



โครงการทุนสนับสนุนการจัดทำตำราและหนังสือ
สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าที่ของประสาทขั้นสูง

อารมณ์และความจำ

Higher Brain Functions: Mood and Memory

รณิยา หาวิเศษ



โครงการทุนสนับสนุนการจัดทำตำราและหนังสือ
สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง



หน้าที่ของประสาทขั้นสูง อารมณ์และความจำ

Higher Brain Functions: Mood and Memory

รณิยา หาวิเศษ



โครงการทุนสนับสนุนการจัดทำตำราและหนังสือ
สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ชื่อหนังสือ หน้าที่ของประสาทขั้นสูง: อารมณ์และความจำ
Higher Brain Functions: Mood and Memory

ผู้แต่ง ธนียา หวี่เศษ

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2566 จำนวน 5,000 เล่ม

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ธนียา หวี่เศษ.

หน้าที่ของประสาทขั้นสูง: อารมณ์และความจำ (Higher Brain Functions: Mood and Memory).-- เชียงราย : สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2566.

414 หน้า.

1. ประสาทวิทยา. I. ชื่อเรื่อง.

616.8

ISBN 978-616-470-081-9

ผู้จัดพิมพ์ โครงการทุนสนับสนุนการจัดทำตำราและหนังสือ
สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุต อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย 57100
โทรศัพท์: 0 5391 7897 ต่อ 8080
อีเมล: mlil@mfu.ac.th
เว็บไซต์: mlil.mfu.ac.th

ผู้จัดจำหน่าย บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

ออกแบบปก นางสาวผกากรอง ปันทะนัน

จัดรูปเล่ม นางสาวรุ่งอรุณ รุ่งรัตนกาล

พิมพ์ที่ สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ราคา 250 บาท

หนังสือเล่มนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

กิตติกรรมประกาศ

หนังสือเล่มนี้สำเร็จด้วยดีเนื่องด้วยกำลังใจจากครอบครัว พี่น้อง และเพื่อนพ้องทุกคน ผู้เขียนขอระลึกถึงพระคุณของบิดามารดาผู้ให้กำเนิด ส่งเสริม สนับสนุน ให้ความรัก ความเข้าใจ การดูแลเอาใจใส่จนเติบโตเป็นอาจารย์ประจำสำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตลอดจนพี่สาวและพี่ชายที่น่ารัก ผู้คอยอยู่เคียงข้างทุกความสำเร็จและเป็นกำลังใจที่สำคัญในยามอ่อนล้า หมดแรง ให้ลุกขึ้นสู้ใหม่อีกครั้ง

กราบระลึกถึงพระคุณของครูอาจารย์ทุกท่าน ผู้คอยให้ความรู้ คำแนะนำในด้านการเรียน และการดำรงชีวิต ตลอดจนปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรมอันดี เพื่อหล่อหลอมให้ศิษย์เติบโตขึ้นมา เป็นคนที่มีความรับผิดชอบและมีบทบาทหน้าที่ความเป็นอาจารย์เพื่อถ่ายทอดความรู้แก่ลูกศิษย์ ในรุ่นต่อไป

ขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.จินตนาภรณ์ วัฒนธร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร มัชฌิมะปุระ อาจารย์ประจำภาควิชาสรีรวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาจารย์ผู้ถ่ายทอดความรู้ อบรม สั่งสอนในด้านการเรียน การทำวิจัย ตลอดจนแนะนำเรื่องการใช้ชีวิตทำให้เป็นคนที่มีความ มุ่งมั่นและพยายามที่จะพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

ขอบคุณอาจารย์ปยุตยวีร์ จิระรัตนวรรณ และอาจารย์ ดร.กิริติ์การ สมส่วน อาจารย์ประจำ สำนักวิชาแพทยศาสตร์ สาขาการพยาบาลศาสตร ผู้ช่วยอ่านเนื้อหา แก้ไข และเสนอแนะเพิ่มเติมเรื่อง การเจริญเติบโตและพัฒนาของระบบประสาท

ขอบคุณนางสาวทิชัมพร พรไพบูลย์พงษ์ บัณฑิตเกียรตินิยมอันดับหนึ่งเหรียญทอง สาขา แพทย์แผนไทยประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ลูกศิษย์ที่น่ารัก ผู้ช่วยเก็บข้อมูลวิจัย วาดรูปภาพ ประกอบหนังสือที่สวยงามด้วยความตั้งใจ ขอให้หนูประสบความสำเร็จในชีวิตทั้งด้านการศึกษาต่อ และการทำงาน

ขอบพระคุณคณบดี คณาจารย์ และพนักงานฝ่ายสนับสนุน สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงทุกท่านที่เป็นแรงผลักดันทำให้ผู้เขียนมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาตนเอง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การทำงานในมหาวิทยาลัยแห่งนี้เต็มเปี่ยมไปด้วยความสุขและมีมิตรภาพไมตรี ที่ดีต่อกัน

สุดท้ายนี้ขอบคุณสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ผู้ให้ทุนสนับสนุน การจัดทำหนังสือ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยติดต่อประสานงาน ออกแบบปก และ จัดรูปเล่มหนังสือเล่มนี้ได้อย่างลงตัวและสวยงาม

ธนิยา ทาวิเศษ

คำนำ

ระบบประสาท มีบทบาทสำคัญในการควบคุมประสานการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ซึ่งอาศัยการควบคุมจากสมอง โดยมีเซลล์ประสาทและสารสื่อประสาทเป็นสื่อกลางในการนำสัญญาณประสาทเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ นอกจากนี้สมองยังมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการทำหน้าที่ขั้นสูงทางด้านภาษา การเรียนรู้ ความจำ อารมณ์ และพฤติกรรม ซึ่งหนังสือเล่มนี้ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานของระบบประสาท เซลล์ประสาท การส่งสัญญาณประสาทระหว่างไซแนปส์เพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ประสาท รวมถึงสารสื่อประสาทตัวรับสารสื่อประสาทแต่ละชนิด การทำหน้าที่ขั้นสูงของสมองส่วนเซรีบรัลคอร์เทกซ์ ระบบลิมบิก และไฮโปทาลามัสในด้านภาษา การเรียนรู้ ความจำ การแสดงออกทางอารมณ์และพฤติกรรม ตลอดจนการประยุกต์กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคทางความเสื่อมของระบบประสาท ความเครียด และการบำบัดด้วยกลืน

เนื้อหาของระบบประสาทมีความหลากหลายและซับซ้อน ทำให้ยากที่จะเขียนให้ครอบคลุมเนื้อหาทุกเรื่องของระบบประสาทโดยละเอียดได้ ดังนั้นแนวทางในการเขียนจึงมุ่งเน้นเฉพาะเนื้อหาบางส่วนของระบบประสาทที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับกระบวนการทำงานของระบบประสาท การติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ประสาท เพื่อทำหน้าที่ขั้นสูงของสมองที่เกี่ยวข้องกับภาษา การเรียนรู้ ความจำ อารมณ์ และพฤติกรรม เพื่อให้ผู้อ่านเกิดแนวคิด ความเข้าใจ และสอดแทรกการประยุกต์ใช้ในทางคลินิก โดยเรียบเรียงเนื้อหาให้อ่านเข้าใจง่าย มีภาพประกอบสวยงาม ชัดเจน พร้อมทั้งยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ในทางคลินิกและการประยุกต์ใช้กับงานวิจัย โดยหนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักศึกษาแพทย์ ทันตแพทย์ เกษตรศาสตร์ กายภาพบำบัด พยาบาล แพทย์แผนไทยประยุกต์ แพทย์แพทย์จีน สาธารณสุข และวิทยาศาสตร์สุขภาพสาขาอื่น ๆ ตลอดจนบุคลากรทางการแพทย์และผู้สนใจทั่วไป

คำศัพท์เฉพาะทางคลินิกและคำศัพท์ที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนอ้างอิงการเขียนโดยอยู่บนพื้นฐานพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 พจนานุกรมศัพท์แพทย์ พ.ศ. 2543 และคำศัพท์สรีรวิทยา พ.ศ. 2542 แต่มีคำศัพท์หลายคำที่ไม่ได้บัญญัติไว้ ทำให้ต้องใช้คำเดิมเป็นภาษาอังกฤษหรือใช้เป็นคำเทียบศัพท์ ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อย และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความเต็มใจ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้หนังสือเล่มนี้สมบูรณ์ขึ้นในโอกาสต่อไป

ธนิยา ทาวิเศษ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	III
คำนำ	IV
สารบัญ	V
บทที่ 1 บทนำสู่ระบบประสาท	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 1	1
การเจริญเติบโตและพัฒนาของระบบประสาท (growth and development of nervous system)	3
ระบบประสาท (nervous system)	5
ระบบประสาทกลาง (central nervous system)	7
สมอง (brain)	7
สมองส่วนหน้า (forebrain)	8
สมองส่วนกลาง (midbrain)	10
สมองส่วนหลัง (hindbrain)	11
เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia)	11
ก้านสมอง (brainstem)	11
สมองน้อย (cerebellum)	12
ไขสันหลัง (spinal cord)	12
เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังและน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (meninges and cerebrospinal fluid)	12
เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง (meninges)	13
น้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (cerebrospinal fluid)	14
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	15
โรคหลอดเลือดสมอง (cerebrovascular disease)	15
ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมอง (hydrocephalus)	16
การบาดเจ็บที่ไขสันหลัง (spinal cord injury)	17
ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system)	18
ปมประสาท (ganglia)	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เส้นประสาทสมอง (cranial nerve)	18
เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve)	23
ระบบประสาทรับความรู้สึก (sensory system)	24
ระบบประสาทสั่งการ (motor system)	26
ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system)	28
ระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nervous system)	28
ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (parasympathetic nervous system)	29
ผลของการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติต่ออวัยวะต่าง ๆ	30
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	34
ความผิดปกติของระบบประสาทอัตโนมัติ	34
สรุปบทที่ 1	38
คำถามท้ายบทที่ 1	41
เอกสารอ้างอิง	44
บทที่ 2 เซลล์ประสาท	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 2	47
โครงสร้างของเซลล์ประสาท (structure of neuron)	49
เซลล์ค้ำจุนประสาทหรือเซลล์เกลีย (neuroglia or glia cell)	57
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	61
โรคมัลติเพิลสเคอโรซิส (multiple sclerosis)	61
กลุ่มอาการกิลแลงบาร์เร (Guillain-Barré syndrome)	62
การแบ่งชนิดของเซลล์ประสาท	62
การแบ่งชนิดของเซลล์ประสาทตามลักษณะโครงสร้าง	62
การแบ่งชนิดของเซลล์ประสาทตามการทำงานที่	63
ช่องไอออนบนเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท	64
คุณสมบัติของช่องไอออน	65
ชนิดของช่องไอออน	65
ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane potential)	67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ขณะพัก (resting membrane potential)	67
สมดุลของศักย์ไฟฟ้า	69
ปั๊มโซเดียม-โพแทสเซียม (sodium-potassium pump)	70
กลไกการเกิดศักย์ทำงาน (action potential)	72
คุณสมบัติของศักย์ทำงาน	74
ศักย์ไฟฟ้าเฉพาะที่ (local potential)	75
การเคลื่อนของกระแสประสาท (nerve impulse propagation)	76
ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนของกระแสประสาท (factors of speed of propagation)	77
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	79
ปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของไอออนระหว่างภายในและภายนอกเซลล์	79
ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเทรชโฮลด์	80
ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานที่ผิดปกติของช่องไอออน	80
สรุปบทที่ 2	82
คำถามท้ายบทที่ 2	85
เอกสารอ้างอิง	88
บทที่ 3 การส่งสัญญาณประสาทผ่านไซแนปส์	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 3	91
จุดประสานประสาทและชนิดของจุดประสานประสาท (synapse and type of synapse)	93
จุดประสานไฟฟ้า (electrical synapse)	94
จุดประสานเคมี (chemical synapse)	96
สารสื่อประสาท (neurotransmitter)	98
การสร้างสารสื่อประสาท	98
การหลั่งสารสื่อประสาท	99
ปัจจัยที่มีผลต่อการหลั่งของสารสื่อประสาท	99
การหยุดฤทธิ์ของสารสื่อประสาท	100

