าหมายเดิมก็จะเลือกวงจรเดิม นี่คือการเรียนรู้ที่ได้ก่อ-สร้างขึ้น รวมทั้งการจำได้เกิดขึ้นแล้ว แต่ถ้ามีเป้าหมายใหม่ การคิดก็จะเริ่มต้นใหม่ และในหลายกรณี การเลือกมักจะลองใช้วงจรเดิมที่เคยใช้มาก่อนแล้ว(แม้เป้าหมายจะเปลี่ยนไปก็ตาม) นั่นคือ แม้จะเป็นปัญหาใหม่ การคิดก็มักจะใช้วิธีเก่าก่อนที่จะลองวิธีใหม่

กลุ่มเซลสมองในระบบที่ใช้สารสื่อประสาท โดปามีน มีบทบาทอยู่มากในกระบวนการปรับทักษะทางปฏิบัติการ หมายความว่า ในการฝึกฝนความชำนาญในเรื่องใดๆ เช่น ใช้ไขควง เขียนหนังสือ ขี่จักรยาน เล่นฟุตบอล ฯลฯ ความสัมพันธ์ของการสั่งงานกล้ามเนื้อทุกมัดจะต้องเหมาะเจาะลงตัวพอดีในจังหวะที่แม่นยำ ถ้าใครเคยฝึกเล่นเปียโนหรือระนาด หรือแม้เครื่องดนตรีอื่นก็ตาม เริ่มเล่นจะรู้สึกว่ายาก เพราะการควบคุมนิ้ว มือ หรือแขน ในอาการที่ไม่เคยทำไม่คุ้นชินมาก่อนนั้น เป็นการควบคุมที่ไม่มีวงจรสำเร็จรูปของการควบคุมในสมองรองรับอยู่ สมองจะควบคุมนิ้วให้ไปพร้อมกันทั้งสี่นิ้วมากกว่าจะยอมให้เคลื่อนไหวแต่ละนิ้ว นี่เป็นการทำงานของวงจรเก่า โดปามีนในเบซัลแกงเกลียมีปริมาณมากขึ้นในขณะฝึกทักษะ ซึ่งแสดงว่า โดปามีนช่วยปรับวงจรการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นความเคยชินเก่า ให้ลดความสำคัญลง เปิดโอกาสให้เกิดมีการใช้วงจรใหม่ขึ้น โดปามีนจะมีปริมาณสูงมากในเด็กที่กำลังเล่นวิดีโอเกม 'ด้วยความมันส์'

แม้ว่ายังไม่มีการวิจัยออกมาได้ว่า ในเรื่อง 'การคิด' จะมีแบบโมเดลของการทำงานเช่นเดียวกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมปฏิบัติการนี้หรือไม่ แต่การสังเกตพฤติกรรมการคิดของเราเอง คงจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนวิธีคิด ที่เคยคิดอย่างหนึ่งเป็นคิดใหม่อีกแบบหนึ่ง ทำได้ไม่ง่ายนัก บางทีอาจจะทำไม่ได้เลยโดยเฉพาะถ้าไม่ได้มีการชี้แนะหรือฝึกฝนมาก่อน และยิ่งยุ่งยากมากขึ้นไปอีกถ้าความคิดนั้นเกี่ยวพันกับผลประโยชน์บางอย่างของ 'ตัวตน' มนุษย์ มนุษย์พร้อมที่จะคิดและให้เหตุผลง่ายๆ มากกว่า ดังนั้นความเข้าใจที่ว่าโลกเป็นศูนย์กลางจักรวาลนั้นจึงเป็นเรื่องธรรมดา กว่ามนุษย์จะคิดใหม่ว่า ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางระบบสุริยะนั้น ก็เพิ่ง 500 ปีมานี้เอง และไม่ใช่เรื่องง่ายนักที่ความคิดนี้จะเป็นที่ยอมรับในระยะแรก

สำหรับเด็กแล้ว ... ขอให้นึกว่า คำว่า 'เด็ก' มีความหมายมากกว่าที่เราเคยคิดกันมากนัก โดยเฉพาะความหมายในเรื่องการเรียนรู้ สมองของเด็กยังพร้อมต่อการสร้างวงจรการเรียนรู้ใหม่ๆ โดย 'ไม่ยาก' จริงๆ แล้ว สิ่งที่ยากอาจเป็นเรื่องของผู้ใหญ่ ที่พยายามให้เด็กคิด แบบที่ผู้ใหญ่เคยคิดมาแล้ว **ไม่มีสมองใดก๊อปปี้สมองอื่นได้ การเรียนรู้นั้น สร้างขึ้นจากภายในตัวเด็กเอง** และมันค่อยๆ สร้างขึ้น เป็นฐานของการเรียนรู้ที่สูงขึ้นไป ถ้ามันผิดตั้งแต่ต้นและดำเนินต่อไปเรื่อยๆ โอกาสจะกลับมาถูกหรือเปลี่ยนความเข้าใจใหม่ได้ก็น้อยลงเรื่อยๆ

การเรียนรู้ในเด็กเกิดใหม่ดูมีแต่ความท้าทายประการหนึ่งอาจเพราะเด็กยังไม่ยึดติดอยู่เฉพาะกับความคาดหมายใดๆ ถ้าเด็กทำไม่ได้ก็อาจลองวิธีใหม่ ไม่ได้ติดยึดว่า ต้องสำเร็จหรือไม่ แต่เมื่อเด็กเริ่มโตขึ้นและเข้าสู่ระบบสังคม ความคาดหมายต่างๆ เริ่มมีมากขึ้นทั้งจากตัวเองและผู้อื่น ความติดยึดในความคิดประสบการณ์ที่ตัวเองได้เรียนรู้มีมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดการเรียนรู้จากปัญหาโดยท้าทายนั้นก็น้อยลงเรื่อยๆ บางครั้ง 'การเรียนรู้' กลับกลายเป็นตัวปัญหาเสียเอง **แทนที่การเรียนรู้จะเป็นสะพานเพื่อข้ามปัญหาไป ในโรงเรียนการเรียนรู้ กลับถูกทำให้เป็นเป้าหมายที่จะต้องหาทางไปให้ถึง กลายเป็นที่มาของปัญหาไป** เรื่องการเรียนรู้จึงกลายเป็นเรื่องเครียด โดยเฉพาะถ้าศักยภาพสมองของนักเรียนนั้นไม่สูงนัก ซึ่งอาจเนื่องมาจากวงจรการเรียนรู้พื้นฐานไม่เพียงพอ หรือเป็นมาแต่เกิดก็ตาม เมื่อเป้าหมายที่ทั้งเด็กและครูรับรู้กันว่ามันอาจจะมีความสำเร็จได้ยากนั้น ถูกกำหนดไว้เสียแล้ว การเรียนรู้ ก็



จะกลายเป็นปัญหาที่ต้องทำให้สำเร็จ และกลายเป็นเรื่องเครียดไป และความเครียดในแง่ลบนี้ก็จะทำให้การเรียนรู้ย่ำแย่หนักลงไปอีก

ถ้าลองเปลี่ยนความคิดเป็นว่า **โรงเรียนคือที่ซึ่งอาจนำนักเรียนไปเผชิญปัญหาต่างๆ โดยวิธีที่แยบยล เด็กก็จะเหมือนมนุษย์ทั่วไป ซึ่งพันธุกรรมคัดเลือกถ่ายทอดสิ่งที่อยู่ในสมองมาเพื่อให้สามารถใช้ 'การคิด' หรือ 'กระบวนการเรียนรู้' เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา** เราควรเปลี่ยนกระบวนทัศน์ความคิดเป็นอย่างนี้ว่า ในโรงเรียนซึ่งเป็นสถานที่ที่จะนำเด็กเข้าสู่กระบวนการจัดการศึกษานั้น ควร **ให้ 'การเรียนรู้' เป็นเครื่องมือ ไม่ทำ 'การเรียนรู้' ให้กลายเป็นแบบพฤติกรรมซึ่งต้องเป็นเป้าหมายที่ไปให้ถึง** มีเด็กพิเศษไม่มากนักที่สามารถเอาชนะเป้าหมายพฤติกรรมการเรียนรู้ในโรงเรียนได้ ก็เพราะศักยภาพทางสมองของเขาสูงกว่าระดับทั่วไป แต่เราต้องยอมรับที่จะประคับประคองให้ 'เด็กส่วนใหญ่' สามารถเรียนได้ เต็มตามศักยภาพสมองที่เขามี โดย**ใช้สมองของเขาฝึกแก้ปัญหา ดีกว่าที่จะให้เขาต้องรู้สึกว่า เขาต้องแก้ปัญหาสมองของเขาเอง**

ความเครียด

ไม่ว่าจะ กดดัน หรือ ท้าทาย ก็ย่อมเกิดความเครียดทางกายขึ้นได้ ความเครียดคือภาวะที่ร่างกายรวมถึงสมองเปลี่ยนไปจากสมดุลปกติ ความเครียดในที่นี้เน้นเกี่ยวกับสภาพสรีระของร่างกาย เป็นคนละอย่างกับ 'เครียด' ที่เป็นความรู้สึกในภาวะกดดัน (ร่างกายที่เครียดกับจิตใจที่เครียดมักเกิดขึ้นด้วยกัน) โดยทั่วไปอะไรที่ 'ปกติ' น่าจะเป็นสิ่งดี อะไรที่ไม่ปกติ แสดงว่าดุลยภาพถูกถ่วงไปทางด้านบวกหรือด้านลบมากเกินไป แต่ความเป็นปกติ ไม่ได้มีความหมายในตัวมันเอง มันเป็นความปกติเพราะเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งที่มีอยู่โดยทั่วไปแล้ว มันดูเหมือนๆ กัน (หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับว่าเอาไปเปรียบกับอะไร หรืออะไรเรียกว่ามาตรฐาน เราอาจยึดเอาสิ่งที่ไม่ปกติว่าเป็นมาตรฐาน ในกรณีนี้ สิ่งใดเหมือนกับมาตรฐาน สิ่งนั้นก็ปกติ)

ความเครียด คือการเบี่ยงเบนไปจากสมดุลปกติ ร่างกายและสมองที่ถูกจัดเตรียมไว้ในสมดุลนั้น อาจมีความสามารถในการทำงานรองรับสภาวะที่เบนไปจากสมดุลได้ไม่มากก็น้อย แต่การเบนไปจากสมดุลนี้ ถ้าเป็นสภาวะติดต่อกันยาวนาน ก็เรียกว่า การปรับเข้าสู่สภาวะสมดุลใหม่ สมดุลใหม่นี้ก็ใช่ว่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม บางครั้งการมีสารบางอย่างน้อยเกิน ทำให้สมองทำงานไม่มีประสิทธิภาพ มากเกินไปก็ก่อให้เกิดความไร้ระเบียบ ร่างกายก็เช่นกัน

ระบบการสำรองพลังงาน การนำพลังงานมาใช้ ภาระปฏิบัติการในชีวิตและโครงสร้างร่างกาย จะถูกจัดไว้อย่างปกติพอดีในแต่ละคน การใช้ชีวิตของแต่ละคน การเรียนรู้ของแต่ละคน ก่อให้เกิดความเชื่อมโยงกันและสมดุลอันลงตัวของสารสื่อประสาทในสมองทุกขนิด ซึ่งสะท้อนเป็นพฤติกรรมต่างๆ บุคลิกต่างๆ สารเหล่านี้เกิดมาจากความคิด ถ้อยคำ และการกระทำของเราเอง นั่นคือ มันมิได้เพียงมีอยู่แต่เดิมพร้อมกับการเกิดมา แต่เราก็เป็นผู้สร้างและดัดแปลงสมดุลของมันด้วย และระบบผดุงชีวิตภายในคือร่างกายตามสภาพทางกายภาพ ก็จะถูกปรับให้รองรับสมดุลนั้นด้วย เราใช้ชีวิตแบบไหน รับประทานอาหารแบบไหน สมองของเรา ร่างกายของเรา ก็สะท้อนชีวิตของเราเอง

ความเครียด ก็คือจุดเริ่มต้นของการปรับสมดุลใหม่ ในด้านหนึ่ง สารหลายอย่างที่เปลี่ยนแปลงไปในภาวะที่เผชิญกับปัญหา เป็นไปเพื่อทำให้ร่างกายและสมองรับมือกับปัญหานั้นได้ดีขึ้นกว่าในสภาวะปกติ ดังนั้นในแง่นี้ ความเครียดหรือการเปลี่ยนแปลงนี้ก็นับว่าเป็นประโยชน์

โดยส่วนใหญ่แล้ว เรามักมีความรู้สึกไม่ดีต่อความเครียดนักเพราะมันมัก

นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงถาวรยาวนานที่ทำให้คุณภาพชีวิตเสื่อมลง จะว่าไปแล้ว ความเครียดไม่ใช่ปัญหาในตัวมันเอง แต่สิ่งที่กดดัน ทำให้เกิดความเครียดนั้นต่างหาก คือตัวปัญหาที่ก่อความเปลี่ยนแปลงนี้ ถึงแม้ความท้าทาย ก็นำร่างกายไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่บางครั้งเกินเลยจนเจ็บป่วยได้เช่นกัน

แต่ในประวัติวิวัฒนาการนั้น เผ่าพันธุ์ดั้งเดิมของลิงที่คล้ายมนุษย์เผ่าพันธุ์หนึ่ง ที่ชื่อว่า แอสตราโลพิเธคัส บัวเซอิ มีการปรับตัวรับมือกับธรรมชาติสิ่งแวดล้อมได้ดีมาก จะว่าไปแล้วก็คือ มันอาจจะแทบไม่มีความเครียดเลย ด้วยเหตุว่ามันไม่มีความจำเป็นต้องกระตือรือร้นดิ้นรนเพื่ออยู่รอดเลย เพราะอยู่ท่ามกลางอาหารตามธรรมชาติที่สมบูรณ์ บริเวณที่อยู่อาศัยก็ไม่มีภัยอันตรายใดๆ ต่อมาภายหลังปรากฏว่าเผ่าพันธุ์นี้ก็สูญพันธุ์ไปในที่สุด เมื่อการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติใหญ่หลวงได้มาเยือน และลิงพวกนี้ปรับตัวไม่ทัน ส่วนมนุษย์ดึกดำบรรพ์เผ่าอื่นที่ต้องดิ้นรนนั้น มีการพัฒนาการเรียนรู้มากขึ้นเรื่อยๆ จากการเผชิญปัญหาและมีความเครียดในระดับต่างๆ และผลจากการณ์นั้นทำให้สามารถรอดอยู่ได้มาจนทุกวันนี้

ความเครียดในแง่บวก

การต่อสู้ทางจิตใจ หรือกล่าวในแง่กายภาพคือ ภาวะตึงเครียดในสมองนั้นเป็นสภาพทางกาย ซึ่งมักนำคนเราไปสู่ความรู้สึกเครียดคือมีการต่อสู้ทางจิตใจมีความอยากจะพาตัวให้พ้นสภาพที่เป็นอยู่นั้น แต่ทำไม่ได้ นี่ไม่ใช่ภาวะที่มีความสุขนัก ภาวะตึงเครียดในสมองคือการที่สมองทำงานอย่างอ่อนล้า อยู่ในวังวนของการคิดหรือหาวงจรในสมอง ที่จะนำไปสู่ทางออก ในขณะตึงเครียดนั้น การคิดหรือการหาวงจรทางออกนั้นจะสำเร็จหรือไม่ ขึ้นอยู่กับแบบแผนวงจรสมองที่ได้สร้างได้มีขึ้น ระหว่างกระบวนการเรียนรู้ที่ผ่านๆ มา

อันที่จริงการเผชิญภาวะความกดดันต่างๆ กล่าวในแง่หนึ่งก็คือ ต้นธารของการเรียนรู้ เพราะการเรียนรู้หมายถึงการรับรู้ข้อมูล สามารถคิดเข้าใจว่าอะไรคือภาวะกดดัน ภาวะกดดันเกิดขึ้นจากปัญหาอะไร และจะต้องได้รับการแก้ไขให้ผ่านไปอย่างไร เราเรียนรู้สูงขึ้นจากปัญหา และแก้ปัญหานั้นได้สำเร็จทีละขั้นๆ ดังนั้น ในห้องเรียน ครูไม่ควรปล่อยให้มีแต่ความกดดัน หรือจัดการควบคุมภาวะกดดันไปเสียทั้งหมด ถ้ามีความกดดันมากเกินไปทำให้ป่วย แต่ถ้าไม่มีเลย สมองก็ไม่มีโอกาสได้แก้ปัญหาหรือเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหา

การเรียนรู้ท่ามกลางปัญหา

กระบวนการเรียนรู้ ควรจะเป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาสมอง การจัดการ(ให้เกิด)กระบวนการเรียนรู้ก็คือการจัดการศึกษา ในการเรียนการสอนควรนำเสนอข้อมูลและประสบการณ์ต่างๆ เพื่อให้เกิดพัฒนาการทั้งด้านตรรกะและอารมณ์ เพื่อเพิ่มศักยภาพสมองในการหาวิธีการคลี่คลายออกจากสภาวะเช่นนี้ อย่างกรณีเด็กวัยรุ่น ความกดดันของวัยรุ่นมักเกี่ยวกับค่านิยม หรือความคิดเห็นความต้องการของวัยรุ่นกับสิ่งที่สังคมคาดหวังจากตัวเขา เด็กบางคนหาทางออกตามใจตนเอง ไม่สนใจความต้องการของครอบครัวและสังคม เขาก็ไม่เผชิญกับปัญหา นั่นคือเขา 'หลีกหนี' จากสังคม เด็กบางคนอาจพยายามหาทางออกแบบอื่นที่จะสลายปัญหาและความกดดัน โดยการประสานระหว่างความรู้สึกของตนเองและของครอบครัวหรือสังคม ถ้าเขาทำได้ เขาก็ได้ชื่อว่าประสบความสำเร็จ ถ้าเขาทำไม่ได้ เขาอาจจะเครียดและเกิดภาวะสับสนในสมองมากขึ้น การคลี่คลายออกจากจุดนี้ ถ้าทำได้สำเร็จจะทำให้เขา 'เรียนรู้' เพิ่มขึ้น

ความพร้อมต่อการแก้ปัญหา, เรียนรู้ ไว้แก้ปัญหา

การเข้าใจเรื่องภาวะความเครียดในแง่บวก หรือ การแก้ปัญหาก็คือการเรียนรู้นี้ ทำให้เราเข้าใจว่า การเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องเบาสบาย สนุกสนานเสมอไป วิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการเรียนรู้ก็คือ นำปัญหามาวางลงตรงหน้า แล้วลงมือแก้ปัญหา การคิดแก้ปัญหานั่นแหละคือจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ การคิดหาวิธีการแก้ปัญหาเป็นการสร้างเครือข่ายของเดนไดรท์ สมองพร้อมที่จะแก้ปัญหาง่ายๆ มาตั้งแต่เด็กอายุเพียง 1-2 ขวบ แต่สำหรับเรื่องที่ซับซ้อนนั้น อาจต้องรอให้สมองพร้อมสักหน่อย การขยายตัวอย่างรวดเร็วของเดนไดรท์ในสมองซีกขวานั้น เริ่มต้นระหว่างเด็กอายุ 4-7 ปี และซีกซ้ายเมื่ออายุ 9-12 ปี สมองเตรียมจะพัฒนาเต็มที่และพร้อมรับมือกับสิ่งนามธรรมอันซับซ้อนเมื่ออายุราว 11-13 ปี ในช่วงนี้เอง สิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างสมอง 2 ซีก คือ คอร์ปัสแคลโลซัม (corpus callosum) ก็เติบโตพร้อมแล้ว ช่วงเวลานี้ คอร์ปัสแคลโลซัม สามารถส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 4 พันล้าน ข้อมูลต่อวินาที ข้ามผ่านเส้นใยประสาท 200-300 ล้านเส้น และพร้อมรับมือกับภาวะท้าทายต่อสมองนานา แต่การพัฒนาสู่ภาวะเติบโตเต็มที่ของสมองยังคงดำเนินไปจนถึงอายุประมาณ 20-25 ปี อย่างไรก็ตาม การพัฒนาในทางโครงสร้างของสมองจนสมบูรณ์นั้น ไม่ได้เป็นหลักประกันว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาจะดีขึ้นตามไปด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถที่จะจัดการกับตนเอง เพื่อไม่ให้เป็นฝ่ายถูกกระทำจากความเครียดนั้น จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในกระบวนการเรียนรู้ที่ผ่านมาเป็นสำคัญ สมองพร้อมจะแก้ปัญหาและจะแก้ปัญหาได้หรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับว่ามีการพัฒนาวงจรเซลสมอง โดยการเชื่อมต่อระหว่างเซลและระหว่างร่างแหวงจรต่างๆ ไว้พอเพียงหรือไม่ ร่างแหวงจรเหล่านี้แหละที่เกิดจากการเรียนรู้ และจะเป็นข้อมูลความรู้สำหรับแก้ปัญหาและสร้างวงจรการเรียนรู้ใหม่ต่อยอดไปเรื่อยๆ





ทางออกเมื่อยังไม่พร้อมจะแก้ปัญหา

การก้าวออกไปให้พ้นจากภาวะตึงเครียดนั้น โดยปกติแล้วก็เป็นไปได้ มิฉะนั้น คนเราต้องเครียดตลอดชีวิต การเรียนรู้เพิ่มขึ้นเพื่อแก้ปัญหาก็ดี การพยายามคิดหาวิธีต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาก็ดี เป็นการก้าวจากความสับสนไปสู่ภาวะสมดุลอย่างสงบ นักวิทยาศาสตร์ด้านสมองอธิบายว่า การเรียนรู้เพิ่มและการพยายามคิด ก็คือภาวะที่เซลในสมองพยายามวิ่งไปตามวงจร (pathway) ต่างๆ อันเป็นเครือข่ายของสมองที่เคยมีอยู่ หรืออาจพยายามลองสร้างเครือข่าย (connection) ขึ้นใหม่ เรียกว่า สร้างทางเดินวงจร (pathway) ใหม่ๆ ถ้าคิดสำเร็จก็ก้าวไปสู่การได้คำตอบ ความสับสนจบลง ความเครียดยุติลง แต่ระหว่างที่ยังสบสนกดดันหาทางออกไม่ได้นั้น สมองต้องแบกรับภาระเอาไว้มาก การหลีกไปจากปัญหาชั่วคราว หรือการนำตนเองเข้าไปในกระบวนการหรือสภาพแวดล้อม ที่สร้างการกระตุ้นต่อสมองแบบอื่น อาจทำให้ภาวะเครียดและอ่อนล้าของสมองบรรเทาลงได้ กระบวนการหรือกิจกรรมเพื่อการผ่อนคลายนี้มีอยู่ในรูปแบบต่างๆ นานา เช่น การออกกำลังกาย การกดจุด การนวด การฝึกสมาธิ การรับประทานอาหารและการใช้สมุนไพรบางอย่าง มีการอธิบายว่า วิธีผ่อนคลายเหล่านี้ มีผลต่อการไหลเวียนของเลือด เพิ่มออกซิเจนให้แก่ร่างกายและสมอง และกระตุ้นการทำงานสมองในส่วนต่างๆ วิธีเหล่านี้ล้วนเป็นการสร้างสมดุลของสารสื่อประสาทในสมองใหม่ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ผ่อนคลายจากความเครียดได้



การแก้ปัญหา-ความเครียดในกระบวนการเรียนการสอน

ปัญหาความเครียดที่เราพบเห็นอยู่ทุกวันนั้น อาจมีสาเหตุจากโรคภัยไข้เจ็บบางอย่างก็ได้ แต่ส่วนใหญ่ มักไม่ใช่ปัญหาทางสุขภาพหรือการเจ็บป่วยที่ต้องอยู่ในความดูแลของแพทย์ ตัวอย่างเช่น ปัญหาการปรับตัวของนักเรียนชั้นมัธยมต้น ที่กำลังก้าวสู่วัยมีประจำเดือน หรือการเริ่มต้นวัยรุ่นอย่างสมบูรณ์ หรือความเครียดที่เด็กได้รับในวัยอนุบาลและวัยประถมศึกษา ปัญหาเหล่านี้ เป็นสิ่งที่กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น

ในโรงเรียน เด็กๆ มีความรู้สึกหลายอย่าง เช่น ความรู้สึกว่าตัวเองล้มเหลว ไม่มีทางเลือก ถูกกดดันจากตารางสอนทางวิชาการ ที่แน่นทุกชั่วโมงจากเข้าจรดเย็น ทั้งยังมีการเรียนเสริมสารพัดวิชา ความเครียดที่ก่อตัวในชั่วโมงที่ผ่านไปในแต่ละวัน ล้วนแต่ผูกอยู่กับคำถามเช่นว่า ฉันเรียนเรื่องนี้เพื่ออะไร รู้แล้วมันเกี่ยวอะไรกับวันนี้และพรุ่งนี้ ทำไมฉันจึงไม่ได้วิ่งเล่นทั้งๆ ที่ฉันอยากจะวิ่ง ทำไมต้องจดโน้ตทั้งชั่วโมงจนมือล้า ทั้งๆ ที่สิ่งที่ฉันจดลงไปนี้ไม่น่าสนใจเลย เป็นต้น โดยสรุปแล้ว ภาวะเบื่อหน่าย ภาวะเครียดนี่เอง น่าจะกลายเป็นสิ่งที่บงการจิตใจของเด็ก และทำให้เด็กล้มเหลวทางวิชาการ จนกลายเป็นเด็กเรียนอ่อนไปในที่สุด การจัดการเรียนการสอนแบบนี้นอกจากจะไม่ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้แล้ว ยังทำให้เกิดความเครียดในแง่ลบขึ้นมาอีก

ความเครียดในห้องเรียนนั้นต้องจัดการไปโดยตรงที่สาเหตุสำคัญ งานที่ต้องทำ สิ่งที่ต้องเรียน ไม่ว่าในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียนก็มีด้วยกันทั้งนั้น ในห้องเรียนนั้น มักมีกิจกรรมหรือกระบวนการที่ให้เรียนหรือฝึกฝนทักษะ หรือเรียกว่าแบบฝึกหัด ซึ่งก็คือ 'ปัญหา' ที่ห้องเรียนสร้างขึ้นให้กับเด็กในกระบวนการเรียนรู้ การแก้ปัญหาเหล่านั้นมีหลายรูปแบบวิธีการ เช่น บางครั้งเป็นการแก้โจทย์สมการบนกระดาน บางครั้งต้องลองทำสถิติเปรียบเทียบ บางครั้งต้องบวกลบดู บางครั้งต้องอภิปรายหาความคิดอื่นหาทางออกอื่นๆ บางครั้งเป็นการสรุปข้อมูลซึ่งต้องใช้การวาดการใช้กราฟแผนภูมิทำความเข้าใจด้วย บางครั้งต้องค้นคว้าอ่านหนังสืออย่างหนัก สิ่งเหล่านี้แสดงว่าการจะแก้ปัญหาให้ตกไปได้ ซึ่งจะทำให้ผ่านความเครียดและมีการเรียนรู้เกิดขึ้นได้นั้น มิได้ต้องการเฉพาะความรู้ทางทฤษฎี แต่ต้องลงมือทำ ที่สำคัญต้องมีวงจร (pathway) ในสมองที่เราต้องใช้ในการแก้ปัญหาด้วย คำถามมีอยู่ว่า **วงจร** หรือ pathway แต่ละอย่างที่สมองต้องใช้นั้น สมองสร้างไว้แล้วหรือยัง และที่สำคัญถ้ายังไม่ได้สร้าง สมองพร้อมแล้วหรือไม่ที่จะสร้างมันขึ้นมา

หน้าที่ของผู้ปกครองและครูก็คือ ต้องรู้ว่าเมื่อไรเด็กจึงจะควรพร้อมสำหรับการแก้ปัญหาได้ และเมื่อมีข้อบ่งชี้เพียงพอว่าเด็กควรจะเริ่มแก้ปัญหาเองได้แล้ว ก็ควรจัดการขั้นตอนและคอยชี้นำเด็ก หรือแม้กระทั่งทำให้ดูเป็นตัวอย่าง ระหว่างที่นำเด็กเข้าสู่สถานการณ์ที่ต้องการการแก้ปัญหา ให้เขาได้เผชิญสถานการณ์หลายๆ แบบเพื่อให้เรียนรู้ว่า มีวิธีการมากมายที่อาจใช้แก้ปัญหาได้

การเรียนรู้ว่าเด็กพร้อมจะแก้ปัญหาได้หรือไม่เป็นสิ่งที่สำคัญ การเรียนรู้ต้องเป็นขั้นเป็นตอน การแก้ปัญหาที่ยากต้องมาทีหลัง การเรียนรู้วิธีแก้ปัญหาที่ง่ายต้องมาก่อน ความพร้อมที่ว่า คือ เด็กมีความรู้ความเข้าใจและทักษะพอเพียงที่จะแก้ปัญหานั้น อย่างเช่น ถ้าจะให้เรียนขี่จักรยาน ต้องแน่ใจว่าเด็กมีกำลังบังคับแขนขาได้ดีพอสมควร ถ้าจะให้แก้ปัญหาการบวกต้องแน่ใจว่าเด็กจะเข้าใจเรื่องจำนวนและการเพิ่ม ถ้าจะให้แก้ปัญหาลบ ต้องแน่ใจว่าเด็กเข้าใจเรื่องจำนวนและการลดลง ถ้าจะให้แก้ปัญหาเรื่องห่วงโซ่อาหาร เด็กควรมีความรู้ความเข้าใจเรื่อง คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตที่จะอยู่รอด เช่น มีความต้องการอาหาร มีการเจริญเติบโต มีการสืบพันธุ์

ในบางครั้ง ในกระบวนการเรียนรู้ ความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ก็ต้องเรียนรู้ไปพร้อมๆ กับการแก้ปัญหา กรณีเช่นนี้ การ 'บอก' ความรู้นั้นจำเป็นส่วนความเข้าใจความรู้นั้นเป็นอีกเรื่องหนึ่งที่ต้องใช้เวลาสำหรับผู้เรียนแต่ละคน เวลาที่ต้องใช้ในการทำความเข้าใจนี้มักไม่เท่ากัน เด็กที่ได้รับการสอนด้วยวิธีบอกจะคอยดูหรือทำตาม เด็กจะรับรู้ทั้งปัญหาและวิธีแก้ปัญหา การที่เด็กได้เห็นว่า การแก้ปัญหาทำได้สำเร็จเป็นเงื่อนปมที่จะเชื่อมมัดระหว่าง ปัญหากับคำอธิบาย หรือปัญหากับธรรมชาติตัวตนของปัญหา ที่ได้เห็นจากการแก้ปัญหานั้น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์เช่นนี้ทำให้ความเข้าใจในปัญหา ก่อตัวขึ้นมาได้จากการแก้ปัญหา ยกตัวอย่างเช่น ในคณิตศาสตร์ การบวกลบจำนวนเลขได้ จะทำให้เกิดความเข้าใจเชื่อมโยงระหว่างความหมายของจำนวน คุณสมบัติของจำนวน และการใช้สัญลักษณ์ตัวเลขและเครื่องหมาย ความเข้าใจอันเกิดจากการบอกนี้ อาจจำเป็น และมีข้อสังเกตว่า สิ่งที่ต้องใช้กระบวนการเรียนรู้เช่นนี้ มักเป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมมากและไม่คุ้นเคยในชีวิตจริงเป็นส่วนใหญ่

และที่สำคัญ การเรียนรู้โดยการบอกความรู้นี้ ต้องใช้เวลา กระบวนการเรียนการสอนอาจต้องทำซ้ำแล้วซ้ำเล่า เพื่อให้วงจรของเซลสมองที่เกิดขึ้นมีความเชื่อมโยงจนอยู่ตัวจริงๆ การบอกความรู้นี้เป็นเพียงการนำทาง ความรู้จะเกิดขึ้นใหม่เอง เป็นการเชื่อมโยงซึ่งเกิดขึ้นเองโดยอาศัยการนำทางที่ให้ ควรเพิ่มเติม ณ ที่นี้ว่า การรับรู้ปัญหาเป็นการรับรู้วงจรหนึ่ง การรับรู้การแก้ปัญหาเป็นวงจรหนึ่ง การที่ครูแสดงปัญหาและการแก้ปัญหา เป็นการป้อนการรับรู้ให้สมองสองวงจร ซึ่งการบอกให้วงจรทั้งสองเชื่อมโยงกันนั้น ไม่สามารถทำได้ แต่สมองเชื่อมโยงวงจรทั้งสองเองได้ เพียงแต่ต้องใช้เวลา เมื่อวงจรทั้งสองเชื่อมโยงกันแล้วก็คือการเรียนรู้ ซึ่งหมายถึงว่า ต่อไปเมื่อใดก็ตามที่สมองได้รับรู้วงจรปัญหา วงจรการแก้ปัญหาก็จะถูกกระตุ้นและเชื่อมโยงขึ้นโดยอัตโนมัติ

ความต้องการที่จะแก้ปัญหานั้นเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของสมอง แต่เราอาจไม่ค่อยเห็นเช่นนั้นในเด็กที่โตขึ้น นั่นเป็นเพราะว่ามีการเรียนรู้ที่ผิดพลาดบางอย่างในอดีตที่ผ่านมาทำให้สำหรับเขาแล้ว ความต้องการแก้ปัญหากลายเป็นภาวะเครียดและกดดันที่หาทางออกไม่ได้ ซึ่งจะทำให้เขาปฏิเสธที่จะเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาอีกต่อไป



แต่เมื่อใดก็ตามที่เด็กรู้สึกว่าเขาต้องการจะแก้ปัญหานี้และพยายามแสวงหาหนทางแก้ปัญหา ความคิดของเขาจะเปลี่ยนแปลงสภาวะสมดุลในสมองและร่างกาย เมื่อความรู้สึกต้องการสู้กับปัญหาเกิดขึ้น ร่างกายก็ตอบสนอง เป็นการตอบสนองในภาวะแห่ง 'การท้าทาย' ซึ่งจะไม่ 'รู้สึก' ว่ามีความเครียดมากนัก การท้าทายก่อให้เกิดพฤติกรรมแก้ปัญหานั่นคือ ทำการเรียนรู้ ขณะทำการเรียนรู้นั้น การเติบโตของเซลสมองเกิดขึ้น เซลสมองพยายามเชื่อมต่อไปยังวงจรต่างๆ ขณะทำการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา เช่น เด็กอาจพยายามอ่านข้อมูล เปิดสารานุกรม ทดลอง วาดรูป ออกไปดูพืชกลางแจ้ง ฯลฯ ในเวลานี้วงจรของเซลสมองเชื่อมต่อกัน และกระบวนการเหล่านี้แหละที่ทำให้เซลสมองเติบโตขึ้นมา ร่างกายเรามีความเครียดเกิดขึ้นไหมในภาวะเช่นนี้ ? มีแน่นอน เราหลายคนคงรู้สึกได้ถึงประสบการณ์ในการแข่งขันอะไรสักอย่าง เราสนุกในเกมก็จริง แต่เมื่อจบเกมแล้วความอ่อนล้าเพลียต้องการพักผ่อนจะตามมาเสมอๆ

สรุปแล้ว กระบวนการเรียนรู้ นั่นแหละเป็นตัวการสร้างเครือข่ายของเซลสมอง ซึ่งนำไปสู่การคลี่คลายปัญหาและความเครียด ความสนใจและมุ่งมั่นจะแก้ปัญหา เปลี่ยนความรู้สึกเครียด ถูกกดดัน เป็นความตื่นตัวและเรื่องที่ท้าทาย ความท้าทาย นำไปสู่พฤติกรรมที่จะสู้ ไล่ล่า หาคำตอบหรือทางออกต่อปัญหา และนำไปสู่ศักยภาพที่เพิ่มขึ้นของสมองในการคลี่คลายปัญหา และเผชิญกับความเครียดที่จะมีมาภายหน้าต่อไป

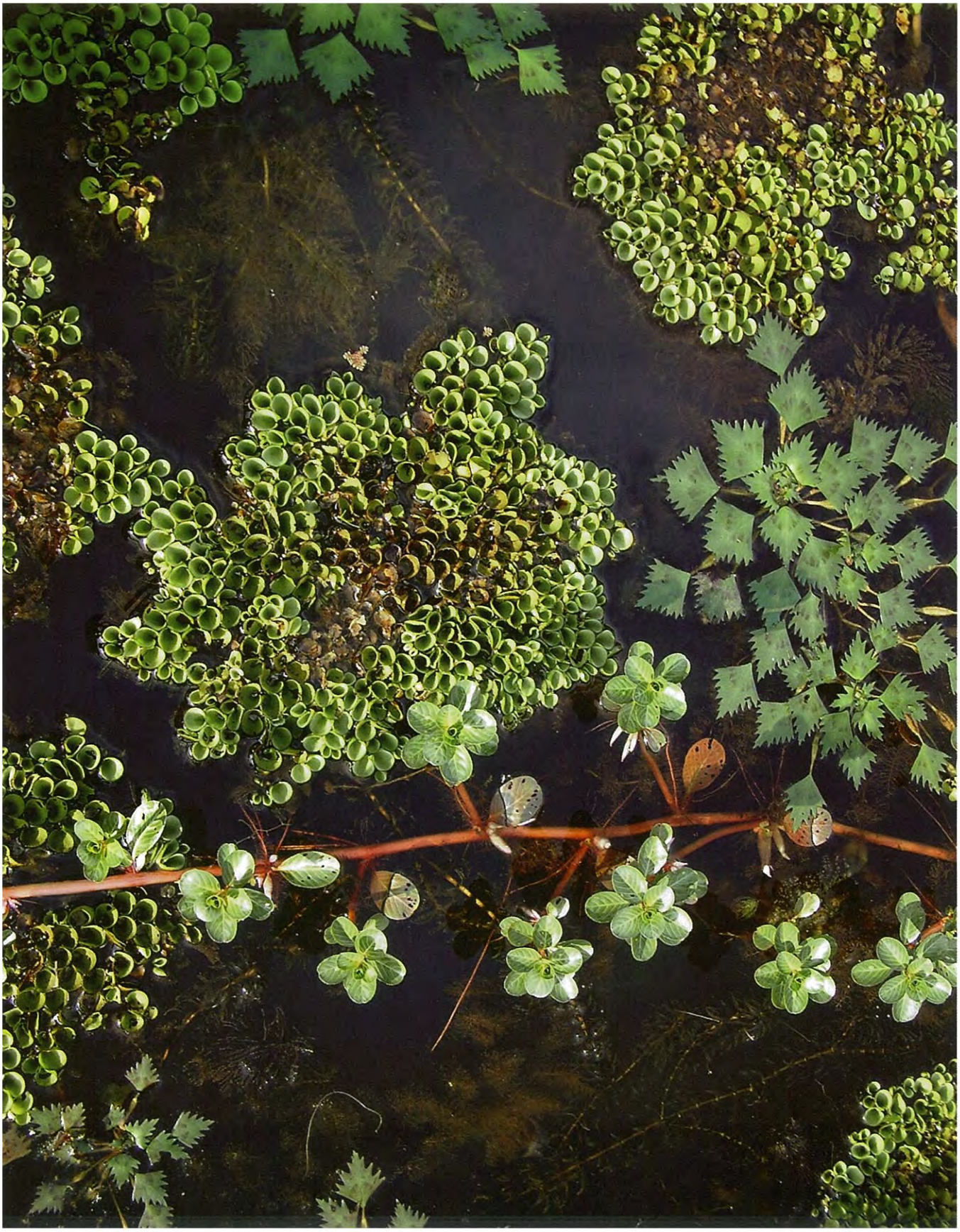
สรุปปัญหาสำคัญที่ทำให้เด็กอยู่ในภาวะเครียด

โดยมากเรามักคิดว่าความเครียด หมายถึง การถูกดุ การบ้านเยอะ เรียนหนัก การอธิบายแบบนี้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ถ้าจะให้เข้าใจร่วมกันจริงๆ แล้ว ควรพิจารณาดูว่าสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้ เกิดขึ้นในภาวะความเครียดนั้นด้วยหรือเปล่า ดังนี้

- เด็กไม่รู้ว่า สิ่งที่เรียนรู้อยู่มีความหมายเกี่ยวข้องกับตัวเองจริงๆ อย่างไร
- การเรียนรู้ถูกจำกัดอยู่ในแบบแผนทางนามธรรมล้วนๆ ไม่เชื่อมโยงกับบริบทของชีวิตจริงและการปฏิบัติ
- สับสนกับความหมาย หาคำอธิบายไม่ได้ระหว่างสิ่งที่ถูกสอนกับสิ่งที่เป็นจริงในสังคม
- ต้องรับมือกับสิ่งที่ยากทั้งๆ ที่ไม่ได้มีฐานของประสบการณ์ หรือไม่มีการก่อตัวของความรู้ที่จำเป็นบางอย่างมาก่อน
- ไม่มีการสะสมความรู้พื้นฐานก่อนก้าวไปสู่ความรู้ชั้นสูง
- ไม่สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมขณะเรียนรู้ได้เลย เช่น เพื่อนคุยเล่นกันในห้อง
- เผชิญกับปัญหาต่างๆ ที่ตัวเองไม่ต้องการจะแก้ไข
- รู้สึกว่าตัวเองอาจล้มเหลวหรือเสี่ยงที่จะล้มเหลว อีกทั้งยังมี 'สิ่งที่รู้สึกว่าเป็นอันตราย-ไม่ชอบ' รออยู่ข้างหน้า เช่น การลงโทษ การดุด่าว่ากล่าว
- สิ่งแวดล้อมแห่งความเครียดอาจจะเป็นจำนวนนักเรียนที่มีถึง 50-60 คนในห้องที่มีขนาดเพียง 3x5 ตารางเมตร

เพื่อให้ปัญหา เปลี่ยนจาก 'ความกดดัน-เครียด' เป็น 'ความท้าทาย-ตื่นตัว'
สร้างกระบวนการเรียนรู้ ในเงื่อนไขบรรยากาศต่อไปนี้

1. เด็กมุ่งมั่นเห็นความสำคัญที่จะแก้ปัญหาหรือตอบโจทย์บางอย่าง
2. เด็กพอจะมองเห็นแนวทาง รู้ว่าตัวเองจะแก้ไขปัญหาหรือโจทย์นั้นได้ มีความรู้สึกว่า 'น่าจะลองดู'
3. สิ่งแวดล้อมตัวแปรขณะนั้น แม้ว่าอาจดูควบคุมได้ยาก แต่เด็กรู้สึกว่า พอจะมีช่องทางจัดการได้
4. เด็กคาดหมายว่า จะเกิดผลดีทางบวกเมื่อกระบวนการแห่งการ 'สู้' นี้จบลง



จูงใจสมอง 14

การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูง

ส่วนใหญ่ในชีวิตมนุษย์ กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นและดำเนินไปเองตามธรรมชาติ อายตนะนำข้อมูลสื่อสัมผัสจากภายนอกผ่านประสาทรับสัมผัสเข้าสู่สมอง สมองจะรับคิด และจำโดยอัตโนมัติ ในกระบวนการเรียนการสอน ถ้าสามารถทำให้สมองสนใจสิ่งที่จะนำเสนอ แล้วสมองรับเข้าไปได้ กระบวนการเรียนรู้ก็จะเริ่มต้นดำเนินไปเอง



สิ่งจูงใจ จะชักนำให้สมองสนใจผลิตความรู้และบันทึกข้อมูลในเรื่องที่ต้องการ ผู้ที่ทำหน้าที่จัดการเรียนรู้ เป็นผู้หาสิ่งจูงใจต่างๆ มาตะล่อมสร้างกรอบให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปตามเจตจำนงหรือเป้าหมายที่กำหนดไว้แล้วในการเรียนรู้นั้น **ความสนใจ** (attention) นี้ คือกระบวนการทำงานของสมองในการกรองข้อมูลนับไม่ถ้วนที่ผ่านอวัยวะแห่งการรับรู้เข้ามา สมองไม่สามารถที่จะทำงานกับทุกข้อมูลได้ จึงต้องมีกระบวนการซึ่งทำหน้าที่เลือกเฉพาะสิ่งน่าสนใจเข้าสู่การรับรู้ (กระบวนการนี้เรียกว่า selective attention อาจแปลว่าความสนใจที่เลือกหรือจดจ่ออยู่เฉพาะบางสิ่ง ก็คือนัยความหมายของความจดจ่อนั่นเอง)

ส่วน **ความตั้งใจ** (intention) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบของตัวผู้เรียนเองเพิ่มเข้าไปอีก ความตั้งใจควบคุมกระบวนการเรียนรู้ให้ดำเนินไปอย่างรู้ตัว โดยให้ความสนใจรับรู้ต่อรายละเอียดต่างๆ พินิจพิจารณา คิดใคร่ครวญ ตรวจสอบ เกี่ยวกับผลลัพธ์หรือผลสะท้อนในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการเรียนรู้และพยายามจดจำสิ่งต่างๆ

สิ่งจูงใจหรือแรงจูงใจ = สิ่งที่ทำให้ตนเองเห็นว่า การกระทำหรือความพยายามที่จะทำบางอย่าง **มีเหตุผล** อธิบายได้ **มีเป้าหมาย** สิ่งจูงใจหรือแรงจูงใจ นำมาซึ่ง(ก่อให้เกิด) **แรงขับหรือแรงผลักดันภายใน** ซึ่งรับรู้ได้ เป็น**ความรู้สึก**ว่า ต้องการทำ-อยากจะทำ แต่ความรู้สึกอย่างเดียว อาจไม่นำไปสู่การกระทำหรือพฤติกรรมใดๆ เพราะอาจมีความรู้สึกอื่นหรือเหตุผลอื่นที่จะไม่ทำ สิ่งจูงใจที่จะกลายเป็นแรงผลักดันภายใน ขับเคลื่อนหรือก่อให้เกิดพฤติกรรม-การกระทำ ตามครรลองที่สอดคล้องกับเหตุผลหรือนำไปสู่เป้าหมายนั้น จะต้องสามารถชี้นำให้เห็นแนวทางได้ว่า จะทำอย่างไร และคาดหวังความสำเร็จได้ จากการทำนั้น

สิ่งจูงใจนั้นชักนำความสนใจให้เกิดขึ้น ทั้งที่รู้ตัวและไม่รู้ตัว สิ่งที่จะจูงใจได้นั้นมีลักษณะร่วมบางอย่างกับเป้าหมายของสัญชาตญาณ(ความอยู่รอด) สัญชาตญาณจึงเป็นตัวขับเคลื่อนที่แท้จริงของกระบวนการเรียนรู้ที่มีสิ่งจูงใจ

ความตั้งใจเป็นกระบวนการของจิตใจ (เป็นการทำงานของสมอง) ซึ่งกำกับกระบวนการเรียนรู้ให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเราสนใจเรามักจะมีความตั้งใจด้วย แต่ความตั้งใจที่เกิดขึ้นโดยไม่มีเป้าหมายอื่นรองรับ หรือไม่มีสิ่งจูงใจนั้น เป็นไปได้ยาก และขับเคลื่อนให้เกิดความตั้งใจ เพื่อดำเนินกระบวนการให้ไปสู่เป้าหมายนั้นอย่างรู้ตัว หรือแม้กระทั่งให้ความต้องการเป้าหมายหรือเหตุผลนั้นฝังลงไปในจิตใต้สำนึก ขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้ ด้วยความมุ่งมั่น มีจุดมุ่งหมาย

น่าสนใจอย่างยิ่งที่เราได้รู้ว่า **การเรียนรู้ของคนเราเป็น เชิงรุก มากกว่า การตั้งรับ สมองเรียนรู้ได้ดีมากเมื่อตัดสินใจว่าจะเรียนรู้** ขอให้สังเกตดูเมื่อเด็ก

สมองไม่สามารถที่จะทำงานกับทุกข้อมูลได้ จึงมีกระบวนการทำหน้าที่เลือกเฉพาะสิ่งน่าสนใจเข้าสู่การรับรู้

เราขับรถเพื่อต้องการไปยังจุดหมาย เราต้องตั้งใจขับรถ เพราะความตั้งใจจะทำให้ไม่มีอุบัติเหตุไม่หลงทาง ทำให้เราระวังและกำจัดเหตุอันอาจทำให้เราไปไม่ถึงจุดหมาย มีคำพูดที่อาจจะเคยได้ยินอยู่ เช่น ว่า ขับรถเพื่อขับรถ ฯลฯ การกล่าวในกรณีนี้อาจพิจารณาได้ว่า ในขั่วขณะที่ทำอย่างหนึ่งอย่างใดนั้น เป้าหมายและวิธีการหรือกระบวนการเป็นสิ่งเดียวกัน เมื่อเป็นดังนั้น ก็ยากที่เป้าหมายจะเป็นสิ่งจูงใจให้กระบวนการดำเนินต่อไปได้ เพราะเป้าหมายได้บรรลุอยู่แล้วในกระบวนการที่ดำเนินอยู่นั้น

ความตั้งใจที่เกิดขึ้นโดยเป้าหมายของผู้อื่นกับความตั้งใจที่เกิดขึ้นและขับเคลื่อนโดยตัวเราเองนั้นต่างกันอย่างแน่นอน เราอาจบอกให้เด็กตั้งใจทำอะไรได้สักพัก หรือเราอาจจะถูกสั่งให้ตั้งใจทำอะไร ก็จะอยู่ได้สักพัก แต่ถ้าใครบางคนมี **เหตุผล** เพียงพอ หรือ **มีเป้าหมาย** ของตัวเขาเอง เขาจะกระตุ้นตัวเองหัดจักรยาน หัดว่ายน้ำ พยายามจดจำเพลงที่ชอบ สมองเรียนรู้ได้ดี มีประสิทธิภาพอย่างน่าอัศจรรย์ แต่เมื่อนั่งเรียนเรื่องสมการหรือหัดสะกดคำตามที่ครูสอน สมองมักจะดูเชื่องช้า งุ่มง่าม นั่นเพราะสมองตกเป็นฝ่ายตั้งรับ ไร้เป้าหมายที่แน่ชัด

