

เอกสารคำสอน รายวิชา 02193211

วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว และสรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Kinesiology and Physiology of Exercise)



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรบัณฑิต ตันพานิชย์

ภาควิชาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ภาคต้น ปีการศึกษา 2564

คำนำ

เอกสารคำสอน รายวิชา วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวและสรีรวิทยาการออกกำลังกาย รหัสวิชา 02170217 นี้ ได้เรียบเรียงขึ้นอย่างเป็นระบบ ครอบคลุมเนื้อหาสาระรายวิชา ในหมวดวิชาบังคับ ของมหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญของผู้สอนในการใช้ประกอบการสอนของอาจารย์ ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา

เอกสารคำสอนเล่มนี้ ได้แบ่งเนื้อหาในการเรียนการสอนไว้ในรายละเอียดรายวิชา 7 บทเรียน ได้แก่ ความรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของอวัยวะ และระบบต่างๆ ของมนุษย์ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท อวัยวะรับรู้ความรู้สึก ระบบไหลเวียน ระบบหายใจ ระบบพลังงานในร่างกาย หลักกลศาสตร์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว การประยุกต์หลักการการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย ผู้สอนได้ศึกษา รายละเอียดแต่ละหัวข้อเรื่องที่สอนจากเอกสาร หนังสือ ตำรา หรือสื่ออื่นๆ เพิ่มเติมอีก หวังว่าเอกสาร คำสอนนี้คงอำนวยความสะดวกต่อการเรียนการสอนตามสมควร หากท่านที่นำไปใช้มีข้อเสนอแนะ ผู้เขียนยินดีรับฟังข้อคิดเห็นต่างๆ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ธีรนนท์ ตันพานิชย์

เมษายน 2564

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	ก
สารบัญภาพ	ข
รายละเอียดรายวิชา	ช
บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว	1
ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว	1
หลักการและทฤษฎีที่เป็นองค์ความรู้ทางด้านกลศาสตร์	4
ระนาบและแกนของการเคลื่อนไหว	7
การเคลื่อนไหวของร่างกายในลักษณะของคาน	22
รูปแบบและการพัฒนาทักษะพื้นฐานการเคลื่อนไหวเบื้องต้น	28
บทที่ 2 โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ของมนุษย์	33
โครงสร้างและองค์ประกอบของร่างกายมนุษย์	33
ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์	34
หน้าที่ของระบบอวัยวะต่างๆ ในร่างกายมนุษย์	36
บทที่ 3 ระบบของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว	47
ระบบกระดูกกับการเคลื่อนไหว	47
ระบบกล้ามเนื้อกับการเคลื่อนไหว	54
ระบบประสาทกับการเคลื่อนไหว	60
ความสัมพันธ์ของระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว	74
บทที่ 4 หลักกลศาสตร์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว	76
ปัจจัยที่ทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนแปลง	76
การเคลื่อนไหวแบบเส้นตรง	78
หลักของการส่งแรงสู่วัตถุภายนอกและการรับแรงปะทะ	80
หลักของการส่งแรงปะทะแต่วัตถุภายในการดันและการยก	82
หลักการส่งแรงปะทะต่อวัตถุภายนอกด้วยการต่อย ดี เตะ	85
หลักการรับแรงปะทะ	86

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การประยุกต์หลักการการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย	90
การนำมาประยุกต์ใช้กับทักษะการเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬา	95
การประยุกต์ตามหลักการชีวกลศาสตร์	98
การนำหลักการทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวมาประยุกต์ใช้ในการเล่นกีฬา	100
การนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์กีฬา	103
การนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การปฏิบัติ	104
บทที่ 6 ทฤษฎีและการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกาย	109
ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้	109
ทฤษฎีหน่วยแห่งความทรงจำของสมิทท์	114
ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกของการเรียนรู้ได้เพียงหนึ่งช่องสัญญาณของเวลฟอร์ด	116
รูปแบบการเรียนรู้ทักษะกลไกของไวท์ดิงจ์	117
รูปแบบการรับรู้การแสดงออกทักษะกลไกของเลสโซ	119
ทฤษฎีการรับรู้พื้นฐานการเคลื่อนไหวของเคฟส์ท์	120
บทที่ 7 การประเมินผลการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย	124
สรีรวิทยาของมนุษย์ในการเล่นกีฬาและออกกำลังกาย	124
การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย	127
การวัดการแสดงความสามารถทางการเคลื่อนไหว	131
การวัดการไว้วางงานในขณะออกกำลังกาย	133
เอกสารอ้างอิง	139
ภาคผนวก ประวัติส่วนตัว	

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงระนาบในการเคลื่อนไหว	8
1.2 แสดงแกนของการเคลื่อนไหว (A) แกนหน้า-หลัง ขอบฟ้า (B) แกนข้าง ขอบฟ้า และ (C) แกนตั้งหรือแกนในแนวตั้ง	9
1.3 แสดงการงอและเหยียดที่ข้อศอก	10
1.4 แสดงการงอและเหยียดที่ข้อเข่า ข้อสะโพก และศีรษะ	10
1.5 แสดงการเหยียดเกินปกติ (Hyperflexion-Hyperextension)	10
1.6 แสดงการงอของข้อเท้า การกระดกข้อเท้าขึ้น การกระดกข้อเท้าลง	11
1.7 แสดงการเคลื่อนไหวในท่าทางและหุบ หัวไหล่และสะโพก	11
1.8 แสดงการเอียงตัวไปทางด้านข้าง (Lateral Flexion)	12
1.9 แสดงการเอียงข้อมือ	12
1.10 แสดงการยกขึ้น (Elevation) การลดลง (Depression) ของกระดูกสะบัก	13
1.11 แสดงการหมุนขึ้นและลงของกระดูกสะบัก	14
1.12 แสดงการเปิดของฝ่าเท้า (A) เข้าด้านใน (Inversion) และ (B) ออกด้านนอก (Eversion)	14
1.13 แสดงการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายแบบหมุน (Rotation) (A) การหมุนศีรษะและคอไปทางซ้าย (Left rotation) (3) การหมุนข้อไหล่ ออกด้านนอก (Outward rotation of shoulder joint) และ (C) การหมุนข้อสะโพกออกด้านนอก (Outward rotation of hip joint)	15
1.14 แสดงการคว่ำมือและการหงายมือ (Pronation and Supination)	15
1.15 แสดงการแยกออกจากกันและการเคลื่อนที่เข้าหากันของกระดูกสะบัก	16
1.16 แสดงลักษณะการกางและหุบของข้อไหล่ในแนวนอน (Horizontal abduction and horizontal adduction of shoulder joint)	16
1.17 แสดงการเคลื่อนไหวแบบหมุนเป็นวง (Circumduction)	17
1.18 แสดงข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Synarthrosis) (A) ชูเจอร์(B) ซินเดสโมสิส	18
1.19 แสดงข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อย (Amphiarthrosis) (A) ขั้วซินคอนโดรลิส (B) ซิมฟิซีส	18
1.20 แสดงโครงสร้างของข้อต่อแบบเคลื่อนไหวได้มาก (Diarthrosis joint)	19
1.21 แสดงตัวอย่างของข้อต่อแบบรูปร่างแปลกหรือสั้นไหล	20
1.22 แสดงตัวอย่างของข้อต่อรูปบานพับ (Hinge Joint)	20
1.23 แสดงตัวอย่างข้อต่อรูปไขควง (Trochoidal joint or pivot joint)	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
1.24	แสดงตัวอย่างข้อต่อรูปไข่ (Condylod joint)	21
1.25	แสดงตัวอย่างข้อต่อรูปอานม้า (Saddle Joint)	22
1.26	แสดงตัวอย่างข้อต่อแบบหมุนรอบ (Ball and socket joint)	22
1.27	แสดงลักษณะของคานชนิดที่ 1 และตัวอย่างการทำงาน	23
1.28	แสดงตัวอย่างการทำงานของคานชนิดที่ 1	23
1.29	แสดงลักษณะของคานชนิดที่ 2 และตัวอย่างการทำงาน	24
1.30	แสดงตัวอย่างการทำงานของคานชนิดที่ 2	24
1.31	แสดงลักษณะของคานชนิดที่ 3 และตัวอย่างการทำงาน	25
1.32	แสดงตัวอย่างการทำงานของคานชนิดที่ 3	25
1.33	แสดงการทำงานของคานชนิดที่ 3 กล้ามเนื้อหดตัวเพียงเล็กน้อยแต่ได้ช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion) มาก	27
1.34	แสดงการหดตัวของกล้ามเนื้อเพคโทราลิส เมเจอร์ ส่วนที่เกาะกับกระดูกไหปลาร้า (Clavicular head of pectoralis major)	27
1.35	รูปแบบพื้นฐานการเคลื่อนไหว	29
2.1	โครงสร้างของร่างกาย	34
2.2	ศีรษะและคอ (Head and neck)	34
2.3	ลำตัว (Torso หรือ Trunk)	35
2.4	แขนและขา (Hand and leg)	36
2.5	ระบบผิวหนัง (Integumentary system)	37
2.6	ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)	37
2.7	ระบบกระดูก (Skeletal system)	38
2.8	ระบบหมุนเวียนโลหิต (Circulatory system)	39
2.9	ระบบหายใจ (Respiratory System)	39
2.10	ระบบประสาท (Nervous system)	40
2.11	ระบบต่อมต่างๆ (Glands system)	41
2.12	ระบบย่อยอาหาร (Digestive system)	42
2.13	ระบบขับถ่าย (Excretory system)	45
2.14	ระบบสืบพันธุ์ (Reproductive system)	46
3.1	ระบบกระดูก (Skeletal system)	48
3.2	กระดูกกะโหลกศีรษะ (Cranium) และกระดูกใบหน้า (Bone of face)	49
3.3	กระดูกหู (Bone of ear)	49
3.4	กระดูกสันหลัง (Vertebrae)	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.5 กระดูกซี่โครง (Rib)	50
3.6 กระดูกกระยางค์ (Appendicular skeletal)	51
3.7 ชนิดของข้อต่อ	53
3.8 การเคลื่อนไหวของข้อต่อ	54
3.9 กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle)	54
3.10 กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ	55
3.11 กล้ามเนื้อแขนและขา	57
3.12 การทำงานของกล้ามเนื้อ	57
3.13 เส้นใยของกล้ามเนื้อ	58
3.14 การหดตัวของกล้ามเนื้อ	59
3.15 ระบบประสาท (Nervous system)	60
3.16 การเกิดกระแสประสาท	63
3.17 การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท	63
3.18 การทำงานของระบบประสาท	65
3.19 การทำงานของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และเซลล์ประสาทนำคำสั่ง	65
3.20 การเปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนมัติ	66
3.21 วงจรการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ	66
3.22 โครงสร้างของนัยน์ตา	67
3.23 โครงสร้างและตำแหน่งของเซลล์ในชั้นเรตินา	68
3.24 การเปลี่ยนแปลงโรดอปซินในเซลล์รูปแท่ง	69
3.25 การมองเห็นแสงสีต่างๆ	69
3.26 โครงสร้างภายในของหูคน	70
3.27 ลักษณะภายในของ Cochlea	72
3.28 โครงสร้างภายในของจมูก	73
3.29 ลักษณะของปุ่มรับรส บน Papilla ของลิ้น	73
3.30 โครงสร้างภายในของจมูก	74
4.1 ตัวอย่างการเคลื่อนไหวกแบบเส้นตรง (Linear หรือ Rectilinear motion)	77
4.2 ตัวอย่างการเคลื่อนไหวกแบบเส้นโค้ง (Curvilinear motion)	77
4.3 การเคลื่อนไหวกแบบ Angular motion	78
4.4 ตัวอย่างการส่งแรงปะทะวัตถุภายนอก	81
4.5 การยก	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	การดึงหรือลาก	83
4.7	การดัน	84
4.8	การขว้าง	84
5.1	ระดับของการเคลื่อนไหวพื้นฐานทักษะการเคลื่อนที่	92
5.2	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (การเกิดสะพานข้ามเนื่องจากผลของแคลเซียมไอออน และบทบาทของเอทีพีในหนึ่งรอบของหนึ่งสายไมโอซิน)	93
5.3	การทำหน้าที่ของเซลล์ประสาทสั่งงานในไขสันหลังในการเคลื่อนไหว	94
5.4	การจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้นักกีฬาอย่างเหมาะสมตามช่วงวัย	97
5.5	ชีวกลศาสตร์การศึกษาวิเคราะห์ประเมินคุณภาพของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว	99
5.6	แสดงการเคลื่อนไหวของทักษะปิด-ทักษะเปิด	101
5.7	แสดงทักษะบางทักษะสามารถเลื่อนไหลจากทักษะเปิดไปสู่ทักษะปิด	102
5.8	การใช้ไม้กอล์ฟตีลูกกอล์ฟ	104
6.1	กิจกรรมที่เป็นทักษะการเคลื่อนไหว	111
6.2	กระบวนการการกำหนดพัฒนาการและสร้างสรรค์การเคลื่อนไหวของสมองระบบวงจรปิด (Close-loop)	113
6.3	ภาพแผนภูมิการเรียนรู้ทักษะกลไกตามทฤษฎีหน่วยความทรงจำของซมิดท์	116
6.4	แสดงแผนภูมิกระบวนการเรียนรู้ทักษะกลไกตามแนวคิดของเวลฟอร์ด	117
6.5	องค์ประกอบทางด้านร่างกาย (Physical components)	118
6.6	องค์ประกอบด้านกระบวนการการทำงาน (Functional component)	118
6.7	วิเคราะห์กลไกการทำงานของระบบประสาทและสมองส่วนกลาง (Central mechanisms)	118
6.8	รูปแบบการวิเคราะห์ห้องค์ ประกอบของกระบวนการรับรู้การแสดงออกซึ่งการเคลื่อนไหวตามแนวคิดของไวท์ดิงจ์	119
6.9	แผนภูมิการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวตามแนวคิดของเลสโซที่มาของรูป	120
6.10	ระดับขององค์ประกอบที่มีปัจจัยการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว 3 ระดับ	122
7.1	สรีรวิทยากับการทำงานในการสร้างพลังงานในการออกกำลังกาย	125
7.2	การทำงานของร่างกายในการสร้างพลังงานต่อการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง	126
7.3	การทำงานของร่างกายในการสร้างพลังงานต่อการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7.4	จำลองการวัดพลังงานที่ใช้ในร่างกายโดยตรง	128
7.5	การนำข้อมูลทางสรีรวิทยาในการทำงานไปประยุกต์ใช้ในการจัดงาน ให้เข้ากับความสามารถของคนทำงาน	131
7.6	การวัดการใช้พลังงานโดยอ้อมระบบปิด (Closed-Circuit Calorimetry)	134

รายละเอียดรายวิชา

ชื่อวิชา รหัส และหน่วยกิต

ชื่อวิชาภาษาไทย วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวและสรีรวิทยาการออกกำลังกาย

ชื่อวิชาภาษาอังกฤษ Kinesiology and Physiology of Exercise

รหัสวิชา 02193211

จำนวน 3(2-2-5) หน่วยกิต

คำอธิบายรายวิชา (Course description)

ความรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ของมนุษย์ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท อวัยวะรับรู้ความรู้สึก ระบบไหลเวียน ระบบหายใจ ระบบพลังงานในร่างกาย หลักกลศาสตร์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว การประยุกต์หลักการการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย

Basic knowledge of kinesiology. Structure and function of organ and human system. Exercise affecting on skeletal, muscular, nervous, sense organ, circulatory, respiratory systems and energy system in the body. Main mechanics for efficiency develop in movement. Application of physiological principles in sport and exercise.

วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการความรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว
2. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่การทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ของมนุษย์ ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท อวัยวะรับรู้ความรู้สึก ระบบไหลเวียน ระบบหายใจ ระบบพลังงานในร่างกาย
3. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับหลักกลศาสตร์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว
4. เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์หลักการการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย

วิธีการสอน

การบรรยาย การอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น แบบ Online, Onsite การฝึกปฏิบัติ การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากการอ่านหนังสือหรือสืบค้นข้อมูลจากระบบอินเทอร์เน็ต การนำเสนอ งานบุคคล และการนำเสนอกลุ่ม รวมถึงการคิดวิเคราะห์และนำเสนองานที่มอบหมาย

อุปกรณ์สื่อการสอน

หนังสือ ตำรา บทความ งานวิจัย เอกสารประกอบการบรรยาย และสื่ออินเทอร์เน็ต

การวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน

1. การเข้าร่วมชั้นเรียนและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	10%
2. การนำเสนองาน	20 %
3. การสอบปฏิบัติ	30%
4. สอบปลายภาค	40%
รวม	100%

การประเมินผลการเรียน

การประเมินผลการเรียน ใช้เกณฑ์ดังนี้

80 คะแนนขึ้นไป	ได้เกรด A
75-79 คะแนน	ได้เกรด B+
70-74 คะแนน	ได้เกรด B
65-69 คะแนน	ได้เกรด C+
60-64 คะแนน	ได้เกรด C
55-59 คะแนน	ได้เกรด D+
50-54 คะแนน	ได้เกรด D
49 คะแนนลงไป	ได้เกรด F

หัวข้อบรรยายและกิจกรรมการสอน

สัปดาห์	เนื้อหา	กิจกรรม
1	แนะนำรายวิชา หลักการจัดการเรียนการสอน และการประเมินผล ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว	บรรยาย online ผ่านระบบ google classroom, line group, onsite
2	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (ต่อ)	บรรยาย online ผ่านระบบ google classroom, line group, onsite
3-4	โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของอวัยวะ และระบบต่างๆ ของมนุษย์	บรรยาย online ผ่านระบบ google classroom, line group, onsite
5-6	ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท อวัยวะรับความรู้สึก ระบบไหลเวียน ระบบหายใจ ระบบพลังงานในร่างกาย	บรรยาย online ผ่านระบบ google classroom, line group, onsite
7-8	การนำเสนองานบุคคล	บรรยาย/อภิปรายงาน online ผ่านระบบ google classroom, line group, onsite
9-10	หลักกลศาสตร์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว	บรรยาย/อภิปรายงาน online ผ่านระบบ google classroom, line group, onsite

ลำดับที่	เนื้อหา	กิจกรรม
11	การประยุกต์หลักการการเคลื่อนไหวทาง สรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย	บรรยาย/อภิปรายงาน online ผ่าน ระบบ google classroom, line group, onsite
12-13	การประเมินผลการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยา ทางการกีฬาและการออกกำลังกาย	บรรยาย/อภิปรายงาน online ผ่าน ระบบ google classroom, line group, onsite
14	สอบปฏิบัติ	ทดสอบปฏิบัติ onsite
15	การนำเสนองานกลุ่ม	บรรยาย/อภิปรายงาน online ผ่าน ระบบ google classroom, line group, onsite
16	สอบทฤษฎี	สอบปลายภาค

เอกสารอ่านประกอบ

เกล็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. (2558). พื้นฐานกายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไอกรุปเพลส จำกัด.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2557). วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา. กรุงเทพฯ: บริษัทสินธนาท้อบปี เซ็นเตอร์ จำกัด.

ธีรนนท์ ตันพานิชย์. (2561). เอกสารประกอบการสอบเรื่อง 02170217 ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว. ภาควิชาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ศิลปชัย สุวรรณธาดา. (2548). การเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว ทฤษฎีและปฏิบัติการ. สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การ กีฬา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธยา สีละมอด. (2557). กิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบัติ อ่อนศิริ. (2562). พลังงานกับการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: วิสต้า อินเตอร์พริ้นท์.

เอก เกดเต็มภูมิ. (2547). การเรียนรู้ทักษะกลไก: ประยุกต์สู่การสอนวิชาพลศึกษาและการฝึกกีฬา. วิทยาลัยพลศึกษา จังหวัดอ่างทอง.

Colvin, A., Markos, N. & Walker, P.. (2016). Teaching Fundamental Motor Skills (3rd Edition). Human Kinetics publishes books.

บทที่ 1

ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว

พื้นฐานเบื้องต้นแห่งวิทยาศาสตร์ว่าด้วยกลไกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ มีรากฐานต่างๆ ที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการศึกษาในศาสตร์การเคลื่อนไหว เริ่มตั้งแต่สภาพร่างกาย หลักพื้นฐานของโครงสร้างของร่างกาย แขน ระบาย จุดศูนย์ถ่วง และลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ คือ พื้นฐานสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ซึ่ง วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ เป็นการศึกษาในด้านกายวิภาค สรีรวิทยา กลศาสตร์ สังคมวิทยา และจิตวิทยา อันเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนไหวของมนุษย์ทั้งสิ้น

ในสาขาวิชาพลศึกษา ซึ่งเป็นวิชาที่ใช้กิจกรรมเป็นสื่อกลางเพื่อให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหว เป็นการฝึกให้มนุษย์รู้จักเข้าใจร่างกายของตนเอง ตลอดจนการรู้จักวิธีการช่วยให้การเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น วิทยาศาสตร์ว่าด้วยการเคลื่อนไหวของมนุษย์จึงเป็นวิชาที่สัมพันธ์กับวิชาพลศึกษาอย่างมากมาในหลายๆ ด้านในชีวิตประจำวันไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ การแข่งขันกีฬาเพื่อความเป็นเลิศ การพัฒนา การปรับปรุง การรักษา การฟื้นฟูเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวทางการกีฬา ที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์กีฬา เพื่อการแก้ไขข้อบกพร่องของร่างกายและการกายภาพบำบัด ซึ่งการศึกษาวิชาดังกล่าวนี จะช่วยให้มีสติมีความรู้ ความเข้าใจถึงพื้นฐานเกี่ยวกับหลักต่างๆ ของการเคลื่อนไหวอย่างถูกต้อง และนำไปใช้ถ่ายทอดสู่การปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ความเป็นมาและความสำคัญของวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว

วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (Kinesiology) เป็นการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาในเรื่องการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยใช้องค์ความรู้ที่สำคัญทางด้านกายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์ และสรีรวิทยา เข้ามาประยุกต์ใช้ ดังนั้น วิชานี้จึงเกี่ยวข้องกับการศึกษาในศาสตร์ สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก และองค์ความรู้ในวิชากลศาสตร์โดยเฉพาะศาสตร์ที่เรียกว่า ชีวกลศาสตร์ วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวร่างกายจึงเป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์ (Human movement)

คิเนสิโอโลยี (Kinesiology) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกโดยการนำเอาคำกริยาสองคำมารวมกันคือ “Kinein” แปลว่า “เคลื่อนไหว” (To move) กับคำว่า “Logos” ซึ่งแปลว่า “ศึกษา” ซึ่งคิเนสิโอโลยี มาจากคำสองคำรวมกัน คือ “Ology” หมายถึง “วิทยาหรือความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์” กับคำว่า “Kinesi” หมายถึง “การเคลื่อนไหว” (Motion) (Cooper and Glassow, 1982: 3)

ดังนั้น วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวจึงเป็นการนำความรู้ทางด้านกายวิภาคหรือศาสตร์ที่ว่าด้วยโครงสร้างของร่างกายมาผนวกเข้ากับความรู้ที่ว่าด้วยการทำงานของอวัยวะต่างๆ ของร่างกายหรือสรีรวิทยาและฟิสิกส์เป็นส่วนใหญ่และในบางครั้งจำเป็นต้อง ใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ จิตวิทยา และสังคมวิทยาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจได้ถูกต้องว่าเป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดขึ้นจากสาเหตุใด คือร่างกายถูกทำให้เคลื่อนไหวอย่างไร มีรูปแบบหรือลักษณะการเคลื่อนไหวแบบใด และมีกฎเกณฑ์หรือองค์ประกอบอะไรบ้างที่มีอิทธิพลต่อการ

เคลื่อนไหวนั้นๆ โดยมีความมุ่งหมายทั่วๆ ไปคือเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการเคลื่อนไหวการปฏิบัติกิจกรรมหรือภารกิจประจำวัน ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไข กลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย รูปร่างทรวดทรงให้ถูกต้องเหมาะสมตามหลักการเคลื่อนไหวและมีประสิทธิภาพสูงสุดส่วนเฉพาะด้านการกีฬาที่เน้นจุดมุ่งหมายสำคัญ คือ เพื่อให้ผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬาสามารถวิเคราะห์กลไกการเคลื่อนไหวและประเมินการเคลื่อนไหวทั้งในส่วนย่อย และส่วนรวมของร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้อง เพื่อประโยชน์ของการฝึกซ้อมและมีประสิทธิภาพในการแข่งขันกีฬาศึกษาวิชาจึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักและกฎเกณฑ์ทั้งปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ฯลฯ และสามารถนำไปใช้ในการประกอบกิจกรรมการประกอบกิจกรรมการเคลื่อนไหวให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกายในลักษณะต่างๆ กันคือ

1. ช่วยพัฒนาและปรับปรุงรูปร่างทรวดทรงให้เหมาะสมถูกต้องตามหลักการเคลื่อนไหว
2. ช่วยพัฒนาและปรับปรุงทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. ช่วยให้ผู้สามารถพิจารณาและเลือกประเภทของกิจกรรมการเคลื่อนไหวรวมทั้งการปฏิบัติกิจกรรมให้เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสมกับสภาพร่างกายของตนเอง
4. ช่วยพัฒนาปรับปรุงการจัดท่าทางการเคลื่อนไหว (Body segment) ในแต่ละประเภทของกิจกรรมให้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กับรูปแบบของการเคลื่อนไหว เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวสูงสุด
5. ช่วยส่งเสริมการปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวและสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายให้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์มากยิ่งขึ้น
6. ช่วยในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อพัฒนาปรับปรุงการเคลื่อนไหวและการบำบัดรักษา ตลอดจนการฟื้นฟูสภาพร่างกายภายหลังจากที่ได้รับบาดเจ็บหรือจากการเสื่อมสภาพจากโรคบางอย่างให้คืนสู่สภาพปกติและปฏิบัติงานได้ดีเช่นเดิม
7. ช่วยส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการเคลื่อนไหว วิธีปฏิบัติและแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องขององค์ประกอบในการเคลื่อนไหวร่างกายให้ถูกต้องเหมาะสม และได้ผลดียิ่งขึ้น

ชีวกลศาสตร์ (Kinematic)

ชีวกลศาสตร์ (Kinematic) เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหวของสิ่งที่มีชีวิต ซึ่งได้แก่มนุษย์เกี่ยวข้องกับเรื่องของแรงอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ผลของแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ ตำแหน่ง ระยะทาง ความเร็วและความเร่ง ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม เพื่อนำไปพัฒนา ปรับปรุง การเคลื่อนไหวให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมกีฬาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรได้ทำความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy) หมายถึง การศึกษาโครงสร้างรูปร่าง ลักษณะตำแหน่งที่ตั้งของอวัยวะต่างๆ ซึ่งในที่นี้จะเป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับร่างกาย
2. กลศาสตร์ (Mechanics) หมายถึง การศึกษาในเรื่องปฏิกิริยาของแรงที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว

3. สรีรวิทยา (Physiology) หมายถึง การศึกษาถึงหน้าที่การทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย และความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการทำงานของอวัยวะต่างๆ

4. ชีวกลศาสตร์ (Bio-mechanics) หมายถึง การนำความรู้ในวิชาฟิสิกส์และกลศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการใช้แรงภายในในการเคลื่อนไหวร่างกายของตนเอง และการใช้แรงปะทะกับแรงภายนอกของคนเราในขณะที่มีการเคลื่อนไหว (กรรวิ บุญชัย, 2540)

บทบาทของชีวกลศาสตร์การกีฬา มีความสำคัญช่วยในการตรวจสอบแรงและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว เช่น มุม ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง โมเมนตัม ช่วยในการปรับแต่งการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อน (Microtuning) ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยในการตรวจสอบข้อบกพร่อง และ ข้อจำกัดของการเคลื่อนไหวในระดับเล็กมาก (Micro-level) ซึ่งสายตามนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบได้และช่วยในการแก้ไข การศึกษาชีวกลศาสตร์ของมนุษย์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดินและการเคลื่อนไหวร่างกาย การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยๆตามแง่มุมที่ต้องการศึกษา ดังนี้

1. การศึกษาแรงกลทางชีวภาพ (Kinetic study)
2. การศึกษารูปแบบของการเคลื่อนไหว (Kinematic study)
3. การศึกษารูปแบบของการหด-คลายตัวของกล้ามเนื้อ (Sequential muscular activity study)

4. การศึกษาพลังงานที่ร่างกายใช้ไปในการเคลื่อนไหว (Energetic study) เป็นต้น เนื้อหาทางชีวกลศาสตร์ซึ่งนำมาประยุกต์เพื่อศึกษาการเดินและการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์ เช่น การศึกษาแรงกลทางชีวภาพ (Kinetics) เน้นศึกษาปริมาณ ทิศทาง รูปแบบ ของแรงที่กระทำต่อร่างกาย ต่ออวัยวะเฉพาะส่วน เช่น ขา แขน สันหลัง เป็นต้น หรือเฉพาะส่วนย่อยของอวัยวะนั้นๆ เช่น ข้อเข่า เป็นต้น โดยไม่สนใจถึงรายละเอียดอื่นๆแต่อย่างใดเช่น รูปแบบของการเคลื่อนไหว เป็นต้น

การศึกษารูปแบบของการเคลื่อนไหว (Kinematics) เน้นการศึกษาถึงรูปแบบการเคลื่อนไหว ทั้งที่ปกติและผิดปกติ ของร่างกาย ของอวัยวะเฉพาะส่วน เช่น ขา แขน หรือของส่วนย่อยๆ ของอวัยวะนั้นๆ เช่น ข้อเข่า เป็นต้น โดยไม่สนใจถึงปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง อาทิ ปริมาณแรงที่กระทำ เป็นต้น

จุดศูนย์กลางของร่างกาย (Center of gravity หรือ CoG หรือ CG) คือ จุดศูนย์กลางสมมติของวัตถุหรือร่างกายมนุษย์ ที่ถูกแรงโน้มถ่วงกระทำ ซึ่งเป็นจุดสมมติที่แทนถึงน้ำหนักตัวทั้งหมด ซึ่งในทางฟิสิกส์ คำว่า “จุดศูนย์กลางของมวล” และ “จุดศูนย์กลาง” นั้น มีความหมายแตกต่างกัน ดังกล่าวข้างต้น แต่โดยทั่วไปมักอนุโลมใช้แทนกันได้ หากเป็นการศึกษาถึงวัตถุหรือมนุษย์ที่อยู่ในอาณาเขตของโลก มนุษย์ในท่ายืนตรงจุดศูนย์กลางจะอยู่ที่หน้าต่อกระดูกสันหลังส่วนก้นกบอันที่ 2 (the second sacral vertebral bone หรือเรียกง่าย ๆ ว่า S2) ประมาณ 1-2 ซม. และระหว่างการเดินปกติจุดศูนย์กลางจะเคลื่อนไหวยขึ้นบน-ลงล่าง-ซ้ายและขวาไม่เกิน 1 นิ้วจากจุดปกติ หากเกินกว่านี้จะใช้พลังงานในการเดินมากขึ้น (สาวิตรี แก้วรัก, 2557)

สถิติก (Static) คือ สภาพขณะที่อยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหว

ไดนามิก (Dynamic) คือ สภาพขณะเคลื่อนไหว หรือมีแรงมากระทำ ทำให้ไม่อยู่นิ่งและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Gait analysis) คือ การศึกษาถึงรูปแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ทั้งรูปแบบปกติ และผิดปกติ

ระนาบของร่างกาย (Body plane) คือ ร่างกายของมนุษย์ เหมือนกับวัตถุชนิดอื่นๆ ในแง่ที่มีรูปทรงเป็น 3 มิติ กล่าวคือ มีความกว้าง ความยาว หรือความสูง ซึ่งก็คือส่วนสูงนั่นเอง และความลึก (หรือความหนาของร่างกาย) และพื้นที่รอบๆ ตัวมนุษย์ ก็เป็นพื้นที่ที่มี 3 มิติเช่นกัน

รูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายปกติ (Normal gait pattern) คือ รูปแบบการเดินหรือการเคลื่อนไหวที่คนส่วนใหญ่ใช้ ซึ่งรูปแบบนี้จะทำให้เดินได้ระยะทางที่ต้องการโดยเสียพลังงานไปน้อยที่สุด

ความมั่นคงของร่างกาย (Stability) คือการที่มนุษย์สามารถคงท่าทางเอาไว้ได้ โดยที่ไม่ล้มลงไป เช่น สามารถยืนตัวตรงได้โดยที่ไม่ล้มลง สามารถนั่งได้โดยที่ไม่ล้ม เป็นต้น ซึ่งประกอบไปด้วยหลายปัจจัย อาทิ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความสามารถของระบบประสาท และปัจจัยต่างๆ ทางชีวกลศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งสำหรับปัจจัยทางชีวกลศาสตร์ที่สำคัญ ซึ่งทำให้ร่างกายมนุษย์สามารถคงความมั่นคงของร่างกายเอาไว้ได้ ได้แก่

ระดับความสูงของจุดศูนย์กลางถ่วง (Height of C.G.) คือ จุดศูนย์กลางสมมติของร่างกายมนุษย์ ซึ่งแทนน้ำหนักตัวทั้งหมด และถูกกระทำด้วยแรงโน้มถ่วงอยู่ตลอดเวลา) อยู่สูง ร่างกายย่อมมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถตั้งตรงอยู่ได้และล้มลงมาได้ง่ายกว่า

น้ำหนักตัว (Body weight) คือ สามารถพิจารณาจากน้ำหนักตัวมากกว่า ร่างกายย่อมมีแนวโน้มที่ล้มลงมาได้ง่ายกว่าเช่นกัน

ขนาดของพื้นที่ฐานรองรับ (Area of base of support) หากพื้นที่ฐานรองรับแคบ (หรือพื้นที่ของส่วนที่สัมผัสกับพื้น) ร่างกายย่อมมีแนวโน้มที่จะไม่สามารถตั้งตรงอยู่ได้และล้มลงมาได้ง่ายกว่า (กรรวิ บุญชัย, 2540)

หลักการและทฤษฎีที่เป็นองค์ความรู้ทางด้านกลศาสตร์

ความรู้ทางด้านกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกายที่นักเรียนควรทราบ กฎแห่งการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's law of motion) เซอร์ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) นักวิทยาศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษเป็นผู้ค้นพบเกี่ยวกับกฎของการอยู่นิ่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยกฎดังกล่าวถือว่าเป็นพื้นฐานในการนำมาศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ที่เกิดจากแรงที่ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวมีมานานแล้ว บุคคลที่ได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งวิชาแห่งวิชาคิเนสิโอโลยี (Father of Kinesiology) คือ “อริสโตเติล” นักปราชญ์ชาวกรีกจากผลงานการเขียนหนังสือเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวหลายเล่ม อาทิ Parts of Animals, Movements of Animals และ Progression of Animals งานเขียนดังกล่าวของอริสโตเติลนี้เป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาการศึกษาวิชานี้ในเวลาต่อมาจนถึงปัจจุบัน เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า การเคลื่อนไหวร่างกายเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่ยึดกับกระดูก ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาน ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวรอบข้อต่อต่างๆ

1. ศึกษาจากศพเพื่อดูที่อยู่ของกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งจุดเกาะต้น (Origin) จุดเกาะปลาย (Insertion) และลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ จากนั้นจึงนำหลักการทางกลศาสตร์ (Mechanics) มาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาแรงดึงของกล้ามเนื้อ โดย Duchenne de Boulogne ได้

กล่าวว่า “การทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละข้อต่อของร่างกายในชีวิตประจำวัน นั้นจะทำงานกลุ่มประสานกันเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว” (Parent, 2005)

2. ศึกษาจากคนปกติโดยสังเกตการณ์ทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละกลุ่ม โดยการคลำและใช้เครื่องวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography=EMG.) (Parent, 2005)

ในการศึกษากฎแห่งการเคลื่อนไหวของนิวตัน ประกอบด้วยกฎที่เกี่ยวข้อง 3 ข้อ (Parent, 2005) คือ

1. กฎข้อที่หนึ่งของนิวตันหรือเรียกว่า กฎของความเฉื่อย (Law of inertia) ซึ่งกล่าวไว้ว่า **“วัตถุทุกชนิดจะอยู่ในสภาวะอยู่นิ่ง หรือเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ตลอดไป ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุนั้น”**

ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับกฎข้อนี้ เช่น กรณีลูกฟุตบอลที่วางอยู่บนพื้นระนาบ หากไม่ได้รับแรงจากการเตะของนักกีฬา ลูกฟุตบอลก็จะอยู่นิ่งๆ ไม่มีการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ แต่เมื่อได้รับแรงจากการเตะของนักกีฬา ลูกฟุตบอลจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ได้รับแรง แต่ในที่สุดเมื่อได้รับแรงภายนอก เช่น แรงดึงดูดของโลก หรือแรงเสียดทานจากพื้นสนามส่งมากระทำต่อการเคลื่อนที่ของลูกฟุตบอลนั้น แรงที่ส่งมากจะฉุดรั้ง ส่งผลให้ลูกฟุตบอลหยุดนิ่งอยู่กับที่ จนกว่าจะได้รับแรงมากระทำอีกครั้ง

2. กฎข้อที่สองของนิวตันหรือเรียกว่า กฎของอัตราเร่ง (Law of acceleration) ซึ่งกล่าวไว้ว่า **“แรงที่มากระทำต่อวัตถุใดๆ จะทำให้อัตราเร่งของวัตถุนั้นเปลี่ยนแปลงไปเป็นปริมาณโดยตรงกับจำนวนแรงที่มากระทำ แต่จะเป็นปริมาณกลับกับมวลสารของวัตถุนั้น”**

ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับกฎข้อนี้ เช่น กรณีที่ออกแรงขว้างวัตถุชนิดเดียวกัน เช่น ขว้างลูกบอลที่มีขนาดเท่ากันไปข้างหน้าด้วยแรงต่างกัน ย่อมได้ระยะทางต่างกัน หรือหากออกแรงขว้างเท่ากัน แต่น้ำหนัก (มวล) ของวัตถุต่างกัน วัตถุที่มีน้ำหนักมากกว่าย่อมได้ระยะจากการขว้างที่สั้นกว่าวัตถุที่มีน้ำหนักน้อยกว่า

3. กฎข้อที่สามของนิวตันหรือเรียกว่า กฎของการตอบโต้ (Law of action and reaction) ซึ่งกล่าวไว้ว่า **“เมื่อวัตถุหนึ่งออกแรงกระทำกับวัตถุอีกวัตถุหนึ่ง วัตถุอันหลังจะออกแรงกระทำต่อวัตถุอันแรกในเวลาเดียวกัน แรงทั้งสองนั้นจะมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม”**

ตัวอย่าง การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับกฎข้อนี้ เช่น กรณีที่เราสวมรองเท้าสเก็ตหรืออยู่บนเก้าอี้ที่มีล้อเลื่อน โดยหันหน้าเข้าหากำแพง แล้วใช้มือผลักกำแพง จะพบว่าตัวเราจะเคลื่อนที่ถอยหลังออกจากกำแพง แสดงว่าขณะที่มือเราผลักกำแพงไปข้างหน้า กำแพงจะต้องส่งแรงผลักดันมาที่มือเราในทิศตรงข้ามจึงทำให้เราเคลื่อนที่ถอยหลัง

ความสมดุลกับการเคลื่อนไหวร่างกาย

ความสมดุล (Equilibrium) คือ หลักการฟิสิกส์เบื้องต้นอีกเรื่องหนึ่งที่นักเรียนควรทราบซึ่งหลักการ ดังกล่าวสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการเล่นกีฬา หรือกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายได้ โดยเฉพาะหากสามารถที่จะจัดทำทางในการเคลื่อนไหวให้มีความสมดุลย่อมจะช่วยให้การทรงตัวในขณะที่เคลื่อนไหวมีความมั่นคงได้

ความสมดุล (Equilibrium) หมายถึง สภาพของวัตถุหรือร่างกายของคนเรามีความมั่นคง (Balance) ทั้งในขณะที่อยู่กับที่และขณะที่มีการเคลื่อนที่ ความสมดุลตามหลักการฟิสิกส์ แบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ ความสมดุลสถิตและความสมดุลพลวัต

1. ความสมดุลสถิต (Static equilibrium) เป็นการรักษาสถิตขณะที่วัตถุหรือร่างกายอยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหว เช่น ขณะที่ยืนด้วยเท้าข้างเดียว หรือยืนด้วยปลายเท้า ยืนโดยมีสิ่งของอยู่บน ศีรษะ เป็นต้น ซึ่งท่าทางเหล่านี้หากได้รับการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญจะสามารถรักษาความสมดุล อยู่ได้

2. ความสมดุลพลวัต (Dynamic equilibrium) เป็นการรักษาความสมดุลขณะที่วัตถุหรือ ร่างกายของคนเรามีการเคลื่อนไหว เช่น การเดินบนท่อนไม้ทรงตัว การยืนบนรถโดยสารที่กำลังวิ่ง การยืนในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความสมดุล

จากลักษณะและหลักการของความสมดุลที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความสมดุล จะพบว่าปัจจัยสำคัญดังนี้

1. ความสูงของจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) หลักการในเรื่องนี้มีหลักการสำคัญที่ว่า จุดศูนย์ถ่วงยิ่งต่ำมากเท่าใดจะยิ่งเพิ่มความสมดุลแก่ร่างกายหรือวัตถุมากเท่านั้น ตามที่ได้กล่าวแล้วว่า ขณะยืนปกติจุดศูนย์ถ่วงจะอยู่หน้าต่อกระดูกก้นกบขึ้นที่ 2 ถ้าหากยกแขนขึ้นหรือถือน้ำหนักระดับ เอว จะส่งผล ให้จุดศูนย์ถ่วงสูงขึ้น ซึ่งเป็นการยากในการรักษาสถิตของร่างกาย การลดความสูงของ จุดศูนย์ถ่วงจะทำให้เกิดความสมดุลมากขึ้น