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การออกฤทธิ์ของสารสื่อประสาท	100
ผลของสารสื่อประสาทต่อเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์	102
ศักย์กระตุ้นหลังไซแนปส์หรืออีพีเอสพี	102
ศักย์ยับยั้งหลังไซแนปส์หรือไอพีเอสพี	103
ชนิดของสารสื่อประสาท (type of neurotransmitter)	105
สารสื่อประสาทที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก (small molecule neurotransmitter)	107
อะเซทิลโคลีน (acetylcholine)	107
โดพามีน (dopamine)	111
นอร์เอพิเนฟรินและเอพิเนฟริน (norepinephrine and epinephrine)	115
ซีโรโทนิน (serotonin)	118
ฮิสตามีน (histamine)	123
กลูตาเมต (glutamate)	125
แกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิดหรือกาบา (GABA)	128
ไกลซีน (glycine)	130
พิวรีน (purine)	132
สารสื่อประสาทในกลุ่มนิวโรแอกทีฟเพปไทด์ (neuroactive peptide)	132
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	136
โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease)	136
โรคไมแอสทีเนียกราวิส (myasthenia gravis)	137
โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease)	138
โรคซึมเศร้า (depression)	138
โรคลมชัก (epilepsy)	139
ผลของยาหรือสารพิษต่อกระบวนการถ่ายทอดสัญญาณประสาทบริเวณไซแนปส์	139
สรุปบทที่ 3	141
คำถามท้ายบทที่ 3	147
เอกสารอ้างอิง	151

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทำหน้าที่ขั้นสูงของระบบประสาทด้านภาษา การเรียนรู้ และความจำ	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 4	155
ซีรีบรัลคอร์เทกซ์ (cerebral cortex)	157
หน้าที่ของสมองส่วนซีรีบรัลคอร์เทกซ์ (functions of cerebral cortex)	160
หลักการทำงานของซีกสมอง (concept of cerebral hemisphere)	165
ภาษา (language)	165
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	169
ความผิดปกติด้านภาษาหรืออะเฟเซีย (aphasia)	170
ความคิด (thought)	172
การเรียนรู้ (learning)	173
ความเคยชิน (habituation)	174
การเลียนแบบ (Imitation)	175
การลองผิดลองถูก (trial and error)	175
การเรียนรู้โดยการฝึก (conditioning learning)	176
การเรียนรู้จากการรับรู้ (perceptual learning)	176
ความจำ (memory)	178
สมองที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้และความจำ	178
กระบวนการรวบรวมความจำ (memory processing)	179
ชนิดของความจำ (types of memory)	179
ความจำสำหรับใช้งาน (working memory)	181
กลไกของการเกิดความจำระยะสั้น (mechanism of short-term memory)	182
กลไกการเกิดความจำระยะยาว (mechanism of long-term memory)	192
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	194
โรคออทิสติก (autism spectrum disorder)	194
โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease)	196
กลุ่มอาการคอร์ซาคอฟฟ์ (Korsakoff syndrome)	199

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปบทที่ 4	201
คำถามท้ายบทที่ 4	205
เอกสารอ้างอิง	209
บทที่ 5 การทำหน้าที่ขั้นสูงของระบบประสาทด้านอารมณ์และพฤติกรรม	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 5	213
อารมณ์ (emotion)	215
ประวัติความเป็นมาและทฤษฎีของอารมณ์ (history and theory of emotion)	217
ระบบลิมบิก (limbic system)	222
อะมิกดาลา (amygdala)	225
การศึกษาเงื่อนไขการหลีกหนีเกี่ยวข้องกับอะมิกดาลาต่อความกลัว	228
ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิกเพื่อศึกษาบทบาทของอะมิกดาลา ต่อการเรียนรู้ความกลัว	228
อะมิกดาลามีบทบาทเกี่ยวข้องกับความกลัวแบบไม่มีเงื่อนไขในสัตว์	229
อะมิกดาลามีบทบาทเกี่ยวข้องกับความกลัวแบบไม่มีเงื่อนไขในมนุษย์	230
สมองส่วนอื่นมีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางอารมณ์	231
ไฮโปทาลามัส (hypothalamus)	234
หน้าที่ทางพฤติกรรมของไฮโปทาลามัสและความสัมพันธ์กับระบบลิมบิก	237
หน้าที่ของระบบลิมบิกต่อแรงจูงใจ	238
สารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมทางอารมณ์	240
ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)	243
โรควิตกกังวล (anxiety disorder)	243
โรคติดแอลกอฮอล์ (alcoholism)	245
สรุปบทที่ 5	250
คำถามท้ายบทที่ 5	255
เอกสารอ้างอิง	259

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การประยุกต์กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคความเสื่อมของระบบประสาท	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 6	263
การศึกษาวิจัยในสัตว์ทดลอง (animal research study)	265
การเหนี่ยวนำให้สัตว์ทดลองเกิดโรคความเสื่อมของระบบประสาท	266
แบบจำลองโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease model)	266
การฉีดเอทิลโคลีนอะซิไรดิเนียม (AF64A injection)	266
การฉีดสโคโพลามีน (scopolamine injection)	266
การฉีดกลูตาเมตและสารที่มีโครงสร้างคล้ายกลูตาเมต	267
การฉีดเบตา-อะไมลอยด์ (β -amyloid injection)	267
หนูที่มีการกลายพันธุ์ของจีน (transgenic rats)	268
แบบจำลองโรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease model)	270
การฉีด 6-ไฮดรอกซีโดพามีน (6-OHDA injection)	270
การฉีด 1-เมทิล-4-ฟีนิล-1,2,3,6-เตตระไฮดรอกซีไพริดีน (MPTP injection)	270
หนูที่มีการกลายพันธุ์ของจีน (transgenic rats)	272
การศึกษาพฤติกรรมสัตว์ทดลองที่เกี่ยวข้องกับความจำ	275
มอริสวอเตอร์เมส (Morris water maze)	275
เรเดียลอาร์มเมส (radial arm maze)	276
วายเมส (Y maze)	278
โนเวลออบเจกต์เรคคอกนิชัน (novel object recognition)	279
เทคนิควิธีวิจัยทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ที่สัมพันธ์กับ	280
การเกิดโรคความเสื่อมทางระบบประสาทในสัตว์ทดลอง	
การศึกษาวิจัยในมนุษย์ (human research study)	282
เทคนิควิธีการตรวจการทำงานของสมองเพื่อใช้ในการวินิจฉัย	282
โรคทางระบบประสาท	
การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนายากลุ่มใหม่สำหรับรักษาโรคความเสื่อมของระบบประสาท	284
การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนายากลุ่มใหม่สำหรับรักษาโรคอัลไซเมอร์	284

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนากลุ่มใหม่สำหรับรักษาโรคพาร์กินสัน	286
สรุปบทที่ 6	289
คำถามท้ายบทที่ 6	292
เอกสารอ้างอิง	296
บทที่ 7 การประยุกต์กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเครียด	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 7	303
ความเครียดต่อการควบคุมอารมณ์และความจำ	305
วิธีการเหนี่ยวนำให้สัตว์ทดลองเกิดความเครียด	308
แบบจำลองความเครียดทางด้านจิตใจ (psychological stress models)	309
ความเครียดจากการแยกกรง (isolation stress)	309
ความเครียดจากเสียงดัง (noise stress)	309
ความมืด-ความสว่าง; ความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงนาฬิกาชีวภาพ (dark-light; circadian rhythm alteration stress)	309
ความเครียดหลังจากถูกล่า (predator exposure)	311
แบบจำลองความเครียดทางด้านร่างกาย (physical stress models)	312
ความเครียดจากการถูกจำกัดการเคลื่อนไหว (immobilization stress)	312
ความเครียดจากอุณหภูมิร้อนหรือเย็น (hot or cold temperature stress)	313
ความเครียดจากการถูกไฟฟ้าช็อตบริเวณเท้า (electrical foot shock stress)	313
ความเครียดเรื้อรังที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (chronic unpredictable stress)	314
การศึกษาพฤติกรรมสัตว์ทดลองที่เกี่ยวข้องกับภาวะวิตกกังวล	315
อิลีเวทพลัสเมส (elevated plus maze)	315
อิลีเวทซีโรเมส (elevated zero maze)	317
อิลีเวททีเมส (elevated T maze)	318
กล่องสว่าง-มืด (light-dark box)	320

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เครื่องมือทดสอบโฮลบอร์ด (hole-board test)	320
การศึกษาพฤติกรรมสัตว์ทดลองที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า	322
ฟอร์ซสวิมมิงเทสต์ (forced swimming test)	322
เทลซัสเพนชันเทสต์ (tail suspension test)	323
ซูโครสพรีเฟอเรนซ์เทสต์ (sucrose preference test)	324
การศึกษากลไกที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับการเกิดความเครียด	325
สรุปบทที่ 7	328
คำถามท้ายบทที่ 7	331
เอกสารอ้างอิง	335
บทที่ 8 การประยุกต์กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดด้วยกลิ่น	
วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 8	339
กลไกการรับกลิ่นต่ออารมณ์และความจำ	341
ผลของน้ำมันหอมระเหยต่อระบบประสาท	344
ความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยต่อระดับสารสื่อประสาทในสมอง	345
ความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยต่อการสร้างเซลล์ประสาทใหม่และนิวโรโทรฟิกแฟกเตอร์	346
ความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมการหลั่งฮอร์โมน	347
ความสัมพันธ์ของน้ำมันหอมระเหยต่อความเครียดออกซิเดชันและการอักเสบ	348
การศึกษาวิจัยกลิ่นลาเวนเดอร์บำบัดต่ออารมณ์และความจำ	349
การศึกษาวิจัยกลิ่นส้มบำบัดต่ออารมณ์และความจำ	351
การศึกษาวิจัยกลิ่นกาแฟบำบัดต่ออารมณ์และความจำ	352
สรุปบทที่ 8	354
คำถามท้ายบทที่ 8	356
เอกสารอ้างอิง	359
เฉลยคำถามท้ายบท	364
ดัชนี	367
ประวัติผู้เขียน	389

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 แสดงชนิดและหน้าที่ของเส้นประสาทสมอง 12 คู่	22
ตารางที่ 1-2 เปรียบเทียบความแตกต่างของระบบประสาทกายและระบบประสาทอัตโนมัติ	27
ตารางที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและการหุ้มของปลอกไมอีลินของเส้นประสาทต่อความเร็วในการเคลื่อนของกระแสประสาท	78
ตารางที่ 3-1 สรุปคุณสมบัติของการจุดประสาไฟฟ้าและจุดประสานเคมี	97
ตารางที่ 3-2 เปรียบเทียบคุณลักษณะที่สำคัญของการเกิดศักย์ทำงาน (action potential) และศักย์ไฟฟ้าหลังไซแนปส์ (post synaptic potential)	105
ตารางที่ 3-3 แสดงสารสื่อประสาทที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก ชนิดของสารตั้งต้นและการออกฤทธิ์	106
ตารางที่ 3-4 แสดงชนิดของตัวรับมัสคารินิก (muscarinic receptor) และบริเวณที่พบ	111
ตารางที่ 3-5 แสดงตัวรับของซีโรนินในสมอง หน้าที่ และความสัมพันธ์กับการเกิดโรค	121
ตารางที่ 3-6 แสดงสารสื่อประสาทที่มีขนาดเล็กและนิวโรเพปไทด์ พบคู่กันบริเวณไซแนปส์	136
ตารางที่ 4-1 แสดงความผิดปกติทางภาษาที่พบทางคลินิก	171
ตารางที่ 5-1 แสดงการตรวจพบทางพยาธิวิทยาในระบบประสาท (neuropathological findings) ต่อการเปลี่ยนแปลงอารมณ์และพฤติกรรม	233
ตารางที่ 6-1 แสดงการพัฒนาต้นแบบการกลายพันธุ์ของจีนที่เกี่ยวข้องกับโรคอัลไซเมอร์	269
ตารางที่ 6-2 แสดงผลของ MPTP และ 6-OHDA ที่เกิดขึ้นหลังใช้และข้อจำกัดในการใช้	271
ตารางที่ 6-3 แสดงการพัฒนาต้นแบบการกลายพันธุ์ของจีนที่เกี่ยวข้องกับโรคพาร์กินสัน	272