สมองของเด็กขับเคลื่อนไปโดย **เป้าหมาย แรงบันดาลใจ ความทะยานอยาก ความใฝ่ฝัน** ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผน ทุกๆ เป้าหมายและความฝันของเขาล้วนมุ่งไปสู่อนาคตของตัวเขาเอง เป้าหมายและความมุ่งหวังต่อเป้าหมาย จึงเป็นสิ่งจูงใจให้ **สมองตั้งใจ**ผลิตความรู้และบันทึกข้อมูล ทำให้ **สมองสนใจ** รับข้อมูลบางอย่าง เพื่อสนองความตั้งใจนั้น **กระบวนการเรียนรู้ตามเจตจำนงของผู้เรียนเช่นนี้ น่าจะเป็น กระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด**

รางวัล สิ่งล่อใจ หรือการตอบแทน เป็น สิ่งจูงใจอย่างหนึ่ง ซึ่งจะลดความสำคัญของตัวมันเองลงอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่มีเหตุผลอื่นอยู่เบื้องหลังแล้ว เมื่อได้รางวัลมา ก็หมายถึงเป้าหมายบรรลุผล ดังนั้น ความเป็นสิ่งจูงใจของมันก็จะไม่มีความหมายอีกต่อไป

ความตั้งใจ เป้าหมาย ความมุ่งหวังต่อเป้าหมาย ความมุ่งมั่น จะได้มาโดยวิธีใด

อาจไม่มีคำตอบที่แน่นอนที่จะใช้ได้เลยกับสมองแม้แต่เพียงสมองเดียว ในระดับโครงสร้างและหน่วยเซลสมองเรายังไม่รู้แน่ชัดว่า เป้าหมายและความมุ่งมั่นดังเช่นว่านี้ทำงานอย่างไร ส่วนในทางปฏิบัติ ก็อาจแทบเป็นไปไม่ได้ ที่จะตั้งเป้าหมายหรือความใฝ่ฝันไว้ รอให้ใครสักคนเดินตามมา

บทบาทภายนอกที่จะช่วยเสริม ผลักดันการเรียนรู้ไปสู่เป้าหมายที่ตั้งใจ

การเรียนรู้ที่ถูกผลักดันจากภายใน(ตัวผู้เรียน) และ ปัจจัยภายนอกที่อาจส่งเสริมการเรียนรู้

ความตั้งใจและเป้าหมายจะผลักดันสิ่งต่อไปนี้ ในกระบวนการเรียนรู้

- **เต็มใจ พอใจ ยินดี ต่อ 'การรับ' ข้อมูลใหม่ๆ มีความพยายามขวนขวาย ไขว่คว้า หาวิธีทางให้ได้มาซึ่งข้อมูล**
  เตรียมข้อมูลไว้ให้เกินพอ แนะนำแหล่งข้อมูลต่างๆ
- **มีความพยายามไม่ลดละใน 'การคิด' ไม่เลิกราไปง่ายๆ โดยยังไม่รู้คำตอบหรือไม่แน่ใจในความสำคัญของข้อมูลที่ได้มา**
  ตอบคำถาม โต้ตอบ ถกเถียงอภิปราย ให้เกิดแง่คิดมุมมองที่หลากหลาย ให้คำตอบหรือหาแหล่งที่จะตอบคำถามได้ เอาใจใส่ในการสนทนา ไม่พยายามผัดผ่อนหรือทำแบบขอไปที
- **ใช้ความพยายามใน 'การจดจำ' และความจำจะเกิดขึ้นได้ดี**
  ความตั้งใจและเป้าหมายทำให้สถานการณ์ปัญหาต่างๆ กลายเป็นความท้าทาย เกิดความต้องการเอาชนะ
  อันเป็นสภาวะทางอารมณ์ที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
  หากมีความสำเร็จหรือความก้าวหน้าคืบไปสู่เป้าหมาย จะยิ่งส่งเสริมบรรยากาศอารมณ์ที่สนับสนุนการเรียนรู้นั้น
  สร้างบรรยากาศ ระหว่างการเรียนรู้ที่ดี
  จัดหาประสบการณ์ที่ดี รวมทั้งการงานที่ท้าทาย เพื่อให้เด็กได้เรียนรู้

สมองส่วนใดบ้างเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ อย่างไร

ความน่าสนใจของบางสิ่งบางอย่าง คือ การวนของสัญญาณรับรู้ของสิ่งนั้น บนผิวสมองส่วนที่รับภาพ รับเสียง ฯลฯ และมีการเชื่อมโยงสัญญาณนั้นไปถึงผิวสมองพรีฟรอนทัล สิ่งที่น่าสนใจ เช่น มีเสียง มีการเคลื่อนไหว มีสี เป็นต้น ทำให้วงจรวนข้อมูล(loop) ระหว่างทาลามัสและผิวสมองเลือกคัดข้อมูลนั้น ผ่านไปยังผิวสมองที่รับเสียง รับภาพ พร้อมกับส่งผ่านไปยังผิวสมองพรีฟรอนทัล ให้สนใจพิจารณาข้อมูลนั้น การเชื่อมต่อกับอะมิกดาลาในวงจรลิมบิก ทำให้ผิวสมองรับรู้สัญญาณจากอะมิกดาลา และให้ความสนใจต่อข้อมูลที่กระตุ้นอะมิกดาลาด้วย ในการทำงานติดต่อกันทั้งหมดนี้ ก้านสมองมีบทบาทสำคัญก่อนใครต้องมีสัญญาณกระตุ้นจากก้านสมอง มาจูนปรับให้สมองตื่น โดยไปกระตุ้นทั้งที่ทาลามัสและผิวสมอง ถ้าสัญญาณอ่อน เช่น เมื่อง่วง สมองจะหลับ สิ่งกระตุ้นธรรมดาไม่อาจทำให้ตื่นได้ การกระตุ้นจะต้องแรงพอหรือเข้าถูกช่องทาง(เช่นเสียงดัง เขย่าตัว) เพื่อให้เกิด

สัญญาณสื่อสัมผัสผ่านมากระตุ้นก้านสมอง แล้วก้านสมองจึงจะส่งสัญญาณกระตุ้นผิวสมองให้ตื่นขึ้นก่อน

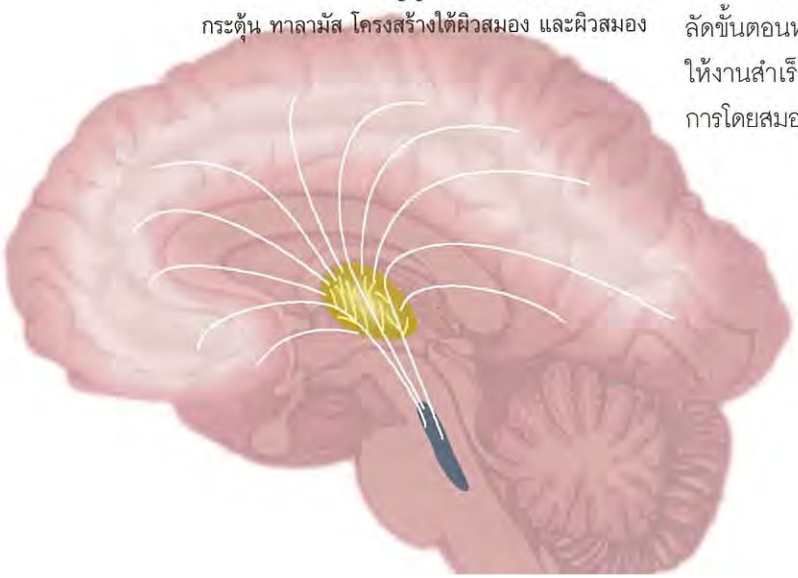
เรามีข้อมูลอยู่บ้างเกี่ยวกับสมอง ว่า**วงจรการทำงานที่เป็นเสมือนแรงขับ กระตุ้นให้คนเราลุกขึ้นทำอะไร ๆ ในเรื่องง่ายที่สุดในชีวิตประจำวัน เช่น ลุกขึ้นจากเตียงไปอาบน้ำแต่งตัวกินข้าวนั้น เกี่ยวข้องกับวงจรลิมบิก และผิวสมองพรีฟรอนทัล** อะมิกดาลา เบซัลแกงเกลีย และซิงกูเลทในวงจรลิมบิก ทำงานร่วมกันส่งสัญญาณไปยังผิวสมองพรีฟรอนทัล ถ้าส่วนหนึ่งส่วนใดในวงจรนี้เสียจะทำให้แรงขับกระตุ้นมาไม่ถึงพรีฟรอนทัล ผลคือ เจ้าของสมองแบบนี้จะมีลักษณะพฤติกรรมหรืออาการเฉื่อยเนือย ไม่ทำอะไร ไม่ใช่อยากหรือไม่อยาก ไม่ได้คิดว่าต้องทำอะไรหรือไม่ แต่ไม่ทำอะไร จนกว่าจะมีใครหรืออะไรกระตุ้น เมื่อมองดูเจ้าของสมองในภาวะนั้น เราอาจบอกไม่ได้ว่า เขายังรับและรู้อะไรหรือไม่ เพราะไม่มีการแสดงอะไรออกมาให้เห็นเป็นที่สังเกตได้ ปราศจากการสั่งงานใด ๆ ทั้งสิ้นจากสมอง



วงจรลิมบิกและเบซัลแกงเกลีย เป็นจุดถ่ายทอดนัยทางอารมณ์ของสิ่งที่อยู่รอบตัวเราที่สมองได้รับรู้ สัญญาณจากวงจรลิมบิก-เบซัลแกงเกลียเป็นแรงกระตุ้นสำหรับพฤติกรรมซึ่งสมองส่วนหน้ารับไปเพื่อสร้างพฤติกรรม(ทำอะไรสักอย่าง)ต่อไป

การทำงานชิ้นหนึ่งให้สำเร็จได้นั้น ต้องการหลายสิ่ง อย่างน้อยคือ ความสามารถที่จะอยู่กับงานนานพอ และความสามารถที่จะจัดลำดับสิ่งที่ต้องทำก่อนหลัง เพื่อให้งานลุล่วงไปได้ นอกจากนี้ ยังต้องสามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการหรือลำดับงานใหม่ได้ทุกเมื่อถ้าบริบทของสถานการณ์ในงานนั้นเปลี่ยนไป สามารถลัดขั้นตอนหรือใช้ประโยชน์จากสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อให้งานสำเร็จได้ กิจกรรมทั้งหมดนี้ ควบคุมและสั่งการโดยสมองพรีฟรอนทัล แต่สิ่งที่สำคัญกว่าอื่นหมดคือ การรับรู้ และการตรวจสอบตัวเองระหว่างการทำงาน ซึ่งสมองซิงกูเลทส่วนหน้า จะเป็นส่วนที่ประมวลผลและส่งข้อมูลให้พรีฟรอนทัลว่ากิจกรรมทั้งหมดที่พรีฟรอนทัลทำนั้นดำเนินไปถูกต้องดีแล้ว หรือเบี่ยงเบนไปจากที่ตั้งใจไว้

สัญญาณจากก้านสมองส่งขึ้นไปกระตุ้น ทาลามัส โครงสร้างใต้ผิวสมอง และผิวสมอง



ความมุ่งมั่น หรือแรงขับสำหรับพฤติกรรมบางอย่างนั้น เกิดขึ้นได้โดยวิธีใด

พฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งจะเกิดขึ้นหรือดำเนินต่อไป ขึ้นอยู่กับว่าเมื่อเลือกพฤติกรรมนั้นแล้ว ได้รับผลประโยชน์บางอย่าง ตัวอย่างเช่น พฤติกรรมในการเลือกมังคุด : ความต้องการก็คือต้องการมังคุดที่ไม่เสีย พฤติกรรมแรกอาจเป็นการหยิบมังคุดทุกลูกมาแกะดู เมื่อการหยิบมังคุดดำเนินไป จะสังเกตว่า ถ้าหยิบมังคุดที่มีเปลือกแข็งกดไม่ลง เมื่อแกะจะพบเนื้อในเสียทุกครั้ง ต่อไปพฤติกรรมจะเบนไป คือ เลือกหยิบมังคุดที่ผิวนิ่มเท่านั้น การหยิบมังคุดที่ผิวนิ่มกลายเป็นพฤติกรรมที่คงอยู่ พฤติกรรมที่เบนไปนี้เป็นไปตามเหตุผล ความมุ่งมั่นหรือแรงขับเป็นเรื่องซับซ้อนกว่าการเลือกมังคุดก็จริง แต่ก็มีหลักการพื้นฐานเดียวกันนี้ โครงสร้างและพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตที่คงอยู่หรือสูญไป ระหว่างวิวัฒนาการตามทฤษฎีของชาร์ล ดาร์วิน ก็อาศัยหลักการทำนองเดียวกันนี้เช่นกัน

อารมณ์เป็นแรงขับพฤติกรรมที่สำคัญมาก แรงขับสำหรับพฤติกรรมที่สนองความต้องการทางสัญชาตญาณพื้นๆ ของคนเรานั้น บันทึกอยู่ในอะมิกดาลามาตั้งแต่เกิด

อะมิกดาลากระตุ้นให้มนุษย์เราทำบางสิ่ง เมื่อทำแล้วสำเร็จ มีโครงสร้างสมองอย่างน้อยสองแห่งที่รับรู้ความสำเร็จนี้ คือ อะมิกดาลาเอง และซิงกูเลท(anterior cingulate) สภาวะดังกล่าว ถูก 'ตัวตน' (สมองพรีฟรอนทัล?) แปลว่า 'พอใจ' ความพอใจนี้เป็นอารมณ์ เป็นสิ่งมาทีหลัง เป็นตัวย้ำ (ซึ่งเป็นมายา) สำหรับตัวตนของมนุษย์ว่า มนุษย์ควรพอใจทำสิ่งใด ความพอใจรสอาหารจึงเป็นแรงขับให้มีพฤติกรรมการกินไปพร้อมๆ กับความหิวหรือความต้องการในพลังงาน ซึ่งควรจะเป็นเหตุผลที่แท้จริงสำหรับการกิน และในที่สุดก็กลายเป็นว่า ความอยากกินเป็นเหตุผลสำหรับการกิน หรือก่อให้เกิดความหิว แทนที่ความต้องการพลังงานในที่สุด

แรงขับพฤติกรรมจากอะมิกดาลาอาจเป็นเครื่องมือของสมอง ความต้องการทำงานให้สำเร็จ รวมทั้งความพอใจอันเกิดจากความสำเร็จ เป็นเรื่องเกิดขึ้นภายหลังและซับซ้อนกว่าความต้องการทางสัญชาตญาณพื้นๆ แต่ถ้าความพอใจดังกล่าวถูกบันทึกลงไปในอะมิกดาลา หรือในโครงสร้างวงจรอื่นที่สามารถกระตุ้นพรีฟรอนทัลแบบอะมิกดาลาได้ ก็จะกลายเป็นความพอใจที่เป็นแรงขับพฤติกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นเอง ในช่วงแห่งการดำเนินชีวิต แรงขับนี้อาจเรียกว่า ความมุ่งมั่น ก็ได้







'ความพอใจ' คือความรู้สึกหรือสถานการณ์อารมณ์รับรู้ที่เกิดขึ้นในสมอง ขั้นแรก-มีสิ่งที่ความคาดหมายจากพฤติกรรมอยู่ ขั้นที่สอง-สร้างพฤติกรรมนั้นขึ้น ซึ่งพฤติกรรมนั้นย่อมก่อผลบางอย่าง ขั้นที่สาม-ได้รับรู้ในพฤติกรรมที่ทำและผลของมัน ถ้าสิ่งที่รับรู้นี้ ตรงกับที่คาดไว้ สิ่งที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการรับรู้นี้ ก็คือ 'ความพอใจ'

เป้าหมายและพฤติกรรม ความอยู่รอดและความพอใจ

ความมุ่งมั่นนั้นเกี่ยวข้องกับเป้าหมาย และความพอใจที่จะไปสู่เป้าหมาย ดังนั้น ประเด็นที่ว่า ทำไมบางสิ่งจึงกลายมาเป็นเป้าหมายของพฤติกรรม แต่บางสิ่งไม่เป็น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

พฤติกรรมการแต่งงานหรือเลือกคู่เพื่อกำเนิดทายาทหรือผู้สืบสายพันธุ์ในสังคมมนุษย์ มีกฎหรือธรรมเนียมปฏิบัติที่จะไม่แต่งงานกับพี่น้องหรือญาติใกล้ชิดกัน แต่เบื้องหลังจริงๆ ของพฤติกรรมนี้อาจเป็นการเรียนรู้ว่า การแต่งงานในสายเลือดใกล้ชิดจะนำมาซึ่งความล้มเหลวทางพันธุกรรมตั้งแต่นานมาแล้ว และโดยที่การอธิบายในเรื่องนี้ค่อนข้างคลุมเครือและใช้เวลาข้ามรุ่นในการพิสูจน์ ดังนั้น พฤติกรรมที่คงอยู่หรืออยู่รอดคือการแต่งงานต่างสายเลือด ซึ่งสามารถทำให้สายพันธุ์อยู่รอดและวิวัฒนาการต่อไป ขณะที่พันธุกรรมที่เกิดจากการผสมในสายเลือดอยู่ไม่รอด การเรียนรู้ว่าต้องแต่งงานต่างสายเลือดจึงกลายเป็นเรื่องที่ทำกันโดยปกติของสังคมที่อยู่รอด และเกิดการถ่ายทอดสั่งสอนกันมา เป้าหมายในเรื่องนี้ถูกสร้างเป็นกฎธรรมเนียมปฏิบัติในสังคม แทนเป้าหมายแท้จริงคือความต้องการดำรงอยู่ของเผ่าพันธุ์

พฤติกรรมอื่นๆ อาจมีที่มาจากเป้าหมายที่ถูกเบี่ยงเบนไปโดยวิธีนี้ ซึ่งอาจซับซ้อนกว่านี้ ตัวเราอาจตามรอยไปไม่ถึง บางครั้งหาเป้าหมายแท้จริงไม่ได้

อะมิกดาลานั้นเรียนรู้ได้ วงจรที่เกิดขึ้นใหม่ในตัวมัน สามารถพัฒนาจนมีความคงตัว ซึ่งหมายถึงข้อมูลบางอย่างถูกบันทึกลงไปในอะมิกดาลาได้ นอกจากนี้ อะมิกดาลายังเชื่อมโยงกับฮิปโปแคมปัส ซึ่งเป็นสมองส่วนที่ทำให้เกิดความทรงจำ

ถ้าพฤติกรรมบางอย่างเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการกระตุ้นอะมิกดาลา พฤติกรรมนั้นจะถูกจำพร้อมกับความรู้สึกที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นั้น พฤติกรรม 'ระวังภัย' ที่ถูกกระตุ้นเมื่ออยู่ในสถานการณ์ที่อันตรายนั้น ถูกบันทึกอยู่ในอะมิกดาลามาตั้งแต่เกิด เป็นกลไกตอบสนองที่เหมาะสมเพื่อการอยู่รอด แต่พฤติกรรมใหม่อื่นๆ ที่เป็นคุณต่อการอยู่รอด จะถูกอธิบายใหม่เป็น 'ความพอใจ' นี่คือความรู้สึกหรือสถานการณ์อารมณ์รับรู้ที่เกิดขึ้นในสมอง เมื่อสิ่งที่คาดหมายในพฤติกรรมและผลอันจะเกิดขึ้นจากพฤติกรรมได้เกิดขึ้นพร้อมกัน และสมองได้รับรู้ว่า พฤติกรรมและผลของมันนั้นตรงกับที่คาดหมาย พฤติกรรมและสถานการณ์ที่น่าพอใจนี้จะถูกบันทึกไว้ โดยอะมิกดาลาและฮิปโปแคมปัสน่าจะเป็นส่วนสมองที่สำคัญสำหรับการบันทึกนี้

สิ่งที่จำได้โดยอะมิกดาลานี้ จะคงอยู่และทำงานของมัน เมื่อสมองได้รับข้อมูล ข้อมูลจะถูกทำให้มีนัยทางอารมณ์ โดยใช้การเทียบเคียงกับสิ่งที่อยู่ในความทรงจำของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน ข้อมูลที่มีนัยทางอารมณ์ที่สำคัญก็คือ ข้อมูลที่มีลักษณะสอดคล้องกับ สัญชาตญาณการอยู่รอดบางอย่าง ข้อมูลชนิดนี้ สมองจะให้ความสนใจ ถ้าเป็นแบบพฤติกรรมแบบพฤติกรรมนั้นก็เป็นแบบพฤติกรรมที่น่าสนใจ

โดยจำลองกระบวนการภายในของพฤติกรรมและความพอใจในรูปนี้ อาจจินตนาการให้ซับซ้อนต่อไปกว่านี้ได้อีก รวมทั้ง ไม่จำเป็นว่า พฤติกรรมนั้นหมายถึง 'ทำ' เท่านั้น พฤติกรรมอาจเป็นการ 'คิด' ได้ด้วย เป้าหมาย ความมุ่งหวังต่อเป้าหมาย อาจก่อตัวขึ้นอย่างซับซ้อน โดยการสร้างเป้าหมายซ้อนเป้าหมายขึ้นมา ความซับซ้อนนี้ยังรวมถึงต้องคิดว่า มีอุปสรรคในทางเลือกบางอย่างบางเวลา อุปสรรคอาจทำให้เกิดความเครียดเป็นโทษ มีลักษณะที่เป็นภัย เป็นความรู้สึกที่จะบันทึกไว้โดยอะมิกดาลาและฮิปโปแคมปัสตรงข้ามกับความรู้สึกพอใจ อย่างไรก็ดี ยิ่งอุปสรรคมีมาก การพยายามเอาชนะอุปสรรคยิ่งต้องมาก ถ้าชนะอุปสรรคได้ในสถานการณ์เช่นนี้ ความพอใจที่มากกว่ามาก ซึ่งเรียกว่าความลิงโลดนั้น จะถูกบันทึกไว้ในความทรงจำ และมีน้ำหนักมากกว่าความพอใจธรรมดา ซึ่งก็ชี้ว่า สิ่งตรงข้ามที่เกิดขึ้น คือ อุปสรรค อาจกลายเป็นตัวกระตุ้นไปก็ได้ ดังนั้น**ความเข้าใจที่ว่าเด็กจะต้องเรียนในสภาวะเพลิดเพลินอย่างเดียว อาจเป็นการสรุปที่มองด้านเดียวเกินไป**

นอกจากนั้น ระหว่างที่พฤติกรรมและความเชื่อมโยงต่างๆ กำลังก่อตัวขึ้นนี้ ความเชื่อมโยงที่ผิดหรือ 'เข้าใจผิด' อาจเกิดขึ้นได้ การเปรียบเทียบในเรื่องนี้จะใช้เรื่องของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ระบบจรวดติดตามเป็นตัวอย่าง จรวดติดตามเป้าหมายรุ่นเก่าๆ จะใช้การตรวจจับความร้อนจากวัตถุที่ติดตาม ดังนั้นเครื่องบินหรือขีปนาวุธที่มีความร้อนออกมามากจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจึงถูกจรวดติดตามไปทำลายได้ การติดตามความร้อนนี้เป็นเหตุให้ถูกหลอกได้เช่นกัน ความร้อนไม่ได้อยู่กับวัตถุที่ติดตามอย่างเดียว ดังนั้นในการใช้ความร้อนเป็นเป้าหมาย จรวดติดตามอาจวิ่งไปหากองไฟหรือพลุความร้อนก็ได้ ปัจจุบันการติดตามของจรวดใช้การวิเคราะห์ขนาด ทิศทาง และความเร็วของวัตถุเป้าหมายแทน ซึ่งยากที่วัตถุอื่นๆ จะมีคุณสมบัติอย่างเดียวกัน นี่แสดงว่า บางครั้ง**การเล็งเอาคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเป้าหมายนั้น อาจได้คุณสมบัติไป แต่พลาดเป้าหมายที่แท้จริง** สิ่งที่ได้เป็นสิ่งอื่นที่เพียงมีคุณสมบัติบางอย่างร่วมกับเป้าหมายเท่านั้น

เป้าหมายและความมุ่งมั่น อาจพัฒนาขึ้นจากแรงขับทางสัญชาตญาณ วงจรความพอใจถูกสร้างขึ้นอย่างง่ายๆ แล้วค่อยซับซ้อนขึ้น

เมื่อสมองเรียนรู้ว่าพฤติกรรมใดจะเป็นไปได้ง่าย ประสบความสำเร็จ แบบทางพฤติกรรมพร้อมกับกระบวนการเรียนรู้นั้น น่าจะก่อตัวเป็นวงจรการเรียนรู้อยู่ในสมอง เพื่อพร้อมใช้งานในโอกาสต่อไป วงจรการเรียนรู้(พร้อมแบบพฤติกรรมที่เชื่อมโยงกันอยู่)นั้นจะถูกใช้ซ้ำแล้วซ้ำอีก ถ้าผลจากการใช้งานวงจรนี้สอดรับกับสิ่งที่สัญชาตญาณต้องการ คือนำไปสู่ความรู้สึกที่ปลอดภัยต่อกระบวนชีวิต วงจรนี้จะกลายเป็นแม่พิมพ์หรือต้นแบบสำหรับทดสอบ/รองรับเป้าหมายที่จะพัฒนาขึ้นในอนาคต เมื่อประสบการณ์ข้อมูลในโลกภายนอกใดๆ ที่รับรู้เข้ามาสอดคล้องกับกระบวน

แบบวงจรนั้นในสมอง กระบวนแบบแห่งพฤติกรรมและการเรียนรู้ลักษณะนั้นก็จะพัฒนาก่อรูปขึ้นเป็นเป้าหมายและความมุ่งมั่นที่มีรายละเอียดชัดเจนเพิ่มขึ้นต่อไป

น่าสังเกตว่า มีกรณีอยู่มากที่เราคิดกันว่า เป้าหมายและความมุ่งมั่นราง ๆ นั้น ปรากฏในเด็กเล็ก ๆ มาตั้งแต่เกิดแล้ว บางคนมีนิสัย 'ขอบ' หรือ 'โน้มเอียง' ไปทางหนึ่งทางใดมากเสียจริง เราอาจบอกว่าเป็นบุญทำกรรมแต่งก็ได้ คำกล่าวเช่นนี้มีหมายความอย่างเดียวกับบอกว่า ความมุ่งมั่นและเป้าหมายอาจถูกกำหนดมาในแบบพันธุกรรมแล้ว ถ้าเป็นดังนั้น การทำความเข้าใจเรื่องการเรียนรู้ทั้งหมดนี้ จะมีประโยชน์อะไร เพราะอาจไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งที่ถูกกำหนดมาแล้วได้ การคิดไปเช่นนี้ไม่ได้ตอบคำถามว่าเราควรจะทำอย่างไรต่อไป เราควรมองความเป็นจริงที่ว่า การมี 'แบบ' หรือ 'แบบ' จะถูกกำหนดมาอย่างไรมีความสำคัญเพียงส่วนเดียว แต่การสร้างขึ้นหรือการเกิดเป็นจริงนั้น เป็นคนละประเด็น การพยายามทำความเข้าใจ 'แบบ' ต่าง ๆ ทำให้เรารู้ว่าเรายังมีความหวังพอที่จะทำอะไรได้ เมล็ดพืชจะงอกงามอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับที่ปลูกและการดูแลด้วยเช่นกัน

การเรียนรู้ในห้องเรียนจำนวนมากมักจะเน้นสอนเนื้อหาความรู้เป็นแท่ง ๆ จำนวนมหาศาลให้แก่เด็ก ด้วยความปริวิตกว่า ถ้าเด็กไม่รับความรู้นั้น ๆ ไว้ให้มากพอ ก็จะมีอุปสรรคในการก้าวสู่การเรียนรู้ระดับสูงยิ่งขึ้นไป แต่การเร่งสะสมข้อมูลให้แก่สมองนั้นเองเป็นอุปสรรคสำคัญ ที่ทำให้ไม่มีเวลาสำหรับสมองที่จะ 'สร้างความหมาย' ให้แก่ข้อมูลที่รับเข้าไป เด็ก ๆ รับข้อมูลเข้าไปคล้ายกับหุ่นยนต์ บ่อยครั้งเด็กเกือบจะไม่ถามอีกต่อไปแล้วว่า ความรู้ที่เขากำลังเรียนอยู่นั้น มันเกี่ยวข้องกับชีวิตเขาที่ตรงไหน ครูเองก็กำลังมีคำถามว่าเนื้อหาจำนวนมหาศาลที่ต้องสอนนั้นจะยังเหลือเวลาสำหรับครูที่จะทำให้เกิดกระบวนการอันมีชีวิตชีวาสำหรับการเรียนรู้หรือไม่ และด้วยเหตุผลที่ห้องเรียนกลายเป็นสถานที่ถ่ายทอดเนื้อหาล้วน ๆ นั่นเอง ทำให้เด็กสมองดีหรือสมองปกติจำนวนมากต้องถูกตัดสินผิด ๆ ว่า 'เรียนอ่อน' เพียงเพราะเด็กเหล่านี้ไม่อาจยอมรับการเรียนรู้ที่สมองของเขาปฏิเสธ



แต่ละคนจะพัฒนาแบบกระบวนการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ทำสำเร็จขึ้นเป็นเป้าหมายและความมุ่งมั่นของตนต่อไป



การฝึกซ้อมที่สม่ำเสมอ เอาชนะความเหนื่อยและความยาก และเอาชนะความขัดแย้งของจิตใจที่มีต่อความเพลิดเพลินอื่น ๆ เป็นหนทางเดียวที่จะนำไปสู่สมรรถนะทางกายและทางปัญญาที่เพิ่มพูนขึ้น



ความสำเร็จเป็นขั้น ๆ เริ่มต้นจากสิ่งที่ง่าย พอที่ศักยภาพตนเองจะทำได้ จะชักนำความพอใจและท้าทายให้เด็กก้าวต่อไปในขั้นที่ค่อย ๆ ยากขึ้น และจะช่วยย้ำกระบวนพฤติกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้ต่อไปเรื่อย ๆ

การบอกให้นักเรียนตั้งใจเรียน (จะได้ผล หรือมีประสิทธิภาพแค่ไหน)

ก็จะเหมือนบอกให้นักเรียนทำพฤติกรรมอื่นๆ ถ้านักเรียนรับไปทำ ก็จะทำอาการที่เรียกว่า 'เรียน' โดยพยายามกำกับความสนใจให้อยู่กับการเรียนนั้น แต่ว่าความสนใจหรือการจดจ่อของสมอง(attention) นั้นแท้จริงแล้วเกิดจากสิ่งจูงใจมากกว่าความพยายามสนใจ ดังนั้นความตั้งใจนั้น คงควบคุมให้ความสนใจจดจ่อในการเรียนเกิดขึ้นอยู่ได้ในระยะสั้น ถ้าสิ่งที่กำลังเรียนนั้นไม่มีอะไรจูงใจ หรือไม่ก็เป็นว่า การจูงใจกลายเป็นอื่น คือนักเรียนถูกจูงใจด้วยเป้าหมายเพียงเพื่อทำตามคำร้องขอของครู หรือเพื่อไม่ให้ถูกทำโทษ แต่ก็อีกนั่นแหละ **การบอกแล้วนักเรียนจะฟังและทำตามนั้น เป็นเรื่องเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุม 'จิตใจ' ตัวเอง มากกว่าความอยากเรียนหรือไม่อยากเรียน**

โดยทั่วไปความสามารถควบคุมตัวเอง หมายถึงการใช้สมองสั่งการส่วนหน้าพรีฟรอนทัล ในช่วงตั้งแต่เด็กถึงวัยรุ่นนั้น สมองดังกล่าวยังมีอายุวัยน้อย ยังพัฒนาไม่ถึงขั้นที่จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เหตุผลยังไม่สมบูรณ์ การคาดการณ์หรือวางแผนยังทำไม่ได้ การใช้วิธี 'บอกให้ตั้งใจเรียน' อาจจะได้ผลอยู่บ้าง ถ้าใช้กับเด็กนักเรียนในช่วงขั้นประถมปลาย ด้วยเหตุผลที่ว่าช่วงประถมปลาย จะเป็นช่วงวัยที่เด็กสงบที่สุด ในขณะที่ในช่วงต้นและช่วงปลายของวัยเรียนที่เหลือ สมองของเด็กจะถูกกระตุ้นจากการเร่งการเจริญเติบโตของระบบภายในสมอง (แต่ปัจจุบันเด็กประถมปลายส่วนหนึ่ง อาจก้าวเข้าสู่วัยรุ่นเร็วกว่าที่คิดไว้)

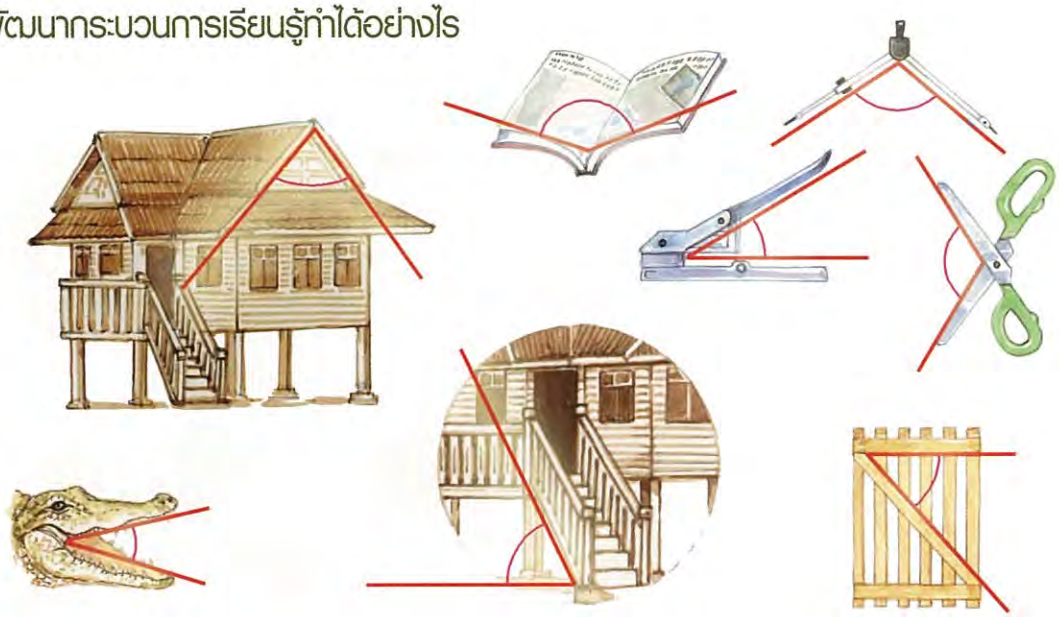
เด็กวัยประถมต้นมีพลังงานเหลือเฟือและสมองถูกผลักดันอยู่ภายใต้การทดสอบสมรรถนะของตัวเองในการเคลื่อนไหว สนใจทุกสิ่ง มีคำถาม และอยู่ไม่สุข สิ่งนี้เกินเหลือกำลังของการควบคุมจากสมองสั่งการส่วนหน้า

ส่วนเด็กวัยมัธยมถูกสัญญาณแห่งอารมณ์ขับกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ และสมองก็อยู่ในอิทธิพลของฮอร์โมนที่ผลิตขึ้นในร่างกายนี้ด้วย พลังงานทางกายภาพของเด็กวัยนี้สูงกว่าเดิม ทั้งพลังงานทางความนึกคิดก็มากกว่าเดิมตามสมองที่พัฒนาขึ้น เด็กวัยนี้ไม่เพียงถามสิ่งที่ไม่รู้ แต่จะตรวจสอบคำตอบอย่างจริงจัง พร้อมจะตัดสินใจอย่างที่คิด อย่างเป็นตัวเอง โดยไม่สนใจกฎเกณฑ์ เหตุผล ความเชื่อ ที่ดำรงอยู่มาแต่ก่อนในสิ่งแวดล้อมรอบตัว ทำให้พวกเขาอาจจะดูเป็นเด็กที่ 'รุนแรง' อยู่ไม่น้อย

เราอาจหวังได้เพียงว่า ความตั้งใจ เป้าหมาย และความมุ่งมั่นของพวกเขาจะถูกฟูมฟัก ปลูกเลี้ยงดูแล และในที่สุดจะงอกงามขึ้นในวันหนึ่ง ระหว่างเวลานั้น สิ่งที่เราทำได้อาจเป็นเพียงจัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมให้เหมาะสม ใช้สิ่งจูงใจ และวิธีการต่างๆ ที่จะตะล่อมสร้างกรอบกระบวนการเรียนรู้ให้สมองพัฒนาอย่างดีที่สุดเท่าที่จะคิดได้



พัฒนากระบวนการเรียนรู้ทำได้อย่างไร



*ภาพนี้คือ **ตัวอย่างการสอนเรื่อง 'มุม'** ของผู้ที่เข้าใจวิธีเรียนรู้ของคนเราดียิ่ง เขารู้ว่าควรจะเทียบเคียงเรื่อง มุม (angle) ซึ่งเป็นศัพท์ใหม่และเป็นนามธรรมเข้าใจได้ยาก ให้กลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่สุดได้ โดยโยงเข้ากับสิ่งที่ใกล้ตัวและเป็นประสบการณ์ที่คนเรามีอยู่แล้ว คำว่า **'มุม'** กลายเป็นความรู้ใหม่ หรือ ข้อมูลใหม่ ที่เชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลสำคัญคือภาพทั้งหมดข้างต้น กระบวนการเช่นนี้เองที่กล่าวได้ว่า มีการเชื่อมโยงกันของวงจรข้อมูลพร้อมกันหลายวงจร และความรู้นี้ก็จะเป็นความจำอยู่ได้นาน เพราะเชื่อมโยงกับข้อมูลที่เป็นความจำเดิมอยู่ก่อนแล้ว*

David Roger Johnson และ Karl Smith สรุปผลการวิจัยของเขาไว้เมื่อปีค.ศ.1991 ว่า

1. ความตั้งใจและความสนใจของเด็กลดลงทุกๆ นาทีของการบรรยายที่ผ่านไป
2. การสอนโดยการบรรยายได้ผลดีเฉพาะแก่เด็กที่อยู่ในประเภทเด็กนักฟัง (auditory learner)
3. การบรรยายข้อเท็จจริงมีแนวโน้มว่าจะได้ผลน้อยที่สุดเมื่อใช้สอนเกี่ยวกับข้อมูลและข้อเท็จจริง
4. กล่าวโดยทั่วไปนักเรียนมีแนวโน้มไม่ชอบการบรรยาย

ยังมีตัวเลขที่น่าสนใจต่อไปอีกที่ควรกล่าวถึง คือ

1. เมื่อใช้ภาพช่วยในบทเรียนจะเพิ่มความจดจำได้ 14-38%
2. เมื่อสอนคำศัพท์โดยมีภาพร่วมด้วย เด็กจะพัฒนาความสามารถด้านคำศัพท์ได้ 200%

ผลการวิจัยข้างบนนี้ชี้ให้เห็นปัญหาของการสอนโดยการบรรยาย และความสำคัญของการใช้ภาพในการสอน รูปภาพในหนังสือไม่เพียงแต่แทนคำได้ 1,000 คำ แต่มันให้ผลเป็นหลายเท่าเมื่อเทียบกับการพูดโดยไม่มีภาพ การใช้ภาพกับคำพูดควบกันไป จะทำให้สมองเรียนรู้ได้ดีกว่า สมองเรียนรู้ได้ดีกว่าเมื่อมีข้อมูลหรือสิ่งกระตุ้นเร้ามากกว่า 1 ระบบ ทำงานควบคู่กัน ป้อนข้อมูลความหมายที่สัมพันธ์กันให้แก่สมอง

ยังมีข้อพิจารณาอื่นๆ อีก สำหรับพัฒนาการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยรู้วิธีจูงใจสมอง

การเรียนรู้แบบไหนที่มีประสิทธิภาพสูง

ความมุ่งมั่น การมีเป้าหมาย จะทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพที่สุด แต่ก็เป็นสิ่งที่ผู้สอนเข้าไปยุ่งเกี่ยวจัดการได้ไม่มากนัก ด้วยว่าเป็นเรื่องที่จะงอกงามขึ้นในตัวผู้เรียนเอง นอกเหนือจากนั้น การเรียนรู้ก็เหมือนกิจกรรมอื่นๆ คือ ถ้าได้เครื่องมือที่ดี ช่างทั่วๆ ไปก็อาจผลิตงานที่ดีได้ (ช่างที่เอางานเอาการ ก็จะยิ่งผลิตงานได้ยอดเยี่ยมขึ้น) เครื่องมือในการเรียนรู้ที่ดี จะช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ ไม่ต้องกล่าวถึงว่า ถ้าหากผู้เรียนที่มีความมุ่งมั่น ได้เครื่องมือที่ดี พวกเขาจะยิ่งประสบผลสำเร็จเป็นทวีคูณมากเพียงไหน

แมงมุม ขยุ้มหลังคา
แมวกินปลา หมากัดกระพุ้งก้น



1. เมื่อสมองรับรู้ภาพพร้อมเสียง

ตาของเรามีตัวรับสัมผัสถึง 70% ของตัวรับสัมผัสทั้งหมดในร่างกายและมันจะส่งสัญญาณนับล้านไปยังศูนย์ประมวลการมองเห็น สำหรับเสียงนั้นเป็นข้อมูลที่อยู่รอบตัวเรา เราสามารถรับข้อมูลเสียงได้รอบตัวทั้ง 360x360 องศา ไม่ว่าเราจะทำอะไรอยู่

สังเกตว่าเวลาเรานึกถึงเหตุการณ์ในอดีต เราจะนึกเป็นภาพและเสียง เมื่อนึกถึงช้าง เราก็จะเห็นภาพช้าง และแม้เมื่อมีใครมาบอกว่าอย่านึกถึงภาพช้าง เราก็ยังมองเห็นภาพช้างอยู่ดี เราสามารถจะใช้พลังของการเรียนรู้และจดจำโดยภาพนี้ ไปใช้ในการเพิ่มความเข้าใจและความสามารถในการจดจำของนักเรียนได้

เสียง โดยเฉพาะเสียงดนตรีมีผลต่อการเรียนรู้ในทางอ้อม ความรู้สึกที่ตอบสนองต่อเสียงเพลงในทางบวก คือ อารมณ์ ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของระดับสารสื่อประสาทบางตัวในสมอง สารเหล่านี้เกี่ยวข้องกับระบบการคิดการจำในสมอง บรรยากาศที่มีเสียงดนตรีที่เหมาะสมทำให้สมองมีประสิทธิภาพมากขึ้นในกระบวนการเรียนรู้

การเรียน 'จำอักษร 26 ตัว' ในภาษาอังกฤษ ด้วยการร้องเพลง ABC song นั้นนับเป็นการใช้ดนตรีโดยตรง การเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับดนตรีช่วยในการจำสิ่งเหล่านั้นได้ดี เพราะดนตรีเป็นสิ่งที่มีระเบียบกฎเกณฑ์ สมองสามารถถอดกฎเกณฑ์จากเสียงและจังหวะดนตรีได้ ทำให้สมองจำดนตรีง่ายกว่าสิ่งอื่น เมื่อจำดนตรีได้จึงพาให้จำอักษร 26 ตัวนั้นได้ด้วย กลไกเช่นนี้เป็นอย่างเดียวกับการจำบทกลอนที่มีความคล้องจองต่างๆ คือ อาศัยกฎเกณฑ์ ของเสียงสัมผัสที่มีในภาษา พาให้จำคำที่อยู่ในบทกลอนนั้นได้ด้วย

ลองนึกว่าจะทำความเข้าใจโครงสร้างของอะตอมโดยไม่มีภาพ (drawing) หรือจะเข้าใจการทำงานของเครื่องยนต์โดยไม่มีแผนภาพ (diagram) ได้ไหม การใช้ภาพมีความจำเป็นมาก ในการสอนเกี่ยวกับการคิดหรือการสอนเกี่ยวกับสัญลักษณ์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งที่เป็นนามธรรม เช่น การสอนเรื่องจำนวนในคณิตศาสตร์ การสอนอ่าน-ฟัง ให้เข้าใจความหมายของคำในภาษา **ภาพ** คือ รูปแทนของจริง ซึ่งเป็นเทคนิคหรือวิธีที่นำของจริงมาอยู่ตรงหน้าในชั้นเรียนได้อย่างง่าย ๆ

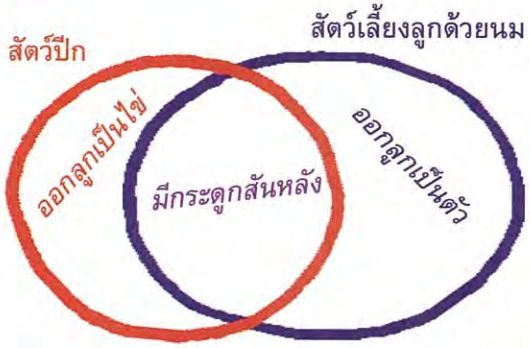
ภาพและเสียง นอกจากจะมีความพิเศษในลักษณะของมัน อันเป็นข้อมูลที่ดึงดูดและเข้าสู่สมองได้จำนวนมหาศาลในคราวเดียว มากกว่าข้อมูลอื่น ๆ แล้ว การใช้ภาพจะช่วยในกระบวนการเรียนรู้ได้มากในการสร้างความเข้าใจนามธรรม ส่วนดนตรีจะช่วยในด้านความจำ

2. เมื่อสมองสร้างแผนภาพความคิด (graphic organizers)

แผนภาพที่อยู่ในสมองของเราแสดงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดหรือข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ทั้งหมด การจัดระบบข้อมูลออกมาเป็นแผนภาพทำให้ความคิดและการเรียนรู้ง่ายลงแต่มีประสิทธิภาพมากขึ้น หน้าที่ของแผนภาพเหล่านี้คือ ช่วยเรียบเรียงความคิดคือ ช่วยการคิด ช่วยทำให้เห็นความสัมพันธ์ของความคิดในหลายมิติชัดเจนขึ้น และเป็นการสะท้อนความคิดออกมาเป็นข้อมูล (ภาพ) และรับรู้เข้าไปใหม่ อีกนัยหนึ่งก็คือ ช่วยให้ความคิด(ที่ปรากฏเป็นภาพแล้วนั้น) ถูกอ่านจากภายนอกเข้าไปรับรู้ประมวลเปรียบเทียบใหม่กับความคิดเดิม ที่เป็นต้นกำเนิดอยู่ในสมอง เป็นการย้ำเสริมเสถียรภาพของวงจรเซลสมองที่กำลังทำงานคิดอยู่ในขณะนั้น

Mind Map นั้นเป็นแผนภาพความคิดที่เรารู้จักกันทั่วไป Mind Map นั้นเป็นเทคนิควิธีการ ที่เชื่อมโยงเนื้อหาข้อมูลในสมองของเรา แผนภาพความคิดแบบอื่น ๆ ที่มีใช้กันยังมีอีกหลายแบบ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในแบบต่าง ๆ กัน

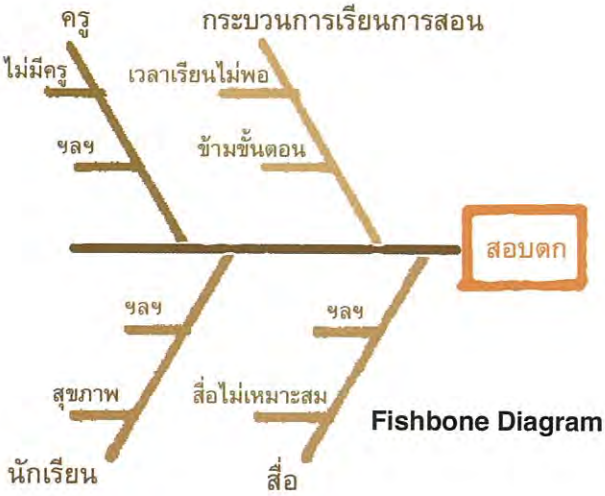
- Sunshine Wheel/Concept Wheel
- Concept Web
- Mind Map
- Venn Diagram
- Ranking Ladder
- Fishbone Diagram
- Sequence Chart
- Right Angle
- Pie Chart
- Target
- Tree Diagram
- Cross-Classification Chart



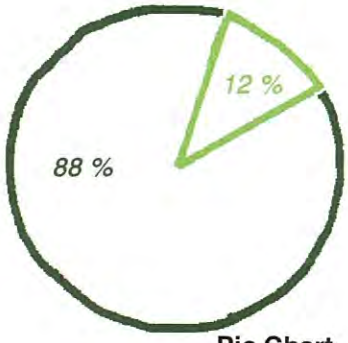
Venn Diagram

	ป 1	ป 2	ป 3
อ่านได้ระดับที่ 1		13	
อ่านได้ระดับที่ 2		17	
อ่านได้ระดับที่ 3			
อ่านได้ระดับที่ 4			
รวม			

ตารางข้อมูล



Fishbone Diagram



Pie Chart
กราฟวงกลม

3. เมื่อสมองเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ

การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติเท่ากับสมองมีประสบการณ์รับรู้ผ่านอวัยวะต่าง ๆ ทั้งในรูปของภาพ เสียง สัมผัส ทั้งยังประกอบด้วยประสบการณ์รับรู้เหตุการณ์ต่อเนื่องที่เป็นเรื่องเป็นราว เพียงแค่นี้ก็นับว่า ส่งเสริมการเชื่อมโยงของวงจรเซลสมองมากกว่าเดิมหลายเท่า ยิ่งใช้วงจรเซลสมองพร้อม ๆ กันมากเท่าใด เสถียรภาพการเชื่อมโยงของวงจรก็เกิดได้เร็วเท่านั้น และ**การเชื่อมโยงระหว่างวงจรสื่อสัมผัสพร้อม ๆ กันกับวงจรเหตุการณ์ซึ่งเป็นวงจรความจำที่มีบริบทของเวลาและสถานที่ก็ยิ่งทำให้ความจำในการเรียนรู้ตกผลึกเร็วขึ้น** ลองจินตนาการดู ขณะที่เราเรียนวิธีการตอนกิ่งไม้ ถ้าเรียนรู้เพียงหลักทฤษฎีจากการอ่านหรือการฟัง ความรู้ที่ได้ย่อมไม่เหมือนกับการลงมือปฏิบัติ ซึ่งต้องใช้มีด กาบมะพร้าว พลาสติก เชือก ทั้งหมดนี้จะก่อรูปความเข้าใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

นอกจากด้านความจำแล้ว การลงมือปฏิบัติจะช่วยเสริมสร้างการคิดและวิธีคิด **การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติเปิดโอกาสในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น** การปฏิสัมพันธ์ในทางหนึ่งเป็นการขยายศักยภาพสมองจากการใช้หนึ่งสมองเป็นหลายสมอง เราอาจได้วิธีคิดหรือได้เห็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในมุมมองการคิดแบบต่างๆ ที่เราไม่เคยได้คิด ได้เห็น ในอีกทางหนึ่งสำหรับเราแต่ละคน เมื่อเราแสดงความคิดเห็นเราย่อมได้ยินสิ่งที่เราพูด นั่นคือ **การอ่านความคิดตัวเองให้ตัวเองได้ยิน** และเมื่อผู้ร่วมงานแสดงความคิดเห็นต่อตัวเรา ย่อมเป็น **การสะท้อนความคิดของตัวเราโดยผู้อื่น เราได้ฟังได้รับรู้ความคิดของตัวเราเองผ่านผู้อื่น** ทั้งสองทางเป็นการป้อนข้อมูลความคิดของตัวเราเข้าสู่วงจรการรับรู้ของตัวเรา เป็นวิธีเสริมเสถียรภาพเส้นทางเดินของวงจรความคิดที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้นในสมองให้มั่นคงขึ้น



รวมหัว...