สำหรับจุดศูนย์ถ่วงของคนเรา พบว่าในขณะที่ยืนปกติห้อยแขนข้างลำตัว จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่ ประมาณกระดูกก้นกบขึ้นที่ 3 สำหรับเพศชายจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายจะอยู่สูงกว่าเพศหญิง เนื่องจากกระดูกของผู้หญิงกว้างกว่าของเพศชาย และช่วงขาของเพศหญิงสั้นกว่าของเพศชาย ส่งผลให้จุดศูนย์ถ่วงของเพศหญิงอยู่ต่ำกว่าของเพศชาย ซึ่งจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในเพศชายอยู่ที่ 56-57 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของร่างกายแต่เพศหญิงอยู่ที่ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของ ความสูงของ ร่างกาย

2. ขนาดของฐานที่รองรับ (Base of support) หลักการสำคัญในเรื่องนี้มีหลักการที่ว่า ขนาดของฐานที่รองรับยิ่งกว้างมากเท่าใด ยิ่งส่งผลให้เกิดความมั่นคงมากขึ้นเท่านั้น

ตัวอย่างเช่น หากยืนแยกเท้าจะมีโอกาสล้มได้น้อยกว่าการยืนชิดเท้าเมื่อถูกกระแทก ทั้งนี้ เนื่องมาจากการยืนแยกเท้าขนาดของฐานที่รองรับ จะมีพื้นที่มากกว่ายืนชิดเท้า แต่อย่างไรก็ตามหาก ยืนแยกเท้าห่างกันมาก ความกว้างของช่วงสะโพก ความมั่นคงของการทรงตัวก็จะลดลง ทั้งนี้ เนื่องมาจากโอกาสของเส้นลากผ่านจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย (Line of gravity) อยู่ชิดกับของของฐาน ด้านนอกมากเกินไปนั่นเอง

3. ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นศูนย์ถ่วงกับฐานที่รองรับ (The relationship between line of gravity and base of support) หลักการข้อนี้ว่า วัตถุหรือร่างกายจะมีสมดุลได้นั้น เส้นลากผ่าน จุดศูนย์ถ่วงจะต้องตกภายในฐานรองรับ และยังใกล้จุดศูนย์กลางของฐานรองรับมากเท่าใด ความ สมดุลย่อมมีมากขึ้นเท่านั้น

ตัวอย่างเช่น เมื่อยกของที่มีน้ำหนักมากๆ มีความจำเป็นต้องปรับเอียงลำตัวไปในด้านตรงข้ามกับข้างที่ยกหรือหัววัตถุนั้น เพื่อที่จะรั้งจุดศูนย์ถ่วงของตนเองให้อยู่บนฐาน หรือพื้นที่ระหว่างเท้าทั้งสองข้างไว้ ถ้าหากไม่กระทำเช่นนี้ความมั่นคงของการทรงตัวจะเสียไป และกล้ามเนื้อทางด้านตรงข้ามของลำตัวจะเกร็งเครียด ดังนั้น เมื่อเราถือของหนักๆ จึงควรเอนตัวจากระดับข้อเท้าไปในทางตรงข้าม และศีรษะตั้งตรงไว้ แต่ถ้าวัตถุที่ถืออยู่นั้นไม่หนักมาก ให้ยกแขนอีกข้างหนึ่งทางซ้ายๆ หรือเอียงลำตัวจากระดับเอวไปทางซ้ายๆ

4. มวลของวัตถุหรือของร่างกาย หลักการสำคัญในเรื่องนี้มีหลักการว่า เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำต่อร่างกายหรือวัตถุใดๆ ร่างกายหรือวัตถุที่มีมวลสารมากกว่าย่อมมีความมั่นคงมากกว่า

ตัวอย่างเช่น ในกีฬาที่ใช้ร่างกายเข้าปะทะกัน เช่น กีฬารักบี้ ฟุตบอล นักกีฬาที่ตัวใหญ่น้ำหนักมาก ย่อมจะมีความสามารถในการเข้าปะทะดีกว่านักกีฬาที่ตัวเล็กกว่า

5. โมเมนตัม (Momentum) คือ ผลคูณของมวลสาร (Mass) กับอัตราความเร็ว (Velocity) หลักการสำคัญในเรื่องนี้มีหลักการที่ว่า โมเมนตัมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลสารและความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น

ตัวอย่างเช่น การเอาลูกเทนนิสปล่อยลงบนเท้าของเรา ในระยะความสูงพอประมาณ เช่น ระดับเอวจะรู้สึกเจ็บน้อยกว่าเมื่อเราเอาลูกซอกกี้หรือลูกซอฟต์บอลมาปล่อยในระยะความสูงที่เท่ากัน หรือถ้าโยนลูกฟุตบอลขึ้นยืนโหม่ง กับโยนลูกฟุตบอลขึ้นแล้ววิ่งเข้าไปโหม่ง ความแรงของการปะทะจะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เพราะมีความเร็วเป็นตัวแปร คือ มีโมเมนตัมมากขึ้นนั่นเอง

6. ความเสียดทาน (Friction) หลักการสำคัญในเรื่องนี้มีหลักการที่ว่า ขณะที่มีการเคลื่อนไหวหรือเลื่อนไหลหรือมีแรงภายนอกมากระทำในกรณีที่พื้นหรือรองรับมีความเสียดทานน้อย ความสมดุลในการทรงตัวลดลง

สำหรับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวย่างกาย ประกอบด้วย

1. ระนาบและแกนของการเคลื่อนไหว (Plane and axis of movement)
2. กลไกการทำงานของข้อต่อ (The mechanics of joint action)
3. การเคลื่อนไหวย่างกายในลักษณะของคาน (Lever nature of body movement)

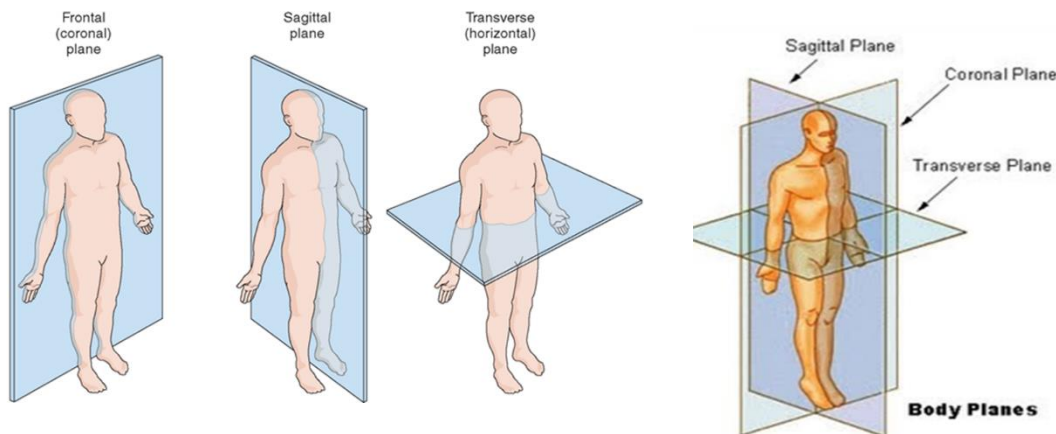
1. ระนาบและแกนของการเคลื่อนไหว (Plane and axis of movement)

ระนาบของร่างกาย (Plane) คือ แผ่นสมมุติสองมิติที่ลากผ่านร่างกายและมีการแบ่งร่างกายภายในแนวสมมุติออกเป็น 2 ส่วนหรือ 2 ซีกเท่าๆ กัน ซึ่งในร่างกายคนเราสามารถแบ่งระนาบการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Anatomic plane) ออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.1 ระนาบหน้า-หลัง (Sagittal plane หรือ Anteroposterior plane) คือ ระนาบในแนวตั้งหรือแนวตั้งที่แบ่งส่วนของร่างกายจากด้านหน้าไปสู่ด้านหลัง ให้ร่างกายถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน คือ ด้านซ้ายและด้านขวา

1.2 ระนาบข้าง (Lateral plane หรือ Frontal plane) คือ ระนาบในแนวตั้งหรือแนวตั้งที่แบ่งส่วนของร่างกายจากด้านข้างหนึ่งไปสู่อีกด้านข้างหนึ่ง ทำให้ร่างกายถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน คือ ด้านหน้าและด้านหลัง

1.3 ระนาบขอบฟ้า (Transverse plane หรือ Horizontal plane) คือ ระนาบในแนวนอน ซึ่งแบ่งส่วนของร่างกายออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน คือ ส่วนบนและส่วนล่าง



ภาพที่ 1.1 แสดงระนาบในการเคลื่อนไหว

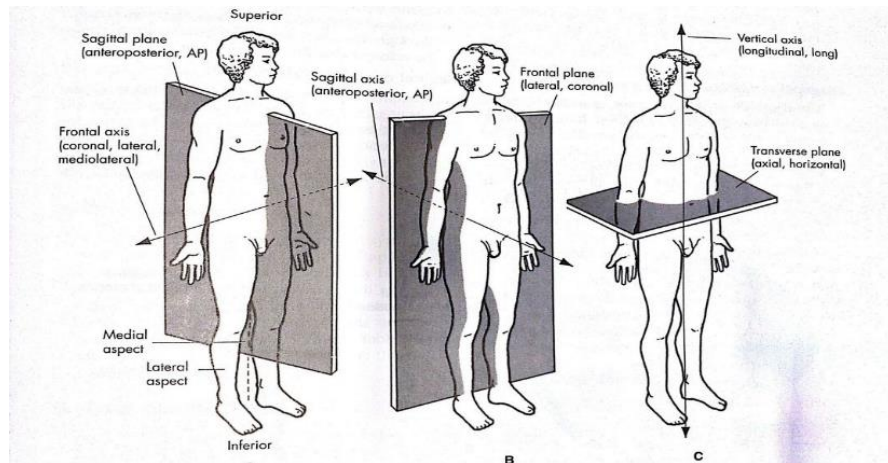
ที่มา: <https://sites.google.com/site/kaywiphakhsastr/>

เมื่อเรายืนในท่ากายวิภาคระนาบทั้งสามจะตัดกัน หรือบรรจบกันที่จุดๆ หนึ่งจุดดังกล่าวนี้คือจุดศูนย์กลางของมวลสารของร่างกายหรือเรียกว่า**“จุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย” (Central gravity = CG)** การที่เราบอกว่าร่างกายหรือส่วนของร่างกายเคลื่อนไหวในระนาบใดนั้นเราหมายความว่าร่างกาย หรือส่วนของร่างกายนั้นเคลื่อนไหวในแนวขนานกับระนาบ เช่น หน้าแขนขวาเคลื่อนไหวในระนาบ หน้า-หลัง หมายความว่า หน้าแขนเคลื่อนไหวที่ข้อศอกในแนวข้อศอกในแนวขนานกับระนาบ หน้า-หลัง เป็นต้น

แกนของการเคลื่อนไหว (Axis)

ในการเคลื่อนไหวร่างกายหรือส่วนของร่างกายในระนาบใดระนาบหนึ่งนั้น แต่ละระนาบจะเคลื่อนไหว ร่างกายหรือส่วนของร่างกายในระดับ ในการเคลื่อนไหวร่างกายหรือส่วนของร่างกายในระนาบใดระนาบหนึ่งนั้น แต่ละระนาบจะเคลื่อน ผ่านแกนสมมุติ ซึ่งก็คือข้อต่อต่างๆ ของร่างกายนั่นเอง แกนของการเคลื่อนไหวแต่ละแกนจะตั้งฉากกับระนาบการเคลื่อนไหวแบบใดแบบหนึ่งในสามแบบดังกล่าวข้างต้นแกนจำแนกออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. แกนหน้า-หลังขนานขอบฟ้า (Sagittal horizontal axis หรือ Anteroposterior horizontal axis) เป็นแกนในแนวนอนซึ่งตั้งฉากกับระนาบข้างและทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวยึด เมื่อส่วนของร่างกายมีการเคลื่อนที่ในระนาบข้าง
2. แกนข้างขนานขอบฟ้า (Frontal horizontal axis หรือ Lateral horizontal axis) เป็นแกนในแนวนอนซึ่งตั้งฉากกับระนาบหน้า-หลังทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวยึดเมื่อส่วนของร่างกาย มีการเคลื่อนที่ในระนาบหน้า – หลัง
3. แกนตั้งหรือแกนในแนวตั้ง (Vertical หรือ Longitudinal axis) เป็นแกนที่ตั้งฉากกับพื้นโลกหรือระนาบขอบฟ้าการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายไปในระนาบฟ้าจะเป็นการเคลื่อนไหวรอบแกนนี้ (ภาพที่ 1.2)



ภาพที่ 1.2 แสดงแกนของการเคลื่อนไหว (A) แกนหน้า-หลังขนานขอบฟ้า (B) แกนข้างขนขอบฟ้า และ (C) แกนดิ่งหรือแกนในแนวดิ่ง

ที่มา: <https://sites.google.com/site/kaywiphakhsastr/>

การเคลื่อนไหวร่างกายหรือส่วนต่างๆ ของร่างกาย

เนื่องจากร่างกายคนเราประกอบขึ้นด้วยส่วนต่างๆ ของอวัยวะหลายส่วนโดยมีกระดูกทำหน้าที่ เป็นโครงร่างและอาศัยข้อต่อเป็นที่ยึดโยงประกอบกันเข้าโดยอาศัยข้อต่อต่างๆ นี้เอง ร่างกายคนเราจึงมีการเคลื่อนไหวได้มากบ้างน้อยบ้างหรือไม่มีเลย แล้วแต่สภาพของข้อต่อที่มันประกอบขึ้น

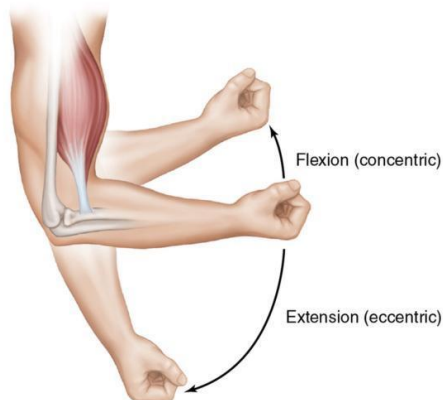
ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวร่างกายแต่ละส่วน เรามักวิเคราะห์จากท่ายืนปกติหรือท่ากายวิภาค (Anatomical position) เพราะจะทำให้เข้าใจได้ง่าย การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในระนาบข้างนั้น ควรมองภาพการเคลื่อนไหวในด้านหน้าหรือด้านหลังส่วนการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในระนาบ หน้า-หลัง ควรมองภาพการเคลื่อนไหวในด้านข้างลักษณะการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ควร ทราบมีดังนี้

1. การเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในระนาบหน้า-หลังรอบแกนข้างขนานขอบฟ้า การเคลื่อนไหวที่พบ ได้แก่

1.1 การงอ (Flexion) เป็นการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในระนาบหน้า-หลังรอบแกนข้างขนานขอบฟ้าโดยทำให้มุมระหว่างส่วนของร่างกาย (Segment) แคบลง

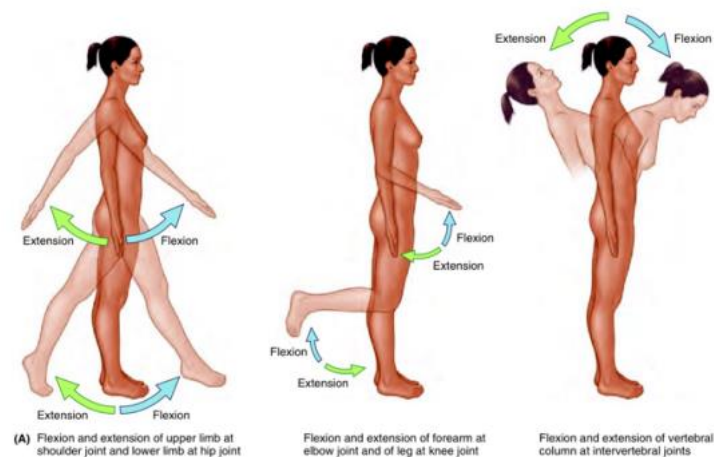
1.2 การเหยียด (Extension) เป็นการเคลื่อนไหวที่ตรงกันข้ามกับการงอโดยเป็นการเคลื่อนไหวที่เพิ่มมุมระหว่างส่วนของร่างกาย การเหยียดจะเริ่มนับจากท่างอเต็มที่ (Full flexion) เพื่อกลับเข้ามาสู่ตำแหน่งปกติในท่ากายวิภาคการเหยียดที่เลยท่ากายวิภาคจะเป็นการเหยียดที่เกินปกติ (Hyperextension) การเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายโดยการงอและการเหยียดนี้ จะพบได้ที่ข้อต่ออินเตอร์ฟาแลงเจียล (Interphalangeal joint) ซึ่งเป็นข้อต่อระหว่างกระดูกนิ้วมือ ข้อมือ (Wrist joint) ข้อศอก (Elbow joint) ข้อไหล่ (Ankle joint) สำหรับข้อเท้า นั้นจะใช้คำว่า “งอ” กับ การเคลื่อนไหวทั้งการกระดูกข้อเท้าขึ้นและกระดูกข้อเท้าลงซึ่งความรู้สึของคนทั่วไปมักจะเข้าใจว่าการกระดูกข้อเท้าลงเป็นการเหยียดข้อเท้า ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดการสับสนจึงได้มีการกำหนดคำเฉพาะในการอธิบายการเคลื่อนไหวของข้อเท้าขึ้นโดยการกระดูกข้อเท้าขึ้นจะใช้คำว่า “การงอด้านหลังเท้า”

(หลังเท้าเคลื่อนเข้าหาหน้าแข้ง = Dorsi flexion) และการกระดกข้อเท้าลงจะใช้คำว่า “การงอด้านฝ่าเท้า” (ฝ่าเท้าเคลื่อนเข้าหาหน้าแข้ง = Plantar flexion)



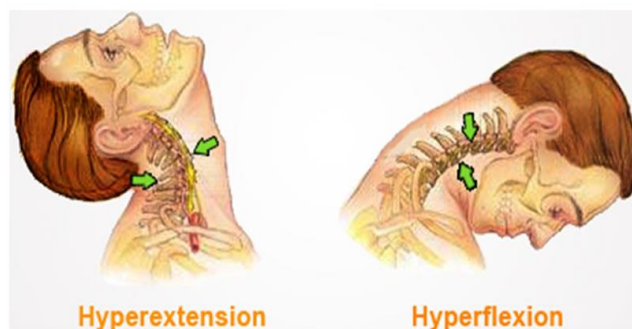
ภาพที่ 1.3 แสดงการงอและเหยียดที่ข้อศอก

ที่มา: <http://www.beyondachondroplasia.org/blogue/language/en/elbow-deformities-in-achondroplasia/>



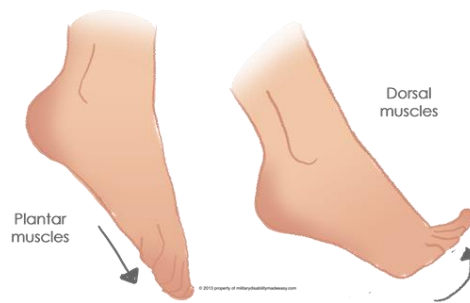
ภาพที่ 1.4 แสดงการงอและเหยียดที่ข้อเข่า ข้อสะโพก และศีรษะ

ที่มา: <https://medicine107.wordpress.com/2014/12/22/terms-of-movement/>



ภาพที่ 1.5 แสดงการเหยียดเกินปกติ (Hyperflexion-Hyperextension)

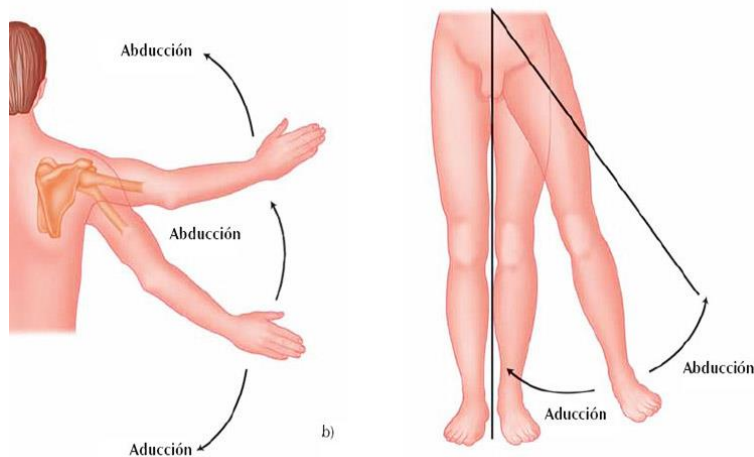
ที่มา: <https://www.calorvaliosotrataamientosdecolumna.com/2018/08/08/latigazo-cervical/>



ภาพที่ 1.6 แสดงการงอของข้อเท้า การกระดกข้อเท้าขึ้น การกระดกข้อเท้าลง
ที่มา: <https://www.pngkit.com/bigpic/u2q8y3t4y3a9i1q8/>

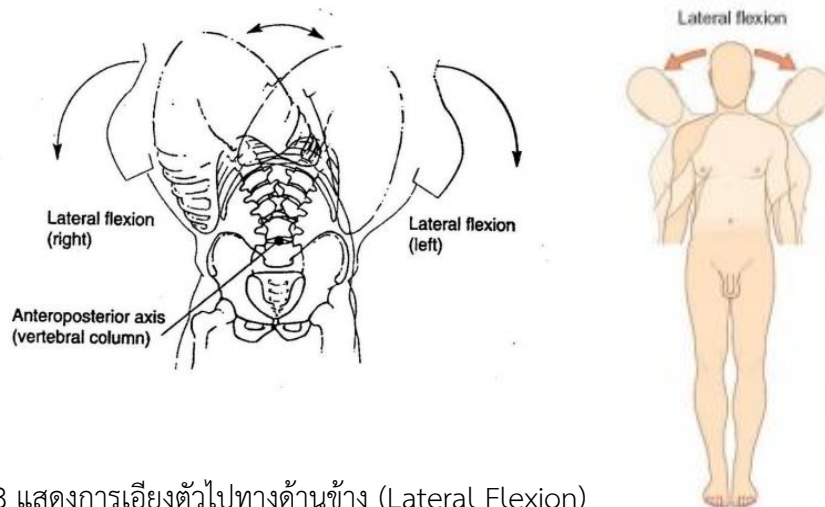
2. การเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในระนาบข้างรอบแกนหน้า-หลัง ขนานขอบฟ้า การเคลื่อนไหวที่พบ ได้แก่

2.1 การกาง (Abduction) และการหุบ (Adduction) การกางเป็นการเคลื่อนที่ส่วน ของร่างกายออกไปจากแนวกลางตัว(Midline) ในระนาบข้างรอบแกนหน้า -หลัง ขนานขอบฟ้า ส่วนการ หุบ จะเป็นการเคลื่อนส่วนของร่างกายในทางตรงกันข้ามกับการกางโดยเคลื่อนที่เข้าหาแนวกลางตัว การกางและการหุบจะเกิดขึ้นที่ข้อไหล่ ข้อสะโพก ข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล (Metacarpophalangeal Joint) ซึ่งเป็นข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่ามือ (Metacarpus) กับกระดูกนิ้วมือ (Phalanges) และข้อต่อ เมตาทาร์โซฟาแลงเจียล การกางจะเป็นการเคลื่อนนิ้วมือหรือนิ้วเท้า ออกจากนิ้วกลาง ส่วน การหุบจะเป็นการเคลื่อนที่นิ้วมือหรือนิ้วเท้าเข้าหานิ้วกลาง



ภาพที่ 1.7 แสดงการเคลื่อนไหวในท่ากางและหุบ หัวไหล่และสะโพก
ที่มา: <https://sooluciona.com/diferencias-entre-abduccion-y-aduccion/>

2.2 การเอียงทางด้านข้าง (Lateral bending หรือ Lateral flexion) การเอียงทางด้านข้างเป็นการ เคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบริเวณข้อต่อระหว่างกระดูกสันหลัง (Intervertebra joint)

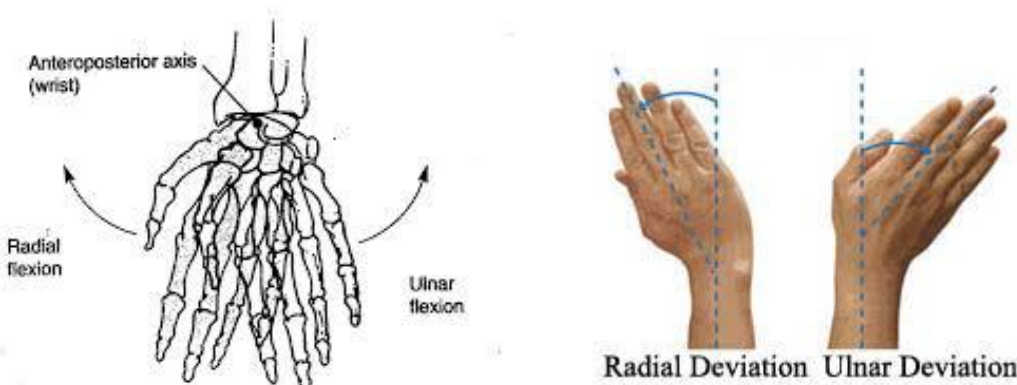


ภาพที่ 1.8 แสดงการเอียงตัวไปทางด้านข้าง (Lateral Flexion)

ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/461196818085812384/>

2.3 การเอียงข้อมือไปทางด้านนิ้วหัวแม่มือกับการเอียงข้อมือไปทางด้านนิ้วก้อย

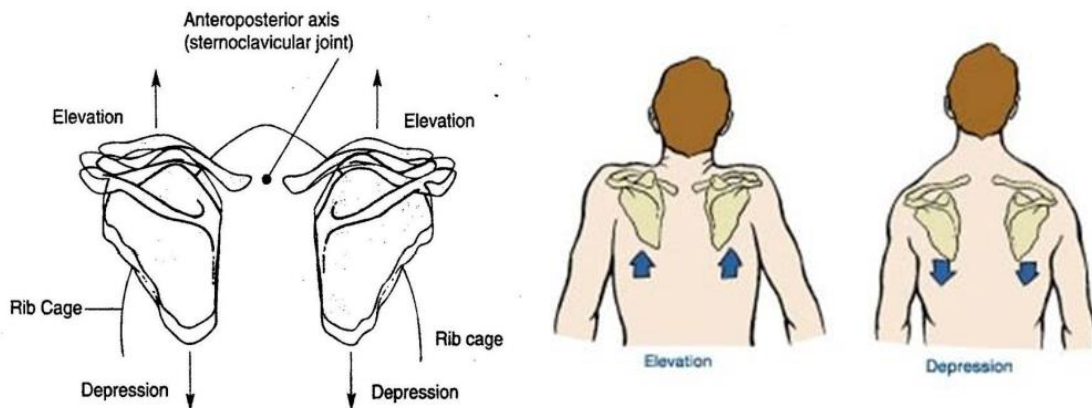
(Radial deviation หรือ Radial flexion และ Ulnar deviation หรือ Ulnar flexion) ความจริงแล้วการเอียงข้อมือไปทางด้านนิ้วก้อยอยู่ในท่ากายวิภาคแล้วส่วนของมือจะเคลื่อนเข้าหาแนวกลางตัว ซึ่งการเคลื่อนไหวนี้เป็นการหุบข้อมือ (Wrist adduction) นั่นเอง และในทำนองเดียวกัน เมื่อเอียงข้อมือไปทางด้าน นิ้วหัวแม่มือข้อมือจะเคลื่อนออกจากแนวกลางตัวซึ่งการเคลื่อนไหวนี้เป็นการกางข้อมือ (Wrist abduction) แต่การใช้คำว่ากางหรือหุบกับข้อมือนี้อาจจะทำให้เข้าใจการเคลื่อนไหวไม่ชัดเจนเพื่อให้ง่ายแก่ การเข้าใจจึงนำคำว่า การเอียง (Deviation) มาใช้แทนโดยกำหนดลงไปว่าเอียงไปทางด้านนิ้วหัวแม่มือ (Radial deviation) หรือเอียงไปทางด้านนิ้วก้อย (Ulnar deviation) นอกจากนี้ยังมีการนำคำว่า “งอ” มาใช้อธิบายการเคลื่อนไหวนี้ด้วย โดยอาศัยหลักที่ว่า การเคลื่อนที่นี้ทำให้มุมระหว่างมือกับแขนส่วนปลายแคบลง ถึงแม้ว่าการเคลื่อนไหวนี้อาจไม่ได้เป็นการเคลื่อนไหวในระนาบหน้า - หลัง ก็ตามโดยกำหนดลงไปว่างอข้อมือไปทางด้านนิ้วหัวแม่มือ (Radial flexion) หรืองอไปทางด้านนิ้วก้อย (Ulnar flexion)



ภาพที่ 1.9 แสดงการเอียงข้อมือ

ที่มา: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7885313>

2.4 การยกขึ้นและการลดลง (Elevation and depression) การยกขึ้นและลดลงของ ส่วนของร่างกาย นั้นจะเกิดบริเวณส่วนลำตัวโดยเป็นการเคลื่อนไหวของวงไหล่ (Shoulder girdle) ซึ่งการเคลื่อนที่นี้จะ เกิดขึ้นที่ข้อต่อสเตอร์โนคลาวิคูลาร์ (Sternoclavicular joint) ซึ่งเป็นข้อต่อ ระหว่างกระดูกหน้าอก (Sternum) และกระดูกไหปลาร้า (Clavicle)

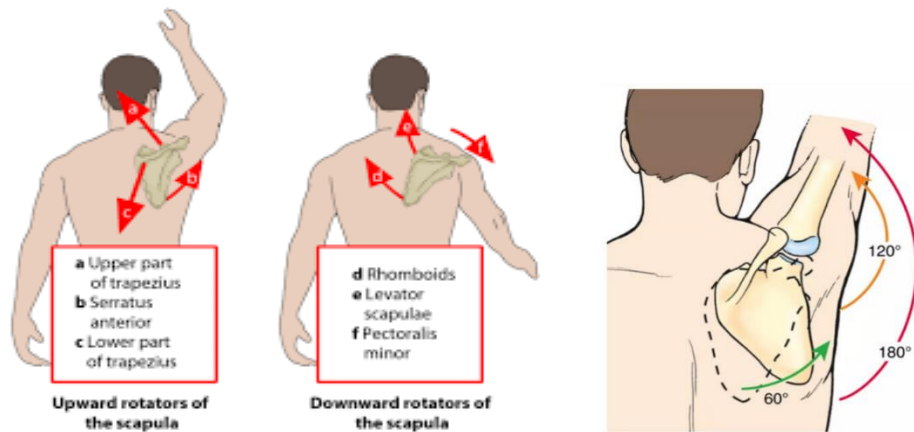


ภาพที่ 1.10 แสดงการยกขึ้น (Elevation) การลดลง (Depression) ของกระดูกสะบัก

ที่มา: <http://radkaimyoga.com/the-perfect-chaturanga-for-maximum-shoulder-stability-and-strength/>

2.5 การหมุนขึ้นและการหมุนลง (Upward rotation and downward rotation) การหมุนขึ้นและการหมุนลงเป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบริเวณลำตัว โดยเป็นการเคลื่อนที่ที่ส่วนของ วงไหล่ที่บริเวณข้อต่อโครโมโอคลาวิคูลาร์ (Acromoclavicular joint) ซึ่งเป็นข้อต่อระหว่างปลาย อโครเมียนโพรเซส (Acromion process) ของกระดูกสะบัก (Scapula) กับปลายด้านนอกของ กระดูกไหปลาร้า การหมุนขึ้นทำให้ส่วนปลายของกระดูกสะบักหมุนขึ้นด้านบนและการหมุนลงก็จะ ทำให้ส่วนปลายของกระดูกสะบักหมุนลงเข้าที่เดิม (ภาพที่ 1.11)

2.6 การเปิดฝ่าเท้าเข้าด้านในและการเปิดฝ่าเท้าออกด้านนอก (Inversion and eversion) การเปิดฝ่าเท้าเข้าด้านในและการเปิดฝ่าเท้าออกด้านนอกเป็นการเคลื่อนไหวที่ข้อต่อสับ ทาลาร์ (Subtalar joint) ซึ่งเป็นข้อต่อที่อยู่ระหว่างกระดูกทาลัส (Talus) กับกระดูกสันเท้า (Calcaneus) (ภาพที่ 1.12)



ภาพที่ 1.11 แสดงการหมุนขึ้นและลงของกระดูกสะบัก

ที่มา: <https://www.elliehermanpilates.com/ellies-blog/2019/11/18/master-class-the-shoulder>

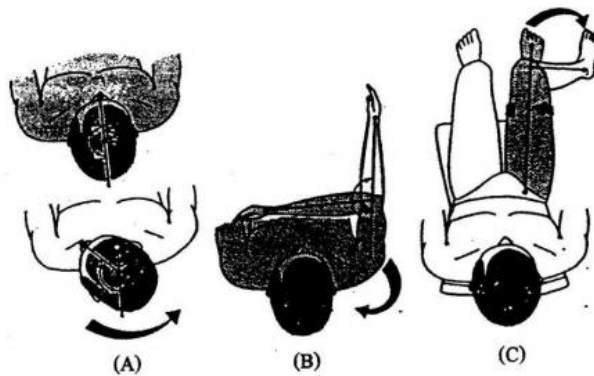


ภาพที่ 1.12 แสดงการเปิดของฝ่าเท้า (A) เข้าด้านใน (Inversion) และ (B) ออกด้านนอก (Eversion)

ที่มา: <https://centenoschultz.com/subtalar-joint-pain/>

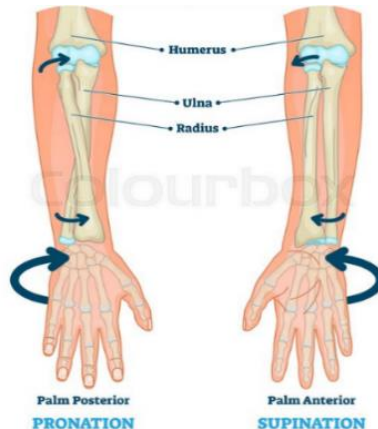
3. การเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายในระนาบขอบฟ้ารอบแกนตั้ง มีดังนี้

3.1 การหมุน (Rotation) การหมุนเป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในส่วนของศีรษะและคอ ลำตัว ข้อไหล่และข้อสะโพก โดยการหมุนที่บริเวณศีรษะและลำตัวนิยมอธิบายว่า หมุนไปทางซ้าย หรือขวา (Left rotation หรือ Right rotation) แต่เมื่อนำมาใช้กับส่วนของข้อไหล่และข้อสะโพกจะนิยมอธิบายว่าหมุนเข้าด้านใน ซึ่งเป็นการหมุนเข้าหาแนวกลางตัว (Inward rotation หรือ Medial rotation) หรือหมุนออกด้านนอก ซึ่งเป็นการหมุนออกจากแนวกลางตัว (Outward rotation หรือ Lateral rotation) ดังภาพที่ 1.13



ภาพที่ 1.13 แสดงการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายแบบหมุน (Rotation) (A) การหมุนศีรษะและคอไปทางซ้าย (Left rotation) (B) การหมุนข้อไหล่ออกด้านนอก (Outward rotation of shoulder joint) และ (C) การหมุนข้อสะโพกออกด้านนอก (Outward rotation of hip joint)

3.2 การหงายและการคว่ำ (Supination and proantion) การหงายและการคว่ำเป็นการอธิบายการเคลื่อนไหวของแขนส่วนปลาย การหงายจึงหมายถึง การหงายมือ (Forearm supination) ส่วนการคว่ำก็หมายถึง การคว่ำมือ (Forearm pronation) นั่นเอง การเคลื่อนไหวทั้งสองลักษณะจะเป็นการเคลื่อนไหวที่ข้อต่อเรดิโออัลนาร์ (Radioulnar joint) ดังภาพที่ 1.14

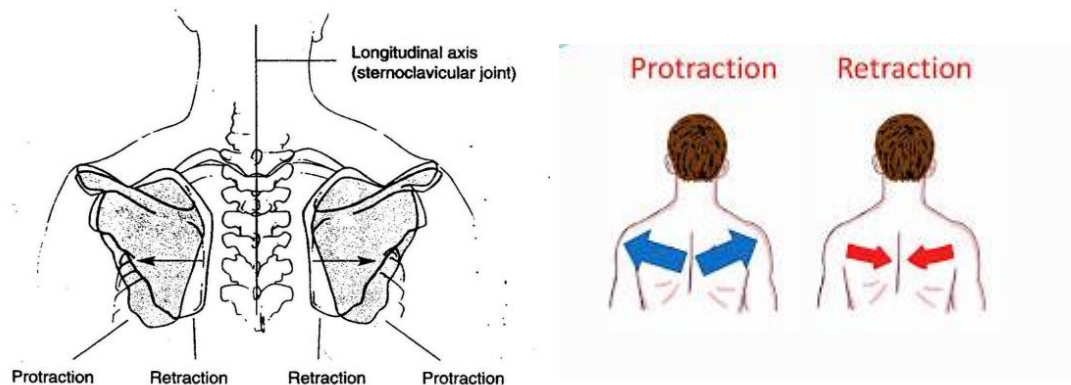


ภาพที่ 1.14 แสดงการคว่ำมือและการหงายมือ (Pronation and Supination)

ที่มา: <https://www.colourbox.com/vector/arm-supination-and-pronation-vector-illustration-labeled-anatomical-scheme-vector-42576231>

3.3 การแยกออกจากกันและการเคลื่อนที่เข้าหากัน (Protraction and retraction) การแยกออกจากกันและการเคลื่อนที่เข้าหากัน เป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นบริเวณวงไหล่ (Shoulder girdle) ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่ข้อต่อสเตอโรคลาวิคิวลาร์ (Sternoclavicular joint) โดยการแยกออกจากกัน (Protraction) จะเป็นการทำให้วงไหล่ทั้งสองข้างเคลื่อนเข้าหากันทางด้านหน้า ทำให้มีลักษณะเหมือนกับการห่อไหล่ การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้จะทำให้กระดูกสะบักแยกออกจากกัน ดังนั้นอาจจะเรียกการเคลื่อนไหวนี้ว่าเป็นการกางสะบัก (Scapula abduction) เมื่อเรายืดกระดูกสันหลัง

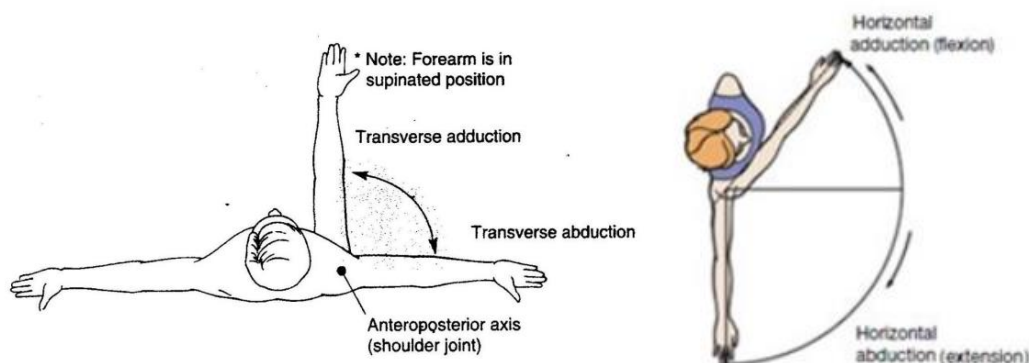
เป็นหลักส่วนการเคลื่อนที่เข้าหากัน (Retraction) จะเป็นการทำให้วงไหล่ทั้งสองข้างเคลื่อนที่ไปทางด้านหลังลักษณะเช่นนี้จะเหมือนกับการแอ่นอก การเคลื่อนไหวนี้จะทำให้กระดูกสะบักเคลื่อนที่เข้าหากัน จึงอาจเรียกได้ว่าเป็นการทาบสะบัก (Scapula adduction) เมื่ออาศัยกระดูกสันหลังเป็นหลัก ดังภาพที่ 1.15



ภาพที่ 1.15 แสดงการแยกออกจากกันและการเคลื่อนที่เข้าหากันของกระดูกสะบัก

ที่มา: <https://yoga4men.com/the-perfect-chaturanga-for-maximum-shoulder-stability-and-strength/>

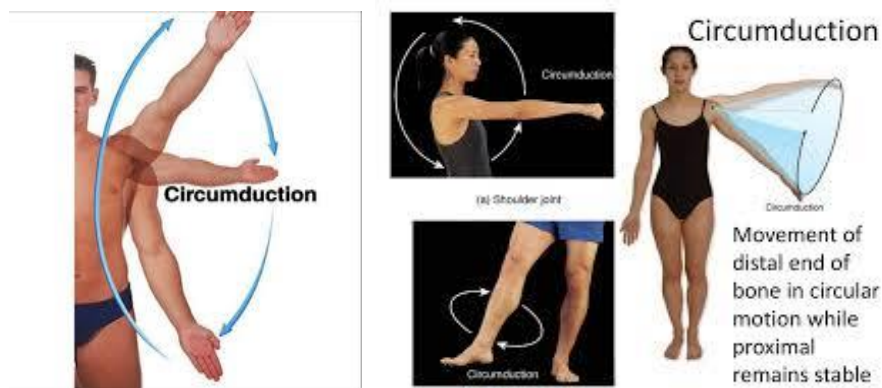
3.4 การทาบและกางในแนวนอน (Horizontal adduction and horizontal abduction) การเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นที่ข้อไหล่และข้อสะโพก ซึ่งจะต้องงอข้อไหล่หรือข้อสะโพกเพื่อให้แขนหรือขาอยู่ในระนาบของฟ้าก่อน จากนั้นถ้าเป็นการทาบก็จะเป็นการเคลื่อนส่วนของแขนหรือขาเข้าหากลางตัว ถ้าเป็นการกางก็จะเป็นการเคลื่อนแขนหรือขาออกจากกลางตัว ดังภาพที่ 1.16



ภาพที่ 1.16 แสดงลักษณะการกางและทาบของข้อไหล่ในแนวนอน (Horizontal abduction and horizontal adduction of shoulder joint)

ที่มา: <https://www.acefitness.org/fitness-certifications/ace-answers/exam-preparation-blog/3535/muscles-that-move-the-arm/>

4. การเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายที่เกิดขึ้นมากกว่าหนึ่งระนาบ การเคลื่อนไหวร่างกายในบางลักษณะมีความซับซ้อน มีการเคลื่อนไหวในหลายระนาบ การเคลื่อนไหวดังกล่าว ได้แก่ การหมุนเป็นวง (Circumduction) การหมุนเป็นวงนับเป็นการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนอันหนึ่ง คือ เป็นการเคลื่อนที่ที่ประกอบไปด้วยการงอ (Flexion) การกางออก (Abduction) การเหยียด (Extension) และการหุบ (Adduction) หรือจะเป็นการเคลื่อนไหวที่ในทิศทางกลับกันก็ได้ ผลก็คือจะทำให้ส่วนของร่างกายหมุนเป็นวงในลักษณะเป็นรูปกรวย โดยมีจุดยอดของกรวยอยู่ที่ข้อต่อ การเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะเกิดกับข้อต่อชนิดสองแกน (Biaxial joint) และข้อต่อชนิดสามแกน (Triaxial joint) ตัวอย่างของการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้ ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อสะโพก ข้อต่อเมตาคาร์โปฟาแลงเจียล (Metacarpophalangeal joint) ข้อมือ (Wrist joint) จะมีการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้ได้ดี โดยเฉพาะที่ข้อไหล่ ซึ่งมีโครงสร้างของข้อต่อที่ช่วยให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างสมดุล



ภาพที่ 1.17 แสดงการเคลื่อนไหวแบบหมุนเป็นวง (Circumduction)

ที่มา: <https://in.pinterest.com/pin/425730970996524919/>

2. กลไกการทำงานของข้อต่อ (The mechanics of joint action)

การที่ร่างกายของคนเราเคลื่อนไหวได้มิใช่เพียงอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่เพียงอย่างเดียว แต่ต้องขึ้นอยู่กับโครงสร้างของข้อต่อของกระดูก ซึ่งกล้ามเนื้อนั้นยึดติดอยู่ว่ามีขีดจำกัดในการเคลื่อนไหวได้มากนักน้อยเพียงใดอีกด้วย ข้อต่อในร่างกายคนเราสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

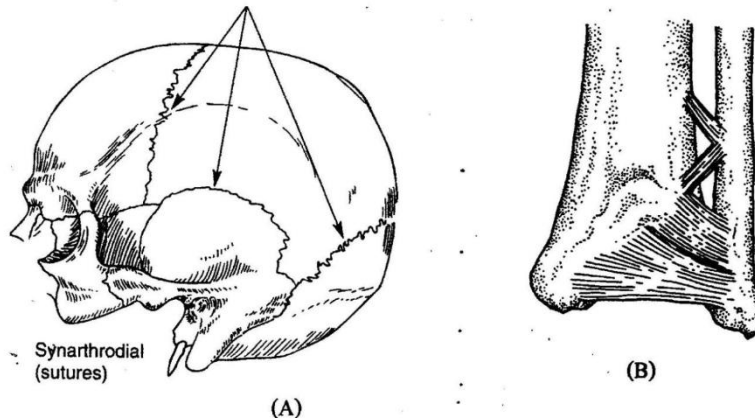
2.1 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Synarthrosis or immovable joint or fixed joint)

ข้อต่อแบบนี้เชื่อมต่อหรือติดต่อกันโดยมีเนื้อเยื่อไฟบรัส (Fibrous tissue) หรือกระดูกอ่อน (Cartilage) ยึดแทรกอยู่ระหว่างกระดูก และเป็นข้อต่อที่สามารถถูกแรงกระแทกได้บ้าง แต่เคลื่อนไหวไม่ได้ข้อต่อชนิดนี้แบ่งได้ 2 ชนิดย่อย คือ

2.1.1 ซูเจอร์ (Suture) เป็นข้อต่อที่บริเวณกะโหลกศีรษะ ข้อต่อชนิดนี้ส่วนขอบของกระดูกที่มาต่อกัน จะอยู่ชิดติดกันและเชื่อมต่อสนิทด้วย Fibrous tissue ซึ่งมีความแข็งแรงและไม่ยืดหยุ่นด้วยเหตุนี้ ข้อต่อชนิดนี้จึงมีความยืดหยุ่นน้อยแต่มีความแข็งแรงมาก

2.1.2 ซินเดสโมซิส (Syndesmosis) ข้อต่อชนิดนี้ภายในข้อต่อมีเนื้อเยื่อไฟบรัส (Fibrous tissue) อยู่หนาแน่น เนื้อเยื่อเหล่านี้จะเชื่อมที่รอยต่อของกระดูกเป็นผลให้ข้อต่อเคลื่อนไหว

ได้แต่น้อยมาก ตัวอย่าง ได้แก่ ข้อต่อของกระดูกสะบักที่ต่อกับกระดูกไหปลาร้า (Croracoacromial joint) และข้อต่อที่อยู่ปลายล่างของกระดูกที่เบียดกับฟิ บูลา (Tibia and fibula)



ภาพที่ 1.18 แสดงข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Synarthrosis) (A) ชูเจอร์(B) ซินเดสโมสิส

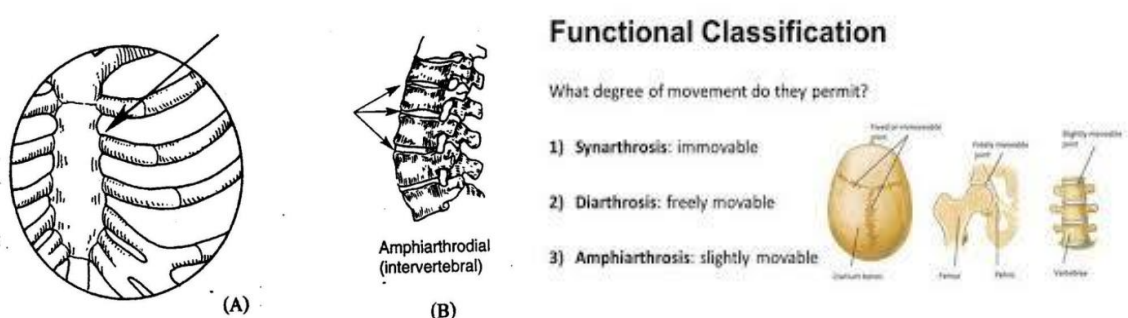
ที่มา: <http://wwwdata.unibg.it/dati/corsi/95005/95084-Lez4.b.Joints.ApparatoLocomotore2019.20.pdf>

2.2 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อย (Amphiarthrosis or Slightly movable joint)

ข้อต่อชนิดนี้เชื่อมต่อกันด้วยกระดูกอ่อน (Cartilage) จึงสามารถรับแรงกระแทกได้บ้าง การเคลื่อนไหวที่บริเวณข้อต่อนี้จะมีบ้าง แต่ไม่มาก ข้อต่อชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดย่อย คือ

2.2.1 ซินคอนโดรลิส (Synchondrosis) ข้อต่อชนิดนี้มีกระดูกอ่อนชนิด Hyaline เชื่อมที่รอยต่อ ตัวอย่าง ได้แก่ ข้อต่อส่วนปลายของกระดูกซี่โครง ซึ่งมาเชื่อมต่อกับกระดูกหน้าอก (Sternocostal Joint)

2.2.2 ซิมฟิสิส (Symphysis) ข้อต่อชนิดนี้ประกอบขึ้นโดยกระดูกเหล่านี้นติดต่อกันโดยมีไฟโบรคาร์ทเลท (Fibrocartilage) คั่นอยู่ระหว่างรอยต่อ (หมอนรองกระดูก) ตัวอย่าง ได้แก่ ข้อต่อกระดูกสันหลัง (Intervertebral disc) และข้อต่อหัวเหน่า (Symphysis pubis) ดังภาพที่ 1.19



ภาพที่ 1.19 แสดงข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อย (Amphiarthrosis) (A) ซินคอนโดรลิส (B) ซิมฟิสิส

ที่มา: <http://wwwdata.unibg.it/dati/corsi/95005/95084>

Lez4.b.Joints.ApparatoLocomotore2019.20.pdf

2.3 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก (Diarthrosis or Synovial joint or Freely joint) ข้อต่อชนิดนี้ที่ผิวส่วนปลายของกระดูกถูกปลุกคลุมด้วยกระดูกอ่อนเรียกว่า อาร์ติคิวลาร์ (Articular cartilage) ข้อต่อชนิดนี้เป็นข้อต่อที่มีรอยแยกหรือช่องกลางของข้อต่อ (Articular cavity) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

2.3.1 มีช่องกลางของข้อต่อ

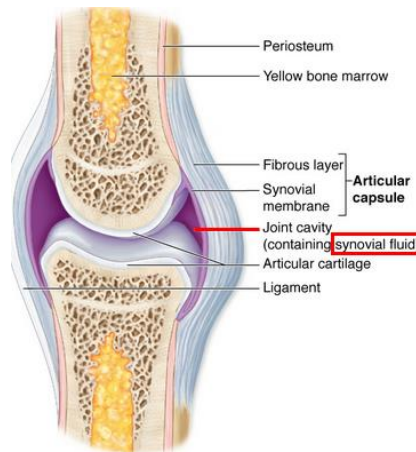
2.3.2 มีปลอกเอ็นห่อหุ้ม

2.3.3 ผนังด้านในของปลอกบุด้วยซินโนเวียล เมมเบรน (Synovial membrane) ซึ่งจะหลั่งสารหล่อลื่นที่เรียกว่า ซินโนเวียล ฟลูอิด (Synovial fluid) มาหล่อลื่นข้อต่อ

2.3.4 ผิวของปลายกระดูกที่ต่อกันมีลักษณะเรียบเกลี้ยง

2.3.5 ผิวปลายของกระดูก (Articular surface) มีกระดูกอ่อน ห่อหุ้มเป็นกระดูกอ่อนชนิดใส (Hyaline) หรือกระดูกอ่อนชนิดไฟโบรคาร์ทีเลท

สำหรับปลอกเอ็น (Capsule) ที่ห่อหุ้มข้อต่อชนิดนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ เบอร์ซา (Bursa) และ แผ่นเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon sheaths) เบอร์ซา มีลักษณะเป็นหลอดขนาดเล็กซึ่งมีเนื้อเยื่อข้อต่อและน้ำไขข้อช่วยลดแรงกระแทก เบอร์ซาส่วนใหญ่จะเป็นตัวแยกเอ็นกล้ามเนื้อจากกระดูก เพื่อลดแรงเสียดทานที่บริเวณเอ็นกล้ามเนื้อเมื่อข้อต่อมีการเคลื่อนไหว เบอร์ซาบางแห่ง เช่น ที่กระดูกปลายแขน ด้านนิ้วก้อยใกล้กับข้อศอก (Olecranon bursa) จะเป็นส่วนที่แยกกระดูกจากผิวหนัง ส่วนแผ่นเอ็นกล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อข้อต่อ 2 ชั้นซึ่งอยู่รอบเอ็นกล้ามเนื้อในตำแหน่งที่ใกล้กับจุดเกาะที่เอ็นยึดติดอยู่กับกระดูกเอ็นกล้ามเนื้อจำนวนมากที่ทอดผ่านข้อมือและนิ้วมือจะมีแผ่นเอ็นกล้ามเนื้อรองอยู่

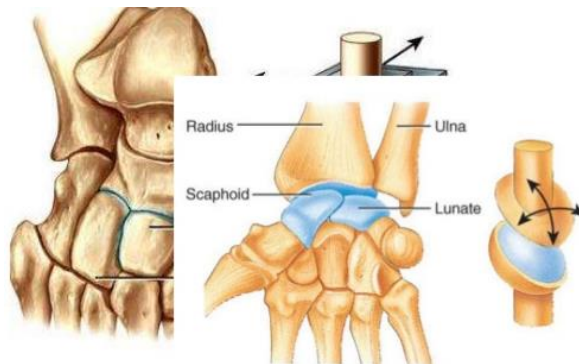


ภาพที่ 1.20 แสดงโครงสร้างของข้อต่อแบบเคลื่อนไหวได้มาก (Diarthrosis joint)

ที่มา: <https://quizlet.com/37976312/joints-specific-synovial-joint-classification-flash-cards/>

ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มากมีความแตกต่างกันในเรื่องของโครงสร้าง และความสามารถในการเคลื่อนไหว การจำแนกการเคลื่อนไหวจะพิจารณาที่แกนของการหมุน ข้อต่อบางชนิดไม่มีแกนของการหมุนเรียกว่า Non – Axial บางชนิดมีแกนของการหมุน 1 หรือ 2 หรือ 3 แกน เรียกว่า Uniaxial, Biaxial และ Triaxial ตามลำดับ ข้อต่อแบบเคลื่อนไหวได้มากนี้แบ่งออกได้เป็น 6 ชนิดคือ

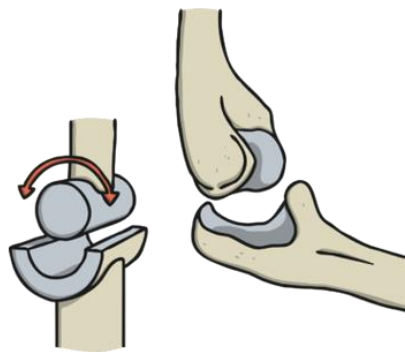
1. ข้อต่อแบบรูปร่างแปลกหรือแบบลื่นไหล (Irregular joint or Gliding joint) ข้อต่อชนิดนี้ผิวปลายของกระดูกมักจะมีรูปร่างไม่ปกติ โดยมากมักจะแบนหรือโค้ง การเคลื่อนไหวที่เป็นไปได้คือการไถลไปมาของกระดูกที่ประกบกันเป็นข้อต่อ นั่นจึงเป็นข้อต่อที่ไม่มีแกนของการหมุน ตัวอย่างได้แก่ ข้อต่อระหว่างกระดูกข้อมือ (Intercarpal joint) ข้อต่อระหว่างกระดูกข้อเท้า (Intertarsal joint) และข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่าเท้า (Intermetatarsal joint) เป็นต้น



ภาพที่ 1.21 แสดงตัวอย่างของข้อต่อแบบรูปร่างแปลกหรือลื่นไหล

ที่มา: <https://www.slideshare.net/yuesienwee/pe-theory-lesson-55-synovial-joints-and-contraindicated-exercises>

2. ข้อต่อรูปบานพับ (Hinge joint or Ginglymus joint) ข้อต่อชนิดนี้มีพื้นผิวของกระดูกอันหนึ่งที่มาประกอบเป็นข้อต่อจะมีลักษณะเว้า และอีกอันหนึ่งจะมีลักษณะโค้ง การเคลื่อนไหวของข้อต่อชนิดนี้คือ การเคลื่อนไหวคล้ายบานพับ ซึ่งได้แก่การงอและการเหยียด (Flexion and extension) ข้อต่อชนิดนี้จึงเป็น การเคลื่อนไหวในระนาบและแกนเดียว คือ ระนาบหน้า – หลัง แกนข้างขนานขอบฟ้า ตัวอย่างของข้อต่อชนิดนี้ได้แก่ ข้อต่อที่ข้อศอก ข้อเข่าและข้อนิ้ว เป็นต้น

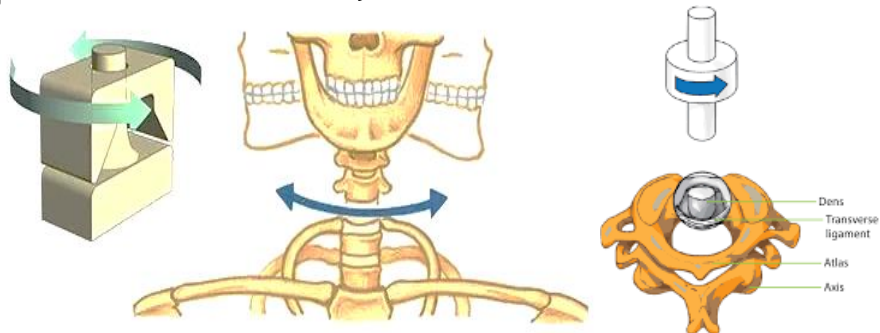


ภาพที่ 1.22 แสดงตัวอย่างของข้อต่อรูปบานพับ (Hinge Joint)

ที่มา: <https://www.twinkl.ae/illustration/hinge-joint>

3. ข้อต่อรูปไขควง (Pivot joint or Trochoidal joint) ข้อต่อชนิดนี้มีลักษณะคล้ายหมุดหมุนอยู่ในร่องตื้นๆ มีการเคลื่อนไหวในลักษณะหมุนรอบแกนของตัวเอง (Rotation) จึงเป็นข้อต่อที่มีระนาบและแกนของการหมุนเพียงระนาบและแกนเดียว คือระนาบขอบฟ้ารอบๆ แกนตั้ง (Horizontal plan and vertical axis) ตัวอย่างของข้อต่อชนิดนี้ได้แก่ ข้อต่อระหว่างกระดูกสันหลัง

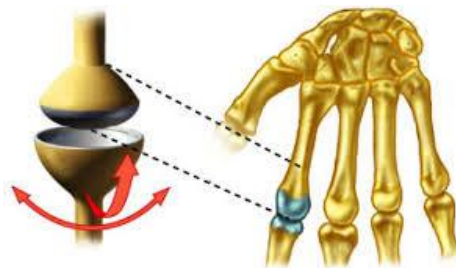
ของข้อข้อที่ 1 กับข้อที่ 2 (Atlantoaxial joint) และข้อต่อระหว่างกระดูกปลายแขนอันนอกกับกระดูกปลายแขนอันใน (Radioulnar joint)



ภาพที่ 1.23 แสดงตัวอย่างข้อต่อรูปไขควง (Trochoidal joint or pivot joint)

ที่มา: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-a-hinge-joint-and-a-pivot-joint>

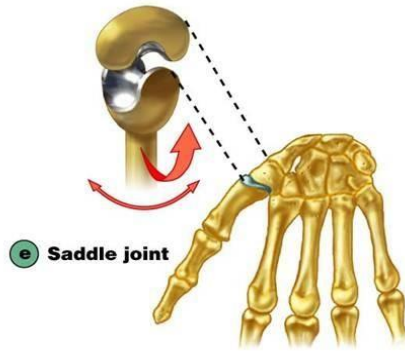
4. ข้อต่อรูปไข่ (Condyloid joint or ovoid joint) ข้อต่อชนิดนี้ลักษณะของกระดูกอันหนึ่งจะมีหัวมนคล้ายรูปไข่และโค้งออก ส่วนกระดูกอีกอันหนึ่งจะเป็นแอ่งตื้นที่เว้าเข้าไปด้านใน ซึ่งมาต่อเข้าพอดีกับกระดูก อีกอันหนึ่ง การเคลื่อนไหวทำได้หลายแบบ ได้แก่ การงอ การเหยียด การกาง และการหุบและการหมุนเป็นวงกลม (Circumduction) การเคลื่อนไหวของข้อต่อชนิดนี้ เคลื่อนไหวได้ 2 ระนาบและ 2 แกน คือ ระนาบหน้า-หลัง แกนข้างขนานขอบฟ้าและระนาบข้างแกนหน้า-หลังขนานขอบฟ้า ตัวอย่างของข้อต่อชนิดนี้ได้แก่ ข้อต่อระหว่างกระดูกปลายแขนด้านนิ้วหัวแม่มือกับกระดูกข้อมือ (Radiocarpal joint) และข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่ามือกับนิ้วมือ (Metacarpophalangeal joint) เป็นต้น



ภาพที่ 1.24 แสดงตัวอย่างข้อต่อรูปไข่ (Condyloid joint)

ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/485403666064307387/>

5. ข้อต่อรูปอานม้า (Saddle Joint) ข้อต่อชนิดนี้พื้นผิวของกระดูกที่มาต่อกันจะมีรูปร่างคล้ายอานม้า จึงสามารถเคลื่อนไหวได้หลายๆ แบบเช่นเดียวกับข้อต่อรูปไข่ แต่ระยะการเคลื่อนไหว (Range of motion) จะมากกว่าข้อต่อรูปไข่ ตัวอย่างของข้อต่อชนิดนี้ได้แก่ ข้อต่อของนิ้วหัวแม่มือกับฝ่ามือ (Carpometacarpal Joint)



ภาพที่ 1.25 แสดงตัวอย่างข้อต่อรูปอานม้า (Saddle Joint)

ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/485403666064307387/>

6. ข้อต่อแบบหมุนรอบ (Ball and socket joint) ข้อต่อชนิดนี้ที่ปลายของกระดูกที่มาประกอปกกันขึ้นหนึ่งจะมีลักษณะคล้ายลูกบอลสอดแทรกเข้าไปในรอยบุ๋มหรือเบ้าของกระดูกอีกชิ้นหนึ่ง ข้อต่อชนิดนี้สามารถเคลื่อนไหวได้หลายทิศทาง ได้แก่ งอ เหยียด กาง หุบ หมุนเป็นวงกลม หมุนเข้าด้านในและหมุนออกด้านนอก ข้อต่อชนิดนี้จึงจัดเป็นข้อต่อชนิดสามแกน (Triaxial Joint) ตัวอย่างได้แก่ ข้อต่อของข้อไหล่และข้อต่อสะโพก (Shoulder joint and hip joint)



ภาพที่ 1.26 แสดงตัวอย่างข้อต่อแบบหมุนรอบ (Ball and socket joint)

ที่มา: <https://pivotalphysio.com/three-common-shoulder-injuries/>

3. การเคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะของคาน (Lever nature of body movement)

คาน (Lever) เป็นเครื่องกลทางฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานชนิดที่ง่ายที่สุด ที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหว คานมีลักษณะเป็นแท่งหรือท่อนยาวๆ ซึ่งในชีวิตประจำวันของคนเรานั้นได้นำหลักของคานมาใช้ประโยชน์ในการช่วยผ่อนแรงและการทำงานให้สะดวกขึ้น เช่น กรรไกร ที่ตัดกระดาษ ที่เปิดกระป๋อง รถเข็นปูนก่อสร้าง ตาชั่งสองแขน คีมคีบสาลี เป็นต้น ในด้านการกีฬาได้นำหลักของคานมาใช้กับอุปกรณ์กีฬาต่างๆ เช่น ไม้กอล์ฟ ไม้เทนนิส ไม้เบดมินตัน ไม้ซ็อพท์บอลและไม้ฮ็อกกี้ เป็นต้น

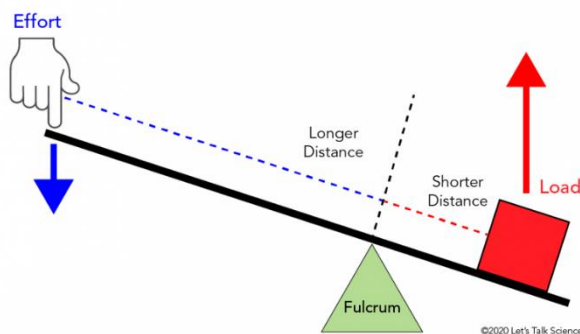
ลักษณะของคานประกอบด้วยจุดสำคัญ 3 จุด ซึ่งมากระทำสัมพันธ์กับคาน คือ

1. จุดที่แรงพยายามกระทำ (Force = F)
2. จุดที่แรงต้านทานกระทำ (Resistane = R)
3. จุดหมุนหรือฟัลครัม (Axis = A)

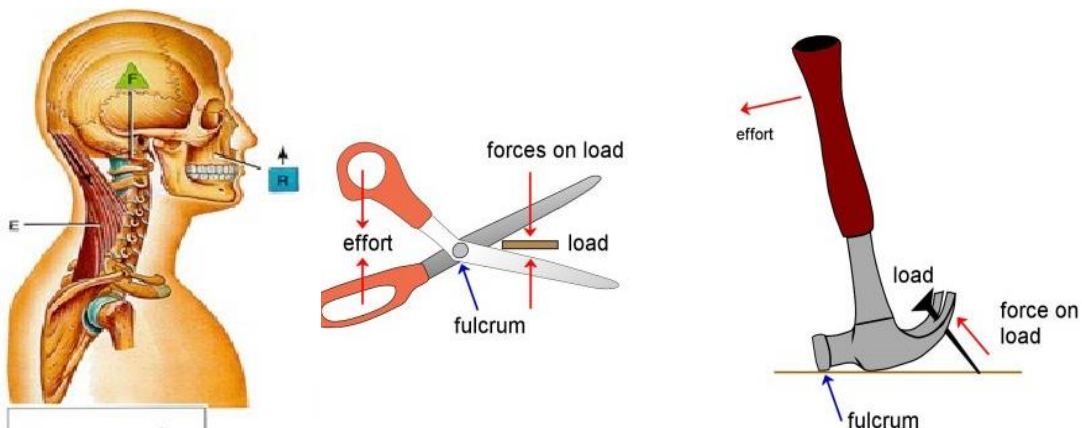
การเคลื่อนไหวร่างกายหรือส่วนของร่างกายของคนเรานั้นเกิดจากกล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อโครงร่างซึ่งเกาะอยู่ตามโครงกระดูกส่วนต่างๆ ทำงานโดยการหดตัว ดึงให้ส่วนของกระดูกมีการเคลื่อนไหว ดังนั้น คานทางกายวิภาค (Anatomical lever) ก็คือ ส่วนของกระดูก โดยมีข้อต่อทำหน้าที่เป็นจุดหมุน ส่วนแรงที่มากระทำต่อคานก็มีสองลักษณะคือ แรงพยายามกับแรงต้านทาน ซึ่งอาจเกิดจากแรงหดตัวของกล้ามเนื้อหรือแรงจากภายนอกก็ได้ ระบบคานทางกายวิภาคนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นกระดูกยาวเสมอไป เช่น กะโหลกศีรษะ กระดูกสะบัก เป็นต้น เมื่อเราทราบจุดหมุนและจุดที่แรงมากระทำเราก็สามารถหาระบบคานมาอธิบายการเคลื่อนไหวได้ ซึ่งการทำงานของระบบคานในร่างกายแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. คานชนิดที่ 1 (First class lever)

คานชนิดที่ 1 เป็นคานที่จุดหมุน (A) อยู่ระหว่างจุดที่แรงพยายามกระทำ (F) กับจุดที่แรงต้านทานกระทำ (R) ตัวอย่างของใช้ในชีวิตประจำวันที่ทำงานในลักษณะของคานชนิดที่ 1 ได้แก่ ตาขังสองแขน กระดานหก กรรไกร ไม้คาน เป็นต้น ส่วนการเคลื่อนไหวร่างกายของคนที่มีลักษณะของคานชนิดที่ 1 นี้จะพบได้น้อย ตัวอย่างได้แก่ การเงยศีรษะ การเหยียดข้อศอก ซึ่งการทำงานของคานชนิดนี้โดยพื้นฐานแล้ว จะทำหน้าที่ช่วยรักษาความสมดุลของการเคลื่อนไหวในการทำงานของกล้ามเนื้อและโครงกระดูก



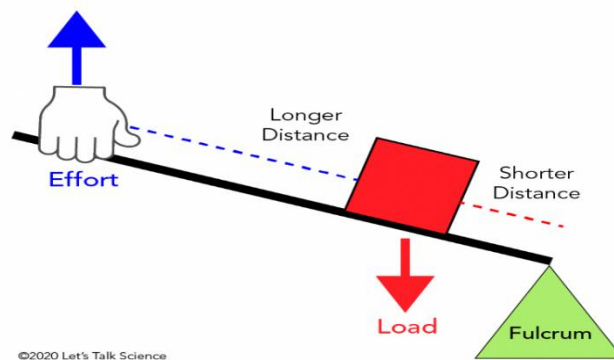
ภาพที่ 1.27 แสดงลักษณะของคานชนิดที่ 1 และตัวอย่างการทำงาน
ที่มา: <https://coggle.it/diagram/XuEDPuRfjYXlhUep/t/levers>



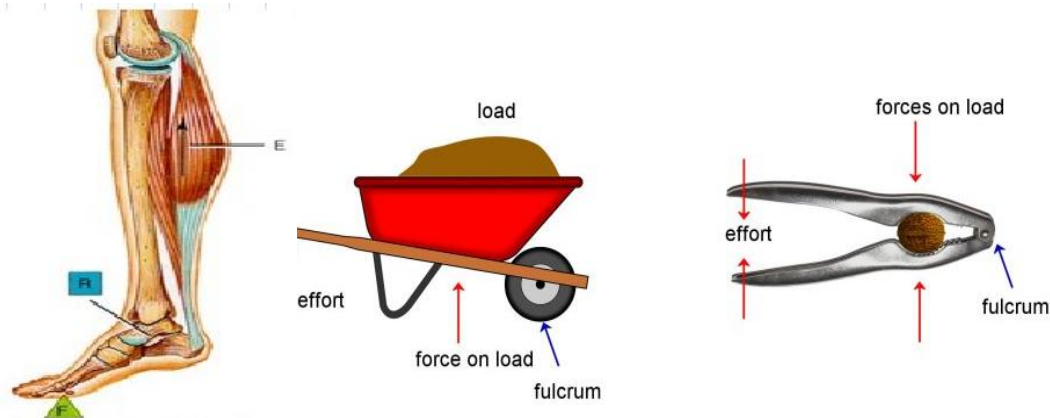
ภาพที่ 1.28 แสดงตัวอย่างการทำงานของคานชนิดที่ 1
<https://cdn.britannica.com/39/63039-004-AE216C0C.jpg>

2. คานชนิดที่ 2 (Second class lever)

คานชนิดที่ 2 นี้จุดที่แรงต้านทานกระทำอยู่ระหว่างจุดหมุนกับจุดที่แรงพยายามกระทำ ตัวอย่างของการใช้ในชีวิตประจำวันที่ทำงานในลักษณะนี้ได้แก่ รถเข็นปูนก่อสร้าง ที่เปิดขวด เครื่องตัดกระดาษ เป็นต้น คานชนิดนี้อาศัยแรงเพียงเล็กน้อยก็สามารถเอาชนะแรงต้านทานที่มากได้ แต่ระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ได้จะน้อย ส่วนการเคลื่อนไหวร่างกายของคนที่มีลักษณะของคานชนิดที่ 2 นี้พบได้น้อย ตัวอย่างได้แก่ การยืนเขย่งปลายเท้า การงอข้อศอก เป็นต้น



ภาพที่ 1.29 แสดงลักษณะของคานชนิดที่ 2 และตัวอย่างการทำงาน
ที่มา: <https://coggle.it/diagram/XuEDPuRfjYXlhUep/t/levers>



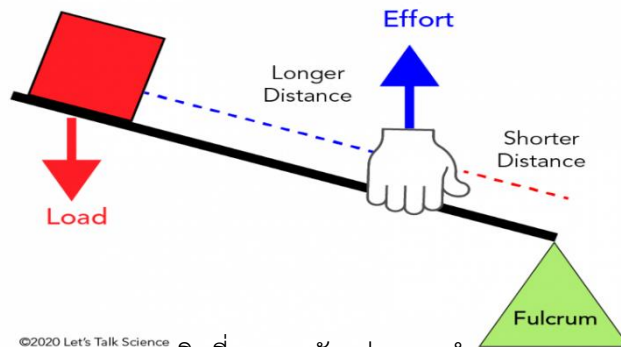
ภาพที่ 1.30 แสดงตัวอย่างการทำงานของคานชนิดที่ 2

<https://cdn.britannica.com/39/63039-004-AE216C0C.jpg>

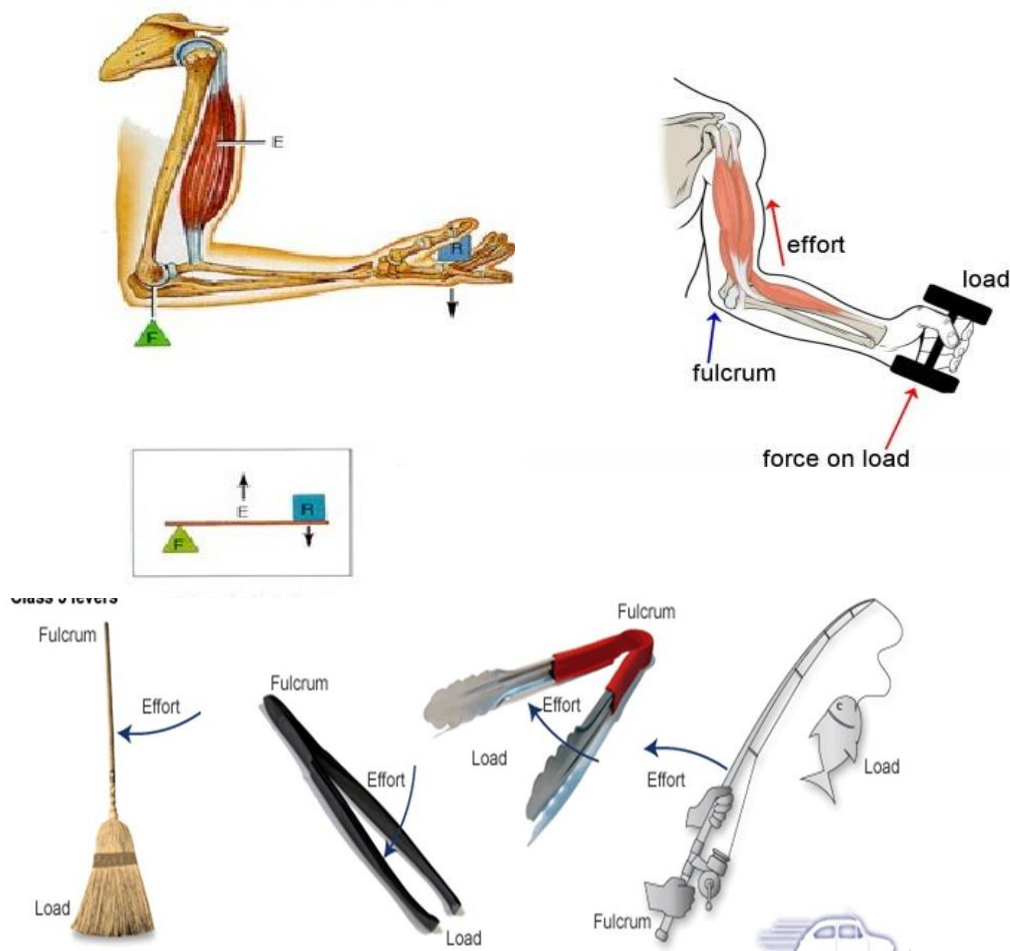
3. คานชนิดที่ 3 (Third class lever)

คานชนิดที่ 3 นี้จุดที่แรงพยายามกระทำอยู่ระหว่างจุดหมุนกับจุดที่แรงต้านทานกระทำ ตัวอย่างของการใช้ในชีวิตประจำวันได้แก่ การทำงานของแขนขณะดึงเรือเข้าฝั่ง อุปกรณ์กีฬาประเภทใช้ไม้ตีต่างๆ เช่น ไม้กอล์ฟ ไม้เทนนิส ไม้เบดมินตัน ไม้ซอฟท์บอลและไม้ฮ็อกกี้ เป็นต้น คานชนิดนี้ต้องอาศัยแรงที่มากเพื่อเอาชนะแรงต้านทานที่น้อย ในกรณีที่แรงพยายามมีมากพอทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ ปลายคานด้านที่เคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางที่มากและมีความเร็วสูงด้วย จึงทำให้วัตถุที่เป็นตัวต้านทาน เช่น ลูกกอล์ฟ ลูกเทนนิส ลูกขนไก่ เคลื่อนที่ได้ระยะทางที่มากและมีความเร็วสูงตามไปด้วย

ซึ่งการเคลื่อนไหวร่างกายคนเราจะมีการทำงานในลักษณะของคานชนิดที่ 3 เป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่าง ได้แก่ การกระดกเท้าขึ้น (Dorsi flexion) การกางแขนโดยใช้กล้ามเนื้อเดลทอยด์ (Deltoid) การงอศอกโดยใช้กล้ามเนื้อไบเซพส์ บราคิโอ (Biceps brachii) เป็นต้น



ภาพที่ 1.31 แสดงลักษณะของคานชนิดที่ 3 และตัวอย่างการทำงาน
ที่มา: <https://coggle.it/diagram/XuEDPuRfjYXlhUep/t/levers>



ภาพที่ 1.32 แสดงตัวอย่างการทำงานของคานชนิดที่ 3

ที่มา: <https://coggle.it/diagram/XuEDPuRfjYXlhUep/t/levers>

การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical Advantage = M.A.)

ในร่างกายการกระดกข้อเท้าขึ้นการงอข้อศอกจากการทำงานของกล้ามเนื้อ Biceps brachii และ (C) การกางแขนจากการทำงานของกล้ามเนื้อ Deltoid การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage = M.A.)