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1-1 แสดงการเจริญและพัฒนาของระบบประสาท	4
รูปที่ 1-2 แสดงแผนภูมิการแบ่งโครงสร้างของระบบประสาท	7
รูปที่ 1-3 แสดงสมองส่วนต่าง ๆ และสมองกลีบต่าง ๆ	10
รูปที่ 1-4 แสดงภาพตัดขวางของไขสันหลัง	13
รูปที่ 1-5 แสดงโพรงสมองและช่องทางติดต่อระหว่างโพรงสมอง	15
รูปที่ 1-6 แสดงตำแหน่งของเส้นประสาทสมองและอวัยวะแสดงผลของเส้นประสาทสมอง	20
รูปที่ 1-7 แสดงเส้นประสาทไขสันหลัง	24
รูปที่ 1-8 เปรียบเทียบโครงสร้างของระบบประสาทกายและระบบประสาทอัตโนมัติ	28
รูปที่ 1-9 เปรียบเทียบโครงสร้างของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก	30
รูปที่ 1-10 เปรียบเทียบผลการตอบสนองของร่างกายจากการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก	33
รูปที่ 1-11 แสดงระบบประสาทควบคุมการถ่ายปัสสาวะ	36
รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเซลล์ประสาท	50
รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะโครงสร้างของไมโครทิวบูล	52
รูปที่ 2-3 แสดงลักษณะโครงสร้างของนิวโรฟิลาเมนต์	53
รูปที่ 2-4 แสดงลักษณะโครงสร้างของไมโครฟิลาเมนต์	54
รูปที่ 2-5 แสดงลักษณะโครงสร้างของแอกซอน	55
รูปที่ 2-6 แสดงการขนส่งในแอกซอน	56
รูปที่ 2-7 แสดงโครงสร้างของเซลล์ก้ำจุนประสาทในระบบประสาทกลางและระบบประสาทส่วนปลาย	57
รูปที่ 2-8 แสดงชนิดและลักษณะโครงสร้างของแอสโตรไซต์	58
รูปที่ 2-9 แสดงหน้าที่ของแอสโตรไซต์เพื่อช่วยในกระบวนการติดต่อระหว่างเซลล์และกำจัดสิ่งแปลกปลอม	60
รูปที่ 2-10 แสดงชนิดของเซลล์ประสาทแบ่งตามลักษณะโครงสร้าง	63
รูปที่ 2-11 แสดงชนิดของเซลล์ประสาทแบ่งตามการทำหน้าที่	64

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2-12 แสดงช่องไอออนบนเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท	66
รูปที่ 2-13 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ขณะพัก	68
รูปที่ 2-14 แสดงการทำงานของปั๊มโซเดียม-โพแทสเซียม	72
รูปที่ 2-15 แสดงกลไกการเกิดศักย์ทำงาน	73
รูปที่ 2-16 แสดงกลไกการตอบสนองต่อการกระตุ้นในระยะดีของเซลล์ประสาท	75
รูปที่ 2-17 แสดงการเคลื่อนของกระแสประสาทบนแอกซอนในเส้นประสาทชนิดมีไมอีลิน	76
รูปที่ 3-1 แสดงการไซแนปส์ระหว่างเซลล์ประสาท	94
รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะโครงสร้างบริเวณจุดประสานไฟฟ้า	95
รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะโครงสร้างบริเวณจุดประสานเคมี	96
รูปที่ 3-4 แสดงการออกฤทธิ์ของสารสื่อประสาทเมื่อจับกับตัวรับของสารสื่อประสาท	102
รูปที่ 3-5 แสดงศักย์กระตุ้นหลังไซแนปส์และศักย์ยับยั้งหลังไซแนปส์	103
รูปที่ 3-6 แสดงการรวมของสัญญาณประสาทหลังไซแนปส์	104
รูปที่ 3-7 แสดงวิถีประสาทโคลิเนอร์จิกในสมอง	108
รูปที่ 3-8 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง การขนส่งกลับ และการทำลายอะเซทิลโคลีน	109
รูปที่ 3-9 แสดงวิถีประสาทโดพามิเนอร์จิกในสมอง	113
รูปที่ 3-10 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง และการทำลายโดพามีน	114
รูปที่ 3-11 แสดงวิถีประสาทนอร์แอดรีเนอร์จิกในสมอง	116
รูปที่ 3-12 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง การทำลายนอร์เอพิเนฟรินและเอพิเนฟริน	117
รูปที่ 3-13 แสดงวิถีประสาทของซีโรโทเนอร์จิกในสมอง	119
รูปที่ 3-14 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง และการทำลายซีโรโทนิน	120
รูปที่ 3-15 แสดงวิถีประสาทของเซลล์ประสาทฮิสตามิเนอร์จิกในสมอง	123
รูปที่ 3-16 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง การขนส่งกลับ และการทำลายกลูตาเมต	126
รูปที่ 3-17 แสดงโครงสร้างของตัวรับกลูตาเมต ชนิด ionotropic receptor	127
รูปที่ 3-18 แสดงวิถีประสาทของเซลล์ประสาทกาบาในสมอง	128
รูปที่ 3-19 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง การขนส่งกลับ และการทำลายกาบา	129

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

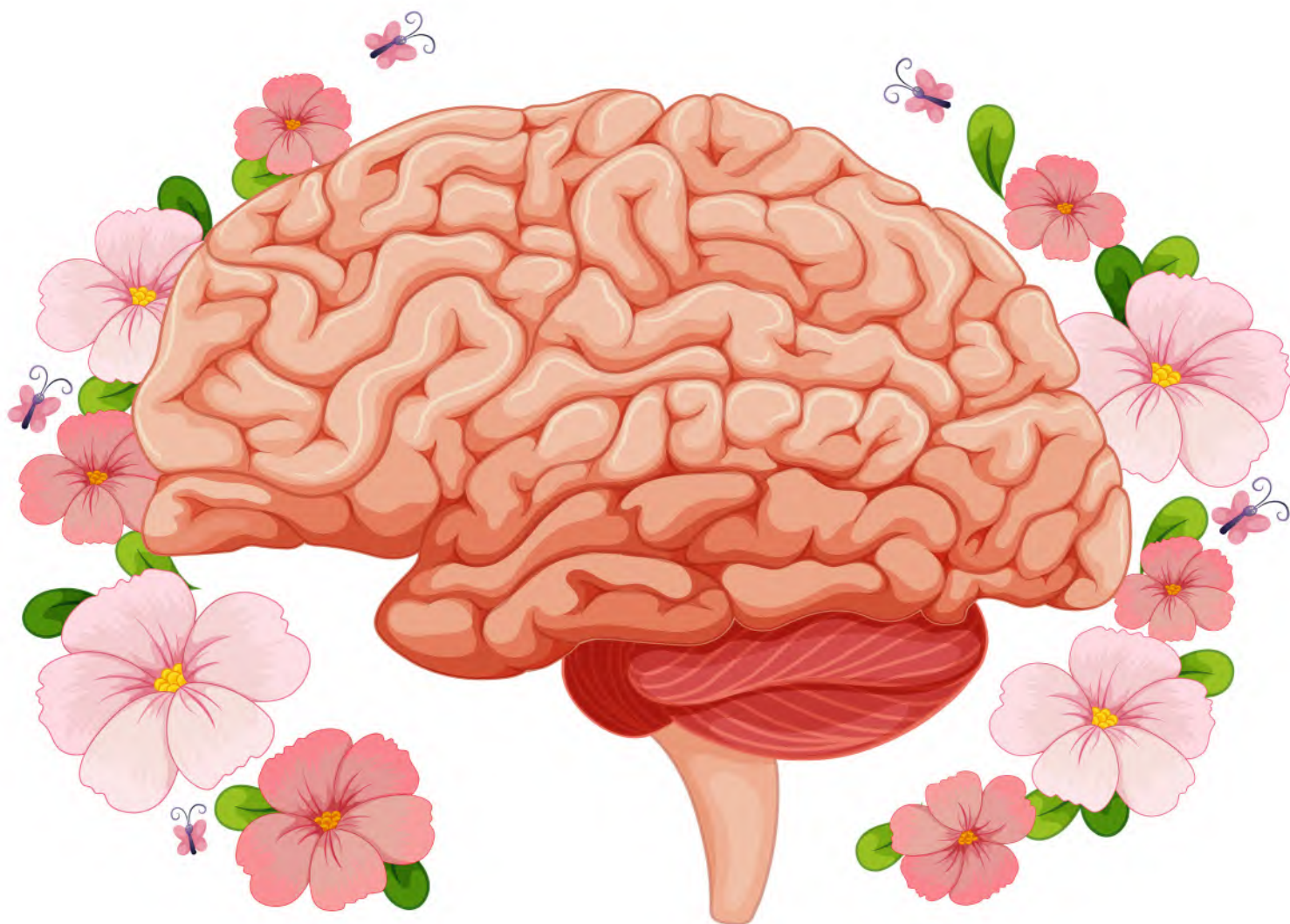
	หน้า
รูปที่ 3-20 แสดงโครงสร้างตัวรับกาบาชนิด GABA _A receptor และ GABA _B receptor	130
รูปที่ 3-21 แสดงกลไกการสร้าง การหลั่ง การขนส่งกลับ และการทำลายไกลซีน	131
รูปที่ 3-22 แสดงการหลั่งของสารสื่อประสาทที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก และกลุ่มนิวโรแอคทีฟเพปไทด์	135
รูปที่ 4-1 แสดงโครงของเซรีบรัลคอร์เทกซ์	159
รูปที่ 4-2 แสดงบริเวณต่าง ๆ ของเซรีบรัลคอร์เทกซ์	163
รูปที่ 4-3 แสดงวิถีประสาทจากบริเวณสมองที่ควบคุมการได้ยินไปยังสมองส่วนที่ควบคุมการพูด	167
รูปที่ 4-4 แสดงวิถีประสาทจากบริเวณสมองที่ควบคุมการมองเห็นไปยังสมองส่วนที่ควบคุมการพูด	168
รูปที่ 4-5 แสดงการเรียนรู้แบบกระตุ้นซ้ำ ๆ ส่งผลทำให้การตอบสนองเพิ่มขึ้น	175
รูปที่ 4-6 แสดงใยประสาทคอร์ปัสคัลโลซัมและใยประสาทเชื่อมแนวกลางด้านหน้า ซึ่งเชื่อมระหว่างสมองซีกซ้ายและซีกขวา	177
รูปที่ 4-7 แสดงชนิดของความจำระยะยาว	181
รูปที่ 4-8 แสดงการกระตุ้นปลายแอกซอนบนเซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์แบบต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์	183
รูปที่ 4-9 แสดงการตอบสนองจากการกระตุ้นเซลล์ประสาทบริเวณไซแนปส์ด้วยความถี่สูง และความถี่ต่ำ	185
รูปที่ 4-10 แสดงวิถีประสาทในสมองส่วนฮิปโปแคมปัสในการทำให้เกิดศักยภาพระยะยาว เพื่อเพิ่มสมรรถนะการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ประสาท	186
รูปที่ 4-11 แสดงการเกิดศักยภาพระยะยาวเพื่อเพิ่มสมรรถนะการติดต่อสื่อสารระหว่างเซลล์ประสาท	190
รูปที่ 4-12 แสดงกลไกการเกิด long-term potential และ long-term depression	191
รูปที่ 4-13 แสดงความผิดปกติของสมองส่วนต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคออทิสติก	196
รูปที่ 4-14 แสดงความผิดปกติของเซลล์ประสาทที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคอัลไซเมอร์	198
รูปที่ 4-15 แสดงความผิดปกติของสมองในผู้ป่วยติดแอลกอฮอล์เรื้อรัง	200

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5-1 แสดงกลไกการควบคุมของระบบประสาทต่อการตอบสนองทางอารมณ์	216
รูปที่ 5-2 แสดงทฤษฎี “Peripheral feedback theory”	218
รูปที่ 5-3 แสดงพฤติกรรมก้าวร้าว ซึ่งเกิดจากการตัดสมองที่ตำแหน่งต่าง ๆ	219
รูปที่ 5-4 แสดงทฤษฎี “Central theory”	220
รูปที่ 5-5 แสดงทฤษฎี “Papez circuit theory”	221
รูปที่ 5-6 แสดงการติดต่อระหว่างโครงสร้างที่อยู่ด้านในของระบบลิมบิก	223
รูปที่ 5-7 แสดงสมองของระบบลิมบิก	224
รูปที่ 5-8 แสดงกลุ่มนิวเคลียสในอะมิกดาลาและการติดต่อกับสมองส่วนต่าง ๆ	227
รูปที่ 5-9 แสดงวงจรประสาทระหว่างที่มีเงื่อนไขความกลัวและการตอบสนองต่อความกลัว	229
รูปที่ 5-10 แสดงกลุ่มนิวเคลียสในไฮโปทาลามัสและการติดต่อกับสมองส่วนต่าง ๆ	235
รูปที่ 5-11 แสดงกลุ่มนิวเคลียสในไฮโปทาลามัสและการทำหน้าที่ของไฮโปทาลามัส	237
รูปที่ 5-12 แสดงทฤษฎีของสี่ต่อการรับรู้ทางอารมณ์พื้นฐาน	241
รูปที่ 5-13 แสดงผลของการตีมีแอลกอฮอล์ที่มีต่อระบบประสาทกลางแบบเฉียบพลัน	246
รูปที่ 5-14 แสดงผลของการตีมีแอลกอฮอล์ที่มีต่อระบบประสาทกลางแบบเรื้อรัง	247
รูปที่ 5-15 แสดงผลของแอลกอฮอล์ต่อระบบสารสื่อประสาทบริเวณศูนย์การได้รับรางวัล	248
รูปที่ 6-1 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินความจำด้วย Morris water maze	276
รูปที่ 6-2 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินความจำด้วย radial arm maze	277
รูปที่ 6-3 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินความจำด้วย Y maze	278
รูปที่ 6-4 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินความจำด้วย novel object recognition	280
รูปที่ 7-1 แสดงความเครียดส่งผลต่อการหลั่งคอร์ติซอลและผลต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย	306
รูปที่ 7-2 แสดงความเครียดส่งผลต่อการหลั่งคอร์ติซอล	308
รูปที่ 7-3 แสดงการควบคุมนาฬิกาชีวภาพของวงจรการหลับการตื่น	310
รูปที่ 7-4 แสดงความเครียดหลังจากถูกล่าในหนูทดลอง	311
รูปที่ 7-5 แสดงความเครียดจากการถูกจำกัดการเคลื่อนไหวในหนูทดลอง	312
รูปที่ 7-6 แสดงความเครียดจากการถูกไฟฟ้าช็อตบริเวณเท้าในหนูทดลอง	314