นอกจากนี้ **การเรียนที่ลงมือปฏิบัติมักเป็นการเรียนรู้ที่มีเป้าหมาย** เป็นรูปธรรม ผู้เรียนจะต้องไปถึงเป้าหมาย ดังนั้น 'ความตั้งใจ' จะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติระหว่างกระบวนการเรียนรู้ ตัวอย่างการเรียนที่ลงมือปฏิบัติได้แก่

- **ในห้องทดลองปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์**
- **การทำโครงงานต่างๆ**
- **การลงสนามในพื้นที่**
- **การสร้างวัสดุ อุปกรณ์ชิ้นงานต่างๆ**
- **การใช้วิธีการเรียนรู้บางแบบ เช่น**
  - **peer teaching - สอนกันเอง, สรุปให้กันฟัง**
  - **Hand-on Learning Activities - การเรียนที่มีกิจกรรมที่ต้องลงมือทำด้วยตัวเอง เช่น เรียนรู้เรื่องเศษส่วนโดยการตัดแบ่งขนมชั้น เป็นต้น**
- **การเขียนเรียงความ เขียนบรรยาย เขียนบทกลอน เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน และความนึกคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรียน**

  การเขียนจะฝึกการสังเกต การสรุปความคิด การหาเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ยังกระจัดกระจายอยู่ และการคิดใช้คำ อย่างไรก็ดีเนื่องจากการเขียนเป็นกระบวนการที่เกี่ยวกับการคิดเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจะได้ผลดีต่อเมื่อนักเรียนพร้อม (คือมีศักยภาพที่จะคิดได้-เขียนได้) และมี **'การนำทางความคิด'** ที่เป็นระบบ เป็นขั้นเป็นตอนมาก่อน

4. เมื่อสมองเข้าไปอยู่ในเหตุการณ์ : จินตนาการและสถานการณ์จำลอง

ห้องจำลองขับเครื่องบินเป็นเทคโนโลยีที่สร้างกลไกตอบสนองซึ่งเลียนแบบการปฏิบัติงานขับเครื่องบินจริง เป็นการช่วยการเรียนรู้โดยการสร้างสถานการณ์จำลองแบบหนึ่ง อันที่จริง สถานการณ์จำลองอาจมีอีกหลายแบบ สถานการณ์จำลองช่วยให้ข้อมูลที่สมองรับรู้เชื่อมโยงกันเป็นเรื่องราว สร้างอารมณ์ให้เกิดขึ้นในระหว่างเรียนรู้

4.1 สถานการณ์จำลองผ่านการฟัง

การอ่านนิทานให้เด็กเล็กฟังอยู่ในประเภทนี้ ระหว่างที่อ่านนิทานพร้อมชี้ภาพให้เด็กดู เด็กไม่ได้ฟังความหมายของนิทาน แต่เด็กจะสร้างจินตนาการไปกับสิ่งที่เห็นและได้ยิน เป็นเสมือนว่าเด็กอยู่ในสถานการณ์จำลองจากจินตนาการที่เด็กสร้างขึ้นมานั้น

นิทานที่ดีจึงสามารถจำลองโลกจินตนาการที่ดี และมีความหมายต่อเด็ก สร้างอารมณ์ร่วมและการรับรู้ให้เกิดขึ้น และพัฒนาความคิดความเข้าใจ โดยเฉพาะในด้านภาษาและโลกรอบตัว (รวมทั้งเรื่องศีลธรรมที่มักจะคิดว่าจะได้จากสอนศีลธรรมเท่านั้น)

4.2 สถานการณ์จำลองผ่านการอ่าน

ตำราคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ดีๆ จะสามารถสร้างความเข้าใจทางนามธรรมได้อย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะคณิตศาสตร์นั้น กระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญคือ ขั้นตอน ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะพัฒนาความเข้าใจด้านนามธรรม เริ่มจากการชี้ให้เห็นคุณสมบัติ (ซึ่งเป็นนามธรรม) ในธรรมชาติ นำไปสู่การเทียบเคียงกับสัญลักษณ์ ชื่อเรียกสัญลักษณ์ ... ต่อๆ ไป จนกระทั่งเสนอความคิดนามธรรมชุดใหม่บนฐานความเข้าใจจากข้อมูลนามธรรมชุดเดิม คณิตศาสตร์เป็นเรื่องนามธรรม การเรียนผ่านปฏิบัติการโดยเทียบเคียงของจริงในธรรมชาติเป็นขั้นต้นของความรู้ ขั้นสุดท้ายของความรู้เกี่ยวกับตัวเลขทั้งหลายนี้ ต้องใช้ตัวมันเองเท่านั้นที่จะบอกได้ว่า มันคืออะไร

4.3 สถานการณ์จำลองผ่านการลงมือทำ

กระบวนการเรียนรู้ในลักษณะนี้ก็คือการเรียนรู้ที่ลงมือปฏิบัติ ได้แก่

- การจัดฉาก สมมติบทบาท เล่นละคร (เช่น เล่นละครประวัติศาตร์)
- การเลียนแบบ ธุรกิจ กิจกรรมที่เป็นกิจวัตรในชีวิต (เช่น เปิดบูธขายของ จัดรายการวิทยุ ทำหนังสือพิมพ์)
- การทดลองในห้องปฏิบัติการ (จำลองสถานการณ์ต่างๆ เพื่อหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์)
- การใช้เทคโนโลยีกลไกและคอมพิวเตอร์เลียนแบบ (เช่น การฝึกขับรถยนต์, ขับเครื่องบินในเครื่องกลจำลอง)



จินตนาการ บทบาทสมมติ ผ่านสถานการณ์จำลอง



ท่องจำ ฝึกฝน

5. เมื่อสมองท่องจำ-ทำซ้ำ-ฝึกฝน

กระบวนการทำซ้ำนี้ก็คือ การฝึกฝน การฝึกทักษะ กระบวนการเรียนรู้นี้ใช้กลไกเหมือนกันคือ ออกเสียง ท่องจำ ลงมือทำซ้ำๆ เจ้าของสมองได้ยินเสียงตัวเอง ได้ลงมือและเห็นสิ่งที่ตัวเองทำ สิ่งที่ปรากฏ หรือสัมผัส กลายเป็นข้อมูลย้อนป้อนกลับเข้าไปในสมองใหม่อีก ถือว่าเป็นการลงมือสอนตัวเองด้วยตัวเอง การทำเช่นนี้จะเสริมเส้นทางเดินของวงจรเซลสมองที่มีอยู่ก่อนให้มีเสถียรภาพขึ้น อันเป็นเหตุให้จดจำได้และมีความชำนาญ

การฝึกทักษะมีหลายวิธีและหลายประเภทของทักษะที่ต้องการฝึก ได้แก่

- การเล่นกีฬา
- การเล่นดนตรี
- การฝึกพิมพ์ดีด
- การเล่นเกม
- การท่อง
- การฝึกเขียน
- การใช้คอมพิวเตอร์ (เด็กที่ใช้คอมพิวเตอร์จะมีทักษะเกี่ยวกับการอ่านภาพ และการทำงานหลายเรื่องในเวลาเดียวกันสูง)

การฝึกทำซ้ำๆ หรือ 'ฝึกฝน' ต้องใช้เวลา ถ้าการใช้เวลาเป็นไปอย่างไม่เหมาะสมอาจเป็นปัญหาต่อสุขภาพ เช่น เกิดความเครียด รวมทั้งทำให้โอกาสที่จะได้อยู่ในกระบวนการเรียนรู้อื่นๆ ลดลงไปด้วย

6. เครื่องมือช่วยให้สมองจำ

คือการใช้กลวิธีต่างๆ ทำให้ข้อมูลมีความหมายขึ้น หรือมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันหรือเชื่อมโยงกับสิ่งอื่น อันจะช่วยให้เกิดความจำได้ดีขึ้น

1 ทำให้ข้อมูลมีความหมาย โดยอธิบายหรือเชื่อมสัมพันธ์กับข้อมูลเดิม

2 ทำให้ข้อมูลมีความหมาย โดยเทียบเคียงกับสิ่งที่คุ้นเคย โดยการอุปมาอุปไมย สมองจะถอดกระบวนแบบความหมายจากสิ่งที่คุ้นเคยนั้นมาลองสวมเข้ากับข้อมูลชุดใหม่

3 เชื่อมโยงเหตุการณ์ อารมณ์ เข้ากับข้อมูล

4 ใช้วิธีการจัดระเบียบเชื่อมโยงข้อมูล โดยกลยุทธ์ช่วยจำ (mnemonics)

- เชื่อมข้อมูลเข้าเป็นประโยค เช่น 'ไก่จิกเด็กตายบนปากโอ่ง' ในการจำอักษรกลาง (ก จ ด ต บ ป อ)
- เชื่อมโยงข้อมูลขึ้นเป็นคำใหม่ (acnonyms) เช่น สุจิปุลิ
- เชื่อมโยงข้อมูลแต่งเป็นคำคล้องจอง เช่น กลอน ผู้ใหญ่หาผ้าใหม่...
- นำคำศัพท์ หรือสิ่งที่ต้องการจำ ไปเชื่อมโยงกับภาพ เมื่อต้องการระลึกความจำก็ใช้การนึกถึงภาพ (key picture, keyword method)
- นำคำศัพท์ หรือสิ่งที่ต้องการจำ ไปเชื่อมโยงไว้ตามตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย หรือสถานที่ต่างๆ ที่คุ้นเคย เมื่อต้องการระลึกความจำก็ใช้การนึกถึงตำแหน่งหรือสถานที่เหล่านั้น (method of loci)
- นำข้อมูลมาเชื่อมโยงขึ้นเป็นเรื่องราว คือ การแต่งเป็นเรื่อง

การใช้กลยุทธ์ช่วยจำใช้ได้ดีกับเด็กอายุประมาณ 10 ปีไปแล้ว ซึ่งเป็นวัยที่มีพัฒนาการด้านความสามารถในการจำเต็มที่แล้ว



การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้วยวิธีต่างๆ ที่กล่าวมา ล้วนมีจุดหมายปลายทาง คือ ให้สมองผลิตความรู้และบันทึกข้อมูลความจำเพิ่มขึ้น แต่ต้องไม่ลืมว่าระหว่างทางก่อนถึงจุดหมายนั้น 'อารมณ์' ต้องได้รับการดูแลและเอาใจใส่ ไม่ว่าในกิจกรรมใดๆ ถ้าผู้เรียนไม่เกิดอารมณ์ร่วมด้วยแล้ว ยากที่วิธีการต่างๆ จะดำเนินไปได้

‘ห้องเรียนรู้’ 14.1

สิ่งแวดล้อมในห้องเรียน
ห้องเรียน-ครู-นักเรียน-ครูกับนักเรียน
และสื่อสำหรับการเรียนรู้

การเรียนรู้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นเอง
ดำเนินไปในขณะเราใช้ชีวิตในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ
แต่ส่วนหนึ่งของ ‘การเรียนรู้’ เกิดขึ้นใน ‘ห้องเรียน’

เราจัดการเรียนการสอนขึ้น
ด้วยจุดมุ่งหมายให้เกิดการเรียนรู้ที่สำคัญ ‘ในห้องเรียน’



ห้องเรียนของโรงเรียนทุกแห่งเป็นสถานที่ที่จำเจที่สุดแห่งหนึ่งสำหรับครูผู้สอน ครูหลายคนอาจอยู่ที่นั่นมานานถึง 20-30 ปี ลองคิดดูง่ายๆ ว่า เมื่อเราอยู่ที่ไหนมานานนับสิบปี เราจะยังนึกถึงบรรยากาศใหม่สดอยู่หรือเปล่า เห็นจะเป็นไปไม่ได้ สิ่งที่เรานึกน่าจะเป็นความเก่าแก่อันอบอุ่นมากกว่า แต่โชคไม่เข้าข้างที่ **สมองของเด็กๆ มาโรงเรียนพร้อมกับความตื่นเต้นและตื่นตัวที่จะเรียนรู้ ถ้าเป็นไปได้เขาคงอยากจะเห็นสิ่งแปลกใหม่ในห้องเรียนทุกวัน** แต่สำหรับครูภาระเช่นนั้นช่างหนักหน่วงเสียนี่กระไร

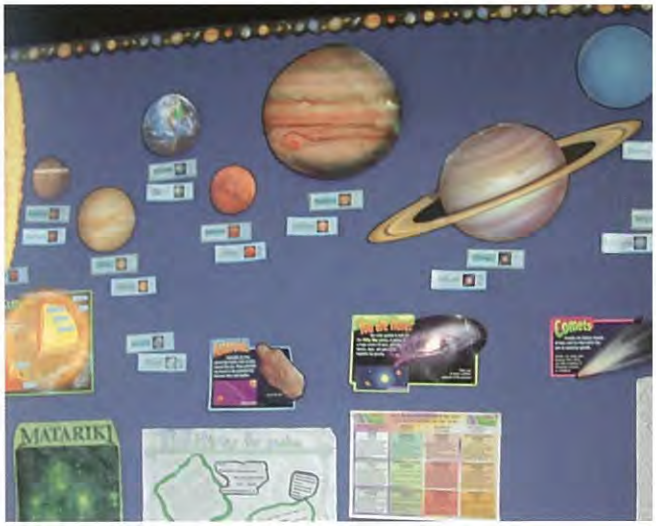
มีหนทางบ้างไหมที่คุณครูจะมองเห็นลู่ทางที่จะไม่ต้องทำงานหนักเกินไปที่จะหาความ 'ใหม่สด' มายังห้องเรียน ขณะเดียวกันโลกการเรียนรู้ของนักเรียนก็ไม่เป็นสิ่งที่น่าเบื่อหน่าย

ปัจจัยสำคัญในสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ก็คือ สิ่งที่ตามองเห็น ภาษาที่เราพูดใช้สื่อความหมายได้ แต่ภาพทำหน้าที่ของมันเต็มพิกัด

ปัจจัยสำคัญในสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ก็คือ สิ่งที่ตามองเห็น สมองสามารถรับภาพได้ถึง 10 ภาพต่อวินาที หรือ 36,000 ภาพต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นจำนวนที่มากโขอยู่ แต่คำถามมีอยู่ว่าเราจะประมวลข้อมูลที่เกี่ยวกับภาพนี้ได้มากหรือได้เร็วขนาดนั้นจริงหรือ

อันที่จริงแล้ว การแปลความหมายของภาพเกิดขึ้นรวดเร็วเกินกว่าที่เราจะคาดคิด ส่วนประกอบของภาพ คือ เส้นตรง เส้นโค้ง ตำแหน่งที่เส้นเริ่มต้นและสิ้นสุดลง สี ขนาด ล้วนแต่ดึงสายตาเราให้จับลง ณ ตำแหน่งต่างๆ ได้รวดเร็วก่อนหน้าที่เราจะตีความว่ามันคืออะไรเสียอีก จริงอยู่ ภาษาที่เราพูดก็ใช้สื่อความหมายได้เช่นกัน (ถ้าเราพูดได้ดีพอที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจได้) แต่ภาพทำหน้าที่ของมันเต็มพิกัด ความสนใจของสมองเน้นพินิจลงไปในเรื่องจังหวะและองค์ประกอบของสี ทิศทางของแสง-เงา ความรู้สึกถึงการเคลื่อนไหว กระบวนแบบที่ปรากฏ และมิติของภาพ องค์ประกอบเหล่านี้เชื่อมโยงและสร้างความรู้ให้แก่นักเรียนดียิ่ง ดังนั้น **การที่เราจะทำให้เด็กเห็นภาพอะไรในขณะเรียนรู้นั้น ไม่ใช่เรื่องเทคนิคเสริมเล็กๆ น้อยๆ แต่เป็นยุทธศาสตร์แห่งการจัดการให้สมองเรียนรู้เลยทีเดียว**

สมองซึมซับข้อมูลจากรูปทรงต่างๆ ที่อยู่โดยรอบในชีวิตประจำวัน ภายใต้อาณาเขตที่สายตากวาดไปถึง บ่อยครั้งที่มันเข้าไปอยู่ในจิตใต้สำนึกโดยไม่รู้ตัว มันอาจจะสนับสนุนการเรียนรู้ มากยิ่งกว่าที่เราจะตระหนักเสียอีก สมองจะเก็บรับจากทุกสิ่งที่แวดล้อมตัวเราไว้ ไม่ว่าจะเป็น ลักษณะรูปทรง การจัดวางตำแหน่ง สี เสียง กลิ่น หรือสัมผัสอื่นๆ เราอาจไม่รู้ตัวเพราะ



ขณะที่สัญญาณบางอย่าง แม้จะถูกกรองออกไปหรือถูกให้ความสำคัญน้อยจากผิวสมองคอร์เทกซ์ มันก็ยังคงไปถึงผิวสมองคอร์เทกซ์และอยู่ที่นั่นอยู่ดี และมันยังไปที่อื่นๆ เช่น ระบบลิมบิกด้วยโดยสมองไม่ต้องสั่ง นี่เป็นเรื่องสำคัญและต้องพิจารณาในการวางแผนจัดวางสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้มากที่สุด **รูปทรงงานเชิงศิลปะที่เป็นตัวแทนสื่อความหมายในทางบวก งานที่นักเรียนทำขึ้นมาเอง และภาพที่สื่อถึงการเปลี่ยนแปลง การเจริญเติบโต และความงาม สิ่งเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดการรับรู้ซึ่งกระตุ้นส่งเสริมการเรียนรู้**



การที่นักเรียนรู้ว่ามีผู้อื่นสนใจดูอยู่ เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะกระตุ้นการเรียนรู้ได้ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขบริบทที่เหมาะสม การให้ความสนใจต่อนักเรียนเป็นสิ่งที่สะท้อนบอกให้นักเรียนรู้ว่าพฤติกรรมของตนเองเป็นอย่างไร แต่สิ่งที่ต้องระวังอย่างยิ่งก็คือกิจกรรมของครู ไม่ว่าจะเป็น การให้คะแนน การให้รางวัล การชมเชย หรือการตำหนิ สิ่งเหล่านี้เมื่อเกิดขึ้นหลังกระบวนการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง คล้ายเป็นการ 'ตัดสิน' ว่าที่ผ่านมาการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างไร ถ้าเป็นการให้คะแนนและการชมเชยก็แสดงว่าครูพอใจ ขณะที่การตัดคะแนนและการกล่าวตำหนิก็เป็นการแสดงความไม่พอใจ ซึ่งทั้งนี้ทั้งนั้นน่าจะลองพิจารณาทบทวนดูว่าในกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนใฝ่หาคะแนนหรือคำชมหรือเปล่า และในทางกลับกันเขาหวาดกลัวการตัดคะแนนและคำตำหนิหรือเปล่า คำตอบอาจแตกต่างกันไปในเด็กแต่ละคน และบางทีก็จะได้ยินคำตอบประเภทว่า 'ชินเสียแล้ว' อยู่บ้าง

การให้นักเรียนเชื่อมโยงเรื่อง รางวัลหรือการลงโทษ กับ การเรียนการสอนในห้องเรียนนั้น เป็นสิ่งที่ต้องใคร่ครวญให้ดี **การชมเชยหรือรางวัลแม้จะนำมาซึ่งความรู้สึกในแง่บวก แต่ก็ไม่ใช่ส่วนสำคัญและไม่เป็นสิ่งแวดล้อมที่กระตุ้น 'จิตใจใฝ่รู้' ให้เกิดขึ้นในเด็ก** เลย การกระทำดังกล่าวอาจทำให้ห้องเรียนกลายเป็นสถานที่เพื่อเรียนรู้พฤติกรรมที่จะได้รับรางวัลหรือไม่ถูกลงโทษ ถ้าจะเปรียบเทียบให้เกินไปสักนิด ห้องเรียน ก็อาจกลายเป็นห้องควบคุมพฤติกรรมหรือห้องขัง และนักเรียนกลายเป็นนักโทษผู้ต้องถูกคุมประพฤตินั่นเอง

ถ้าการชมเชยหรือรางวัล กระทำด้วยความรอบคอบ เช่น พยายามหาจุดเด่นของนักเรียนแต่ละคน หาโอกาสที่จะให้ความสำคัญต่อจุดเด่นนั้นๆ เวียนสลับกันไป ไม่ว่านักเรียนคนใดก็จะไม่รู้สึกถูกทอดทิ้ง การรู้สึกว่าตัวเองมีความหมายจะทำให้เขามีความกระตือรือร้นที่จะอยู่ในสังคมเรียนรู้นี้ โดยเฉพาะครูก็จะกลายเป็นผู้นำที่จะให้ความเข้าใจเขาได้ และเขาจะเชื่อฟัง การกระตุ้น 'จิตใจใฝ่รู้' อาจจะตามมาในโอกาสต่อๆ ไป

คำแนะนำ การตอบรับ การชี้แนะ การให้กำลังใจ เป็นข้อมูลสำคัญ สมองใช้ข้อมูลนี้ตรวจสอบความเข้าใจและความคาดหมายของตนเอง

สิ่งสำคัญที่อาจกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างจริงๆ จังๆ

1. นักเรียนได้รู้ **เป้าหมาย** จริงๆ ว่า เขาจะเรียนสิ่งที่วางอยู่ข้างหน้านี้ไปทำไม มันเกี่ยวกับชีวิตเขาจริงๆ หรือมีแต่คำมั่นสัญญาว่า "วันหนึ่งในอนาคตเธอจะได้ใช้ความรู้นี้"

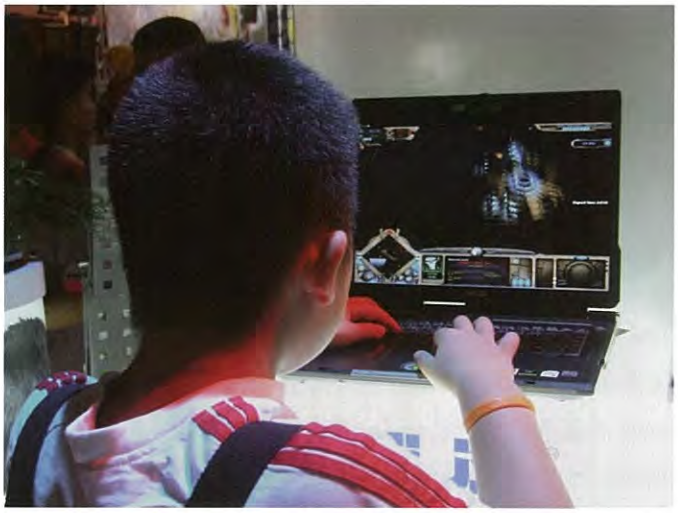
2. ถ้าการทำให้นักเรียนเข้าใจเป้าหมายเป็นไปได้ยาก หรือเป็นไปไม่ได้ ซึ่งก็มีกรณีที่เป็นอย่างนั้นอยู่เช่น ในเด็กเล็ก ก็จะต้องมีกระบวนการที่ทำให้เด็กเกิดความ **มั่นใจ** หรือภาวะอารมณ์ทางบวก ว่าสิ่งที่จะเรียนรู้นี้เขาเรียนรู้ได้ เขาสามารถทำได้ เหมือนกับตอนที่เขาลองขี่จักรยาน เขามั่นใจเต็มที่ว่าเขาจะขี่มันให้ได้ "มันอาจจะยากแต่ฉันจะต้องลองทำดู"

3. กระบวนการเรียนรู้ที่จัดขึ้นควรจะน่าสนใจ มีสีสัน ใช้ประโยชน์จากวิธีการเรียนรู้ของสมองที่หลากหลาย เช่น รู้ว่าสมองเรียนรู้เรื่องใด โดยวิธีไหน อาทิ สมองเรียนรู้โดยการสำรวจ ทดลอง ดูภาพ ดูภาพยนตร์ ทำโครงงาน แสดงละคร จัดโต้วาที หรืออภิปราย เป็นต้น ไม่มีการเรียนรู้แบบไหนที่เหมาะกับกิจกรรมทุกประเภท **การเรียนรู้แต่ละอย่างมักมีวิธีที่เหมาะสมกับเนื้อหาของวิชา** เช่น การเรียนดนตรีคงไม่มีทางจะสำเร็จลงได้โดยการบรรยายเป็นแน่

3.1) สมองเรียนรู้ได้ดีก็ต่อเมื่อ **สิ่งที่จะเรียนรู้นั้นน่าสนใจ** มีข้อมูลใหม่ มีประสบการณ์ใหม่ๆ ให้ลอง

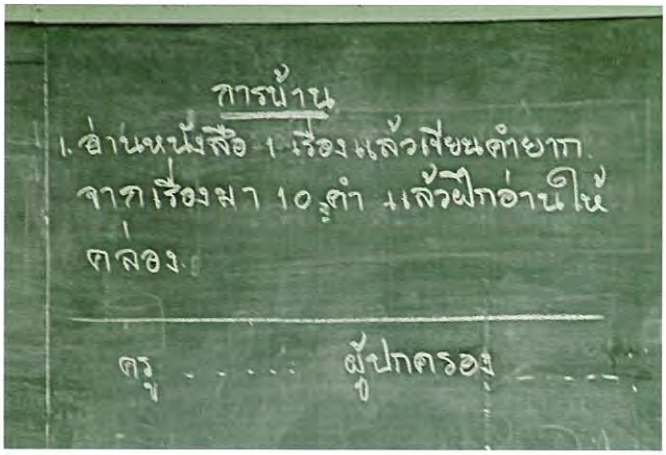
3.2) กระบวนการเรียนรู้นั้นควรจะอนุญาตให้เกิด **มีปฏิสัมพันธ์ 2 ทาง** ได้ ไม่ใช่ให้นักเรียนตกเป็นฝ่ายฟังหรือรับอย่างเดียว การตอบสนองหรือมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนนั้นสำคัญมาก เขาอยากรู้ว่าเขามาถูกทางไหม และมีทางไหมที่เขาจะได้รับชัยชนะไปถึงเป้าหมายมีความสำเร็จในการเรียนรู้ คำแนะนำ การตอบรับ การชี้แนะ การให้กำลังใจ เป็นการกระตุ้นความมั่นใจให้แก่สมอง ทำให้รู้สึกว่าปลอดภัยที่จะก้าวต่อไปอีกขั้นหนึ่งและอีกขั้นหนึ่ง จนกระทั่งก้าวข้ามฝ่าสิ่งยากไปได้สำเร็จ

3.3) ***ภาวะท้าทายนั้นสำคัญมาก*** ถ้ายากเกินไปจนนักเรียนไม่อาจเรียนรู้ได้เลย เขาจะรู้สึกท้อถอย ถ้าง่ายเกินไปก็จะเบื่อ การยืนบรรยายหน้าห้องตลอดทั้งเดือนทั้งปีนั้นไม่ใช่วิธีการที่สมองสนใจอย่างแน่นอน



เกมคอมพิวเตอร์เป็นตัวอย่างของการออกแบบโจทย์ที่ท้าทายการเรียนรู้ของเด็กอย่างยิ่ง เพราะมันตอบสนองทุกๆ นาทีที่เด็กกดมือลงที่แป้นคีย์บอร์ดหรือเมาส์ มันคอยบอกหรือยืนยันว่าสิ่งที่เด็กตัดสินใจทำลงไปเมื่อสักครู่นั้นได้รับการยอมรับจากโปรแกรมแบบไหน เด็กไม่เคยอยู่คนเดียวเลย เมื่อเข้านั่งอยู่หน้าจอมี "ใครคนหนึ่ง" อยู่ที่นั่นเสมอ

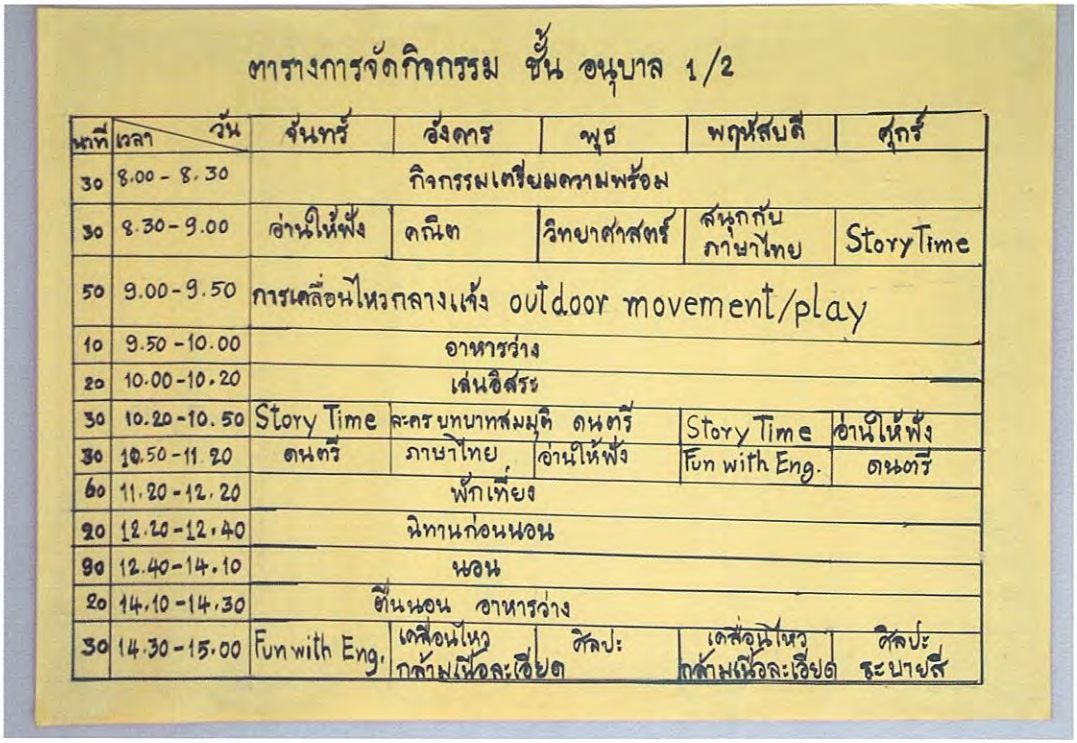
แต่ในการเรียนรู้ในโรงเรียนเล่า เราได้พบว่ามีบ่อยครั้งเสียจริงๆ ที่เด็กๆ ได้รับคำสั่งให้เขียนเรียงความยาว 2 หน้า หรือทำรายงานเป็นสิบๆ ฉบับในเดือนหนึ่ง โดยไม่มีใครอ่านงานของเขา หรือถ้ามีใครสักคนอ่านแล้ว ผลที่เขาจะได้รับรู้ก็เป็นเพียงตัวเลข เช่น 6/10 ซึ่งเขาก็ไม่อาจแปลความหมายในรายละเอียดได้ว่า คนที่ให้คะแนนมารู้สึกอย่างไร และงานของเขาบกพร่องอะไร ที่ตรงไหน หรือมีส่วนที่ดีอยู่บ้างหรือไม่ ตรงไหนดีแล้ว เขาจะได้รู้และนำไปใช้ต่อไป เป็นต้น



ภาวะท้าทายนั้นสำคัญมาก
ถ้ายากเกินไปจนนักเรียนไม่อาจเรียนรู้ได้เลย เขาจะรู้สึกท้อถอย
ถ้าง่ายเกินไปก็จะเบื่อ

4. กระบวนการเรียนรู้ควรเป็นแบบที่ **มีการป้อนกลับ คือการสะท้อนสิ่งที่รับรู้เรียนรู้** จากนักเรียนผู้เรียน มีวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้คิดและได้สะท้อนการรับรู้หรือการคิดนั้นออกมา วิธีนี้จะเป็นการกระตุ้นให้เด็กจดจ่ออยู่กับสิ่งที่เรียนนั้นโดยไม่เบื่อหน่าย ในที่สุดแล้ว นักเรียนผู้เรียนจะนำกระบวนวิธีนี้ไปใช้ขณะที่เขากำลังเรียนรู้ด้วยตัวเอง เขาจะริเริ่มด้วยตัวเองที่จะตรวจสอบ โดยย้อนพิจารณาสิ่งที่คิด เข้าใจ ขณะที่เขาเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ การถามคำถามตัวเอง และการป้อนกลับข้อมูลสู่ตัวเขาขณะที่เขาเรียนรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ตรวจปรับแก้ไขกระบวนการนั้นเองขณะดำเนินไป การเรียนว่ายน้ำอาจเป็นตัวอย่างที่ดี เด็กรู้ตลอดเวลาว่า ขณะนั้นเขาว่ายน้ำเป็นอย่างไร มีข้อมูลจากตัวเขาเองย้อนป้อนกลับสู่การรับรู้โดยตัวเขาเอง เมื่อไม่ตีขาก็เริ่มว่ายน้ำช้าลง เด็กก็จะเริ่มตีขาใหม่เพื่อให้ว่ายน้ำต่อไปได้ และการเรียนรู้การว่ายน้ำในที่สุด

เราต้องคำนึงว่า ในห้องเรียนมีภาวะที่นักเรียนกระตุ้นตัวเองแค่ไหน การออกแบบบทเรียน (lesson design) มีความสำคัญมาก เพราะเป็นการกำหนดแนวทางไว้ว่าเด็กจะได้ผ่านกระบวนการอะไรบ้าง ในแต่ละขั้นตอนที่เด็กเรียน และในแต่ละขณะที่สมองของเขาทำงานอยู่ บทเรียนนั้นก็จะคอยบอกเขาว่าสิ่งที่เรียนรู้อยู่นี้น่าสนใจแค่ไหน **กระบวนการที่เป็นการท้าทาย จะทำให้รู้สึกถึงความสำเร็จเป็นขั้นๆ เมื่อแต่ละจุดที่จะผ่านความท้าทายนั้น เด็กได้ก้าวข้ามมาแล้ว เด็กจะรู้สึกว่าเขาได้ไต่ขึ้นมาด้วยความพอใจด้วยตัวเขาเอง** และขณะนี้นั้นเขาอยู่ 'ระดับ' ไหนแล้ว นี่ก็คือวิธีการกระบวนการที่เกมคอมพิวเตอร์ใช้ในการจูงใจดึงดูดเด็กให้หลงใหล และช่วงชิงเด็กไปเล่นเกม เราคงได้ยินคำว่า 'เลเวล' (ซึ่งแปลว่าระดับ) นี้อยู่บ่อยๆ จากเด็กของเรา ความสำเร็จแต่ละเลเวลคือความท้าทายที่มีรางวัลให้ จึงไม่น่าสงสัยเลยว่า การรอจนหมดชั่วโมงเรียนแล้วครูจึงตัดสินโดยให้คะแนน จะไปต่อกรกับกระบวนการเรียนรู้ที่อยู่ในเกมคอมพิวเตอร์ได้อย่างไร



ตารางการจัดกิจกรรม ชั้น อนุบาล 1/2

นาที	เวลา / วัน	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์
30	8.00 - 8.30	กิจกรรมเตรียมความพร้อม				
30	8.30 - 9.00	อ่านให้ฟัง	คณิต	วิทยาศาสตร์	สนุกกับภาษาไทย	Story Time
50	9.00 - 9.50	การเคลื่อนไหวกลางแจ้ง outdoor movement/play				
10	9.50 - 10.00	อาหารว่าง				
20	10.00 - 10.20	เล่นอิสระ				
30	10.20 - 10.50	Story Time	ละครบทบาทสมมุติ ดนตรี		Story Time	อ่านให้ฟัง
30	10.50 - 11.20	ดนตรี	ภาษาไทย	อ่านให้ฟัง	Fun with Eng.	ดนตรี
60	11.20 - 12.20	พักเที่ยง				
20	12.20 - 12.40	นิทานก่อนนอน				
90	12.40 - 14.10	นอน				
20	14.10 - 14.30	ตื่นนอน อาหารว่าง				
30	14.30 - 15.00	Fun with Eng.	เคลื่อนไหวกล้ามเนื้อละเอียด	ศิลปะ	เคลื่อนไหวกล้ามเนื้อละเอียด	ศิลปะระบายสี

5. เด็กต้องการสะพานเชื่อมระหว่างโลกภายนอกที่เขามีชีวิตอยู่กับโลกการเรียนรู้ในโรงเรียน ระหว่างที่เด็กอยู่ที่บ้านเขาอยู่ในโลกแบบหนึ่ง บางครอบครัวอาจเป็นสภาพแวดล้อมที่น่ากลัวจนครูคาดไม่ถึงก็เป็นได้ ในท่ามกลางความซับซ้อนของโลกนี้ เด็กมาโรงเรียนพร้อมกับจิตใจแบบไหน ยากที่ครูจะรู้ได้ การเตรียมชั่วโมง 'เปลี่ยนผ่าน' เตรียมเด็กเข้ามาสู่โลกแห่งการเรียนรู้อีกแบบหนึ่งเป็นสิ่งสำคัญ โรงเรียนอาจจะเริ่มต้นจาก "ชั่วโมงผ่อนคลาย" เช่น ให้นักเรียนจับคู่กันคุยเรื่องอะไรก็ได้ที่อยู่ในใจ ให้เขียนเรื่องสั้นๆ ลงในสมุดบันทึก โดยที่ครูไม่รบกวนเขาโดยกาเครื่องหมายใดๆ ลงไป ไม่ว่าจะเป็นเพื่อแก้คำผิด ตรวจสอบไวยากรณ์ หรือแก้ไขตรรกะ

"ชั่วโมงผ่อนคลาย" หรือ "บันทึกเพื่อเปลี่ยนผ่าน" นี้ ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อสอน แต่มีจุดประสงค์เพื่อให้เด็กระบายบางสิ่งในใจ และปรับภาวะทางอารมณ์ให้เข้าที่ เรียกสมาธิจากนอกโรงเรียนให้คืนมาอยู่ในห้องที่พูดคุย ห้องที่เขียน ก่อนจะเริ่มบทเรียนที่ 'ห้องเรียนรู้' นี้ต่อไป

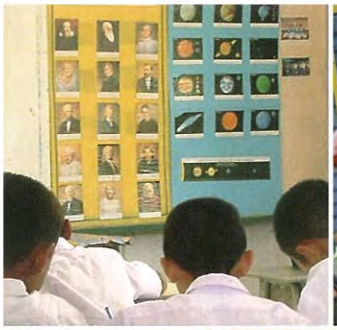
ภาวะที่คุกคามกระบวนการเรียนรู้

บางครั้งภายในห้องเรียนอาจเกิดปัญหาที่ไม่อาจควบคุมได้ แต่เราไม่ควรซ้ำเติมสภาพเหล่านั้น ด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่ทำให้เกิดปัญหานั้น บางครั้งกระบวนการเรียนการสอนนั้น ยังตามไปมีผลกระทบ แม้ว่าจะอยู่นอกห้องเรียนแล้ว

กระบวนการเรียนการสอนที่มุ่ง 'จูงใจ' ผู้เรียนนั้น ควรต้องมีความเข้มข้นในเนื้อหาของบทเรียนอย่างสมดุล ในทางตรงข้าม การมุ่งประสิทธิภาพในเนื้อหาของการเรียนการสอน ก็ต้องไม่เกินพอดีจนทำให้เกิดปัญหา 'อารมณ์' ซึ่งจะลดทอนการจูงใจ และในที่สุดก็ทำให้ประสิทธิภาพการเรียนตกลงไปด้วย ที่สำคัญและต้องระวังที่สุด คือ ผลข้างเคียงของกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ที่อาจทำให้สถานการณ์ 'อารมณ์' เลวร้าย ซึ่งแทนที่จะส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ กลับจะกลายเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้เสียเอง

ตัวอย่างสิ่งที่ทำให้สถานการณ์การเรียนรู้เลวร้ายลงไป

- กิจกรรมมากเกินไปจนไม่มีเวลาพักผ่อนและเด็กไม่มีชีวิตที่ปกติตามวัย
- กิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะความสามารถมากเกินกว่าศักยภาพผู้เรียน ยากเกินไปจนทำไม่สำเร็จและล้มเหลว
- กิจกรรมที่มีการปฏิบัติหรือสื่อความคิดที่ขัดแย้งกับระเบียบวิถีชีวิตที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมของผู้เรียน (ได้แก่ คำสอนทางศาสนา, ชีวิตการงานของครอบครัว, มิติวิธีคิด-การดำรงชีวิตของครอบครัว ฯลฯ)
- กิจกรรมและการบันเทิงที่ไร้สาระ รวมทั้งกิจกรรม พิธีกรรม ระเบียบแบบแผนที่ไม่มีเหตุผล ไม่นำไปสู่ความเจริญงอกงามทางปัญญาใดๆ
- กิจกรรมที่ส่งเสริมสัญชาตญาณหรือความต้องการของปัจเจกบุคคล หรือแม้แต่ตอบสนองการเรียกร้องจากกลุ่มส่วนใหญ่ที่เกินเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มีพฤติกรรมที่ส่อให้เห็นการคุกคามต่อผู้อื่น ซึ่งอยู่ในสิ่งแวดล้อมสังคมเดียวกัน

















เข้าใจ เพื่อใช้สมอง 15

ความรู้และการส่งผ่านความรู้

เป็นเวลานานมาแล้วที่เราพยายามค้นคิดหนทางหรือกระบวนวิธีการที่จะให้ 'การศึกษา' แก่เด็ก เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่สั่งสมสืบทอดมาอย่างหนึ่ง และเพื่อให้เด็กสามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ โดยไม่ต้องใช้เวลายาวนาน หรือต้องผ่านการลองผิดลองถูกใหม่หมดราวกับว่าความรู้นั้นๆ ไม่เคยมีใครรู้มาก่อนเลยก่อนหน้านี้ ในที่สุดแนวทางและวิธีการเหล่านั้นเริ่มอยู่ตัว จนถูกเรียกว่า หลักสูตร คำว่า 'หลักสูตรการศึกษา' ในประเทศต่างๆ ได้ถูกใช้มายาวนาน และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ้างเหมือนกัน แต่กล่าวได้ว่า ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงแบบปฏิวัติ เพราะยังคงยึดถือหลักใหญ่ใจความคล้ายเดิม การค้นพบความรู้เรื่องสมองนำไปสู่การตอบคำถามสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้ชนิดปฏิวัติ

Brain-based Learning การเรียนรู้โดยเข้าใจสมอง

การเรียนรู้โดยเข้าใจสมอง คือ การทำความเข้าใจหรือมีมุมมองต่อกระบวนการเรียนรู้ โดยอิงอาศัยความรู้ความเข้าใจจากการทำงานของสมอง ทัศนะต่อการเรียนรู้เช่นนี้ ทำให้การจัดการเรียนรู้วางอยู่บนฐานของความสนใจและการใคร่ครวญว่า ปัจจัยใดบ้างที่จะทำให้สมองมีการเปลี่ยนแปลง โดยมีวงจรการทำงานของกลุ่มเซลและเครือข่ายเซลภายในสมองที่พัฒนาขึ้น หรือว่าสมองมีปฏิกิริยาตอบรับต่อการเรียนการสอนแบบใดอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงใดขึ้นในสมองขณะที่เรียนรู้ และความรู้ ความเข้าใจ และความชำนาญของผู้เรียนจะสะท้อนออกมาอย่างไรจากการเปลี่ยนแปลงภายในสมอง การเรียนรู้จะสัมฤทธิ์ผลหรือไม่ควรจะใช้วิธีใดประเมิน

ในสาระหลัก ความเข้าใจการทำงานของสมอง มีที่มา 2 ประการ

1. **ความรู้ทางประสาทวิทยา** (cognitive neuroscience) คือ ข้อมูลความรู้ความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการขององค์ประกอบโครงสร้างและสรีระการทำงานของสมอง ความรู้ทางประสาทวิทยา ได้มาจากหลายทาง

1. จากการตรวจรักษาทางการแพทย์

ความผิดปกติในผู้ป่วยที่มาหาแพทย์เพื่อทำการตรวจรักษา นับเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่มนุษย์ได้เรียนรู้และบันทึกไว้ หน้าที่ต่างๆ ของสมองที่สูญเสียไปจะถูกนำไปเทียบเคียงกับความผิดปกติที่พบได้ในอวัยวะคือสมอง โดยความผิดปกติในสมอง อาจจะรู้ได้จากการตรวจด้วยเครื่องมือพิเศษ เช่น เอกซเรย์ การตรวจสแกนสมอง นอกจากนี้ ยังรู้ได้จากการผ่าตัดเพื่อการตรวจรักษาขณะยังมีชีวิตอยู่ และตรวจอวัยวะนั้นเมื่อเสียชีวิตแล้ว

2. จากการสังเกต วิจัย ทดลอง ทางวิทยาศาสตร์ และทางการแพทย์

การสังเกตจากพฤติกรรม ทั้งในคนปกติและผู้ที่มีความผิดปกติ ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ทำให้ได้ข้อมูลทางพฤติกรรม ที่สะท้อนจากการทำงานของสมอง ข้อมูลเหล่านั้น ได้แก่ การบัญญัติศัพท์ชื่อเรียก การนิยาม และรวบรวมเข้าเป็นบันทึกความรู้ การบันทึกความเปลี่ยนแปลงตามลำดับเวลานำไปสู่การเชื่อมโยงถึงสาเหตุและผลที่เกิดเป็นพฤติกรรมต่างๆ ในที่สุดความรู้เหล่านั้นก็ได้นำมาเชื่อมโยงเป็นทฤษฎี อธิบายการทำงานของสมอง และจิตใจ

นอกจากนี้ยังมีการทดลองในสัตว์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมต่างๆ เทียบเคียงกับคน

การตรวจสมอง ทั้งในคนและสัตว์ รวมถึงการตรวจวิจัยทดลองกับชิ้นเนื้อเยื่อสมอง ให้ข้อมูลที่สมบูรณ์ขึ้นเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และการทำงานในระดับเซลสมอง

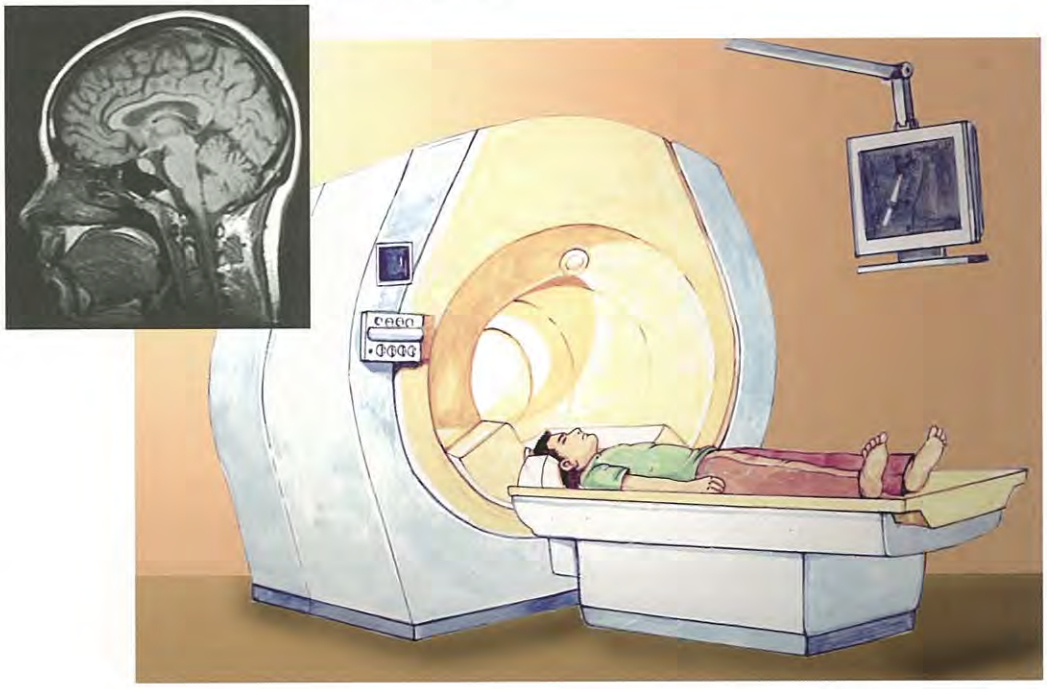
การพัฒนาทางวิทยาการและเทคโนโลยีเครื่องมือตรวจทางการแพทย์ เช่น เครื่องตรวจสแกนสมองด้วยรังสีเอกซ์ (CT scan) เครื่องตรวจสแกนด้วยคลื่นแม่เหล็ก(MRI และ fMRI) เครื่องตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าสมองแบบต่างๆ (ECG, ERP) ซึ่งต่อมานำมาใช้ในการวิจัยเรื่องสมองโดยตรงนั้น ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของสมองและฉายให้เห็นภาพสมองขณะที่สมองทำงาน การรวบรวมข้อมูลไม่เพียงแต่ทำในผู้ป่วย แต่ยังรวมถึงข้อมูลที่ได้จากการตรวจวิจัยในคนปกติด้วย