การได้เปรียบเชิงกลของระบบคานเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแขนของแรงพยายามกับแขนของแรงต้านทาน และแรงต้านทานกับแรงพยายาม ดังนั้นในการพิจารณาการได้เปรียบเชิงกลจึงสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ (Cooper and Glasgow,1982) คือ

1. เปรียบเทียบแรงต้านทานกับแรงพยายาม ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$M.A. = R/F$$

เมื่อ M.A. = การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage)

R = แรงต้านทาน (Resistance)

F = แรงพยายาม (Force)

ในกรณีนี้ถ้าค่า M.A. มีค่าเท่ากับ 1 ก็หมายความว่าแรงพยายามกับแรงต้านทานมีค่าเท่ากัน ($R=F$) แสดงว่าไม่มีการได้เปรียบหรือเสียเปรียบเชิงกล แต่ถ้า M.A. มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าแรงต้านทานมีค่ามากกว่าแรงพยายาม ($R>F$) ในกรณีนี้แสดงว่ามีการได้เปรียบเชิงกล เนื่องจากแรงต้านทานมากแต่เราใช้แรงพยายามน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้า M.A. มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าเกิดการเสียเปรียบเชิงกลขึ้น เนื่องจากต้องใช้แรงพยายามมากกว่าแรงต้านทาน ($F>R$)

2. เปรียบเทียบแขนของแรงพยายามกับแขนของแรงต้านทานซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ (Cooper and Glasgow,1982) ดังนี้

$$M.A. = FA/RA$$

เมื่อ M.A. = การได้เปรียบเชิงกล (Mechanical advantage)

FA = แขนของแรงพยายาม (Force Arm)

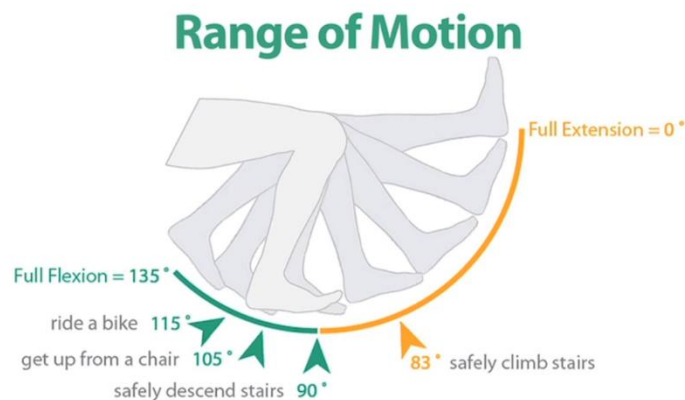
RA = แขนของแรงต้านทาน (Resistance Arm)

ในกรณีนี้ถ้าค่า M.A. มีค่าเท่ากับ 1 ก็หมายความว่าแขนของแรงพยายามมีค่าเท่ากับแขนของแรงต้านทาน ($FA = RA$) แสดงว่าไม่มีการได้เปรียบหรือเสียเปรียบเชิงกล แต่ถ้าค่า M.A. มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าแขนของแรงพยายามกระทำการยาวกว่าแขนของแรงต้านทาน ($FA > RA$) การใช้แรงพยายามก็จะน้อยกว่าแรงต้านทาน กรณีนี้จึงเป็นการได้เปรียบเชิงกล แต่ถ้าค่า M.A. มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าแขนของแรงต้านทานยาวกว่าแขนของแรงพยายาม ($RA > FA$) ในกรณีนี้แสดงว่าต้องออกแรงพยายามมากกว่าแรงต้านทานจึงเป็นการเสียเปรียบเชิงกล (Cooper and Glasgow,1982)

ในระบบของคานทั้ง 3 ชนิดนี้จะเห็นได้ว่า คานชนิดที่ 1 ค่าของการได้เปรียบเชิงกลอาจเท่ากับ 1, มากกว่า 1 หรือน้อยกว่า 1 ก็ได้ ส่วนคานชนิดที่ 2 มีค่าการเปรียบเชิงกลมากกว่า 1 และคานชนิดที่ 3 มีค่าการเปรียบเชิงกลน้อยกว่า 1 แสดงว่าคานชนิดที่ 1 อาจจะได้เปรียบหรือเสียเปรียบเชิงกลหรืออาจได้เปรียบหรืออาจเสียเปรียบเชิงกลก็ได้แล้วแต่กรณี ส่วนคานชนิดที่ 2 มีการได้เปรียบเชิงกลในขณะที่คานชนิดที่ 3 เสียเปรียบเชิงกลตลอด

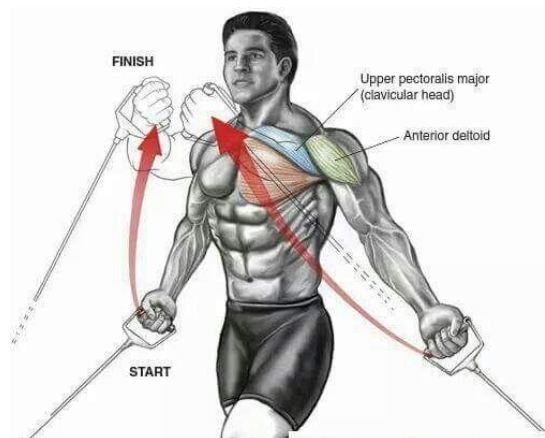
สำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อและกระดูกในร่างกายคนเราซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นการทำงานในลักษณะของคานชนิดที่ 3 จึงแสดงว่า การทำงานเพื่อเคลื่อนไหวร่างกายนั้น กล้ามเนื้อจะต้องออกแรงทำงานมากกว่าแรงต้านทานเสมอ อย่างไรก็ตามคานชนิดที่ 3 นี้จะช่วยให้ช่วงของการเคลื่อนไหว

(Range of motion) ได้ระยะทางมาก โดยที่กล้ามเนื้อหดตัวเพียงเล็กน้อยเนื่องจากจุดเกาะอยู่ใกล้จุดหมุน และถ้าต่อส่วนปลายของคานให้ยาวขึ้นอีก โดยการถืออุปกรณ์เพิ่มเข้าไปก็จะยิ่งทำให้ได้ระยะการเคลื่อนไหวส่วนปลายของคานมากขึ้น จากประเด็นที่กล้ามเนื้อและโครงกระดูกส่วนใหญ่ของร่างกายทำงานในลักษณะของคานชนิดที่ 3 จึงเห็นได้ว่าการทำงานของร่างกายจะเหมาะกับการเคลื่อนไหวมากกว่าที่จะทำงานรับน้ำหนักมากๆ (ภาพที่ 1.33 และภาพที่ 1.34)



ภาพที่ 1.33 แสดงการทำงานของคานชนิดที่ 3 กล้ามเนื้อหดตัวเพียงเล็กน้อยแต่ได้ช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion) มาก

ที่มา: <https://x10therapy.com/knee-range-of-motion/>



ภาพที่ 1.34 แสดงการหดตัวของกล้ามเนื้อเพคโทราลิส เมเจอร์ ส่วนที่เกาะกับกระดูกไหปลาร้า (Clavicular head of pectoralis major)

ซึ่งหดตัวเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ได้ช่วงของการเคลื่อนไหว (Range of motion) ของแขน เกิดขึ้นได้มาก

สรุปหลักการทำงานของคานอย่างง่ายเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ดังนี้

1. การได้เปรียบเชิงกลของคาน คือ อัตราส่วนระหว่างความยาวของแขนของแรงพยายามกับความยาวของแขนของแรงต้านทาน
2. ยิ่งแขนของแรงพยายามยาวเท่าใด ยิ่งมีพลังมากขึ้นเท่านั้น

3. ยิ่งแขนของแรงต้านทานยาวเท่าใด ความเร็ว และระยะทางของการเคลื่อนไหวที่จะเร็ว และไกลมากขึ้นเท่านั้น
4. เพื่อให้ได้ผลที่สุดต้องใช้แรงพยายามให้เป็นมุมฉากกับคานเมื่อออกแรง

การเคลื่อนไหวเบื้องต้น (Basic Movement)

เจริญ กระบวนรัตน์ (2558: 5) ได้กล่าวว่า การเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรมของมนุษย์ เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการทำงานของสมองหรือระบบประสาทได้อย่างชัดเจน การสอนให้ผู้เรียนหรือเด็กเกิดการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Motor skill learning) ด้วยการปฏิบัติ (Practice) กิจกรรมการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ เพื่อเชื่อมโยงทักษะการเรียนรู้และประสบการณ์ เป็นกระบวนการในการสร้างโปรแกรมหรือชุดข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motor Program) หรือจัดสร้างแผนที่ในการทำงานให้กับสมอง หรือระบบประสาทที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา แต่สามารถสังเกตและตรวจสอบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของสมองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ในแต่ละเหตุการณ์หรือในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถในการรับรู้เรียนรู้อย่างแท้จริง

ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Motor skills) คือ ทักษะที่เกิดจากความสามารถในการรับรู้และการเรียนรู้การฝึกทักษะพื้นฐานการเคลื่อนไหว (Motor performance) ซึ่งนำไปสู่การแสดงออกซึ่งทักษะความสามารถในการใช้ร่างกายเคลื่อนไหวและประกอบกิจกรรมในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีสมาธิ เหตุผล ก่อให้เกิดแรงบันดาลใจและความมั่นใจ ที่สามารถสังเกตเห็นได้จากการแสดงออกซึ่งบุคลิกภาพพฤติกรรม หรือการเคลื่อนไหวที่สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นผู้มีวุฒิภาวะและความสามารถในการใช้ร่างกายและการแสดงออกซึ่งทักษะการเคลื่อนไหวอย่างผู้รู้หรือผู้มีประสบการณ์ นำไปสู่การประกอบกิจกรรมทางกายหรือการเล่นกีฬาอย่างมีความสุข ช่วยพัฒนาสร้างเสริมให้มีสุขภาพจิตที่สมบูรณ์แข็งแรง สอดคล้องกับปรัชญาการเรียนการสอนพลศึกษาที่มุ่งพัฒนาสร้างเสริมร่างกาย สติ ปัญญา จิตใจ อารมณ์ และสังคม ให้กับผู้เรียน (เจริญ กระบวนรัตน์, 2558: 15)

สาวิตรี แก้วรัก (2557) ได้ให้ความหมายคำว่า การเคลื่อนไหวเบื้องต้น คือการนำทักษะการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของมนุษย์มาประกอบกับจังหวะหรือเสียงของดนตรี เป็นการวางรากฐานการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง เป็นการเสริมสร้างความแข็งแรง ความคล่องตัวและความสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

รูปแบบและการพัฒนาทักษะพื้นฐานการเคลื่อนไหวเบื้องต้น

ในการพัฒนาทักษะพื้นฐานการเคลื่อนไหวเบื้องต้น ที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน สามารถจำแนกรูปแบบหรือประเภทของทักษะการเคลื่อนไหวออกได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ คือ

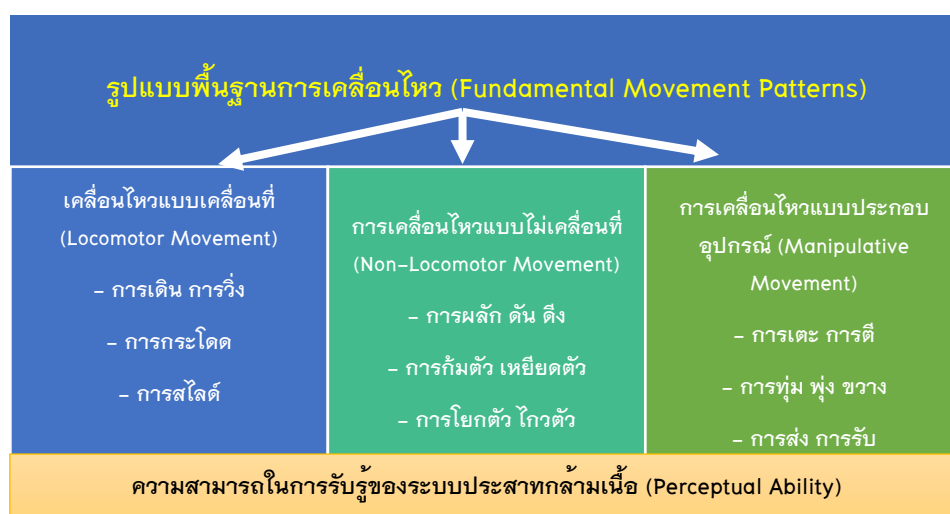
1. ทักษะการเคลื่อนไหวแบบเคลื่อนที่ (Locomotor movement) ประกอบด้วย การเดิน การกระโดดสองขาไปข้างหน้าหรือถอยหลัง การวิ่ง การสไลด์ การว่ายน้ำ การขี่จักรยาน การเดินซิดก้าว การกระโดดสลับเท้าไปข้างหน้า กรเขย่งก้าว การม้วนหน้า การกระโจน การกลิ้งตัว การคลาน ฯลฯ

2. ทักษะการเคลื่อนไหวแบบไม่เคลื่อนที่ (Non - locomotor movement) ประกอบด้วย

- ส่วนบนของร่างกาย ได้แก่ ก้ม-เงยศีรษะ หันศีรษะซ้าย-ขวา ยกไหล่ แกว่งแขน ก้มตัวเหยียดตัว งอตัวด้านหน้า ปิดลำตัว กางแขน-หุบแขน ฯลฯ

- ส่วนล่างของร่างกาย ได้แก่ ยืนงอขา เหยียดขา เตะขา ย่ำเท้าอยู่กับที่ ยืนกางขา-หุบขา ลูกนั่งเก้าอี้ เขย่งเท้า ยืนย่อเข่า ก้าวเท้าย่อเข่าอยู่กับที่ ก้าวเท้าด้านข้างย่อเข่าอยู่กับที่ ฯลฯ

3. ทักษะการเคลื่อนไหวแบบประกอบอุปกรณ์ (Manipulative movement) ประกอบด้วย การตี การเตะ การชก การทุ่ม การพุ่ง การขว้าง การโยน การเหวี่ยง การเลี้ยงลูกบอล การจับ การรับ การส่ง การผลัก การปะทะ การกระแทก ฯลฯ



ภาพที่ 1.35 รูปแบบพื้นฐานการเคลื่อนไหว (เจริญ กระบวนรัตน์, 2558: 11)

- การประสานงานของระบบกล้ามเนื้อ (Coordination of muscle system)
- ความมีจิตใจจดจ่อและสมาธิในการควบคุมการเคลื่อนไหว (Concentration and concentration of movement control)
- ความงดงามและความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว (Beauty and the relationship in Kinaesthetic)

การเคลื่อนไหวเบื้องต้น (Fundamental movement or Basic movement) แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนไหวแบบอยู่กับที่ (Non-Locomotor Movement) การเคลื่อนไหวที่เคลื่อนที่ (Locomotor movement) (สาวิตรี แก้วรัก, 2557)

1. การเคลื่อนไหวอยู่กับที่ (Non-Locomotor movement) หมายถึง การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยที่ร่างกายไม่ได้เคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น การเหวี่ยงแขน ขา การหมุนแขน ขา ลำตัว การก้ม เงย การบิดลำตัว การผลัก ดึง ดัน ฯลฯ

การก้มตัว (Bending) คือ การงอพับข้อต่างๆ ของร่างกายที่จะทำให้ร่างกายส่วนบนเข้ามาใกล้ส่วนล่างของร่างกาย

การยืด หรือเหยียดตัว (Stretching) คือ การเคลื่อนไหวที่ตรงกันข้ามกับการก้มตัว โดยพยายามเหยียดทุกส่วนของร่างกายให้ได้มากที่สุด

การบิดตัว (Twisting) คือ การเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยการบิดลำตัวท่อนบนไปรอบๆ
การหมุนตัว (Turning) คือ การหมุนตัวไปรอบๆ ร่างกาย มากกว่าการบิดตัวโดยการ
หมุนรอบจุดใดจุดหนึ่ง

การแกว่ง หรือเหวี่ยง (Swinging) คือ การเคลื่อนไหวส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย เช่น ขา
ลำตัว ให้เป็นรูปโค้ง หรือแบบลูกตุ้มนาฬิกา

การเอียง (Swaying) คือ การพับลำตัวด้านข้างให้เป็นส่วนโค้งเข้าหาพื้น

การดัน (Pushing) คือ การเคลื่อนไหวโดยการออกแรงกด การดันมักเป็นการดันออกจาก
ร่างกาย

การดึง (Pulling) คือ การเคลื่อนไหวที่ตรงกันข้ามกับการดัน คือ การออกแรงดึงเข้าหา
ร่างกาย หรือดึงไปในทิศทางใดทางหนึ่ง

การโยกตัว (Rocking) คือ การย้ายน้ำหนักจากส่วนหนึ่งของร่างกายไปยังอีกส่วนหนึ่งของ
ร่างกาย โดยส่วนทั้งสองจะต้องแตะพื้นคนละครั้งสลับกันไป

2. การเคลื่อนไหวที่เคลื่อนที่ (Locomotor movement) หมายถึง การเคลื่อนไหว
ร่างกาย โดยที่ร่างกายเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น การเดิน การวิ่ง การกระโดด การสไลด์
การกระโดดเขย่ง การวิ่งสลับเท้า และการควมม้า ฯลฯ

การเดิน (Walking) หมายถึง การถ่ายน้ำหนักตัวจากเท้าหนึ่งไปยังอีกเท้าหนึ่ง ในขณะที่
เปลี่ยนน้ำหนักตัว เท้าข้างใดข้างหนึ่งจะอยู่กับพื้น และน้ำหนักของเท้าที่ลงสู่พื้นจะถ่ายจากส้นเท้าไป
ยังปลายเท้า

การวิ่ง (Running) หมายถึง การก้าวเท้าสลับกันที่ละข้าง โดยการถีบเท้าส่งตัวขึ้นพ้นพื้น
งอเข้าสูง ถ่ายน้ำหนักตัวจากเท้าหลังไปเท้าหน้า ลงสู่พื้นด้วยปลายเท้าและในขณะที่ถ่ายน้ำหนักตัว
เท้าทั้งสองไม่อยู่บนพื้น

การกระโดด (Jumping) หมายถึง การสปริงตัวขึ้นจากพื้นแล้วลงสู่พื้นด้วยเท้าทั้งสอง
พร้อมๆ กัน

การสไลด์ (Sliding) หมายถึง การเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง โดยก้าวเท้าข้างใดข้างหนึ่ง
ออกไปทางด้านข้าง แล้วลากเท้าอีกข้างหนึ่งไปชิด พร้อมกับเปลี่ยนน้ำหนักตัวมายังเท้าที่ลากเข้ามา
ชิด

การกระโดดเขย่ง (Hopping) หมายถึง การสปริงตัวขึ้นจากพื้นด้วยเท้าข้างใดข้างหนึ่ง
แล้วลงสู่พื้นด้วยเท้าข้างเดิม

การก้าวกระโดดเขย่ง (Step-hop) หมายถึง เป็นการรวมท่าการเดินกับท่าการกระโดดเขย่ง
เข้าด้วยกัน เพื่อเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและข้างหลัง

การวิ่งสลับเท้า (Skipping) หมายถึง การนำเอาท่าทางการวิ่งกับการกระโดดเขย่งมา
รวมกัน โดยการสปริงเท้าทั้งสองขึ้นพ้นพื้นพร้อมกับดึงเท้าที่อยู่ข้างหลังเอาไว้ไว้ข้างหน้า ลงสู่พื้น
ด้วยปลายเท้าทั้งสองพร้อมกัน เท้าจะสลับกันนำตลอดการเคลื่อนไหว ถ้าเคลื่อนไปข้างหน้าน้ำหนัก
ตัวจะอยู่ที่เท้าหน้า

การควมม้า (Galloping) หมายถึง การก้าวเท้าใดเท้าหนึ่งนำ แล้วก้าวอีกเท้าหนึ่งเข้าไปชิด
ส้นเท้าหน้า โดยน้ำหนักตัวจะอยู่ที่เท้าหน้า เท้าไหนจะต้องนำตลอดและปลายเท้าไม่เปิด เป็นการ
เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

การทำสองก้าว (ก้าว-ชิด-ก้าว) (Two-Step) หมายถึง การก้าวเท้าไปข้างหน้า ดึงอีกเท้าเข้าไปชิดเท้าแรก ทั้งน้ำหนักตัวไว้ที่เท้าหลัง แล้วก้าวเท้าแรกไปข้างหน้า น้ำหนักตัวอยู่ที่เท้าหน้าเสมอ

การทำชาติช (Schottische) หมายถึง การนำเอาการเดินมารวมกับการกระโดดเขย่ง โดยเดินไป 3 ก้าว แล้วกระโดดเขย่งด้วยเท้าที่ก้าวเป็นครั้งที่ 3 (ก้าว-ก้าว-ก้าว-กระโดดเขย่ง)

การทำโพลก้า (Polka) หมายถึง การนำเอาท่า Two-Step มารวมกับการกระโดดเขย่ง ลักษณะการเดินคือ ก้าว-ชิด-ก้าว กระโดดเขย่ง

โด-ซิ-โด (Do-Si-Do) หมายถึง การเดินสวนทางไปมาจับคู่เป็นวงกลม โดยเดินไปข้างหน้า โหล่ขวาเฉียดกัน เดินถอยหลังโหล่ซ้ายเฉียดกัน

ดังนั้น การเคลื่อนไหว คือ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ต่อเนื่องกัน โดยส่วนที่เกี่ยวข้องที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ได้แก่ กลไกการทำงานของข้อต่อ กล้ามเนื้อและระบบประสาท

ระบบการจำแนกทักษะการเคลื่อนไหว (Motor skill classification system)

นักวิชาการหลายท่านได้มีการจำแนกระบบทักษะการเคลื่อนไหว (Motor skill classification system) ไว้มีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ (ภาคภูมิ พิสิฐ, 2560) คือ

1. ความแม่นยำของการเคลื่อนไหว (Precision of movement) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

1.1 ทักษะกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Groos motor skill) คือ การควบคุมกล้ามเนื้อมัดใหญ่ให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างสัมพันธ์อย่างราบรื่น เช่น การเดิน การวิ่ง การกระโดด การเตะ ขว้าง เป็นต้น (ความสัมพันธ์ระหว่างเท้า มือและตา)

1.2 ทักษะกล้ามเนื้อมัดเล็ก (Fine motor skill) คือ การควบคุมกล้ามเนื้อมัดเล็กเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จในการ แสดงทักษะ ซึ่งต้องการความแม่นยำสูงในการแสดงทักษะ เช่น การเขียน การวาดรูป การกลัดกระดุม เป็นต้น (ความสัมพันธ์ระหว่างมือและตา)

2. การกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเคลื่อนไหว (Defining the beginning and end point of the movement) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

2.1 ทักษะการเคลื่อนไหวชนิดสั้น (Discrete motor skill) เป็นการเคลื่อนไหวที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการ เคลื่อนไหวที่ชัดเจน เช่น การเหยียบเบรกรถยนต์ การกดสวิทช์ไฟฟ้า การเคาะแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.2 ทักษะการเคลื่อนไหวเป็นชุด (Serial motor skill) เป็นการรวมกันของทักษะการเคลื่อนไหวชนิดสั้น เช่น การขับรถยนต์เกียร์อัตโนมัติ เริ่มต้นผู้ขับขี่ต้องสตาร์ท เครื่องยนต์ เหยียบเบรก เปลี่ยนเกียร์จากตัว P เป็นตัว D เหยียบคันเร่ง รถยนต์เคลื่อนที่เช่นเดียวกับการเล่นกีฬา

2.3 ทักษะการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง (Continuous motor skill) มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการเคลื่อนไหวไม่ชัดเจน ผู้กระทำเป็นผู้กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของทักษะ และต้องแสดงทักษะการเคลื่อนไหวซ้ำๆ เช่น ทักษะการควบคุมพวงมาลัยรถยนต์ การวิ่ง การว่ายน้ำ เป็นต้น

3. ความคงที่ของสิ่งแวดล้อม (Stability of the environment) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

3.1 ทักษะปิด (Closed skill / self-paced motor skill) การปฏิบัติทักษะหรือกิจกรรมการเคลื่อนไหวใน สภาพแวดล้อมคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง หรือในสถานการณ์ที่ถูก กำหนด โดยนักกีฬาจะเป็นผู้ปฏิบัติหรือควบคุมการ เคลื่อนไหวด้วยตนเองทั้งหมด เมื่อพร้อมก็สามารถกระทำได้ เช่น ทักษะการยิงธนู โบว์ลิ่ง การกลัดกระดุม เป็นต้น

3.2 ทักษะเปิด (Open skill/externally-paced motor skill) การปฏิบัติทักษะหรือกิจกรรมการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมไม่คงที่ หรือสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีอิทธิพลต่อผู้แสดงทักษะ จึงต้องปรับการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น ทักษะเทนนิส ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น

ประโยชน์ของการจำแนกทักษะการเคลื่อนไหว

1. รู้และเข้าใจถึงลักษณะธรรมชาติของทักษะการเคลื่อนไหว
2. สามารถสร้างข้อสรุปและวิธีการเรียนรู้ในการแสดงทักษะการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพ
3. สามารถพัฒนากุศโลบายในการเรียนรู้และการสอนทักษะการเคลื่อนไหวในกีฬาต่อไป

สรุปท้ายบท

วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวร่างกาย เป็นการศึกษาการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์ด้วยการนำความรู้ทางด้านกายวิภาค สรีรวิทยาและฟิสิกส์มาใช้เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ถูกต้องว่า การเคลื่อนไหวร่างกายเกิดขึ้นจากสาเหตุใด คือ ร่างกายถูกทำให้เคลื่อนไหวได้อย่างไร มีรูปแบบหรือลักษณะการเคลื่อนไหวแบบใด มีองค์ประกอบอะไรที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนไหว โดยมีความมุ่งหมายเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวในการปฏิบัติภารกิจต่างๆ โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวในการกีฬา มีประสิทธิภาพสูงสุด

การเคลื่อนไหวร่างกายโดยทั่วไปจะเคลื่อนไหวในระนาบและแกน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ ระนาบหน้า-หลัง แกนข้างขนานขอบฟ้า ระนาบข้าง แกนหน้า-หลังขนานขอบฟ้าและระนาบขอบฟ้า แกนตั้งหรือแกนในแนวตั้งสำหรับการเคลื่อนไหวร่างกายหรือส่วนต่างๆ ของร่างกายมีลักษณะการเคลื่อนไหว ได้แก่ การงอ-การเหยียด การกาง-การหุบ การยกขึ้น-การลดลง การหมุนรอบแกน การหมุนเป็นวงกลม ฯลฯ นั้นเกิดขึ้นเนื่องจากกลไกการทำงานของข้อต่อซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ ข้อต่อแบบเคลื่อนไหวไม่ได้ ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้เล็กน้อยและข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก ข้อต่อต่างๆ เหล่านี้เป็นตัวกำหนดการเคลื่อนไหวว่าจะสามารถเคลื่อนไหวในลักษณะใดบ้าง มีระนาบและแกนของการเคลื่อนไหวแบบใดและการเคลื่อนไหวดังกล่าวได้เปรียบหรือเสียเปรียบเชิงกลหรือไม่อย่างไรในลักษณะของคาน ซึ่งการเคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะของคานในร่างกายคนเรานั้น ส่วนใหญ่เป็นการทำงานในลักษณะของคานชนิดที่ 3 คือเสียเปรียบเชิงกล แต่ผลดีคือทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวได้ระยะทางมาก แสดงว่าร่างกายคนเราเหมาะที่จะทำงานเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวมากกว่าที่จะทำงานรับน้ำหนักมาก

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ให้นิสิตแสดงระนาบและแกนการเคลื่อนไหว
2. ให้นิสิตฝึกทำงานเป็นคู่ โดยการปฏิบัติการเคลื่อนไหวเบื้องต้นของส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ศีรษะ ลำตัว แขน ขา และเท้า เป็นต้น
3. ให้นิสิตศึกษาการเคลื่อนไหวเบื้องต้นจากภาพการปฏิบัติทักษะในกีฬาประเภทต่างๆ
4. ให้นิสิตวิเคราะห์หรืออธิบายระนาบ แกนการเคลื่อนไหวจากภาพการแข่งขันกีฬาชนิดต่างๆ

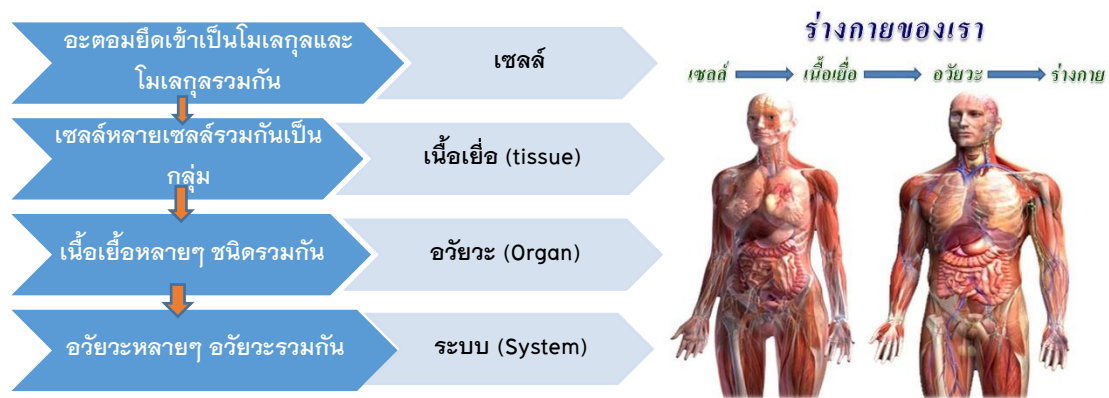
บทที่ 2

โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ของมนุษย์

ร่างกายมนุษย์ เป็นโครงสร้างทั้งหมดของมนุษย์ ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดที่รวมกันเป็นเนื้อเยื่อซึ่งรวมกันเป็นระบบอวัยวะ สิ่งเหล่านี้คงภาวะธำรงดุลและความอยู่รอดของร่างกายมนุษย์ ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยศีรษะ คอ ลำตัว ซึ่งรวมถึงอกและท้อง แขนและมือขา และเท้า การศึกษาร่างกายมนุษย์เชื่อมโยงกับกายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา มิถุนวิทยา และศัพทวิทยา ร่างกายมีความแตกต่างทางกายวิภาคแบบต่างๆ สรีรวิทยามุ่งไปที่ระบบและอวัยวะของมนุษย์และการทำงานของอวัยวะ หลายระบบและกลไกมีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อคงภาวะธำรงดุล โดยมีระดับที่ปลอดภัยของสารต่างๆ เช่น น้ำตาลและออกซิเจนในเลือดระบบร่างกายมนุษย์

โครงสร้างและองค์ประกอบของร่างกายมนุษย์

องค์ประกอบของร่างกายมนุษย์ (Body composition) มีการทำงานกันอย่างซับซ้อนจนเป็นระบบ ซึ่งมีโครงสร้างการทำงานในร่างกาย โดยการศึกษาทางด้านจิตวิทยา มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งการที่มนุษย์จะแสดงพฤติกรรมใดๆ ออกมานั้นเป็นเพราะระบบการทำงานของร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นนักปรัชญาและนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ทำการศึกษาค้นคว้ามาเป็นระยะเวลายาวนานต่างมีความคิดเห็นตรงกันว่าร่างกายมนุษย์ สัตว์ หรือพืชทั้งหลายจะมีโครงสร้างที่ประกอบ ขึ้นจากหน่วยที่เล็กที่สุดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนกระทั่งถึงส่วนประกอบที่ใหญ่ที่สุด แต่ละส่วนจะมีความสัมพันธ์กัน โดยไม่มี ส่วนใดที่สามารถทำงานอย่างอิสระยกเว้นเม็ดเลือด โดยประมาณได้ว่า 75 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของร่างกายผู้ใหญ่ประกอบด้วยน้ำ ส่วนที่เหลือเป็น สารประกอบทางเคมี สารประกอบเหล่านี้รวมตัวกันเป็นเซลล์ หลายร้อยชนิด ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของร่างกาย มนุษย์เป็นสิ่งมีชีวิต ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนที่สุดในบรรดาสสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนพื้นโลก โดยเฉลี่ยแล้วร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์ 80 – 100 ล้านล้านเซลล์ แต่ละชุดจะถูกกำหนดให้มีการเจริญเติบโตและทำหน้าที่เฉพาะ โดยเซลล์ชนิดเดียวกันจะรวมตัวเป็นเนื้อเยื่อ (Tissues) เนื้อเยื่อหลายๆ ประเภทเมื่อมา ทำงานร่วมกัน เรียกว่าอวัยวะ (Organ) แต่ละอวัยวะเมื่อทำงานร่วมกันเรียกว่าระบบ (System) อาจแสดงโดยแผนผังต่อไปนี้



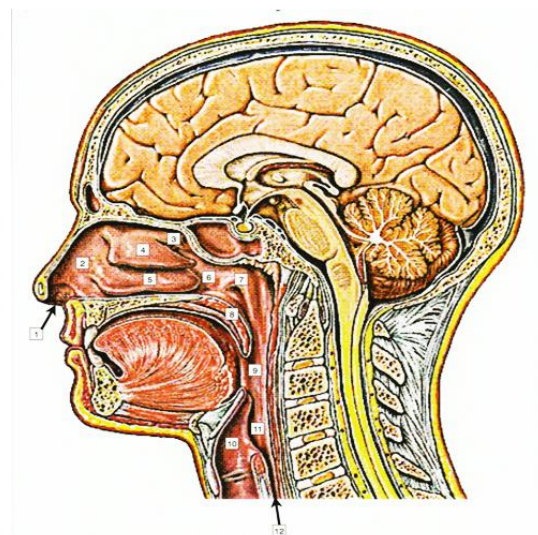
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของร่างกาย

ที่มา: <https://anyflip.com/doift/rcjp>

ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์

ส่วนต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ สามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

1. ศีรษะและคอ (Head and neck) สมอง (Brain) ใบหน้า (Face) หู (Ears) เบ้าตา (Orbit) ตา (Eye) ปาก (Mouth) ลิ้น (Tongue) ฟัน (Teeth) จมูก (Nose) หนังศีรษะ (Scalp) กล่องเสียง (Larynx) คอหอย (Pharynx) ต่อมน้ำลาย (Salivary glands) เยื่อหุ้มสมอง (Meninges) ต่อมไทรอยด์ (Thyroid) ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland)



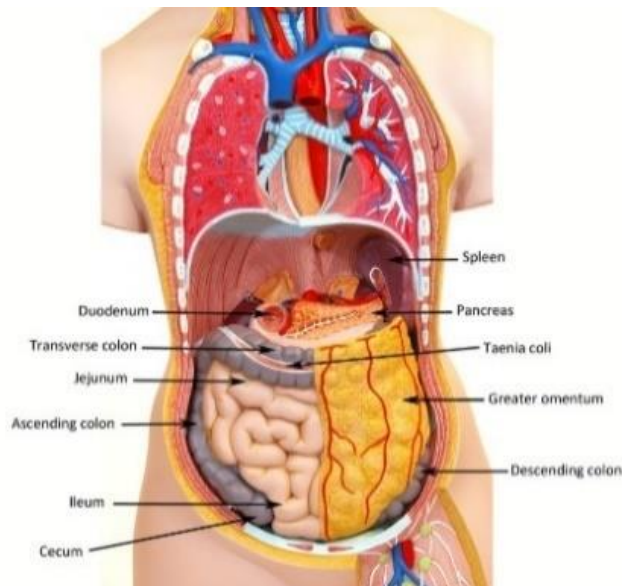
ภาพที่ 2.2 ศีรษะและคอ (Head and neck)

ที่มา: <https://th.medicineh.com/36-head-neck-cancer-84203>

2. ลำตัว (Torso หรือ Trunk) ส่วนตรงกลางของร่างกาย ซึ่งมีรยางค์และลำคอที่ยื่นออกไป ลำตัวประกอบด้วยอก (Thorax) และท้อง (Abdomen)

2.1 ส่วนอก (Thorax) ประกอบด้วย กระดูกสันหลัง (Vertebra) และไขสันหลัง (Spinal cord) ต่อม้าน้ำนม (Mammary gland) ปอด (Lungs) หัวใจ (Heart) ประจันอก (Mediastinum) หลอดอาหาร (Esophagus) กระบังลม (Diaphragm) ต่อมไทมัส (Thymus)

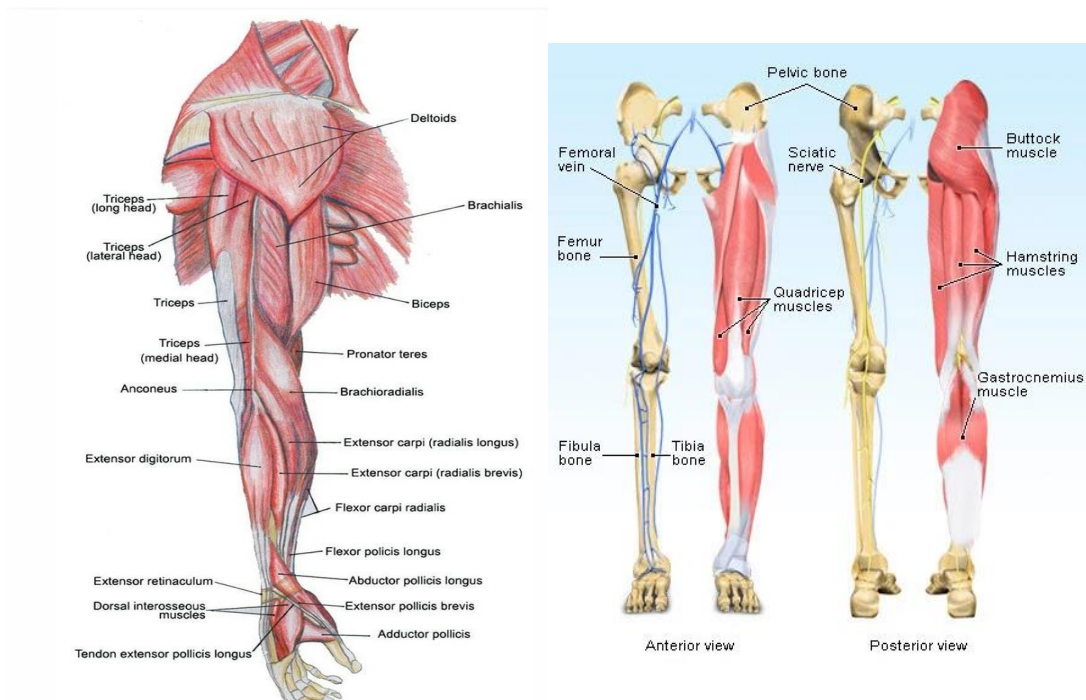
2.2 ท้อง ประกอบด้วย เยื่อช่องท้อง (Peritoneum) กระเพาะอาหาร (Stomach) ลำไส้เล็กส่วนต้น หรือ ดูโอดีนัม (Duodenum) ลำไส้ (Intestine) ลำไส้เล็ก (Small intestine) ลำไส้ใหญ่ (Colon) ตับ (Liver) ม้าม (Spleen) ตับอ่อน (Pancreas) ไต (Kidney) ต่อมหมวกไต (Adrenal Gland) ไส้ติ่ง (Vermiform appendix) และยังมีท้องน้อย เเชิงกราน (Pelvis) กระเบนเหน็บ (Sacrum) ก้นกบ (Coccyx) รังไข่ (Ovaries) ท่อนำไข่ (Fallopian tube) มดลูก (Uterus) ช่องคลอด (Vagina) โยนี (Vulva) คลิตอริส หรือ ปุ่มกระสัน (Clitoris) ฝีเย็บ (Perineum) กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) อัณฑะ (Testicles) ไส้ตรง (Rectum) องคชาต (Penis)



ภาพที่ 2.3 ลำตัว (Torso หรือ Trunk)

ที่มา : <https://mesa-anatomy.weebly.com/torsos-and-mmfs.html>

3. แขนและขา (Hand and leg) ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ (Muscle) กระดูก (Skeleton) เส้นประสาท (Nerves) มือ (Hand) ข้อมือ (Wrist) ข้อศอก (Elbow) ไหล่ (Shoulder) สะโพก (Hip) เข่า (Knee) ข้อเท้า (Ankle)



ภาพที่ 2.4 แขนและขา (Hand and leg)

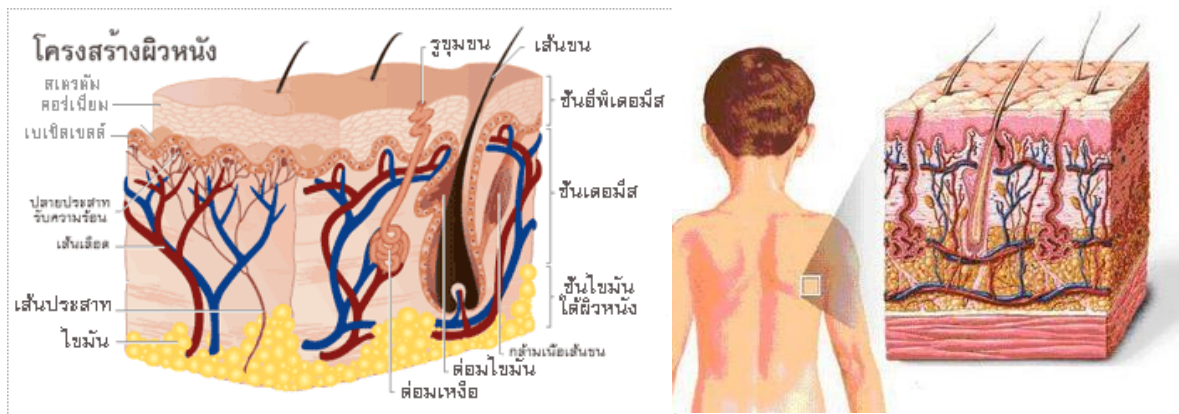
ที่มา : <https://www.healthyhappylonglife.com/blogs/free-healthy-living-tips/anatomy-of-the-leg>

หน้าที่ของระบบอวัยวะต่างๆ ในร่างกายมนุษย์

การสร้างเสริมดูแลระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต หากระบบต่างๆ สามารถทำงานหรือทำหน้าที่ของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะทำให้มนุษย์มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์และสามารถทำกิจกรรมต่างๆ ในสังคมอย่างมีความสุข (เศรษฐ์ คุณทาบุตร, 2556)

ดังนั้น เมื่อเซลล์มารวมกลุ่มเป็นเนื้อเยื่อพิเศษ เช่น กล้ามเนื้อ เส้นประสาทกระดูก ฯลฯ เนื้อเยื่อเหล่านี้จะทำงานร่วมกันเป็นอวัยวะ และในที่สุดอวัยวะเหล่านี้จะถูกจัดสรรเป็นระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบต่อมต่างๆ และระบบประสาท เป็นต้นระบบต่างๆ ในร่างกาย ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมีการทำงานที่สัมพันธ์กันเพื่อให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตได้อย่างปกติ การทำงานของระบบภายในร่างกาย อาจจำแนกออกได้เป็น 10 ระบบ (ทศพร แสงสว่าง, 2555) ดังนี้

1. ระบบผิวหนัง (Integumentary system) ทำหน้าที่ห่อหุ้มปกคลุมร่างกาย ประกอบด้วย ผิวหนัง (Skin) และอวัยวะที่เปลี่ยนแปลง มาจาก ผิวหนัง เช่น ขน ผม เล็บ ต่อมเหงื่อ ต่อมไขมัน



ภาพที่ 2.5 ระบบผิวหนัง (Integumentary system)

ที่มา: <https://bodysystemm.wikispaces.com/>

2. ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system) กล้ามเนื้อ มี 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ แต่การทำหน้าที่ช่วยทำให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหว ของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย โดยที่สามารถจำแนกชนิดของกล้ามเนื้อออกได้เป็น 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ นอกจากนั้น กล้ามเนื้อในร่างกายทั้งหมดมีอยู่ประมาณ 792 มัด เป็นกล้ามเนื้อชนิดที่อยู่ในอวัยวะจิตใจ 696 มัด ที่เหลืออีก 96 มัด เป็นกล้ามเนื้อที่เราบังคับได้ไม่เต็มสมบูรณ์ ซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อ ที่ทำหน้าที่ในการหายใจ (Respiration) จาม (Sneezing) ไอ (Coughing)

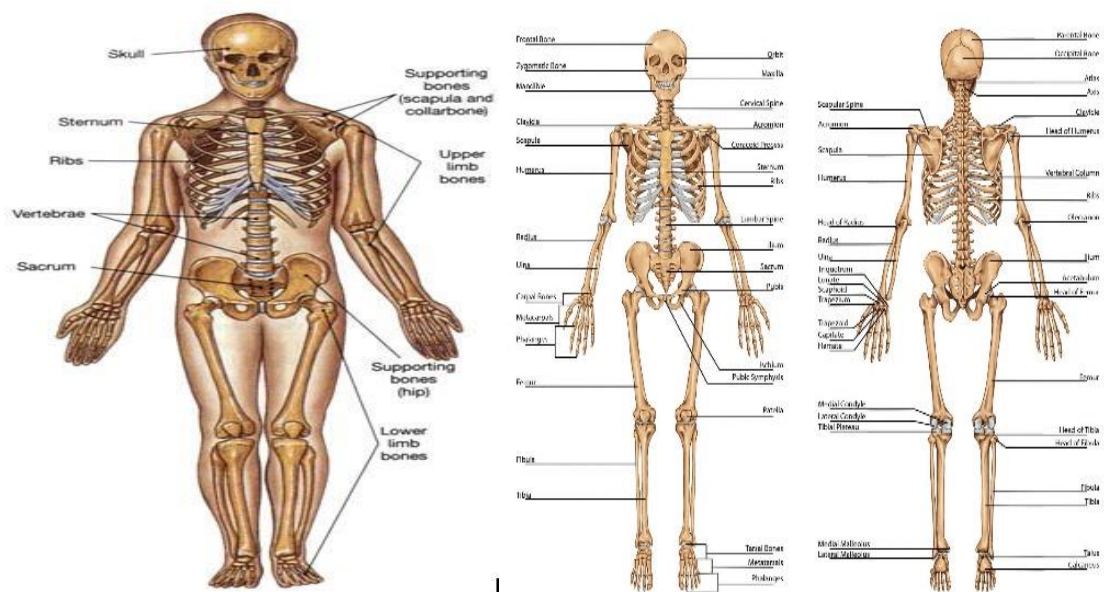


ภาพที่ 2.6 ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)

ที่มา: <http://pirun.ku.ac.th/~fagisvtc/buddhism/nanasara/tips/disease/sawitri-health.htm>

3. ระบบโครงกระดูก (Skeletal system) ทำหน้าที่ทำงานร่วมกับระบบกล้ามเนื้อ เพื่อช่วยให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวได้ นอกจากนี้ยัง ทำหน้าที่เป็นโครงร่างของร่างกายอีกด้วยด้วยร่างกายของมนุษย์ที่เจริญเติบโตเต็มที่จะประกอบด้วยกระดูกทั้งหมด 206 ชิ้น แบ่งเป็น กระดูกแกน 80 ชิ้น เช่น กระโหลกศีรษะ กระดูกสันหลัง กระดูกก้นกบ กระดูกซี่โครง อีกพวกหนึ่ง คือ กระดูกปลายคี่ จำนวน 126 ชิ้น เช่น กระดูกแขนขา สะบ้า โหปลา รำ ขิงกราน โครงกระดูกมีหน้าที่สำคัญอยู่ 3 ประการ คือ