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 7-7 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะวิตกกังวลด้วย elevated plus maze	316
รูปที่ 7-8 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะวิตกกังวลด้วย elevated zero maze	317
รูปที่ 7-9 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะวิตกกังวลด้วย elevated T maze	319
รูปที่ 7-10 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะวิตกกังวลด้วย light-dark box	320
รูปที่ 7-11 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะวิตกกังวลด้วย hole-board test	321
รูปที่ 7-12 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะซึมเศร้าด้วย forced swimming test	322
รูปที่ 7-13 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะซึมเศร้าด้วย tail suspension test	323
รูปที่ 7-14 แสดงเครื่องมือทดสอบเพื่อประเมินภาวะซึมเศร้าด้วย sucrose preference test	324
รูปที่ 8-1 แสดงบริเวณโพรงจมูกซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาทรับกลิ่น เซลล์ค้ำจุน และเซลล์พื้นฐานที่ฝังอยู่บริเวณเยื่อบุผิว	342
รูปที่ 8-2 แสดงวิถีประสาทการรับกลิ่น	343
รูปที่ 8-3 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการควบคุมของสารสื่อประสาท การสร้างใหม่ของเซลล์ประสาท การควบคุมการหลั่งของฮอร์โมน การเกิดความเครียดออกซิเดชันและการอักเสบ	345

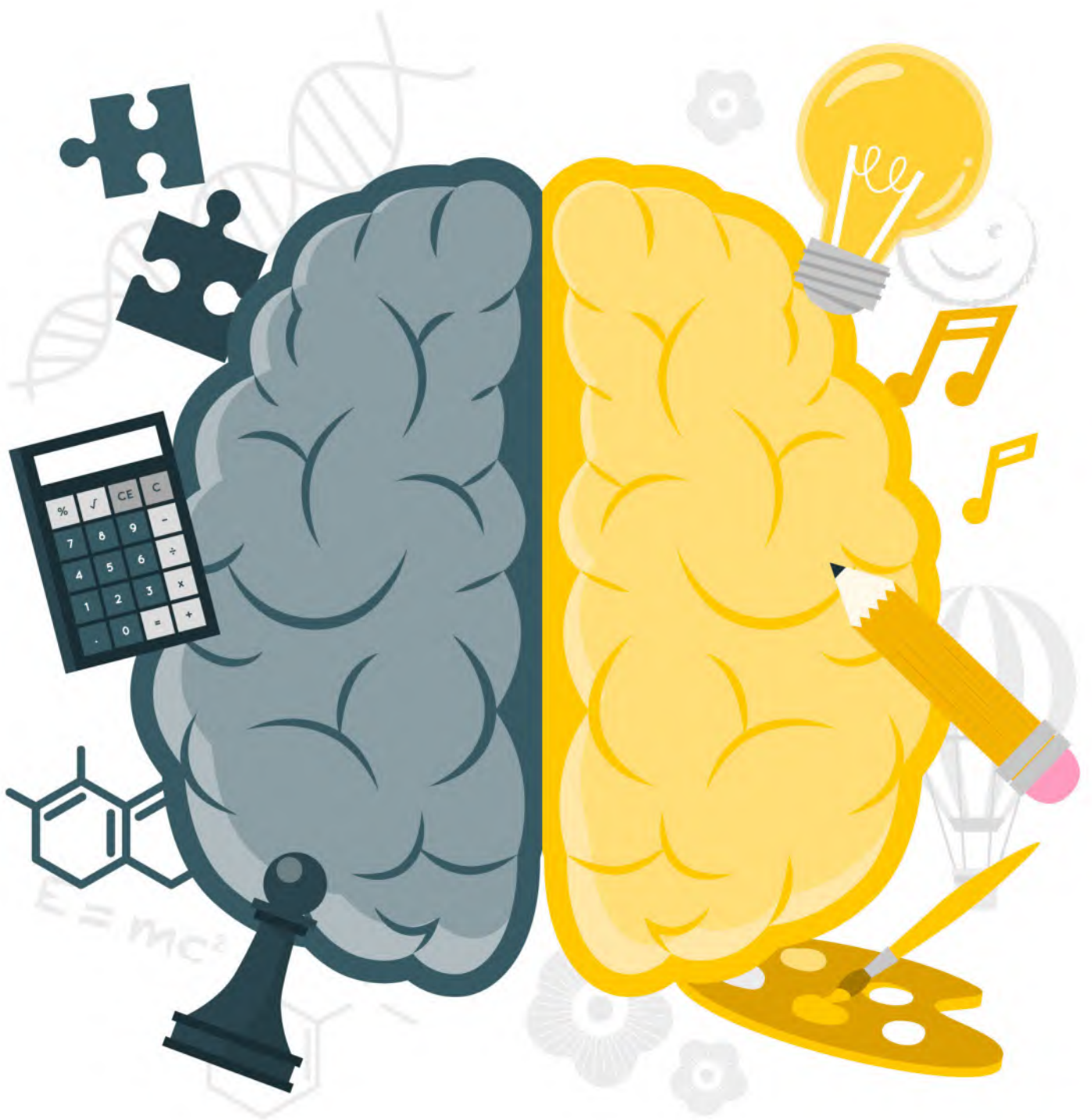


บทที่ 1

บทนำสู่ระบบประสาท

วัตถุประสงค์การเรียนรู้บทที่ 1

1. อธิบายการเจริญเติบโตและการพัฒนาของระบบประสาท
2. อธิบายลักษณะโครงสร้างและชนิดของระบบประสาท
3. อธิบายความแตกต่างของระบบประสาทกลางและระบบประสาทส่วนปลาย
4. อธิบายลักษณะและการทำงานของระบบประสาทรับความรู้สึกและระบบประสาทสั่งการ
5. อธิบายความแตกต่างของระบบประสาทกายและระบบประสาทอัตโนมัติ
6. อธิบายการทำหน้าที่และการควบคุมของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก
7. อธิบายลักษณะโครงสร้าง หน้าที่ของสมองส่วนต่าง ๆ และไขสันหลัง
8. อธิบายโครงสร้างของโพรงสมองและช่องทางติดต่อระหว่างโพรงสมอง
9. อธิบายหน้าที่ของเส้นประสาทสมองทั้ง 12 คู่
10. อธิบายโครงสร้างของเส้นประสาทไขสันหลัง
11. นำความรู้พื้นฐานของระบบประสาท สมอง ไขสันหลัง เส้นประสาทสมอง และเส้นประสาทไขสันหลังไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก

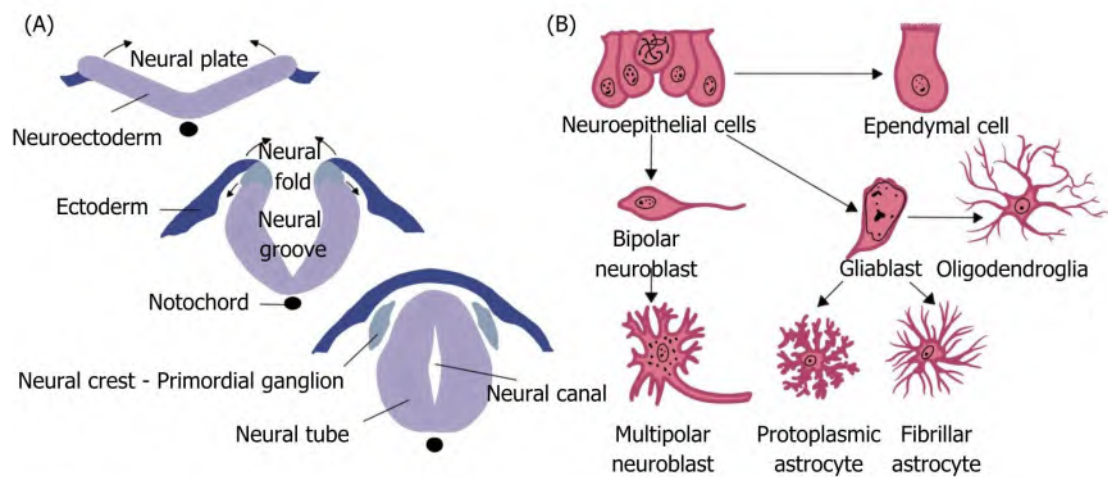


บทนำสู่ระบบประสาท

ระบบประสาท (nervous system) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและประสานการทำงานของร่างกายในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกร่างกาย ตลอดจนควบคุมการทำงานของร่างกายทั้งจากภายในและภายนอกอำนาจจิตใจ เพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นหรือเกิดผลต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย เพื่อรักษาการทรงสภาพปกติในร่างกาย (homeostasis) เช่น การปรับตัวของร่างกายเมื่อต้องเผชิญกับอากาศหนาวเย็น กล้ามเนื้อจะเกิดอาการสั่นเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกาย ฯลฯ

การเจริญเติบโตและพัฒนาของระบบประสาท (growth and development of nervous system)

ระยะตัวอ่อนและระยะแรกหลังคลอด เซลล์ประสาทเจริญมาจากเนื้อเยื่อต้นกำเนิดชั้นนอกสุด (ectoderm) ที่ได้รับการกระตุ้นให้มีการหนาตัวขึ้น เกิดเป็นแผ่น เรียกว่า นิวรัลเพลต (neural plate) ซึ่งเนื้อเยื่อบริเวณดังกล่าวจะเรียกว่า นิวโรเอกโทเดิร์ม (neuroectoderm) จากนั้นขอบด้านข้างของนิวรัลเพลตจะยกตัวสูงขึ้น เรียกว่า นิวรัลโฟลด์ (neural folds) เกิดเป็นร่องที่อยู่ระหว่างนิวรัลโฟลด์ทั้งสองข้าง เรียกว่า ร่องนิวรัล (neural groove) ช่วงประมาณสัปดาห์ที่ 3 ของพัฒนาการระบบประสาท นิวรัลโฟลด์ที่ยกตัวสูงขึ้นจะมาชิดกันและประสานกันในแนวกกลางทำให้เกิดโครงสร้างของระบบประสาท มีลักษณะคล้ายท่อเรียกว่า ท่อนิวรัล (neural tube) ดังแสดงในรูปที่ 1-1A ซึ่งภายในท่อนิวรัลจะประกอบด้วย เซลล์นิวโรอีพิทีเลียม (neuroepithelial cells) ซึ่งต่อมาจะเจริญพัฒนาเป็นเซลล์ประสาทที่เรียกว่า นิวโรบลาสต์ (neuroblast) และเซลล์เกลีย (glia cell) ดังแสดงในรูปที่ 1-1B ซึ่งนิวโรบลาสต์จัดเป็นเซลล์ประสาทดั้งเดิม (primitive nerve cells) โดยจะเคลื่อนตัวออกจากชั้นในสุดของเนื้อเยื่อนิวโรอีพิทีเลียม ซึ่งอยู่ชิดกับโพรงสมองเพื่อส่งต่อไปยังบริเวณต่าง ๆ และมีการเจริญต่อไปเป็นเซลล์ประสาทและเปลี่ยนรูปเพื่อทำหน้าที่จำเพาะ (differentiation) ตลอดจนสร้างแขนงของแอกซอน (axon) และเดนไดรต์ (dendrite) เพื่อยื่นไปไซแนปส์หรือประสานประสาท (synapse) กับเซลล์ประสาทอื่นต่อไป¹



รูปที่ 1-1 แสดงการเจริญและพัฒนาของระบบประสาท

(A) การเจริญและพัฒนาของระบบประสาทกลาง; (B) จุดเริ่มต้นของการสร้างเซลล์ประสาทและเซลล์เกลีย
(ที่มา: ดัดแปลงมาจาก "เอกสารอ้างอิงที่ 1")

เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 ปลายของท่อนิวรัลจะปิดสนิทเพื่อพัฒนาเป็นสมองและไขสันหลัง โดยช่องว่างกลาง (neural canal) ภายในท่อนิวรัลจะพัฒนาต่อไปเป็นระบบช่องว่างในสมองและไขสันหลัง (ventricular system) บริเวณด้านในท่อนิวรัลจะมีการเปลี่ยนรูปของเซลล์เพื่อทำหน้าที่จำเพาะเป็นระบบท่อขวาง (transversal systems) ซึ่งในระยะแรกท่อนิวรัลจะพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ สมอง ซึ่งอยู่ด้านหัว (rostral or cephalic) และไขสันหลัง ซึ่งอยู่ด้านหลัง (caudal) ต่อมาสมองจะพัฒนาเป็นสมองส่วนหน้าหรือโปรเซนเซฟาลอน (prosencephalon) และก้านสมอง (brainstem) หลังจากนั้นสมองส่วนหน้าจะแบ่งออกเป็นเทเลนเซฟาลอน (telencephalon) และไดเอนเซฟาลอน (diencephalon) ส่วนก้านสมองจะแบ่งเป็นสมองส่วนกลางหรือมีเซนเซฟาลอน (mesencephalon) และสมองส่วนท้ายหรือรอมเบนเซฟาลอน (rhombencephalon)¹

การเจริญและพัฒนาของระบบประสาท อาศัยสารสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตประสาท ได้แก่ สารในกลุ่มทรานสฟอร์มมิงโกรทแฟกเตอร์-เบตา (transforming growth factor- β , TGF- β) ทำหน้าที่ควบคุมรูปแบบการเริ่มต้นพัฒนาระบบประสาทในระยะตัวอ่อนโดยเป็นเซลล์ต้นกำเนิดของเซลล์ประสาทและเซลล์เกลีย (stem cell lineage commitment to neurons and glia) ช่วยในการเคลื่อนย้ายเซลล์และชี้นำแอกซอน (cell migration and axon guidance) ตลอดจนกระบวนการสร้างไซแนปส์ (synaptogenesis) และคงไว้ซึ่งการมีชีวิตรอดของเซลล์ประสาท (neuronal cell

survival)² นอกจากนี้วโรโทรฟิน (neurotrophins) ปัจจัยกระตุ้นการเจริญเติบโตประสาท (nerve growth factor, NGF) เบรน-ดีไรฟนิวโรโทรฟิกแฟกเตอร์ (brain-derived neurotrophic factor, BDNF)³ สารกลุ่มนี้เป็นโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการแบ่งตัวของเซลล์ประสาท การมีชีวิตรอดของเซลล์ประสาท การแตกแขนงของเดนไดรต์ (dendrite pruning) และการเจริญของแอกซอน (axonal growth)^{3,4} เพื่อควบคุมการทำงานในภาวะปกติของเซลล์ประสาท (normal neuronal function) โดยเฉพาะบริเวณเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neurons) และเซลล์ประสาทซิมพาเทติก (sympathetic neurons) ซึ่งโปรตีนนี้จะถูกสร้างบริเวณอวัยวะแสดงผล (effector organs) ที่เซลล์ประสาทไปเลี้ยง โดยนำย้อนทาง (retrograde) จากปลายแอกซอนเข้าสู่ตัวเซลล์ประสาท เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ประสาท

ระบบประสาท (nervous system, NS)

ระบบประสาทมีโครงสร้างที่ซับซ้อนประกอบด้วยเซลล์ประสาท (neuron) ประมาณ พันล้านตัว ซึ่งประกอบกันเป็นวิถีประสาทและศูนย์กลางประสาทเพื่อควบคุมการทำงานของร่างกาย การแบ่งโครงสร้างของระบบประสาทเป็น 2 ระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1-2 ได้แก่

1. **ระบบประสาทกลาง (central nervous system, CNS)** ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่ประสานงาน (integration) โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้รับนำมาประมวลผล วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมเป็นความจำ รวมถึงการทำหน้าที่ด้านอื่น ๆ ได้แก่ กระบวนการคิด ภาษา ทักษะ อารมณ์ และพฤติกรรม ตลอดจนส่งไปยังสมองส่วนสั่งการเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย

2. **ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system, PNS)** ประกอบด้วยเส้นประสาททั้งหมดที่อยู่นอกสมองและไขสันหลัง ได้แก่ เส้นประสาทสมอง (cranial nerves) เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerves) และปมประสาท (ganglia) ทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทเข้าและออกจากระบบประสาทกลาง เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าและเปลี่ยนแปลงการทำงานของร่างกาย ซึ่งระบบประสาทส่วนปลาย แบ่งตามหน้าที่การทำงานออกเป็น 2 ระบบย่อย ได้แก่

2.1 ระบบประสาทรับความรู้สึก (sensory system) ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากสิ่งกระตุ้นและรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม การรับความรู้สึก ซึ่งประกอบด้วย ตัวรับความรู้สึก (sensory receptor) ทำหน้าที่เปลี่ยนสิ่งกระตุ้นในรูปพลังงานต่าง ๆ ให้เป็นกระแสประสาท (nerve impulse) แล้วส่งไปตามเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) หรือประสาทนำเข้า

(afferent neuron) เพื่อนำความรู้สึกไปแปลผลที่สมองชั้นสูง ระบบการรับรู้ความรู้สึก แบ่งเป็น ระบบการรับรู้ความรู้สึกจากร่างกาย (somatic sensation) ได้แก่ การสัมผัส อุณหภูมิ ความเจ็บปวด การเคลื่อนไหวของข้อต่อ และระบบรับรู้ความรู้สึกพิเศษ (special senses) ได้แก่ การรับกลิ่น การรับรส การมองเห็น การได้ยิน และการทรงตัว

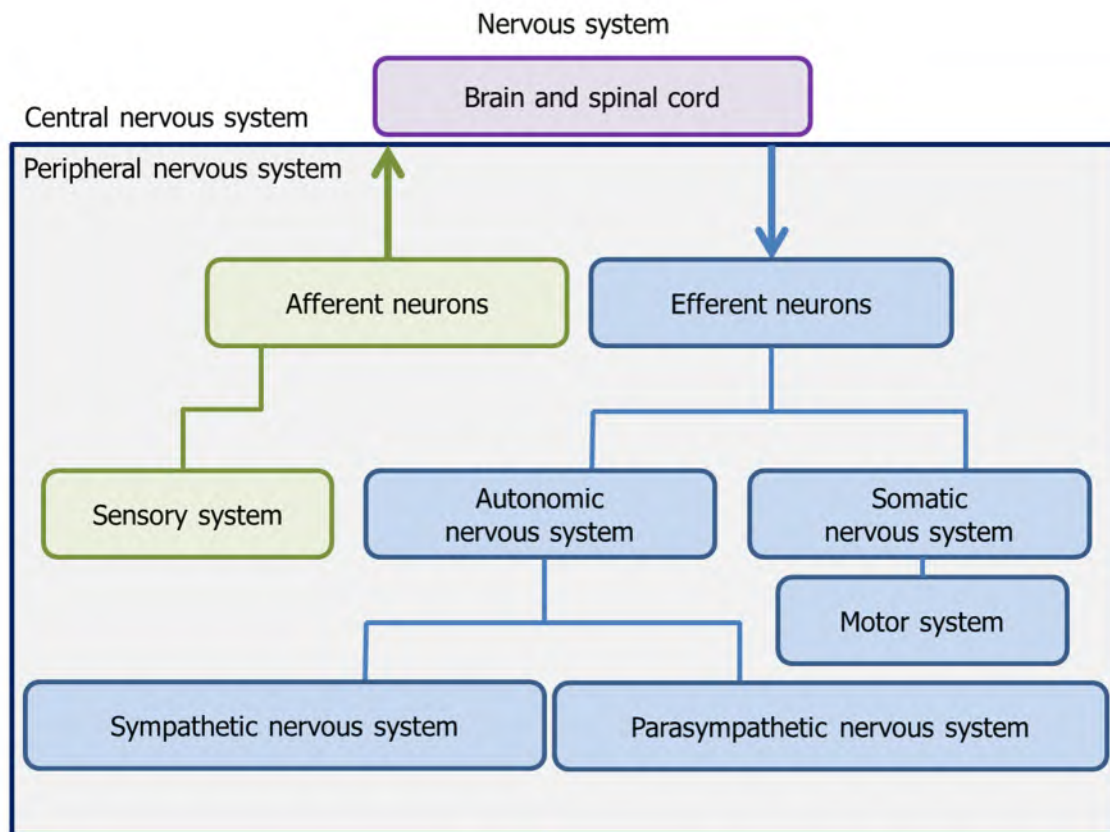
2.2 ระบบประสาทสั่งการ (motor system) ทำหน้าที่สั่งการและควบคุมการปฏิบัติงานให้อวัยวะเกิดการตอบสนองต่อข้อมูลนั้นอย่างเหมาะสม เพื่อรักษาภาวะธำรงดุลของร่างกาย ประกอบด้วย สมองส่วนสั่งการ เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) หรือเซลล์ประสาทนำออก (effector neuron) เส้นประสาทสั่งการ (motor nerves) และอวัยวะแสดงผล ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย (skeletal muscle) กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) และต่อมต่าง ๆ (glands) ระบบประสาทสั่งการ ประกอบด้วย

2.2.1 ระบบประสาทกาย (somatic nervous system) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลาย เพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานถูกควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary control)

2.2.2 ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบ ซึ่งอยู่ในอวัยวะภายในของร่างกาย เช่น กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ ลำไส้เล็ก หลอดลม ฯลฯ ตลอดจนควบคุมการทำงานของต่อมต่าง ๆ โดยการหลั่งฮอร์โมนหรือสารสื่อประสาท การทำงานอยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ (involuntary control) ทำงานเป็นอิสระอย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาภาวะธำรงดุลของร่างกาย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระบบหลัก ได้แก่

1) ระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nervous system) ควบคุมการทำงานของร่างกายในสถานการณ์ฉุกเฉิน เพื่อเตรียมความพร้อมในการต่อสู้หรือถอยหนี (fight or flight)

2) ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (parasympathetic nervous system) ควบคุมการทำงานของร่างกายในขณะพักผ่อนหรือย่อยอาหาร (rest or digest) เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานและเก็บสำรองพลังงานให้แก่ร่างกาย



รูปที่ 1-2 แสดงแผนภูมิการแบ่งโครงสร้างของระบบประสาท

(ที่มา: ดัดแปลงมาจาก "เอกสารอ้างอิงที่ 5")

ระบบประสาทกลาง (central nervous system, CNS)

ระบบประสาทกลางเป็นศูนย์กลางการควบคุมการทำงานที่ของระบบภายในร่างกาย เช่น ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบหายใจ ฯลฯ รวมทั้งรับข้อมูล ติดต่อประสานงาน ประมวลผลข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสั่งการไปยังอวัยวะแสดงผล เพื่อควบคุมการทำงานของร่างกาย สำหรับการดำรงชีวิต ระบบประสาทส่วนกลาง ประกอบด้วย สมองและไขสันหลัง

สมอง (brain)

สมอง เป็นอวัยวะที่อยู่ภายใต้กะโหลกศีรษะ โดยสมองจะถูกแบ่งออกเป็นสองซีกสมอง (cerebral hemisphere) คือ ซีกขวาและซีกซ้าย ภายในเนื้อสมองแบ่งเป็นส่วนสีเทา (grey matter) อยู่ด้านนอกเป็นที่รวมของเซลล์ประสาท เดนไดรต์ (dendrite) และเซลล์ค้ำจุน (supporting cell) เนื้อสมองส่วนสีขาว (white matter) อยู่ด้านในประกอบด้วยแอกซอนซึ่งมีไมอีลินหุ้ม (myelinated axon) ทำให้มองเห็นเป็นเนื้อสีขาว ภายในสมองประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมากหลายล้านเซลล์

ทำหน้าที่เป็นหน่วยพื้นฐานในการรับรู้ การประสานงาน และการสั่งการมายังอวัยวะเพื่อควบคุมการทำงานที่ของร่างกาย สมองแบ่งออกเป็นสมองส่วนหน้า (forebrain) สมองส่วนกลาง (midbrain) และสมองส่วนท้าย (hindbrain)

สมองส่วนหน้า (forebrain) ประกอบด้วยสมองใหญ่ (cerebrum) และไดเอนเซฟาโลน (diencephalon)

1. สมองใหญ่หรือซีรีบรัม (cerebrum) เป็นสมองส่วนที่มีวิวัฒนาการและเจริญมากที่สุด จึงทำให้มีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับสัดส่วนของร่างกาย แบ่งเป็น 5 กลีบ (lobe) ดังแสดงในรูปที่ 1-3 ได้แก่