ทั้งการตรวจรักษาและการวิจัยทดลอง เป็นที่มาของข้อมูลความรู้เป็นชิ้นย่อยๆ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง พฤติกรรม การทำงานของโครงสร้างภายในสมองตำแหน่งต่างๆ ข้อมูลการวัด การจดบันทึกจากเครื่องมือตรวจวิจัย และการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อเยื่ออวัยวะตามที่สังเกตเห็น เป็นต้น ข้อมูลความรู้ชิ้นย่อยเหล่านี้รวมกันเข้าเป็นที่มาของความรู้ในภาพรวมที่อธิบายความเชื่อมโยงของข้อมูลย่อยๆ เหล่านั้น นั่นคือ

2. **ข้อสันนิษฐาน แนวคิด ทฤษฎี** ทั้งหลาย (รวมทั้งนิยามเชิงปรัชญา) ที่อธิบายพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ โดยเฉพาะเกี่ยวกับ การเรียนรู้ของ(สมอง)มนุษย์ ว่า คืออะไร เกิดขึ้น และมีพัฒนาการอย่างไร

ความรู้ในข้อนี้อาจกล่าวได้ว่ามีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าข้อมูลความรู้ในข้อแรก ถึงแม้ว่าในบางกรณีคำอธิบายในแง่มุมต่างๆ เหล่านั้นจะแตกต่างกันบ้างก็ตาม กระนั้นก็ได้ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบาย ทำนาย และประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่

- ชี้นำแนวทางการสังเกต การทดลองวิจัย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในคำอธิบายอันเป็นผลมาจากความรู้นั้นๆ
- ชี้นำแนวทางการสำรวจ สังเกต การทดลองวิจัยในแง่มุมใหม่ๆ เพื่อหาทางอธิบายในสิ่งที่ไม่สอดคล้อง หรือเข้าใจไม่ได้โดยคำอธิบายที่มีมาแต่ก่อน
- ใช้ประโยชน์ในด้านการตรวจรักษาทางการแพทย์ (จิตเวชศาสตร์, จิตวิทยา)
- นำมาประยุกต์ใช้ทางการศึกษา



ความรู้ทางสมองที่นำมาใช้ทางการศึกษานั้น เน้นประเด็นความสนใจอยู่ที่ ความสามารถและการทำงานที่เกิดขึ้นในสมอง อันทำให้เกิดการเรียนรู้ คือ การรับ รู้ จำ เข้าใจ และทักษะการเคลื่อนไหว แต่เอาเข้าจริงแล้วเรื่องทางประสาทศาสตร์และจิตวิทยาทุกด้าน รวมไปถึงความรู้เกี่ยวกับการเจริญเติบโตทางกายภาพของร่างกาย ล้วนเกี่ยวข้องกับ การทำงานของสมอง หรือการเรียนรู้ทั้งสิ้น

การเรียนรู้โดยเข้าใจสมองนี้ **นำองค์ความรู้เรื่องสมองและธรรมชาติการเรียนรู้ของสมองมาใช้ในการจัดกระบวนการ(ให้เกิด)การเรียนรู้ กระบวนการดังกล่าว ได้แก่ การจัดกิจกรรมระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน การจัดสิ่งแวดล้อม และประการสำคัญคือ การออกแบบและใช้เครื่องมือ-สื่อเพื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ โดยเน้นในประเด็นสำคัญที่ต้องทำให้เด็กสนใจ และสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ สร้างความรู้ขึ้นได้ในตนเอง เกิดความเข้าใจและการจดจำตามมา และนำไปสู่ความสามารถในการใช้เหตุผล เข้าใจความเชื่อมโยงสัมพันธ์ในทุกมิติของชีวิตโดยผลลัพธ์สุดท้าย คือ เป็นสมาชิกของสังคมที่มีความมั่นคงในตนเอง มีความรู้และเป็นประโยชน์ต่อสังคม**

แนวคิดที่สำคัญ

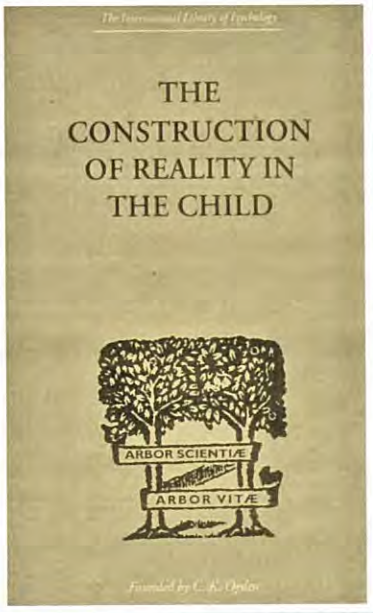
ความคิด ปรัชญา เกี่ยวกับมนุษย์ และสิ่งต่าง ๆ ในจักรวาลอาจมีมานานแล้ว แต่ความสนใจเรื่องเด็กและการเรียนรู้ เพิ่งจะมีมาก่อนหน้านี้ไม่กี่ร้อยปี โดยเฉพาะความรู้โดยตรงเกี่ยวกับการทำงานของสมอง เพิ่งมีมาประมาณ 50-60 ปีมานี้เอง

มีแนวคิดทางจิตวิทยาและความรู้เกี่ยวกับสมองอยู่มากเหมือนกัน ที่อาจนำมาประยุกต์ทางการศึกษาได้ นอกจากความรู้เกี่ยวกับการทำงานของสมองแล้ว ก็มีแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา ที่น่าจะทำความรู้จักอยู่สองแนวคิด แนวคิดหนึ่งมุ่งอธิบาย 'กลไก' หรือ 'กระบวนการ' ที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้อย่างจริงจังเป็นระบบ อีกแนวคิดหนึ่งเป็นข้อเสนอเพื่อเปลี่ยนทัศนะในการจัดการศึกษาโดยให้คำนึงถึงและประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมองในการเรียนการสอน

Jean Piaget (ชอง เปียเจต์ 1896-1980) เป็นผู้หนึ่งซึ่งบุกเบิกทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิด หรือการเรียนรู้ ตั้งแต่ยังไม่มีเทคโนโลยีที่จะมองเข้าไปในสมอง เปียเจต์เป็นชาวสวิสซึ่งสนใจความคิดและพฤติกรรมของเด็ก งานเขียนของเปียเจต์เป็นภาษาฝรั่งเศสและภาษาอื่นที่ไม่ใช่ภาษาอังกฤษ ดังนั้นข้อมูลความคิดของเปียเจต์ที่เราได้ศึกษาส่วนใหญ่จึงไม่ใช่งานต้นฉบับ แต่มาจากงานภาษาอังกฤษซึ่งถ่ายทอดมาจากต้นฉบับอีกทีหนึ่ง

ทฤษฎีพัฒนาการการเรียนรู้ Theory of cognitive development

นั้น ก็เป็นการถอดความมาจากงานเขียนของเขาเช่นกัน โดยสรุป จากขั้นตอนที่เกิดขึ้นในการคิดหรือความสามารถในการคิดของเด็ก ซึ่งเป็นเนื้อหาหลักที่เปียเจต์พยายามอธิบาย ลงเป็นขั้นตอนพัฒนาการของเด็กตามอายุวัยต่างๆ เปียเจต์นั้นรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยสังเกตพฤติกรรมของเด็ก แล้วสังเคราะห์ขึ้นเป็นองค์ความรู้เพื่อต้องการอธิบายสิ่งที่เขาสนใจมากกว่า คือ **พัฒนาการของความรู้ความคิดหรือปัญญา Genetic Epistemology** งานของเปียเจต์ชิ้นนี้ เป็นการสังเคราะห์ขึ้น จากการรวบรวมข้อมูล โดยสังเกตพฤติกรรมของเด็ก และจดบันทึกคำถาม-คำตอบที่มีในพฤติกรรมนั้น รวมถึงการทดสอบพฤติกรรมต่างๆ สืบย้อนที่มาของพฤติกรรมนั้น เปียเจต์ถือว่า พฤติกรรมและคำตอบต่อคำถามนั้นเป็นการสะท้อนของปัญญาที่แลเห็นได้ แสดงถึงการพัฒนาทางปัญญาในเด็ก เปียเจต์ได้นิยามคำแทนนามธรรมเพื่อเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่สังเกตได้นั้น สิ่งที่เปียเจต์เสนอคือ 'ความคิด' ซึ่งเป็นนามธรรมนั้นวัดเป็นปริมาณหรือเปรียบเทียบคุณภาพได้ยาก จึงดูคล้ายการถกเถียงคาดเดาถึงสิ่งที่จับต้องไม่ได้ ซึ่งเป็นลักษณะของงานปรัชญาไป ทั้งที่รากฐานที่มาไม่ต่างจากวิธีทางวิทยาศาสตร์



งานของเปียเจต์ที่เกี่ยวกับจิตวิทยาพัฒนาการ โดยเฉพาะในเด็กนั้นมีเป้าหมายหลักคือ การตอบคำถามเกี่ยวกับจิตใจ โดยเน้นจิตใจในมิติของปัญญา กล่าวคือต้องการรู้ว่า การรู้จักตัวเองและการรู้จักโลกนั้นก่อกำเนิดขึ้นในตัวเด็ก และคลี่คลายเป็นลำดับต่อมาอย่างไร คำตอบในเรื่องนี้จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อทำการศึกษาและรู้จัก 'เด็ก' จริงๆ การศึกษาพัฒนาการของเด็กเท่านั้น จึงจะรู้จักเด็กได้ และจึงจะรู้ว่า 'การก่อ-สร้างความรู้' (construction of reality) นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร

ภาพด้านซ้ายคืองานของเปียเจต์ The Construction of Reality of the Child ซึ่งแปลเป็นภาษาอังกฤษ พิมพ์โดยสำนักพิมพ์ Routledge & Kegan Paul ครั้งแรก ค.ศ. 1954 พิมพ์ซ้ำครั้งล่าสุด ค.ศ. 1999

สามารถซื้อได้ทางอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์อะเมซอน

Piaget, Jean. *The Construction of Reality in the Child.* Translated by Margaret Cook. New York; London: Routledge & Kegan Paul, 1999.

picture from Google Book, URL: http://books.google.com/books?id=hK37xrpqdlkC&pg=PP1&ots=yd6GgTJycW&dq=construction+of+reality+in+the+child&sig=2P0o2b2yQh__GbneZOLBGkpQFjMw#PPP1,M1

งานของเปียเจต์นั้นกลายเป็นแนวคิดสำคัญที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการศึกษา นั่นก็คือ การเข้าใจข้อจำกัดของอายุวัยในความสามารถในการเรียนรู้ และ การจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการที่เด็กจะต้องเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นมาเอง (แนวคิดคอนสตรักชันนิสต์ -constructionism) ทั้งสองประการนี้ บางส่วนสอดคล้องกับข้อมูลการค้นพบเกี่ยวกับสมองโดยใช้เทคโนโลยีวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ในปัจจุบัน

เปียเจต์เองปฏิเสธว่าเขาไม่ใช่นักการศึกษา และแม้ว่างานของเขาเกี่ยวกับการสังเกตขั้นตอนพัฒนาการในเด็กนั้นจะมีข้อถกเถียงอยู่มาก (ว่าเขาประเมินความสามารถในเด็กตามอายุวัยต่าง ๆ ต่ำเกินไป) แต่ความคิดของเขาถูกอ้างถึงบ่อย ๆ ในทฤษฎีการศึกษาที่เรียกว่าคอนสตรักติวิซึม (constructivism, constructivist learning)



เด็กแรกเกิด มีกลไกของร่างกายตามธรรมชาติที่จะช่วยให้มีชีวิตอยู่รอด เมื่อมีสัมผัสบางอย่างที่มุมปากของเด็ก เด็กจะอ้าปาก ริมฝีปากจะเปิดไปทางด้านที่มีสัมผัสนั้น พร้อมกับเอียงหน้าไปทางสัมผัสนั้น ปฏิกิริยากลไกนี้ทำหน้าที่นำปากเด็กไปตรงกับหัวนมเพื่อดูดนมจากอกแม่ กลไกนี้มีในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกประเภท

Genetic Epistemology

genetic -แปลว่าเกี่ยวกับการเกิดขึ้น (เราใช้คำนี้ในทางชีววิทยา คือ gene = พันธุกรรม ซึ่งก็หมายถึง การถ่ายทอดมาแต่เกิด)

epistemology -แปลว่า การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความรู้ ได้แก่ การรู้หรือวิธีได้มาซึ่งความรู้ ความถูกต้องของสิ่งที่เรียกว่าความรู้ ขอบเขตที่สามารถรู้ได้ -ถ้าจะให้เข้าใจสั้นๆ epistemolgy ก็คือ การศึกษาทำความเข้าใจเบื้องหลังที่มาของความรู้ ซึ่งเกี่ยวกับปัญญานั่นเอง

เปียเจต์ เสนอว่า การงอกงามของปัญญา คือ การก่อและสร้างขึ้นของ 'โครงสร้าง' แห่งองค์ความรู้ ที่ก้าวหน้าขึ้นเรื่อยๆ โดยเพิ่มพูนขึ้นจากเครื่องมือหรือความสามารถขั้นพื้นฐาน ที่มนุษย์มีมาพร้อมกำเนิด เครื่องมือขั้นต้นนี้จะก่อ-สร้างโครงสร้างขึ้นใหม่ โครงสร้างแห่งองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นใหม่ จะนำไปสู่คุณสมบัติใหม่อันทรงประสิทธิภาพมากขึ้นของเครื่องมือนั้น คือปัญญาแบบใหม่ ซึ่งจะก่อ-สร้าง โครงสร้างแห่งองค์ความรู้ ที่สะท้อนให้เห็นได้จากปฏิบัติการต่อโลกและสิ่งแวดล้อม ในขั้นที่ก้าวหน้ามากกว่าต่อไป

ด้วยการอธิบาย การกำเนิดและงอกงามของสติปัญญา เช่นนี้ ทำให้เกิดนิยามแห่งระดับขั้นของสติปัญญา ในระดับต่างๆ กันที่ค่อยพัฒนาขึ้นในเด็ก จึงกลายเป็นว่า สิ่งที่เปียเจต์คิด ถูกนำมาทำให้ง่ายขึ้น โดยกล่าวแต่เพียงว่า พัฒนาการของสติปัญญาในเด็กมีอยู่สี่ขั้นตอน

แท้จริงในงานของเปียเจต์นั้น ได้ให้ความสำคัญจากการบันทึกสังเกตปฏิกิริยาของเด็กในช่วงวัยซึ่งเติบโตขึ้น และอธิบายว่า

ในทารกเกิดใหม่ มีกลไกทางชีววิทยา(biological process) เพื่อช่วยการดำรงอยู่ของชีวิตในสิ่งแวดล้อม กลไกเหล่านั้นมาจาก โครงสร้างพื้นฐานทางชีววิทยาและโครงสร้างการรู้คิดทางปัญญา (biological & cognitive structure) โครงสร้างนี้เป็นที่ตั้งหรือเป็นที่ซึ่งปฏิบัติการต่างๆ ประกอบกันขึ้น ปฏิบัติการแต่ละอย่างๆ (schema) ถูกกำหนดไว้แล้ว(ได้รับจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม) มีการจัดระบบ (organization) ปฏิบัติการที่มีอยู่นั้นขึ้น ระบบ ก็คือ โครงสร้าง ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ทำให้มีลักษณะสมบัติเฉพาะของระบบขึ้นมานั่นเอง

สี่ขั้นตอนพัฒนาการการเรียนรู้ Theory of Cognitive Development



4. formal operational stage ช่วงอายุ ตั้งแต่ 11 ปีขึ้นไป
ใช้เหตุผลและสร้างความเข้าใจอย่างเป็นนามธรรม

ก้าวย่างสู่วัยรุ่น เด็กสามารถที่จะโต้เถียงและใช้เหตุผลอย่างเป็นนามธรรม เข้าใจกระบวนการและคุณสมบัติซึ่งอยู่ภายในสรรพสิ่งซึ่งอาจไม่สามารถแลเห็นได้จากรูปธรรมภายนอก

3. concrete operational stage ช่วงอายุ ตั้งแต่ 7 ปี ถึง 11 ปี
เข้าใจโลกภายนอก ในลักษณะของรูปธรรม

เด็กสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกภายนอกชัดเจน
เข้าใจมุมมองของตนเองว่าสัมพันธ์อย่างไรกับสิ่งที่เห็นภายนอกนั้น
เข้าใจการคงตัวของมวลและปริมาณ
สามารถเปรียบเทียบขนาดและปริมาตรได้

2. preoperational stage ช่วงอายุ ตั้งแต่ 2 ปี ถึง 7 ปี
พัฒนาและใช้สัญลักษณ์ซึ่งเป็นตัวแทนของโลกภายนอก

เด็กจะใช้คำพูดหรือภาพแทนโลกภายนอกที่ตัวเองอ้างถึง ซึ่งแสดงพัฒนาการที่ก้าวไปไกลกว่าการรับสัมผัสและการโต้ตอบแบบธรรมดา การพัฒนาในขั้นนี้ คือการค่อยแยกความเป็น 'ตนเอง' ออกจาก 'โลกภายนอก' จนก้าวไปสู่ ความเข้าใจตนเองและโลกภายนอกอย่างชัดเจน

1. sensorimotor stage ช่วงอายุ แรกเกิด ถึง 2 ปี
ใช้ศักยภาพที่มีอยู่คือระบบรีเฟลกซ์ สำรวจโลกสิ่งแวดล้อมรอบตัว และพัฒนาระบบสัมผัสและเคลื่อนไหว

ทารกจะสร้างความเข้าใจรู้จักโลก โดยผ่านการรับรู้จากการสัมผัส และเมื่อมี(พฤติกรรม)ปฏิบัติการใดๆ ก็จะมีการรับรู้จากการสะท้อนกลับ คือ ประสบการณ์ที่เกิดจากปฏิบัติการของตนเองในสิ่งแวดล้อมนั้น ทารกจะพัฒนาจากปฏิกิริยาโต้ตอบแบบกลไกไปสู่ การสร้างรูปความคิด คือ สัญลักษณ์ภาพแทนของโลกภายนอกขึ้นภายในตนเอง

การเข้าใจโลกภายนอก ที่แท้จริงคือ ความสามารถในการเชื่อมโยงประสบการณ์รับรู้ในมิติต่างๆ เข้าด้วยกัน และสร้างตัวแทนที่แท้จริงของการรับรู้นั้นขึ้นมา ดังนั้น ไม่ว่าน้ำจะอยู่ในภาชนะซึ่งทำให้รูปร่างเปลี่ยนไปอย่างไร เด็กที่ผ่านเข้าสู่ขั้นเข้าใจโลกรูปธรรมแล้วจะเข้าใจได้ว่า มันก็เป็นน้ำอันเดียวกันกับของเดิม และมีปริมาณเท่าเดิม

เด็กที่ยังอยู่ในขั้นที่สอง รับรู้ตามสิ่งที่เห็น ไม่สามารถคิดย้อนกลับไปมา และไม่อาจเข้าใจได้ว่า สิ่งที่เห็นไม่เหมือนกัน อาจเท่ากันได้



ปฏิบัติการพื้นฐานในทารก ก็คือ กลไกรีเฟลกซ์ (reflex response) ส่วนโครงสร้างทางชีววิทยาที่สนับสนุนปฏิบัติการนั้นก็คือ ระบบสัมผัสและเคลื่อนไหว

การก่อสร้างโครงสร้างใหม่เกิดขึ้นได้จากศักยภาพของระบบซึ่งมาจากโครงสร้างพื้นฐานนั่นเอง คุณสมบัติพื้นฐานของระบบในระยะเริ่มแรกนี้เป็นคุณสมบัติคู่เดียวที่คงอยู่กับการรู้คิดหรือ 'ระบบปัญญา' นับแต่แรกเป็นทารกจนถึงเติบใหญ่ คุณสมบัตินี้เป็นคุณสมบัติหรือ 'เครื่องมือ' ที่ระบบรู้คิดจะนำมาใช้ในการพัฒนาโครงสร้างการรู้คิด ก่อเกิดระบบที่ก้าวหน้าขึ้นต่อไปใหม่

เครื่องมือที่ว่านี้ คือ การกลืน (assimilation) และการกลาย (accomodation) เครื่องมือนี้สะท้อน ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งแวดล้อม (environment) กับองคาพยพทางชีววิทยา (biological system) ที่มีอยู่และอยู่ด้วยกันตามธรรมชาติ

การงับและดูดนมแม่นั้น พัฒนาจากปฏิบัติการพื้นฐานคือการสัมผัสบางอย่างที่ปากหรือแก้มแล้วเลื่อนปากไปงับดูด(circumoral reflex) แต่รีเฟลกซ์ชนิดนี้จะไม่ได้ให้ผลที่พึงประสงค์ คือไม่ช่วยให้ได้นมกิน ถ้าสิ่งที่สัมผัสปากเป็นผิวหนังส่วนอื่นหรือของอย่างอื่น ดังนั้นจึงต้องปรับปฏิบัติการรีเฟลกซ์งับและดูดนี้ใหม่ให้มีประสิทธิภาพ เป็นการเรียนรู้มากขึ้นว่าจะงับหรือดูดอะไรอย่างไร การกลาย/การกลืน พัฒนาโครงสร้างและประสิทธิภาพของระบบขึ้นง่ายๆ เช่นนี้ อาการควานหาหัวนมดูดจึงเป็น พฤติกรรมรีเฟลกซ์ที่พัฒนาซับซ้อนขึ้น ซึ่งขณะเดียวกันทารกก็ใช้การงับดูดนี้สำหรับสิ่งอื่นด้วย เช่นดูดนิ้ว ดูดหัวจุก

การกลืน คือการรับเอาสิ่งแวดล้อมใหม่เข้าไว้ในปฏิบัติการ คือ ใช้ปฏิบัติการเรียนรู้ที่ตนเองมีอยู่ ทดลองจัดการกับสิ่งใหม่ๆ และเพิ่มการเรียนรู้ที่จะจัดการกับสิ่งใหม่นั้น (การดูดนม —> การดูดนิ้ว)

การกลาย คือการขยายขอบเขตความซับซ้อนของปฏิบัติการที่มีอยู่ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานในสิ่งแวดล้อมจริง ซึ่งต้องใช้การจัดการที่ต่างออกไป (ถ้าการดูดไม่ได้ผลที่ต้องการ —> การเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นว่ามีหลายสิ่งที่ดูดได้ แต่บางสิ่งเท่านั้นที่จะได้นม)

การเรียนรู้นั้นมีลักษณะสองอย่างคือ เป็นทั้งความรู้และการเรียนรู้ในวิธีปฏิบัติต่อความรู้นั้น

การกลืนและการกลาย อาจให้ผลทางปฏิบัติการที่ไม่แตกต่างชัดเจนนักในระยะแรก แต่เมื่อมีปฏิบัติการที่กลายจากเดิมมากขึ้น การกลืนและการกลาย ก็จะยิ่งส่งผลที่แตกต่างกันมากขึ้น **การกลืนการกลายนี้เป็นกระบวนการที่สวนทางกัน และมีผลก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างปัญญา(cognitive structure)** เพื่อรองรับเพื่อปฏิบัติการที่หลากหลายขึ้นนั้น

การกลืนและการกลาย เป็นวิถีแห่งปฏิบัติการ ที่สะท้อนความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งแวดล้อม (environment) **กับองคาพยพทางชีววิทยา** (biological system) **ที่อยู่ร่วมกันในธรรมชาติ** หรือ อีกนัยหนึ่ง การกลืนและการกลาย **เกิดขึ้นในบริบทที่มีความไม่สอดคล้องกัน ระหว่าง ความต้องการภายในขององคาพยพ** (subject's need) **กับ การฝืนต่อความต้องการนั้นจากภายนอก** (resistance to the subject's need) **นี่คือ พลวัตที่เสียสมดุล** (disequilibrium) **ซึ่งจะมีการปรับตัว** (adaptation) **ไปสู่สมดุลใหม่** (new equilibrium) ในสมดุลใหม่นี้ต้องการโครงสร้างอย่างใหม่ ซึ่งเกิดจาก การกลืนและการกลาย นั่นเอง สมดุลใหม่นี้เป็นสมดุลทางโครงสร้าง (structural equilibrium) ที่รองรับพลวัตระหว่างความต้องการภายใน (subject's need - internal organization) กับ ประสบการณ์หรือผลสะท้อนกลับที่องคาพยพรับรู้จากธรรมชาติ (external experiences)

จะเห็นได้ว่า เปียเจต์ ได้สร้างนิยามทางความคิดขึ้นมาโดยใช้คำต่างๆ คำที่เป็นนามธรรมเหล่านั้นได้ถูกนำมาใช้ในการอธิบาย การก่อ-สร้างปัญญา จาก โครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งรองรับปฏิบัติการง่ายๆ ซึ่งจะมีการพัฒนาไปสู่โครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น พร้อมกับการปรากฏขึ้นของคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแห่งโครงสร้างใหม่นั้น การปรับเปลี่ยนหรือพัฒนานี้ ดำเนินไปด้วยกระบวนการซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่าง องคาพยพทางชีววิทยา กับ สิ่งแวดล้อม คือ การกลืนและการกลาย ซึ่งเป็นที่มาของภาวะไม่สมดุล ที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างใหม่ที่รองรับ สมดุลใหม่ และพัฒนามากกว่าเดิม

เมื่อเด็กอายุ 5 ขวบ ถูกถามว่าอะไรคือลม เธอใช้ชุดความรู้ที่เธอรู้จักคือ การเคลื่อนไหวของมือทำให้เกิดลม แต่เมื่อเธอไม่ได้เคลื่อนไหวมือแต่มีลม ดังนั้นอาจต้องมีสิ่งอื่นที่เคลื่อนไหวและทำให้เกิดลม... ต้นไม้ น่าจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมดี

เมื่อมีปัญหาใหม่ที่ไม่รู้เกิดขึ้น สมองจะพยายามหาทางแก้ปัญหานั้น ตอนแรก ใช้ความรู้เดิม คือ **การเคลื่อนไหว มือ และ ลม** แต่ความรู้เดิมเช่นนี้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ จึงต้องเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดย อาจเป็นอย่างอื่นที่เคลื่อนไหวแทนมือ

โครงสร้างความรู้ในกรณีนี้ ในแง่หนึ่งมี**การกลาย** คือ ใช้ความเข้าใจว่า มีการเคลื่อนไหว เกิดลม แต่ มือ**กลาย**เป็นต้นไม้ ต่อไป ชุดความรู้ใหม่จะเกิดขึ้น คือ อะไรก็ได้ที่เคลื่อนไหวจะทำให้เกิดลม เมื่อมีคำถามต่อไป จึงใช้ความเข้าใจชุดใหม่ซึ่งแก้ปัญหาได้แบบครอบจักรวาล กรณีนี้เป็นการกลืน คือ คลื่นเป็นสิ่งที่เคลื่อนไหวอย่างหนึ่ง เพราะฉะนั้นสอดคล้องลงตัว**กลืน**ไปกับความเข้าใจชุดใหม่ที่เพิ่งได้มา คือ **'อะไรก็ได้ เคลื่อนไหว เกิดลม'**

เปียเจต์ : ลมเกิดจากอะไร

จูเลีย : ลมเกิดจากต้นไม้

เปียเจต์ : หนูรู้ได้อย่างไร

จูเลีย : หนูเห็นต้นไม้โบกมือ

เปียเจต์ : แล้วการโบกมือทำให้เกิดลมได้อย่างไรล่ะ ?

จูเลีย : อย่างนี้ไงคะ เพียงแต่ว่าต้นไม้ใหญ่กว่ามือของหนู และก็มีจำนวนมาก

(จูเลียโบกมือของเธอไปมาตรงบริเวณใบหน้าของเปียเจต์)

เปียเจต์ : แล้วในมหาสมุทรล่ะ เกิดลมได้อย่างไร ?

จูเลีย : ก็พัดมาจากแผ่นดินไงคะ... ไม่ใช่ มันมาจากคลื่นต่างหาก...



แต่โครงสร้างความคิดนี้อาจยังไม่อยู่ในภาวะสมดุลที่ลงตัวนัก เพราะคงจะสงสัยต่อไปว่า ถ้ามีสิ่งที่กำลังเคลื่อนไหวสองอย่างพร้อมกัน แล้วอะไรทำให้เกิดลมแน่ หรือแม้กระทั่งอาจเป็นว่าลมทำให้เกิดการเคลื่อนไหว หรือว่า การเคลื่อนไหวทำให้เกิดลม

และโดยวิธีการนี้ เปียเจต์ แสดงให้เห็นว่า **ระนาบของโครงสร้างของจิตใจ (structural plane, mental plane) อาจแบ่งออกได้ โดยใช้คุณสมบัติของปัญญาแห่งระนาบนั้น** เป็น 3 ระดับ คือ	**ระนาบโครงสร้างในระดับต่างๆ นี้ เป็นการก่อ-สร้างขึ้นใหม่ มีลักษณะเฉพาะ แตกต่างจาก ระนาบโครงสร้างในระดับก่อนหน้า คุณสมบัติของระนาบต่างๆ นั้นเกิดจากความซับซ้อนของโครงสร้างเอง โดยทั่วไปแล้ว พัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ จะบรรลุขั้นตอนระดับที่ 2 และมีความสามารถในระดับที่ 3 บางส่วนซึ่งไม่เท่ากันในต่างคน ต่างสังคม**
1. ระดับโครงสร้างระบบพฤติกรรมเบื้องต้น (reflex and sensorimotor) ลักษณะเด่นของขั้นตอนนี้คือ egocentrism และเริ่มสร้าง representation ในโครงสร้างปัญญา อาจเรียกว่าระนาบแห่งปฏิบัติการ (action plane)	ระดับ 1-เป็นโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งกระบวนการกลืนและกลายได้ก่อให้เกิด ความแตกต่างของ ระบบโครงสร้างภายใน กับ ภาพสะท้อนอันเกิดจากการรับรู้โลกภายนอก ทำให้เกิด 'ตัวตน' (self) ('จินตภาพของระบบภายใน') และ การรับรู้ 'ภาพแทนของโลกภายนอก' (representation) ขึ้นภายใน ระดับที่ 1 นี้กินความรวมถึง การเตรียมการใช้ 'ภาพแทน' ที่เกิดขึ้นนั้นสำหรับการปฏิบัติการ(preoperation) ด้วย ระดับนี้พัฒนาไปจนถึงระดับที่ว่า ภาพแทนโลกภายนอก กับ ตนเอง นั้น มีบางอย่างที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน
2. ระดับใช้การขั้นรูปธรรม (concrete operation) ลักษณะเด่นของขั้นตอนนี้คือ ใช้ representation คือ โลกตัวแทนของสิ่งแวดล้อมภายนอกในโครงสร้างปัญญาในกระบวนการคิด สามารถคิดได้เฉพาะสิ่งที่เป็นรูปธรรม(ในระยะแรก) อาจเรียกว่าระนาบแห่งโลกตัวแทน (representation plane)	ระดับ 2 -เป็นการใช้ศักยภาพของโครงสร้างใหม่ เป็นการทำงานภายใน ก่อนมีปฏิบัติการสู่ภายนอก โดยใช้ ตัวตน ทำงานกับ ภาพแทนของโลกภายนอก ระหว่างพัฒนาการในขั้นตอนนี้ ภาพแทนของโลกภายนอกจะถูกจัดกลุ่มและถูกเข้าใจเสียใหม่ ขั้นตอนการพัฒนาทางปัญญาจะเกิดขึ้น จากการรู้จักโลกภายนอกจากภาพแทนโลกภายนอกอย่างรูปธรรม จะพัฒนาเป็นการรู้จักใช้คุณสมบัติของโลกภายนอกซึ่งเป็น นามธรรมของโลกภายนอกนั้นแทนในระดับต่อไป
3. ระดับใช้การขั้นนามธรรม (formal operation) ซึ่งเป็นขั้นตอนสูงสุด คือสร้างและใช้ความสัมพันธ์อย่างเป็นนามธรรม จากโลกตัวแทนที่อยู่ภายในนั้น อาจเรียกว่าระนาบแห่งนามธรรม (abstraction plane)	ระดับ 3 -เป็นการใช้ศักยภาพสูงสุดของโครงสร้าง เป็นความสามารถใช้ระบบเหตุผล ใช้การอธิบายอย่างเป็นนามธรรมต่อปรากฏการณ์ต่างๆ

โดยทั่วไป แบ่งขั้นตอนพัฒนาการทางความคิด เป็น 4 ขั้นตอน ตามพฤติกรรมภายนอกที่อาจสังเกตเห็นได้ ระนาบโครงสร้างความคิดในระดับที่หนึ่ง ตามตารางข้างบนนี้ ประกอบด้วย ขั้นตอนที่แยกตามพฤติกรรมเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 -sensory motor stage และขั้นตอนที่ 2 -preoperational stage ในแต่ละขั้นตอนนั้น ยังมีการแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ อีกหลายขั้นตอน แต่พึงสังเกตว่า อายุวัยในแต่ละขั้นตอนเป็นเพียงค่าประมาณ เด็กในวัยเดียวกัน ต่างคนอาจมีพัฒนาการตามขั้นตอนต่างๆ ไม่เท่ากัน และแม้ในเด็กคนใดคนหนึ่ง ก็อาจมีพฤติกรรมที่แสดงถึงพัฒนาการทางความคิดในบางด้าน ที่จัดว่าอยู่ต่างระดับ หรือต่างไปสำหรับอายุวัยขนาดเขาก็ได้

ความคิดของเปียเจต์ นั้นคือ ความรู้ความคิดสติปัญญา มีปัจจัยทางชีววิทยาเป็นพื้นฐาน และใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในปฏิบัติการของชีวิตที่สอดคล้องกับวิวัฒนาการและการอยู่รอดของชีวิตเอง มีภาวะที่ต้องการสมดุลในโครงสร้างปัญญา ซึ่งเป็นพื้นที่ปฏิบัติการระหว่างตัวตนกับสิ่งแวดล้อม เป็นแรงขับ สติปัญญานั้นในที่สุดจะถูกสร้างขึ้นภายใน ซึ่งเป็นผลพวงของปฏิบัติการของชีวิตท่ามกลางสิ่งแวดล้อมภายนอกนั้น

คำอธิบายเช่นนี้เอง คือที่มาของแนวคิด คอนสตรักชันนิสซึม หรือ โซเชียลคอนสตรักชันนิสซึม (constructionism, social constructionism) และในที่สุดนำไปสู่ระบบปรัชญา คอนสตรักติวิสซึม

คอนสตรักติวิสซึม (constructivist episthemology) คือ ความคิดที่ว่า องค์ความรู้ทั้งมวลที่เกิดขึ้น(ภายในมนุษย์)นั้น ไม่ได้เป็นสำเนาของความจริงหรือรูปธรรมที่มีอยู่ในธรรมชาติ และไม่ได้มีอยู่ก่อนหรือกำหนดไว้แล้วตั้งแต่เกิดโดยธรรมชาติ แต่เป็นการสร้างขึ้นใหม่ภายใน โดยได้รับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมนั้น เพื่อที่จะอธิบายและใช้ประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมนั้น (เพื่อประโยชน์ของมนุษย์เจ้าขององค์ความรู้นั้นเอง)



ถ้าเราคิดถึงประสบการณ์รับรู้เกี่ยวกับเด็กหลายๆ วัยที่เราคุ้นเคยอยู่ จะเข้าใจเรื่องระดับความสามารถในการคิด ได้ดีขึ้น

เด็กคนพี่ในรูป เรียกว่า **โตพอใช้งานได้แล้ว** นั่นคือมีความสามารถในการคิดอยู่ในระนาบที่สองตามตารางหน้าซ้าย คำว่า 'โตพอใช้งานได้' จำเป็นต้องรู้อะไรหลายอย่าง เช่น รู้ว่าตอนไหนเป็นเวลาใดควรทำอะไร รู้และคาดหมายสิ่งต่างๆ ได้ แม้ว่ายังไม่ถึงเวลาหรือไม่เห็นว่าสิ่งนั้นจะเกิดขึ้น

ส่วนเด็กคนน้อง คงอยู่ชั้นอนุบาล และความสามารถในการคิดอยู่ในขั้นต้น ถ้าบอกให้เด็กคนนี้เฝ้าปลาย่างในครัวไว้ อย่าให้แมวมากิน รับรองว่าต้องเสียปลาไปแน่ๆ เพราะ **สิ่งที่เธอเห็นเท่ากับสิ่งที่เกิดขึ้น** แมวจะกินปลา ก็ต่อเมื่อเธอเห็นว่าแมวกินปลาเท่านั้น ดังนั้น เมื่อเธอต้องการที่จะไปเล่นจึงไม่มีความคิดเลยว่า เมื่อฉันไม่อยู่ แมวอาจมากินปลาก็ได้

ความคิดของเปียเจต์ เกี่ยวข้องอะไรกับ ความรู้ทางสมอง ?

ความคิดของเปียเจต์เป็น การอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นภายในเด็ก ที่เรียกว่า **องค์ความรู้และการก่อรูปขององค์ความรู้** นั้น โดยใช้พฤติกรรมที่สังเกตได้เป็นข้อมูลในการอธิบาย ทำนายและยืนยันการทำนาย ในแง่นี้ ความคิดของเปียเจต์ก็เป็นสมมติฐานหรือทฤษฎีที่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพียงแต่ว่า เรายังไม่สามารถจับเอานิยามของจินตภาพแห่งกระบวนการต่างๆ ที่เปียเจต์ใช้ในการอธิบายนั้นออกมาตรวจวัดได้

และเพราะลักษณะนี้เช่นนี้เองที่ทำให้แนวคิด **พฤติกรรมนิยม (behaviorism)** กลายเป็นที่ยอมรับว่า เป็นวิทยาศาสตร์ มากกว่า เพราะการอธิบายเรื่องการเรียนรู้ โดยแนวคิดพฤติกรรมนิยม จบอยู่ที่เพียง ปรากฏการณ์ที่จับต้องได้เท่านั้น คือรูปแบบความสัมพันธ์ของพฤติกรรมหรือสิ่งกระตุ้นที่มาก่อน(เป็นเหตุ) และพฤติกรรมที่ตามมา(เป็นผล) และการเรียนรู้ก็คือพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลง ไม่ไปไกลเกินเลยกว่านี้ และนำสิ่งเท่าที่รู้ไปใช้ประโยชน์ เช่น เมื่อทราบว่าสถานการณ์อย่างหนึ่ง(การกระตุ้นหรือสิ่งเร้าบางอย่าง) จะก่อให้เกิดผลทางพฤติกรรมแบบหนึ่ง ก็จะจัดหรือสร้างสถานการณ์แบบนั้นขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งผลแห่งพฤติกรรมตามจุดประสงค์ ไม่ไปเกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐานเช่นว่า มีโครงสร้างความรู้บางอย่างเกิดขึ้นเพื่อจะอธิบายพฤติกรรมให้มากไปกว่านั้น

ในส่วนของแนวความคิดที่ว่ามีอะไรบางอย่าง อยู่เบื้องหลังที่มาของพฤติกรรมต่างๆ นั้น ยังมีความคิดอื่นอีก ที่คัดค้านโต้เถียงกับเปียเจต์ นั่นคือ แนวคิดที่ว่ามี 'ปัญญาทั้งหลายทั้งหมด เกิดมาพร้อมกับมนุษย์แล้ว ความฉลาดหรือพฤติกรรมที่แสดงออก คือความคลี่คลายและเผยออกของสิ่งที่อยู่ภายในสิ่งต่างๆ เหล่านั้นไม่ได้เกิดขึ้นมาใหม่ภายหลัง' แนวคิดนี้เรียกว่า rationalism หรือ nativism ซึ่งเป็นคนละด้านกับ แนวคิดแบบเปียเจต์ซึ่งเรียกว่า interactionism หรือ **constructivism**

กล่าวโดยพินิจไตร่ตรอง มีข้อวิจารณ์เกี่ยวกับสิ่งที่เปียเจต์เสนออยู่มาก เรื่องแรกคือ ในเรื่องกระบวนการสังเกตและทดลองอันเป็นที่มาของข้อมูลทางพฤติกรรมนั้น การทดลองของเขาไม่เป็นไปตามมาตรฐานในเรื่องตัวอย่างของข้อมูล ข้อมูลของเปียเจต์อาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มประชากรที่เขานำมาสรุป(ในระยะต้นของการศึกษา เปียเจต์รวบรวมข้อมูลจากลูกๆ ของเขา) และไม่มีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เรื่องต่อมาก็คือ ผลทางพฤติกรรมบางอย่างที่สรุปจากวิธีการจัดสถานการณ์ทดลองทดสอบบางอย่างของเขานั้น ไม่อาจสรุปหรือทำซ้ำได้แบบเดียวกันหากการจัดสถานการณ์การทดลองเปลี่ยนแปลงไป พูดง่ายๆ ก็คือสถานการณ์ทดลองนั้นยังคุมตัวแปรบางอย่างได้ไม่หมด และตัวแปรเหล่านั้นไม่ได้ถูกเอามาถกเถียงหรือพูดถึงมากพอในการสรุปการทดลอง นอกจากนี้ ยังมีเรื่องอื่นๆ อีก ...

การวิจัยทางวิทยาศาสตร์นั้น เมื่อจะวัด 'ความคิด' หรือ 'ความรู้' ก็ต้องใช้การสังเกตพฤติกรรมเป็นหลัก การพบและอธิบายการทำงานของวงจรของเซลสมองต่างๆ รวมทั้งการไม่ทำงานของวงจรของเซลสมองต่างๆ ทำให้โยงความสัมพันธ์ระหว่าง พฤติกรรมบางอย่างที่มีอยู่ รวมทั้ง ความคิด อารมณ์ เข้าได้กับการทำงานของวงจรของเซลสมองบางแห่ง ด้วยกระบวนการสังเกตทดลอง ทำให้รู้ว่า เมื่อพฤติกรรมบางอย่างเกิดขึ้น สมองทำงานอย่างไร ในขณะเดียวกัน วิทยาศาสตร์พยายามทดลองว่า เมื่อทำบางอย่างกับบางส่วนของสมอง จะเกิดพฤติกรรมอะไร สิ่งเหล่านี้ทำให้วิทยาศาสตร์เข้าใกล้ 'ความเป็นปัญญา' มากขึ้นเรื่อยๆ

ถึงกระนั้น ก็ไม่ใช่เรื่องง่าย ที่จะเชื่อมโยงการทำงานในสมองกับพฤติกรรมและจิตใจ ซึ่งทั้งสองเรื่องมีความซับซ้อนพอๆ กัน สำหรับสิ่งที่เปียเจต์เสนอไว้ เช่น กระบวนการอย่าง assimilation และ accomodation อาจจะต้องรอการพิสูจน์หรืออธิบายเสียใหม่ก็ได้ โดยพฤติกรรมการทำงานของวงจรของเซลสมองบางวงจรในอนาคต สำหรับที่เป็นอยู่ในขณะนี้นั้น โดยการค้นพบทางวิทยาศาสตร์นี้ บางอย่างมีเค้าว่าจะสนับสนุนแนวความคิดคอนสตรักติวิสต์ ที่ว่า ความรู้นั้นเป็นสิ่งที่สร้างขึ้น เพราะมีแนวโน้มว่า พฤติกรรมของเซลสมองที่ก่อร่างสร้างวงจรต่างๆ ในสมองนั้นไม่ใช่เป็นเพียงเกิดขึ้นอย่างสะเปะสะปะ(random)โดยการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม แต่การเปลี่ยนแปลงของเซลสมองต่างๆ นั้น เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างมีทิศทาง ที่จะปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่มากระตุ้นนั้น

ในที่สุดแล้ว หากว่าพฤติกรรมทุกอย่างของมนุษย์ จะสามารถอธิบายได้ด้วยวงจรต่างๆ ในสมองที่จับต้องได้ด้วยวิทยาศาสตร์ทั้งหมดแล้ว(ซึ่งยังไม่รู้ว่าจะเป็นไปได้หรือไม่) เรื่องที่จับต้องไม่ได้อันเป็นสมมติฐานทางทฤษฎีที่อธิบายพฤติกรรมต่างๆ ก็จะมีความสำคัญลดลงหรือยกเลิกไป ถ้าไม่สอดคล้องกับสิ่งที่รู้และจับต้องได้นั้น ในขณะเดียวกัน ถ้าสิ่งที่พบทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับสมมติฐานหรือการอธิบายที่มีมาก่อนบางอย่าง ทฤษฎีต่างๆ ที่พยายามอธิบายเรื่องที่จับต้องไม่ได้อันเป็นที่มาแห่งพฤติกรรมนั้น ก็จะได้รับการยืนยัน



Jean Piaget (ชอง เปียเจต์ 1896-1980)
นักจิตวิทยาชาวสวิส

picture from Marxists Internet Archive website
http://www.marxists.org/glossary/people/p/pics/piaget.gif

Caine & Caine (Renate Nummela and Geoffrey Caine, รีเนท เคน และ เจฟรีย์ เคน) ดร.รีเนท เคน มีปริญญาเอกด้านจิตวิทยาการศึกษา มีตำแหน่งการงานด้านการศึกษาในมหาวิทยาลัย ทำงานทางด้านการศึกษาร่วมกับ เจฟฟรีย์ เคน งานสำคัญทางด้านการศึกษาของทั้งสอง คือ การเผยแพร่ความคิดเกี่ยวกับการศึกษา ทั้งสองมีธุรกิจของเขาเองซึ่งทำให้สามารถเผยแพร่ความคิดทางการศึกษาของพวกเขาทางหนังสือ และการบรรยายในที่ต่างๆ

ทั้งสองเป็นนักการศึกษาที่สนใจการพัฒนาการเรียนการสอน ได้ประยุกต์ความรู้จากข้อมูลการค้นพบทางสมองในช่วง 30 ปีมานี้เข้ากับการจัดการศึกษา เขาได้เสนอหลัก 12 ประการแห่งการเรียนรู้ของสมองและจิตใจ Caine & Caine's Brain/Mind Learning Principles นอกจากเพื่อให้เป็นข้อคิดพิจารณาในการจัดการเรียนการสอนแล้ว ยังเสนอให้มองกระบวนการเรียนรู้เสียใหม่ผ่านหลักการดังกล่าว และย้ำว่าการเปลี่ยนระบบความคิดความเข้าใจหรือ กระบวนทัศน์ (paradigm) หรือมุมมองเสียใหม่ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเรียนการสอน โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันนี้ที่สังคมได้เปลี่ยนแปลงไปจากยุคอุตสาหกรรมแล้ว

ระบบคิดวิธีการสอนแบบเดิมนั้น (ซึ่งมักถูกเรียกว่า การศึกษาในยุคอุตสาหกรรม) ถูกถ่ายทอดต่อกันมา ภายใต้กรอบความเข้าใจการเรียนรู้แบบที่เรียกว่า พฤติกรรมนิยม(behaviorism) สาระสำคัญของการเรียนการสอนในแนวดังกล่าวคือ ตั้งแบบพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นเป้าหมายเอาไว้ ทำการสอนหรือถ่ายทอดด้วยวิธีต่างๆ เพื่อให้นักเรียนมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงตามแบบที่กำหนดนั้นไว้ การวัดผลการเรียนรู้ทำได้โดยวัดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียน การให้รางวัลเป็นตัวเร่งหรือแรงจูงใจ และการลงโทษเป็นสถานการณ์บังคับให้รับแบบพฤติกรรมต่างๆ ในทางทฤษฎีแล้ว พฤติกรรมนิยม ไม่ให้ความสนใจถึงการเปลี่ยนแปลงภายในตัวผู้เรียน

> *" เรารู้กันอยู่ว่า ความรู้สึกท้าทายนั้นช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ในเรื่องที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ในขณะที่การขู่เข็ญคุกคามหรือความกดดัน จะเป็นอุปสรรค อย่างไรก็ตาม มีเรื่องสำคัญต้องทำความเข้าใจว่า 'การไม่กดดัน' หรือ 'ต้องท้าทาย' นั้น กินความเพียงใด เรื่องที่จะให้เด็กไม่ถูกกดดันนั้น ไม่ได้หมายความว่า ความกลัวและความกังวลจะต้องหายไปจากตัวเด็ก จริงๆ แล้ว ความกลัว/ความกังวลเป็นธรรมชาติที่ใครก็ไม่อาจห้ามได้ การไม่กดดัน นั้นหมายถึงว่า ต้องไม่ให้ความรู้สึกหมดหนทาง ช่วยเหลือเยียวยาอะไรไม่ได้อีกเกิดขึ้นในเด็ก นั่นคือ เด็กจะยังคงรู้สึกว่า เขายังมีความสามารถ และมีความมั่นใจในความสามารถของเขา ที่จะทำอะไรให้สำเร็จลงได้ เท่าที่เป็นจริง ส่วนการท้าทาย ก็ไม่ได้หมายความว่า เราจะต้องให้เด็กพยายามทำสิ่งที่ยากทุกๆ อย่าง การท้าทายเป็นด้านที่เด็กจะต้องรู้สึกด้วยตัวเด็กเอง ซึ่งหมายถึง เป็นความต้องการของเขาเองที่จะคลี่คลายปัญหาซับซ้อนต่างๆ ในขณะที่สมองค้นหาความหมาย "*

หลักการสิบสองประการในการจัดการศึกษาสำหรับสมองและจิตใจ ซึ่งเป็นงานสำคัญของเขานั้น รวบรวมและสังเคราะห์ขึ้นจากความรู้ต่างๆ หลายสาขา ทั้งการวิจัยทางประสาทวิทยา งานจิตวิทยาการเรียนรู้ ทฤษฎีเกี่ยวกับความเครียด ประเด็นเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ และคำนึงถึงมุมมองที่วิทยาศาสตร์มีต่อการศึกษา รวมทั้งแง่คิดที่กลั่นกรองจากประสบการณ์การสอนจากสภาพที่เป็นจริงในสังคม ลักษณะเด่นของหลักการเหล่านี้ คือ การนำการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับสมองมนุษย์ มาเชื่อมโยงใช้ประโยชน์ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผลโดยตรงที่สำคัญจะเกิดขึ้นกับครู เมื่อครูผู้สอนมีความเข้าใจ ยึดเป็นหลักในใจ และนำหลักการเหล่านี้ไปใช้แล้ว คือ **วิธีคิด มุมมอง ท่วงทีและพฤติกรรมการสอนจะเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากเดิม** ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความเข้าใจ จนเป็นส่วนหนึ่งของความคิดจิตใจ จะทำให้บรรยากาศการเรียนรู้ทั้งหมดเปลี่ยนแปลงไป

หลักการ 'การเรียนรู้' ทั้งสำหรับตัวเราเองและในฐานะของครูผู้สอน ภายใต้กรอบความเข้าใจ ที่มีต่อสมองและจิตใจ 12 ประการ ดังต่อไปนี้ (อธิบายในหน้าถัดไป)

Caine and Caine's Brain/Mind Learning Principles

1. *The brain is a complex, adaptive living system.*
2. *The brain/mind is social.*
3. *The search for meaning is innate.*
4. *The search for meaning occurs through "patterning."*
5. *Emotions are critical to patterning.*
6. *Every brain simulataneously perceives and creates parts and wholes.*
7. *Learning involves both focused attention and peripheral perception.*
8. *Learning always involves conscious and unconcious processes.*
9. *We have at least two ways of organizing memory.*
10. *Learning is developmental.*
11. *Complex learning is enhanced by challenge and inhibited by threat associated with a sense of helplessness or fatigue.*
12. *Every brain is uniquely organized.*

Caine, R. N. & Caine, G. 1994. *Making Connections: Teaching and the Human Brain.* Menlo Park, California: Addison Wesley.