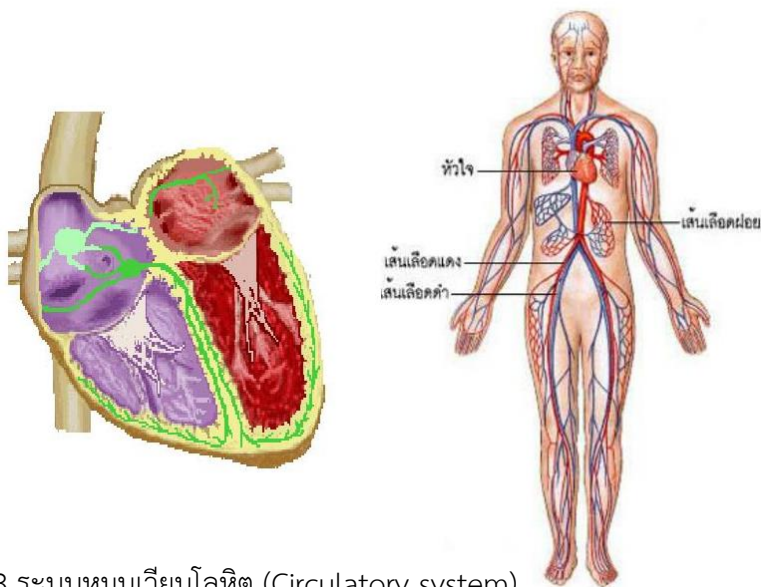
- 1) ทำหน้าที่เป็นโครงร่างของร่างกายให้ร่างกายคงรูปอยู่ได้
- 2) ป้องกันอันตรายให้แก่อวัยวะที่สำคัญ เช่น สมอง ไขสันหลัง หัวใจ ปอด ตับ
- 3) เป็นที่ยึดของกล้ามเนื้อ การที่เราเคลื่อนไหวได้เป็นผลมาจากการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ ที่ยึดติดกับกระดูก



ภาพที่ 2.7 ระบบกระดูก (Skeletal system)

ที่มา: <https://sites.google.com/>

ระบบหมุนเวียนโลหิต (Circulatory system) ประกอบไปด้วย หัวใจ หลอดเลือด ท่อน้ำเหลือง ต่อม้ำเหลือง มะม ไชกระดูก ทำหน้าที่นำอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย และนำคาร์บอนไดออกไซด์กับ ของเสียจากเซลล์มาขับทิ้ง นอกจากนี้ ยังนำฮอร์โมนที่ผลิตได้จากต่อมไร้ท่อเพื่อส่งไปยังอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย



ภาพที่ 2.8 ระบบหมุนเวียนโลหิต (Circulatory system)

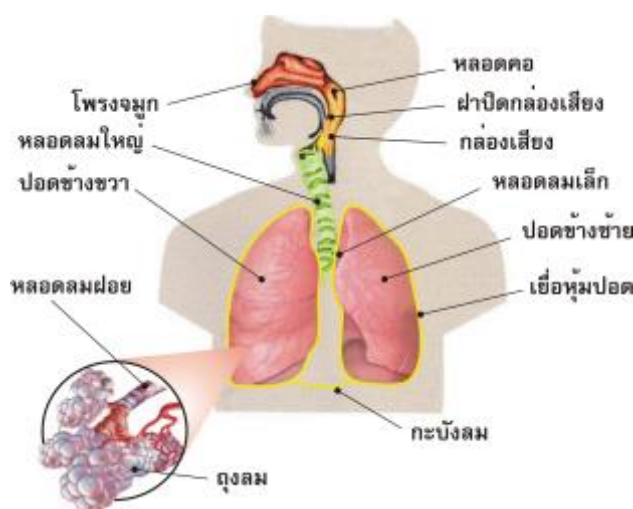
ที่มา: <http://www.pyp.ac.th/human/76>

5. ระบบหายใจ (Respiratory system) ประกอบด้วยจมูก หลอดลม ปอด ทำหน้าที่รับออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายและนำคาร์บอนไดออกไซด์จากภายในออกมาขับทิ้งสู่ภายนอก ร่างกาย โดยอาศัยระบบไหลเวียนโลหิตเป็นตัวกลางในการลำเลียงแก๊ส กลไกการลำเลียงก๊าซ มีก๊าซ 2 ชนิด คือ ก๊าซ O_2 ลำเลียงเข้า และ CO_2 ลำเลียงออก

- การลำเลียงก๊าซออกซิเจน เมื่อก๊าซ O_2 ถูกลำเลียงมาที่ถุงลมปอดจะรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (Haemoglobin/Hb) ที่ผิวเม็ดเลือดแดง เปลี่ยนเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhaemoglobin/ HbO_2) ส่งไปยังหัวใจและสูบน้ำไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย

- การลำเลียงคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซ CO_2 จะตามจับ Hb ได้น้อยมาก ส่วนใหญ่จะละลายน้ำในพลาสมา ทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกซึ่งแตกตัวเป็นไอออนได้

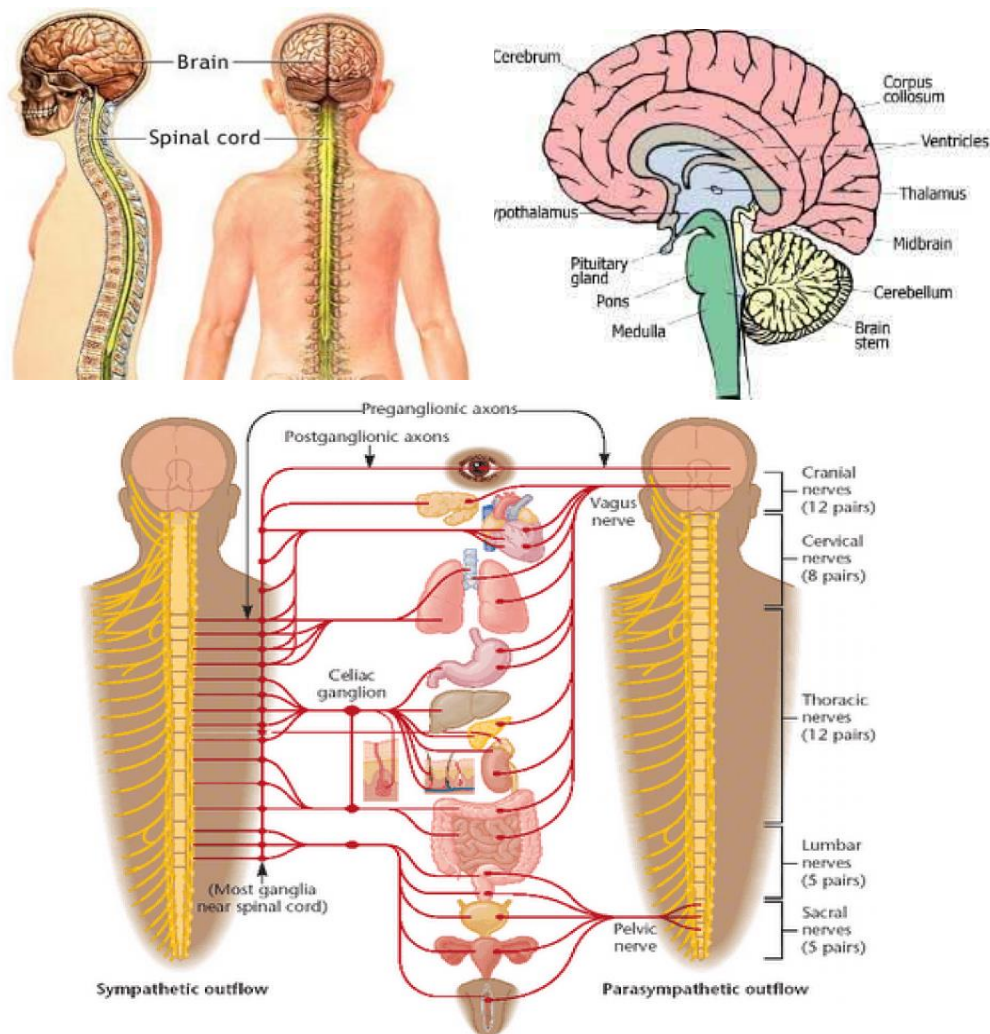
หากกลืนหายใจ CO_2 จะถูกขับได้น้อยลง ทำให้เกิด H_2CO_3 เลือดจึงเป็นกรดมากขึ้น ทำให้ค่า pH ลดลง ซึ่งโดยปกติเลือดจะมีค่า pH เท่ากับ 7.4



ภาพที่ 2.9 ระบบหายใจ (Respiratory System)

ที่มา: <https://reanchewaonline.wordpress.com/>

6. ระบบประสาท (Nervous system) ประกอบด้วย สมอง ไขสันหลัง เส้นประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกเป็นระบบที่ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทุกระบบในร่างกาย ให้สัมพันธ์กัน โดยทำงานร่วมกับระบบ ต่อม ไร้ท่อ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่รับและตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบประสาทส่วนกลาง และ ระบบประสาทรอบนอก



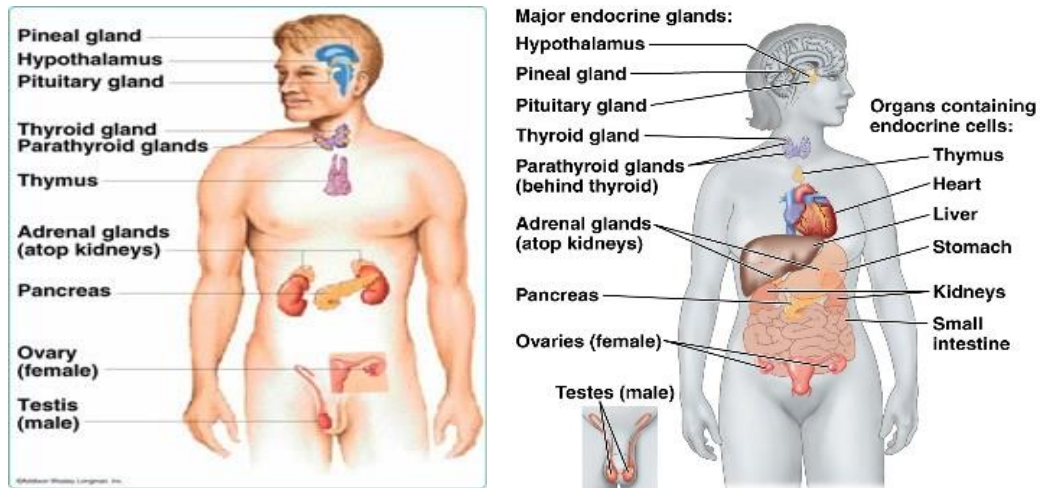
ภาพที่ 2.10 ระบบประสาท (Nervous system)

ที่มา: <https://kik9273.wordpress.com>, <https://reanchewaonline.wordpress.com/>

7. ระบบต่อมต่างๆ (Gland's system) ประกอบด้วย ต่อมไร้ท่อทุกชนิด เช่น ต่อมหมวกไต ต่อมไทรอยด์ ต่อมใต้สมอง รังไข่ อัณฑะ ฯลฯ ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน (Hormone) ซึ่งเป็นสารเคมี และของเหลวโดยทำงานร่วมกับระบบ ประสาทในการควบคุมปฏิกิริยาการเผาผลาญต่างๆ ในร่างกาย

ต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland) หมายถึง ต่อมไม่มีท่อ สิ่งทีหลังจากต่อมเหล่านี้เข้าสู่กระแสเลือดไหลเวียนโดยตรง ไม่ต้องผ่านท่อ ดังนั้นเซลล์ของต่อมไร้ท่อจะสัมผัสกับหลอดเลือดฝอยภายในต่อมอย่างใกล้ชิด ต่อมเหล่านี้จึงมีเลือดมาเลี้ยงอย่างมากมาย ต่อมไร้ท่อสร้างสารเคมีซึ่งมักจะเรียกว่า

ฮอร์โมน (Hormones) ซึ่งจะควบคุมหรือดัดแปลงสมรรถภาพของเซลล์ของ อวัยวะเป้าหมาย (Target organ) ผลของมันอาจไปกระตุ้นหรือยับยั้งก็ได้ ต่อมใต้สมอง (Pituitary gland) ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid gland) ตับอ่อน (Pancreases) ต่อมหมวกไต (Adrenal gland) ต่อมเพศ (Gonad) ฮอร์โมนจากรก ต่อมเหนือสมอง (Pineal gland) ฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัสและไฮโปฟิซีส



ระบบต่อมในเพศชาย

ระบบต่อมในเพศหญิง

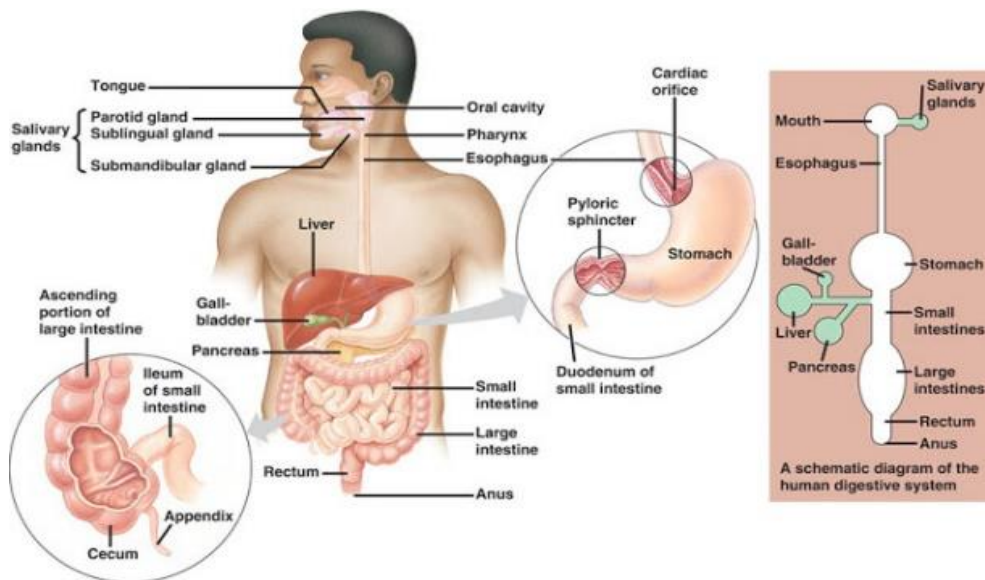
ภาพที่ 2.11 ระบบต่อมต่างๆ (Glands system)

ที่มา: <https://tanaporn5652.wordpress.com>

8. ระบบย่อยอาหาร (Digestive system) ประกอบด้วย ปากและส่วนประกอบในปาก ต่อม น้ำลาย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ทำหน้าที่ย่อยสลายอาหารที่รับประทานเข้าไปให้เป็น สารอาหาร และดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายการย่อยอาหาร (Digestion) หมายถึงการแปรสภาพของสารอาหารที่มีโมเลกุลใหญ่และละลายน้ำไม่ได้ ให้เป็น สารอาหารที่มีโมเลกุลเล็กจนสามารถละลายน้ำ และดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยอาศัยกระบวนการทางเชิงกลและกระบวนการทางเคมี การย่อยมี 2 ลักษณะคือ

8.1 การย่อยเชิงกล เป็นการย่อยอาหารโดยไม่ใช้เอนไซม์มาช่วย เป็นการบดเคี้ยวให้อาหารมีขนาดเล็กลง ได้แก่ การบดเคี้ยวอาหารในปาก

8.2 การย่อยทางเคมี เป็นการย่อยที่ต้องใช้เอนไซม์ หรือน้ำย่อยมาช่วย ทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาด เล็กลง เช่นการเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นน้ำตาล



ภาพที่ 2.12 ระบบย่อยอาหาร (Digestive system)

ที่มา: <http://arkungning.blogspot.com/>

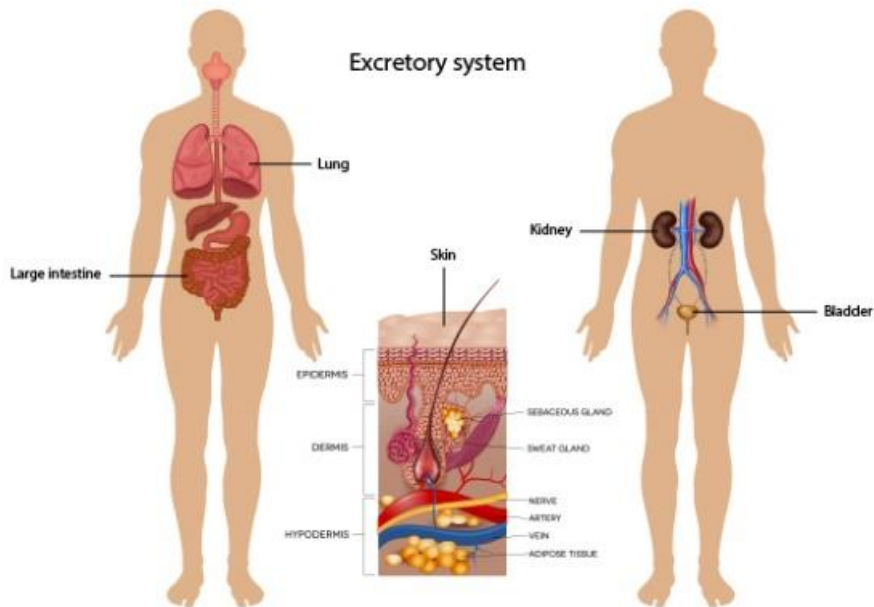
9. ระบบขับถ่าย (Excretory system) ประกอบด้วย ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ ท่อปัสสาวะ ผิวหนัง ลำไส้ใหญ่ ทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียที่ร่างกายไม่ต้องการให้ออกจากร่างกาย ระบบขับถ่าย (Excretory system) ในร่างกายมนุษย์ มีดังนี้

การขับถ่ายของเสียที่เป็นน้ำ มีอวัยวะหลักๆ ที่สำคัญ คือ ไตและผิวหนัง ไต (Kidney) อวัยวะรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วเขียว มีขนาดใหญ่ อยู่ด้านซ้ายและขวาของกระดูกสันหลัง ภายในไตจะมีท่อเล็กๆ ที่มีผนังบางๆ อยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อระบบหมุนเวียนเลือด พาเลือดมาหมุนเวียนผ่านไต ผนังดังกล่าวจะทำหน้าที่กรองของเสีย เช่น ยูเรีย แอมโมเนีย กลีโกลและน้ำ ออกจากเลือด ทำให้เลือดที่มีของเสียกลายเป็นเลือดดีและไหลกลับเข้าสู่หัวใจ โดยน้ำและของเสียที่ไตกรองได้ จะไหลลงสู่ท่อไต เก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะและรอการขับออกจากร่างกายผ่านทางท่อขับถ่ายปัสสาวะ

การขับถ่ายของเสียที่เป็นของแข็ง มีอวัยวะหลัก คือ ลำไส้ใหญ่ (Large intestine) ภายหลังจากอาหารที่รับประทาน ผ่านระบบย่อยอาหารเป็นที่เรียบร้อยแล้ว กากอาหารจะเหลืออยู่ที่ลำไส้ใหญ่ ที่ซึ่งสารอาหารที่มีประโยชน์ อาทิ น้ำ แร่ธาตุ วิตามิน และกลูโคส จะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกายอีกครั้ง ทำให้กากอาหารมีลักษณะเหนียวข้นจนเป็นก้อนกึ่งแข็ง หลังจากนั้นกากอาหารจะถูกบีบให้เคลื่อนที่ไปอยู่ในส่วนของไส้ตรง ซึ่งเป็นส่วนสุดท้ายของลำไส้ใหญ่ และขับถ่ายสู่ภายนอกจากร่างกายทางทวารหนัก กลายเป็นอุจจาระอุจจาระ (Stools)

การขับถ่ายของเสียที่เป็นก๊าซ มีอวัยวะหลัก คือ ปอด (Lung) นอกเหนือจากการหายใจเข้า ซึ่งเป็นการนำออกซิเจนจากอากาศภายนอกมาสู่ปอด โดยออกซิเจนจะแพร่จากถุงลมปอดเข้าสู่หลอดเลือดฝอยปอด ไหลกลับเข้าสู่หัวใจเพื่อส่งไปเลี้ยงเซลล์ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกายในทางกลับกัน ของเสียที่เกิดขึ้นภายหลังกระบวนการเผาผลาญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ จะแพร่ออกจากเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ เข้าสู่หลอดเลือดฝอย โดยผ่านขั้นตอนทางเคมีในระหว่างการเดินทางและกลับเข้าสู่หัวใจ และผ่านมาที่หลอดเลือดฝอยปอด ที่ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์จะแพร่ผ่านผนังของหลอด

เลือดฝอยปอดเข้าสู่ถุงลมปอด แล้วลำเลียงไปตามหลอดเลือด เพื่อกำจัดออกนอกร่างกายทางจมูก ผ่านการหายใจออก



ภาพที่ 2.13 ระบบขับถ่าย (Excretory system)

ที่มา: <http://www.photha.ac.th/wp/?p=7296>

10. ระบบสืบพันธุ์ (Reproductive system) ประกอบด้วย รังไข่ อัณฑะ อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่น น้ำเมือก ต่อมลูกหมากและท่อต่างๆ ทำหน้าที่สืบทอด ดำรงและขยายเผ่าพันธุ์ให้มีจำนวนมากขึ้น เพื่อไม่ให้สิ่งมีชีวิตสูญพันธุ์ การสืบพันธุ์ของมนุษย์ เป็นแบบปฏิสนธิภายในร่างกาย โดยเพศชายจะหลั่งอสุจิจำนวนมากในช่องคลอดของเพศหญิง อสุจิจะเดินทางเข้าไปในมดลูก และท่อนำไข่เพื่อปฏิสนธิกับไข่ ภายหลังการปฏิสนธิ ตัวอ่อนจะมีการฝังตัวและเจริญเติบโตที่ผนังมดลูก โดยอยู่ในครรภ์ประมาณ 9 เดือน ในระหว่างนั้นต่อมน้ำนมจะทำการผลิตน้ำนม เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการให้นมของเพศหญิง

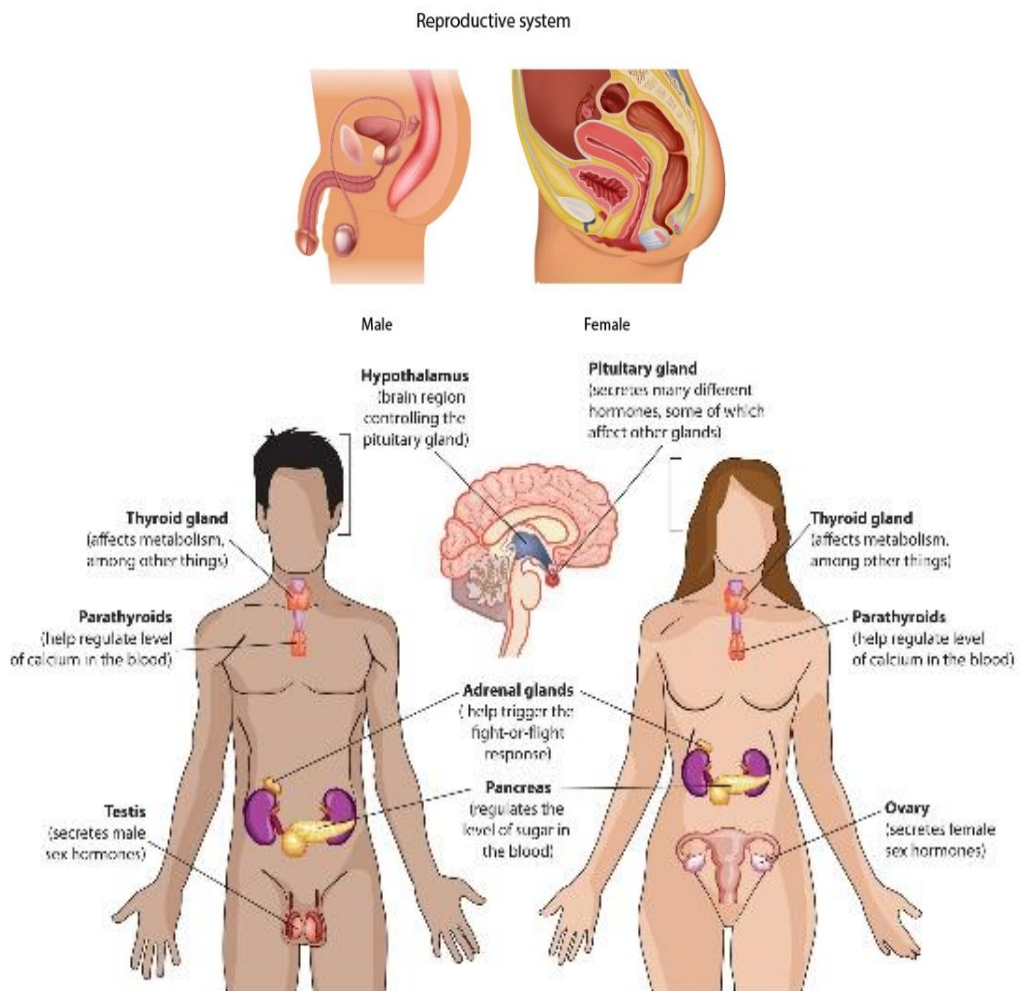
ระบบสืบพันธุ์เพศชาย อวัยวะที่เกี่ยวข้อง สามารถแยกออกเป็น 3 กลุ่มตามหน้าที่

- อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและเก็บอสุจิ ประกอบด้วย อัณฑะ (Testis) เป็นต่อมรูปไข่มี 2 ข้าง ภายในมีหลอดสร้างตัวอสุจิ (Seminiferous tubule) ทำหน้าที่สร้างตัวอสุจิ (Sperm) ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศชาย ภายหลังการสร้างและพัฒนา อสุจิจะถูกส่งเข้าสู่หลอดเก็บตัวอสุจิ (Epididymis) ภายนอกอัณฑะ โดยอัณฑะจะถูกห่อหุ้มอยู่ในถุงหุ้มอัณฑะ (Scrotum) เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิให้พอเหมาะในการสร้างตัวอสุจิ โดยจะต่ำกว่าอุณหภูมิปกติของร่างกายประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส นอกจากนี้อัณฑะยังสร้างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (Testosterone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหลัก ที่ช่วยกระตุ้นให้แสดงลักษณะต่างๆ ของเพศชาย เช่น มีกล้ามเนื้อใหญ่ กล้ามเนื้อกระดูก โครงสร้างใหญ่ มีหนวดเครา มีขนดก เป็นต้น

- อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างของเหลวในการหลั่งอสุจิ และท่อนำอสุจิ ได้แก่ ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ (Seminal vesicles) ทำหน้าที่สร้างอาหารเพื่อใช้เลี้ยงตัวอสุจิ รวมถึงการสร้าง

ของเหลวมาผสมกับตัวอสุจิเพื่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมกับตัวอสุจิ ต่อมลูกหมาก (Prostate gland) ทำหน้าที่หลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นเบสอ่อนๆ เพื่อปรับสมดุลกรด-เบสในท่อปัสสาวะ ทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมกับตัวอสุจิ ต่อมคาวเปอร์ (Cowper gland) อยู่ใต้ต่อมลูกหมาก ทำหน้าที่หลั่งสารไปหล่อลื่นท่อปัสสาวะในขณะที่เกิดการกระตุ้นทางเพศนอกจากนี้ยังมีหลอดนำอสุจิ (Vas deferens) อยู่ต่อจากหลอดเก็บตัวอสุจิ ทำหน้าที่ลำเลียงตัวอสุจิไปเก็บไว้ที่ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ

- อวัยวะที่ใช้ในการร่วมเพศ จะเป็นอวัยวะเพศชายที่อยู่ภายนอก คือ องคชาต (Penis) ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของปัสสาวะและน้ำอสุจิ มีลักษณะเป็นท่อนยาว ประกอบไปด้วยส่วนของกล้ามเนื้อคล้ายฟองน้ำ (Corpus cavernous) และส่วนของท่อปัสสาวะ โดยกล้ามเนื้อคล้ายฟองน้ำทำหน้าที่ในการกักเก็บเลือด ทำให้เกิดการแข็งตัวขององคชาต จนสามารถสอดใส่เข้าไปภายในช่องคลอดของเพศหญิงได้ ส่วนปลายขององคชาตจะบานออกเป็นรูปดอกเห็ด โดยมีเส้นประสาท และเส้นเลือดเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 2.14 ระบบสืบพันธุ์ (Reproductive system)

ที่มา: <http://www.health2click.com/-reproductive-system/>

<https://diagramchartspedia.com/>

การปฏิสนธิ คือ กระบวนการที่เซลล์ของเพศชาย รวมกับเซลล์ของเพศหญิง ทำให้เกิด เซลล์ใหม่

การตกไข่ คือ การที่ไข่สุกและออกจากรังไข่เข้าสู่ท่อนำไข่ ในช่วงกึ่งกลางของรอบเดือน ถ้านับวันแรกที่มีประจำเดือนเป็นวันที่ 1 การตกไข่จะเกิดขึ้นประมาณ วันที่ 13-15 เมื่อไข่ได้รับการผสม จะมีการแบ่งตัวจาก 1 เป็น 2 เป็น 4 ไปเรื่อยๆ ในขณะที่เดียวกันจะเคลื่อนที่จาก ท่อนำไข่เพื่อไปฝังตัวที่ผนังมดลูก ซึ่งผนังมดลูกมีลักษณะที่หนามากขึ้นเพื่อเตรียมตัวสำหรับรับไข่ที่ได้รับการผสม เมื่อเอ็มบริโอฝังตัวกับผนังมดลูกแล้วนั้น ก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง มีอายุได้ 8 สัปดาห์ เอ็มบริโอจะมีลักษณะทุกอย่างเหมือนกับคน และกระดูกในร่างกายจะ เปลี่ยนจากกระดูกอ่อนเป็นกระดูกแข็ง โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

อายุ 3 สัปดาห์ เริ่มมีหัวใจ สมอ และกระดูกไขสันหลัง

อายุ 4 สัปดาห์ เริ่มมี ตา ปุ่มแขน และปุ่มขา

อายุ 5 สัปดาห์ ปุ่มแขนและปุ่มขาขยายขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ

อายุ 6 สัปดาห์ เริ่มมีหู

อายุ 7 สัปดาห์ เริ่มมีแผ่นดานในช่องปาก

อายุ 8 สัปดาห์ เริ่มปรากฏอวัยวะเพศภายนอก กระดูกในช่องปากเปลี่ยนจากกระดูกอ่อน เป็นกระดูกแข็งและมีทุกอย่างเหมือนคน หลังจากนั้นเป็นการเจริญเติบโตของอวัยวะต่างๆทั้งภายนอก และภายใน เพื่อให้สมบูรณ์และพร้อมที่จะทำงานได้อายุ 38 สัปดาห์ หรือ 9 เดือน คลอดออกมาเป็น ทารก (เกร็ดแล้ว ด้านวิวัฒน์, 2558)

ระบบ	อวัยวะที่เกี่ยวข้อง
1. ระบบหายใจ	จมูก หลอดลม ปอด
2. ระบบไหลเวียนเลือด และน้ำเหลือง	หัวใจ หลอดเลือด ท่อน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง ม้าม ไขกระดูก
3. ระบบย่อยอาหาร	ปากและส่วนประกอบในปาก ต่อมน้ำลาย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ทวารหนัก ตับอ่อน ตับและถุงน้ำดี
4. ระบบต่อมไร้ท่อ	ต่อมไร้ท่อทุกชนิด เช่น ต่อมหมวกไต ต่อมไทรอยด์ ต่อมใต้สมอง รังไข่ อัณฑะ ฯลฯ
5. ระบบขับถ่าย	ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ ท่อปัสสาวะ ผิวหนัง ลำไส้ใหญ่
6. ระบบหล่อเลี้ยงร่างกาย	ผิวหนัง ขน เล็บ
7. ระบบโครงกระดูก	กระดูก กระดูกอ่อน ข้อต่อ เอ็นเชื่อมกระดูก
8. ระบบกล้ามเนื้อ	กล้ามเนื้อยึดกระดูก กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ
9. ระบบประสาท	สมอง ไขสันหลัง เส้นประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก
10. ระบบสืบพันธุ์	รังไข่ อัณฑะ อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่น น้ำเมือก ต่อม ลูกหมากและท่อต่างๆ

สรุปท้ายบท

ร่างกายมนุษย์ เป็นโครงสร้างทั้งหมดของมนุษย์ ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดที่รวมกันเป็นเนื้อเยื่อซึ่งรวมกันเป็นระบบอวัยวะ เชื่อมโยงกับกายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา มิถุนวิทยา และคัพภวิทยา ร่างกายมีความแตกต่างทางกายวิภาคแบบต่างๆ สรีรวิทยามุ่งไปที่ระบบและอวัยวะของมนุษย์ และการทำงานของอวัยวะ หลายระบบและกลไกมีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อคงภาวะสมดุลของร่างกายมนุษย์ โดยองค์ประกอบของร่างกายมนุษย์ มีการทำงานกันอย่างซับซ้อนจนเป็นระบบ ซึ่งมีโครงสร้างการทำงานในร่างกาย โดยการศึกษาทางด้านจิตวิทยา มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งการที่มนุษย์จะแสดงพฤติกรรมใดๆ ออกมานั้นเป็นเพราะระบบการทำงานของร่างกาย มีทั้งหมด 10 ระบบ ได้แก่ ระบบหายใจ ระบบไหลเวียนเลือดและน้ำเหลือง ระบบย่อยอาหาร ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบขับถ่าย ระบบห่อหุ้มร่างกาย ระบบโครงกระดูก ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ให้นิสิตอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวพอสังเขป
2. ให้นิสิตวิเคราะห์เกี่ยวกับการทำงานของระบบกระดูก ระบบกล้ามเนื้อ และระบบประสาทที่มีการทำงานร่วมกันอย่างไรในการเคลื่อนไหว
3. ให้นิสิตยกตัวอย่างการทำงานของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวพื้นฐาน เช่นการเดิน การวิ่ง การสไลด์ เป็นต้น
4. ให้นิสิตฝึกการเชื่อมต่อกระดูกส่วนต่างๆ ของร่างกาย และศึกษาส่วนต่างๆ ของกระดูกที่แยกออกเป็นชิ้นๆ
5. ให้นิสิตทำงานเป็นกลุ่มกลุ่มละ 2-3 คน โดยให้คนแรกเป็นผู้ปฏิบัติ และคนที่สองเป็นผู้ช่วย และคนที่สามเป็นผู้สังเกตการทำงานของกล้ามเนื้อ และบันทึกรายละเอียดต่างๆ จากการปฏิบัติในท่าต่างๆ ที่กำหนด เช่น นั่งตัวตรงบิดศีรษะไปทางซ้ายให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ลูก-นั่งนอนหงายราบไปกับพื้น เป็นต้น

บทที่ 3

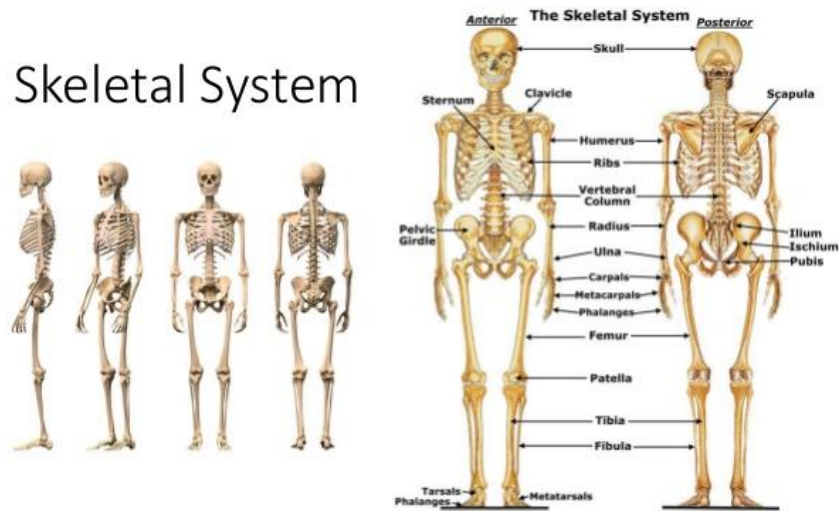
ระบบของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว

การเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากการเคลื่อนที่ของอวัยวะต่างๆ อันได้แก่ กระดูก ข้อต่อ กล้ามเนื้อ และประสาท การเคลื่อนไหวจึงต้องอาศัยการประสานงานระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกาย ดังนั้นการจะศึกษาการเคลื่อนไหวของมนุษย์จึงจำเป็นต้องเข้าใจพื้นฐานทางกายวิภาคศาสตร์ และ สรีรวิทยา ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับตำแหน่งหน้าที่และการทำงานของร่างกาย ไม่ว่าจะเป็น ระบบกระดูก ระบบกล้ามเนื้อ ระบบประสาท อวัยวะรับความรู้สึก ระบบไหลเวียน ระบบหายใจ ระบบพลังงานในร่างกาย เป็นต้น

ระบบโครงกระดูกกับการเคลื่อนไหว

ระบบโครงกระดูก (Skeletal System) เป็นโครงสร้างของร่างกาย ช่วยป้องกันอวัยวะบอบบางต่างๆ ที่อยู่ภายในที่เกาะเกี่ยว อยู่ภายในกระดูกแต่ละส่วนของร่างกาย องค์ประกอบสำคัญอีกอย่างหนึ่งภายใน-กระดูกคือ ไขกระดูก ขณะเดียวกันกระดูกยังเป็นแหล่งเก็บสะสมเกลือแร่ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมและฟอสฟอรัส บริเวณรอบกระดูกจะมีเนื้อเยื่อหนาห่อหุ้มอยู่เรียกว่า เยื่อหุ้มกระดูก (Periosteum) ซึ่งเยื่อหุ้มกระดูกนี้ ประกอบด้วยเซลล์กระดูกและหลอดเลือด ซึ่งจะนำเลือดมาเลี้ยงในส่วนของกระดูกชั้นนอก กระดูกชั้นนอกหรือเรียกว่า กระดูกทึบ (Compact bone) ประกอบด้วยเกลือแร่สะสมอยู่เป็นวงกลมล้อม รอบท่อขนาดเล็กๆ ซึ่งเรียกว่า ท่อฮาเวอร์เซียน (Haversian canal) เซลล์กระดูกรอบๆท่อฮาเวอร์เซียน จะได้รับอาหารและ-ออกซิเจนจากหลอดเลือดที่ผ่านท่อฮาเวอร์เซียนที่ผ่านท่อเหล่านี้ และถ้าหากว่า กระดูกเกิดแตกหักเส้นประสาทในท่อเล็กๆ นี้ก็จะส่งกระแสประสาทไปยังสมองเราจึงรู้สึกถึงความเจ็บปวด ส่วนกระดูกชั้นในนั้นมองดูคล้ายรังผึ้ง เพราะมีลักษณะเป็นร่างแหที่มีช่องว่างระหว่างกระดูก เรียกว่า กระดูกพรุน (Spongy bone) แต่ก็มี ความแข็งแรงไม่แพ้ส่วนกระดูกทึบเช่นกันซึ่งถ้ากระดูกของคนเราเป็นกระดูกทึบทั้งหมด ร่างกาย คงหนักมาก ไขกระดูกจะมีปริมาณราวๆ 227 กรัม สามารถผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ประมาณ 5,000 เม็ด/วัน สำหรับทารกในครรภ์ โครงกระดูกทุกชิ้น มีไขกระดูกแดงบรรจุอยู่ แต่เมื่อเจริญเติบโตถึงวัยผู้ใหญ่แล้วจะพบไข-กระดูกนี้เฉพาะในส่วนของกะโหลก ศรีษะ กระดูกหน้าอก กระดูกสันหลัง กระดูกสะโพกและบริเวณตอนปลายของกระดูกชั้นยาวๆ เท่านั้น

Skeletal System



ภาพที่ 3.1 ระบบกระดูก (Skeletal system)

ที่มา: <https://www.slideshare.net/hannahcneal/skeletal-system-48437034>

ระบบโครงกระดูกประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

กระดูกอ่อน (Cartilage) ทำหน้าที่รองรับส่วนที่อ่อนนุ่มของร่างกาย เพื่อที่จะทำให้การเคลื่อนไหวได้สะดวก ป้องกันการเสียดสี เนื่องจากผิวของกระดูกอ่อนเรียบ จึงพบว่ากระดูกอ่อนจะอยู่ที่ปลายหรือหัวกระดูกที่ประกอบเป็นข้อต่อต่าง ๆ และยังเป็นต้นกำเนิดของกระดูกแข็งทั่วร่างกาย

ข้อต่อ (Joints) คือส่วนต่อระหว่างกระดูกตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไปมาต่อกัน เพื่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย

เอ็น (Tendon) มีทั้งที่เป็นเอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นยึดข้อ (Ligament) เป็นเนื้อเยื่อที่มีความแข็งแรงมาก มีลักษณะเป็นเส้นใยเหนียว ช่วยยึดกระดูกกับกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน

กระดูก (Bone) เป็นส่วนที่แข็งที่สุด โครงกระดูกในผู้ใหญ่ ประกอบด้วยกระดูกจำนวน 206 ชิ้น ส่วนในทารกแรกเกิดจะมีกระดูกถึง 300 ชิ้นเพราะกระดูกอ่อนยังไม่ติดกัน

มนุษย์มีกระดูกทั้งหมด 206 ชิ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. กระดูกแกนกลางของร่างกาย (Axial skeletal) มีทั้งหมด 80 ชิ้น ได้แก่

1.1 กระดูกกะโหลกศีรษะ (Cranium) มี 8 ชิ้น

– กระดูกหน้าผาก (Frontal bone) 1 ชิ้น

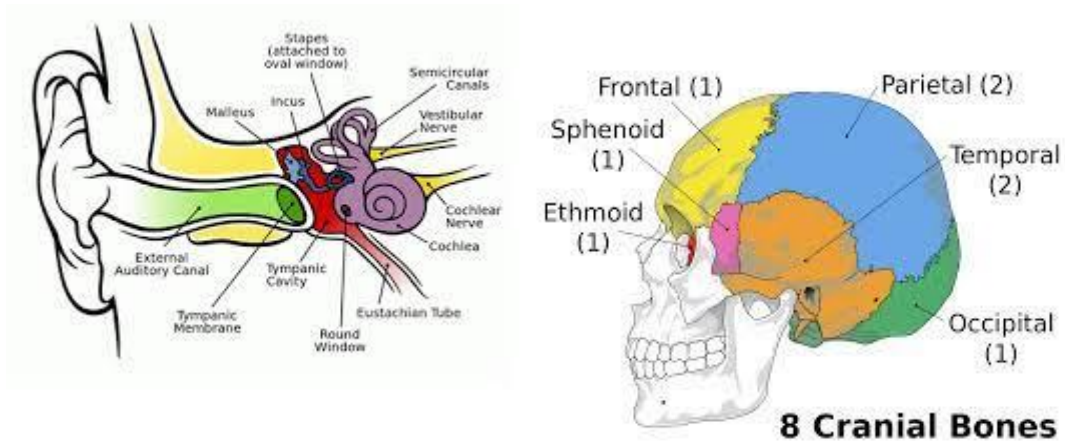
– กระดูกด้านข้างศีรษะ (Parietal bone) 2 ชิ้น