1.1 สมองกลีบหน้า (frontal lobe) เป็นกลีบสมองส่วนที่อยู่หน้าสุด ประกอบด้วยบริเวณมอเตอร์ (motor area) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจ ซึ่งสมองซีกซ้ายจะควบคุมการทำงานของร่างกายซีกขวา ส่วนสมองซีกขวาควบคุมการทำงานของร่างกายซีกซ้าย จากเหตุผลนี้จึงทำให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (cerebrovascular accident, CVA) ที่บริเวณสมองกลีบหน้าด้านขวาจะมีอาการอ่อนแรงของร่างกายซีกซ้าย⁵ ด้านหน้าของบริเวณมอเตอร์เรียก บริเวณพรีมอเตอร์ (premotor area) ทำหน้าที่ควบคุมทักษะการเรียนรู้และการวางแผนลำดับการเคลื่อนไหว สมองกลีบหน้าบริเวณพรีฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (prefrontal cortex) หรือ ออร์บิโทฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (orbitofrontal cortex) เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของอารมณ์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ การแสดงออกของพฤติกรรมทางสังคม การตัดสินใจ และการวางแผนสำหรับอนาคต สมองกลีบหน้าด้านซ้าย คือบริเวณโบรคา (Broca's area) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของปากเกี่ยวข้องกับการพูด

1.2 สมองกลีบข้าง (parietal lobe) รับสัญญาณประสาทการรับรู้สัมผัสจากตัวรับที่บริเวณผิวหนัง ทำหน้าที่ในการควบคุมการรับรู้สัมผัสของร่างกาย ได้แก่ การรับสัมผัส อุณหภูมิ ความเจ็บปวด การเคลื่อนไหวของข้อต่อ การรับรู้ต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัวมีความสัมพันธ์กับการรับรู้สัมผัสของร่างกาย นอกจากนี้บริเวณรับรส (taste area) ซึ่งอยู่ระหว่างสมองกลีบข้างและสมองกลีบขมับจะรับสัญญาณประสาทจากตุ่มรับรส (taste bud) บนลิ้นและภายในช่องปาก

1.3 สมองกลีบขมับ (temporal lobe) ประกอบด้วยบริเวณรับกลิ่น (olfactory area) มีบทบาทหน้าที่ด้านการรับกลิ่นและสัมพันธ์กับการเรียนรู้ความหมายของกลิ่น รวมทั้งบทบาทด้านการได้ยิน โดยรับสัญญาณประสาทจากตัวรับภายในหูชั้นใน ส่งมาบริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับได้ยินเสียง (auditory area) เพื่อทำหน้าที่แปลผลเสียงที่ได้ยิน ส่วนทางด้านหลังมีบริเวณเวอร์นิเค (Wernicke's area) ทำหน้าที่ด้านการเข้าใจภาษา สติปัญญา ส่วนทางด้านหน้าด้านใน (anteromedial aspect)

ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ แรงจูงใจ อารมณ์ และการแสดงออกของพฤติกรรม นอกจากนี้บริเวณรอยนูนตรงกลางและด้านล่างของสมองกลีบขมับ (middle and inferior temporal gyrus) ทำหน้าที่ร่วมกับการมองเห็นในการรับรู้การเคลื่อนไหวและการจดจำใบหน้า

1.4 สมองกลีบท้ายทอย (occipital lobe) เป็นกลีบสมองที่อยู่ด้านหลังสุด ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น ความสามารถในการมองเห็น และการจดจำวัตถุ

1.5 สมองกลีบลิมบิก (limbic system) สมองส่วนนี้อยู่ผนังด้านในของสมองส่วนเซรีบรัมคอร์เทกซ์ ประกอบด้วย รอยนูนซิงกูเลต (cingulate gyrus) และรอยนูนรอบฮิปโปแคมปัส (parahippocampal gyrus) โดยสมองกลีบลิมบิกจะวางตัวคลุมโครงสร้างอื่น ๆ ในระบบลิมบิก สมองในระบบลิมบิกมีหลายส่วน ยกตัวอย่างเช่น ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) อะมิกดาลา (amygdala) ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) บริเวณเซปตัล (septal area) ฯลฯ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในด้านการเรียนรู้ ความจำ การแสดงออกของพฤติกรรม อารมณ์ และแรงจูงใจ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4 และ 5

2. ไดเอนเซฟาลอน (diencephalon) โครงสร้างของสมองส่วนนี้อยู่ขนานทางด้านข้างของโพรงสมองที่ 3 (third ventricle) ประกอบด้วย

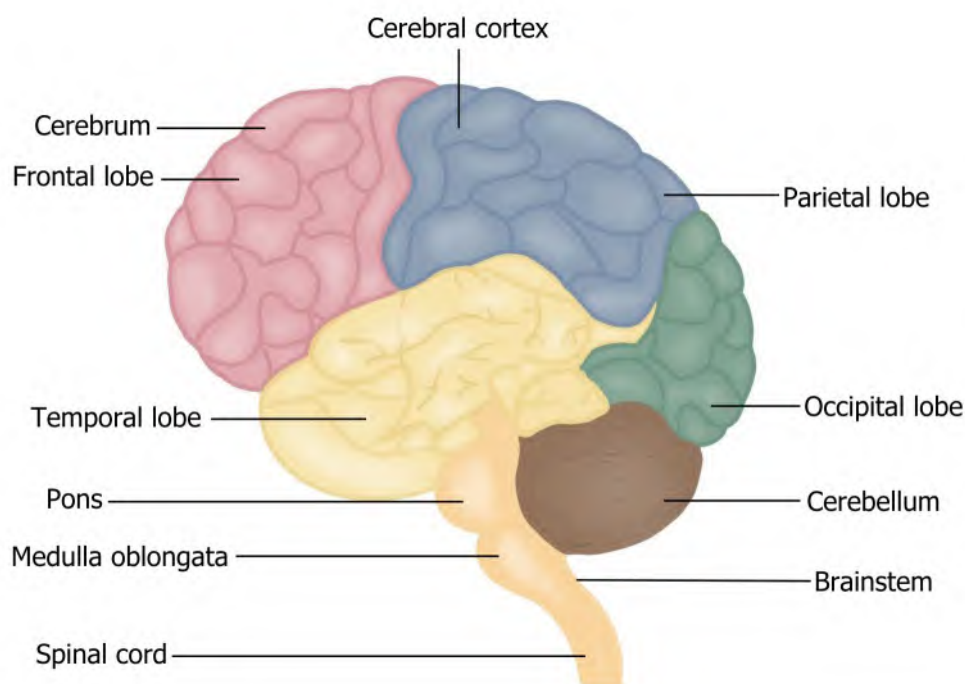
2.1 ทาลามัส (thalamus) เป็นโครงสร้างที่ใหญ่ที่สุดของไดเอนเซฟาลอน ทำหน้าที่เป็นสถานีรับส่งข้อมูลของการรับรู้ลึก ยกเว้นการรับกลิ่นซึ่งจะส่งข้อมูลไปตามเส้นประสาทรับกลิ่นเข้าสู่ออลแฟกทอรีบัลบ์ (olfactory bulb) และเข้าสู่สมองที่ทำหน้าที่รับกลิ่นโดยตรง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดประสาทสั่งการโดยทำงานร่วมกับสมองชั้นสูงเพื่อควบคุมความคิด อารมณ์ และพฤติกรรม

2.2 ไฮโปทาลามัส (hypothalamus) สมองส่วนนี้แม้จะมีโครงสร้างเป็นส่วนหนึ่งของไดเอนเซฟาลอน แต่ทำงานเป็นส่วนหนึ่งในระบบลิมบิก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมการตอบสนองของร่างกายต่อระบบประสาทอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ และควบคุมอุณหภูมิร่างกาย

2.3 ซับทาลามัส (subthalamus) โครงสร้างของสมองส่วนนี้จัดเป็นส่วนหนึ่งของเบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) มีบทบาทหน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจและความตั้งใจของกล้ามเนื้อ

2.4 อีพิทาลามัส (epithalamus) โครงสร้างส่วนนี้ถือว่าเล็กที่สุดในไดเอนเซฟาลอน ประกอบด้วยต่อมไพเนียล (pineal gland) และฮาบินูลา (habenula) ต่อมไพเนียลสร้างและ

หลังเมลาโทนิน (melatonin) เพื่อทำหน้าที่ควบคุมวงจรการหลับการตื่น (wake-sleep cycle) ส่วนฮิปโปแคมปัสมีความสัมพันธ์กับการตอบสนองของกลืนต่ออารมณ์



รูปที่ 1-3 แสดงสมองส่วนต่าง ๆ ได้แก่ สมองใหญ่ (cerebrum) สมองน้อย (cerebellum) ก้านสมอง (brainstem) ประกอบด้วย สมองส่วนกลาง (midbrain) พอนส์ (pons) และเมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) และสมองกลีบต่าง ๆ ได้แก่ สมองกลีบหน้า (frontal lobe) สมองกลีบข้าง (parietal lobe) สมองกลีบขมับ (temporal lobe) และสมองกลีบท้ายทอย (occipital lobe)

(ที่มา: ดัดแปลงมาจาก "เอกสารอ้างอิงที่ 5")

สมองส่วนกลาง (midbrain) อยู่บริเวณหัวสุดของก้านสมอง (brainstem) วางตัวอยู่ระหว่างไดเอนเซฟาโลนและพอนส์ โครงสร้างภายในที่สำคัญ ได้แก่ เรดนิวเคลียส (red nucleus) และซับสแตนเชียไนกรา (substantia nigra) ทำหน้าที่ในการควบคุมระบบประสาทสั่งการโดยทำงานร่วมกับเบซัลแกงเกลียและสมองน้อยในการควบคุมกลไกการเกิดรีเฟล็กซ์ (reflex) เช่น รีเฟล็กซ์การได้ยิน รีเฟล็กซ์การมองเห็น รีเฟล็กซ์การทรงท่า ฯลฯ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยนิวเคลียสของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 และ 4 ตลอดจนนิวเคลียสมีเซนเซฟาλικ (mesencephalic nucleus) ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5

สมองส่วนหลัง (hindbrain) ประกอบด้วยพอนส์ (pons) และเมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata)

1. พอนส์ (pons) แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เทกเมนตัม (tegmentum) และเบสิลาร์พอนส์ (basilar pons) อยู่หน้าต่อโพรงสมองที่ 4 (fourth ventricle) ด้านหน้าของเทกเมนตัมเป็นที่อยู่ของเส้นประสาทสมอง (cranial nerves) คู่ที่ 5, 6, 7 และ 8 ส่วนเบสิลาร์พอนส์เป็นทางผ่านของระบบพีระมิด (pyramidal system) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย นอกจากนี้ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ประสาทการหายใจส่วนพอนส์ (pontine respiratory neuron) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยควบคุมการหายใจ ร่วมกับกลุ่มเซลล์ประสาทการหายใจในเมดัลลาออบลองกาตา (medullary respiratory neuron)

2. เมดัลลาออบลองกาตา (medulla oblongata) อยู่บริเวณส่วนล่างสุดของก้านสมอง และวางตัวอยู่หน้าต่อสมองน้อย ประกอบด้วย (1) ศูนย์ควบคุมการทำงานของหัวใจ (cardiac center) ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ (2) ศูนย์ควบคุมการทำงานของหลอดเลือด (vasomotor center) เพื่อควบคุมขนาดของหลอดเลือดและความดันเลือด (3) ศูนย์ควบคุมการหายใจ (respiratory center) ทำหน้าที่หลักในการควบคุมการหายใจเข้าและการหายใจออก นอกจากนี้ยังควบคุมรีเฟล็กซ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ เช่น รีเฟล็กซ์การไอ (coughing reflex) รีเฟล็กซ์การจาม (sneezing reflex) รีเฟล็กซ์การป้องกันปอดขยายมากเกินไปจากการยับยั้งการหายใจเข้า (Hering-Breuer inflation reflex) ฯลฯ

เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) สมองส่วนนี้อยู่ลึกใต้สมองใหญ่ทั้งซีกซ้ายและซีกขวา ประกอบด้วย นิวเคลียสคอคเคต (caudate nucleus) และนิวเคลียสเลนทิคูลาร์ (lenticular nucleus) ซึ่งนิวเคลียสเลนทิคูลาร์ ประกอบด้วยพูทาเมน (putamen) และโกลบัสพาลิดัส (globus pallidus) มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเริ่มต้นการเคลื่อนไหวและควบคุมการเคลื่อนไหวภายใต้อำนาจจิตใจ ทำงานร่วมกับสมองน้อยในการควบคุมความตึงตัวของกล้ามเนื้อ การทรงตัว และประสานการทำงานขณะเคลื่อนไหว เช่น การแกว่งแขนขณะกำลังเดิน ฯลฯ

ก้านสมอง (brainstem) ประกอบด้วยสมองส่วนกลาง พอนส์ และเมดัลลาออบลองกาตา ก้านสมองจัดเป็นทางผ่านของข้อมูลทั้งวิธีประสาทขาขึ้นจากไขสันหลังสู่สมอง (ascending pathway) และวิธีประสาทขาลงจากสมองลงสู่ไขสันหลัง (descending pathway) ซึ่งข้อมูลการรับรู้ลึก และข้อมูลจากระบบประสาทสั่งการจะผ่านมาจากเส้นประสาทสมองและส่งมายังเซลล์ประสาท