" นึกถึงเด็กที่เราเคยสอนมาไม่รู้กี่รุ่นต่อกี่รุ่น ...
เราคงทำผิดไปแล้วเยอะเหมือนกันเพราะไม่เข้าใจเด็ก ...
ถ้าเป็นไปได้ ...
อยากจะเอาเด็กที่เราเคยสอนผ่านไปแล้วกลับมาสอนใหม่ "

(จากคุณครู...)

1. สมองเป็นองคาพยพที่มีระบบชีวิต ซับซ้อน มีการปรับตัว

สมองเป็นองค์รวมของส่วนประกอบที่ทำงานต่างๆ หลายส่วน แต่ละส่วนทำงานของมันเองและทุกส่วนทำงานประสานกัน ระบบสมองโดยรวมเป็นหน่วยที่เสมือนมีชีวิต มีพลวัตแห่งการเปลี่ยนแปลงที่มีเป้าหมาย โดยลักษณะสำคัญคือ ความจำและอารมณ์ ต่างฝ่ายต่างกำหนดบทบาทซึ่งกันและกัน ความมีชีวิตและซับซ้อนนี้ แสดงออกมาโดยคุณสมบัติ ต่อไปนี้ (คุณสมบัติเหล่านี้อยู่เบื้องหลัง เป็นที่มาของ 'เด็ก')

1) หาทางอยู่รอด และปกป้องตนเอง
2) เติบโตและปรับตัว ตามสิ่งแวดล้อม
3) สิ่งกระทบเพียงเล็กน้อยบางอย่าง อาจก่อให้เกิดผลที่คาดไม่ถึงได้
4) ในขณะเดียวกันก็มีความหยุ่นตัวสูง สามารถที่จะดูดซับรับสิ่งต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมได้มาก โดยที่ไม่มีผลกระทบใดๆ เกิดขึ้นกับตัวมันเลย

การเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเกิดที่ สมอง ร่างกาย จิตใจ ก็ตาม ต่างมีผลกระทบต่อกันอย่างลึกซึ้ง ความเครียดทำให้ภูมิคุ้มกันลดลง ในขณะที่การหัวเราะ ผ่อนคลาย ทำให้ภูมิคุ้มกันดีขึ้น ทุกสิ่งที่เกิดขึ้นมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมเชื่อมโยงถึงกันและกันหมด ซึ่งเนื่องมาจากการโยงใยที่ประสานติดต่อถึงกันในสมอง

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ การเรียนการสอนกำลังกระทำต่อสิ่งๆ หนึ่งซึ่งมีศักยภาพและซับซ้อนมาก สมองอาจเปรียบได้กับ 'เด็กทารก' คนหนึ่ง เมื่อเราเกี่ยวข้องดูแลเขา เราพิจารณาว่า เขามีพฤติกรรมอย่างไร เขาต้องการอะไร จะปฏิบัติต่อเขาอย่างไร เขาจะเติบโตอย่างไร สิ่งที่เราอาจจะคิดและปฏิบัติต่อ 'สมอง' สมองหนึ่งได้ ก็เป็นเช่นที่เราคิดและถามเพื่อที่จะดูแลเด็กคนหนึ่ง ทำนองเดียวกัน

2. สมองหมายถึงสมองในสังคมที่แวดล้อม

การเติบโตเปลี่ยนแปลงของสมอง ก็คือการเปลี่ยนแปลง วงจรร่างแหของเซลสมองขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่สำคัญคือมนุษย์ หรือสังคมมนุษย์ สมองจะรู้อะไรจะให้ความสำคัญของสิ่งใดหรือไม่ ล้วนถูกถ่ายทอดผ่านการสื่อสารใกล้ชิด ภาษาเป็นตัวอย่างที่สำคัญ ความหมายของเสียงที่จะกำเนิดความหมายเป็นถ้อยคำต่างๆ นั้นคือการเลียนแบบพฤติกรรมการสื่อสารที่มีอยู่ในสังคม การตีความความหมายคำพูดหรือสื่อภาษาท่าทางใดๆ ขึ้นอยู่กับการถ่ายทอดความเข้าใจผ่านทางภาษา การรับรู้ต่อสิ่งรอบตัวเกิดขึ้นตั้งแต่ทารกยังอยู่ในครรภ์ เสียงของแม่จะถูกจดจำ หากมีเสียงผู้หญิงหลายคน ทารกจะเลือกเสียง 'แม่' จากเสียงที่ได้ยินทั้งหมดนั้น

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ สมองจะถอดแบบหรือเรียนจากสังคมที่แวดล้อมเขาอยู่ ถ้าสิ่งแวดล้อมพร้อมสะพรั่งหลากหลาย โครงสร้างความรู้ที่จะเกิดขึ้นในสมองก็จะสมบูรณ์ ถ้าสิ่งแวดล้อมมีปัญหา โอกาสที่สมองจะเติบโตอย่างมีปัญหาจะมีสูง

3. สมองค้นหาความหมาย

การค้นหาความหมายของสิ่งที่มากระทบรับรู้ เป็นคุณสมบัติที่อธิบายความเป็นสมองโดยแท้จริง ทำให้สมองเป็นสมองที่แตกต่างจากสิ่งอื่น เราทุกคนถูกกำหนดมาโดยพันธุกรรมให้มีสมอง ซึ่งตั้งคำถามต่อสิ่งต่างๆ หาความหมายความสำคัญของประสบการณ์ที่เกิดขึ้นต่อเรา ว่าสิ่งเหล่านั้นเกี่ยวข้อง มีคุณค่าหรือจำเป็นต่อการอยู่รอดของชีวิตอย่างไร การค้นหาความหมายเป็นแรงขับของสัญชาตญาณเพื่อการอยู่รอดอย่างหนึ่ง และเป็นปฏิบัติการที่เกิดขึ้นตั้งแต่ยังเป็นทารก

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ สมองจะยอมรับ ให้ความสนใจต่อสิ่งที่มันเห็นว่ามีความหมายสำหรับมัน ความหมายเป็นสิ่งจูงใจที่สำคัญในการเรียนรู้ ความหมายขับเคลื่อนนำทางการเติบโตของสมอง

4. สมองเรียนรู้ความหมาย โดยการค้นหา 'กระบวนแห่งแบบหรือลักษณะแห่งความสัมพันธ์' (patterning) ในสิ่งที่ปรากฏแก่มัน

ที่มาของความหมายของสิ่งต่างๆ โดยพื้นฐานก็คือ ความเหมือนกัน และ ความแตกต่างกัน ความสามารถของสมองในการแยกความเหมือนออกจากความต่าง และจัดกลุ่มเข้าพวกเสียใหม่จากสิ่งที่คละเคล้ากันอยู่นั้น ทำให้สิ่งต่างๆ ถูกให้ความหมายโดยสัมพันธ์กับสิ่งอื่นๆ โดยวิธีนี้ สมองก็จะ 'เข้าใจ' ความสัมพันธ์ สาเหตุ ผลที่ตามมา ตำแหน่งแห่งที่ และการเปลี่ยนแปลงของเวลา นั่นก็คือ 'โลก' ที่อยู่รอบตัว การสร้างกระบวนแบบสำหรับความสัมพันธ์หรือความเข้าใจชนิดหนึ่ง เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ย้อนกลับไปถึงการทำงานของร่างแหวงจรของเซลสมองได้ วงจรหนึ่งๆ ในสมองเมื่อเกิดขึ้นและทำงานอยู่ ก็คือความรู้ความเข้าใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มีอยู่แล้ว วงจรความเข้าใจนี้ยากที่จะลบออกและเปลี่ยนแปลงใหม่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า การเรียนรู้สิ่งใดๆ ใหม่(relearn) ไม่อาจทำได้ในเวลาอันสั้น

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ สมองมีวิธีที่จะเข้าใจสิ่งต่างๆ อย่างแยบยล การเรียนรู้เกิดขึ้นเองเมื่อใดก็ตามที่สมอง 'รับ' สิ่งเหล่านั้นเข้าไป สิ่งที่ซับซ้อนที่สุด ยกตัวอย่าง 'ภาษา' ก็จะสามารถทำความเข้าใจได้โดย การวิเคราะห์จากกระบวนแบบแห่งภาษาที่ปรากฏแก่มัน โดยอาจไม่ต้อง 'สอน' เลยก็ได้





5. 'อารมณ์' มีบทบาทสูงต่อ การวิเคราะห์กระบวนแบบ

ความคิดและอารมณ์เป็นสิ่งที่แยกกันไม่ออก ต้นตอของพฤติกรรมอันเกี่ยวเนื่องด้วยอารมณ์ มีตำแหน่งแห่งที่อยู่แน่นอนในสมอง การเปลี่ยนแปลงของอารมณ์มีผลต่อการคิด การคิด ก็คือ การใช้ศักยภาพของสมองในการวิเคราะห์ แยกแยะ จัดกลุ่ม ให้ความหมายแก่สิ่งต่างๆ หรือกระบวนแบบต่างๆ ที่ปรากฏ การให้ความหมายของเรานั้นโน้มเอียงเบี่ยงเบน ฝังปักใจ อยู่บนคุณค่าบางอย่าง อันเนื่องมาจากอารมณ์ของเรามีบทบาทให้เราคิดหรือให้ความหมายเช่นนั้น ในสังคม เราอาจเจอะเจอเรื่องมากมายที่การตัดสินด้วยเหตุผลไม่อาจเอาชนะความรู้สึกหรืออารมณ์ได้ พฤติกรรมส่วนใหญ่เป็นไปตามที่เราพอใจมากกว่าเหตุผลที่มันควรจะเป็น

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ การเรียนรู้จะมีประสิทธิผลสูงถ้าสามารถจัดการกับ 'อารมณ์' ได้ การเข้าใจและตระหนักถึงพฤติกรรมและการเบี่ยงเบนที่เกิดจากอคติความลำเอียงเป็นสิ่งสำคัญ เราสามารถใช้ศักยภาพของอารมณ์เสริมการเรียนรู้ได้โดยผ่านความมุ่งมั่น ความสนใจ ต้องการเข้าใจ






6. สมองรับรู้จากสื่อสัมผัสทั้งหมด และสร้างความเข้าใจขึ้น ทั้งในส่วนย่อย และต่อองค์รวมของสิ่งที่ประจักษ์ ทั้งหมดนี้เกิดขึ้นพร้อมกัน

สิ่งที่เกิดขึ้นในสมอง เป็นการรับรู้ที่ซับซ้อน เป็นการรับรู้และเข้าใจภาพทั้งหมดโดยรวมของสิ่งที่อยู่ในการรับรู้นั้น พร้อมๆ กันนั้น ก็สามารถรับรู้ถึงส่วนย่อยๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นสิ่งที่รับรู้นั้น สิ่งที่พบเห็น ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เป็นเรื่องของการมองเห็นและเข้าใจ 'องค์รวมและส่วนย่อย' นี้ทั้งสิ้น ซึ่งเราอาจไม่ได้นึกถึงและคอยแยกแยะประสบการณ์การรับรู้นั้น เราสามารถเข้าใจความเป็นห้องครัวได้ ก็เพราะมีการรับรู้แน่ชัดถึงองค์ประกอบเช่น หม้อ เตา เครื่องปรุง ที่มีไว้ใช้ประกอบอาหาร สิ่งเหล่านี้บ่งบอกถึงความเป็นห้องครัว แต่ว่า แต่ละสิ่งไม่ใช่ห้องครัว บนกระดานหมากรุก ตัวเดินทุกตัวรวมทั้งกระดานและผู้เล่น ต่างประกอบกันขึ้นเป็น การเล่นหมากรุก เราคิดถึงการเล่นหมากรุก ก็เพราะเรานึกถึงสิ่งแต่ละสิ่งดังกล่าวนั้นมารวมกัน สมองทำหน้าที่นี้โดยอัตโนมัติ มันรู้ว่าอะไรคืออะไร ประกอบด้วยส่วนย่อย หรือเป็นส่วนประกอบของภาพที่ใหญ่กว่าคืออะไรและอย่างไร

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ สมองมีศักยภาพมาก ศักยภาพของมันในข้อนี้ รวมเข้ากับศักยภาพในข้อ 3, 4 คือ การค้นหาความหมาย โดยการวิเคราะห์จากกระบวนแบบที่ปรากฏ ทำให้มีความสามารถมากในการเชื่อมโยงแยกแยะความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในโลกรอบตัว และโดยเหตุนี้ หากว่าสมองได้รับรู้เนื้อหาข้อมูลจากการเรียนรู้ในประสบการณ์ต่างๆ โดยที่ทั้งเรื่องไม่มีความสอดคล้องกัน หรือรายละเอียดปลีกย่อยในเนื้อหาขัดแย้งกันเอง สมองจะเข้าใจได้ยากที่สุด ความขัดแย้งไม่ลงรอยกันนี้ มักเกิดจากความคิดที่ประดิษฐ์ขึ้นของมนุษย์จากความลำเอียงในสังคม และความไม่รู้หรือ 'ไม่ติดดิน' หากสมองยอมรับเอาความไม่จริงหรือลักลั่นแห่งประสบการณ์รับรู้ดังกล่าว โครงสร้างความรู้นั้นจะกลายเป็นแบบแห่งกระบวนการคิดในเรื่องอื่นๆ ซึ่งจะพลอย 'พลาด' ต่อไปด้วย

7. การเรียนรู้ เกิดขึ้นต่อสิ่งที่สนใจอยู่ และสิ่งที่บังเอิญรับรู้ไปพร้อมๆ กัน

สมองอยู่ท่ามกลางสิ่งแวดล้อมต่างๆ หลากหลาย ทุกข้อมูลที่เข้ามาสู่สมองจะเกิดการประมวลผลหรือการสร้างวงจรการเรียนรู้ วงจรประสบการณ์ทั้งสิ้น สิ่งที่เรียกว่า 'ความสนใจ' เป็นเพียงความรู้ตัวของเราที่รับรู้อารมณ์ของเราเองที่มีต่อข้อมูลบางอย่าง เนื่องจากคุณลักษณะของข้อมูลนั้นเองกระตุ้นเราให้โน้มเอียงและรู้สึกดึงดูดต่อตัวมัน ไม่ว่าอย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่เราไม่สนใจก็ยังคงถูกรับรู้เข้าไป และมีที่ทางอยู่ในสมองเสมอ

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ ทุกสิ่งที่เปิดรับจากประสบการณ์จะเข้าไปอยู่ในสมอง เราควรคำนึงถึงเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมในห้องเรียนมากขึ้น รวมถึงท่าที บุคลิกของครู ที่จะมีผลต่อการเรียนรู้ของสมองนักเรียนโดยที่อาจไม่รู้ตัว ผู้ขายสินค้าต่างๆ ได้ใช้กลยุทธ์นี้ในการโฆษณามานานแล้ว แผ่นป้ายโฆษณาอันใหญ่ที่ทำให้เห็นเตะตา ถึงแม้ไม่อยู่ในความสนใจนั้น ก็สามารถชักจูงใจให้เลือกซื้อสินค้าตามโฆษณานั้นได้ในห้าง โดยเหตุผลว่าระหว่างสิ่งที่คุ้นตา(แม้ไม่รู้ตัว) กับสิ่งที่ไม่คุ้นไม่เคยเห็น สมองจะสั่งให้เลือกสิ่งที่คุ้นเคยมากกว่า





8. กระบวนการเรียนรู้ เกิดขึ้นในสมอง ทั้งเมื่อรู้ตัวอยู่ว่ากำลังเรียน และดำเนินไปในระดับใต้ความสำนึกรู้ (โดยไม่รู้ตัว)

ภายใต้สำนึกรู้ของเรานั้น สมองทำงานตลอดเวลา สิ่งที่เกิดขึ้นในสมอง ที่เราไม่อาจรู้ว่ามันกำลังเกิดขึ้น มีอยู่มากมาย สมองอาจจะกำลังแยกแยะสื่อสัมผัสที่ผ่านการรับรู้เข้ามา อาจจะค้นหาความจำซึ่งทำให้อดีตผุดขึ้นมา อาจจะกำลังประมวลผลคำพูดและการเปล่งเสียง อาจจะกำลังจินตนาการถึงบางสิ่ง อย่างไรก็ตาม การเรียนรู้ในเรื่องที่ซับซ้อนนั้น ต้องใช้พลังสมองและความอุตสาหะตามติดไม่ลดละต่อประสบการณ์ ขณะที่การเรียนรู้กำลังเกิดขึ้นดำเนินอยู่ เช่นนี้ ความรู้ตัวจะช่วยเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ คือรู้ว่ากำลังทำอะไรอยู่ อะไรกำลังดำเนินอยู่

ความสำคัญข้อแรก คือ ให้เข้าใจว่า การรู้การเข้าใจนั้นเกิดขึ้นเอง ความเชื่อมโยงในสิ่งที่สัมผัสรับรู้ทั้งหลายเป็นกระบวนการที่เกิดโดยอัตโนมัติอยู่ในสมอง โดยที่เราไม่อาจสั่งให้สมองเข้าใจหรือไม่เข้าใจอะไรได้

ในอีกด้านหนึ่ง การตระหนักรู้ตัวขณะกำลังอยู่ในกระบวนการเรียนรู้นั้น เป็นวิธีที่จะใช้ศักยภาพสมองในการเรียนรู้ได้ดีที่สุด เป็นการล็อกหรือบังคับสมองไว้กับสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ นอกจากนี้ การรู้ตัว มีสติ รู้ว่าความคิดความเชื่อในเรื่องต่างๆ ของเราเป็นอย่างไร และมันอาจมีอิทธิพลต่อสิ่งใหม่ที่กำลังเรียนรู้อยู่หรือไม่ จะทำให้เราไม่วนอยู่กับความเชื่อเดิมๆ ที่ผ่านมา และละโอกาสที่จะเรียนรู้ในสิ่งใหม่ๆ ไปเสีย การรู้จักตัวเองเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ตรวจสอบเข้าถึงความคิดของเราเอง ยิ่งเรารู้จักตัวเองมากเท่าไร เรายิ่งควบคุมตัวเองได้ และเข้าถึงการเรียนรู้ที่รู้ตัวมากขึ้น แต่ความสามารถที่จะตระหนักรู้ตัวหรือตั้งใจนั้น เป็นทักษะหรือศักยภาพสมองที่จะค่อยๆ พัฒนาขึ้น ในเด็กเล็กความสามารถในเรื่องนี้ยังไม่มี แต่จะพัฒนาขึ้นตามอายุวัยของสมอง นี่เป็นความสำคัญข้อที่สอง

ข้อที่สามคือ ส่วนใหญ่แล้ว เด็กซึ่งเข้ามาในชั้นเรียนใหม่นั้น มีประสบการณ์และได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ มามากมาย โดยมิได้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้(ระบบการศึกษา)เลย การจะจัดการเรียนรู้ใหม่ให้เด็กนั้น ต้องคำนึงถึงสิ่งที่เขาได้เคยเรียนรู้มาก่อนแล้วด้วย เพราะสิ่งนั้นจะมีผล ทั้งในทางบวกและลบ ต่อสิ่งที่เรากำลังจะให้เขาเรียนรู้เพิ่มเติม

9. สมองมีระบบในการสร้างความจำอย่างน้อย สองระบบ

ความจำคือมวลประสบการณ์ในอดีต ที่สามารถนำมาสู่สำนึกรู้ได้ในปัจจุบัน ความจำอาจจำแนกออกตามลักษณะข้อมูลหรือลักษณะประสบการณ์ที่จำ แต่ไม่ว่าจะเป็นความจำแบบใด มันจะมีความสำคัญต่อเมื่อเราสามารถระลึกถึงมันได้ในยามที่ต้องการ เงื่อนไขความต้องการที่สำคัญนั้นถูกกำหนดโดยบริบทในขณะที่ข้อมูลเหล่านั้นเกิดขึ้น สมองมีระบบบันทึกเชื่อมโยงระหว่างบริบทกับประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในบริบทนั้น ระบบนี้ที่บอกเราว่า ขณะนี้เราอยู่ที่ใด และ อะไรกำลังเกิดขึ้นกับเรา มันจะทำให้เราระลึกได้ถึงสิ่งที่เห็น ได้ยิน รู้สึก หรือบทบาทที่เราได้เข้าร่วมในเหตุการณ์ต่างๆ ระบบความจำแบบนี้ดำเนินอยู่ทุกขณะชีวิต เป็น dynamic system คือความเชื่อมโยงเกิดขึ้นบริบทต่อบริบท เราระลึกถึงมันและตรวจสอบมันตลอดเวลาพร้อมๆ กับการบันทึกจำไว้ เรียกระบบความจำแบบนี้ว่า locale system แต่การจดจำอาจเกิดขึ้นได้อีกวิธีหนึ่ง ความจำแบบนี้เกิดจากความจงใจของเราที่จะบันทึกสิ่งเหล่านั้นไว้ ไป 'นอนรอ' เพื่อที่จะเรียกหรือรำลึกมาใช้ และจัดประเภทความจำนี้เป็น static system คือเป็นระบบที่นิ่งเหมือนเก็บขึ้นหิ้งอย่างนั้น สิ่งที่จำได้เหล่านี้ไม่ได้อยู่ในบริบทปกติหรือวิถีชีวิตที่ดำเนินอยู่ แต่เราพยายามจะจำความจำเหล่านี้ โดยส่วนใหญ่เราจะใช้วิธีท่อง หรือไม่ก็ฝึกฝนหัดเอาเพื่อให้ได้ทักษะความชำนาญในเรื่องต่างๆ การจำสูตรคูณ การจำคำแปลศัพท์ การจดจำความรู้สึกบางอย่าง และการฝึกฝนทักษะนั้น เป็นความจำประเภทนี้ ความจำจำพวกนี้รวมเรียกว่า taxon system การใช้ระบบความจำนี้ มักเกี่ยวข้องกับความรู้สึกอารมณ์ อารมณ์ที่ไม่สอดคล้องไปด้วยกันขณะพยายามจำสิ่งเหล่านี้ เป็นอุปสรรคต่อการจำเอง และการเรียนรู้ในที่สุด

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ สิ่งที่สมองจะจำได้ มักเป็นเรื่องเกี่ยวโยงกันหลายสิ่ง คือ มีเรื่องราวของสิ่งนั้นประกอบด้วย และถ้าเป็นเรื่องราวที่มีอารมณ์ร่วม ความจำในเรื่องนั้นจะดีมาก

10. สมองเรียนรู้ โดยการพัฒนาต่อยอด

การเรียนรู้สิ่งใหม่ จะเกิดพัฒนาขึ้นบนฐานการเรียนรู้เดิม และการเรียนรู้ในสิ่งที่ซับซ้อนย่อมอาศัยความเข้าใจขั้นพื้นฐานนำมาก่อน โครงสร้างของวงจรร่างแหของเซลสมองจะพัฒนาขึ้น ในกระบวนการเรียนรู้ และผลของการพัฒนาเปลี่ยนแปลงของวงจรร่างแหของเซลสมองเอง ก็สะท้อนการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น ขั้นตอนการพัฒนาโครงสร้างของสมองนั้นไม่เหมือนกันในต่างเวลาต่างอายุขัย ในเด็กทารกจนถึงสามขวบนั้น เซลในสมองมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาย สมองดูจะเก็บรับประสบการณ์อารมณ์ได้มากกว่าการใช้ความคิด วงจรและการเชื่อมต่อของเซลนั้นยังอ่อนตัวต่อการปรับเปลี่ยน ในช่วงเวลานี้เป็นเวลาเหมาะที่สุดสำหรับการเรียนภาษาส่วนในวัยรุ่นนั้น เป็นอีกช่วงหนึ่งของความพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงในโครงสร้าง เวลานี้เป็นเวลาที่วัยรุ่นใช้ทบทวนหาเหตุผล เชื่อมโยงประสบการณ์ต่างๆ เป็นช่วงเวลาแห่งการพัฒนาระบบความคิดจริงๆ จังๆ ประสบการณ์หรือกระบวนการเรียนรู้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในสมอง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในสมองยังคงดำเนินอยู่ และแสวงหาเพื่อการพัฒนาและเรียนรู้มากขึ้นต่อไป ไม่มีใครรู้ว่าสมองเราเรียนได้มากเท่าไร แต่ทุกคนสามารถเรียนได้ชั่วชีวิต และเรียนได้มากกว่าที่คิดแน่นอน

นัยที่เกี่ยวกับการเรียนรู้คือ สมองเรียนรู้ได้ ต้องมีพื้นฐานบางอย่างที่จำเป็น พื้นฐานนั้นอาจเป็นเรื่องของ ความพร้อมทางชีวภาพ(ขึ้นอยู่กับวัย) หรือเป็นโครงสร้างการเรียนรู้ที่ต้องสร้างขึ้นก่อน คือต้องมีความรู้บางอย่างมาก่อน (ขึ้นอยู่กับประสบการณ์รับรู้ที่ได้รับมาก่อนหน้านี้) หลังจากเรียนรู้แล้ว สมองจะมีศักยภาพมากขึ้นและใช้ศักยภาพนั้นในการเรียนรู้ที่ซับซ้อนขั้นต่อๆ ไป

11. ความท้าทายเป็นแรงหนุนการเรียนรู้ ส่วนการคุกคามขู่เข็ญซึ่งทำให้หมดแรง รู้สึกหมดหนทาง ช่วยเหลืออะไรไม่ได้ จะขัดขวางการเรียนรู้

ข้อมูลหรือสิ่งกระตุ้นอันเป็นที่มาของความกลัว จะลัดออกไปจากวงจรการเรียนรู้ สู่วงจรสมองที่ทำงานเกี่ยวกับอารมณ์ ในขณะที่ความกลัว หรือ อารมณ์ความรู้สึกในทางลบเกิดขึ้น สมองจะสั่งการในบริบทของปฏิกิริยาโต้ตอบแบบพื้นๆ เพื่อจัดการกับความกลัวหรือสิ่งที่กลัวนั้น ในภาวะนี้สมองส่วนที่มีศักยภาพในการเรียนรู้อาจจะไม่ได้รับข้อมูลใดๆ และไม่สามารถทำหน้าที่ของมันในการเรียนรู้ได้ ความรู้สึกขณะอยู่ในปฏิกิริยาอาการกลัวนี้ อาจนำไปสู่ ความรู้สึกหมดที่พึ่ง หมดกำลัง ในเด็กเล็ก ยังไม่มีความสามารถช่วยตัวเองได้มากนัก ยังไม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาโต้ตอบหรือจัดการประสบการณ์ของตัวเองได้ สิ่งกระตุ้นสมองที่ทำให้ตกอยู่ในภาวะความรู้สึกเช่นนี้ อาจนำไปสู่อาการหวาดกลัวตลอดเวลา เราจึงต้องเอาใจใส่ ไม่ละเลยละทิ้งเด็ก หรือกระตุ้นเร่งเร้าเด็กมากเกินไป

การใช้ท่าทีกระตุ้นเร่งเร้าจนเกินเลยหรือการปล่อยปละละเลยทิ้งเด็กไว้ เป็นสิ่งที่ควรงดเว้น แต่การให้การช่วยเหลือ ให้กำลังใจในกระบวนการเรียนรู้ จะช่วยให้เด็กเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง สิ่งที่ดีที่สุดก็คือ ให้เด็กได้ตัดสินใจเลือกด้วยตัวเอง ทำด้วยตัวเอง ในบางโอกาสที่แน่ใจแล้วว่าจะไม่มีอันตรายเกิดขึ้น จากการได้เลือกได้ทำด้วยตัวเองนั้น

12. สมองแต่ละสมอง ไม่มีสมองไหนเหมือนกัน

สมองเป็นโครงสร้างทางชีววิทยาที่เกิดจากแบบแปลนพันธุกรรม ความแตกต่างบางอย่างอาจมีมาแต่กำเนิด แต่จำนวนเซลสมองแสนล้านเซลโดยประมาณที่เท่ากันนี้ ต่างก็ทำหน้าที่อย่างเดียวกันเหมือนกัน คือการเรียนรู้ คือการดัดแปลงและสร้างวงจรต่างๆ ขึ้นใหม่ ตามอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่กระตุ้นการรับรู้ต่อสมองนั้น เราอาจรับรู้แตกต่างกันบ้างต่อสิ่งเดียวกัน แต่ส่วนใหญ่แล้ว ความแตกต่างเกิดจากว่า เรามักมีสิ่งที่มาเสนอสู่การรับรู้ต่างกัน เราต่างมีประสบการณ์ต่างกัน มีพื้นหลังของความเป็นเชื้อชาติ สีผิว และมีธรรมเนียมในสังคมที่ต่างกัน สิ่งเหล่านี้ทำให้สมองของเราพัฒนาขึ้นด้วยการเรียนรู้ที่ต่างกัน แม้จะมีกลไกพื้นฐานการทำงานของเซลเหมือนกันก็ตาม

เราจะต้องตระหนักถึงความแตกต่างทั้งหมดนี้ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งเมื่อเราต้องการช่วยเหลือใน 'ปัญหา' ของเด็กคนใดคนหนึ่ง ปัญหาของเด็กคนหนึ่งนั้น เป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ซับซ้อน ไม่ใช่เป็นปัญหาที่แยกออกมาโดดๆ ปัญหานั้นอาจจะดูคล้ายว่า 'เหมือน' กับของคนอื่น แต่จะเข้าใจมันได้จริงๆ ต่อเมื่อทำความรู้จักกับตัวตนของเด็กคนนั้นทั้งหมดเท่านั้น เพราะมันอยู่ในระบบที่ซับซ้อนหนึ่งเดียวของเด็กคนนั้น ไม่มีสมองใดเหมือนกันเลยแม้แต่สมองเดียว เราต้องเข้าใจรู้จักและดูแลเด็กทั้งคน เพื่อที่การช่วยเหลือส่งเสริม ที่เราตั้งใจให้เขาได้เรียนรู้นั้น จะได้มีโอกาสนำเขาเข้าไปสัมผัสกับความสามารถที่เป็นเฉพาะของตัวเขาเอง ตรงกับที่เราตั้งใจจริงๆ

อีกประการหนึ่ง การเรียนรู้ของเด็กคนหนึ่ง ไม่เหมือนและไม่เท่ากันกับการเรียนรู้ของคนอื่นๆ การสอนวิธีเดียวกันไม่ใช่ได้ผลเสมอไปสำหรับเด็กทุกคน

ความเป็นหนึ่งเดียว ก็คือความหลากหลายตามธรรมชาติ
ธรรมชาติดำรงอยู่อย่างหลากหลายและขับเคลื่อนไปสู่ความหลากหลายนั้น

การพัฒนาของสังคมยุคอุตสาหกรรมมาสู่ยุคสังคมเทคโนโลยีสื่อสาร จากสภาพแวดล้อมของห้องเรียน ครู นักเรียน ตำราและความรู้ที่จำกัด สู่ยุคการสื่อสารทางไกล คอมพิวเตอร์ วิดีโอเกม มือถือ ระบบอินเทอร์เนตและข้อมูลความรู้ที่เพิ่มขึ้นจำนวนมหาศาล จากบริบทสังคมที่สงบ เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน ไม่รีบร้อน สู่บริบทสังคมที่มีความหลากหลาย ทั้งของสินค้า รูปแบบการงานอาชีพ รูปแบบของสิ่งบันเทิง มีการแข่งขันสูง รีบเร่ง ดูมีความขัดแย้ง เอารัดเอาเปรียบและไม่เข้าใจกันอยู่ทั่วไป มนุษย์ในสังคมดูจะตกอยู่ในสภาพเป็นฝ่ายรับและอาจกำลังแพ้มากกว่าเป็นฝ่ายที่มีชัยหรือเอาชนะธรรมชาติได้อย่างที่คุย ความเข้าใจในเรื่องต่างๆ ของมนุษย์ที่เกี่ยวกับชีวิตไม่แน่ว่าดีขึ้นหรือตกต่ำลง และในเมื่อภาวะปัจจุบันยังไม่อาจหาทางออกได้แน่ชัด ภาระที่มีต่อคนรุ่นต่อไป คืออะไร อะไรคือสิ่งที่จะสะสมถ่ายทอดไปสู่ลูกหลาน การศึกษาหรือระบบการศึกษามีหน้าที่รับผิดชอบต่อสิ่งที่กล่าวถึงนี้หรือเปล่า นอกจากโรงเรียนหรือการศึกษาแล้ว บรรดาสิ่งแวดล้อมนอกโรงเรียน ซึ่งหมายถึงคนทุกๆ คนที่กำลังเป็นส่วนหนึ่งของสังคมปัจจุบันนี้ จะต้องทำอะไรบ้างหรือไม่ เรากำลังมีความคิดหรือความเชื่ออะไรกัน ที่ผลักดันให้สังคมกำลังเป็นอย่างที่มันเป็นอยู่ และจากแรงผลักนั้น แน่นอนว่ามันก็จะไปตามทางที่ผลักนั่นอย่างที่ต้องการ เรารู้ เราเข้าใจ เรามีความรู้แน่นอนใช่ไหมว่ามันจะไปสู่สิ่งใด หรือว่ามีเพียงทฤษฎีและคาดคะเนว่าน่าจะเป็นอย่างนั้นอย่างนี้ หรือแย่กว่านั้นคือไม่มีอะไรเลย ไม่ต้องเรียนรู้และคิดอะไรเลย นอกจากให้มันเป็นไปตามยถากรรม

ความรู้และความเข้าใจเป็นสิ่งสำคัญ กระบวนการเรียนรู้ทำให้เกิดสิ่งนั้นได้ ถ้าเราไม่รู้ว่าหุงข้าวเป็นอย่างไรเราจะคิดหุงข้าวหรือออกแบบหม้อหุงข้าวไฟฟ้าไม่ได้เลย ถ้าเราไม่รู้ว่าเครื่องยนต์ทำงานอย่างไร เราคงไม่รู้ว่า เวลารถเสียจะซ่อมมันให้ใช้การได้ใหม่อย่างไร หรือ 'แต่ง' ให้มันแรงขึ้นได้อย่างไร ฉันใดฉันนั้น ความรู้เรื่องคนเรื่องสังคมเป็นสิ่งสำคัญ ที่จะทำให้ได้มาซึ่งเครื่องมือหรือวิธีการต่างๆ ที่จะทำให้สังคมดีขึ้นได้ ความรู้นี้ต้องมีในคนทุกคนในสังคมทั่วถึงด้วยกันทั้งหมด และทางที่จะได้ความรู้นี้มาก็โดยผ่านการเรียนรู้ หรือ การศึกษา

ในส่วนย่อยลงไปเกี่ยวกับการศึกษา ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยทางสมอง ซึ่งบอกว่า สมองทำงานอย่างไร หรือน่าจะทำงานอย่างไรนั้น เป็นความเข้าใจที่สำคัญ เพราะถ้าเมื่อเราเข้าใจ เราก็สามารถรู้ได้ว่า เราอาจจะแก้ไขหรือสร้างเงื่อนไขเพื่อให้มันทำงานดีขึ้นได้อย่างไร นั่นคือ

เราจะรู้ว่า จะจัดการศึกษาอย่างไร เพื่อให้ 'คน' เรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

กระบวนการเรียนรู้ที่เราจัดให้เด็กคนหนึ่งนั้น ไม่ใช่ว่าจะประสบผลสำเร็จทันตาเห็น 'เวลา' เป็นเงื่อนไขสำคัญ เราไม่อาจเร่งให้เร็วหรือผ่อนเวลาให้ช้าลงได้ สมองที่เรียนรู้เร็วดูจะไม่เป็นปัญหา แต่สิ่งที่เราทำได้สำหรับสมองที่เรียนรู้ช้าก็คือ เมื่อแน่ใจในกระบวนการเรียนรู้ที่จัดการไว้ดีแล้ว เราอาจต้องรอในระหว่างที่สมองกำลังเรียนรู้ จนกว่าเมื่อสมองได้พัฒนาตามศักยภาพของมันอย่างเต็มที่แล้ว ผลลัพธ์จะปรากฏเองในที่สุด

และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่คาดหวังจากการที่สมองเรียนรู้แล้วทำงานดีขึ้นก็คือ ความสามารถในการใช้เหตุผลโดยเข้าใจความเชื่อมโยงสัมพันธ์ในทุกมิติของชีวิต ซึ่งจะพัฒนาตนเองเติบใหญ่ไปภายหน้าโดยมีการดำเนินชีวิตที่ **มีความมั่นคงในตนเอง มีทักษะความรู้ และเป็นประโยชน์ต่อสังคม** (ความมั่นคงในตนเองไม่ใช่ความมั่นคงมั่งคั่งในทรัพย์สิน แต่เป็นความเชื่อมั่นในตนเองทางความคิด ซึ่งแสดงออกอย่างเหมาะสมผ่านการกระทำและอารมณ์ความรู้สึกโดยไม่ทำให้เกิดปัญหาทั้งกับตัวเองและผู้อื่น รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น)



สมองที่ทำงานดีขึ้นย่อมไม่ได้หมายถึงสมองที่สอบได้ที่ดีๆ หรือสามารถจะไปมีหน้าที่การงานที่หาเงินได้มากๆ ถ้าอย่างนั้น สมองที่ทำงานดีจะสะท้อนพฤติกรรมเช่นใด ?... ถ้าหากดูที่ความสามารถในการใช้เหตุผลและวิจารณญาณได้ถึงแก่น นั่นหมายถึงมี 'ความเก่ง' คือความแม่นยำทางความคิด ถ้าดูที่ความรอบรู้ในวิทยาการต่างๆ นั่นหมายถึงมี 'ความเก่ง' คือ มีทักษะ มีความสามารถในการจดจำ ซึ่งย่อมควบคู่ไปกับความสามารถในการทำความเข้าใจสิ่งที่จำนั้นด้วย

ถ้าดูถึงความประพฤติที่ดี อาจต้องใช้สังคมเป็นผู้ตอบเป็นผู้นิยาม เนื่องจาก 'ความดี' นี้เป็นเป้าหมายที่เกี่ยวเนื่องด้วยผู้อื่น การรู้จักเข้าใจความรู้สึกตัวเองและรับรู้เข้าใจถึงความรู้สึกของผู้อื่น การไม่ลำเอียง เป็นพื้นฐานของการเลือกและตัดสินใจสำหรับการกระทำที่เหมาะสมเป็นประโยชน์ ซึ่งทั้งสองฝ่ายจะยอมรับกันได้ว่า 'ดี' แต่คำตอบอย่างนี้อาจจะกลายเป็นงูกินหาง ต้นวนชนท้าย ปลายกลายเป็นเหตุ เพราะถ้าฝ่าย 'ไม่ดี' รวมหัวกัน สร้างอิทธิพลและกดดันให้ต้องยอมรับเสียแล้ว 'ความดี' ก็จะถูกเบี่ยงเบนการอยู่ในสังคมด้วยกัน ย่อมมีบ้างที่ความเห็นต่างกัน ในกรณีที่หนักหนา 'ความดี' ก็จะถูกตีความไปคนละแบบและอาจนำพาให้เกิดปัญหาความขัดแย้ง

ท่ามกลางความขัดแย้งเช่นนี้ สมองไม่น่าจะ 'มีความสุข' นัก แต่ความสุขเป็นเรื่องของความรู้สึกต่อปัญหาและการปรับตัว ปัญหาเกิดจากความคาดหมาย ถ้าเข้าใจและสามารถจัดการต่อความคาดหมายของตนเอง ให้อยู่ในขอบเขตที่ตนเองควบคุมได้ ความสำเร็จหรือความสมหวังในความคาดหมาย คือความสุขก็น่าจะเกิดขึ้นได้

'เก่ง ดี มีความสุข' ไม่ได้เกิดขึ้นลอยๆ หลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการแบบใดก็ตาม แต่คุณภาพชีวิตดังกล่าวนั้นเป็นผลคลี่คลายมาจากพฤติกรรมการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น คือ ความสามารถในการใช้เหตุผล โดยเข้าใจความเชื่อมโยงสัมพันธ์ในทุกมิติของชีวิต และพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านศักยภาพของพฤติกรรมการเรียนรู้นั้นในบริบทของสังคมที่เป็นจริง

หากว่าการจัดการปัญหาของ 'ตนเอง' เป็นเรื่องที่ยากแล้ว การจัดการปัญหาของสังคมที่อยู่ร่วมกันนี้ยิ่งยากยิ่งกว่าหลายเท่า ถ้าสมองของมนุษยชาติไม่สามารถหาทางออกให้ปัญหาสังคมที่สร้างกันขึ้นมาเองแล้ว ก็ย่อมเป็นไปตามกฎ คือ หลีกทางให้เผ่าพันธุ์อื่นที่วิวัฒนาการสูงกว่ามาแทน

แต่ก่อนจะถึงเวลานั้น น่าจะลองทำให้ดีที่สุด ถ้าสมองคนรุ่นที่ก่อปัญหานี้แก้ไขอะไรไม่ได้ ก็ยังอาจหวังว่า คนรุ่นต่อไปที่สมองยังไม่ถูกทำลาย ยังพอมีโอกาสจะเปลี่ยนแปลงอะไรได้บ้าง ขอเพียงอย่าสั่งสมถ่ายทอด 'ความลำเอียง' นี้ไปสู่สมองรุ่นต่อไป ให้สมองได้ฝึกคิดพิจารณา ตรองดูเหตุผลตามที่มันเป็น โดยปราศจากอคติและความลำเอียง

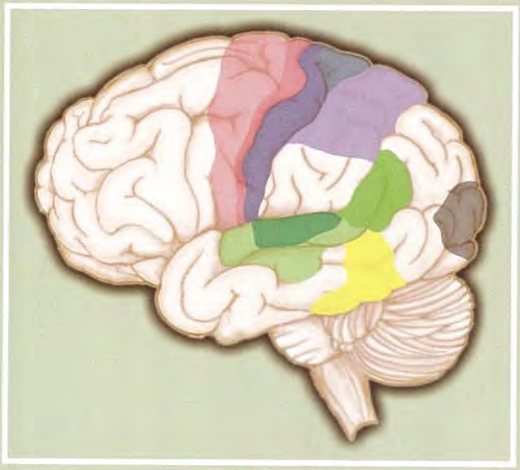
เรียนรู้สมอง 16

สรุปบางสิ่งที่เรียนรู้เกี่ยวกับสมอง

สมองถูกสร้างมาให้คิด เลือกและกำหนดการกระทำ การรับรู้ในผลจากที่ลงมือทำ จะป้อนย้อนกลับมาตรวจสอบความคิด คิดและทำ ทั้งสองระบบต้องพัฒนาและดำเนินไปพอดีกัน

"ถ้าการศึกษาเป็นเพียงการบอกให้รู้แล้วเข้าใจได้
โลกของเราก็คงดีไปนานแล้ว"

ความโง่ หรือ ความฉลาด ของคนเรา ไม่ได้ติดตัวมาแต่เกิด แม้ว่าเราจะมาจากแบบแปลนทางพันธุกรรมต่างกัน แต่การเรียนรู้จากการฟัง คิด ถาม เขียน อ่าน และลงมือทำสิ่งต่างๆ นั่นต่างหากที่เป็นสิ่งสำคัญที่สุด คนทุกคนเกิดมาล้วนมีธรรมชาติแห่งการเรียนรู้มาแต่กำเนิด ในสมองของเรามีเซลสมองถึงราวหนึ่งแสนล้านเซล ไม่มีใครเกิดมาแล้วมีเซลเพียงจำนวนหมื่น หนึ่งแสนล้านเซลมีไว้เพื่อรองรับการเรียนรู้ที่เป็นไปได้ทั้งหมด ทุกๆ เซลในสมองรอให้เรา 'เรียนรู้' เซลในสมองต้องการสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงกันเอง เพื่อให้เกิด 'วงจร' ขึ้นจำนวนมาก วงจรและร่างแหเครือข่ายวงจรของเซลในสมองเรานี่เอง คือสิ่งที่เรียกว่า การเรียนรู้

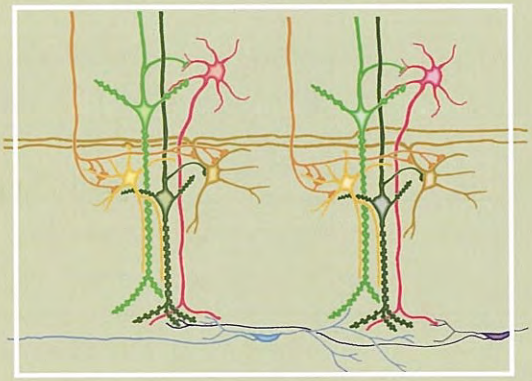


สมองของเราเป็นระบบทางสรีรวิทยาที่ออกแบบมาเพื่อการเรียนรู้ ต้องการที่จะเรียนรู้ และสมองเองก็รู้ดีโดยธรรมชาติว่าจะเรียนรู้อย่างไร ทารกทุกคนลืมตาได้เอง คว่ำได้เอง เด็กคลาน นั่ง ยืน เดิน หัดเลียนเสียง กิน เคี้ยว กลืน โดยไม่ต้องมีใครสอน พฤติกรรมเหล่านี้ได้พิสูจน์แล้วว่า สมองรู้จักวิธีการเรียนรู้ สิ่งที่ทำได้เหล่านี้ไม่ได้เกิดจากประสาทอัตโนมัติ ที่ทำได้ทั้งหมดก็เพราะเจ้าของชีวิตเรียนรู้ที่จะ 'ทำ' ด้วยตนเอง

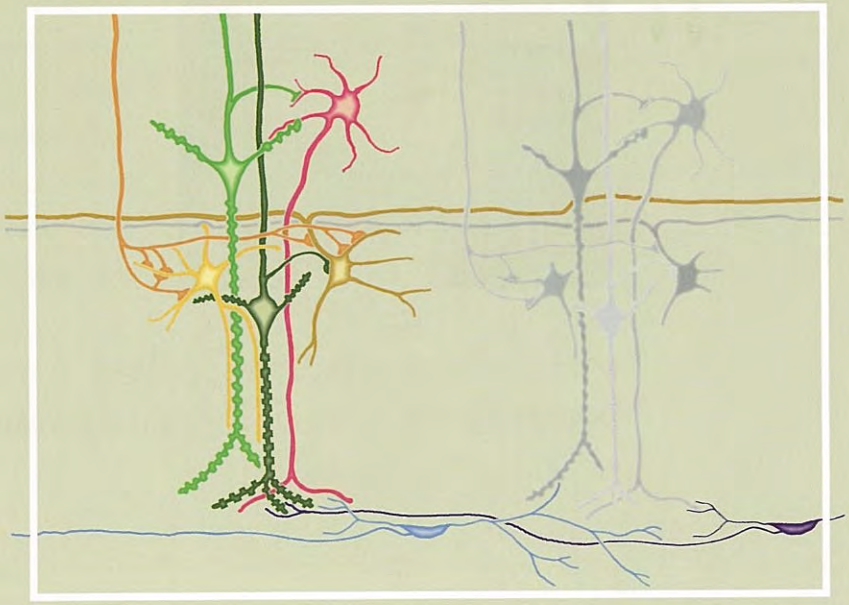
สมอง เรียน รู้ จากการลงมือทำ การลงมือทำหมายถึงว่า อาจเริ่มจากผิด ต่อไปก็แก้ไขที่ทำผิดนั้น เรียนรู้จากที่ผิดแล้วพยายามใหม่จนพบว่าอะไรที่เรียกว่าถูกต้อง สมองจะใช้งานชุดความรู้ที่ถูกต้อง และจัดการลบแบบแผนที่ผิดทิ้งไป ลองคิดเทียบเคียงกับการหัดขี่จักรยาน เด็กเริ่มจากล้มแล้วล้มอีกแต่ในที่สุดอาจจะถึงขี่ผาดโผนก็ได้ เกือบไม่ต้องมีใครสอนว่าสมองจะมีวิธีเรียนรู้การขี่จักรยานอย่างไร ในความรู้ที่ซับซ้อนมากๆ การแนะนำ ช่วยเหลือบางอย่าง ช่วยให้สมองเรียนรู้เร็วขึ้นได้

สมองเรียนรู้จากการฝึกฝน เพราะว่าการฝึกฝนเป็นกระบวนการที่ช่วยให้การเชื่อมโยงของเซลสมองในวงจรการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ แขนงประสาทเดนไดรท์จะค่อยๆ งอกสายใยกิ่งก้านแขนงย่อยออกไปโดยรอบ และจ่อติดกับแอกซอน จุดต่อสัญญาณที่เรียกว่า ซีนแนปส์ เมื่อเกิดขึ้นจะคงตัวและเป็นทางผ่านของวงจรสัญญาณในสมองอย่างดี หากได้รับการกระตุ้นบ่อยๆ การฝึกฝนเป็นการกระตุ้นการทำงานของวงจรและซีนแนปส์ กระบวนการเกิดขึ้นของวงจรและซีนแนปส์เช่นนี้แหละคือสิ่งที่เรียกว่า การเรียนรู้