– กระดูกขมับ (Temporal bone) 2 ชิ้น

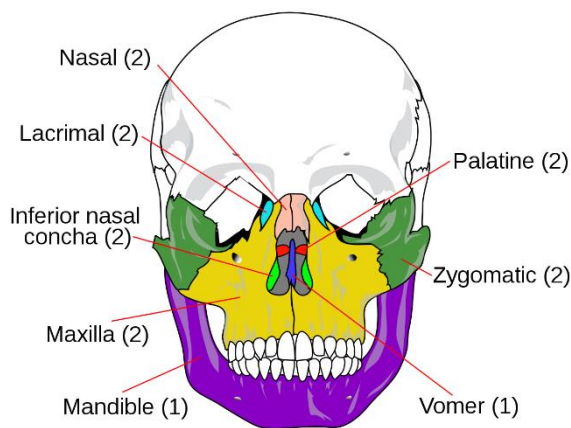
– กระดูกท้ายทอย (Occipital bone) 1 ชิ้น

– กระดูกขี้จุก (Ethmoid bone) 1 ชิ้น

– กระดูกรูปผีเสื้อ (Sphenoid bone) 1 ชิ้น



1.2 กระดูกใบหน้า (Bone of face) มีทั้งหมด 14 ชิ้น



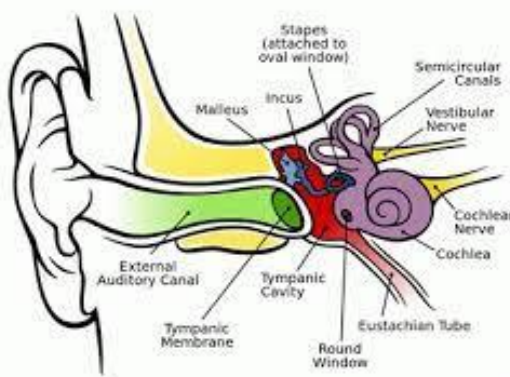
14 facial bones

- กระดูกสันจมูก (Nasal bone) 2 ชิ้น
- กระดูกก้นช่องจมูก (Vomer) 1 ชิ้น
- กระดูกข้างในจมูก (Inferior concha) 2 ชิ้น
- กระดูกถุงน้ำตา (Lacrimal bone) 2 ชิ้น
- กระดูกโหนกแก้ม (Zygomatic bone) 2 ชิ้น
- กระดูกเพดาน (Palatine bone) 2 ชิ้น
- กระดูกขากรรไกรบน (Maxillary) 2 ชิ้น
- กระดูกขากรรไกรล่าง (Mandible) 1 ชิ้น

ภาพที่ 3.2 กระดูกกะโหลกศีรษะ (Cranium) และกระดูกใบหน้า (Bone of face)

ที่มา: <https://sites.google.com/site/montisajip/bth-thi-3-rabb-khorng->

1.3 กระดูกหู (Bone of ear) มี 6 ชิ้น



- กระดูกรูปฆ้อน (Malleus) 2 ชิ้น
- กระดูกรูปทั่ง (Incus) 2 ชิ้น
- กระดูกรูปโกลน (Stapes) 2 ชิ้น

ภาพที่ 3.3 กระดูกหู (Bone of ear)

ที่มา: <https://sites.google.com/site/montisajip/bth-thi-3-rabb-khorng->

1.4 กระดูกโคนลิ้น (Hyoid bone) 1 ชิ้น

1.5 กระดูกสันหลัง (Vertebrae) 26 ชิ้น ได้แก่

- กระดูกสันหลังส่วนคอ (Cervical vertebrae) 7 ชิ้น
- กระดูกสันหลังส่วนอก (Thoracic vertebrae) 12 ชิ้น
- กระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar vertebrae) 5 ชิ้น
- กระดูกกระเบนเหน็บ (Sacrum) 1 ชิ้น
- กระดูกก้นกบ (Coccyx) 1 ชิ้น



ภาพที่ 3.4 กระดูกสันหลัง (Vertebrae)

ที่มา: <https://sites.google.com/site/montisajip/bth-thi-3-rabb-khorng->

1.6. กระดูกทรวงอก (Sternum) 1 ชิ้น

1.7 กระดูกซี่โครง (Rib) 24 ชิ้น



ภาพที่ 3.5 กระดูกซี่โครง (Rib)

ที่มา: <https://sites.google.com/site/montisajip/bth-thi-3-rabb-khorng->

2. กระดูกกระยางค์ (Appendicular skeletal) ประกอบด้วย กระดูก 126 ชิ้น ได้แก่

2.1 กระดูกไหล่ (Shoulder girdle) ประกอบด้วย

- กระดูกไหปลาร้า (Clavicle) 2 ชิ้น
- กระดูกสะบัก (Scapular) 2 ชิ้น

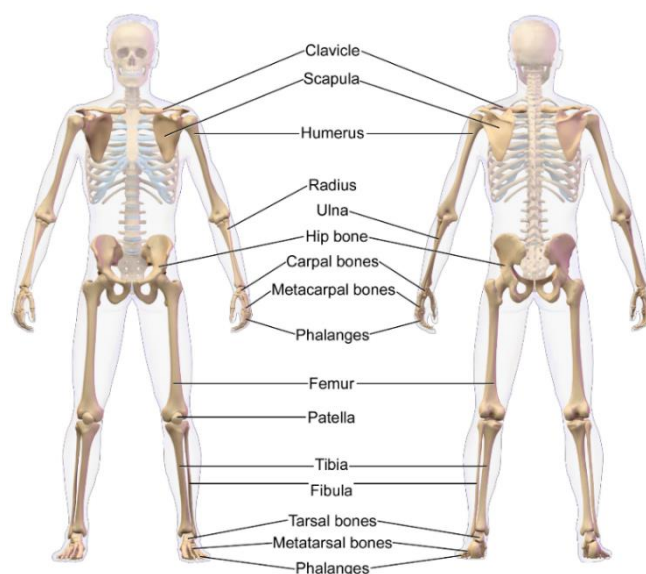
2.2 กระดูกต้นแขน (Humerus) 2 ชิ้น

2.3 กระดูกปลายแขน (Bone of forearm) ประกอบด้วย

- กระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) 2 ชิ้น
- กระดูกปลายแขนท่อนนอก (Radius) 2 ชิ้น
- 2.4 กระดูกข้อมือ (Carpal bone) 16 ชิ้น
- 2.5 กระดูกฝ่ามือ (Metacarpal bone) 10 ชิ้น
- 2.6 กระดูกนิ้วมือ (Phalanges) 28 ชิ้น
- 2.7 กระดูกเชิงกราน (Hip bone) 2 ชิ้น
- 2.8 กระดูกต้นขา (Femur) 2 ชิ้น
- 2.9 กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) 2 ชิ้น
- 2.10 กระดูกน่อง (Fibula) 2 ชิ้น
- 2.11 กระดูกข้อเท้า (Tarsal bone) 14 ชิ้น
- 2.12 กระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal bone) 10 ชิ้น
- 2.13 กระดูกนิ้วเท้า (Phalanges) 28 ชิ้น

จำนวนของกระดูก (Number of bone) จำนวนของกระดูกทั้งหมดในร่างกาย หมายถึง กระดูกในผู้ใหญ่ที่เจริญเต็มที่แล้ว มีทั้งสิ้น 206 ชิ้น โดยแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- กระโหลกศีรษะ (Cranium) 8 ชิ้น
- กระดูกหน้า (Face) 14 ชิ้น
- กระดูกหู (Ear) 6 ชิ้น: กระดูกโคนลิ้น (Hyoid bone) 1 ชิ้น
- กระดูกสันหลัง 26 ชิ้น
- กระดูกหน้าอก (Sternum) 1 ชิ้น
- กระดูกซี่โครง (Ribs) 24 ชิ้น
- กระดูกแขน (Upper extremities) 64 ชิ้น
- กระดูกขา (Lower extremities) 62 ชิ้น



ภาพที่ 3.6 กระดูกกระยางค์ (Appendicular skeletal)

ที่มา: <https://onlinesciencenotes.com/appendicular-skeleton-human-body/>

การแบ่งตามลักษณะกระดูก

1. กระดูกยาว ได้แก่ กระดูกแขน กระดูกขา
2. กระดูกสั้น ได้แก่ กระดูกข้อมือ กระดูกข้อเท้า
3. กระดูกแบน ได้แก่ กระดูกซี่โครง กระดูกอก กระดูกสะบัก
4. กระดูกยาว รูปร่างไม่แน่นอน ได้แก่ กระโหลกศีรษะ กระดูกสันหลัง กระดูกเชิงกราน
5. กระดูกกลม
6. กระดูกโพรงกะโหลกศีรษะ

หน้าที่ของระบบกระดูก

1. ช่วยรองรับอวัยวะต่างๆ ให้ทรงและตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ควรอยู่ (Organ of support)
2. เป็นส่วนที่ใช้ในการเคลื่อนไหว เช่น พาร่างกายย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง (Instrument of locomotion)
3. เป็นโครงของส่วนแข็ง (Framework of hard material)
4. เป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อต่างๆ และ Ligament เพื่อทำหน้าที่เป็นคานให้กล้ามเนื้อทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว
5. ช่วยป้องกันอวัยวะสำคัญไม่ได้รับอันตราย เช่น สมอง ปอด และหัวใจ เป็นต้น
6. ทำให้ร่างกายคงรูปได้ (Shape to whole body)
7. ภายในกระดูกมีไขกระดูก (Bone marrow) ที่ทำหน้าที่ผลิตเม็ดเลือด (Blood cell)
8. เป็นที่เก็บแร่ธาตุ Calcium ในร่างกาย
9. ป้องกันเส้นประสาทและหลอดเลือดที่ทอดอยู่ตามแนวของกระดูกนั้น

ข้อต่อและกระดูก (Joints and skeletal)

ข้อต่อ (Joints) ข้อต่อเป็นส่วนของกระดูกที่มาต่อกัน โดยมีเอ็นยึดและหุ้มอยู่โดยรอบ เพื่อเสริมความแข็งแรง และช่วยในการเคลื่อนไหว ไม่ให้กระดูกหลุดออกจากกัน นักวิชาการแบ่งข้อต่อเป็น 3 แบบ คือ แบบบานพับ, ประตุน้ำต่าง แบบที่บิดได้เป็นเกลียว เหมือนเชือกมะนิลา และแบบที่หมุนอยู่ภายในแอ่ง โดยรอบทุกทิศทาง คล้ายปืนจั่น หรือเครื่องผสมปูนซีเมนต์ สำหรับในวงการแพทย์ แบ่งตามลักษณะ และชนิดของเนื้อเยื่อได้ 3 ชนิด คือ

1. ข้อต่อชนิดเชื่อมติดกัน (Fibrous joint) ข้อต่อชนิดนี้เชื่อมติดกัน ด้วยเยื่อพังผืด ซึ่งเคลื่อนไหวไม่ได้เลย หรือได้น้อยมาก เช่น ข้อต่อที่กระดูกกะโหลก
2. ข้อต่อชนิดเชื่อมด้วยกระดูกอ่อน (Cartilaginous joint) เป็นข้อต่อที่มีการเคลื่อนไหวได้บ้าง มีกระดูกอ่อน แทรกอยู่ระหว่างกลาง พบได้ที่ข้อต่อของกระดูกสันหลัง และที่หัวเข่า ทำให้มีการขยับได้ ข้อต่อเกิดจากกระดูกตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปที่อยู่ใกล้กันมาเชื่อมต่อกันโดยมีเอ็นละกล้ามเนื้อช่วยยึดเสริมความแข็งแรง ทำให้มีความยืดหยุ่นในการเคลื่อนไหวได้สะดวกขึ้น การที่กระดูกประกอบด้วยชิ้นเล็กชิ้นน้อยมาต่อๆ กัน ทำให้อวัยวะเคลื่อนไหวอย่างราบรื่นมากขึ้น
3. ข้อต่อชนิดเชื่อมด้วยถุงน้ำไขข้อ (Synovial joint) เป็นข้อต่อซึ่งมีช่องว่างเกิดขึ้นภายใน มีน้ำสำหรับหล่อลื่น คล้ายจารบีอยู่ในถุงหุ้ม ทำหน้าที่คล้ายยางกันฝุ่นรอบกระปุกเกียร์รถยนต์ หรือ

ลูกหมาก ได้แก่ ข้อหัวไหล่, ข้อศอก, ข้อมือ, ข้อตะโพก, ข้อเข่า, ข้อเท้า และข้อที่มีการเคลื่อนไหวได้มาก ๆ ข้อต่อชนิดนี้ มีความสำคัญมาก และอาจได้รับอันตรายได้มากเช่นเดียวกัน

โรคต่าง ๆ ที่พบเกี่ยวกับข้อต่อไม่ปกติได้แก่ ข้ออักเสบ, ข้อเสื่อม, โรคเก๊าท์ ไขข้ออักเสบ, โรคปวดข้อรูมาตอยด์, โรคเอสแอลอี มีอาการปวดบวมแดง ร้อนตามข้อ คล้าย ๆ กับข้อเท้าแพลง หรือมือขึ้น

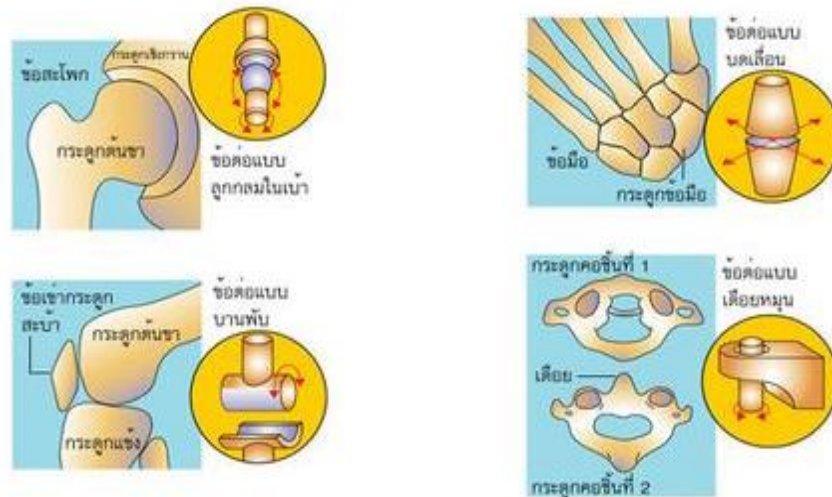
กระดูกที่เคลื่อนที่ไม่ได้ เช่น กระโหลกศีรษะ

กระดูกเคลื่อนที่ได้เล็กน้อย เช่น กระดูกบริเวณก้นกบ

กระดูกแบบบานพับ เช่น กระดูกต้นแขน ข้อต่อบริเวณหัวเข่า

กระดูกแบบหัวกลม เช่น กระดูกกะโหลกศีรษะ กระดูกต้นคอ กระดูกต้นขากระดูกสะบักเป็น

ต้น

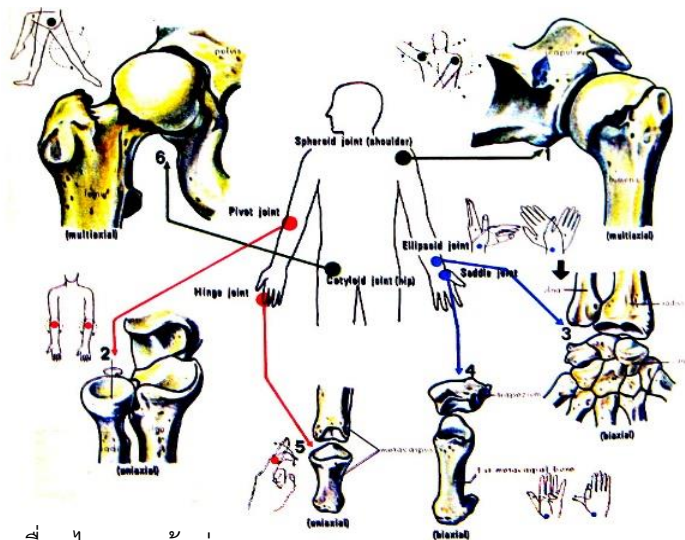


ภาพที่ 3.7 ชนิดของข้อต่อ

ที่มา: <https://sites.google.com/site/kedmanee45408/home/rabb-khorng-kraduk-skeletal-system>

การเคลื่อนไหวของข้อต่อ

1. เคลื่อนได้ระนาบเดียวกัน(แบบบานพับ) เช่น ข้อศอก ข้อเข่า
2. เคลื่อนได้ 2 ระนาบ เช่น ข้อมือ กระดูกขึ้น-ลง
3. เคลื่อนได้ 3 ระนาบ เช่น ข้อไหล่ ข้อตะโพก



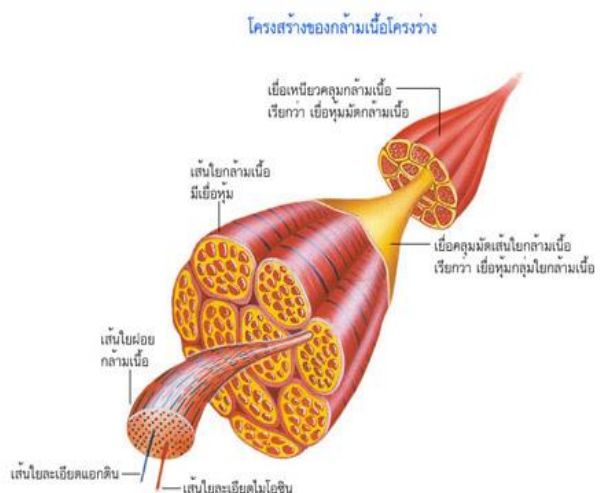
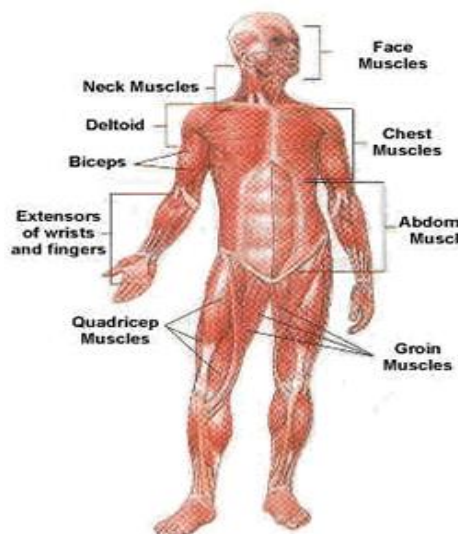
ภาพที่ 3.7 การเคลื่อนไหวของข้อต่อ

ที่มา: <https://www.doctor.or.th/article/detail/5067>

ระบบกล้ามเนื้อกับการเคลื่อนไหว (Muscle system with movement)

ระบบกล้ามเนื้อ (Muscle system) เป็นเนื้อเยื่อที่หดตัวได้ในร่างกาย เปลี่ยนแปลงมาจากเมโซเดิร์ม (Mesoderm) ของชั้นเนื้อเยื่อในตัวอ่อน และเป็นระบบหนึ่งของร่างกายที่สำคัญต่อการเคลื่อนไหวทั้งหมดของร่างกาย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) และกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle)

กล้ามเนื้อ (Muscle) ทำหน้าที่หดตัวเพื่อให้เกิดแรงและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (Motion) รวมถึงการเคลื่อนที่และการหดตัวของอวัยวะภายใน กล้ามเนื้อจำนวนมากหดตัวได้นอกอำนาจจิตใจ และจำเป็นต่อการดำรงชีวิต เช่น การบีบตัวของหัวใจ หรือการบีบรัด (Peristalsis) ทำให้เกิดการผลักดันอาหารเข้าไปภายในทางเดินอาหาร การหดตัวของกล้ามเนื้อที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจมีประโยชน์ในการเคลื่อนที่ของร่างกาย และสามารถควบคุมการหดตัวได้ เช่น การกลอกตา หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อควอดริเซ็ป (Quadriceps muscle) ที่ต้นขา



ภาพที่ 3.9 กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle)

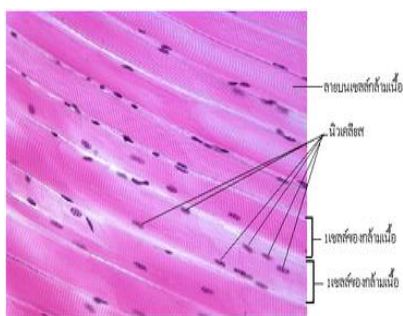
ที่มา: <http://www.med.cmu.ac.th/dept/vascular/human/lesson/lesson6.php>

หน้าที่สำคัญของกล้ามเนื้อ

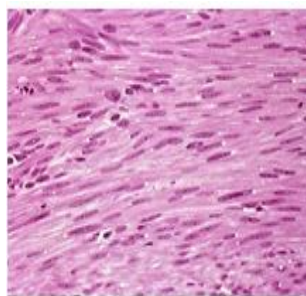
1. คงรูปร่างท่าทางของร่างกาย (Maintain body posture)
2. ยึดข้อต่อไว้ด้วยกัน (Stabilize joints)
3. ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหว (Provide movement) โดยการเปลี่ยนพลังงานที่ได้จากสารอาหารมาเป็นพลังงานกล (Mechanical energy) หรือพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว
4. รักษาระดับอุณหภูมิของร่างกาย (Maintain body temperature) โดยผลิตความร้อนออกมาตามที่ร่างกายต้องการ

ประเภทของกล้ามเนื้อ (Type of muscles)

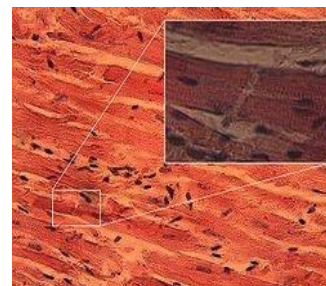
1. กล้ามเนื้อลาย (Striated muscles) หรือ กล้ามเนื้อในอำนาจจิตใจ มีลักษณะคือ มีนิวเคลียสจำนวนมากอยู่ ที่ขอบของเซลล์ มีลายตามขวาง สีเข้มและสีจางสลับกัน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนเมื่อย้อมด้วยสี คนที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอเส้นใยกล้ามเนื้อจะโตขึ้น และหนาขึ้น แต่จำนวนไม่เพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อลายมีหน้าที่เคลื่อนไหวร่างกายที่ข้อต่อต่างๆ เคลื่อนไหวลูกตา ช่วยในการเคี้ยวและการกลืน เคลื่อนไหวลิ้น เคลื่อนไหวใบหน้าแสดงอารมณ์ต่างๆ และยังประกอบเป็นผนังอก และผนังท้อง ตลอดจนการควบคุมการขับถ่ายปัสสาวะและอุจจาระ
2. กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscles) หรือ กล้ามเนื้อนอกอำนาจจิตใจ เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ทั่วอวัยวะต่างๆ ในของร่างกายมีหน้าที่ ควบคุมการทำงานของอวัยวะย่อยอาหาร และอวัยวะภายใน ต่างๆ เช่น ลำไส้ กระเพาะอาหาร อวัยวะสืบพันธุ์ มดลูก เส้นเลือดดำ ฯลฯ ซึ่งอยู่นอกอำนาจของจิตใจ แต่อยู่ภายใต้ การควบคุมของระบบประสาทอิสระ (Autonomies nervous system) มีลักษณะเป็นเซลล์รูปกระสวย มีนิวเคลียสรูปไข่อยู่ตรงกลาง
3. กล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจ (The Muscles of respiration)
 - Diaphragm ทำให้ช่องอกขยายโตขึ้นและช่วยดันปอดให้ลมออกมา
 - External intercostal ยกซี่โครงขึ้นทำให้ช่องอกขยาย ใหญ่ขึ้น
 - Internal intercostal ทำให้ช่องอกเล็กลง



กล้ามเนื้อลาย



กล้ามเนื้อเรียบ



กล้ามเนื้อหัวใจ

ภาพที่ 3.10 กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com>

กล้ามเนื้อของแขน แบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

- กล้ามเนื้อของไหล่ ที่สำคัญได้แก่ กล้ามเนื้อ deltoid เนื้อใหญ่หนา มีรูป เป็นสามเหลี่ยม คลุมอยู่ที่ข้อไหล่ตั้งต้นจากปลายนอกของกระดูก ไหล่ปลาร้า และกระดูกสะบัก แล้วไปยึดเกาะที่พื้นนอกตอนกลางของกระดูกแขนท่อนบน ทำหน้าที่ยกต้นแขนขึ้นมาข้างบนให้ได้ระดับกับไหล่เป็นมุมฉาก

- กล้ามเนื้อของต้นแขน ที่สำคัญได้แก่ - ไบเซพส์แบรคิโอ (Bicep's brachii) เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหน้าของ ต้นแขน มีรูปคล้ายกระสวย ทำหน้าที่งอข้อศอกและหงายมือ - ไตรเซพส์แบรคิโอ (Triceps brachii) เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่อยู่ด้านหลังของต้นแขน ปลายบนแยกออกเป็น 3 หัว ช่วยทำหน้าที่เหยียดปลายแขนหรือข้อศอก

- กล้ามเนื้อของปลายแขน มีอยู่หลายมัด จำแนกออกเป็นด้านหน้า และด้านหลัง ในแต่ละด้านยังแยกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นตื้น และชั้นลึก ทำหน้าที่เหยียดข้อศอก เหยียดและงอมือ เหยียดนิ้วมือ กระจดข้อมือ งอข้อมือ พลิกแขนและคว่ำแขน ฯลฯ

- กล้ามเนื้อของมือ เป็นกล้ามเนื้อสั้นๆ ทำหน้าที่เคลื่อนไหวนิ้วมือ กล้ามเนื้อของขาคือ กล้ามเนื้อของขา จำแนกออกเป็น

- กล้ามเนื้อตะโพก กล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่สุดของตะโพก ได้แก่ กลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) มีลักษณะหยาบและอยู่ตื้น ช่วยทำหน้าที่เหยียดและกางต้นขา นอกจากนี้ยังมีมัดเล็กๆ อยู่ใต้กล้ามเนื้อมัดใหญ่นี้ ช่วยกางและหมุนต้นขาเข้าข้างใน

กล้ามเนื้อของต้นขา ประกอบด้วย กล้ามเนื้อด้านหน้าของต้นขา มีหน้าที่เหยียดปลายขา กล้ามเนื้อด้านในของต้นขา มีหน้าที่หุบต้นขา กล้ามเนื้อด้านหลังของต้นขา มีหน้าที่งอปลายขา

กล้ามเนื้อของปลายขา ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อด้านหลังของปลายขา ทำหน้าที่งอเท้าขึ้นเหยียด นิ้วเท้าและหันเท้าออกข้างนอก

- กล้ามเนื้อด้านนอกของปลายขา ช่วยทำหน้าที่เหยียดปลายเท้า เหมือนกล้ามเนื้อด้านหลังของปลายขา

- กล้ามเนื้อของเท้า เป็นกล้ามเนื้อสั้นๆ เหมือนกับของมือ อยู่ที่หลังเท้า และฝ่าเท้า มีหน้าที่ช่วยยึดเท้าให้เป็นส่วนโค้งและเคลื่อนไหวนิ้วเท้า

เมื่อก้ามเนื้อไบเซพหรือ Flexors คลายตัว ก้ามเนื้อไตรเซพหรือ Extensors จะหดตัว ทำให้แขนเหยียดออก ส่วนเมื่อก้ามเนื้อไบเซพหรือ Flexors หดตัว ก้ามเนื้อไตรเซพหรือ Extensors จะคลายตัว ทำให้แขนงอเข้า เป็นการทำงานของก้ามเนื้อลาย การหดตัวของก้ามเนื้อนี้ได้รับคำสั่งจากเส้นประสาทสั่งการลงมา ให้เกิดการสไลด์เข้าหากันของเซลล์ก้ามเนื้อ (Sliding-filament theory) ซึ่งเซลล์ก้ามเนื้อที่มีความสำคัญคือ Actin (แอคติน) และ Myosin (ไมโอซิน) โดยมีสารสื่อประสาท พลังงาน และ แคลเซียมทำงานร่วมกัน

ก้ามเนื้อลายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

Slow twitch (Red muscle) ก้ามเนื้อชนิดนี้มีสีแดงเพราะเส้นเลือดเลี้ยงเยอะ ใช้พลังงานจากออกซิเจน หดตัวได้ช้า แต่ทนทาน ทำงานได้เรื่อยๆ เพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดี

Fast twitch (White muscle) ก้ามเนื้อชนิดนี้มีสีขาวเพราะเส้นเลือดเลี้ยงน้อยกว่า ใช้พลังงานหลักคือพลังงานสำรองในเซลล์ ก้ามเนื้อชนิดนี้หดตัวเร็ว แรง แต่ทำงานได้ไม่นานนัก เพิ่มขนาดเซลล์ได้ดี



ภาพที่ 3.13 เส้นใยของก้ามเนื้อ

ที่มา: <http://www.idoctorhouse.com/library/physiology-muscle/>

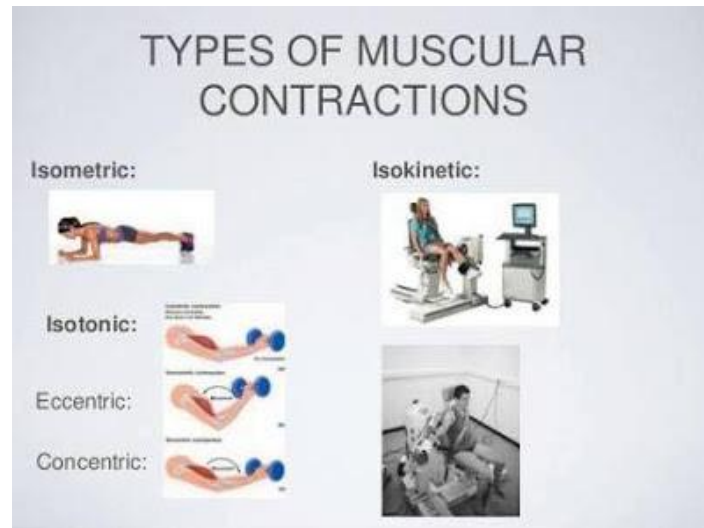
การหดตัวของก้ามเนื้อ (Muscle contraction) หมายถึง การหดสั้นเข้าและเหยียดออก รวมถึงการเพิ่มความตึงของก้ามเนื้อ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน

1. Isometric contraction การหดตัวของก้ามเนื้อโดยการเกร็งนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกาย เป็นการออกกำลังกายอยู่กับที่ การทำงานของก้ามเนื้อหดตัว แต่ไม่สั้นลง มีแรงดึงที่เอ็นหัวท้ายของก้ามเนื้อ แต่ไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เช่น การจับยัดถือสิ่งของ การจับราวโหนรถเมล์ หรือการออกแรงผลักวัตถุที่ไม่ได้เคลื่อนที่ การยืนดันผนังตึก การยืดเหยียดก้ามเนื้ออยู่กับที่ เป็นต้น

2. Isotonic contraction การหดตัวของก้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหว มีการหดตัวสั้นเข้าและเหยียดออกได้ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Concentric contraction (ก้ามเนื้อขณะหดสั้นเข้า) และ Eccentric contraction (ก้ามเนื้อขณะยืดเหยียดออก) เช่น การดันพื้น การลุกนั่ง การยกน้ำหนัก ฯลฯ การออกกำลังกายประเภทนี้ เป็นการให้ประโยชน์กับก้ามเนื้อ สามารถสร้างความแข็งแรงให้กับก้ามเนื้อมัดนั้นๆ โดยตรง ทำให้ก้ามเนื้อโตขึ้น แข็งแรงขึ้น

3. Isokinetic contraction คล้ายกับ Isometric เป็นการหดตัวของก้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวที่ความเร็วคงที่ไม่ว่าจะมีแรงต้านแตกต่างกันระหว่างการเคลื่อนไหวนั้น หรือในการดำเนิน

ชีวิตปกติคือการออกแรงต้าน (ดัน) ที่ความเร็วคงที่ เช่น การยกของ (กระป๋องน้ำอัดลม, น้ำหนัก) จะเห็นว่าน้ำหนักของสิ่งของเหล่านี้คงที่ แต่ความเร็วในการยกขึ้นอยู่กับเราว่าจะยกแต่ละครั้งให้เร็วแค่ไหน



ภาพที่ 3.14 การหดตัวของกล้ามเนื้อ

ที่มา: <https://popfitnessstudio.blogspot.com/2017/07/type-of-muscle-contraction.html>

กลไกการทำงานของกล้ามเนื้อลายในร่างกาย มีเป็นการหดหรือคลายตัวของกล้ามเนื้อ เกิดจากการเลื่อนเข้าหากัน หรือเลื่อนออกจากกันของฟิลาเมนต์ชนิดหนาและชนิดบาง โดยเริ่มจากโมเลกุลของไมโอซินในฟิลาเมนต์ชนิดหนา ซึ่งส่วนปลายลักษณะเป็นตะขอยื่น ออกมาเชื่อมต่อกับโมเลกุลของแอกตินในฟิลาเมนต์ชนิดบาง

- 1) จากนั้นจะมีการปลดปล่อย $ADP+P$ ออกมาทำให้สะพานที่เชื่อมต่อฟิลาเมนต์ทั้งสองชนิดโค้งงอ และดันให้ฟิลาเมนต์ ทั้งสองเลื่อนเข้าซ้อนกัน
- 2) ต่อมาพลังงานจาก ATP จะทำให้โมเลกุลของไมโอซินหลุดออกจากโมเลกุลของแอกติน
- 3) และเมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ก็จะทำให้ส่วนปลายของ โมเลกุลไมโอซินกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม
- 4) และจับเกาะกับโมเลกุลของแอกตินอีกครั้งที่ตำแหน่งใหม่
- 5) แล้วจะเกิดการโค้งงอของสะพานที่เชื่อมต่อฟิลาเมนต์ทั้งสอง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของฟิลาเมนต์เข้าซ้อนกันหรือเลื่อนออกจากกันได้ ส่งผลให้กล้ามเนื้อหดตัวหรือคลายตัวและก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของร่างกายนั่นเอง

การเคลื่อนไหวของแต่ละส่วนของร่างกายของมนุษย์นั้น เกิดจากการทำงานร่วมกันเป็นคู่ๆ แบบแอนตาโกนิซึมของกล้ามเนื้อที่ยึดกระดูกอยู่ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น การงอและการเหยียดแขนเกิดจากการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อ ไบเซป (Biceps) ซึ่งยึดติดกับกระดูกต้นแขนด้านหน้าและกระดูกเรเดียส (Radius) กับกล้ามเนื้อไตรเซป (Triceps) ซึ่งยึดติดกับกระดูกต้นแขนด้านหลังและกระดูกอัลนา (Ulna) เมื่อกล้ามเนื้อไบเซปหดตัวกล้ามเนื้อไตรเซปจะคลายตัวทำให้แขนงอพับขึ้น และเมื่อกล้ามเนื้อ ไบเซปคลายตัว กล้ามเนื้อไตรเซปก็จะหดตัวทำให้

แขนเหยียดออกการทำงานของกล้ามเนื้อแบบแอนตาโกนิซึมในร่างกายมีอยู่มากมายหลายชุดแต่ละชุดก็ทำให้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเคลื่อนไหวในทิศทางแตกต่างกัน เช่น

1. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบงอหรือเหยียด ได้แก่

1.1 กล้ามเนื้อ (Flexor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นงอพับ

1.2 กล้ามเนื้อ (Extensor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้น

เหยียดออก

2. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าหรือข้างหลัง ได้แก่

2.1 กล้ามเนื้อโปรแทรกเตอร์ (Protractor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวไปข้างหน้า

2.2 กล้ามเนื้อรีแทรกเตอร์ (Retractor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวไปข้างหลัง

3. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวไปข้างหลัง ได้แก่

3.1 กล้ามเนื้อแอบดักเตอร์ (Abductor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวออกไปทางด้านข้าง เช่น แขน ขา กางออกไปทางด้านข้าง

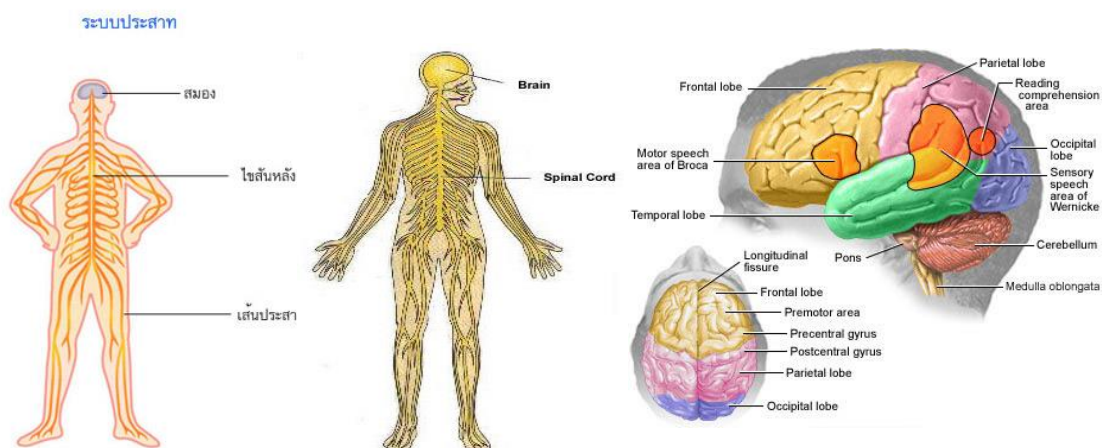
3.2 กล้ามเนื้อแอดดักเตอร์ (Adductor) หมายถึง กล้ามเนื้อที่หดตัวแล้วทำให้อวัยวะส่วนนั้นเคลื่อนไหวแนบเข้าลำตัว เช่น การหุบแขนหรือขาเข้าหาลำตัว

4. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการหมุน ได้แก่

กล้ามเนื้อโรเตเตอร์ (Rotator) เช่น การหมุนขาเข้าข้างใน (Internal Rotator) การหมุนขาออกด้านนอก (External Rotator) เป็นต้น

ระบบประสาทกับการเคลื่อนไหว (Nervous system)

ประสาท (Nervous) ประกอบด้วย สมอง ไขสันหลัง เส้นประสาทและอวัยวะรับรู้สัมผัส เป็นระบบที่ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทุกระบบในร่างกาย ให้สัมพันธ์กันโดยทำงานร่วมกับระบบ ต่อม ไร้ท่อ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่รับและตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก ระบบประสาทของมนุษย์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทรอบนอก



ภาพที่ 3.15 ระบบประสาท (Nervous system)

ที่มา: <http://www.krutarawut.net/wp/?p=2605>

ระบบประสาทส่วนกลาง (The central nervous system หรือ Somatic nervous system) ประกอบด้วย สมอง 3 ส่วน ดังนี้

สมองส่วนหน้า (Forebrain) ได้แก่

1) ออลแฟกทอรีบัลล์ (Olfactory bulb) อยู่ด้านหน้าสุด ทำหน้าที่ดมกลิ่น
2) ซีรีบรัม (Cerebrum) มีขนาดใหญ่ที่สุด มีรอยหยักเป็นจำนวนมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ ความสามารถต่างๆ เป็นศูนย์การทำงานของกล้ามเนื้อ การพูด การมองเห็น การดมกลิ่น การชิมรส

3) ทาลามัส (Thalamus) เป็นศูนย์รวมกระแสที่ผ่านเขาออก และแยกกระแสประสาทไปยังสมองที่เกี่ยวกับประสาทนั้น หรืออาจเรียกว่าเป็นสถานีถ่ายทอดกระแสประสาทเพื่อส่งไปยังจุดต่างๆ ในสมอง และยังทำหน้าที่ในการรับรู้ความเจ็บปวด

4) ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาทอัตโนมัติ และสร้างฮอร์โมนเพื่อควบคุมการผลิตฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองซึ่งจะทำการควบคุมสมดุลของปริมาณน้ำและสารละลายในเลือด และยังเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย อารมณ์ความรู้สึก วงจรการตื่นและการหลับ การหิว การอิ่ม และความรู้สึกทางเพศ

สมองส่วนกลาง (Midbrain) ได้แก่

1) ออปติคโลบ (Optic lobe) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของนัยน์ตา ทำให้ลูกนัยน์ตา กลอกไปมาได้ควบคุมการปิดเปิดของรูม่านตาในเวลาที่มีแสงสว่างเข้ามากและน้อย

2) สมองส่วนหลัง (Hindbrain) เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของร่างกาย ซึ่งทำงานพร้อมกันทั้งในด้านกลไกและทางเคมีภายใต้อำนาจจิตใจ ซึ่งประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ได้แก่

3) ซีรีเบลลัม (Cerebellum) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น ชั้นนอกเรียกว่า คอร์เทกซ์ (Cortex) มีสีเทา ชั้นในมีสีขาวแตกกิ่งก้านสาขาลายกิ่งไม้ ทำหน้าที่ประสานการเคลื่อนไหวของร่างกาย ให้สามารถทำงานได้อย่างละเอียดอ่อน ควบคุมการทรงตัวของร่างกาย

4) เมดัลลาออบลองกาตา (Medulla oblongata) เป็นส่วนสุดท้ายของสมองต่อจากพอนส์ ตอนปลายติดกับไขสันหลัง สมองส่วนนี้มีการเปลี่ยนรูปร่างจากเดิมน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสมองส่วนอื่นๆ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างสมองกับไขสันหลัง ควบคุมการเต้นของหัวใจ การหายใจ ความดันเลือด การกลืน การจาม การสะอึก การอาเจียน