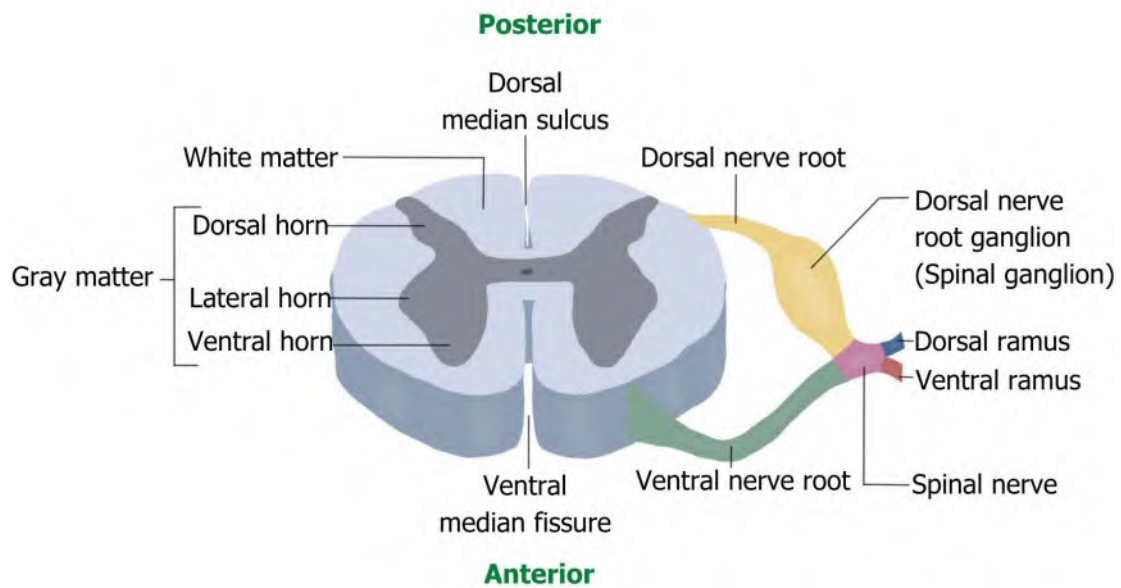
ในแนวแกนกลางของก้านสมอง เพื่อทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ การควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ และการควบคุมการหายใจ

สมองน้อย (cerebellum) ถูกแยกออกมาจากสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาลาอบลองกาตา โดยโพรงสมองที่ 4 (fourth ventricle) อยู่ล่างต่อสมองกลีบท้ายทอยของสมองใหญ่ มีบทบาทในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อให้ทำงานประสานสัมพันธ์กัน (coordination) เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบเรียบ (smooth movement) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ในการรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อต่อ การทรงท่า ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ และตำแหน่งของศีรษะ

ไขสันหลัง (spinal cord)

ไขสันหลังเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับสมองส่วนเมดัลลาลาอบลองกาตาด้านล่างจากฐานกะโหลกศีรษะ ตรงกับบริเวณกระดูกสันหลังระดับคอข้อที่ 1 เชื่อมยาวลงมาวางตัวอยู่ในช่องกระดูกสันหลัง (vertebral canal) ไปสิ้นสุดที่กระดูกสันหลังระดับเอวข้อที่ 1-2 (L1-L2) โดยไขสันหลังจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างสมองและระบบประสาทส่วนปลาย เพื่อทำหน้าที่ในการรับความรู้สึกส่งไปยังสมองรับความรู้สึก และสั่งการจากสมองไปยังอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ตลอดจนทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการตอบสนองแบบรีเฟล็กซ์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติและไม่ต้องการควบคุมสั่งการจากสมอง

จากภาพตัดขวางของไขสันหลัง ดังแสดงในรูปที่ 1-4 จะพบไขสันหลังส่วนสีเทา (grey matter) มีลักษณะคล้ายปีกผีเสื้อ แบ่งเป็นสองปีกอยู่ทางด้านหลัง เรียก ดอร์ซัลฮอร์น (dorsal horn) ประกอบด้วยเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory nuclei) ทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทรับความรู้สึกเข้าสู่ระบบประสาทกลางผ่านทางรากประสาทดอร์ซัล (dorsal nerve root) และอีกสองปีกอยู่ด้านหน้า เรียก เวนทรัลฮอร์น (ventral horn) ประกอบด้วยเซลล์ประสาทสั่งการ (motor nuclei) ทำหน้าที่นำข้อมูลจากระบบประสาทสั่งการไปยังอวัยวะแสดงผล ผ่านทางรากประสาทเวนทรัล (ventral nerve root) ส่วนปีกทางด้านข้าง เรียก แลเทอรัลฮอร์น (lateral horn) ซึ่งจะพบตัวเซลล์ประสาทสั่งการของระบบประสาทซิมพาเทติกบริเวณไขสันหลังระดับคอข้อที่ 1 ถึงระดับเอวข้อที่ 2 (T1-L2) และพบเซลล์ประสาทสั่งการของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก บริเวณไขสันหลังระดับกระเบนเหน็บข้อที่ 2 ถึง 4 (S2-S4) นอกจากนี้ทางด้านนอกของไขสันหลัง ส่วนสีขาว (white matter) เป็นบริเวณทางเดินของวิถีประสาทต่าง ๆ



รูปที่ 1-4 แสดงภาพตัดขวางของไขสันหลัง ประกอบด้วย ส่วนสีเทา (grey matter) มีลักษณะคล้าย ปีกผีเสื้อ แบ่งออกเป็นคอร์นัลฮอร์น (dorsal horn) และเวนทริลฮอร์น (ventral horn) และ โครงสร้างทางด้านนอกของไขสันหลังส่วนสีขาว (white matter)
(ที่มา: ดัดแปลงมาจาก "เอกสารอ้างอิงที่ 5")

เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังและน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (meninges and cerebrospinal fluid)

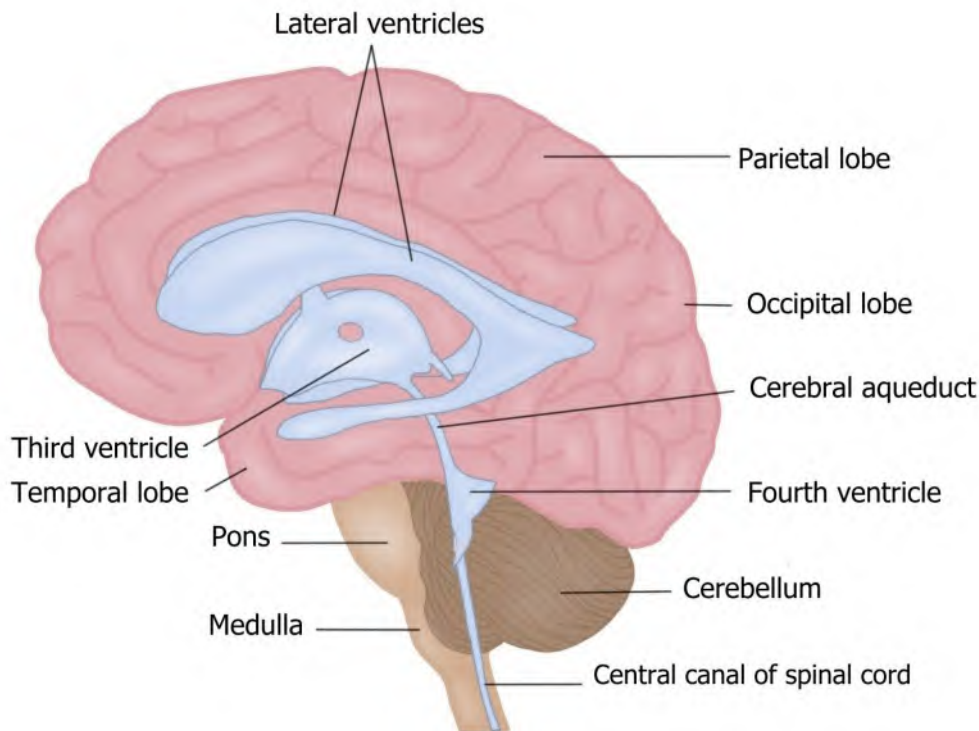
เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลัง (meninges) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มรอบสมองและไขสันหลัง ประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่

1. เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นดิวรา (dura mater) เป็นชั้นที่อยู่นอกสุด มีลักษณะหนาและเหนียว อยู่ติดกับกะโหลกศีรษะและช่องไขสันหลัง (vertebral canal)
2. เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นอะแร็กนอยด์ (arachnoid mater) อยู่บริเวณตรงกลางระหว่างเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นดิวราและชั้นเพีย (pia mater) มีลักษณะคล้ายใยแมงมุมโดยยึดประสานเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นอะแร็กนอยด์และเพียไว้ด้วยกัน
3. เยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นเพีย (pia mater) เป็นเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นในสุดแนบติดกับเนื้อสมอง ร่องสมอง และไขสันหลัง นอกจากนี้ระหว่างเยื่อหุ้มสมองและไขสันหลังชั้นอะแร็กนอยด์และชั้นเพียจะมีช่องว่าง (subarachnoid space) สำหรับบรรจุน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (cerebrospinal fluid, CSF) ในระบบประสาทกลาง

โพรงสมอง (cerebral ventricle) บริเวณนี้จะมีน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง ซึ่งสร้างมาจากโครอยด์เพลกซัส (choroid plexus) ไหลเวียนอยู่ มีบทบาทในการลดแรงกระแทกจากภายนอก เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับสมองและไขสันหลัง ตลอดจนนำสารอาหารไปหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง รวมทั้งทำหน้าที่กำจัดของเสียออกจากสมองและไขสันหลัง ดังแสดงในรูปที่ 1-5 ประกอบด้วย

1. **โพรงสมองด้านข้าง (lateral ventricle)** มีลักษณะคล้ายตัวอักษรซี (C) ในภาษาอังกฤษ วางอยู่บริเวณซีกสมองทั้งสองข้าง
2. **โพรงสมองที่ 3 (third ventricle)** เป็นโพรงแคบวางตัวอยู่ตรงกลางของไดเอนเซฟาลอน โดยมีทาลามัสทั้งสองข้างวางขนานอยู่
3. **ฟอราเมนออฟมอนโร (foramen of Monro or interventricular foramen)** เป็นช่องทางติดต่อระหว่างโพรงสมองด้านข้างและโพรงสมองที่ 3
4. **โพรงสมองที่ 4 (fourth ventricle)** วางตัวอยู่ด้านหลังพอนส์และเมดัลลาออบลองกาตา อยู่ด้านหลังของสมองน้อย
5. **เซรีบรัลอะควิดัคท์ (cerebral aqueduct)** เป็นช่องแคบที่เชื่อมระหว่างโพรงสมองที่ 3 และโพรงสมองที่ 4

น้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (cerebrospinal fluid) สร้างจากโครอยด์เพลกซัส โดยไหลเวียนจากโพรงสมองด้านข้างผ่านฟอราเมนออฟมอนโร เข้าสู่โพรงสมองที่ 3 ต่อไปยังโพรงสมองที่ 4 ผ่านทางเซรีบรัลอะควิดัคท์ โดยบริเวณโพรงสมองที่ 4 จะมีช่องเปิดออกทางด้านข้างไปยังช่องว่างใต้เยื่อหุ้มสมองชั้นอะแร็กนอยด์ (arachnoid mater) ผ่านทางฟอราเมนออฟลูชกา (foramen of Luschka) อีกส่วนหนึ่งของน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังจะผ่านฟอราเมนออฟมาเจนดี (foramen of Magendie) ซึ่งอยู่แนวกลางของโพรงสมองที่ 4 เพื่อส่งต่อไปยังช่องกลาง (central canal) บริเวณตรงกลางของไขสันหลังส่วนเนื้อเทา (grey matter)



รูปที่ 1-5 แสดงโพรงสมองและช่องทางติดต่อระหว่างโพรงสมอง ประกอบด้วย โพรงสมองด้านข้าง (lateral ventricle) โพรงสมองที่ 3 (third ventricle) โพรงสมองที่ 4 (fourth ventricle) และเซรีบรัลอะควิดักท์ (cerebral aqueduct) ซึ่งเป็นช่องแคบที่เชื่อมระหว่างโพรงสมองที่ 3 และโพรงสมองที่ 4

(ที่มา: ดัดแปลงมาจาก "เอกสารอ้างอิงที่ 5")

ความสัมพันธ์ทางคลินิก (clinical correlation)

โรคที่เกิดจากความผิดปกติของสมอง โพรงสมอง และไขสันหลัง ได้แก่

โรคหลอดเลือดสมอง (cerebrovascular accident, CVD or stroke)