การเรียนรู้ต้องใช้เวลา เพราะการเรียนรู้เกิดจากการเติบโตและการเชื่อมโยงกันของโครงข่ายร่างแหวงจรของเซลสมอง วงจรการเรียนรู้หรือ pathway เกิดอยู่ในร่างแหวงจรเหล่านี้ เมื่อวงจรคล่องตัวอยู่ตัว สัญญาณผ่านได้อย่างรวดเร็ว ความรู้ความชำนาญก็เกิดขึ้น



ถ้าเซลสมองของเราไม่ถูกใช้งาน เช่น ถ้าเราไม่ใช้หรือไม่ได้ฝึกฝนความรู้ที่เรารับมา เดนไดรท์และซีนแนปส์จะหมดสภาพและค่อยๆ หายไป เซลสมองนั้นก็จะฝ่อไปถ้าเราเลิกใช้มัน ถ้าเราเรียนรู้วิธีขับรถยนต์ ฝึกสัก 10 วันจนขับได้ แสดงว่าสมองได้จัดการเข้ารหัสสร้างกระบวนแบบวิธีขับรถยนต์ไว้ในสมองแล้ว เซลสมองชุดที่เกี่ยวข้องกับการขับรถได้เชื่อมโยงกันแล้ว แต่ถ้าเราไม่ได้ขับรถเลยในเวลาต่อมา ในไม่ช้าแบบแผนและสิ่งที่เชื่อมโยงไว้นี้ก็จะถูกลบทิ้งไปจากสมอง เว้นแต่ว่าการฝึกนั้นเราได้ทำจนชำนาญมากก็ยากที่จะลบข้อมูลนี้ออกจากสมองได้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ความโง่หรือการไม่เรียนรู้ก็คือภาวะงอมืองอเท้าและไม่ทำอะไรเลยเท่านั้นเอง

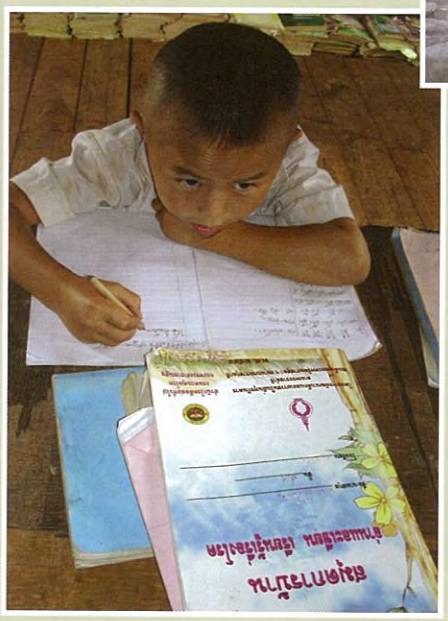


ความเชื่อมั่น ความสนใจ ความตื่นเต้น ความอยากรู้ เหล่านี้เป็นอารมณ์ที่กระตุ้นให้เซลในสมองเชื่อมโยงกันได้ง่าย ทำให้สมองเรียนรู้ คิด และสร้างความทรงจำ

อารมณ์ มีบทบาทมากที่สุดต่อความสามารถที่จะเรียนรู้ คิด และสร้างความทรงจำ

ความข้องใจต่อสิ่งที่ทำอยู่ ความกลัว ความเกลียดชัง ความเบื่อหน่าย จะกีดกันการเรียนรู้ของสมอง กีดกันไม่ให้เกิดความคิด และกีดกันการสร้างความทรงจำ





กลไกในการพัฒนาคุณลักษณะแห่งอารมณ์ต่างๆ อันได้แก่ ความสามารถในการสื่ออารมณ์และการรับรู้-รู้สึก ทั้งในเชิงความอ่อนไหวแห่งอารมณ์(ที่อาจเกิดขึ้นโดยง่ายในบริบทต่างๆ) และในเชิงลึก(คืออิทธิพลของมัน บทบาทของมันต่อการดำเนินชีวิต การคิดตัดสินใจ) เกิดขึ้นโดยผ่านร่างแหวงจรของเซลสมอง การทำงานเชื่อมโยงของเซลสมองอย่างซับซ้อนบนร่างแหวงจรของเซลสมองนี้ สะท้อนภาพลักษณ์แห่งพฤติกรรมของเรา

อารมณ์ เป็นผลสะท้อนของการเรียนรู้ การรับรู้ คิด จำ ในขณะเดียวกัน อารมณ์ก็มีบทบาทส่งผลต่อการเรียนรู้

บุคลิกมีอารมณ์เป็นองค์ประกอบ

ร่างแหวงจรของเซลสมองเริ่มต้นเป็นเพียงการเชื่อมระบบรับสื่อสัมผัส (sensory activation) **ต่อมาเซลสมองแต่ละเซลเริ่มมีการติดต่อกับเซลอื่น เซลสมองเซลหนึ่งส่งสัญญาณครั้งหนึ่งจะไปถึงเซลอื่น ประมาณ 10,000-50,000 เซล** พันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมร่วมกันเป็นตัวกำหนดว่า เซลใดจะติดต่อไปยังเซลใด การรับรู้ในสื่อสัมผัสจะเกิดขึ้น (association formation) ต่อจากนั้น การรับรู้ทั้งมวลจะก่อตัวประสานกันเข้า (integrative representation) เป็นภาพแทนของโลกภายนอกเกิดขึ้นในสมองของเรา พร้อมๆ กันนี้ 'ตัวเรา' ก็จะเกิดขึ้นแยกต่างหากจากโลกภายนอกนั้น

ความเป็นจังหวะและการเปลี่ยนเสียงสูงต่ำสั้นยาวในดนตรีนั้น เป็นตัวแทนของสิ่งกระตุ้นต่อสมองที่มีลักษณะเป็น pattern คือมีกระบวนลักษณะความถี่ของเสียงและจังหวะของเสียง ที่มาถึงหูในระยะเวลาที่แน่นอน มีกฎเกณฑ์ **สมองวิเคราะห์สิ่งกระตุ้นต่างๆ จากกระบวนลักษณะที่ปรากฏต่อสมอง วงจรสมองได้ฝึกคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปในท่วงทำนองแห่งดนตรี และสมองเรียนรู้ผลจากการคาดหมายนั้น เท่ากับดนตรีช่วยให้วงจรสมองฝึกทำงาน**

อารมณ์ความรู้สึกที่ดี ความพอใจ จะพัฒนาขึ้นจากการเรียนรู้ในสัมผัสของสื่อชนิดนี้ ดนตรีจึงก่อให้ความรู้สึกที่ดี การเล่นดนตรีจะช่วยเร่งและเสริมความสามารถของเด็ก ให้เข้าถึงอารมณ์ในทางบวก และตอบสนองต่อความรู้สึกและอารมณ์อย่างสร้างสรรค์ ดนตรีช่วยให้กลไกอารมณ์ของสมองทำงาน มันทำให้เกิดกระบวนแบบ (pattern) วงจรของเซลสมองชุดอารมณ์ชุดหนึ่ง ซึ่งจะคงอยู่ในสมองต่อไป

การวาดช่วยให้เด็กๆ ระบายสิ่งที่อยู่ภายในใจออกมา ช่วยให้เด็กรู้ว่าตัวเองรู้อะไร หรือไม่รู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งที่วาดอยู่ เป็นการกระทำที่ป้อนข้อมูลของสิ่งที่ตนคิด ซึ่งขณะนี้ปรากฏอยู่บนภาพที่วาดออกมา กลับเข้าไปในสมองเพื่อตรวจสอบว่าตรงกันหรือไม่กับสิ่งที่อยู่ในความคิดที่ตั้งใจทำ

ศิลปะและดนตรีเป็นเครื่องมือ คือเป็นกระบวนการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเซลสมองที่ช่วยในการพัฒนาสมอง ทั้งสองอย่างนี้ทำให้เกิดวุฒิภาวะทางอารมณ์และทำให้รู้จักตนเอง การเข้าใจตนเองและพัฒนาอารมณ์ เป็นการเรียนรู้ที่สำคัญ เป็นความรู้ที่ละเลยไม่ได้ เราทุกคนไม่ได้วาดรูปและเล่นดนตรีเพื่อจะไปเป็นศิลปิน แต่เราต้องการใช้ประโยชน์จากสองสิ่งนี้ พัฒนาสมองของเราเอง

ความรู้ของคนเราไม่ได้มีแต่เฉพาะความรู้ในการบวกลบเลขและการใช้ภาษา ไม่ได้มีแต่เพียงวิทยาศาสตร์และภาษาศาสตร์ คนเราอาจต่างกันในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในแต่ละด้าน แต่โดยพื้นฐาน สมองมีความสามารถเพียงพอในการพัฒนาทักษะทุกด้านตามสมควรต่อการดำรงชีวิต อย่าสนใจแต่ว่าเด็กเก่งคำนวณ หรือว่าเก่งภาษา นั่นเป็นความเข้าใจที่ผิด ทำให้ละเลยพัฒนาการของเด็กในเรื่องอื่นๆ และมีผลให้เด็กประเมินตัวเองหรือถูกประเมินต่ำเกินไป รวมทั้งเราก็อาจ 'มองไม่เห็น' คุณค่าที่งอกงามขึ้นมาในตัวเด็กอีกด้วย ควรทำความเข้าใจด้วยว่า คุณค่าดังกล่าวใช่จะมีอยู่เพียงแปดด้าน ความสามารถด้านอื่นๆ เช่น การทำอาหาร การหยั่งรู้ในเรื่องต่างๆ ความสามารถในส่วนย่อยเล็กๆ น้อยๆ เหล่านี้ อาจมีอีกนับได้มากเท่าที่กิจกรรมที่มนุษย์จะได้คิดทำขึ้นมา ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมที่เป็นประสบการณ์ความชำนาญเฉพาะตัว หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้อื่น รวมทั้งการแสดงออกในปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

ตามแนวคิดเรื่องพหุปัญญา Multiple Inteligences ของ Howard Gardner ทักษะความรู้ในชีวิตของเรามีแปดอย่างที่สำคัญ	
ภาษาศาสตร์ Verbal/Linguistic	การใช้คำ ทั้งในภาษาพูดและภาษาเขียน
ตรรกะ-คณิตศาสตร์ Logic/Mathematical	การใช้ตัวเลขและการใช้เหตุผล
ระยะและมิติ Visual/Spatial	การเข้าใจและใช้ประโยชน์จากความเข้าใจในเรื่องมิติการมองเห็น ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง
การเคลื่อนไหวของร่างกาย Bodily/Kinesthetic	การควบคุมประสานการเคลื่อนไหว อวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น มือ เท้า
ดนตรี (และจังหวะ) Musical/Rhythmic	การเข้าถึงและซึมซับสุนทรีย์ทางดนตรี รวมถึงการแสดงออก
มนุษยสัมพันธ์ Interpersonal	การเข้าใจหยั่งถึงผู้อื่น สามารถรับรู้ แยกแยะอารมณ์ แรงกระตุ้น แรงจูงใจและความรู้สึกของผู้อื่น
ความรู้ในตน Intrapersonal	การเข้าใจตนเอง และการปรับตัวเปลี่ยนแปลงตนเองบนฐานแห่งความเข้าใจนั้น
การเข้าถึงธรรมชาติ Naturalist	การเข้าใจหยั่งถึงการมีอยู่ และการรังสรรค์ของกฎเกณฑ์ กระบวนแบบ(pattern)ต่างๆ ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

อาหารไม่ได้เป็นเพียงสิ่งจำเป็นที่ทำให้ร่างกายเจริญเติบโตเท่านั้น แต่มันมีความสำคัญต่อการพัฒนาสมองเด็กอย่างมาก สมองต้องการสารอาหารหลายชนิด สมองยังเป็นอวัยวะที่ใช้พลังงานมากที่สุดของร่างกาย สมองหนัก 8% ของร่างกาย(ในเด็ก) แต่ใช้พลังงานถึง 20% นอกจากนี้สารอาหารบางชนิด ยังเกี่ยวข้องกับสมดุลเคมีของสารละลายและสารที่จำเป็นในสมอง ที่กระตุ้นการทำงานของสมองให้ปกติ การขาดอาหารบางชนิดถึงกับทำให้สารจำเป็นในสมองเสียสมดุล และมีผลให้เด็กง่วงเหงาหาวนอน ก้าวร้าว ซึมเซา เป็นต้น การรับประทานอาหารแป้งและน้ำตาลเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในช่วงเช้า มีผลให้สมองหย่อนประสิทธิภาพ ง่วง และเซื่องซึมลงในตอนสาย

การออกกำลังกายไม่เพียงแต่ทำให้ร่างกายแข็งแรงเท่านั้น แต่การออกกำลังกาย หรือการทำงานที่ใช้กำลังกาย ที่ไม่ใช่ถูกบังคับให้ทำหรือน่าเบื่อหน่าย เป็นการสร้างภาวะสมดุลให้แก่ระบบไหลเวียนของโลหิต และเป็นการส่งออกซิเจนไปสู่สมอง เป็นการกระตุ้นการผลิตสารที่มีประโยชน์ต่อเซลสมองและต่อวงจรการทำงานของเซลสมอง เป็นการกระตุ้นการทำงานของระบบพฤติกรรมทางรูปธรรมของสมอง นั่นคือ การเคลื่อนไหว การลงมือทำ ให้อยู่ในสมดุลพอดีกันกับการทำงานในระบบพฤติกรรมทางนามธรรมของสมอง คือ การคิด ในบริบทที่ไม่สมดุล เช่นการคิดมากเกินไป เอาแต่คิด อาจเป็นต้นตอที่มาของปัญหาความผิดปกติเกี่ยวกับการคิดต่างๆ รวมไปถึง โรควิตกกังวล โรคจิต ฯลฯ

สมองถูกสร้างมาให้คิด ตัดสินใจเลือก กำหนดว่าจะทำอะไร เมื่อได้ลงมือทำ การรับรู้ในผลที่ได้ลงมือทำจะป้อนย้อนกลับมาตรวจสอบความคิด ทั้งสองระบบ คือ คิดและทำ ต้องพัฒนาและดำเนินไปพอดีกัน



อธิบายคำ

Language
ภาษา

ภาษาเป็นสิ่งที่มีขึ้นเพื่อการสื่อสาร เป็นไปเพื่อทำให้เกิดความเข้าใจระหว่างมนุษย์ ความเข้าใจกันเป็นสิ่งจำเป็นเพราะมนุษย์มีผลประโยชน์ร่วมกัน ภาษาจะใช้สื่อความต้องการที่จะแลกเปลี่ยนผลประโยชน์ระหว่างกันและกัน

ภาษา ก็คือ รหัส หรือ สัญลักษณ์ รหัสหรือสัญลักษณ์นี้อาจถูกเก็บไว้ในสื่อชนิดใดชนิดหนึ่ง การติดต่อกันโดยใช้รหัสนี้คือการแปลงสื่อที่เก็บรหัสออกเป็นพลังงานในรูปแบบที่สามารถรับรู้กันได้ ระหว่าง 2 ฝ่ายที่ติดต่อสื่อสารกัน ดังนั้น เมื่อติดต่อสื่อสารกัน ภาษาอาจอยู่ในรูปของพลังงานรูปใดรูปหนึ่ง เช่น แสง(ภาพตัวอักษร) เสียงพูด แรง ฯลฯ ที่สามารถกระตุ้นอุปกรณ์หรืออวัยวะแห่งการรับรู้ได้ การที่จะรับรู้ความหมายของภาษาระหว่างกัน ทำให้ภาษาต้องมีกฎเกณฑ์ที่ใช้ตรงกันระหว่าง 2 ฝ่ายที่สื่อสารกันนั้น

ภาษาระหว่างมนุษย์ คือ รหัสหรือสัญลักษณ์ที่บันทึกอยู่ในรูปของสื่อ ได้แก่ ตัวอักษรที่มีไวยากรณ์ ปรากฏบนหนังสือ หรือปรากฏเป็นภาพและเสียงที่บันทึกบนสื่อมัลติมีเดียต่างๆ (เทปเสียง วิดีโอ ซีดีรอม ดีวีดี) สัญลักษณ์รูปแบบอื่นๆ ได้แก่ ตัวเลขที่มีกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ป้ายที่สื่อความหมายต่างๆ ท่าทางหรือภาษากายและเสียงหรือภาษาพูด ทั้งตัวอักษร เสียง และท่าทาง เป็นรหัสหรือสัญลักษณ์ซึ่งถ้าถูกทำให้มีความหมายตรงกัน ก็สามารถใช้แทนกันได้ คำว่า 'กิน' การออกเสียง 'กิน' และการแสดง 'ท่าทางกิน' ต่างสื่อความหมายอย่างเดียวกัน

สมองมีวิธีบันทึกรหัสภาษานี้ในสมอง และแปลงกลับไปมา เป็นพลังงานหรือการให้สัญญาณในลักษณะต่างๆ เช่น เขียน พูด เคลื่อนไหว รวมทั้งแปลงสัญญาณที่รับรู้จาก เห็น ฟัง สัมผัส เป็นความหมายที่เข้าใจได้ การทำความเข้าใจภาษาหรือการประมวลภาษาในสมองมนุษย์ ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจรหัสสัญลักษณ์ต่างๆ นั้นใช้สมองส่วนเวอร์นิเค(Wernicke's area) และ โบรคา(Broca's area)

โดยนัยนี้ ภาษา จึงไม่ได้มีความหมายเพียง หนังสือภาษาไทย หรือวิชาภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็น ระบบรหัสตัวอักษร-เสียงที่มีไวยากรณ์ ซึ่งนับเป็นเพียงภาษาในรูปแบบหนึ่งเท่านั้น

Literacy *(ลิทเทอเรซี)*

การอ่านออกเขียนได้ การอ่านออกเขียนได้ คือ ความสามารถในการอ่าน เขียน เป็นการใช้ภาษาสื่อสารที่ต้องใช้การจดจำสัญลักษณ์ในรูปตัวอักษร และควบคุมการขยับนิ้ว มือและแขนเพื่อเขียน เป็นการทำงานเพิ่มขึ้นของสมอง เป็นความสามารถที่เพิ่มขึ้นจากการฟังและพูด ซึ่งใช้เพียงการจำเสียง รู้จักความหมาย และรู้จักเปล่งเสียง

คำว่า 'ลิทเทอเรซี' ถูกใช้เพื่อแสดงนัยว่า มนุษย์บางกลุ่มหรือคนบางคนที่อ่านออกเขียนได้นั้นมีทักษะทางสังคมสูงกว่าคนอื่นๆ เพราะการบันทึกตกลงกันด้วยลายลักษณ์อักษรนั้นเป็นทักษะพฤติกรรมที่จำเป็นในสังคม ในการติดต่อสื่อสารและตกลงกันนั้น หากได้ทำสัญญาเป็นลายลักษณ์อักษรต่อกัน ก็ถือว่ามีหลักฐานที่ยอมรับได้มากกว่าการพูด การอ่านออกเขียนได้ เป็นเป้าหมายของการศึกษามานานยังเคยยึดถือกันว่า สติปัญญา ก็คือการอ่านออกเขียนได้และคิดเลขเป็นเท่านั้น

ในโลกที่พัฒนาจนการอ่านออกเขียนได้เป็นความสามารถที่ทุกคนต้องมีเป็นธรรมดาไปแล้ว คำว่าลิทเทอเรซี ก็ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงว่า คนบางคนมีทักษะความชำนาญในบางด้านมากกว่าคนอื่น เช่น ในสังคมที่การติดต่อสื่อสารซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน คนที่เชี่ยวชาญในการใช้คอมพิวเตอร์ เรียกว่า เป็นคนที่มีคอมพิวเตอร์ลิทเทอเรซี เป็นต้น

Learning

การเรียนรู้ การเรียนรู้ คือกระบวนการซึ่งดำเนินไปภายในตัวบุคคล เริ่มจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้และความสามารถในตัวบุคคลนั้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจสะท้อนผ่านพฤติกรรมที่บุคคลนั้นแสดงออก

การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน เกี่ยวข้องกับสิ่งที่อยู่ภายใน(เช่น การรับรู้ การคิด ความจำ) เราจะรู้ว่ามีการเรียนรู้ดำเนินอยู่หรือเกิดขึ้นแล้วหรือไม่ จากการวัดผล สังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกมาภายนอก ภายหลังจากการมีปฏิสัมพันธ์ที่กระตุ้นการเรียนรู้นั้น โดยทั่วไป พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป แสดงว่ามีการเรียนรู้เกิดขึ้น

การเรียนรู้มีหลายรูปแบบหลายลักษณะ เริ่มจากการเรียนรู้อย่างง่ายซึ่งเกิดจากสิ่งเร้าเพียงสิ่งเดียว การเรียนรู้โดยการสังเกตเป็นตัวอย่างของการเรียนรู้แบบนี้ เช่น การเห็นแสง รู้ว่ามีความแตกต่างระหว่างความสว่าง ความมืด รู้ว่ามีความแตกต่างระหว่างสี การเรียนรู้ในระดับที่ซับซ้อนขึ้นมาเกี่ยวข้องกับการกระทำ เช่น การเลียนแบบพฤติกรรม การเรียนรู้ในระดับซับซ้อนขึ้นไปอีกเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขที่อยู่ในกระบวนการเรียนรู้ เช่น รู้ว่าพฤติกรรมบางอย่างจะได้รับผลสะท้อนที่ต่างออกไป เรียนรู้เรื่องรางวัลหรือการลงโทษ ยังมีการเรียนรู้อื่นๆ ในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้นอีก

เช่น การทำความเข้าใจเชื่อมโยงเหตุการณ์ การใช้เหตุผล การเรียนภาษา การเรียนรู้โดยการอ่านและการฟัง การสร้างความคิดนามธรรม และการพัฒนาทักษะต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว

โดยนัยนี้ การเรียนรู้จึงมีความหมายที่กว้างขวาง เน้นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายใน และพฤติกรรมที่แสดงออกอันเป็นผลมาจากความเปลี่ยนแปลง รวมถึงสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วย

การเรียนรู้มิได้มีความหมายเพียง นั่งเรียนในห้อง อ่านหนังสือ ดูภาพยนตร์สารคดี ฯลฯ ซึ่งเป็นเพียงอิริยาบถหรือพฤติกรรม ที่เกิดระหว่างที่กระบวนการเรียนรู้กำลังดำเนินไปเท่านั้น

Learning theory

ทฤษฎีการเรียนรู้ ทฤษฎีการเรียนรู้ คือ สิ่งที่อธิบายว่า ในกระบวนการเรียนรู้นั้น สิ่งที่เกิดภายในและการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมภายนอก เกิดขึ้นอย่างไร เพราะเหตุใด

มีคำอธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้อยู่หลายแบบ โดยทั่วไป คำอธิบายเหล่านั้นเป็นความพยายามที่จะเข้าใจการเรียนรู้ ผ่านหลักคิดหรือวิธีการที่ใช้ในการทำความเข้าใจที่แตกต่างกันอยู่สองแนวทาง คือ มองผ่านพฤติกรรม(พฤติกรรมนิยม-Behavioral approach) และมองผ่านการรู้คิดภายใน(Cognitive approach)

Learning theory : Behavioral Orientation *ทฤษฎีการเรียนรู้ โดยนัยแห่งพฤติกรรม*

พฤติกรรมนิยม การทำความเข้าใจการเรียนรู้โดยนัยแห่งพฤติกรรม เป็นที่มาของทฤษฎีการเรียนรู้ที่อธิบายว่า พฤติกรรมที่แสดงออกและเห็นได้ คือการเรียนรู้ ซึ่งเชื่อมโยงกับสิ่งเร้าภายนอกที่กระตุ้นหรือก่อให้เกิดพฤติกรรมขึ้น การเรียนรู้ ก็คือ ชุดสำเร็จของสิ่งกระตุ้นและพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตอบสนองต่อการกระตุ้นนั้นชุดหนึ่ง มนุษย์จะเรียนรู้สิ่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์แวดล้อมที่จัดให้ การเปลี่ยนแปลงภายใน เช่น การรับรู้หรือความคิด นั้น เป็นสิ่งที่มองไม่เห็น และไม่สามารถจัดการได้ และไม่อยู่ในความสนใจของทฤษฎีการเรียนรู้โดยนัยแห่งพฤติกรรม

Learning theory : Cognitive Orientation *ทฤษฎีการเรียนรู้ โดยนัยแห่งความรู้ความคิด*

การทำความเข้าใจการเรียนรู้โดยนัยแห่งความรู้ความคิด เป็นที่มาของทฤษฎีการเรียนรู้ที่อธิบายว่า มีกระบวนการภายใน มีจิตใจ หรือโครงสร้างความรู้อยู่ภายในมนุษย์ ที่ทำหน้าที่ รับรู้ คิด และเลือกการกระทำ พฤติกรรมเกิดจากการประมวลผลหรือการทำงานของความคิดนั้น สิ่งแวดล้อมกระตุ้นการเรียนรู้ คือการเปลี่ยนแปลงภายในก่อน และโครงสร้างภายในที่เปลี่ยนแปลงนั้นจะสะท้อนพฤติกรรมออกมา การเรียนรู้จึงเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงอยู่ภายใน

การจัดการศึกษา คือการจัดการให้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โดยองค์กรทางสังคม โดยเฉพาะหมายถึง การจัดการศึกษา โดยองค์กรทางสังคมขนาดใหญ่ เช่น รัฐบาล

ระบบการศึกษาในโรงเรียน เป็นการจัดการศึกษาแบบหนึ่ง

ระบบการศึกษาที่บ้าน(home school) เป็นการจัดการศึกษาแบบหนึ่ง

การศึกษา เกี่ยวข้องกับ การสอน(ผู้สอน) และการเรียน(ผู้เรียน)

เป้าหมายของการจัดการศึกษา คือ ทำให้เกิดการเรียนรู้ในผู้เรียน

รายละเอียดของการจัดการศึกษา หรือหลักสูตร ก็คือ รายการของสิ่งที่จะให้เรียนรู้ และกระบวนการที่จะให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่เรื่อง วิธีการสอนของผู้สอน สภาพแวดล้อมของการเรียนการสอนและสื่อการสอน และ กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน สิ่งเหล่านี้ทั้งหมดโดยรวม เรียกว่า **การจัดการสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้**

การวางแนวทางหรือกำหนดรายละเอียดของการจัดการศึกษา คือ การให้ความสำคัญแก่ปัจจัยหรือตัวแปรต่างๆ ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ การที่จะใช้แนวทางใดบ้างและอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ หรือทฤษฎีการเรียนรู้ที่ยึดเป็นหลัก

ความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ประกอบกับการอธิบายในด้านการทำงานของสมอง ทำให้หลักคิดในการจัดการศึกษา หรือการจัดสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้มุ่งเน้นให้ความสำคัญต่อปัจจัยสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ ต่อไปนี้

Assessment-centered environments **(ใช้การสอบเป็นเกณฑ์ ?)**

การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยเน้นความสำคัญของการประเมิน

การจัดการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญต่อการประเมินตรวจสอบวัดผล อยู่บนความเข้าใจที่ว่า ในกระบวนการเรียนการสอนที่ดำเนินไปนั้น ผู้สอนย่อมได้ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงบางอย่างภายในตัวผู้เรียน ที่เรียกว่าการเรียนรู้ แต่สถานภาพของการเรียนรู้ที่กำลังดำเนินไปเกิดขึ้นอยู่ในตัวผู้เรียนนั้น ผู้สอนจะรู้ได้ต่อเมื่อผู้เรียนและผู้สอนได้โต้ตอบกัน การประเมินมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาวิธีการที่จะรับรู้ได้ว่า ผู้เรียนกำลังเรียนรู้อยู่ถึงขั้นไหนแล้ว การเรียนรู้เป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ หรือมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในตอนใด

การรับรู้สภาพที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน มีความสำคัญต่อกระบวนการเรียนรู้ เพราะจะเป็นสิ่งที่ผู้สอนนำไปพิจารณาปรับทิศทางปรับการสอนของตน ด้วยวิธีนี้ ความผิดพลาดในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน (เช่น การตามไม่ทัน ความไม่เข้าใจในเนื้อหา) จะเกิดขึ้นน้อยลง แม้เกิดขึ้นก็อาจแก้ไขได้ทันทีในระหว่างที่การเรียนการสอนดำเนินไป การให้ความสำคัญต่อการประเมินเช่นนี้ จะทำให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปสู่เป้าหมายที่ต้องการได้

ควรสังเกตว่า การประเมินไม่ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้คะแนน จัดกลุ่มหรือจัดอันดับผู้เรียน ไม่ได้เป็นไปเพื่อการลงโทษหรือรางวัล แต่เป็นไปเพื่อหาความเข้าใจว่า ผู้เรียนมีปัญหาประการใดหรือไม่ ปัญหาเกิดจากสาเหตุใด ในกระบวนการจัดการศึกษาที่กำลังดำเนินอยู่ ความรู้ความเข้าใจในปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนรู้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอันดับแรก เพื่อที่จะนำไปเป็นตัวตั้งหรือฐานคิดในการดำเนินการบางอย่างที่เหมาะสม ซึ่งคาดว่าจะแก้ปัญหาในการจัดการศึกษาขณะนั้นได้ ด้วยวิธีการเช่นนี้ การแก้ปัญหาที่ถูกต้องจึงจะเกิดขึ้นได้ และมีผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นในผู้เรียนสมตามเจตนารมณ์

ดังนั้น การจัดกลุ่มผู้เรียน การทบทวนเนื้อหาวิชาเพิ่มเติม ฯลฯ จึงเป็นเพียงขั้นตอนการดำเนินการวิธีหนึ่งในหลายๆ วิธี ซึ่งอาจเลือกใช้หลังจากที่รู้และเข้าใจปัญหาการเรียนรู้ที่กำลังเกิดขึ้นในผู้เรียนแล้ว

การประเมินการเรียนรู้ ในขณะที่การเรียนการสอนกำลังดำเนินไป(และการเรียนรู้กำลังก่อตัวขึ้นในผู้เรียน) เรียกว่า formative assessment การประเมินการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ มีความสำคัญมากกว่าการวัดผลหรือการสอบเมื่อจบกระบวนการเรียนการสอน หรือจบหลักสูตรแล้ว การประเมินการเรียนรู้หลังจบแล้วนี้เรียกว่า end-of-course summative assessment

Child-centered environments / Learner-centered environments (เด็กเป็นศูนย์กลาง ?)

การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยเน้นความสำคัญของตัวผู้เรียนหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน

การจัดการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญต่อผู้เรียน หรือ 'ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง' นั้น เป็นเพียงหนึ่งในสี่ของปัจจัยสำคัญที่จะมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ เมื่อประกอบกับความสำคัญในปัจจัยอื่นๆ ที่จะสร้างให้เกิดสภาพการเรียนรู้ที่แท้จริง จึงจะเข้าใจได้ว่า การที่ 'ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง' นั้น ไม่ได้หมายถึง 'การตามใจเด็ก' หรือ 'แล้วแต่เด็ก' หรือ 'ปล่อยให้เด็กมีประสบการณ์กันเอง'

การให้ความสำคัญต่อผู้เรียนอยู่บนความเข้าใจที่ว่า ผู้เรียนแต่ละคน มีท่วงทำนองที่จะรับประสบการณ์ และก่อเกิดการเรียนรู้ในตนเองแตกต่างกันไป ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียน หรือรับในสิ่งที่ผู้สอนสอนได้ไม่เท่ากัน นอกจากนี้ผู้เรียนแต่ละคนยังมีสภาพแวดล้อมในชีวิตครอบครัว ในชุมชนของตนเอง แตกต่างจากเพื่อนคนอื่นๆ ในชั้นเรียน จึงมี 'พื้นฐาน' และ 'ความรู้ที่มีมาเป็นพื้นฐาน' ไม่เท่ากัน ลักษณะหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ก็คือ กระบวนการเรียนรู้เป็นกระบวนการต่อยอด ดังนั้น 'พื้นฐาน' ของผู้เรียนจึงเป็นปัจจัยหรือตัวแปรหลักที่กำหนดกระบวนการเรียนการสอน เพราะความรู้ที่จะสอน วิธีการที่จะจัดให้ความรู้นั้นเกิดในผู้เรียน ย่อมแตกต่างกันตาม 'พื้นฐาน' ที่ต่างกันไป

ถ้าต้องการผลสำเร็จในการจัดการศึกษา จะต้องให้ความสนใจต่อสิ่งที่อยู่ภายในของผู้เรียน -เด็กรู้อะไรมาบ้าง พร้อมจะรู้อะไร สนใจอะไร มีวิธีเรียนรู้แบบไหน- และพิจารณาจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ เรียกว่าจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้เหมาะสม ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนและทุกคนสามารถรับไปและต่อยอดพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้

Community-centered environments **(การศึกษาเพื่อชุมชน ?)**

การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยเน้นความสำคัญของปฏิสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างผู้เรียนและสังคมของผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้

ความรู้เป็นกระบวนการที่งอกงามอยู่ในแต่ละตัวคน แต่การหล่อเลี้ยงฟูมฟักความรู้นั้นมาจากสังคมและคนที่อยู่รอบข้าง การเรียนรู้เกิดจากการแบ่งปันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จากความเชื่อหรือศรัทธาในสิ่งที่ผู้อื่นรู้ จากการถกเถียงช่วยกันค้นหาคำตอบที่ยังไม่รู้ชัดร่วมกัน ความไว้วางใจกันเป็นฐานสำคัญที่จะสถาปนาความรู้ระหว่างกันขึ้น และทำให้ความรู้พัฒนาไป

การให้ความสำคัญกับผู้ที่เรียนร่วมกัน คือสังคมในห้องเรียนและในโรงเรียน นับเป็นชุมชนที่มีความสำคัญอันดับแรก ซึ่งเป็นสังคมในสภาพแวดล้อมที่จัดขึ้นเฉพาะ เพื่อถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีที่มีรายละเอียดและซับซ้อน สังคมดังกล่าวเป็นชุมชนที่จัดขึ้นเฉพาะกิจ เพื่อจัดการเรียนการสอน

ส่วนชุมชนใหญ่ที่เป็นที่อาศัยอยู่และใช้ชีวิตเจริญเติบโตของแต่ละบุคคลผู้เรียนนั้น เป็นทั้งสภาพแวดล้อมพื้นฐานที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้เบื้องต้น เป็นที่ที่ทดสอบและใช้ความรู้นั้นในชีวิตที่เป็นจริง และเป็นจุดหมายที่แต่ละคนจะต้องใช้ความรู้ในการตัดสินใจชีวิตที่จะเป็นไป ไม่ว่าสิ่งที่เลือกจะเป็นการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมนั้น หรือจะอยู่กับมัน ก็ต้องเรียนรู้และมีความรู้เพื่อเลือกใช้วิธีการที่ได้ผล หรือหาจุดยืนที่เหมาะสมของตนเองต่อไป

การให้ความสำคัญต่อชุมชนในกระบวนการเรียนรู้ อยู่บนความคิดที่ว่า เมื่อเข้าใจชุมชนก็จะเข้าใจกระบวนการเรียนรู้รากฐานที่เติบโตในผู้เรียน จากความเข้าใจนี้เมื่อผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ในสังคมห้องเรียนที่แตกต่างไป ก็จะมีความเข้าใจในความแปลกต่างระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่า ระบบคิดใหม่กับระบบคิดเดิม ความเข้าใจนี้ มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตและพัฒนาชุมชนสังคมที่ผู้เรียนจะใช้ชีวิตอยู่ต่อไป การเรียนรู้สิ่งที่ชุมชนเรียนรู้มาก่อน การเรียนรู้วัฒนธรรม และการเรียนรู้ปัญหาต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็น ทั้งสำหรับการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ในกาลเวลาที่ดำเนินไป การเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงด้วยเหตุผลนานาประการ ดังนั้นความสามารถดำรงอยู่ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงและการหาวิถีทางเพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงพัฒนาชุมชน-สังคมสิ่งแวดล้อมไปสู่สิ่งที่ดีขึ้น จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

Knowledge-centered environments **(เนื้อหาวิชาเป็นหลัก ?)**

การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยให้ความสำคัญต่อความรู้หรือสาระของสิ่งที่ต้องเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการให้รู้ อาจมีความสำคัญเป็นด้านหลักในกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียน การจัดให้มีโรงเรียนและห้องเรียนขึ้นมาก็เพื่อต้องการสอน ความรู้ที่สอนคือประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้คนในที่ต่างๆ ในด้านต่างๆ ในเวลาที่ผ่านมา ซึ่งพิจารณาแล้วว่าเป็นประโยชน์สมควรถ่ายทอดต่อไป (ได้แก่ วิชาหรือวิทยาการด้านต่างๆ ความคิดความเชื่อ เรื่องเล่า ประวัติความเป็นมา ประสบการณ์ของผู้คนและสังคม ในด้านต่างๆ)

เนื้อหาความรู้แต่ละอย่างต้องใช้วิธีการเรียนรู้ที่อาจแตกต่างกัน แต่ละวิธีอาจเหมาะกับผู้เรียนแต่ละคนไม่เหมือนกัน เนื้อหาความรู้เหล่านี้เป็นประสบการณ์การเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งก่อตัวเชื่อมโยงกันเป็นระบบความรู้ ซึ่งอาจมีลักษณะที่เข้าใจได้ง่ายๆ จนถึงขั้นที่มีความซับซ้อนมาก

การให้ความสำคัญต่อเนื้อหาความรู้ในกระบวนการเรียนรู้ ก็คือ การพิจารณาว่า เนื้อหาความรู้ใดบ้างที่จะนำมาสอน จะทำให้เกิดการเรียนรู้เนื้อหานั้นได้อย่างไร จะสอนอย่างไร และทักษะความเชี่ยวชาญในความรู้ซึ่งจะเกิดในที่สุดแห่งกระบวนการเรียนรู้นั้นจะมีหน้าตาเป็นอย่างไร จะรู้ได้อย่างไรว่าการเรียนรู้ในเนื้อหาความรู้นั้นได้บรรลุผลที่ต้องการแล้ว

เนื้อหาความรู้ที่จะส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น ไม่ใช่จบที่ผลสำเร็จของการรู้ในเนื้อหาทางเทคนิคเท่านั้น แต่ความรู้ที่ก่อเกิดขึ้นในตัวผู้เรียนนั้นควรเป็นสิ่งที่ขยายขอบเขตการรับรู้ ความคิด ความเข้าใจ ทัศนะการมองโลกและชีวิตของผู้เรียน สิ่งที่เรียนรู้ทั้งหลายควรสามารถทำให้คนเป็นคนมากขึ้น มีความรู้เข้าใจลึกลงไปถึงก้นบึ้งของความคิด ซึ่งก่อกำเนิดเป็นตัวตนของตนเอง (นั่นก็คือรู้จักตนเอง)

คำที่เกี่ยวกับการรับรู้

(ข้อความในส่วนนี้ สามารถดูรายละเอียดที่พิสดารซึ่งอาจใช้คำและนิยามแห่งความเข้าใจที่ต่างไปในหนังสือ 'พุทธธรรม')

สิ่งแวดล้อม – วัตถุแห่งการรับรู้ – ช่องทางการรับรู้ – สื่อแห่งสัมผัส – ผัสสะ–การรับ – ตัวตน – การรับรู้ – การรู้จัก

สิ่งแวดล้อม-มวลสาร

มวลสารเป็นบ่อเกิดของโลกทางกายภาพ คือสิ่งที่อยู่ภายนอกตัวเรา ไม่เกี่ยวกับตัวเรา มีอยู่เป็นเอกเทศไม่ว่าจะมีตัวเราอยู่หรือไม่ พลังงานเป็นรูปหนึ่งของมวลสารนั้น มวลสารและพลังงานเป็นสภาวะการดำรงอยู่ เป็นรูปแบบของการมีอยู่ในจักรวาล ซึ่งอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์แห่งดุลยภาพและความเป็นไปของมันเอง สิ่งมีชีวิตและมนุษย์ก็เป็นรูปแบบหนึ่งของมวลสารที่อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์บางอย่างเช่นกัน

วัตถุแห่งการรับรู้

การที่มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับมวลสาร ทำให้มวลสารกลายเป็นวัตถุแห่งการรับรู้ ด้วยลักษณาการต่างๆ ตามแต่ว่า มนุษย์จะใช้ช่องทางใดของมนุษย์ในปฏิสัมพันธ์กับมวลสารนั้น

ช่องทางการรับรู้ - อายตนะภายใน 5

ช่องทางการรับรู้ของมนุษย์ คืออายตนะภายในทั้ง 5 ในการปฏิสัมพันธ์กับมวลสารที่มีอยู่ในโลก อายตนะทั้ง 5 แปลง่ายๆ ว่า อวัยวะที่ใช้ในการรับรู้ของมนุษย์ ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย

วัตถุแห่งการรับรู้ - อายตนะภายนอก 5

ดังนั้น มวลสารจึงเป็นวัตถุแห่งการรับรู้ ตามที่เกิดขึ้นผ่านช่องทางรับรู้ทั้ง 5 (หรือกล่าวว่า มวลสารก็คือสภาพของมวลสาร เฉพาะที่อาจถูกรับรู้ได้ตามลักษณะ 5 อย่าง แล้วแต่ว่ามวลสารนั้นจะถูกมนุษย์รับรู้เข้าไปทางช่องทางใด) มวลสารจึงมีลักษณะ 5 อย่างนั่นคือ มวลสาร เมื่อปรากฏต่อมนุษย์ จึงอยู่ในรูป ของ อายตนะภายนอกทั้ง 5 คือ รูป รส กลิ่น เสียง และสิ่งต้องกาย (ได้แก่ ลักษณะอันเกิดจากการรับรู้โดยสัมผัส ได้แก่ แข็ง อ่อน หยาบ นุ่ม เหลว เปียก เย็น ร้อน แหลม ฯลฯ)

(บทความในหนังสือนี้ ใช้คำแทนการปรากฏของมวลสารต่อการรับรู้ของสมองว่า เสียง แสง แรง รส กลิ่น ซึ่งมีความหมายอย่างเดียวกันกับ เสียง รูป สิ่งต้องกาย รส กลิ่น)



อาการรับรู้ 5

รูป(แสง) กระทบ ตา เกิด เห็น

รส(โมเลกุลที่พร้อมทำปฏิกิริยาตามสภาพของพลังงานในตัวมัน) กระทบ ลิ้น เกิด รู้รส

กลิ่น(โมเลกุลที่พร้อมทำปฏิกิริยาตามสภาพของพลังงานในตัวมัน) กระทบ จมูก เกิด ได้กลิ่น

เสียง(โมเลกุลของอากาศที่พร้อมทำปฏิกิริยาตามสภาพของพลังงานในตัวมัน) กระทบ หู เกิด ได้ยิน

สิ่งต้องกาย(โมเลกุลที่พร้อมทำปฏิกิริยาตามสภาพของพลังงานในตัวมัน) กระทบ กาย เกิด รู้สึก

การรับรู้ - perceiving

อาการรับรู้ทั้ง 5 คือ การรับรู้/การรู้จักมวลสารภายนอก ที่มากระทบอวัยวะแห่งการรับรู้ทางใดทางหนึ่งหรือหลายทางรวมกัน การรู้จักนี้ เป็นคุณสมบัติอันเป็นองค์รวมของการทำงานของสมอง จะเกิดขึ้นได้ ต้องอาศัย องค์ประกอบทั้งหมด 3 ประการเป็นพื้นฐาน คือ

มีวัตถุแห่งการรับรู้ + มีช่องทางการรับรู้ + มีการกระทบกัน ณ ช่องทางการรับรู้นั้น

อย่างไรก็ดี การรับรู้อาจไม่เกิดขึ้นแม้จะมีองค์ประกอบ 3 อย่างครบถ้วนแล้ว ในการทำงานของสมอง มีรายละเอียดระหว่าง 'ทาง' ที่เกิดขึ้นของการรับรู้ละเอียดย่อยลงไปอีก

สื่อสัมผัส - sensory modality (modalities)

เรามีข้อกำหนด ที่เชื่อโดยถือเอาว่าเป็นจริง เบื้องต้น ว่า

การรับรู้ทั้งหลาย คือ การเห็น รู้รส ได้ยิน ได้กลิ่น รู้สึก เหล่านี้ เกิดขึ้นในสมอง ดังนั้นกลไกหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นบนทางผ่านหรือทางเดินหรือ ระยะทาง ก่อนที่ รูป-กระทบ-ตา (เสียง-กระทบ-หู รส-กระทบ-ลิ้น กลิ่น-กระทบ-จมูก สิ่งต้องกาย-กระทบ-ผิวกาย) จะเดินทางมาถึงสมองนั้น จึงต้องมีคำหรือนิยามใช้เรียกเพื่อให้

เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน และแยกได้ชัดเจนว่า สิ่งที่กำลังเกิดขึ้นนี้ อยู่ระหว่างทาง ไม่ใช่ จุดเริ่มที่ต้นทาง และ ผลลัพธ์ที่ปลายทาง

ในหนังสือนี้ใช้คำว่า สื่อสัมผัส ซึ่งอาจเทียบเคียงกับศัพท์คำว่า sensory modality

ในการทำงานของระบบประสาท เมื่ออวัยวะรับสัมผัส(อายตนะภายใน)ของร่างกาย กระทบกับมวลสาร(อายตนะภายนอก) ก็จะเกิดกระแสประสาทเดินทางไปตามเส้นประสาทสู่สมอง

สัญญาณกระแสประสาทนี้เป็นคลื่นศักย์ไฟฟ้า เกิดจากประจุไฟฟ้าที่ต่างกันบนผนังเซล มีชื่อว่าแอกชันโพเทนเชียล โดยคุณสมบัติทางกายภาพแล้ว แอกชันโพเทนเชียลที่วิ่งอยู่บนเส้นประสาทนั้นมีลักษณะเหมือนกัน ไม่ว่าจะเกิดจากมวลสารใดกระทบกับอวัยวะรับสัมผัสใด(ที่ต้องกับมัน) แต่เนื่องจากมันกำเนิดจากต้นทาง(หรืออวัยวะรับรู้ที่แตกต่างกัน) มันจึงมีความแตกต่างโดยกำเนิดและยังแตกต่างโดยจุดมุ่งหมาย คือมีข้อมูลที่พาไปยังจุดมุ่งหมายที่ต่างกันบนสมองนับแต่มันเกิดขึ้นแล้ว สิ่งเหล่านี้คือความหมายของคุณสมบัติที่ต่างกันของมัน สัญญาณแอกชันโพเทนเชียลนั้นได้พาเอา สื่อสัมผัส หรือ sensory modality ที่ต่างกัน ไปกับมันด้วย

กระแสประสาท(ในความเป็นจริง) = คลื่นแอกชันโพเทนเชียล + สื่อสัมผัส(modality)

เมื่อคลื่นแอกชันโพเทนเชียลไปถึงสมอง จะเกิดปฏิกิริยาขั้นแรกในวงจรสมอง หมายถึง การกระตุ้นและสร้างวงจร(หรือกระตุ้นร่างแหวงจรซึ่งได้สร้างขึ้นไว้แล้ว)แบบหนึ่งขึ้นบนพื้นที่บนผิวสมองบริเวณหนึ่ง กลไกในตอนนี้ยังคงเป็นกระบวนการทางผ่านก่อนจะไปสู่การรับรู้ ยังไม่ถึงขั้น รู้สึก หรือ รู้จักความรู้สึกที่เกิดขึ้น

มีคำที่ใช้เรียกในหนังสือพุทธธรรมอธิบายการกระทบกันระหว่าง อายตนะภายนอกกับอายตนะภายในว่า ผัสสะ แต่กระนั้นก็ตาม ถ้าจะยึดตามความหมายที่ให้ในที่นั้นตรงๆ ก็นับว่ายังแทนกันไม่ได้ทีเดียวนัก(โปรดดูใน พุทธธรรม)

อย่างไรก็ดี คำว่า ผัสสะ(ใช้คำในภาษาอังกฤษว่า sensation) ได้ถูกนำมาใช้ในที่นี้ โดยหมายถึง ช่วงเหตุการณ์ ณ เวลาที่ ข้อมูลจากกระแสประสาทวิ่งเข้ามาสู่วงจรเซลสมอง และก่อให้เกิดปฏิกิริยาขั้นแรกบนร่างแหวงจรสมองนั้นขึ้น

คำว่า 'ผัสสะ' ดูคล้าย 'สัมผัส' แต่ใช้ในความหมายที่เฉพาะเจาะจงที่ต่างไป สัมผัสเป็นอิริยาบถหนึ่งของมนุษย์ ส่วนคำว่า sensation (ซึ่งขอใช้สื่อความของ ผัสสะ) นั้นไม่ได้หมายถึง senses หรือ feelings คำว่า senses และ feelings ใช้ในความหมายของความรู้สึก อย่างเช่น หิว กระหาย อ่อนเพลีย เจ็บปวด เวียนหัว หรือหมายถึงการรับรู้อารมณ์บางสิ่งบางอย่าง เช่น เห็นรูป ได้ยินเสียง เข้าใจความในใจ ความหมายเหล่านี้เป็นความหมายที่ใช้กันในการสื่อสารสนทนาโดยทั่วไป คำว่า ผัสสะ(sensation) ที่ใช้ในที่นี้ เจาะจงหมายถึง สภาวะการณ์และบริบทเฉพาะตามที่ได้อธิบายในหัวข้อ 'ผัสสะ'

ผัสสะ - sensation

เมื่อพยายามจะเข้าใจกระบวนการบางอย่างในการทำงานของสมอง โดยเฉพาะในเรื่องการรับรู้นี้ จึงขอใช้คำว่า ผัสสะ - sensation ในความหมายดังนี้