5) พอนส์ (Pons) อยู่ ทางด้านหลังของซีรีบรัม ประกอบด้วยมัดของแถบประสาทเป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างซีรีบรัมและ ซีรีเบลลัม ทำหน้าที่ควบคุมการเคี้ยว การหลั่งน้ำลาย การเคลื่อนไหวของใบหน้า ควบคุมการหายใจเป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่างซีรีบรัมกับซีรีเบลลัม และซีรีเบลลัมกับไขสันหลัง

การทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง

สิ่งเร้าหรือการกระตุ้นจัดเป็นข้อมูลหรือเส้นประสาทส่วนกลางเรียกว่า “กระแสประสาท” เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่นำไปสู่เซลล์ประสาททาง ด้านเดนไดรต์ และเดินทางออกอย่างรวดเร็วทางด้าน แอกซอน แอกซอนส่วนใหญ่ มีแผ่นไขมันหุ้มไว้เป็นช่วงๆ แผ่นไขมันนี้ทำหน้าที่เป็นฉนวนและทำให้กระแสประสาทเดินทางได้เร็วขึ้น ถ้าแผ่นไขมันนี้ฉีกขาดอาจทำให้กระแสประสาทช้าลงทำให้สูญเสียความสามารถใน การใช้กล้ามเนื้อ เนื่องจากการรับคำสั่งจากระบบประสาทส่วนกลางได้ไม่ดี

ระบบประสาทรอบนอก (Peripheral nervous system) ประกอบด้วย ทำหน้าที่รับ และนำความรู้สึกเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางได้แก่ สมองและไขสันหลัง จากนั้นนำกระแสประสาท ส่งการจากระบบประสาทส่วนกลางไปยังหน่วยปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกและ อวัยวะรับสัมผัส รวมทั้งเซลล์ประสาทและเส้นประสาทที่อยู่รอบระบบประสาทส่วนกลาง ระบบ ประสาทรอบนอกจำแนกตามลักษณะการทำงานได้ 2 แบบ ดังนี้

1) ระบบประสาทภายใต้อำนาจจิตใจ เป็นระบบควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่ บังคับได้ รวมทั้งการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก

2) ระบบประสาทนอกอำนาจจิตใจ เป็นระบบประสาทที่ทำงานโดยอัตโนมัติ มีศูนย์กลาง ควบคุมอยู่ในสมองและไขสันหลัง ได้แก่ การเกิดรีเฟล็กซ์แอกชัน (Reflex action)

การเกิดรีเฟล็กซ์แอกชัน (Reflex action) และเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นที่อวัยวะรับสัมผัสเช่น ผิวหนัง กระแสประสาทจะส่งไปยัง ไขสันหลัง และไขสันหลังจะส่งการตอบสนองไปยังกล้ามเนื้อ โดย ไม่ผ่านไปที่สมอง เมื่อมีเปลวไฟมาสัมผัสที่ปลายนิ้วกระแสประสาท จะส่งไปยังไขสันหลังไม่ผ่านไปที่สมอง ไขสันหลังทำหน้าที่ส่งการให้กล้ามเนื้อที่แขนเกิดการหดตัว เพื่อ ดึงมือออกจากเปลวไฟทันที

เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์ และใยประสาท ตัวเซลล์เป็นส่วนของไซโทพลาซึมและ นิวเคลียส ใยประสาทแบ่งเป็นเดนไดรต์กับแอกซอน เดนไดรต์เป็นใยประสาทนำกระแสประสาทเข้า ตัวเซลล์ มีใยประสาทสั้นกว่า จำนวนมากกว่า แตกแขนงมากกว่า ส่วนแอกซอนนำกระแสประสาท ออกจากตัวเซลล์ มักมีใยประสาทเส้นเดียวและยาวมาก แอกซอนมีเยื่อไมอีลินที่สร้างจากเซลล์ชวานน์ มาหุ้ม ถ้ามีเยื่อไมอีลินมาหุ้มหนาแน่นมาก เรียกว่า ใยประสาทที่มีเยื่อหุ้ม จะเห็นเป็นสีขาวเพราะเป็น สารไขมันและเป็นฉนวนไฟฟ้า

1. การแบ่งชนิดของเซลล์ประสาท แบ่งตามโครงสร้าง

1.1 เซลล์ประสาทชั้นเดียว (unipolar neuron) มีแอกซอนออกจากตัวเซลล์เพียงเส้น เดียว พบในเซลล์ประสาทที่หลังฮอไรโมน และยังมีเซลล์ประสาทขั้วเดียวเทียม คือมีเส้นใยแยกจาก ตัวเซลล์เส้นเดียว แล้วจึงแยกเป็น 2 เส้นใย

1.2 เซลล์ประสาทสองขั้ว มีใยประสาท 2 เส้นออกจากตัวเซลล์ พบที่เรตินาของลูกตา เซลล์ประสาทรับเสียงที่หู เซลล์ประสาทรับกลิ่นที่จมูก

1.3 เซลล์ประสาทหลายขั้ว มีเดนไดรต์แยกออกจากตัวเซลล์มากมาย แต่มีแอกซอนเพียง 1 เส้นใย พบในเซลล์ประสาท ประสานงานและเซลล์ประสาทสั่งการที่สองและไขสันหลัง

2. การแบ่งตามหน้าที่การทำงาน

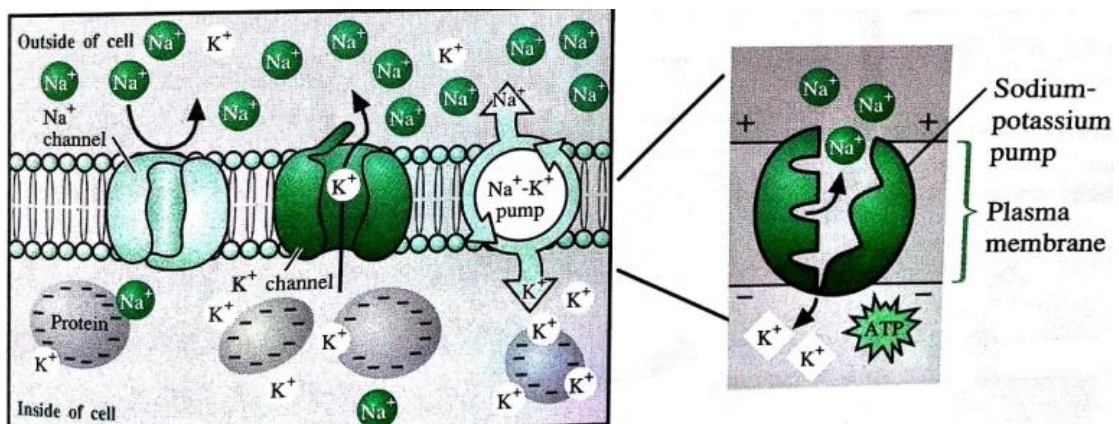
2.1 เซลล์ประสาทรับความรู้สึก รับความรู้สึกจากอวัยวะรับความรู้สึกส่งไปยังระบบ ประสาทส่วนกลาง และส่งมายังเซลล์ประสาทสั่งการ อาจจะผ่านเซลล์ประสาทประสานงานหรือไม่ ก็ได้ เดนไดรต์อยู่ที่ผิวหนัง ตา หู จมูก ลิ้น ตัวเซลล์อยู่ที่ปมประสาทรากบนของไขสันหลัง

2.2 เซลล์ประสาทสั่งการ ตัวเซลล์อยู่ในไขสันหลัง นำกระแสประสาทจากสมองและไข สันหลังไปยังหน่วยปฏิบัติงาน เช่น กล้ามเนื้อหรือต่อม มักมีแอกซอนยาวกว่าเดนไดรต์

2.3 เซลล์ประสาทประสานงาน จะเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึกกับเซลล์ ประสาทสั่งการ มักมีแอกซอนยาวกว่าเดนไดรต์ และเป็นเซลล์ประสาทหลายขั้ว

การทำงานของเซลล์ประสาท

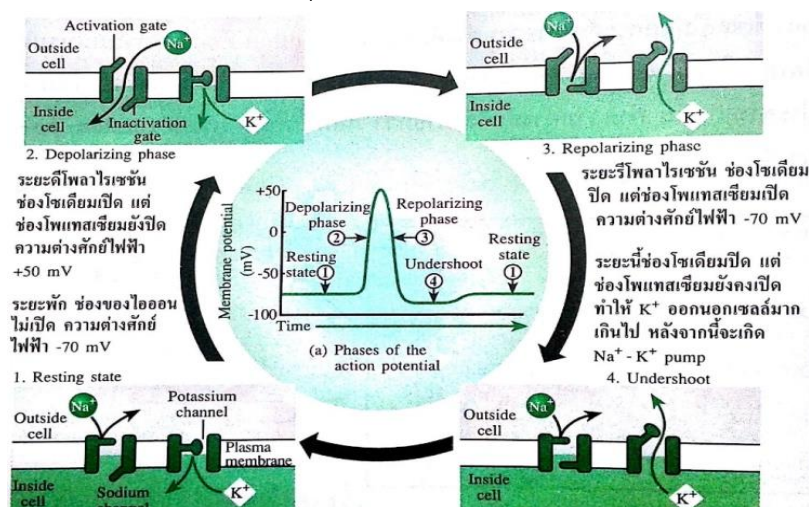
การเกิดกระแสประสาท มีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ประสาท เรียกว่าความต่างศักย์เยื่อหุ้มเซลล์หรือเมมเบรนโพเทนเชียล ขณะที่เซลล์ไม่ถูกกระตุ้นค่าความต่างศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ปกติ เรียก เรสติงเมมเบรนโพเทนเชียล ถ้าเซลล์ถูกกระตุ้นมีกระแสประสาทเกิดขึ้น ค่าความต่างศักย์นั้นเรียกว่า แอกชันโพเทนเชียล และใยประสาทมีการลำเลียงประจุไฟฟ้า 2 แบบ คือ แบบ passive transport เป็นการแพร่ที่ไม่ใช้พลังงาน แพร่ผ่านช่องโปรตีนตัวพาที่เยื่อหุ้มเซลล์ ประสาม ได้แก่ ช่องโซเดียม และ แบบ active transport เป็นการแพร่ผ่านช่องโปรตีนตัวพาที่ต้องใช้ ATP ผ่านช่อง sodium potassium



ภาพที่ 3.16 การเกิดกระแสประสาท

ที่มา: <https://biobpg.wordpress.com/>

ในสภาพที่ไม่มีกระแสประสาทเคลื่อนที่ ภายนอกเซลล์มีประจุไฟฟ้าบวก เนื่องจากมี Na+ จำนวนมากอยู่นอกเซลล์ ส่วนภายในเซลล์มีประจุลบเนื่องจากมี K+ จำนวนมาก และมีอินทรีย์สารพวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิกต่างๆ ซึ่งมีประจุลบ



ภาพที่ 3.17 การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท

ที่มา: <https://biobpg.wordpress.com/>

การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท

เมื่อกระแสประสาทเคลื่อนมายังปลายแอกซอน กงบรรจุสารสื่อประสาทเคลื่อนชิดเยื่อหุ้มเซลล์ที่เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ แล้วปล่อยสารสื่อประสาทออกมาเข้าช่องไซแนปส์ แล้วรวมกับหน่วยรับสารสื่อประสาทที่เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ทำให้ช่องไอออนเปิดออก เกิดดีโพลาไรเซชันที่เยื่อหุ้มเซลล์ประสาท กระแสประสาทจึงวิ่งไปสู่เซลล์ถัดไป

ศูนย์ควบคุมระบบประสาท คนและสัตว์ชั้นสูงมีศูนย์กลางของระบบประสาท ได้แก่ สมองและไขสันหลัง ซึ่งพัฒนามาจากเนื้อเยื่อชั้นนอกของเอ็มบริโอ แล้วพัฒนาเป็นหลอดประสาทหรือนิวรัลทิวบ์ เป็นท่อยาวไปอยู่ด้านหลังลำตัว ส่วนหน้าพองเป็นสมอง ส่วนท้ายเป็นไขสันหลังอยู่ในโพรงกระดูกสันหลัง

สมอง สมองมีเซลล์ประสาทประสานงานจำนวนมาก สมองของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงมีเนื้อชั้นนอกเรียก เนื้อสีเทา เป็นที่รวมตัวเซลล์ประสาทและแอกซอนที่ไม่มีเยื่อไมอีลิน เนื้อชั้นในเรียกเนื้อสีขาว มีไขมันและใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม ซึ่งตรงกันข้ามกับไขสันหลังที่มีชั้นนอกเป็นเนื้อสีขาว และชั้นในเป็นเนื้อสีเทา สมองแบ่งเป็น

สมองส่วนหน้า (fore brain หรือ prosencephalon) ประกอบด้วย

- cerebrum เป็นสมองที่ใหญ่ที่สุด มีทั้งส่วนสั่งการที่ควบคุมการทำงานและส่วนรับรู้ความรู้สึก ในคนจะเห็นรอยหยักชัดเจนและมีมากกว่าสัตว์ชั้นต่ำ ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้
- thalamus เป็นศูนย์รวมและแยกกระแสประสาทไปยังสมองส่วนต่าง ๆ และศูนย์รับรู้และตอบสนองความเจ็บปวด

- hypothalamus สร้างฮอร์โมนหลายชนิดไปควบคุมการสร้างฮอร์โมนของต่อมใต้สมองส่วนหน้าและสร้างฮอร์โมนประสาท

- olfactory bulb เป็นศูนย์กลางการดมกลิ่น แต่เจริญไม่ดีในคน

สมองส่วนกลาง (mid brain หรือ mesencephalon) ประกอบด้วย

- optic lobe เกี่ยวกับการมองเห็น การเคลื่อนไหวของตา และรับรู้ความรู้สึกจากหู จมูก มีขนาดเล็กที่สุดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

สมองส่วนท้าย (hind brain หรือ rhombencephalon) ประกอบด้วย

- pons เป็นทางผ่านของกระแสประสาทระหว่าง cerebrum กับ cerebellum และระหว่าง cerebellum กับไขสันหลัง ควบคุมการเคลื่อนไหวการเคี้ยว การหลั่งน้ำลาย กล้ามเนื้อที่ใบหน้า การหายใจ

- medulla oblongata อยู่ท้ายสุดติดกับไขสันหลัง เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ เช่น ศูนย์ควบคุมการหายใจ การหมุนเวียนเลือด ความดันเลือด การเต้นของหัวใจ การกลืน

- cerebellum สมองส่วนท้ายทอย ควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายให้ต่อเนื่อง ตรง

สมองส่วนกลาง พอนส์ และเมดัลลาออบลองกาตา 3 ส่วน รวมกันเรียกว่า ก้านสมอง ภายในก้านสมองพบกลุ่มเซลล์ประสาท และใยประสาท

สมองซีกซ้ายควบคุมร่างกายซีกขวา ส่วนสมองซีกขวาควบคุมร่างกายซีกซ้าย

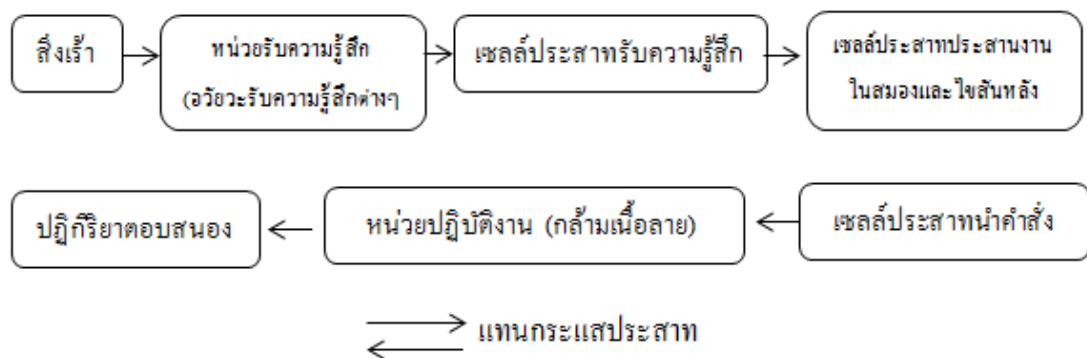
เส้นประสาทสมอง คือ เส้นประสาทที่ออกจากสมองในปลา และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก มีเส้นประสาทสมอง 10 คู่ สัตว์เลื้อยคลาน นกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีเส้นประสาทสมอง 12 คู่

เส้นประสาทสมองของคนมี 12 คู่ คู่ที่ 1, 2, 8 เป็น Sensory nerve คู่ที่ 3, 4, 6, 11, 12 เป็น Motor nerve คู่ที่ 5, 7, 9, 10 เป็น Mixed nerve

การทำงานของระบบประสาท ระบบประสาทมีการทำงาน 2 ระบบ คือ

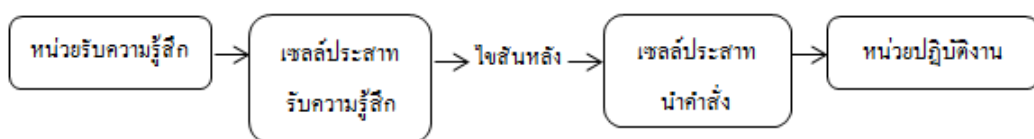
1. ระบบประสาทโซมาติก

ระบบประสาทโซมาติก เป็นระบบที่มีการทำงานตามคำสั่งของสมองส่วนซีรีรัมและไขสันหลัง เกิดกับหน่วยปฏิบัติงานที่บังคับได้ คือ กล้ามเนื้อลายเป็นส่วนใหญ่ จึงมักอยู่ในอำนาจจิต แต่ก็อาจมีการตอบสนองของกล้ามเนื้อลายที่เป็นกิริยารีเฟล็กซ์ โดยไม่ผ่านสมอง เพียงแต่ รับกระแสประสาทเข้าไขสันหลัง แล้วส่งคำสั่งออกไปยังอวัยวะหรือกล้ามเนื้อ เช่น กิริยารีเฟล็กซ์ที่หัวเข่า อาศัยเซลล์ประสาทเพียง 2 เซลล์ คือ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก และเซลล์ประสาทนำคำสั่ง



ภาพที่ 3.18 การทำงานของระบบประสาท

ที่มา: <https://biobpg.wordpress.com/>



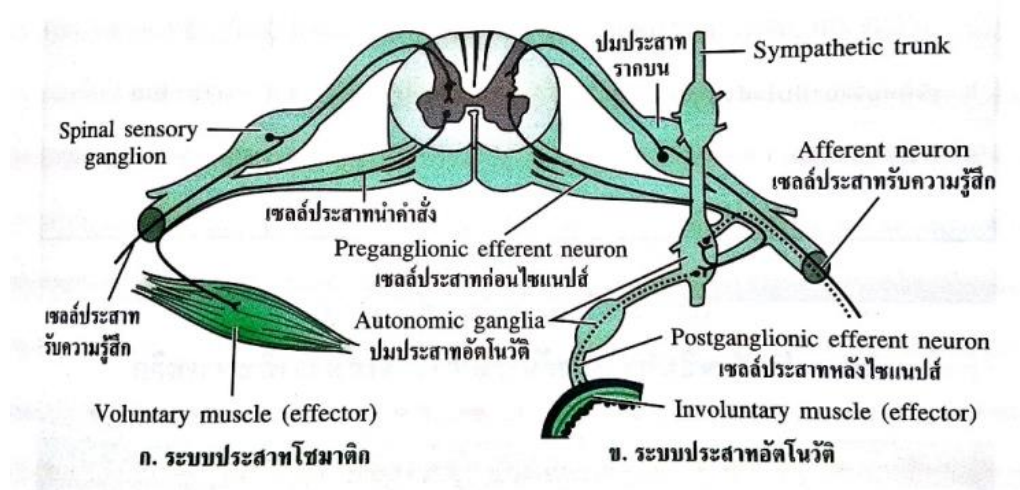
ภาพที่ 3.19 การทำงานของเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และเซลล์ประสาทนำคำสั่ง

ที่มา: <https://biobpg.wordpress.com/>

2. ระบบประสาทอัตโนมัติ

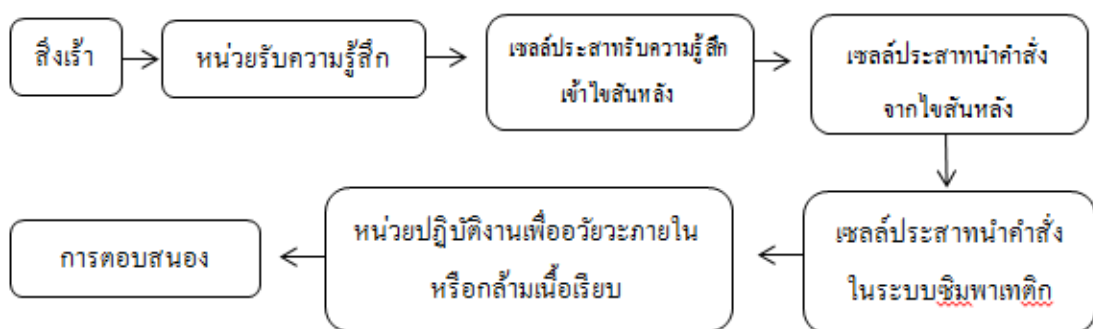
ระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นระบบที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในที่บังคับไม่ได้ ได้แก่ กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ อวัยวะของทางเดินอาหาร ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบขับถ่ายระบบต่อมไร้ท่อ แบ่งเป็นระบบซิมพาเทติก และระบบพาราซิมพาเทติกที่ทำงานตรงข้ามกัน การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึก ส่วนใหญ่อยู่ที่อวัยวะภายในหรือผิวหนัง โดยมีเซลล์ประสาทรับความรู้สึกรับกระแสประสาทผ่านรากบนของเส้นประสาทไขสัน

หลังเข้าสู่ไขสันหลัง แล้วจึงมีเซลล์ประสาทออกจากไขสันหลังไปไซแนปส์กับเซลล์ประสาทนำคำสั่งที่ปมประสาทอัตโนมัติ เซลล์ประสาทที่ออกจากไขสันหลังมาที่ปมประสาทอัตโนมัติ เรียกว่า เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์และเซลล์ประสาทที่นำคำสั่งออกจากปมประสาทอัตโนมัติ เรียกว่า เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์



ภาพที่ 3.20 การเปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทโซมาติก และระบบประสาทอัตโนมัติ
ที่มา: <https://biobpg.wordpress.com/>

วงจรการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติต่างกับการทำงานของระบบโซมาติกที่ระบบประสาทอัตโนมัติ ประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึก เซลล์ประสาทรับความรู้สึก เซลล์ประสาทสั่งการ หรือนำคำสั่ง และหน่วยปฏิบัติงาน การนำกระแสประสาทเป็นวงจรรีเฟล็กซ์แยกชั้นเช่นเดียวกับระบบประสาทโซมาติกแตกต่างกันที่ระบบประสาทอัตโนมัติมีเซลล์ประสาทนำคำสั่ง 2 เซลล์เสมอ คือ



ภาพที่ 3.21 วงจรการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ
ที่มา: <https://biobpg.wordpress.com/>

อวัยวะรับความรู้สึกของร่างกาย

อวัยวะรับความรู้สึกของร่างกายต้องอาศัยองค์ประกอบ คือ ตัวรับความรู้สึก (Receptors) ทางรับ-ส่งกระแสความรู้สึก (Afferent path) และบริเวณบอกความรู้สึก (Sensory areas) ต่างๆ ใน

Cerebrum ปกติแล้วอวัยวะรับความรู้สึก (Sense organs) จะตอบสนองและรับรู้สิ่งเร้าจากสิ่งที่มีนั้น สามารถจะรับรู้ได้ โดยเฉพาะเท่านั้น เช่น ตารับรู้สิ่งเร้าจากแสงสว่าง หูรับเสียง เป็นต้น อวัยวะรับความรู้สึกนี้ จำแนกออกเป็น

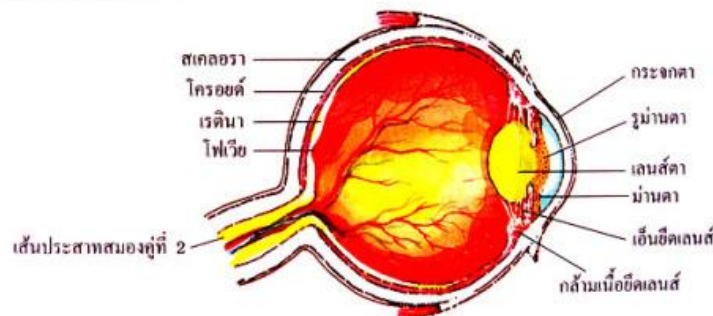
1. การเห็น (Visual sensation)
2. การได้ยินและการทรงตัว (Sense of hearing and equilibrium)
3. การได้กลิ่น (Olfactory sense)
4. การรับรส (Taste or Gustatory sense)

1. การเห็น (Visual sensation)

โครงสร้างของลูกตามนุษย์ของลูกตาประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

1. ชั้นนอกสุด ของลูกตาเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Fibrous coat แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ
 - 1.1 ชั้น Sclera หรือ ตาขาว เป็นผนังตาชั้นนอกซึ่งหนา มีสีขาวทึบ แสงผ่านไม่ได้ ส่วนใหญ่ของตาขาวอยู่ภายในเบ้าตา ประมาณ 5/6 ทางด้านหลัง และมี Optic nerve ทะลุเข้ามา
 - 1.2 ส่วน Cornea หรือ กระจกตา เป็นส่วนเยื่อที่คลุม 1/6 ทางด้านหน้าของลูกตา มีลักษณะใส โปร่งแสง ไม่มีหลอดเลือด ส่วนนี้มีประโยชน์ คือ สามารถให้แสงผ่านเข้าไปในลูกตาได้

นัยน์ตากับการมองเห็น



ภาพที่ 3.22 โครงสร้างของนัยน์ตา

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

2. ผนังตาชั้นกลาง Vascular coat มีลักษณะบางสำหรับให้เส้นเลือดและเส้นประสาทที่ตาทอดผ่านไป ชั้นนี้ประกอบด้วย

2.1 Choroid เป็นผนังบางอยู่ถัดจาก Sclera เข้ามา ในชั้นนี้มีเซลล์เม็ดสี (Pigment cells) และเซลล์อื่นๆ ประกอบเป็นร่างแห ทำให้มีสีเข้ม ทึบแสง ช่วยในการป้องกันการสะท้อนของแสง

2.2 Ciliary body อยู่ต่อจากส่วน Choroid มาทางด้านหน้า ประกอบด้วย Ciliary muscle และ Ciliary process และที่ส่วนปลายของ Ciliary process นี้มี Suspensory ligament ไปยึดกับเลนส์ (Lens) เมื่อมีการหดตัวของ Ciliary muscle ทำให้เกิดการดึง Lens ซึ่งจะส่งผลให้ Lens มีการปรับความหนา ช่วยในการปรับแสงให้ผ่านไปที่ตวยังเรตินา ได้พอดี นอกจากนี้ Ciliary body ยังทำหน้าที่ผลิต Aqueous humor ด้วย

2.3 Iris หรือ ม่านตา อยู่หน้า Lens แต่อยู่หลัง Cornea ม่านตาถูกยึดด้วยกล้ามเนื้อ 2 ชนิด คือ

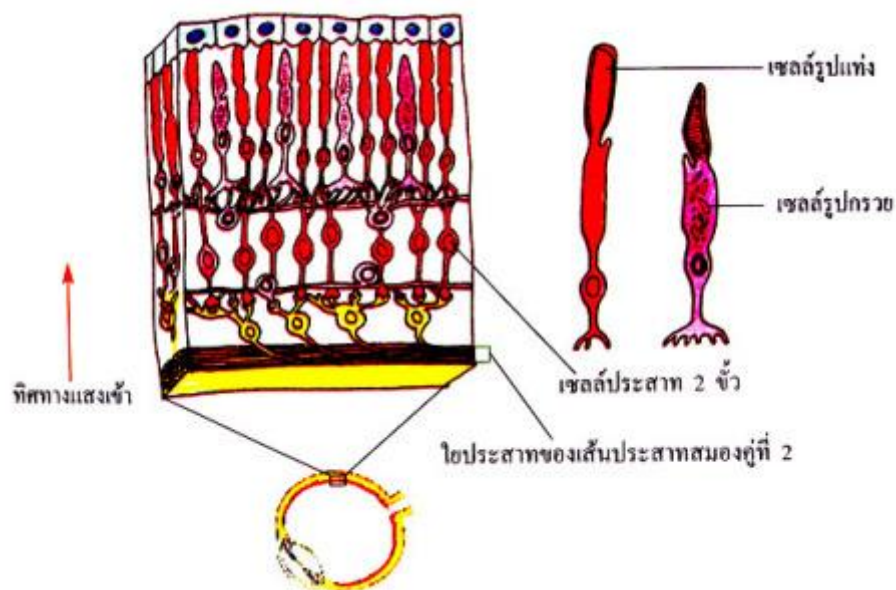
- Sphincter pupillae muscle ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณตรงกลางของ iris ควบคุมโดยระบบประสาท พาราซิมพาเธติก มีลักษณะการหดตัวของใยกล้ามเนื้อเป็นวงกลม เมื่อมีการหดตัวของกล้ามเนื้อนี้ จะทำให้รูม่านตาหดเล็กลง (Pupil constriction) เช่น ในกรณีที่มีแสงผ่านเข้ามามากเกินไป

- Dilator pupillae จะอยู่บริเวณรอบนอกของ iris โดยเส้นใยกล้ามเนื้อจะเรียงตัวกันเป็นรัศมีออกจากจุดศูนย์กลาง ควบคุมโดย ระบบประสาทซิมพาเธติก การหดตัวของกล้ามเนื้อ dilator pupillae ทำให้นิขนาดของรูม่านตาขยายใหญ่ขึ้น (Pupil dilatation) เช่น ในภาวะอยู่ในในที่ที่มีแสงน้อย ซึ่งกลไกการขยายหรือหดรูม่านตาต้องอาศัย Reflex ที่เรียกว่า Light reflex ร่วมกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ สีของตาขึ้นอยู่กับจำนวนเม็ดสี (Pigment) ในม่านตาดำด้วย ถ้ามีเม็ดสีน้อยตาจะมีสีฟ้า ถ้ามีเม็ดสีอยู่มาก ตาจะเป็นสีเทา สีน้ำตาล หรือ สีดำ

3. Retina เป็นส่วนที่อยู่ชั้นในสุดของลูกตา เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับภาพ (Receptor) ประกอบด้วยเซลล์ต่างๆ ที่สำคัญในการรับแสง คือ Rod cells และ Cone cells

- Rod cells เป็นเซลล์รูปยาวทรงกระบอก มีความไวต่อแสงประกอบด้วยสีที่เรียกว่า rhodopsin เป็นตัวรับแสง ทำหน้าที่ในการรับแสงหรือภาพ ขาว-ดำ และจะทำงานมากเมื่อมองภาพในที่สลัวหรือที่มีแสงน้อย

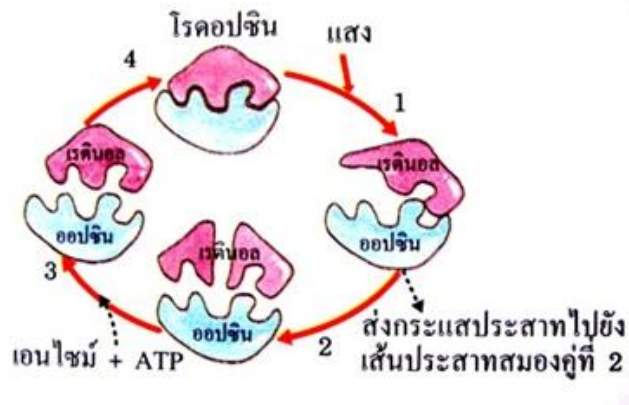
- Cone cells เป็นเซลล์รูปกระสวย มีหน้าที่ในการรับแสงสีต่าง จะทำงานได้ดีในสถานที่ที่มีแสงเพียงพอ เมื่อแสงผ่านเข้ามาในลูกตาและตกกระทบที่เรตินา เซลล์ทั้งสองชนิดนี้จะทำหน้าที่ส่งกระแสประสาทผ่านเซลล์ประสาทชั้นต่างๆ ที่อยู่ในเรตินาไปยัง Optic nerve ซึ่งทอดทะลุไปสู่เปลือกสมอง (Cerebral cortex) ส่วนที่ทำหน้าที่แปลเป็นสัญญาณภาพให้เราได้เห็นเป็นภาพ



ภาพที่ 3.23 โครงสร้างและตำแหน่งของเซลล์ในชั้นเรตินา

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

กลไกการมองเห็น เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์รูปแท่งจะมีสารสีม่วงแดงชื่อ โรดอปซิน (Rhodopsin) ฝังตัวอยู่ สารชนิดนี้ประกอบด้วยโปรตีนออปซิน (Opsin) รวมกับสาร เรตินอล (Retinol) ซึ่งไวต่อแสง จะมีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 3.24 การเปลี่ยนแปลงโรดอปซินในเซลล์รูปแท่ง

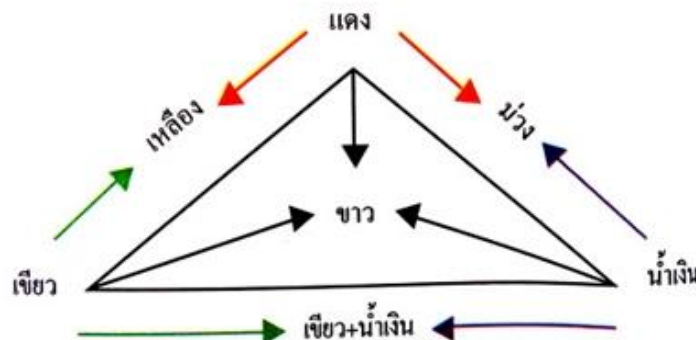
ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

เมื่อแสงมากระตุ้นเซลล์รูปแท่ง โมเลกุลของเรตินอลจะเปลี่ยนแปลงไปจนเกาะกับโมเลกุลของออปซินไม่ได้ ขณะนี้เองจะเกิดกระแสประสาทเดินทางไปยังเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 เพื่อส่งไปยังสมองให้แปลเป็นภาพ ถ้าไม่มีแสงออปซินและเรตินอลจะรวมตัวเป็นโรดอปซินใหม่

สำหรับเรตินอลเป็นสารที่ร่างกายสังเคราะห์ขึ้นได้จากวิตามินเอ ถ้าร่างกายขาดวิตามินเอจะทำให้เกิดโรคตาฟางในช่วงเวลาที่มีแสงสว่างน้อย เช่น ตอนพลบค่ำ

เซลล์รูปกรวยแบ่งตามความไวต่อช่วงความยาวคลื่นของแสงได้ 3 ชนิด คือ เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีน้ำเงิน เซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีแดง และเซลล์รูปกรวยที่ไวต่อแสงสีเขียว

การที่สมองสามารถแยกสีต่างๆ ได้ มากกว่า 3 สี เพราะมีการกระตุ้นเซลล์รูปกรวยแต่ละชนิดพร้อมๆ กันด้วยความเข้มของแสงสีต่างกัน จึงเกิดการผสมของแสงสีต่างๆ ขึ้น เช่น ขณะมองวัตถุสีม่วงเกิดจากเซลล์รูปกรวยที่มีความไวต่อแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงินถูกกระตุ้นพร้อมกัน ทำให้เห็นวัตถุนั้นเป็นสีม่วง เป็นต้น



ภาพที่ 3.25 การมองเห็นแสงสีต่างๆ

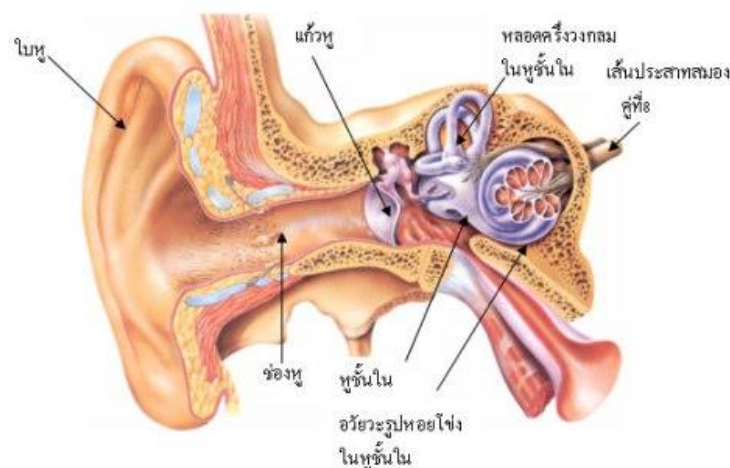
ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

ความผิดปกติของสายตา

1. สายตาสั้น (Myopia) ส่วนใหญ่เกิดเนื่องจาก กระจกตายาวเกินไป ส่วนน้อย เกิดจาก เลนส์ (Lens) หรือ Cornea รวมแสงแล้วไม่ถึง Retina ภาพไม่ Focus บนจอตา ทำให้มองเห็นไม่ชัด
2. สายตายาว (Hypermetropia) อาจเกิดเนื่องจากกระจกตาสั้นเกินไป หรือ เพราะเลนส์ หรือ Cornea แบน ทำให้แสงที่ผ่านเข้าลูกตา ยาวเกิน Retina ไม่สามารถ โฟกัสได้บนจอตา การ แก้ไข ต้องใช้แว่นเลนส์นูนช่วย เพื่อรวมแสงให้สั้นเข้า
3. สายตาเอียง (Astigmatism) เป็นภาวะที่มองเห็นภาพไม่ชัด เนื่องจากส่วนโค้งของ Cornea หรือ Lens ไม่เท่ากัน ทำให้การหักเหของแสงตามแนวต่างๆ ไม่เท่ากัน การแก้ไขทำได้โดยใช้แว่นกาทรงกลวย (Cylindrical lens) เพื่อให้อำนาจการหักเหของแสงทุกแนวเท่ากันได้

2. การได้ยินและการทรงตัว (Sense of hearing and equilibrium)

หูเป็นอวัยวะรับสัมผัสที่ทำหน้าที่ทั้งการได้ยินเสียง และการทรงตัว หูของคนแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ หู ส่วนนอก หูส่วนกลาง และหูส่วนใน ดังภาพที่ 3.26



ภาพที่ 3.26 โครงสร้างภายในของหูคน

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

หูส่วนนอก ประกอบด้วยใบหูและช่องหูซึ่งนำไปสู่หูส่วนกลางใบหามีกระดูกอ่อนค้ำจุนอยู่ ภายในหามีต่อมสร้างไขมาเคลือบไว้ทำให้ผนังช่องหูไม่แห้ง และป้องกันอันตรายไม่ให้แมลงและฝุ่น ละอองเข้าสู่ภายใน ด้านการติดเชื้อมันก็เรียบและเรียบได้ เมื่อมีมากจะสะสมกลายเป็นขี้หูซึ่งจะหลุด ออกมาเอง จึงไม่ควรให้ช่างตัดผมแกะหูให้ เพราะอาจเป็นอันตราย ทำให้เยื่อแก้วหูขาดและกลายเป็น คนหูหนวก ตรงรอยต่อระหว่างหูส่วนนอกกับหูส่วนกลาง มีเยื่อบางๆ กันอยู่เรียกว่า เยื่อแก้วหู (Ear drum หรือ Tympanic membrane) ซึ่งสามารถสั่นได้เมื่อได้รับคลื่นเสียง เช่นเดียวกับหนังหน้า กลองเมื่อถูกตีหูส่วนนอกจึงทำหน้าที่รับคลื่นเสียงและเป็นช่องให้คลื่นเสียงผ่าน

หูส่วนกลาง มีลักษณะเป็นโพรง ติดต่อกับโพรงจมูกและมีท่อติดต่อกับคอหอย ท่อนี้เรียกว่า ท่อยูสเทเชียน (Eustachian tube) ปกติท่อนี้จะตีบ แต่ในขณะที่เคี้ยวหรือกลืนอาหารท่อนี้จะขยับเปิด เพื่อปรับความดัน 2 ด้านของเยื่อแก้วหูให้เท่ากัน นอกจากนี้เมื่อความดันอากาศภายนอกลดลงหรือสูงกว่าความดันในหูส่วนกลางอย่างรวดเร็ว ความแตกต่างระหว่างความดันอากาศภายนอกและภายในหู

ส่วนกลางอาจทำให้เยื่อแก้วหูถูกดันให้โป่งออกไป หรือถูกดันเข้า ทำให้การสั่นและการนำเสียงของเยื่อแก้วหูลดลง เราจะรู้สึกงอแงหรือปวดหู จึงมีการปรับความดันในช่องหูส่วนกลางโดยผ่านแรงดันอากาศบางส่วนไปทางท่อยูสเตเชียน นอกจากนี้ภายในหูส่วนกลางประกอบด้วยกระดูก 3 ชิ้น ได้แก่ กระดูกค้อน (Malleus) กระดูกทั่ง (Incus) และ กระดูกโกลน (Stapes) ยึดกันอยู่เมื่อมีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้นที่เยื่อแก้วหูจะถ่ายทอดมายังกระดูกค้อนและกระดูกทั่ง ทำให้กระดูกหู 2 ชิ้นนี้เคลื่อนและเพิ่มแรงสั่นสะเทือนและส่งแรงสั่นสะเทือนนี้ต่อไปยังกระดูกโกลนเพื่อเข้าสู่หูส่วนในต่อไป คลื่นเสียงที่ผ่านเข้ามาถึงหูส่วนในจะขยายแอมพลิจูดของคลื่นเสียงเพิ่มจากหูส่วนนอกประมาณ 22 เท่า

หูส่วนใน ประกอบด้วยประสาทที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินและการทรงตัวของร่างกาย รวมเรียกว่า Labyrinth ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นกระดูก (Osseous labyrinth) และส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ (Membranous labyrinth) โดยส่วนที่เป็นกระดูกประกอบด้วย Vestibule cochlea และ Semicircular canals มีส่วนที่เป็นเนื้อเยื่ออยู่ภายใน