โรคหลอดเลือดสมอง คือภาวะที่สมองขาดเลือดหรือมีเลือดออกในสมอง ทำให้เซลล์สมองขาดออกซิเจน ส่งผลทำให้เซลล์สมองตาย อาการที่พบในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ได้แก่ อาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อบริเวณหน้า แขนหรือขาอย่างเฉียบพลัน โดยส่วนใหญ่แล้วอาการจะเกิดกับร่างกายแค่ด้านเดียว ร่วมกับอาการปากเบี้ยว พูดไม่ชัดหรือพูดไม่ได้ เดินเซ การทรงตัวผิดปกติ ปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน สาเหตุหลักของการเกิดโรคหลอดเลือดสมองมี 3 ประเภท คือ

1. **หลอดเลือดสมองตีบหรืออุดตัน (ischemic stroke)** พบได้บ่อยถึง 85% ของโรคหลอดเลือดสมอง สาเหตุที่สำคัญ ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง และการสูบบุหรี่

2. **หลอดเลือดสมองแตก (haemorrhagic stroke)** พบได้ประมาณ 15% ของโรคหลอดเลือดสมอง ปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะหลอดเลือดสมองแตก เช่น ภาวะความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมได้ โรคหลอดเลือดสมองโป่งพอง (cerebral aneurysm or arteriovenous malformation) มีการสะสมของโปรตีนที่ผิดปกติในผนังหลอดเลือด (cerebral amyloidosis) ฯลฯ

3. **ภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว (transient ischemic attack, TIA)** คืออาการของโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งเกิดขึ้นน้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วอาการจะดีขึ้นได้เอง สาเหตุของภาวะสมองขาดเลือดชั่วคราว เกิดจากสมองมีเลือดไปเลี้ยงไม่พอเป็นระยะเวลาชั่วคราว ส่วนใหญ่จะมีอาการประมาณ 5-15 นาที แล้วอาการดีขึ้นเอง ซึ่งภาวะนี้ผู้ป่วยมีโอกาสที่จะเกิดซ้ำได้อีก

ในระยะแรกที่เกิดอาการเส้นเลือดในสมองตีบ แพทย์จะทำการประเมินผู้ป่วย หากมีข้อบ่งชี้ของการรักษาด้วยยาละลายลิ่มเลือดและไม่มีข้อห้าม แพทย์จะให้ยาละลายลิ่มเลือดและตรวจหลอดเลือดสมองด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computed tomography angiography, CTA) ในกรณีที่มีหลอดเลือดสมองขนาดใหญ่อุดตัน แพทย์จะรักษาโดยใช้สายสวนเข้าไปในหลอดเลือดแดงที่ขาหนีบและขึ้นไปที่สมอง (endovascular procedure) เพื่อนำเอาลิ่มเลือดที่อุดตันในหลอดเลือดออกมา (mechanical thrombectomy)

การรักษาด้วยยา เพื่อช่วยลดโอกาสการเกิดของโรคหลอดเลือดสมอง เช่น ยาด้านเกล็ดเลือด (antiplatelet) ยาละลายลิ่มเลือด (anticoagulant) ยาลดไขมัน (simvastatin) ยาลดความดันโลหิต ยารักษาโรคเบาหวาน ฯลฯ

ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมอง (hydrocephalus)

ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมอง เกิดจากในโพรงสมองมีน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังมากเกินไป ซึ่งโดยปกติน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังจะถูกสร้างโดยเซลล์ในโครอยด์เฟลกซ์ส์ วันละประมาณ 430-530 มิลลิลิตร แต่จะไหลเวียนในระบบโพรงสมองประมาณ 150 มิลลิลิตร⁶ กลไกการเกิดภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองเกิดจากความผิดปกติในการสร้าง การไหลเวียน ตลอดจนการดูดซึมของน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองที่น้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังสามารถติดต่อระหว่างโพรงสมองได้ (communicating hydrocephalus) อาจเกิดจากการติดเชื้อที่บริเวณเยื่อหุ้มสมอง ทำให้เกิดมีการสร้างน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังปริมาณมากเกินไป ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังออกไปได้

2. ภาวะน้ำคั่งในโพรงสมองที่น้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังไม่สามารถติดต่อระหว่างโพรงสมองได้ (non-communicating hydrocephalus) พบความผิดปกติตั้งแต่กำเนิด หรือการติดเชื้อระหว่างตั้งครรภ์ เกิดจากการอุดตันของช่องทางการไหลเวียนภายในโพรงสมอง สาเหตุที่พบบ่อยคือ การอุดตันของแชนเบร์ลอะควิดักท์ อาจส่งผลให้ความดันในกะโหลกศีรษะสูงขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างเร่งด่วน เพื่อป้องกันภาวะสมองพิการหรืออาจเสียชีวิตได้

การรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะน้ำคั่งในโพรงสมอง⁷ เพื่อให้การไหลเวียนและการดูดซึมของน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังกลับสู่ภาวะปกติ ได้แก่

1. การลดประมาณการสร้างน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง โดยรักษาด้วยยาในกลุ่มคาร์บอนิกแอนไฮไดรอส อินฮิบิเตอร์ (carbonic anhydrase inhibitor) เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์คาร์บอนิกแอนไฮไดรอส (carbonic anhydrase) ใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่ไม่มีการอุดตันของทางเดินน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลังชนิดไม่รุนแรง เพื่อช่วยลดการสร้างน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง ได้ถึง 25-50%

2. การผ่าตัดฝังท่อระบายน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง จากบริเวณโพรงสมองไปสู่ช่องท้อง (ventriculoperitoneal shunt) หรือจากโพรงสมองไปสู่หัวใจ (ventriculoatrial shunt)

การบาดเจ็บที่ไขสันหลัง (spinal cord injury)

การบาดเจ็บที่ไขสันหลัง เกิดจากไขสันหลังได้รับแรงกระแทกโดยตรงหรือโดยอ้อมอย่างรุนแรง เช่น ตกจากที่สูง อุบัติเหตุทางรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ ฯลฯ สามารถแบ่งความรุนแรงของการได้รับบาดเจ็บที่ไขสันหลัง เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มอาการบาดเจ็บของไขสันหลังโดยสมบูรณ์ (complete spinal cord injury) คือ ภาวะที่ไขสันหลังสูญเสียการทำงานทั้งหมดในระดับที่ต่ำกว่าพยาธิสภาพลงไป กล่าวคือ ตรวจไม่พบการทำงานของกล้ามเนื้อ การรับความรู้สึก และรีเฟล็กซ์

2. กลุ่มอาการบาดเจ็บของไขสันหลังบางส่วน (incomplete spinal cord injury) คือ ภาวะที่ไขสันหลังสูญเสียการทำงานบางส่วน ซึ่งการพยากรณ์โรคดีกว่าผู้ป่วยในกลุ่มแรก การประเมิน

การบาดเจ็บต้องทำภายหลังผ่านพ้นช่วงอาการช็อกของไขสันหลัง (spinal shock) ไปแล้ว เนื่องจากในช่วงอาการช็อกของไขสันหลัง ผู้ป่วยจะสูญเสียการทำงานของไขสันหลังชั่วคราว ได้แก่ สูญเสียการรับรู้ความรู้สึก การทำงานของกล้ามเนื้อ และรีเฟล็กซ์ในระดับต่ำกว่าไขสันหลังที่ได้รับบาดเจ็บ

การดูแลรักษากลุ่มอาการบาดเจ็บที่ไขสันหลังนั้น หลักการสำคัญคือการดูแลผู้ป่วยเบื้องต้นอย่างถูกวิธี รวมถึงการวินิจฉัยที่ถูกต้องเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการบาดเจ็บเพิ่มเติมต่อระบบประสาทไขสันหลัง โดยทำการรักษาอย่างรวดเร็วและเหมาะสม จุดมุ่งหมายของการรักษาคือ การฟื้นฟูสภาพระบบประสาทไขสันหลังของผู้ป่วยโดยเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับผู้ป่วย

ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system, PNS)

ระบบประสาทส่วนปลาย ทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทเข้าและออกจากระบบประสาทกลาง เพื่อทำให้เกิดการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นหรือการเปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอกร่างกาย ประกอบด้วย เส้นประสาทที่อยู่นอกสมองและไขสันหลัง ได้แก่ ปมประสาท (ganglia) เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) และเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve)

ปมประสาท (ganglia)

ปมประสาท เป็นกลุ่มตัวเซลล์ประสาทพบนอกระบบประสาทกลาง ได้แก่ ปมประสาทรับรู้ความรู้สึก (sensory ganglia) อยู่บริเวณรากบนของไขสันหลัง (dorsal root ganglia) ทั้งสองข้าง และปมประสาทระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic ganglia) ซึ่งเป็นที่อยู่ของเซลล์ประสาทขาออก ทำหน้าที่เป็นเซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) หรือเซลล์ประสาทนำออก (effector neuron)

เส้นประสาทสมอง (cranial nerves, CN)

เส้นประสาทสมอง เป็นเส้นประสาทที่ออกมาจากบริเวณสมองและก้านสมอง มีทั้งหมด 12 คู่ ดังแสดงในรูปที่ 1-6 ดังนี้

1. **เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1** หรือเส้นประสาทออลแฟกทอรี (olfactory nerve, CN I) ทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึกเกี่ยวกับกลิ่น โดยนำสัญญาณประสาทรับกลิ่นส่งเข้าสู่ออลแฟกทอรีบัลบ์ (olfactory bulb) ส่งต่อไปยังสมองที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น ได้แก่ พิริฟอร์มคอร์เทกซ์

(piriform cortex) ออร์บิโทฟรอนทัลคอร์เท็กซ์ (orbitofrontal cortex) อะมิกดาลา (amygdala) และฮิปโปแคมปัส (hippocampus)

2. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 หรือเส้นประสาทออปติก (optic nerve, CN II) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น โดยนำข้อมูลภาพจากเรตินาของตาแต่ละข้างไปยังออปติกไคแอสซึม (optic chiasm) เข้าสู่วิถีประสาทการมองเห็นและส่งไปยังสมองกลีบท้ายทอยของสมองใหญ่เพื่อแปลผลภาพที่มองเห็น

3. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 3 หรือเส้นประสาทออคิวโลมอเตอร์ (oculomotor nerve, CN III) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อลูกตา ประกอบด้วย กล้ามเนื้อซูพีเรียร์เรกตัส (superior rectus muscle) กล้ามเนื้อมีเดียลเรกตัส (medial rectus muscle) กล้ามเนื้ออินฟีเรียร์เรกตัส (inferior rectus muscle) และกล้ามเนื้ออินฟีเรียร์ออบลิค (inferior oblique muscle) นอกจากนี้ยังส่งสัญญาณประสาทผ่านใยประสาทของพาราซิมพาเทติกไปควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อคอนสตริกเตอร์พิวพิลลารี (constrictor pupillary muscle) ทำให้รูม่านตามีขนาดเล็กลงเมื่อมองวัตถุที่อยู่ใกล้หรือเมื่อตอบสนองต่อแสง ตลอดจนควบคุมกล้ามเนื้อซิลีารี (ciliary muscle) ในการปรับโฟกัสของเลนส์ตาเพื่อการมองเห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น

4. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 4 หรือเส้นประสาททรอคเเลียร์ (trochlear nerve, CN IV) ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อซูพีเรียร์ออบลิค (superior oblique muscle) ในการกลอกตาออกด้านนอกและลงด้านล่าง

5. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 หรือเส้นประสาทไตรเจมินัล (trigeminal nerve, CN V) เป็นเส้นประสาทผสม (mix nerve) ทำหน้าที่รับความรู้สึกของใบหน้า เช่น การรับความรู้สึกเจ็บปวด แรกกัด สัมผัส อุณหภูมิ ฯลฯ และทำหน้าที่สั่งการกล้ามเนื้อสำหรับเคี้ยวอาหาร (mastication)

6. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 6 หรือเส้นประสาทแอบดูเซนส์ (abducens nerve, CN VI) เป็นเส้นประสาทสั่งการ ทำหน้าที่ควบคุมกล้ามเนื้อแลเทอรัลเรกตัส (lateral rectus muscle) ในการกลอกตาออกข้างนอก

7. เส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 หรือเส้นประสาทเฟเชียล (facial nerve, CN VII) เป็นเส้นประสาทแบบผสม ทำหน้าที่รับความรู้สึกบริเวณรูหูและหลังใบหู รวมถึงรับรสบริเวณ 2/3 ทางด้านหน้าของลิ้น และทำหน้าที่สั่งการกล้ามเนื้อหน้าทำให้เกิดการแสดงออกทางสีหน้า ควบคุมการหลั่งน้ำตา น้ำมูก และน้ำลาย