ผัสสะ หรือ sensation เกิดขึ้นเมื่อ สื่อสัมผัส (กระแสประสาทที่นำพาเอาสื่อสัมผัสหรือ sensory modality) ต่างๆ เข้าสู่วงจรร่างแหของเซลสมอง และกระตุ้นให้เกิดการทำงานของร่างแหวงจรสมองนั้น

ด้วยเหตุนี้ ผัสสะ จึงเป็นกลไก-กระบวนการนำไปสู่การรับรู้ต่อมา ผัสสะตามนัยนี้จึงเกิดขึ้นก่อน หรืออาจจะเกือบพร้อมกันกับการรับรู้ ที่เกิดขึ้นตามมาในทันที

การรับรู้ - perceiving - perception - recognizing
สิ่งที่ถูกรับรู้ - percepts - mental image - representation
ผู้รับรู้ - ตัวตน - ตัวเรา - self - consciousness

เมื่อสื่อสัมผัสเข้ามาสู่สมอง วงจรร่างแหทั้งหมดก็ถูกกระตุ้นขึ้น ณ วินาทีที่การกระตุ้นเกิดถึงทั่วพร้อม การรับรู้ก็เกิดขึ้น (เมื่อเกิดผัสสะ การรับรู้ก็เกิดขึ้นตามมา)

การรับรู้ เป็นคุณสมบัติใหม่ที่เกิดขึ้น จากกระบวนการทั้งหมด บนองค์รวมทั้งหมดของโครงสร้างการทำงานของสมอง ผุดขึ้นจากสิ่งที่ไม่เคยเป็น ต่างจากสิ่งที่ให้กำเนิดมัน

การรับรู้ หมายถึง การรู้สึกถึง 'ตัวตน' ที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กับสิ่งที่ถูกรับรู้ ซึ่งเป็นสิ่งอื่นต่างไปจากตัวตนที่รับรู้นั้น บางทีเราเรียกคุณสมบัตินี้ว่า การรู้สึกตัว - consciousness

กระบวนการเกิดเป็นการรับรู้นี้ ยังมีรายละเอียดที่พิสดารและละเอียดไปกว่านี้ ได้แก่ สิ่งที่อาจนิยามได้โดยคำว่า เวทนา สัญญา สังขาร วิญญาณ คำเหล่านี้จะสอดคล้องกับการทำงานในส่วนต่างๆ ของสมองอย่างไรหรือไม่ เป็นเรื่องที่ต้องทำความเข้าใจจากสองด้าน คือ ด้านที่มาหรือกำเนิดและจุดมุ่งหมายของคำนั้นๆ และด้านความเข้าใจในการทำงานโดยละเอียดย่อยถึงวงจรและกลไกต่างๆ ในสมอง (รายละเอียดในเรื่องนี้เป็นเรื่องที่เกินขอบเขตหนังสือเล่มนี้)

สิ่งที่สะท้อนการรับรู้หรือตัวตน - ความคิด การเคลื่อนไหวและพฤติกรรม - thought & behavior

พฤติกรรมเป็นสิ่งที่แสดงออกและรับรู้ได้ เมื่อพิจารณาให้ถึงที่สุดแล้ว พฤติกรรมคือ รูปแบบแห่งการเคลื่อนไหวของร่างกาย ไม่ว่าจะมากหรือน้อย ไม่มีพฤติกรรมใดไม่มีการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวทำให้พฤติกรรมกลายเป็นมิติที่เห็น แต่เบื้องหลังพฤติกรรม คือ ความคิด หรือจุดมุ่งหมายในการสร้างพฤติกรรมนั้น แม้ว่าการเคลื่อนไหวใดๆ จะมีจุดมุ่งหมายในการเคลื่อนไหวเสมอ แต่เมื่อใช้คำว่า 'พฤติกรรม' มักหมายถึงการเคลื่อนไหวที่เน้นความสำคัญของเจตนาแห่งการเคลื่อนไหวนั้น

ความคิดเป็นสิ่งที่จับต้องไม่ได้ มองไม่เห็น เราเรียกสิ่งที่จับต้องไม่ได้ว่านามธรรม ไม่มีสิ่งใดยืนยันความเข้าใจในสิ่งที่จับต้องไม่ได้ นอกจากรูปธรรมการเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรมที่แสดงออก แต่พฤติกรรมที่แสดงออกก็ไม่ได้สะท้อนความคิดที่อยู่เบื้องหลังอย่างตรงไปตรงมาเสมอไป นอกจากนี้ในหลายกรณี ความเข้าใจหรือความคิดเบื้องหลังพฤติกรรม ไม่ได้เกิดจากการรับรู้พฤติกรรมของผู้อื่น แต่เป็นการสะท้อนความคิดของผู้เฝ้าดูพฤติกรรมมากกว่า

action potential *(แอกชันโพเทนเชียล)* หมายถึง
คลื่นสัญญาณประสาท ลูกคลื่นของสัญญาณประสาทที่เกิดขึ้นบนแอกซอน เป็นวิธีส่งผ่านข้อมูลจากตัวเซลประสาทไปยังจุดเชื่อมต่อที่ปลายเส้นใยประสาทแอกซอน

ลูกคลื่นสัญญาณนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เกิดขึ้นจากการผ่านเข้าออกของประจุบวกและลบบริเวณผนังเซล ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างในเซลและนอกเซล ซึ่งแสดงได้เป็นกราฟลูกคลื่น เคลื่อนตามการเปลี่ยนแปลงประจุที่ผนังเซล จากตัวเซลบริเวณโคนแอกซอนไปจนถึงปลายเส้นใยแอกซอน แอกชันโพเทนเชียลจะไปกระตุ้นการหลั่งสารชีวเคมีที่ปลายประสาทณ บริเวณที่เรียกว่า ซีนแนปส์(synapse)

amygdala *(อะมิกดาลา)* หมายถึง
ส่วนของสมองในระบบลิมบิก เกี่ยวข้องอย่างสำคัญในเรื่องอารมณ์ โดยเฉพาะอารมณ์อันเกี่ยวเนื่องด้วยสัญชาตญาณ เช่น ความดุร้าย ความกลัว ในเรื่องการเรียนรู้ อะมิกดาลาเกี่ยวข้องกับอารมณ์และความจำ

อะมิกดาลามีรูปร่างกลมๆ รีๆ ขนาดปลายนิ้วก้อย มีตำแหน่งอยู่ในสมองส่วนขมับ(temporal lobe)) อยู่ใต้ผิวสมองบริเวณที่เรียกว่าอังคัส(uncus) ใกล้ๆ กับอะมิกดาลา คือส่วนของสมองที่เรียกว่า ฮิปโปแคมปัส(hippocampus)

axon *(แอกซอน)* หมายถึง
ส่วนไซโตพลาสซึมของเซลประสาท เป็นเส้นใยยาวที่ยื่นจากตัวเซลประสาทไปจ่อติดกับเซลประสาทอื่น แอกซอนทำหน้าที่นำสัญญาณข้อมูลจากเซลประสาทนั้นไปยังเซลประสาทอื่นๆ แอกซอนของเซลประสาทบางตัวมีปลอกไมอิลินหุ้มอยู่

เยื่อไมอิลินหุ้มแอกซอนเป็นปล้องๆ ไปเกือบตลอดความยาว โดยมีส่วนคอดคือส่วนที่เว้นไว้ไม่มีไมอิลินหุ้มเป็นระยะๆ (เรียกว่า nodes of Ranvier) ข้อมูลคำสั่งของเซลประสาทคือสัญญาณไฟฟ้าในรูปคลื่นแอกชันโพเทนเชียล ไมอิลินช่วยให้การเดินทางของคลื่นสัญญาณแอกชันโพเทนเชียลเร็วขึ้น โดยเคลื่อนตัวข้ามปล้องไมอิลิน จากคอดจุดหนึ่งกระโดดข้ามไปยังคอดที่อยู่ถัดไป

axon hillock *(แอกซอนฮิลลอก)* หมายถึง
ตำแหน่งบนตัวเซลสมอง ใกล้กับโคนแขนงแอกซอน

ลูกคลื่นสัญญาณประสาทหรือแอกชันโพเทนเชียล(action potential) จะเริ่มต้นที่จุดนี้และเหนี่ยวนำให้เกิดลูกคลื่นสัญญาณประสาทต่อเนื่องกันไปบนแขนงแอกซอน

basal ganglia *(เบซัลแกงเกลีย)* หมายถึง
กลุ่มเซลสมองซึ่งประกอบด้วยกลุ่มเซลสมองย่อย คือ คอเดทนิวเคลียส พูทาเมน โกลบัสพาลิดัส ซับสแตนเชียไนกรา ทั้งหมดอยู่ลึกลงไปในใจกลางของสมอง หน้าที่สำคัญของเซลสมองกลุ่มนี้เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว

เบซัลแกงเกลียทำงานร่วมกับสมองใหญ่(ซีรีบรัม)และสมองน้อย(เซรีเบลลัม) ในการปรับพฤติกรรมการเคลื่อนไหว การฝึกทักษะการเคลื่อนไหวที่ไม่คุ้นชิน ทำงานร่วมกับระบบลิมบิกประสานการเคลื่อนไหวเข้ากับลักษณะทางอารมณ์ และกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนไหวหรือมีพฤติกรรม

เนื่องจากการเคลื่อนไหวก็คือการแสดงออกของความคิด เบซัลแกงเกลียจึงเกี่ยวกับความคิดหรือจุดมุ่งหมายของพฤติกรรมโดยทางอ้อม อย่างไรก็ดี มีคำถามที่ท้าทายการวิจัยอยู่ว่า เบซัลแกงเกลียอาจเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรียกว่า การคิด โดยตรงหรือไม่

ความผิดปกติในการทำงานของ ซับแสตนเชียไนกรา ทำให้เกิดอาการเคลื่อนไหวผิดปกติซึ่งพบได้บ่อยในผู้สูงอายุแบบหนึ่ง เรียกว่า อาการพาร์คินสัน (parkinsonism)

brain
สมอง *(เบรน)* หมายถึง
อวัยวะสำคัญอยู่ภายในกะโหลกศีรษะ ทำหน้าที่เป็นศูนย์ของการประมวลสัญญาณประสาทสั่งการ รับรู้ความรู้สึก เก็บความจำ คิดวิเคราะห์ ควบคุมอารมณ์ สติปัญญา ความสนใจ แรงบันดาลใจ ควบคุมหน้าที่พื้นฐานของร่างกาย เช่น ความหิวและกระหาย การหายใจ การสืบพันธุ์ การนอนหลับ การเคลื่อนไหว ฯลฯ

สมองมีลักษณะเป็นก้อนนิ่ม สีขาวเทา ขนาดและรูปทรงเกือบเท่ากะโหลกศีรษะ สิ่งที่ประกอบขึ้นเป็นสมองเรียกว่าเนื้อเยื่อสมอง เนื้อเยื่อสมองก็คือเซลต่างๆ ที่อัดแน่นเป็นก้อนสมองที่เห็น ประกอบด้วยเซลหลักที่ทำหน้าที่ของสมองคือเซลสมอง(เซลสมอง=เซลประสาทที่อยู่ในสมอง) เซลอีกประเภทหนึ่งคือเซลเกลียหรือนิวโรเกลีย(neuroglia) เซลทั้งสองประเภทนี้มีเส้นสายใยยื่นยาวออกจากตัวเซล เกี่ยวพันโยงยึดกันอยู่ และยึดกับเส้นเลือดซึ่งวิ่งผ่านไปในเนื้อสมอง เส้นเลือดที่อยู่ในสมองมีลักษณะพิเศษ ที่ไม่ยอมให้สารที่อยู่ในเลือดผ่านไปสู่เซลสมองได้ สารต่างๆ จะผ่านไปสู่สมอง ต้องผ่านเซลเกลียซึ่งล้อมอยู่รอบเส้นเลือด

ก้อนสมองแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ คือ สมองใหญ่ (cerebrum) ก้านสมอง (brainstem) และสมองน้อย (cerebellum)

brainstem
ก้านสมอง *(เบรนสเต็ม)* หมายถึง
ส่วนของสมอง มีลักษณะเป็นลำท่อนยื่นลงมาจากสมองใหญ่ จึงเรียกว่าก้านสมอง

ก้านสมองทอดตัวลงไปยังด้านล่าง เป็นเส้นทางผ่านของใยประสาทระหว่างสมองไปสู่/มาจาก ส่วนต่างๆ ของร่างกาย มีกลุ่มเซลสมองกระจายอยู่เป็นกระจุกๆ ได้แก่ กลุ่มเซลสมองระบบประสาทอัตโนมัติ กลุ่มเซลสมองที่ควบคุมระบบสารสื่อประสาทในสมอง กลุ่มเซลสมองที่ควบคุมการเคลื่อนไหวและรับความรู้สึกบริเวณใบหน้า รวมทั้งการพูด การกลืน การหายใจ และกลุ่มเซลสมองที่เป็นศูนย์สัญญาณกระตุ้นการทำงานของสมอง(RAS-reticular activating system)

ก้านสมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนมิดเบรน(midbrain) ส่วนพอนส์(pons) และส่วนเมดัลลา(medulla) มิดเบรนคือส่วนต้นของก้านสมอง ทางด้านข้างสองข้างทางหน้าของมิดเบรนคือช่อสมอง(cerebral peduncles) มีทางเดินใยประสาทต่อขึ้นไปยังสมองสองข้างที่อยู่เหนือขึ้นไป กลุ่มใยประสาททั้งสองข้างนี้เมื่อทอดลงด้านล่างจะลู่เข้าใกล้กันตรงกลาง แทรกไประหว่างกลุ่มเซลสมองในก้านสมอง ก้านสมองทอดตัวอยู่ตรงกลางภายในกะโหลกศีรษะครึ่งล่าง ส่วนพอนส์เป็นส่วนที่อยู่ตอนกลางของก้านสมอง สมองน้อยจะยึดอยู่กับก้านสมองส่วนนี้ ส่วนเมดัลลาคือส่วนท้ายของก้านสมอง ต่อจากนี้ก้านสมองจะทอดไปนอกกะโหลกศีรษะต่อลงไปในช่องกระดูกสันหลัง ส่วนที่ต่อลงมาในช่องกระดูกสันหลังนี้ คือ ไขสันหลัง(spinal cord)

Broca's area *(โบรคาเอเรีย)* หมายถึง
พื้นที่ผิวบริเวณสมองส่วนหน้าด้านซ้าย มีความสำคัญเกี่ยวกับภาษา

โบรคาเอเรียเป็นที่เก็บข้อมูลหรือบริเวณประมวลผลสำหรับการสร้างคำพูดตามลำดับไวยากรณ์ที่ถูกต้อง ความผิดปกติในบริเวณนี้จะทำให้ไม่สามารถใช้ไวยากรณ์หรือใช้ภาษาได้ตามปกติ กล่าวคือ พูดไม่เป็นภาษาที่คนปกติพูดกัน(แต่ยังอาจมีเค้าโครงของคำที่แสดงเนื้อหาของสิ่งที่พูดอยู่จึงทำให้คนฟังพอเข้าใจได้)

Brodmann's area *(บรอดแมนเอเรีย)* หมายถึง
ตำแหน่งบริเวณต่างๆ บนผิวสมอง 52 แห่ง แต่ละแห่งมีลักษณะการเรียงตัวของเซลสมองเป็นชั้นๆ ที่ต่างกัน ชื่อบรอดแมนมาจากชื่อของนายแพทย์ทางประสาทวิทยาชื่อบรอดแมน(Korbinian Brodmann) ผู้ทำการตรวจและทำบันทึกข้อมูลเรื่องนี้ไว้ และใช้หมายเลข 1 ถึง 52 กำกับต่อท้ายคำว่าบรอดแมนเป็นการอ้างอิงถึงตำแหน่งในบริเวณต่างๆ ดังกล่าว ต่อมาพบว่าเซลผิวสมองในตำแหน่งเหล่านั้นมักเกี่ยวข้องกับหน้าที่ต่างกัน

ตำแหน่งบนผิวสมอง ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็นคือ บริเวณพื้นที่หมายเลข 17, 18, 19, 20, 21, 37 ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยินคือ 22, 41, 42 ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความรู้สึกของร่างกายคือ 1, 2, 3, 5, 40 ที่เกี่ยวกับการสั่งการคือ 4, 6, 9, 10, 11, 45, 46, 47 ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของตาคือ 8 ที่เกี่ยวกับการพูดคือ 44

cell *(เซล) (สะกดว่า เซลล์ -ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน 2525)*
เซล หมายถึง หน่วยเล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดประกอบขึ้นจากหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่าเซล เซลมีโครงสร้างที่สำคัญคือ นิวเคลียส-ซึ่งประกอบไปด้วยสารถ่ายทอดทางพันธุกรรม ไซโตพลาสซึม-ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเซล มีสารอาหารหล่อเลี้ยงและให้พลังงานแก่เซล และผนังเซล-ซึ่งห่อหุ้มเซลไว้ เซลหลายๆ เซลรวมกันเป็นกลุ่มของเซล ก่อตัวเป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อ(tissue) เนื้อเยื่อหลายๆ แบบรวมกัน ก่อตัวเป็นโครงสร้างของอวัยวะ

เซลต่างชนิดกัน มีโครงสร้างหลักๆ เหมือนกัน แต่ส่วนประกอบของโครงสร้างอาจต่างกัน เช่น ในนิวเคลียสมีสารพันธุกรรมที่ต่างกัน ในไซโตพลาสซึมมีสารชีวเคมีต่างกัน ฯลฯ

(รูปคำสะกดในบทความของหนังสือนี้คือ 'เซล' เป็นการสะกดที่ต่างจากหลักเกณฑ์การทับศัพท์ภาษาอังกฤษเป็นคำไทยตามที่ราชบัณฑิตยสถานกำหนดไว้ ซึ่งควรสะกดว่า 'เซลล์')

cerebrum *(ซีรีบรัม)* หมายถึง
สมองใหญ่ ส่วนของสมอง ครอบคลุมเนื้อที่ส่วนใหญ่ของเนื้อสมอง กินเนื้อที่เกือบทั้งหมดภายในกะโหลกศีรษะ การทำงานของสมองในการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกเกือบทั้งหมดอยู่ที่สมองส่วนนี้ ได้แก่ การรับรู้ การคิดตัดสินใจและสั่งการ

สมองใหญ่แยกออกเป็น 2 ข้างซ้าย-ขวา แต่ละข้างจึงมีลักษณะคล้ายครึ่งของครึ่งทรงกลม แต่คำในภาษาอังกฤษยังคงเรียกแต่ละข้างของสมองนี้ว่า ครึ่งทรงกลมสมอง (cerebral hemisphere) สมองซ้ายขวายึดติดกันด้วยส่วนคอร์ปัสแคลโลซัม(corpus callosum) สำหรับส่วนที่ยึดสมองทั้งสองข้างนี้กับก้านสมองทางด้านล่าง คือมัดใยประสาทซึ่งอยู่ในช่อสมอง(cerebral peduncle) ด้านข้างสองข้างของก้านสมองส่วนมิดเบรน

ครึ่งทรงกลมสมองภายนอกแต่ละด้านแยกออกเป็นส่วนย่อยๆ (บางทีเรียกว่ากลีบสมอง-lobes) คือ สมองส่วนหน้า(frontal lobe) สมองส่วนพาไรเอทัล(parietal lobe) สมองส่วนขมับ(temporal lobe) สมองส่วนหลัง(occipital lobe) กลีบสมองเหล่านี้ประกอบด้วยพื้นที่ที่เป็นลอนนูน(gyri) และร่องตื้นๆ (sulci) ทำให้เกิดเป็นรอยหยักที่แลเห็นเป็นลักษณะสำคัญของสมอง ลอนนูนและร่องเหล่านั้นต่างก็มีชื่อเรียกละเอียดลงไปอีก ส่วนที่อยู่ภายในครึ่งทรงกลมสมอง ได้แก่ กลุ่มเซลสมองเบซัลแกงเกลีย(basal ganglia) ทาลามัส(thalamus) และกลุ่มใยประสาทต่างๆ เช่น คอร์ปัสแคลโลซัม(corpus callosum) และ อินเทอร์นัลแคปซูล(internal capsule)

cerebellum *(เซรีเบลลัม)* หมายถึง
สมองน้อย ส่วนของสมอง เกาะติดอยู่กับก้านสมอง(brainstem) ณ ด้านหลังของส่วนก้านสมองที่เรียกว่า พอนส์(pons) สมองน้อยกินเนื้อที่ด้านล่างค่อนไปทางหลังภายในกะโหลกศีรษะ (เนื้อที่ส่วนใหญ่ในกะโหลกศีรษะเป็นสมองใหญ่) หน้าที่ของสมองน้อยเกี่ยวข้องกับการประสานงานควบคุมชุดกล้ามเนื้อที่ต้องใช้ร่วมกัน ในการเคลื่อนไหวของท่าทางต่างๆ

cerebral cortex *(ซีรีบรัลคอร์เทกซ์)* หมายถึง
ผิวสมองคอร์เทกซ์ ส่วนของสมอง เป็นชั้นนอกสุดของสมองใหญ่(cerebrum) เนื้อสมองมีสีเข้มกว่า

ส่วนที่อยู่ถัดเข้ามาชั้นใน เซลสมองส่วนที่เป็นตัวเซล(cell body)และแขนงเดนไดรท์จะเรียงตัวกันเป็นชั้นๆ อย่างเป็นระเบียบอยู่ในผิวสมองคอร์เทกซ์นี้ แทรกไปกับเซลเกลียต่างๆ

การที่ผิวสมองคอร์เทกซ์มีสีเข้ม จึงมีชื่อเรียกว่า ส่วนสมองเทา(gray matter) ส่วนถัดเข้ามาชั้นในนั้นเรียกสมองขาว(white matter) จะมีสีอ่อนกว่า

cerebral peduncle *(ซีรีบรัลพีดังเคิล)* หมายถึง
ส่วนข้างสองข้างทางด้านหน้าของก้านสมองบริเวณมิดเบรน(midbrain) ในก้านสมองบริเวณนี้มีเส้นทางเดินใยประสาทที่เชื่อมโยงเซลสมองบริเวณซีรีบรัลคอร์เทกซ์/ทาลามัส กับไขสันหลังด้านล่าง

ทางเดินของใยประสาทจากซีรีบรัลคอร์เทกซ์มีชื่อเรียกต่างกันไป ส่วนต้นติดกับซีรีบรัลคอร์เทกซ์ก็คือส่วนหนึ่งของเนื้อสมองขาว(white matter) ใยประสาทนี้เดินทางเป็นแถวเป็นแนวเป็นระเบียบเรียกว่าโคโรนาเรดิเอทา(corona radiata) ลู่ลงไปยังใจกลางสมอง รวมกันเข้าเรียกชื่อว่าอินเทอร์นัลแคปซูล(internal capsule) ต่อจากอินเทอร์นัลแคปซูลนี้ลงไปจะเป็นส่วนทางเดินประสาทที่กินเนื้อที่ของซีรีบรัลพีดังเคิลเกือบทั้งหมด (ทางเดินของใยประสาทในบริเวณนี้เรียกว่า crus cerebri) ซีรีบรัลพีดังเคิลอยู่บริเวณสองข้างด้านหน้าของก้านสมองมิดเบรน พ้นจากมิดเบรนไป เรียกเป็นชื่ออื่นคือ พิรามิดัลแทรก (pyramidal tract) แทรกตัวไปตามทางยาวในเนื้อก้านสมอง

ซีรีบรัลพีดังเคิล (แปลได้ว่า ช่อสมอง) เปรียบกับช่อของสมองใหญ่ ที่ต่อออกมาจากก้านสมอง สมองใหญ่เป็นส่วนต่อออกไปจากช่อสมองนี้ กล่าวได้ว่า ช่อสมองยึดสมองใหญ่ให้ติดอยู่กับก้านสมอง

cingulate cortex *(ซิงกูเลทคอร์เทกซ์)* หมายถึง
ส่วนของสมอง เป็นผิวสมองบริเวณหนึ่ง ซิงกูเลทคอร์เทกซ์เป็นผิวสมองที่ซ่อนอยู่ด้านใน ตรงกลางของสมองใหญ่ที่ประกบกันอยู่สองข้าง เป็นผิวสมองบนลอนสมองที่เรียกชื่อเดียวกันคือ ลอนสมองซิงกูเลท(cingulate gyrus)

ลอนสมองซิงกูเลทยาวตั้งแต่สมองส่วนหน้าไปจนถึงสมองส่วนหลัง อยู่ชิดและโค้งไปตามขอบบนของคอร์ปัสแคลโลซัม(corpus callosum) ซิงกูเลทคอร์เทกซ์แบ่งเป็นส่วนหน้า(anterior cingulate) และส่วนหลัง(posterior cingulate) ซิงกูเลทส่วนหน้าเกี่ยวข้องโดยพื้นฐานกับการประมวลข้อมูล ตรวจสอบและรายงานเกี่ยวกับพฤติกรรมของตนเอง หรือสิ่งแวดล้อมอันเนื่องจากพฤติกรรมตนเองที่เป็นหรือไม่เป็นไปตามคาดหมาย ส่งรายงานข้อมูลนั้นไปยังผิวสมองส่วนพรีฟรอนทัล เพื่อการตัดสินใจ(ว่าจะขยับเคลื่อนไหวหรือไม่ มีพฤติกรรมต่อไปอย่างไร) ดังนั้นถ้าซิงกูเลทไม่ทำงาน เป็นต้นว่ามีแผล ถูกทำลาย จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์และการตัดสินใจ ความรู้สึกรับรู้ต่างๆ ความสนใจในเรื่องต่างๆ การตัดสินใจและปฏิกิริยาโต้ตอบต่อสิ่งแวดล้อมจะเปลี่ยนไป

corpus callosum *(คอร์ปัสแคลโลซัม)* หมายถึง
ส่วนของสมอง ที่เชื่อมโยงสมองซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกัน สมองส่วนนี้คือใยประสาทที่เดินทางข้ามไปมาระหว่างเซลสมองบนผิวสมองคอร์เทกซ์ด้านซ้ายและขวา

dendrite *(เดนไดรท์)* หมายถึง
ส่วนไซโตพลาสซึมของเซลสมองที่ยื่นเป็นเส้นสั้นๆ ออกไปรอบตัวเซลสมอง (สั้นกว่าเมื่อเทียบกับส่วนไซโตพลาสซึมแอกซอน)

เดนไดรท์ทำหน้าที่รับสัญญาณจากปลายแอกซอนของเซลอื่น เมื่อมีปลายแอกซอนจากเซลสมองอื่นส่งสัญญาณอยู่ในบริเวณใกล้เคียง เดนไดรท์จะงอกเข้าใกล้ ปลายแอกซอนจะมาจ่อติดกับเดนไดรท์ จุดที่ปลายแอกซอนจ่อกับเดนไดรท์เรียกว่าจุดซีนแนปส์(synapse) หรือจุดเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเซลสมอง

dendritic proliferation *(เดนไดรทิก โปรลิเฟอเรชัน)* หมายถึง
การงอกและขยายตัวของเดนไดรท์ออกไปเพื่อควานหาและรับสัญญาณจากปลายแอกซอน

การงอกและขยายตัวนี้เกิดจากเซลสมองรับรู้ว่ามีสัญญาณจากแอกซอนอยู่ในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งสัญญาณนี้เกิดจากสิ่งกระตุ้นต่างๆ ผ่านเข้ามาในระบบประสาท เช่น มีการมองเห็น มีการได้ยิน มีการรับสัมผัส ฯลฯ

การงอกของเดนไดรท์ถือเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสร้างการเรียนรู้ในสมอง ในเด็กเกิดใหม่เซลสมองที่คอร์เทกซ์จะมีเดนไดรท์อยู่เบาบาง ต่อจากนั้นจึงมีการงอกและขยายตัวอย่างมากมาย ความยาวและแขนงของเดนไดรท์เพิ่มขึ้นจนหนาแน่นกว่าเดิมมากในอายุ 2 ปี ทารกที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีการกระตุ้นสัมผัสต่างๆ มาก จะมีการงอกขยายของเดนไดรท์มากกว่า

frontal lobe
สมองส่วนหน้า *(ฟรอนทัลโลบ)* หมายถึง
ส่วนของสมองใหญ่(cerebrum) ตำแหน่งของสมองส่วนนี้ตรงกับบริเวณกะโหลกส่วนหน้าผาก กินบริเวณเลยไปข้างๆ จรดบริเวณขมับ และข้างบนจนถึงกลางกระหม่อม นั่นคือทั้งหมดของครึ่งหน้าของศีรษะและกระหม่อม เป็นสมองส่วนที่สำคัญและพัฒนามากในมนุษย์ ทำหน้าที่ในการคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจ สติปัญญา ความตั้งใจ การเก็บความจำ การสั่งการให้มีพฤติกรรมต่างๆ

glia, neuroglia *(เกลียหรือนิวโรเกลีย)* หมายถึง
เนื้อเยื่อส่วนหนึ่งที่ประกอบขึ้นเป็นสมอง

สมองเป็นก้อนของเซล มีเซลอยู่หลายชนิด แต่แยกออกได้เป็น 2 ประเภท คือเซลประสาทและเซลเกลีย เซลประสาทที่อยู่ในสมองในหนังสือนี้เรียกว่าเซลสมอง ในบางตำแหน่งของสมองจะมีเซลสมองรวมกันเป็นกระจุก ตำแหน่งเหล่านั้นเรียกว่านิวเคลียสหรือกลุ่มเซลสมอง (nucleus-nuclei) ส่วนบริเวณผิวสมองเซลสมองจะเรียงตัวเป็นชั้นๆ อย่างมีระเบียบ

ส่วนเซลเกลียเป็นเซลที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเซลสมองทั่วไป กลุ่มเซลเกลียเหล่านี้รวมกันเรียกว่าเนื้อเยื่อเกลียหรือนิวโรเกลีย มันช่วยยึดและพยุงสมองไว้ เซลเกลียยังแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ หลายชนิด เนื้อเยื่อชนิดอื่นที่ประกอบขึ้นเป็นสมองก็คือ เส้นเลือด ทั้งหมดนี้แทรกตัวอยู่ปะปนกันไปในเนื้อสมอง และทำให้เป็นก้อนสมองอย่างที่เห็น

glial cell หมายถึง
เซลเกลีย เซลชนิดหนึ่งในระบบประสาทสมอง เซลเกลียเป็นชื่อรวมของเซลหลายชนิด ทำหน้าที่ช่วยการทำงานของเซลสมอง กลุ่มของเซลเกลียก็คือเนื้อเยื่อเกลีย กลุ่มเนื้อเยื่อนี้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า นิวโรเกลีย

เกลียในภาษาเดิมหมายถึงกาว เซลเกลียมีจำนวนมากกว่าเซลสมอง 40-50 เท่า มีหลายชนิดหน้าที่ต่างๆ กัน เซลแอสโตรไซท์(astrocyte)เป็นตัวกลางทางผ่านของสารอาหารและของเสียระหว่างเส้นเลือดกับเซลสมอง (สารในเลือดจะผ่านไปสู่เซลสมองโดยตรงไม่ได้) และช่วยย่อยสลายสารเคมีสื่อประสาทที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานของเซลสมอง เซลโอลิโกเดนโดรไซท์(oligodendrocyte) สร้างปลอกไมอิลิน(myelin sheath) หุ้มรอบแอกซอนของเซลสมอง

Hebb's rule *(เฮบสรูล)* หมายถึง
กฎของเฮบ ในปี 1949 Donald O. Hebb ศาสตราจารย์ทางจิตวิทยาชาวคานาดา ได้เสนอสมมติฐานสำคัญซึ่งอธิบายที่มาของความคิดหรือพฤติกรรม โดยเชื่อมโยงเข้ากับการทำงานของระบบประสาท นั่นคือการเชื่อมโยงศาสตร์ทางจิตวิทยาเข้ากับประสาทวิทยา

สิ่งที่เฮบเสนอสรุปลงได้ 3 เรื่อง

เรื่องแรก เรียกกันในเวลาต่อมาว่า Hebb's rule อธิบายการเชื่อมโยงระหว่างเซลสมองในวงจรที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งได้เสนอไว้ว่า เซลที่ส่งสัญญาณจากแอกซอนไปกระตุ้นและเซลที่รับสัญญาณจากการกระตุ้น จะเชื่อมโยงกันหากการส่งสัญญาณนั้นกระทำอยู่ซ้ำๆ หรือกระทำอยู่อย่างคงเส้นคงวา โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างขึ้นในเซลทั้งสองในการนี้ เป็นผลให้สัญญาณจากเซลที่ส่งมีผลกระตุ้นต่อเซลที่รับได้สมบูรณ์ขึ้น ในอีก 25 ปีต่อมา มีหลักฐานพิสูจน์ความจริงข้อนี้ คือ การเชื่อมต่อของเซลสมอง ณ จุดซีนแนปส์ ซึ่งพบว่า ถ้าเซลสองเซลส่งสัญญาณเชื่อมต่อกันได้สำเร็จ และยังคงปฏิบัติการเชื่อมต่อกันอยู่ จะมีการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างบางอย่างที่จุดซีนแนปส์นั้น เป็นผลให้การเชื่อมต่อกันเป็นไปได้ง่าย กล่าวคือจุดซีนแนปส์นั้นมีความคงตัวอยู่ตัวสำหรับการเชื่อมต่อที่เกิดขึ้น มีชื่อเรียกลักษณะของซีนแนปส์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ว่า Hebb synapse และเรียกผลรวมของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการเชื่อมโยงกันของเซลทั้งสอง ในนัยของการเรียนรู้ว่า Hebbian learning

เรื่องที่สองเป็นการขยายผลจากข้อสมมติฐานแรก ไปสู่การอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มเซลสมอง เฮบเสนอว่า เซลสมองสองวงจรที่ถูกกระตุ้นพร้อมๆ กัน มีแนวโน้มที่จะเชื่อมโยงกัน ในการเชื่อมโยงนี้ การทำงานของเซลในวงจรหนึ่งจะช่วยเสริมการทำงานของเซลในอีกวงจรหนึ่ง มีชื่อเรียกลักษณะการเชื่อมโยงกันในกรณีเช่นนี้ว่า synchronous convergence และเรียกสมมติฐานข้อนี้ต่อมาว่า Cell Assembly theory

เรื่องที่สาม ซึ่ง เฮบได้สรุปไว้ในหนังสือ The Organization of Behavior (1949) ซึ่งเขาเขียนขึ้นว่า การคิดเป็นผลอันเกิดจากการทำงานของเซลสมองซึ่งเชื่อมโยงกัน

ทั้งสามเรื่องร่วมกันอธิบายว่า การเชื่อมโยงกันของเซลมีเงื่อนไขที่จะทำให้มันเกิดขึ้น รูปแบบของการเชื่อมโยงมีลักษณะที่เฉพาะซึ่งเกิดขึ้นจาก(และขึ้นอยู่กับ)การกระตุ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความเชื่อมโยงชุดต่างๆ การเชื่อมโยงนั้นจะคงอยู่และเป็นตัวแทนของความคิดและพฤติกรรมต่อไป ทั้งหมดนี้ ก็คือข้อสรุปว่า **การเรียนรู้คือการเชื่อมโยงของร่างแหวงจรเซลสมองนั่นเอง**

hippocampus *(ฮิปโปแคมปัส)* หมายถึง
ส่วนของสมองในชั้นใต้ผิวสมองส่วนขมับ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความจำ

สมองส่วนขมับบริเวณนี้มีโพรงสมองอยู่ภายใน ฮิปโปแคมปัสเป็นก้อนเนื้อสมองยาวเป็นลอนไปตามความยาวบนพื้นของโพรงนี้ เป็นกลุ่มก้อนของเซลที่จัดเรียงตัวเป็นระเบียบ มีการติดต่อกับเซลสมองกลุ่มอื่นที่สำคัญ คือ ติดต่อกับกลุ่มเซลสมองที่ทำงานร่วมกันในระบบลิมบิก

hypothalamus *(ไฮโปทาลามัส)* หมายถึง
ส่วนของสมองอยู่ในใจกลางสมอง มีหน้าที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ โดยติดต่อกับกลุ่มเซลในก้านสมอง นอกจากนี้ ยังทำงานประสานติดต่อใกล้ชิดกับกลุ่มเซลสมองที่ทำงานร่วมกันในระบบลิมบิก

บริเวณใจกลางสมองมีโพรงสมองตรงกลาง โพรงนี้แยกสมองใหญ่ส่วนล่างภายในออกเป็นสองข้าง เหนือโพรงนี้คือคอร์ปัสแคลโลซัม ที่ยึดสมอง 2 ข้างซ้ายขวาไว้ด้วยกัน ผนังด้านหน้าและด้านล่างของโพรงนี้ปิดรอยแยกนี้ไว้ไม่เห็นจากภายนอก ผนังส่วนล่าง(พื้นของโพรง)และผนังข้างครึ่งล่างของโพรงนี้คือตำแหน่งที่เรียกว่าไฮโปทาลามัส ไฮโปทาลามัสอยู่ถัดจากสมองส่วนทาลามัส(thalamus) ลงมาทางด้านล่าง

กลุ่มเซลสมองไฮโปทาลามัสแทรกอยู่ในผนังโพรง 2 ข้างซ้ายและขวา มีกระจุกเซลสมอง(nuclei)หลายกลุ่ม และทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ การควบคุมหน้าที่ต่างๆ ของอวัยวะภายในควบคุมข้อมูลต่างๆ ของระบบประสาทอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานของต่อมพิทูอิทารี(pituitary gland) ความหิวและกระหาย ความต้องการทางเพศ อุณหภูมิร่างกาย วงจรการหลับและตื่น สั่งการตอบสนองทางร่างกายผ่านอวัยวะภายในซึ่งทำให้รับรู้ได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์

limbic system *(ลิมบิกซิสเต็ม)* หมายถึง
ระบบลิมบิก
เป็นชื่อเรียกกลุ่มเซลสมองหลายกลุ่มที่ทำงานเกี่ยวข้องกับอารมณ์

กลุ่มเซลสมองเหล่านี้มีทางเดินของใยประสาทติดต่อกัน ได้แก่ อะมิกดาลา(amygdala), ฮิปโปแคมปัส(hippocampus), เซ็ปตัม(septum), ซิงกูเลท(cingulate), ไฮโปทาลามัส(hypothalamus) และทาลามัสส่วนหน้า(anterior thalamus) ทางเดินของใยประสาทซึ่งประกอบเป็นลิมบิกซิสเต็ม ได้แก่ ฟอร์นิกซ์(fornix)

medulla *(เมดัลลา)* หมายถึง
ส่วนท้ายของก้านสมอง ต่อจากส่วนนี้เลยจากโพรงในกะโหลกศีรษะไปเป็นไขสันหลัง

บริเวณนี้มีกระจุกเซลสมองที่ทำหน้าที่สำคัญกระจายอยู่ ได้แก่ หน้าที่เกี่ยวกับ การทรงตัวของร่างกาย ควบคุมการหายใจและการเต้นของหัวใจ ควบคุมการย่อยอาหาร ฯลฯ

midbrain *(มิดเบรน)* หมายถึง
ส่วนต้นของก้านสมอง เลยต่อจากส่วนนี้ไปทางหัวเป็นส่วนที่เชื่อมต่อไปกับสมองใหญ่

ส่วนของก้านสมองที่เรียกว่าซีรีบรัลพีดังเคิล(cerebral peduncles-ซ่อสมอง) ที่ประกบอยู่ด้านข้างของมิดเบรนจะยื่นต่อออกไปทางด้านหัวสู่ใจกลางสมองใหญ่ เนื้อที่ส่วนใหญ่ของซีรีบรัลพีดังเคิลนี้ คือใยประสาทที่เชื่อมโยงเซลสมองในสมองใหญ่ กับเซลสมองในก้านสมองและไขสันหลัง เมื่อใยประสาทนี้แทรกเข้าไปสู่เนื้อที่ในสมองใหญ่ ในตำแหน่งระหว่างทาลามัส กับเบซัลแกงเกลีย จะมีชื่อเรียกว่าอินเทอร์นัลแคปซูล มิดเบรนเป็นที่อยู่ของกระจุกเซลสมอง(nuclei) หลายกลุ่ม เซลสมองเหล่านั้นทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ เคลื่อนไหวตามทิศทางของเสียง กวาดตามองตามวัตถุเคลื่อนที่ ปรับจุนการทำงานของสมองด้วยสารสื่อประสาท 4 ระบบ ฯลฯ กระจุกเซลสมองเหล่านี้บางกลุ่มกระจายอยู่เลยมิดเบรนมาจนตลอดทางยาวของก้านสมอง

myelin sheath *(ปลอกหุ้มไมอิลิน)* หมายถึง
สารจำพวกไขมันซึ่งหุ้มส่วนที่เป็นแอกซอน(axon) ของเซลประสาท

ปลอกหุ้มนี้คือไซโตพลาสซึมของเซลเกลีย(oligodendroglia) เซลเกลียจะเอาไซโตพลาสซึมของมันม้วนพันรอบแกนแอกซอน (สำหรับเส้นประสาทที่อยู่นอกสมองและไขสันหลัง เซลที่สร้างปลอกไมอิลินเรียกว่า เซลชวานน์ Schwann's cell) ปลอกไมอิลินไม่ได้คลุมอยู่ตลอดสายแอกซอน แต่จะเว้นช่องเป็นระยะ ช่องที่เว้นไว้เรียกว่า โนดออฟแรนเวียร์(node of Ranvier) ลูกคลื่นแอกชันโพเทนเชียลที่เกิดบนแอกซอนที่มีปล้องไมอิลินหุ้มอยู่ในลักษณะนี้ จะเคลื่อนไปตามความยาวของแอกซอนได้เร็วขึ้น หมายถึงสัญญาณประสาทผ่านไปได้เร็วขึ้น

myelination *(ไมอิลินเนชัน)* หมายถึง
กระบวนการเกิดสารจำพวกไขมันไมอิลินมาหุ้มแอกซอนของเซลประสาท

เซลสมองในทารกแรกเกิดมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีไมอิลินหุ้ม การเติบโตของสมองในแง่หนึ่งก็คือการสร้างไมอิลินหุ้มแอกซอนเพื่อให้สัญญาณประสาทในสมองผ่านติดต่อถึงกันได้เร็วขึ้น ความเร็วของสัญญาณประสาท จำเป็นต่อการพัฒนาการทำงานเชื่อมต่อวงจรของเซลสมอง ซึ่งหมายถึงเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในขณะเดียวกัน การได้รับการกระตุ้นจากสภาพแวดล้อมก็เป็นการกระตุ้นการสร้างไมอิลินบนแขนงแอกซอน ของเซลสมองที่ใช้งานหรือถูกกระตุ้นนั้นด้วย

nerve
เส้นประสาท *(เนอร์ฟ)* หมายถึง
เส้นรยางค์เชื่อมโยงระหว่างตัวเซลประสาทไปยังอวัยวะต่างๆ ที่อยู่นอกสมองและไขสันหลัง

เส้นประสาทเป็นมัดรวมกันของแขนงแอกซอนและเดนไดรท์ ซึ่งยาวยื่นออกมาจากตัวเซลประสาทที่อยู่ในสมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสัญญาณประสาท ส่งออกไปยังอวัยวะปลายทาง หรือรับกลับมายังเซลประสาทนั้น เส้นประสาทมีขนาดเล็กใหญ่ไม่เท่ากัน

ดูด้วยตาจะเห็นเหมือนเส้นด้ายขนาดต่างๆ มีสีขาวเหลือง เส้นประสาทที่สำคัญที่ยื่นออกจากสมองในกะโหลกศีรษะมีอยู่ 12 เส้น ส่วนใหญ่ติดต่อกับอวัยวะบริเวณศีรษะ เส้นประสาทส่วนอื่นของร่างกายจะยื่นออกจากไขสันหลัง ได้แก่เส้นประสาทบริเวณแขนขา เส้นประสาทเหล่านี้จะแทรกไปกับกล้ามเนื้อและไขมันใต้ผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีเส้นประสาทของระบบอิสระคือ เส้นประสาทซิมพาเธติก และ พาราซิมพาเธติก

เส้นประสาทเป็นช่องทางรับข้อมูลเข้ามายังไขสันหลังและสมอง ส่งต่อให้ใยประสาทในไขสันหลังและสมองเพื่อผ่านไปสู่วงจรเซลสมองในสมอง และรับช่วงผ่านข้อมูลคำสั่งเคลื่อนไหวหรือควบคุมระบบอัตโนมัติจากใยประสาทในสมองและไขสันหลัง ซึ่งส่งมาจากวงจรเซลสมองไปสู่อวัยวะปลายทาง

neural circuit *(นิวรัลเซอร์คิท)* หมายถึง
วงจรสมอง
เส้นทางเดินของสัญญาณประสาทติดต่อระหว่างกลุ่มเซลสมองต่างๆ

ทางเดินของสัญญาณหรือวงจรเหล่านี้ ส่วนหนึ่งคือเส้นทางควบคุมการทำงานและประสานงานกันระหว่างกลุ่มเซล อีกส่วนหนึ่งเป็นโครงสร้างซึ่งทำหน้าที่ปรียบเสมือนวงจรรหัสแทนความจำหรือการเรียนรู้แต่ละอย่างที่เกิดขึ้นในสมอง สมองจะใช้วงจรสมองทำงาน ในขณะที่รับข้อมูลผ่านใยประสาทเข้ามา และส่งคำสั่งผ่านใยประสาทออกไป

วงจรสมองประกอบด้วย เซลสมองที่ติดต่อกับเซลอื่นๆ ผ่านแอกซอนและเดนไดรท์ และจุดเชื่อมต่อสัญญาณ(จุดซีนแนปส์ synapse) จุดซีนแนปส์เป็นโครงสร้างซึ่งต้องสร้างขึ้นในขณะทำงานหรือสร้างวงจรการเรียนรู้ วงจรสมองที่ไม่มีการใช้งาน องค์ประกอบของวงจรจะถูกเปลี่ยนสภาพไป จุดซีนแนปส์อาจไม่ทำงานตามที่เคย เดนไดรท์และแอกซอนอาจฝ่อไป วงจรสมองที่มีการใช้งานอยู่เรื่อยๆ การเชื่อมต่อที่จุดซีนแนปส์จะคงตัว รวดเร็ว แน่นอน การเชื่อมโยงของเซลสมองและการคงตัวของซีนแนปส์เป็นไปตามกฎของเฮบ(Hebb's rule)

neural impulse *(นิวรัลอิมพัลส์)* หมายถึง
กระแสประสาท
กลุ่มของคลื่นแอกชันโพเทนเชียล หรือสัญญาณประสาทที่เคลื่อนที่บนใยประสาทแอกซอน ติดต่อระหว่างเซลประสาทด้วยกัน และระหว่างเซลประสาทกับอวัยวะปลายทาง

ปกติการติดต่อในวงจรสมองก็คือมีกระแสประสาทผ่านแขนงประสาทแอกซอน เป็นลูกคลื่นสัญญาณ จำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นบ่อยๆ หรือถี่ๆ ในกระแสประสาท แสดงถึงการส่งสัญญาณประสาทที่มีกำลังแรง

neural pruning *(นิวรัลพรุนนิง)* หมายถึง
การริดทิ้งหรือตัดทอนวงจรเซลสมองที่ไม่ใช้งาน

นิวรัลพรุนนิงเป็นการจัดระเบียบของระบบประสาทในสมอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรและสงวนการใช้พลังงาน เซลที่ไม่ใช้งานหรือเดนไดรท์ที่ไม่ใช้งานจะฝ่อไป ประสบการณ์หรือการใช้งานวงจร (คือการอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกระตุ้นการรับรู้หลากหลายและการใช้สมองคิดหรือทำสิ่งต่างๆ) จะเป็นสิ่งบ่งชี้ว่าส่วนใดของวงจรใดจะริดทิ้งหรือรักษาไว้ ส่วนใช้

จะรักษาไว้ ส่วนไม่ใช้จะฝ่อและถูกริดทิ้ง(pruning)ไป

neural signal *(นิวรัลซิกแนล)* หมายถึง
สัญญาณประสาท ข้อมูลที่เซลประสาทติดต่อถึงกัน ข้อมูลดังกล่าวติดต่อถึงกันโดยอาศัยสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากกระบวนการชีวเคมีของเซลบนผนังเซลเรียกว่า แอกชันโพเทนเชียล สัญญาณประสาท ก็คือ ชุดคลื่นแอกชันโพเทนเชียลที่เคลื่อนที่ไปตามใยประสาท ในนัยที่มันสื่อข้อมูลทางประสาทบางอย่างไปกับตัวมัน

neuron *(นิวรอน)* หมายถึง
เซลประสาท,เซลสมอง เซลประสาท เป็นเซลชนิดหนึ่งซึ่งประกอบเป็นเนื้อเยื่อของระบบประสาท ทำหน้าที่หลักในระบบประสาทของร่างกาย คำว่า 'เซลสมอง' ในหนังสือนี้หมายถึงเซลประสาทที่อยู่ในสมอง

เซลชนิดนี้มีลักษณะเฉพาะของมัน คือ มีไซโตพลาสซึมที่ยาวเป็นแขนงยื่นออกไปจากตัวเซล(neuron body) แขนงนี้มีอยู่สองประเภททำหน้าที่แตกต่างกัน เรียกว่า เดนไดรท์(dendrite) และแอกซอน(axon) ในสมองมีเซลสมองอยู่ราว 1 แสนล้านเซล(100 billions)

neurotransmitter *(นิวโรทรานสมิตเตอร์)* หมายถึง
สารสื่อประสาท สารชีวเคมีซึ่งหลั่งออกมาจากตุ่มปลายเส้นประสาทแอกซอน ณ ช่องว่างของจุดต่อสัญญาณ(จุดซีนแนปส์-synapses)

สารสื่อประสาทเป็นตัวสื่อสัญญาณต่อจากแอกชันโพเทนเชียล(action potential) เมื่อแอกชันโพเทนเชียลเคลื่อนมาสุดที่ปลายแอกซอน จะกระตุ้นตุ่มปลายแอกซอนให้หลั่งสารสื่อประสาท สารสื่อประสาทลอยข้ามช่องว่างของจุดซีนแนปส์ โมเลกุลสารสื่อประสาทจะถูกโมเลกุลของสารโปรตีนที่ควบคุมช่องทางผ่านของประจุไฟฟ้า ที่ผนังเซลของเดนไดรท์(ที่ฟากตรงข้ามกับแอกซอน)จับไว้ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นที่ช่องทางผ่านของประจุไฟฟ้านั้น ประจุไฟฟ้าจะเคลื่อนเข้าออกโดยอิสระผ่านช่องควบคุมที่ผนังเซลของเดนไดรท์ ณ จุดซีนแนปส์นั้น ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของผนังเซลตรงจุดนั้นเปลี่ยนแปลง ศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงนี้แผ่ไปถึงตัวเซลสมอง

occipital lobe *(ออกซิพิทัลโลบ)* หมายถึง
สมองส่วนหลัง ส่วนของสมองใหญ่ ตำแหน่งของสมองส่วนนี้ตรงกับบริเวณกลางด้านหลังของกะโหลกศีรษะ ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเห็นภาพและจัดการข้อมูลเกี่ยวกับภาพ

parietal lobe *(พาไรเอทัลโลบ)* หมายถึง
สมองส่วนพาไรเอทัล ส่วนของสมองใหญ่ ตำแหน่งของสมองส่วนนี้ตรงกับบริเวณส่วนนูนด้านข้างตอนบนค่อนไปทางหลังของกะโหลกศีรษะ เลยกลางกระหม่อมของกะโหลกไปถึงด้านหลังตอนบน ทางด้านข้างกินบริเวณจากกลางกระหม่อมลงมาจรดทัดดอกไม้ ทั้งหมดนี้กินบริเวณครึ่งหลังตอนบนของสมองใหญ่ ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความรู้สึก ข้อมูลเรื่องมิติ ภาษา ท่วงท่าของร่างกาย การรับรู้ตำแหน่งของร่างกาย

pineal body *(ไพเนียลบอดี)* หมายถึง
ก้อนเนื้อสมองเป็นติ่งเล็กๆ อยู่ในใจกลางสมอง เหนือมิดเบรน ประกอบไปด้วยเซลเกลีย และเซลไพเนียลโลไซต์(pinealocyte) ซึ่งผลิตฮอร์โมนเมลาโทนิน(melatonin) เมลาโทนินควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีระบางอย่างในร่างกาย
การเปลี่ยนแปลงของกลางวันกลางคืน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย เช่น ทำให้เกิดวงจรการหลับ-การตื่น การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกายนี้เป็นผลมาจากระดับฮอร์โมนเมลาโทนินในกระแสเลือดไม่เท่ากันในกลางวันและกลางคืน

pons *(พอนส์)* หมายถึง
ส่วนกลางของก้านสมอง อยู่ระหว่างมิดเบรนและเมดัลลา กลุ่มเซลสมองที่กระจุกตัวอยู่ในพอนส์มีหน้าที่สำคัญคือ ประมวลข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว ซึ่งส่งมาส่งไประหว่างสมองใหญ่และสมองน้อย โดยที่กลุ่มเซลสมองในสมองน้อยติดต่อกับสมองใหญ่ผ่านกลุ่มเซลในพอนส์

plasticity *(พลาสทิซิที)* หมายถึง
ความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนแปลง ของโครงสร้างและการทำงานของวงจรสมอง
คุณสมบัตินี้เป็นคุณสมบัติพิเศษของสมองในกระบวนการเรียนรู้ ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคือประสบการณ์ ประสบการณ์หมายถึงข้อมูลซึ่งสมองรับรู้จากสิ่งแวดล้อม สมองสามารถจะปรับตัวเอง วงจรเซลสมองสามารถเชื่อมโยงกันในลักษณะใหม่ เรียกว่ามีการเรียนรู้ ผลของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของวงจรเซลสมอง อาจปรากฏในรูปของความชำนาญในทักษะต่างๆ หรือพฤติกรรมเดิมเปลี่ยนแปลงไปสู่พฤติกรรมใหม่ อย่างเหมาะสมต่อปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ในระหว่างมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในประสบการณ์นั้น

prefrontal area *(พรีฟรอนทัลเอเรีย)* หมายถึง
สมองพรีฟรอนทัล พื้นที่ผิวสมองคอร์เทกซ์ บริเวณส่วนหน้าสุดของสมองส่วนหน้า(frontal lobe) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการวางแผน ตัดสินใจ เป็นส่วนสำคัญซึ่งควบคุมพฤติกรรม ที่สะท้อนแสดงบุคลิกภาพของเจ้าของสมองแต่ละคน

postsynaptic potential *(โพสต์ซีนแนปทิกโพเทนเชียล)* หมายถึง
ค่าศักย์ทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ณ เซลสมองที่เป็นฝ่ายรับสัญญาณในวงจรเซลสมอง
ค่าทางไฟฟ้านี้เกิดจาก สารสื่อประสาท(neurotransmitter) จับกับสารโปรตีนที่ผนังเซลด้านที่รับสัญญาณ ณ จุดซีนแนปส์ (อาจเป็นผนังเซลที่เดนไดรท์หรือบนตัวเซล) ซึ่งทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนเข้าออกผ่านผนังเซลที่จุดนั้น แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าตามมา ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ มีสองแบบ แบบที่หนึ่ง คือช่วยหนุนให้เกิดคลื่นแอกชันโพเทนเชียลที่เซลสมองนั้นง่ายขึ้น เรียกว่า excitatory postsynaptic potential -EPSP อีกแบบหนึ่งทำให้คลื่นแอกชันโพเทนเชียลเกิดได้ยากขึ้น เรียกว่า inhibitory postsynaptic potential -IPSP

ค่าผลรวมของโพสต์ซีนแนปทิกโพเทนเชียล จากการกระตุ้นทั้งหมดที่เซลสมองเซลหนึ่งได้รับ จะเป็นตัวกำหนดว่า ตัวเซลสมองนั้นจะส่งคลื่นแอกชันโพเทนเชียลออกไปได้หรือไม่

นั่นคือสัญญาณจากแอกซอน ที่ส่งผ่านไปถึงเซลสมองฝ่ายรับสัญญาณเซลหนึ่งในวงจรสมอง อาจผ่านต่อออกจากเซลสมองนั้นไปได้หรือไม่ได้ ขึ้นอยู่กับเซลนั้นรับสัญญาณมาทั้งหมดจากวงจรใดบ้าง และสัญญาณที่รับมา ก่อให้เกิดผลแบบใด(เป็น EPSP หรือ IPSP) บนผนังเซล

synapse *(ซีนแนปส์)* หมายถึง

จุดเชื่อมต่อสัญญาณ โครงสร้างของส่วนย่อยของวงจรสมอง ประกอบด้วย ปลายส่งสัญญาณ(presynaptic terminal) ปลายรับสัญญาณ(postsynaptic terminal) และช่องว่าง(synaptic cleft) ระหว่างปลายทั้งสอง ปฏิบัติการเชื่อมต่อระหว่างเซลสมองสองเซลเกิดขึ้น ณ จุดนี้

ณ จุดซีนแนปส์ ส่วนของวงจรสมองที่ส่งสัญญาณจะสิ้นสุดลง ปลายที่ส่งสัญญาณนั้นก็คือ ปลายแขนงแอกซอน(axon) สัญญาณซึ่งเดินทางมาตามวงจรสมองบนแอกซอนในรูปคลื่นแอกชันโพเทนเชียล ต้องเปลี่ยนพาหะหรือตัวนำสัญญาณใหม่ คือ ใช้สารสื่อประสาท(neurotransmitter) ปล่อยออกจากปลายแอกซอน เป็นการนำสัญญาณไปแทน

สารสื่อประสาทจะข้ามช่องว่างเล็กๆ ไปยังปลายรับสัญญาณฝั่งตรงข้าม ปลายรับสัญญาณเป็นสารโปรตีนที่ผนังเซลซึ่งอาจเป็นผนังเซลบนแขนงเดนไดรท์(dendrite) หรือบนตัวเซลสมองเอง(cell body) หมายความว่า แอกซอน(ฝ่ายส่งสัญญาณ)อาจไปจ่อกับเดนไดรท์ หรือไปจ่อกับตัวเซลสมองฝ่ายรับสัญญาณโดยตรง

ผลจากการที่สารสื่อประสาทถูกส่งข้ามช่องว่าง และผนังเซลฝ่ายรับจับสารนั้นไว้ได้ ณ จุดต่อสัญญาณนี้ คือ ทำให้ประจุไฟฟ้าบนผนังเซลที่จุดรับสัญญาณเคลื่อนผ่านเข้าออกผนังเซล มีการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่ผนังเซล ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะแผ่ไปยังตัวเซล

ศักย์ไฟฟ้านี้อาจมีผลให้การก่อลูกคลื่นแอกชันโพเทนเชียลที่ตัวเซลสมองเกิดขึ้นได้ง่าย(EPSP-excitatory postsynaptic potential) กล่าวคือกระตุ้นให้เกิดแอกชันโพเทนเชียล หรือ เกิดได้ยากขึ้น(inhibitory postsynaptic potential) นั่นคือยับยั้งการเกิดแอกชันโพเทนเชียล

เซลสมองหนึ่งเซลอาจติดต่อกับเซลอื่นๆ ถึง 10,000 เซลซึ่งหมายถึงมีซีนแนปส์ทั้งรับส่งรวมแล้ว 10,000 จุด หากผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่ตัวเซล ณ จุดที่เรียกว่าแอกซอนฮิลลอก(axon hillock) มีค่ามากพอ ที่จะทำให้เกิดคลื่นแอกชันโพเทนเชียลได้ ก็จะเกิดคลื่นแอกชันโพเทนเชียล ณ จุดนั้น และส่งต่อออกไปในวงจรสมอง ผ่านแอกซอน และไปเชื่อมโยงกับเซลอื่นต่อไป กระบวนการทั้งหมดนี้ใช้เวลาน้อยมาก เป็นเศษส่วนพันของวินาที

synaptogenesis *(ซินแนปโตเจนเนซิส)* หมายถึง

กระบวนการเกิดการสร้างจุดเชื่อมต่อสัญญาณขึ้นในวงจรสมอง การสร้างจุดเชื่อมต่อได้ใหม่แสดงว่า มีการสร้างทางเดินสัญญาณของวงจรสมองขึ้นมาใหม่ เป็นการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างทำงานของสมองที่สำคัญ เป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีระในสมองที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการเรียนรู้

สมองที่อยู่ระหว่างการเรียนรู้ สิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นจะก่อให้เกิดสัญญาณประสาท จาก ตา หู สัมผัส

ส่งผ่านเข้าไปในสมอง เซลสมองจะรับสัญญาณดังกล่าวและส่งต่อไปเป็นทอดๆ เพื่อสร้างวงจร ปลายแอกซอนของเซลสมองที่ส่งสัญญาณ จะกระตุ้นการงอกของเดนไดรท์ของเซลสมองใกล้เคียง เพื่อให้เข้ามารับสัญญาณการเชื่อมต่อ

เมื่อแอกซอนและเดนไดรท์จ่อถึงกันและสร้างจุดเชื่อมต่อ มีการส่งและรับสารสื่อประสาท ทำให้สัญญาณไฟฟ้าจากแอกซอนถ่ายโอนไปสู่เดนไดรท์และลงไปถึงตัวเซลฟากรับ พร้อมทั้งเกิดสัญญาณแอกชันโพเทนเชียลขึ้นที่ตัวเซลฟากรับได้ ทางเดินของสัญญาณในวงจรสมองก็นับว่าสมบูรณ์ นั่นคือ การเรียนรู้ได้เกิดขึ้นระดับหนึ่ง

ซีนแนปโตเจนเนซิส เป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญที่เปลี่ยนแปลงการทำงานของวงจรสมอง ในกระบวนการเรียนรู้ (กระบวนการอื่นๆ คือ เดนไดรทิกโปรลิเฟอเรชัน ไมอิลิเนชัน และพรุนนิง)

thalamus *(ทาลามัส)* หมายถึง
ส่วนของสมอง อยู่ในใจกลางของสมอง ทาลามัสมีหน้าที่คัดกรองสัญญาณสื่อสัมผัสที่รับเข้ามาจากอวัยวะต่างๆ ก่อนส่งไปสู่ผิวสมองคอร์เทกซ์

ทาลามัสมีรูปร่างและขนาดเหมือนไข่นกกระทาคู่หนึ่ง อยู่ชิดกันกลางสมอง คั่นด้วยโพรงน้ำหล่อสมอง(the 3rd ventricle) ถัดขึ้นมาจากปลายสุดมิดเบรนของก้านสมอง ทางด้านข้างของทาลามัสคืออินเทอร์นัลแคปซูล ตำแหน่งของทาลามัสนี้คือ จุดกึ่งกลางระหว่างสมองใหญ่(cerebrum) และก้านสมอง(brainstem)

temporal lobe *(เทมโพรัลโลบ)* หมายถึง
สมองส่วนขมับ ส่วนของสมองใหญ่(cerebrum) ตำแหน่งของสมองนี้ตรงกับบริเวณขมับ ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน การแปลความหมายของคำพูด และเพิ่มเติมความหมายของภาพที่เกิดจากการมองเห็นในลักษณะที่ซับซ้อน เช่น การจำภาพใบหน้า มีส่วนของสมองที่สำคัญอยู่ภายใต้ผิวสมองส่วนนี้ คืออะมิกดาลาและฮิปโปแคมปัส ซึ่งทำหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับอารมณ์และความจำ

Wernicke's area *(เวอร์นิเคเอเรีย)* หมายถึง
พื้นที่บนผิวสมองส่วนขมับข้างซ้าย มีความสำคัญเกี่ยวกับภาษา

วงจรสมองบนผิวสมองคอร์เทกซ์บริเวณนี้ ทำงานเกี่ยวข้องกับการสร้างความหมายของคำพูด การทำงานผิดปกติในบริเวณนี้ทำให้เกิดอาการไม่เข้าใจความหมายของคำพูดที่ได้ยินนั้น

Karl Wernicke เป็นนักประสาทวิทยาชาวเยอรมัน Wernicke's area อยู่ในบริเวณเหลื่อมซ้อนทับกับ Broadman's area 22

pattern *(แพทเทิร์น)*

กระบวน(แบบ) ศัพท์คำนี้ในภาษาอังกฤษ สื่อความหมายได้หลายอย่าง

คำว่า 'แบบ' เป็นคำแปลคำหนึ่งสำหรับคำว่า pattern

คำว่า 'แบบ' ในภาษาไทย สื่อความหมายถึง ลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง มีนัยสำหรับการอธิบายหรือเปรียบเทียบ เพื่อให้คำจำกัดความ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจ เพื่อใช้แทนลักษณะที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น เพื่อจะบอกว่าสิ่งนั้นสิ่งนี้ คล้ายกับ 'แบบลักษณะ' อะไรบางอย่าง เพื่อจะบอกว่าสิ่งนี้เหมือนหรือไม่เหมือนกับสิ่งอื่น

คำว่า 'แบบ, แบบฉบับ, แบบอย่าง' ล้วนมีนัยอย่างเดียวกัน

คำว่า 'แบบ' เป็นความหมายของ pattern แต่ pattern ยังมีความหมายอื่นอีก

pattern ถูกแปลเป็นภาษาไทยว่า 'กระสวน'

คำว่า 'กระสวน' ไม่ค่อยได้พบเห็นว่าใช้ในที่ใดในชีวิตประจำวันทุกวันนี้ ความหมายที่ให้ไว้ในพจนานุกรมคือ " 'กระสวน' หมายถึง 'แบบ' หรือ 'แบบตัวอย่างสำหรับทำของจริง' " ในกรณีนี้ คำว่า 'กระสวน' จึงไม่ได้สื่อความหมายมากไปกว่า 'แบบ'

ส่วนความหมายว่า 'แบบตัวอย่างสำหรับทำของจริง' นั้น ตรงกับความหมายของ pattern ในภาษาอังกฤษ อีกความหมายหนึ่ง

คำว่า 'pattern' ในภาษาอังกฤษ ถูกใช้ในอีกความหมายหนึ่ง ที่ค่อนข้างบ่อย คือ 'ลาย หรือลวดลาย หรือ สิ่งที่เกิดขึ้นจากการจัดวาง จัดเรียงกัน เป็นแถวเป็นแนว'

ความหมายโดยนัยนี้ บ่งบอกถึง ลักษณะที่ปรากฏซ้ำๆ การมีสิ่งที่ปรากฏอยู่หลายสิ่ง สิ่งเหล่านั้นมีความสัมพันธ์หรือกฎเกณฑ์บางอย่าง ทำให้ปรากฏเป็นเช่นนั้น มีนัยของการจำแนกจัดกลุ่ม จัดระเบียบ บางอย่างแฝงอยู่ด้วย

ความหมายเช่นนี้ จะปรากฏชัดขึ้นเมื่อกล่าวถึง pattern ในวิชาคณิตศาสตร์ และเข้าใจได้ดี ถ้าบอกว่า การให้นักเรียนจัดกลุ่ม สี่เหลี่ยม วงกลม สามเหลี่ยม ผลไม้รูปร่างต่างๆ ใบไม้ ฯลฯ เป็นการฝึกหัดเกี่ยวกับ pattern หรือ ชุดอนุกรมของจำนวน เช่น 3, 6, 9, 12, 15, ... เป็น pattern

pattern ตามนัยนี้ มีคำแปลใกล้เคียงกับคำว่า 'กระบวน' ในภาษาไทย ซึ่งมีนัยความหมายของการจัดเรียง ลำดับของปรากฏการณ์ หรือ การจัดเป็นกลุ่มเป็นแถวเป็นแนวอย่างมีกฎเกณฑ์

คำว่า 'pattern' มาเกี่ยวข้องโดยตรงกับ การเรียนรู้ของสมอง อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงได้ถอดความหมายของ 'pattern' เป็นภาษาไทยตามเนื้อความที่สอดคล้องกับเนื้อความในภาษาอังกฤษ ว่า 'กระบวน(แบบ)' เป็นหลัก อย่างไรก็ดี เนื่องจากคำว่า 'pattern' ในภาษาอังกฤษเองก็มีหลายความหมาย การใช้คำเพื่อถ่ายทอดภาษาจึงยึดเอาสำนวนภาษาที่จะสื่อสารได้เป็นหลัก ดังนั้น จึงอาจมีคำว่า ลักษณะ, แบบ, กระบวนแบบ, กระบวน...แบบ, กระบวน ฯลฯ อยู่ ตามความที่อาจสื่อความหมายได้ชัดเจน

คำว่า 'pattern' เกี่ยวกับสมองโดยตรง ดังที่ Caine & Caine กล่าวไว้ (เนื้อหาอยู่ในบทที่ 15) ว่า "The search for meaning occurs through patterning". ซึ่งหมายถึง

สมองรับข้อมูลจากสิ่งที่อยู่รอบตัว และพยายามเข้าใจหรือสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับโดยมองหากฎเกณฑ์ ที่ซ่อนอยู่ในลักษณะของข้อมูลที่ปรากฏแก่สมองนั้น

การที่สมองมองหากฎเกณฑ์ของความสัมพันธ์นั้น เป็นที่มาของการหาความจริงหรือการสรุปความเข้าใจจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ แบบเดียวกันกับที่ใช้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคำเรียกวิธีการแบบนี้ว่า induction หรือ inductive reasoning แปลเป็นไทยว่า 'การอุปนัย' หรือ 'การให้เหตุผลโดยวิธีอุปนัย'

การอุปนัยมีลักษณะดังนี้ คือ

หากมีการสังเกตว่า	วัตถุหลายๆ สิ่ง ต่างตกลงบนพื้นเมื่อโยนขึ้นไปในอากาศ
ข้อสรุปที่มีเหตุผลก็คือ	วัตถุอันต่อๆ ไป ก็น่าจะตกลงบนพื้นเช่นกัน

ข้อสรุปเช่นนี้ เป็นการสังเกต และใช้ประโยชน์ จากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเพียงกลุ่มตัวอย่างหนึ่ง แต่นำไปสร้างเป็น สมมติฐาน ซึ่งนำไปสู่ การพิสูจน์สมมติฐาน ซึ่งนำไปสู่ การพัฒนาเป็นทฤษฎี จนยอมรับเป็นกฎเกณฑ์

ลำดับขั้นต่อมาของการนำความรู้หรือกฎเกณฑ์ดังกล่าวไปใช้ คือการตรวจสอบทำความเข้าใจองค์ประกอบ เงื่อนไข บริบทต่างๆ ที่มีอยู่ในขณะที่การสังเกตนั้นเป็นจริง ซึ่งนำไปสู่การทำนายหรือให้เหตุผลโดยนิรนัย(deduction) อันเป็นการประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์นั้นต่อไป

ความรู้ดังกล่าวนี้ ไม่ใช่ การรู้จักทุกสิ่งในจักรวาล แต่เป็นการคิดจินตนาการว่า น่าจะมีกฎเกณฑ์บางอย่าง ควบคุมความเป็นไป ในวัตถุกลุ่มตัวอย่างที่สังเกตเห็น และกฎนั้นน่าจะใช้ได้กับสิ่งอื่นๆ ที่คล้ายกันในจักรวาลนี้

นั่นคือ ในกระบวนแบบของสิ่งที่ปรากฏเห็น น่าจะมีกฎซึ่งใช้ทำนายได้ว่า สิ่งอื่นที่ยังไม่ปรากฏก็น่าจะปรากฏขึ้นในกระบวนเดียวกัน

เอกสารและแหล่งข้อมูล

หนังสือภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, *การคิดเชิงวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ : บริษัทซัคเซส มีเดีย จำกัด, 2549.

เกล็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. *สมุดภาพสมอง*. กรุงเทพฯ : บริษัทบุ๊คเน็ท จำกัด, 2548.

คุโรยานางิ เท็ตสึโกะ. *โต๊ะโตะจัง เด็กหญิงข้างหน้าต่าง*. ต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น. ผุสดี นาวาวิจิต (แปล). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ผีเสื้อ, 2537.

เทวี ประสาท. *ศิลปะ รากฐานแห่งการศึกษา*. กรุงเทพฯ : โครงการสรรพสาส์น สำนักพิมพ์มูลนิธิเด็ก, 2546.

นพมาศ อุ้งพระ (ธีรเวคิน). *สังคมประกิตและพัฒนาการของมนุษย์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2545.

พระราชวรมุนี(ประยุทธ์ ปยุตโต). *พุทธธรรม*. กรุงเทพฯ : มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2529.

พระธรรมปิฎก(ประยุทธ์ ปยุตโต). *วิธีคิดตามหลักพุทธธรรม* : กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศยาม, 2546.

มีชัย ศรีใส. *ประสาทกายวิภาคศาสตร์*. กรุงเทพฯ : Year Book Publisher Co., ltd., 2546.

ร่างกายของเรา, พจนานุกรมรูปภาพไทย-อังกฤษ สี่สี. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ริเวอร์บุ๊คส์ จำกัด, 2542.

ราตรี สุดทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม. *ประสาทสรีรวิทยา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

วัฒนา แก้วดุก. *การออกแบบดิจิตอลวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์. *สิ่งแวดล้อมและการเรียนรู้สร้างสมองเด็กให้ฉลาดได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543.

เอกสารภาษาไทย บนเว็บไซต์

ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล. (2542). **Constructivist.** จากเว็บไซต์ : Knowledge Subsystem for Knowledge Management. โครงการร่วมมือภายใต้สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา. URL: http://www.bpcd.net/content/education/ad_1.pdf, ณ วันที่ 10 พฤษภาคม 2550.

หนังสือ วารสารวิชาการ และเอกสาร ภาษาอังกฤษ

Allman, John M., Hakeem, A., Erwin, Joseph M., Nimchinsky, E., & Hof, P. (2001). The anterior cingulate cortex: The evolution of an interface between emotion and cognition. In A. R. Damasio, A. Harrington, J. Kagan, B. S. McEwen, H. Moss, & R. Shikh (Editors), *Unity of knowledge: The convergence of natural and human sciences. Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 935*,107-117. New York: The New York Academy of Sciences.

Banich, Marie T. (2004). *Cognitive neuroscience and neuropsychology*. Boston: Houghton Miffin Company.

Bransford, John D., Brown, Ann L., & Cocking, Rodney R. (Editors) (2000), *How people learn: Brain, mind, experience, and school* (expanded Edition). Washington: National Academy Press.

Buckner, Randy L., Kelley, William M., & Petersen, Steven E. (1999). Frontal cortex contributes to human memory formation. *Nature Neuroscience,* (April 1999), 2(4), 311-314.

Caine, G., Caine, R. N., & Crowell, S. (1999). *Mind shifts* (2nd Edition). USA: Zephyr Press.

Caine, R. N., & Caine, G. (1994). *Making connections: Teaching and the human brain.* Menlo Park, California: Addison Wesley.

Carey, J., (Editor) (2005). *Brain facts* (5th ed.). Washington: Society for Neuroscience(www.sfn.org).

Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain.* New York: Putnum Publishing Group.

Fuster, Joaquin M. (1997). Network memory. *Trends. Neurosci.,* 20, 451-459.

Fuster, Joaquin M. (2001). The prefrontal cortex-An update: Time is of the essence. *Neuron,* 30, 319-333.

Gardner, Howard (1985). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences.* New York: Basic Books.

Gardner, Howard (2003). *Multiple intelligences after twenty years.* Paper presented at the American Educational Research Association, April 21, 2003. Chicago, Illinois: The American Educational Research Association.

Goleman, Daniel (1995). *Emotional Intelligence: Why it can matters more than IQ.* New York: Bantam Books.

Gray, Henry (1966). *Anatomy of human body.* USA: Lea & Febiger, 1966.

Hebb, D.O. (1949). The organization of behavior, New York: Wiley.

Jensen, Eric (2000). *Brain-based learning : The new science of teaching & training.* USA: The Brain Store.

Joseph, Rhawn (2000). *Neuropsychiatry, neuropsychology, clinical neuroscience.* New York: Academic Press.

Kolb, B., & Whishaw, Ian Q. (2001). *An introduction to brain and behavior.* New York: Worth Publishing.

Klein, Raymond M. (1999). The Hebb Legacy. Introduction in special issue: The Hebb Legacy. *Canadian Journal of Experimental Psychology,* (Mar 1999), 53(1).

LeDoux, J. E. (1998). *The emotional brain.* New York: Phoenix.

MacLean, Paul D. (1990). *The triune brain in evolution: Role in paleocerebral functions.* New York: Plenum Press (Springer).

Obayashi S. (2004). Possible mechanism for transfer of motor skill learning: Implication of the cerebellum. *Cerebellum,* 3(4), 204-11.

Packard, Mark G., & Knowlton, Barbara J. (2002). Learning and memory functions of the basal ganglia. *Annu. Rev. Neurosci.,* 25, 563-93.

Parry, T., & Gregory, G. (1998). *Designing brain compatible learning.* Illinois: SkyLight Training and Publishing Inc.

Piaget, Jean. (1937) *The construction of reality in the child* (Edition in French). Translated into English by Margaret Cook (1955). Reprinted: New York; London: Routledge & Kegan Paul, 1999.

Piaget, Jean. (1968). *Genetic epistemology.* Woodbridge lectures series(1968). Translated by Eleanor Duckworth (1970). NewYork; London: Columbia Univ. Press.

Quartz, S. & Sejnowski, T. (1997). The neural basis of cognitive development: A constructivist manifesto. *Behavioral and Brain Sciences,* 20(4), 537-556.

Sanrock, John W. (2000). *Children.* USA: McGraw-Hill Higher Education.

Snell, Richard S. (2006). *Clinical neuroanatomy.* USA: Lippincott Williams & Wilkins.

Wolfe, Patricia (2001). *Brain matters : Translating research into classroom practice.* Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

วารสารภาษาอังกฤษ

Altenmuller, Eckart O. (2003). Music in your head. *Sci. Am. Mind*, 14(1), 24-31.

Cahill, Larry (2005). His brain, her brain. *Sci. Am.*, (May), 292(5), 22-29.

Damasio, A. R. (2005). Feelings our emotions. Interviewed by Manela Lenzen. *Sci. Am. Mind*, 16(1), 14-15.

Damasio, A. R. (2006). Remembering when. *Sci. Am.*, (special edition), 16(1), 34-41.

Dobbs, David (2006). Mastery of emotions. *Sci. Am. Mind*, (Feb/Mar), 17(1), 44-49.

Dobbs, David (2006). A revealing reflection. *Sci. Am. Mind*, (May), 17(2), 22-27.

Engelert, Hermann (2003). Sussing out stress. *Sci. Am. Mind*, 14(1), 56-61.

Fields, R. Douglas (2004). The other half of the brain. *Sci. Am.*, (Apr), 290(4), 26-33.

Fields, R. Douglas (2005). Erasing memories. *Sci. Am. Mind*, (Dec), 16(4), 28-35.

Guterl, Fred (2003). Too much information? *Newsweek*, (Aug 25 - Sep 1), CXLII(8), 38-43.

Kandel, Eric R. (2006). The new science of mind. *Sci. Am. Mind*, (May), 17(2), 66-69.

Roth, Gerhard (2003). The quest to find consciousness. *Sci. Am. Mind*, 14(1), 32-39.

Siegel, Marc (2005). Can We cure fear? *Sci. Am. Mind*, (Dec), 16(4), 44-49.

Vass, Rudiger (2003). Fear not. *Sci. Am. Mind*, 14(1), 62-69.

Verstichel, P., & Larrouy, P. (2005). Drowning Mr. M. *Sci. Am. Mind*, 16(1), 38-41.

Wallis, Claudia (2004). What makes teen ticks? *Time*, (May 31), 163(21), 36-43.

Weinberger, Norman M. (2004). Music and the brain. *Sci. Am.*, (Nov), 291(5), 66-73.

Wingert, P., & Brant, M. (2005). Inside a baby's brain. *Newsweek*, (Aug 15), CXLVI(7), 42-49.

Wright, Karen (2006). Times of our lives. *Sci. Am.*, (special edition), 16(1), 27-33.

เว็บไซต์

A Review of the Universe. URL: http://universe-review.ca/ .

Ben Best's Home Page. URL: http://www.benbest.com/ .

BrainMind.com. Neuropsychology, Neuroscience, Testing, Assessment, Psychiatry, Neurology, Psychology... URL: http://brainmind.com/ .

Google Book Search. URL: http://books.google.com/ .

Marxists Internet Archive. URL: http://www.marxists.org/ .

NASA Image eXchange (NIX) - Home. URL: http://nix.ksc.nasa.gov/

NASA - Home. URL: http://www.nasa.gov/home/index.html

Wikimedia Foundation. URL: http://wikimedia.org/ .

Wikipedia, the free encyclopedia. URL: http://www.wikipedia.org/ .

วีดิทัศน์

Dale, Richard (Executive producer & Director). **Walking with Cavemen** (VideoCD). Featured by BBC. Bangkok: บริษัทเอสทีวีดีโอ จำกัด, 2003.

Hedgeco, Martin (Series producer & Director). **The Human Mind** (DVD). Featured by BBC. Taiwan: Delt amac, 2003.

เอกสารภาษาอังกฤษ บนเว็บไซต์

Akil, Huda A., & Morano, M. Ines. (2000). **Stress**. In website: Psychopharmacology: The Fourth Generation of Progress. The American College of Neuropsychopharmacology. URL: http://www.acnp.org/g4/GN401000073/Default.htm, published 2000, on May 30, 2007.

Best, Ben. (1990) **The Anatomical Basis of Mind**. In website: Ben Best's Home Page. URL: http://www.benbest.com/science/anatmind/anatmind.html, on Jul 11, 2007.

Carver, Joseph M. **The Chemical Imbalance in Mental Health Problems**. In website: eNotAlone Relationship advice and articles. URL: http://www.enotalone.com/article/4114.html, on July 25, 2006.

Campbell, Robert L. (2006). **Jean Piaget's Genetic Epistemology: Appreciation and Critique**. A revised version of two lectures presented at the Institute of Objectivist Studies Summer Seminar, Charlottesville, VA, July 7 and 8, 1997. In website: Robert Campbell's Home Page. URL: http://hubcap.clemson.edu/~campber/piaget.html, on Aug 12, 2006.

Dubin, Mark. **Brodmann**. In website: Mark Dubin Webpage. URL: http://spot.colorado.edu/~dubin/talks/brodmann/brodmann.html, on May 15, 2007

Grace, Anthony (2002). **Dopamine**. In website: Kenneth L. Davis, Dennis Charney, Joseph T. Coyle, & Charles Nemeroff (Editors), Neuropsychopharmacology : The Fifth Generation of Progress. The American College of Neuropsychopharmacology. URL: http://www.acnp.org/Docs/G5/CH9_119-132.pdf, on Aug 2, 2006.

M.Alan Kazlev (1999) **Paul MacLean's triune brain hypothesis**. In website: Kheper-metamorphosis and evolution. URL: http://www.kheper.net/topics/intelligence/MacLean.htm, last modified on October 19, 2003. accessed on August 27, 2006.

Maddocks, J. (2007). **A Neuropsychological Perspective on Emotional Intelligence**. In website: Centre for Applied Emotional Intelligence. URL: http://www.emotionalintelligence.co.uk/ezine/downloads/24_Brain.pdf, on Jul 10, 2007

Molavi, Diana W. (1997). **Basal Ganglia and Cerebellum**. In website: The W.U.S.M. Neuroscience Tutorial. The Washington University School of Medicine. URL: http://thalamus.wustl.edu/course/cerebell.html, on July 13, 2007.

Nervous System. In website: A Review of the Universe. URL: http://universe-review.ca/R10-16-ANS.htm, on July 11, 2007.

Robin, H., Schmidt, J. W., & Shamantics (2006). **Consciousness Studies**. In website: Wikibooks, the open-content textbooks collection. URL: http://wikimedia.org/wikibooks/en/b/bb/Consciousness_studies.pdf, Edition 1.0 March12, 2006.

Seymour, Papert (1999). **Time 100: Jean Piaget**. An article from the March 29, 1999 issue of TIME magazine. In website: Time 100: Scientist and Thinkers. URL: http://www.time.com/time/time100/scientist/profile/piaget.html, on July 9, 2007.

Theunissen, Federic (2005). **Stress, Memory and Aging**. Lecture notes. In website: Psych 114: The Biological Basis of Learning and Memory. URL: http://socrates.berkeley.edu/~psy114/week14_lecture.html, on July 10, 2007.

Vilis, Tutis (2006). **Basal Ganglia and Cerebellum**. In website: Home Page -Meds 1 Neurophysiology. Department of Physiology and Pharmacology University of Western Ontario London, Ontario Canada. URL: http://www.physpharm.fmd.uwo.ca/undergrad/medsweb/L9CerBG/M9CerBG.pdf, on Feb 24, 2007.

Credits

หนังสือ เอกสาร เว็บไซต์ต่างๆ ที่ระบุรายชื่อไว้แล้วข้างต้น เป็นต้นทางความรู้ อันเป็นที่มาของข้อมูลทั้งเนื้อหาและภาพในหนังสือนี้

คำสำคัญในบทที่ 11 คือ "วงจรพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้" (วงจรพื้นฐานสำหรับทำความเข้าใจ) เป็นคำและแนวความคิดที่ได้จาก วิวัฒน์ แต่งอักษร (2006), ชื่อบทความ เมื่อสมองสร้างวงจรพื้นฐานไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ (Neural Circuits Insufficiency for Learning Syndrome (NILS)).

ภาพโลกที่ใช้ประกอบภาพในหน้า 8, 96, 153, 177 ใช้ภาพจากเว็บไซต์ NASA Image eXchange (NIX)

image URL: http://nix.ksc.nasa.gov/info;jsessionid=2ac9unrdltlck?id=GL-2002-001476&orgid=6

not copyrighted (NASA)

ภาพคอมพิวเตอร์ในหน้า 102 จากภาพบนเว็บไซต์ Wikipedia

image URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:RS_Chess_Computer.JPG

Photographer releases all rights worldwide.
The copyright holder of this image allows anyone to use it for any purpose including unrestricted redistribution, commercial use, and modification.

ภาพ Purkinje cell ในหน้า 89 วาดขึ้นใหม่ จากภาพบนเว็บไซต์ Wikipedia

image URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Gray628.png

(This faithful reproduction of a lithograph plate from Gray's Anatomy, a two-dimensional work of art, is not copyrightable in the U.S. as per Bridgeman ArtLibrary v. Corel Corp.: the same is also true in many other countries, including Germany. Unless stated otherwise, it is from the 20th U.S. edition of Gray's Anatomy of the Human Body, originally published in 1918 and therefore lapsed into the public domain. This image is in the public domain because its copyright has expired. This applies worldwide.)

ภาพ Hippocampus ในหน้า 36 จากภาพบนเว็บไซต์ Wikipedia

image URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:CajalHippocampus.jpeg

Pubilc domain; copyrighted expired.

ภาพ Cognition/emotion on anterior cingulate ในหน้า 172 วาดขึ้นใหม่ โดยใช้ข้อมูลจาก

Allman, John M., Hakeem, A., Erwin, Joseph M., Nimchinsky, E., & Hof, P. (2001). The anterior cingulate cortex: The evolution of an interface between emotion and cognition. In A. R. Damasio, A. Harrington, J. Kagan, B. S. McEwen, H. Moss, & R. Shikh (Editors), *Unity of knowledge: The convergence of natural and human sciences. Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 935,107-117. New York: The New York Academy of Sciences. และ

Color insert 12.2 ใน Banich, Marie T. (2004). Cognitive neuroscience and neuropsychology. Boston: Houghton Miffin Company. ซึ่งอ้างอิงข้อมูลต้นทางเดียวกันคือ

Bush, G., P. Luu, & M. Posner (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cognitive Sci.* 4: 215-222.

ภาพ The triune brain ในหน้า 166, 169 วาดขึ้นใหม่ จากภาพที่พบในเอกสารวิชาการทั่วไป ใช้เพื่ออ้างถึงงานของ Paul D. MacLean ภาพต้นฉบับปรากฏในหนังสือของเขา เช่น MacLean, Paul D. (1990). *The triune brain in evolution: Role in paleocerebral functions.* New York: Plenum Press (Springer).

ภาพ Piaget ในหน้า 245 จากภาพบนเว็บไซต์ Marxists Internet Archive

image URL: http://www.marxists.org/glossary/people/p/pics/piaget.gif

Public domain

บันทึกท้ายเล่ม และคำขอบคุณ

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ รวมทั้งรูป แผนภาพต่างๆ เป็นการเรียบเรียง/ทำขึ้นใหม่ (นอกจากภาพ ซึ่งระบุที่มาของภาพไว้) โดยอาศัยข้อมูลความรู้จากแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง ส่วนหนึ่งของแหล่งข้อมูลเหล่านั้น อยู่ในรายการเอกสารและแหล่งข้อมูลที่ได้ให้รายชื่อไว้แล้ว

ขอแสดงความรำลึกถึงและขอบคุณ สำหรับคุณูปการของผู้ที่ได้บุกเบิก สรรค์สร้าง สถาปนาความรู้เหล่านี้ไว้ เพื่อประโยชน์แห่งมวลมนุษย์และโลก และขอระลึกถึงชีวิตที่ได้เป็นทานสำหรับงานอันยังประโยชน์แก่ก้าวย่างแห่งความรู้เหล่านี้

เนื้อหาในหนังสือนี้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่แนะนำเข้าสู่อาณาจักรของความรู้เกี่ยวกับสมอง ผู้อ่านที่สนใจ ควรมีโอกาสสัมผัสแหล่งความรู้ที่ได้ให้รายชื่อไว้แล้วนี้ และแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เพื่อเพิ่มพูนสร้างความเข้าใจขึ้นในตนเอง ในแง่มุมที่กว้างขวางลุ่มลึกต่อไป

"The challenge of finding an ideal model animal in which a physical basis of memory formation might be revealed was taken up in the 1960s by E. R. Kandel, who eventually received the Nobel Prize in Physiology or Medicine in 2000 for his efforts on investigating the nervous system with Aplysia. The Aplysia did not share the prize, but his daughter Minouche at the age of seven has written a poem to enshrine the animal:

An aplisa is like a squishy snail.
In rain, in snow, in sleet, in hail.
When it is angry, it shoots out ink.
The ink is purple, it's not pink.
An aplisa cannot live on land.
It doesn't have feet so it can't stand.
It has a very funny mouth.
And in winter it goes to the south."

จาก Nervous System. บนเว็บไซต์ A Review of the Universe. URL: http://universe-review.ca/R10-16-ANS.htm.

ขอขอบคุณ

- ขอขอบคุณ *โครงการวิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษา* ของ สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (Institute for Gifted and Innovative Learning) ซึ่งผู้เขียนได้มีโอกาสร่วมทำงาน ในฐานะที่ปรึกษาโครงการ ในช่วงปี พ.ศ. 2547-2549 เป็นโอกาสอันสำคัญที่เราได้ร่วมกันพัฒนาแนวความคิด Brain-based Leraning ในบริบทโรงเรียนไทย และเป็นที่มาส่วนหนึ่งขององค์ความรู้ที่ปรากฏในหนังสือเล่มนี้

- ขอขอบคุณ โรงเรียนในโครงการวิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนระดับอนุบาลและประถมศึกษา ทุกโรงเรียน ดังรายชื่อต่อไปนี้ ซึ่งได้ร่วมมือกันพัฒนากระบวนการเรียนการสอน โดยใช้แนวคิดความเข้าใจเรื่องสมองเด็ก ทำให้เราได้มีโอกาสศึกษากระบวนการทำงานของผู้บริหาร คุณครู และนักเรียน อย่างใกล้ชิด
    - โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย จ.เชียงใหม่
    - โรงเรียนเทศบาลวัดพวกช้าง จ.เชียงใหม่
    - โรงเรียนบ้านโป่งแยงนอก จ.เชียงใหม่
    - โรงเรียนบ้านเจ้าทุ่ง จ.ศรีสะเกษ
    - โรงเรียนอนุบาลศรีสะเกษ จ.ศรีสะเกษ
    - โรงเรียนอนุบาลยางชุมน้อย จ.ศรีสะเกษ
    - โรงเรียนเทศบาลบ้านสุขสำราญ จ.อุบลราชธานี
    - โรงเรียนบ้านโนนแดง จ.อุบลราชธานี
    - โรงเรียนบางยี่ขันวิทยาคม กรุงเทพฯ
    - โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 55 (วัดโบสถ์ดอนพรหม) จ.นนทบุรี
    - โรงเรียนชุมชนบ้านทางควาย จ.สงขลา
    - โรงเรียนศิริพงศ์วิทยา จ.สงขลา

- ขอขอบคุณ โรงเรียนและศูนย์พัฒนาเด็กเล็กต่อไปนี้ ที่กรุณาให้เข้าสังเกตการสอนและบันทึกภาพ
    - โรงเรียนแม่ละงอง (เจ้าพ่อหลวงอุปถัมภ์ 2) จ.เชียงใหม่
    - โรงเรียนหนองแขม จ.เชียงใหม่
    - โรงเรียนรัปปาปอร์ต จ.เชียงใหม่
    - ศูนย์อนามัยที่ 10 เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
    - ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านหัวริน จ.เชียงใหม่



ขอขอบคุณ

- ขอขอบคุณ โรงเรียน เพื่อนนักวิชาการ คุณครู และครอบครัวดังต่อไปนี้เป็นพิเศษ ที่กรุณาให้ข้อคิด ความเห็น เปิดโอกาสให้สังเกตเรียนรู้ รวมทั้งได้ร่วมมือกันทดลองกระบวนการเรียนรู้ ที่อาศัยความเข้าใจเรื่องสมองมาเป็นฐานคิดสำคัญ
  - ผศ.ดร.วิวัฒน์ แต่งอักษร ผู้เชี่ยวชาญด้านสมอง ผู้ซึ่งได้ให้ความรู้ แง่คิด ข้อเสนอแนะ ร่วมกันศึกษา วิพากษ์วิจารณ์ ประเด็นต่างๆ เพื่อแสวงหาความรู้ด้าน Brain-based Learning อย่างกระตือรือร้น
  - ผศ.ดร.อำภาพร พัววิไล รักษาการรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ สถาบันวิทยาการการเรียนรู้ (เดิม) ที่กรุณาให้เก็บข้อมูลและถ่ายภาพต่างๆ ในโครงการวิจัยของสถาบัน อีกทั้งยังให้ความสนใจให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเขียนหนังสือเล่มนี้
  - ดร.สีลาภรณ์ บัวสาย ผู้ซึ่งกรุณาให้ความเห็นและข้อคิดต่างๆ เกี่ยวกับกระบวนการ Brain-based Learning
  - อ.สันติพงษ์ ช้างเผือก และคณะ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ลำปาง จากโครงการ BBL 4 U ของสถาบันคลังสมอง
  - โรงเรียนวัดเชิงกระบือ กรุงเทพฯ ซึ่งเป็นโรงเรียนแรกที่ผู้เขียนได้ทดลองทฤษฎี Brain-based Learning
  - โรงเรียนรุ่งอรุณ กรุงเทพฯ ที่ให้โอกาสเยี่ยมชมการบริหารและแนวทางการจัดการเรียนการสอน
  - อาจารย์พันธุ์ศักดิ์ ตั้งใจดี อาจารย์และคณะครูระดับประถมต้น-ระดับอนุบาล โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ทุกคนที่ได้ร่วมแลกเปลี่ยนความเห็นกับผู้เขียนอย่างจริงจัง ในกระบวนการแก้ปัญหาการเรียนการสอน

- ขอขอบคุณครอบครัวต่อไปนี้ ที่ได้ให้โอกาสสังเกตพฤติกรรมเด็ก และบันทึกภาพมาลงในหนังสือเล่มนี้
  - คุณเดือนฉาย รุ่มจิตร
  - คุณดวงภา ชุ่มใจ
  - คุณเพาะพนา เกียรติอนันต์
  - คุณบัณฑิต ทองทา
  - คุณเพ็ญศรี จันทร์แท่น
  - คุณกาญจนา แดงสัก
  - คุณศรีพรรณ์ วงค์จันทรติ๊บ
  - คุณชลธิชา แปงเอ้ย
  - คุณสันสนีย์ ปัญญารักษ์
  - คุณสุภาพร ปักษา
  - คุณแสงหล้า บุญสม



แนะนำสถาบัน

สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอน.)

Institute for Gifted and Innovative Learning (IGIL)

เป็นหน่วยงานเฉพาะด้านในสังกัดของสำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน) ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักนายกรัฐมนตรี ทำหน้าที่เป็นหน่วยงานแห่งชาติ ในการสร้างและส่งเสริมการจัดการสภาพแวดล้อมในสังคมไทยและสถาบันต่างๆ ในสังคม ให้ส่งเสริมและพัฒนาเด็กและเยาวชน ตามลำดับขั้นพัฒนาการของสมองแต่ละช่วงวัยอย่างเต็มตามศักยภาพ รวมถึงเป็นศูนย์กลางในการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับพัฒนาการของสมองแต่ละช่วงวัย และองค์ความรู้เกี่ยวกับการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ สำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในสังคมไทยอย่างเหมาะสม เพื่อยกระดับคุณภาพของเด็กและเยาวชนไทยอย่างกว้างขวาง ตลอดจนสร้างศักยภาพของคนไทยที่จะแข่งขันในระดับสากล

หนังสือวิชาการด้าน Brain-based Learning ที่จัดพิมพ์โดยสถาบัน

1. เด็กไทยใครว่าโง่
2. เรียนลึกรู้ไว ใช้สมองอย่างมีประสิทธิภาพ
3. สำนึกแห่งวินัย หัวใจแห่งการเรียนรู้
4. สมอง เรียน รู้
5. สมองวัยเริ่มเรียนรู้
6. ออกแบบกระบวนการเรียนรู้โดยเข้าใจสมอง
7. สอนภาษาไทย ต้องเข้าใจสมองเด็ก เล่ม 1 ช่วงชั้นที่ 1 (ป.1-ป.3)
8. สอนภาษาไทย ต้องเข้าใจสมองเด็ก เล่ม 2 ช่วงชั้นที่ 2 (ป.4-ป.6)

ผู้สนใจสามารถสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับเอกสารรายงานการวิจัยด้านการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพัฒนาการของสมองแต่ละช่วงวัย และด้านผู้มีความสามารถพิเศษเพิ่มเติมได้ตามที่อยู่และเว็บไซต์ของสถาบัน:

สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอน.)
Institute for Gifted and Innovative Learning (IGIL)
สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน) สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี

เลขที่ 1 อาคารคิวเฮ้าส์ ลุมพินี ชั้น 16
ถนนสาทรใต้ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 02-6862999 โทรสาร 02-6862901 www.igil.or.th

"ความรู้เกี่ยวกับ สมอง เรียน รู้ จะช่วยให้พ่อแม่เลี้ยงดูอบรมลูกได้ถูกวิธียิ่งขึ้น ช่วยให้ครูทำหน้าที่เป็นกัลยาณมิตรแห่งการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้บริหารองค์กรและเจ้าหน้าที่แผนกพัฒนาทรัพยากรมนุษย์จัดกระบวนการเรียนรู้แฝงฝังอยู่กับกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้บริหารท้องถิ่นและผู้บริหารประเทศจัด "โครงสร้างพื้นฐาน" เพื่อการเรียนรู้ของท้องถิ่นและประเทศได้ดียิ่งขึ้น และที่สำคัญที่สุด ช่วยให้บุคคลแต่ละคนดำเนินชีวิตเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ของตนเองได้ดียิ่งขึ้น

ท่านผู้อ่านพึงอ่านหนังสือเล่มนี้อย่างพินิจพิเคราะห์ว่ากระบวนการเรียนรู้แบบที่ยึดถือกันอยู่ในปัจจุบัน ส่วนไหนบ้างที่จะต้องเปลี่ยนแบบ "ยกเครื่อง" ใหม่หมดหรือแบบปฏิวัติ"

ศ. นพ. วิจารณ์ พานิช

ISBN 978-974-9772-49-2

ราคา 390 บาท