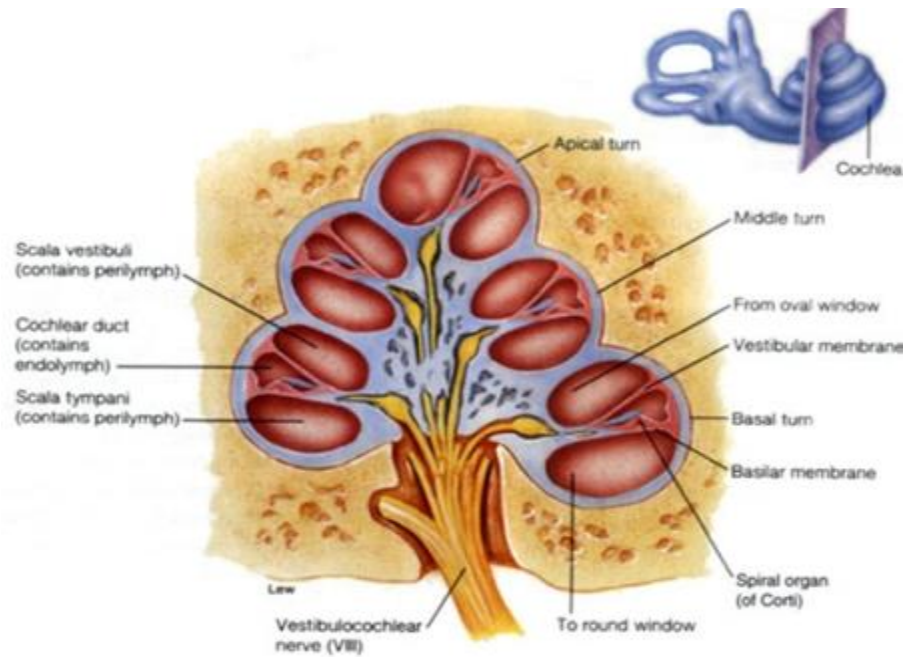
Vestibule เป็นส่วนกลางของ โบนีลาปรีนธ์ ทางหลังติดต่อกับ ช่อง เซมิเซอร์คูลาร์ และทางหน้าติดต่อกับ ช่องโคเคลียร์

Semicircular canal มี 3 ช่อง อยู่หลังช่องเวสติบูล ท่อทั้งสามวางตั้งฉากซึ่งกันและกัน จึงให้มีชื่อตามที่อยู่ คือ อันหน้า (Anterior) อันหลัง (Posterior) และอันไกล์ริม (Lateral) ช่องนี้อยู่ในกระดูกประมาณ 2/3 วงกลม ซึ่งปลายหนึ่งจะโป่งออก เรียกว่า แอมพูลลา (ampulla) แต่แอมพูลลาจะมีเพียง 5 รู เนื่อง จากปลายไกล์กลางของช่องอันหน้า (Anterior) กับปลายบนของอันหลัง (Posterior) รวมกัน

Semicircular duct มีลักษณะเป็นท่ออยู่ภายใน Semicircular canal บริเวณของ Semicircular duct ส่วนใดโป่ง Semicircular canal ส่วนนั้นก็โป่งด้วยภายในท่อ Semicircular duct ที่โป่งออก มีเส้นขวางประกอบด้วยเซลล์รับรู้ความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัว

Cochlea เป็นโพรงคล้ายกันหอย ฐานกว้าง 9 มิลลิเมตร จากฐานถึงยอดยาว 5 มิลลิเมตร มีกระดูกเป็น แกนกลางเรียก โมดิโอลัส (Modiolus) ยาว 3 มิลลิเมตร โดยมีช่องโคเคลียร์วนรอบโมดิโอลัส ท่อทั้งหมดยาว 32 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 มิลลิเมตรจากกระดูกแกน มีแผ่นกระดูกบาง (Osseous spiral lamina) ยื่นออกวนรอบโมดิโอลัส คล้ายตะปูควง ยื่นเข้าไปประมาณครึ่งหนึ่งของช่องโคเคลียร์ จึงแบ่งช่องโคเคลียร์ออกเป็นสองช่องแต่ไม่สมบูรณ์จากปลายของแผ่นกระดูกวนรอบ มี แผ่นพังผืดบาซิลาร์ (Basilar membrane) ไปติดกับผนังของช่องโคเคลียร์ ทำให้แบ่งช่องโคเคลียร์เป็นสองช่องโดยสมบูรณ์

Cochlea duct เป็นท่อนวนรอบอยู่ภายในช่องโคเคลียร์ เป็นท่อบรูสามเหลี่ยม ด้านล่างเป็นแผ่นบาซิลาร์ และด้านบนเป็นแผ่นเยื่อบางๆ อีกแผ่นหนึ่ง เรียกว่า แผ่นเวสติบูลาร์ (Vestibular membrane) ซึ่งจากด้านบนของ แผ่นกระดูกวนรอบไปยังผนังของช่องโคเคลียร์ อีกด้านหนึ่งเป็นแผ่นเยื่อของ ช่องโคเคลียร์ ด้านในช่องโคเคลียร์ที่ด้านบนของแผ่นบาซิลาร์มีอวัยวะสำหรับ รับเสียง (Organs of corti) ซึ่งมีเซลล์สำหรับรับรู้ความรู้สึกในการได้ยิน



ภาพที่ 3.27 ลักษณะภายในของ Cocchlea

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

การทรงตัว (Equilibrium) การทรงตัว จะเกี่ยวข้องกับหูส่วนในเพราะมี Receptors อยู่ที่บริเวณ Vestibular และ Semicircular canals ที่มี Hair cells ติดต่อ Vestibular nerve (เป็นอีกแขนงหนึ่งของ Vestibulocochlea nerve) และมี Endolymph ซึ่งอยู่ภายในไหลไปกระตุ้น Hair cells ทำให้เกิดกระแสประสาท ขึ้นไปตาม Vestibular nerve เข้าสู่ Cerebellum ในสมองทำให้เกิดความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกาย

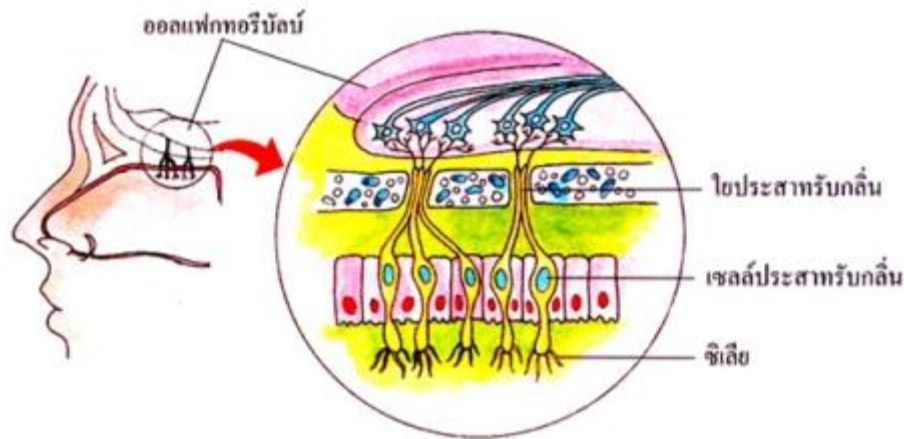
กลไกการได้ยิน (Hearing)

เมื่อคลื่นเสียงผ่านมาจากหู รูหู และกระทบกับเยื่อแก้วหู ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน และไปกระทบกับกระดูกหู ในหูส่วนกลางทั้ง 3 ชิ้น กระดูกหู จะทำหน้าที่ปรับระดับคลื่นเสียง แล้วถ่ายทอดไปยัง Oval window ทำให้ Perilymph ใน Cochlea มีการเคลื่อนไหวเป็นระลอกคลื่น ซึ่งทำให้ Vestibular membrane มีการเคลื่อนไหว และต่อเนื่องไปถึง Endolymph ที่จะไปกระตุ้นที่ Hair cells ของ Organ of corti ที่อยู่ในกระดูกรูปขดหอย Cocchlea เกิดการกระตุ้นของประสาท ซึ่งแปลเป็นสัญญาณประสาทส่งต่อไปตาม Cochlea nerve (เป็นแขนงหนึ่งของ Vestibulocochlea nerve) เข้าสู่ Auditory area ในสมองแล้วแปลผลเป็นเสียงต่างๆ ที่เราสามารถได้ยิน

3. การได้กลิ่น (Olfactory sense)

อวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้กลิ่นคือ จมูก (Nose) บริเวณที่เกี่ยวกับการได้กลิ่นอยู่ที่ผิวภายในจมูก ส่วนบนเรียกว่า Olfactory region ประกอบด้วยเยื่อบุผิวที่เกี่ยวข้องกับการได้กลิ่น เป็นแผ่นเล็กๆ มีเยื่อจากเซลล์ เยื่อบุจมูกมี เซลล์ประสาทรับกลิ่น (Olfactory neuron) ที่สามารถเปลี่ยนสารที่ทำให้เกิดกลิ่นเป็นกระแสประสาทแล้วส่งต่อไปตาม เส้นประสาทรับกลิ่น (Olfactory nerve) ซึ่งเป็น

เส้นประสาทสมองคู่ที่ 1 ผ่านออลแฟกทอรีบัลล์ เพื่อส่งต่อไปยังสมองส่วนเซรีบรัมให้แปลเป็นกลิ่นต่อไป ดังภาพที่ 3.21

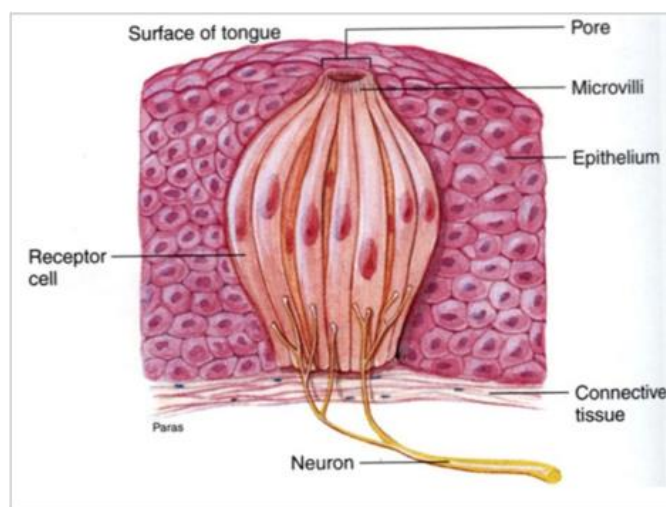


ภาพที่ 3.28 โครงสร้างภายในของจมูก

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

4. การรับรส (Taste or Gustatory sense)

อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการรับรส คือ ลิ้น (Tongue) ตรงบริเวณพื้นผิวของลิ้นมี Mucous membrane ที่ยื่นนูนออกมา ตุ่มนูนนี้ เรียกว่า Papillae จะประกอบด้วย ตุ่มรับรส (Taste buds) ใน Papillae หนึ่งอัน จะประกอบด้วย Taste buds อยู่ประมาณ 250 อัน เป็น Receptors สำหรับรับรส การรับรสต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ต่อ Taste buds ซึ่งมีเซลล์ประสาทรับรส คือ ประสาทสมองคู่ที่ 7 (Facial nerve) และคู่ที่ 9 (Glossopharyngeal nerve) ไปยังศูนย์กลางการรับรส ตั้งอยู่ด้านล่างสุดของ Post central gyrus ใน Cerebral cortex



ภาพที่ 3.29 ลักษณะของปุ่มรับรส บน Papilla ของลิ้น

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

ตำแหน่งการรับรส

ส่วนใหญ่ของ Taste buds พบที่ด้านหน้าและด้านข้างของลิ้น พบข้างบนต่อมทอนซิล และรอบๆ Nasopharynx โดยทั่วไปการรับรสบนลิ้น จะรับรสได้ 4 ชนิด คือ รสเปรี้ยว (Sour) อยู่ด้านข้างของลิ้นทั้งสองข้าง รสหวาน (Sweet) รับได้ที่ปลายลิ้น รสเค็ม (Salt) รับได้ที่ด้านข้างก่อนไปทางปลายลิ้นทั้งสองข้าง รสขม (Bitter) อยู่กลางโคนลิ้น



ภาพที่ 3.30 โครงสร้างภายในของจมูก

ที่มา: <https://anatomyfivelife.wordpress.com/>

ความสัมพันธ์ของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว

การรับรู้และการตอบสนองของคนและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ซึ่งคนมีสมอง และไขสันหลัง และมีเส้นประสาทอยู่ด้านหลังลำตัว โดยอยู่ในช่องของกระดูกสันหลัง ระบบประสาทประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือนิวรอน เซลล์ประสาท การทำงานประสานกันของระบบต่างๆ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวได้นั้น เมื่อคนเราต้องการเคลื่อนไหวสมองจะรับความรู้สึกเกิดความคิด และมีคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อลายผ่านเส้นประสาท กล้ามเนื้อจะทำงานโดยการ เกร็งหรือหดตัวทำให้เอ็นกระดูก ข้อต่อ และกระดูกโครงร่างเคลื่อนที่ไปด้วยร่างกายจึงเกิดการเคลื่อนไหว ในการใช้ชีวิตประจำวันจำเป็นต้องใช้ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนไหว

การตอบสนองต่อสิ่งเร้าและการรับความรู้สึก

สราวุธ สุธีรวงศ์ (2557) ได้กล่าวว่า การตอบสนองต่อสิ่งเร้าและการรับความรู้สึก คือ พฤติกรรมของมนุษย์ที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า พฤติกรรมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของมนุษย์เป็นปฏิกิริยาอาการที่แสดงออกเพื่อการโต้ตอบต่อสิ่งเร้าทั้งภายในและภายนอกร่างกาย เช่น สิ่งเร้าภายในร่างกาย เช่น ฮอร์โมน เอนไซม์ ความหิว ความต้องการทางเพศ เป็นต้น สิ่งเร้าภายนอกร่างกาย เช่น แสง เสียง อุณหภูมิ อาหาร น้ำ การสัมผัส สารเคมี เป็นต้น กิริยาอาการที่แสดงออกเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอกอาศัยการทำงานที่ประสานกันระหว่างระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ ระบบต่อมไร้ท่อ และระบบต่อมมีท่อ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การตอบสนองเมื่อมีแสงเป็นสิ่งเร้า เมื่อได้รับแสงสว่างจ้า มนุษย์จะมีพฤติกรรมการหรี่ตา เพื่อลดปริมาณแสงที่ตาได้รับ

2. การตอบสนองเมื่ออุณหภูมิเป็นสิ่งเร้า ในวันที่มีอากาศร้อนจะมีเหงื่อมาก เหงื่อจะช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย เพื่อปรับอุณหภูมิภายในร่างกาย ไม่ให้สูงเกินไปเมื่อมีอากาศเย็น คนเราจะเกิดอาการหดเกร็งกล้ามเนื้อ หรือเรียกว่า “ขนลุก”

3. เมื่ออาหารหรือน้ำเข้าไปในหลอดลมเกิดพฤติกรรมการไอหรือจาม เพื่อขับออกจากหลอดลม

4. การเกิดพฤติกรรมแบบรีเฟล็กซ์ เป็นพฤติกรรมการตอบสนองหรือตอบโต้ทันทีเพื่อความปลอดภัยจากอันตราย เช่น เมื่อฝุ่นเข้าตามีพฤติกรรมการกระพริบตา เมื่อสัมผัสวัตถุร้อนจะชักมือจากวัตถุร้อนทันที เมื่อเหยียบหนามจะรีบยกเท้าให้พ้นหนามทันที เป็นต้น

สรุปท้ายบท

การเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากการเคลื่อนที่ของอวัยวะต่างๆ อันได้แก่กระดูก ข้อต่อ กล้ามเนื้อ และระบบประสาท การเคลื่อนไหวจึงต้องอาศัยการทำงานระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมถึงหลักการทางชีวกลศาสตร์ ในเรื่องของระบบคาน แขนหมุน รอก การทรงตัว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบบโครงกระดูกและกล้ามเนื้อของร่างกายทำงานสัมพันธ์กัน โดยที่โครงกระดูกเป็นโครงสร้างที่ใช้ค้ำจุนร่างกาย ให้คงรูปร่าง ป้องกันส่วนที่อ่อนนุ่มของร่างกาย และช่วยในการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยการทำงานร่วมกันกับกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังช่วยในการตรวจสอบแรงและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว เช่น มุม ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง โมเมนตัม ช่วยในการปรับแต่งการเคลื่อนที่ที่ละเอียดอ่อน (Microtuning) ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยในการตรวจสอบข้อบกพร่อง และ ข้อจำกัดของการเคลื่อนไหวในระดับ micro ซึ่งสายตามนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบได้และช่วยในการแก้ไข ในการศึกษาชีวกลศาสตร์ของมนุษย์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดินและการเคลื่อนไหวร่างกายนั้น เป็นการศึกษาแรงกลทางชีวภาพ (Kinetic study) รูปแบบของการเคลื่อนไหว (Kinematic study) รูปแบบของการหดคลายตัวของกล้ามเนื้อ- (Sequential muscular activity study) และพลังงานที่ร่างกายใช้ไปในการเคลื่อนไหว (Energetic study) นั่นเอง

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ให้นิสิตฝึกการทำงานเป็นกลุ่มโดยปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวเบื้องต้น เช่น ศีรษะ ลำตัว แขน ขา และเท้า เป็นต้น
2. ให้นิสิตอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการทำงานของข้อต่อและกระดูกต่อการเคลื่อนไหวทักษะกีฬา
3. ให้นิสิตศึกษาการเคลื่อนไหวของรูปแบบต่างๆ ของระบบกระดูก กล้ามเนื้อ และประสาท พร้อมทั้งอธิบายกลไกการทำงานที่เชื่อมโยงกัน
4. ให้นิสิตนำเสนอแสดงท่าการเคลื่อนไหวต่างๆ พร้อมทั้งอธิบายประกอบการปฏิบัติ

บทที่ 4

หลักกลศาสตร์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหว

การเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของระบบ กล้ามเนื้อ และโครงกระดูก ของคนเราโดยละเอียด ซึ่งควรทำความเข้าใจ และมีความคิดรวบยอดของการเคลื่อนไหว (Motion) กระบวนการที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวยังมีที่แบบ มีองค์ประกอบอะไรบ้าง หรือมีกฎเกณฑ์ใดที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว มีหลักการใดที่ควบคุมพฤติกรรมของการเคลื่อนไหว กฎและหลักการด้วยการเคลื่อนไหวสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการเคลื่อนไหวได้อย่างไร สาเหตุของการเคลื่อนไหว (Cause of motion) ที่เกิดขึ้นตามความเข้าใจนั้น เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุใดวัตถุหนึ่งเคลื่อนไหวเพราะอะไร สิ่งที่ทำให้มันเคลื่อนไหวหรือเป็นการเคลื่อนที่ได้เพราะ “แรงหรือพลัง” (Force) ซึ่งมาจากแหล่งกำหนดที่มาในลักษณะต่างๆ กัน เมื่อมองเห็นวัตถุกำลังอยู่ในสภาวะเคลื่อนที่ เราว่ามันกำลังเคลื่อนที่เพราะมันถูกแรงมากระทำมีขนาดไม่พอที่จะไม่สามารถเอาชนะความต้านทานที่เกิดจากความเสียดทานของวัตถุนั้นได้ เช่น เราไม่สามารถดันกำแพงทึบให้เคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ได้เพราะเรามีแรงไม่พอ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ขนาดของแรงที่มีขนาดที่พอเพียงกับขนาดของความต้านทาน เป็นปัจจัยในการตัดสินใจว่าวัตถุนั้นจะถูกทำให้เคลื่อนไหวได้หรือไม่

ปัจจัยที่ทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนแปลง (Factors modifying motion)

เมื่อกล่าวถึงปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ มีหลายปัจจัย ได้แก่ แรง (Force) จุดศูนย์ถ่วง แรงเสียดทาน (Friction) เวลา (Time) ความเฉื่อย (Inertia) และแรงภายนอก (External force)

แรง (Force) หมายถึง การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นทั้งแรงภายในซึ่งเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อและภายนอกซึ่งเกิดจากแหล่งอื่นๆ ภายนอกร่างกายการที่แรงหนึ่งแรงใดจะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ได้แรงนั้นจะต้องเอาชนะความเฉื่อยของวัตถุ (Inertia) นั้นให้ได้ถ้าเราใช้แรงน้อยกว่าความเฉื่อยของวัตถุวัตถุนั้นจะไม่เคลื่อนที่เช่นเราดันกำแพงเป็นต้น

จุดศูนย์ถ่วง หมายถึง การที่แรงมากระทำทำให้วัตถุเคลื่อนที่มีลักษณะเปลี่ยนไป ซึ่งแรงที่มากระทำต่อวัตถุนั้นอยู่ในระดับสูงหรือต่ำกว่าจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุนั้น วัตถุนั้นอาจจะหมุนรอบๆ แกนของมันเองหรือหมุนรอบแกนสมมติที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของวัตถุนั้นติดอยู่

แรงเสียดทาน (Friction) หมายถึง ความเสียดทานที่อาจมาจากฐานของวัตถุและพื้นที่สัมผัสหรือรองรับ ในเวลาทีวัตถุอยู่นอยู่บนบกหรือในสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่นวัตถุที่อยู่ในน้ำ แรงที่มากระทำต่อวัตถุนั้นจะถูกต้านทานจากแรงที่เกิดจากการเสียดทานของน้ำกับพื้นผิวของวัตถุ ต้านทานแรงที่จะทำให้มันเคลื่อนที่หรือทำให้เกิดแรงต้านทานอันเกิดจากแรงเสียดสีระหว่างพื้นผิวของวัตถุ

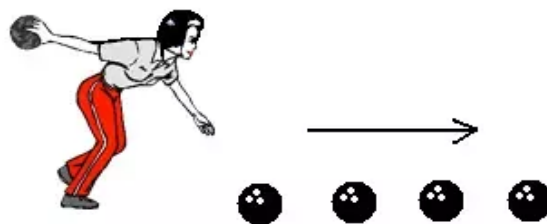
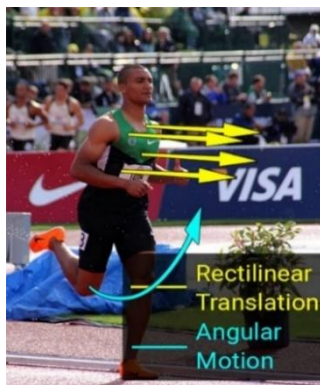
ความเฉื่อย (Inertia) หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุซึ่งพยายามต่อต้านแรงต่างๆ ที่ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะอยู่ในขณะอยู่กับที่หรือในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ก็ตาม

ชนิดของการเคลื่อนไหว (Type of motion) หมายถึง การเคลื่อนไหวส่วนใหญ่ของมนุษย์นั้นเป็นการเคลื่อนไหวที่เรียกว่า General notion ซึ่งเป็นการรวมการเคลื่อนไหวหลายๆ แบบเข้าด้วยกัน

เช่นการเคลื่อนไหวกแบบเส้นตรง (Linear motion) และการเคลื่อนไหวกแบบเชิงมุม (Angular motion) การเคลื่อนไหวกของวัตถุต่างๆ เมื่อจำแนกตามทางเดินของวัตถุเราสามารถแยกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. การเคลื่อนไหวกแบบย้ายตำแหน่งโดยสิ้นเชิง (Translators motion) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยมีวัตถุอาจจะเคลื่อนที่แบบต่างๆ ต่อไปนี้

1.1 เส้นตรง (Rectilinear หรือ Linear enetion) โดยที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเช่นมารวิงเนสซัน H₃ เมตรในขณะที่เราเดินทางเป็นการเคลื่อนไหวกแรงเส้นตรง (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างการเคลื่อนไหวกแบบเส้นตรง (Linear หรือ Rectilinear motion)

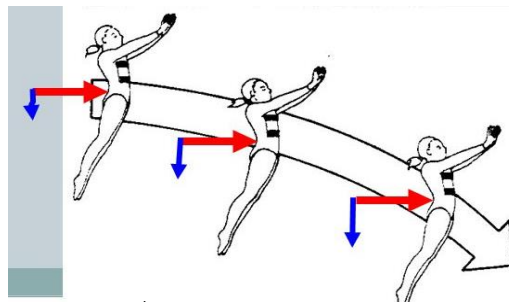
ที่มา: <https://www.quora.com/What-is-linear-motion>

1.2 เส้นโค้ง (Curvilinear motion) วัตถุเคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง แต่ไม่ใช่แบบวงกลม (circular motion) (ภาพที่ 7-2)

1.3 แบบเส้นตรงและเส้นโค้ง (Projectory motion) เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและเส้นโค้งผสมกันขณะที่เคลื่อนที่ในอากาศ (ระยะแรก) จะเป็นเส้นตรงแล้วเปลี่ยนเป็นเส้นโค้งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกการเคลื่อนที่แบบนี้มาจากแรงสองแรงคือแรงขับเคลื่อนจากมือแรกเกตหรือธนูและแรงดึงดูดของโลก

1.4 การเคลื่อนไหวกกลับไปกลับมา (Reciprocating motion) คือการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แต่ทำซ้ำๆ กันเช่นลูกบอลกระดอนไปตามพื้นสนามการตอกตะปู

2. การเคลื่อนที่รอบจุดศูนย์กลาง (Rotary หรือ Angular motion) คือการเคลื่อนไหวกอื่นๆ ที่ไม่ใช่การเคลื่อนไหวกที่กล่าวมาแล้วแบ่งออกเป็นการเคลื่อนไหวกแบบต่างๆ ดังนี้



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการเคลื่อนไหวกแบบเส้นโค้ง (Curvilinear motion)

ที่มา: <https://slideplayer.com/slide/5876110/>

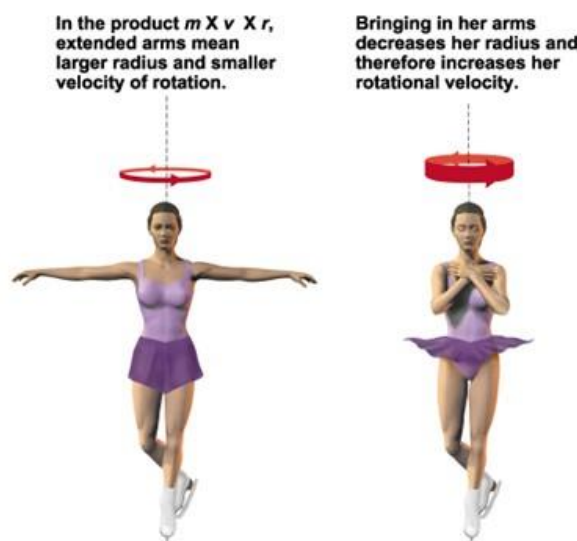
2.1 การเคลื่อนไหวนแบบเชิงหมุน (Rotary naation) เป็นการเคลื่อนไหรรอบๆ แกนหรือจุดใดจุดหนึ่ง: จุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่หรือจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนไหรรอบหรือซ้อนอยู่บนแกนกลางเช่นลูกข่างแผ่นเสียง

2.2 การเคลื่อนไหวนแบบวงกลม (Circular action) คือการเคลื่อนที่เชิงเส้นโค้งซึ่งห่างจากจุดการนิ่งเป็นระยะเท่าๆ กันสองแม่เช่นการเหวี่ยงไม้กอล์ฟการเคลื่อนของล้อรถจักรยานการหมุนลำตัว

23 การเคลื่อนไหวนแบบเชิงมุม (Asgular motion) เป็นการเคลื่อนไหรรอบแกนที่ตั้งไว้ แต่ไม่เป็นวงกลมการเคลื่อนไหวนของข้อต่อในร่างกายของเรามักจะเป็นแบบเชิงมุม (Angular mation) (ภาพที่ 4.3)

2.4 การเคลื่อนไหวนแบบแกว่ง (Oscillating motion) เป็นการเคลื่อนไหวนในแนวเส้นโค้งซึ่งเป็นลักษณะๆ แต่วัตถุที่เคลื่อนที่ไม่ย้ายที่เช่นการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาเครื่องบอกจังหวะ (Vietronome)

วัตถุอาจจะเคลื่อนไหวนทั้งสองแบบพร้อมๆ กันได้คือทั้งหมุนรอบตัวเองและเคลื่อนที่ไปด้วย เช่นการขี่จักรยานวงล้อจะหมุนรอบตัวเองในขณะเดียวกันล้อก็อาจจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยการเดินและการวิ่งของคนเรากการก้าวขาเป็นแบบ Ungular การ Motion และการย้ายที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเป็นแบบ Tianslatory imotion



ภาพที่ 4.3 การเคลื่อนไหวนแบบ Angular motion

ที่มา: <https://slideplayer.com/slide/8804749/>

การเคลื่อนไหวนแบบเส้นตรง (Finear mation)

กรรวิ บุญชัย (2540) ได้กล่าวว่า การเคลื่อนไหวนแบบเส้นตรงมีสองส่วนคือระยะทางและทิศทางอันเป็นจำนวนเวกเตอร์หรือเราใช้ในความมายของ "Displacement" นั่นเองถ้าพูดถึง "ระยะทาง" อย่างเดียวถือเป็นจำนวนสเกลาร์ หน่วยที่ใช้อธิบายความยาวของระยะทางเส้นตรง ได้แก่ นิ้วฟุตเซนติเมตรเมตรเป็นต้น สิ่งที่จะต้องศึกษาในการเคลื่อนไหวนแบบเส้นตรงคือความเร็ว (Speed) อัตราความเร็ว (Velocity) และความเร่ง Soceleration) ความเร็วไม่ได้บอกทิศทางของการเคลื่อนที่ ความเร็วจึงเป็นปริมาณสเกลาร์ แต่อัตราความเร็วบอกทิศทาง ของการเคลื่อนที่ด้วยจึงเป็นปริมาณ

เวกเตอร์ การเคลื่อนที่ด้วยซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์อัตราความเร็วเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกีฬาหลาย ๆ ประเภทในการวิ่งระยะทางเท่ากันและทิศทางเดียวกันเคสต์วิ่งใช้เวลาน้อยที่สุดกล่าวได้ว่าเป็นบุคคลที่วิ่งเร็วที่สุดดังนั้นถ้าต้องการวัดความเร็วของนักกีฬาฟุตบอลการกลองที่นำมาใช้คือวิ่งเร็ว 40 หลา

การวัดความเร็วดังกล่าวนี้ถือว่าเป็นความเร็วเฉลี่ย (Average speed) หรืออัตราความเร็ว (Velocity) นั่นเองเราสามารถคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย (V) ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$V = D/t$$

$$V = \text{ความเร็วเฉลี่ย}$$

$$D = \text{ระยะทาง}$$

$$T = \text{เวลา}$$

อัตราเร่ง (acceleration) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงในอัตราความเร็วของการเคลื่อนที่หรืออัตราการเปลี่ยนความเร็วในด้านพลศึกษาเมื่อมีการจับเวลาในระยะทางสั้นๆ เช่นวิ่งระยะทาง 10 หลาหรือวิ่งเก็บของวัตถุประสงค์ไม่ใช่วัดความเร็วในการวิ่ง แต่เป็นการวัดความเร็วในการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่

นักกีฬาวัยน้ำออกจากท่าตั้งต้นด้วยอัตราความเร็วเท่ากัน (12.5 ฟุต/ วินาที) นักกีฬาที่ออกจากบล็อกเป็นคนแรกเป็นผู้ที่มีอัตราการเร่งเฉลี่ยสูงสุดเพราะอัตราความเร็วในท่าตั้งต้นใช้เวลาน้อยในตอนแรกนั้นอัตราความเร็วของนักกีฬาทั้งสองเท่ากับ 0 ฟุต/ วินาทีถ้าหากนักกีฬาคนแรกใช้เวลาออกจากท่าตั้งต้น 10 วินาทีส่วนนักกีฬาคนที่ 2 12 เสาออกจากท่าตั้งต้น 0.9 วินาทีกล่าวได้ว่านักกีฬาคนที่ 2 มีอัตราการเร่งเฉลี่ยสูงสุดการคำนวณหาอัตราเร่ง จากสูตร (กรรวิ บุญชัย, 2540) ดังนี้

จากสูตร

$$a = V_t - V_i / t$$

$$\text{เมื่อ } a = \text{อัตราการเร่ง}$$

$$V_t = \text{อัตราความเร็วสุดท้าย}$$

$$V_i = \text{อัตราเร็วตอนต้น}$$

$$T = \text{เวลา}$$

จากตัวอย่างของนักกีฬาวัยน้ำสองคนข้างต้น สามารถคำนวณหาอัตราเร่งได้ดังนี้

นักกีฬาวัยน้ำคน

$$a = 12.5 \text{ ft/sec.} - 0 / 10 \text{ sec.}$$

$$= 12.5 \text{ ft sec}^2$$

นักวายน้ำที่สอง

$$a = 12.5 \text{ ft / sec.} - 0 / 0.9 \text{ sec.}$$

$$= 13.9 \text{ ft / sec}^2$$

จากตัวอย่างดังกล่าวนี้แสดงถึงอัตราความเร่งเฉลี่ยซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของอัตราความเร็วอัตราความเร็วก็นับต่างกันสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราความเร่งในอัตราเท่ากันดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$1. \quad V_i = 10 \text{ ft/sec.}, V_t = 30 \text{ ft / sec } t = 0.5 \text{ sec}$$

$$\text{ดังนั้น } a = 30 \text{ ft / sec.} - 10 \text{ ft / sec.} / 0.5 \text{ sec}$$

$$a=40 \text{ ft /sec}^2$$

$$2. \quad V_i = 1000 \text{ ft /sec.}, V_t = 1020 \text{ ft /sec.} \quad t = 0.5 \text{ sec.}$$

$$\text{ดังนั้น } a = 1020 \text{ ft/sec.} - 1000 \text{ ft /sec.} / 0.5 \text{ sec.}$$

$$a = 40 \text{ ft / sec}^2$$

จากตัวอย่างที่ 1 และ 2 พบว่าอัตราความเร่งเฉลี่ยเท่ากับ 40 ft/sec^2 ถึงแม้ว่าอัตราความเร็วจริงๆ จะแตกต่างกันซึ่งหมายถึงว่าอัตราความเร็วของวัตถุจะเพิ่มขึ้น 40 f / sec. สำหรับทุกๆ วินาทีของการเคลื่อนไหวนั่นเองเหลือเกินว่าวัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน หน่วยของอัตราเร่งเป็นเมตร/ วินาที² หรือ นิ้ว/ วินาที²

หลักของการส่งแรงสู่วัตถุภายนอกและการรับแรงปะทะ

กรรวิ บุญชัย (2540) ได้อธิบายหลักของการส่งแรงสู่วัตถุภายนอกและการรับแรงปะทะว่า การส่งแรงปะทะ (Impetus) หมายถึง การออกแรงจากตัวเราโดยใช้อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งไปสู่วัตถุภายนอกทั้งร่างกายและวัตถุต่างก็มีความสามารถในการส่งแรงนั้น เช่น คนสองคนน้ำหนักไม่เท่ากัน แต่วิ่งด้วยความเร็วเท่ากันคนที่น้ำหนักมากกว่าจะมีแรงที่ส่งออกไปมากกว่าคนที่น้ำหนักเบาหรือคนสองคนที่มีน้ำหนักมากกว่าทั้งสองตัวอย่างนี้เป็นแรงส่งออกไปเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวนั้นในแนวนอนโดยเฉพาะเป็นแรงที่ส่งออกไปด้วยตัวเราเองการเคลื่อนไหวนั้นอาจจะเกิดขึ้นในกรณีอื่นๆ เช่น ขี่ม้าขึ้นรถไฟหรือปวดยานอื่นๆ ถึงแม้ว่าร่างกายของเราเช่นถ้าเราตกม้าหรือกระโดดลงจากรถไฟขณะที่กำลังเคลื่อนที่การที่รถไฟกำลังเคลื่อนที่ไปในแนวนอนนั้นแรงที่ส่งออกไปมีผลต่อบุคคลนั้นด้วยเมื่อเราตาหรือกระโดดจากยวดยานดังกล่าวจึงไม่เป็นเรื่องแปลกที่ว่าเมื่อตกม้าหรือกระโดดลงจากรถไฟขณะที่กำลังเคลื่อนที่จะมีผลต่อกระดูกของเราได้เช่นกระดูกหัก

การค้นคว้าวิจัยของฮิวอี้และตีลูกบอลการเปิดหน้าต่างการปิดห้องมาของขึ้นรถกิจกรรมดังกล่าวนี้เป็น การส่งแรงสู่วัตถุภายนอกหรือเป็นการกระทำโดยตรงโดยส่วนต่างๆ ของร่างกายเช่นเท้าหรือมือหรือส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์สรุปได้ว่าการส่งแรงปะทะจากร่างกายสู่ภายนอกทำได้ 3 กรณี คือ

1. การส่งแรงต่อเนื่องจนถึงตำแหน่งที่ต้องการหรือจุดที่เราไม่สามารถทำให้มันเคลื่อนไหวนได้ อีกเช่นกิจกรรมการตั้งต้นและยาว

2. การสร้างแรงปะทะหรือพลังงานจลน์ (Gconstic energy) ในขณะวัตถุกำลังเคลื่อนไหวน โดยปล่อยให้วัตถุหลุดไปจากร่างกายในทิศทางและความเร็วที่ต้องการกิจกรรมประเภทนี้ ได้แก่ กิจกรรมพวกรว้างทุ่งทุ่ง

3. การสร้างแรงปะทะให้กับตัวเราโดยให้ร่างกายกระทบกับวัตถุภายนอกวัตถุดังกล่าวนี้วางอยู่กิจกรรมประเภทนี้ ได้แก่ กิจกรรมพวกตีเตะต่อยและโหม่ง เป็นต้น

กิจกรรมหนึ่งที่ไม่อยู่ในข่ายใดในสามกลุ่มที่กล่าวมาแล้ว แต่เป็นลักษณะรวมกิจกรรมดังกล่าวคือการยิงธนูซึ่งร่างกายไม่ได้ส่งแรงโดยตรงต่อวัตถุ แต่ส่งแรงด้วยหนังรัดไปยังลูกขนานการดึงจะส่งพลังงานศักย์ potential energy ไปยังหนังวัดนั้นเมื่อปล่อยหนังรัดแล้วพลังงานศักย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ซึ่งจะส่งไปยังวัดที่กำลังเคลื่อนที่

กิจกรรมพวกฟุ้งทั้งหลายจะมีแรงดึงดูดของโลกมาเกี่ยวข้องด้วยนอกเหนือไปจากแรงที่มาจากผู้ฟุ้งโดยตรงถ้าเราต้องการทราบผลรวมของแรงที่มีต่อวัตถุนั้นก็ใช้วิธีรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallogram)



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการส่งแรงปะทะวัตถุภายนอก

กรรวิ บุญชัย (2540) ได้แบ่งกลุ่มของกิจกรรมดังกล่าวช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแต่ละประเภทพร้อมทั้งช่วยในการเรียนกิจกรรมใหม่ๆ ด้วย เพราะหลักการที่เรียนมาแล้วและมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมใหม่นั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ซึ่งเพียงแค่จดจำองค์ประกอบต่างๆ ไปของกิจกรรมเก่าและใหม่และสามารถเลือกหลักการให้เหมาะสมกับกิจกรรมใหม่นั้นสำหรับองค์ประกอบและหลักการของการส่งแรงปะทะสู่วัตถุภายนอกมีละเอียดดังต่อไปนี้

หลักการส่งแรงปะทะสู่วัตถุภายนอก

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการส่งแรงและขนาดของแรง (Magnitude) วัตถุจะเคลื่อนที่ก็ต่อเมื่อแรงที่มากระทำมีขนาดเพียงพอที่จะเอาชนะความเฉื่อยของวัตถุได้คือขนาดของแรงต้องเอาชนะน้ำหนักของวัตถุและแรงอื่นๆ ที่มารั้ง ได้แก่

- 1.1 แรงเสียดทานระหว่างวัตถุและพื้นฐานที่รองรับวัตถุ
- 1.2 แรงเสียดทานจากสิ่งห่อหุ้มวัตถุ เช่น ลม น้ำ
- 1.3 อิทธิพลของแกนขนของแรงต้านทานสั้นเพียงใด แรงที่ต้องใช้ให้วัตถุเคลื่อนไหวย

ขนาดน้อยลง

2. ความสัมพันธ์ระหว่างการส่งแรงกับทิศทางของแรง (Direction)

2.1 ทิศทางของการเคลื่อนไหวยของวัตถุขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงที่มากระทำต่อวัตถุนั้นถ้าหากมีแรงหลายแรงมากระทำต่อวัตถุนั้น ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ได้แก่ ผลรวมของแรงเหล่านั้น

2.2 ถ้าหากวัตถุนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้เฉพาะในทิศทางที่กำหนดเท่านั้น เช่น บานหน้าต่างประตูเลื่อนแรงใดๆ ที่มีทิศทางไม่สอดคล้องกับทิศทางที่กำหนดไว้จะสูญเสียไปและยังเพิ่มความเสียดทานอีกด้วย

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการส่งแรงกับจุดที่วัตถุนั้นถูกแรง

- 3.1 แรงที่ส่งไปกระทำกับจุดศูนย์ถ่วงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
- 3.2 แรงที่ส่งไปกระทำนอกจุดศูนย์ถ่วงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่แบบ Rotatory motion

3.3 แรงที่ส่งไปกระทำต่อจุดศูนย์ถ่วงถ้าถูกกีดขวางโดยแรงอื่นหรือแรงเสียดทานมักจะเคลื่อนไหวยแบบ Rotatory motion

4. ความสัมพันธ์ระหว่างการส่งแรงกับการสะท้อนกลับแรงที่ส่งไปขึ้นกับประสิทธิภาพของแรงตอบโต้ที่เกิดระหว่างแรงของเท้าที่กดลงและความแน่นหรือหย่อนตัวและแรงเสียดทานของพื้นที่ยืน

หลักการส่งแรงปะทะวัตถุภายนอกในการดันและการยก

สิ่งสำคัญสำหรับกิจกรรมเหล่านี้ คือ การใช้แรงอย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เสียแรงน้อยที่สุด เป็นการประหยัดแรงไปด้วยหลักการที่สำคัญคือการใช้แรงบริเวณจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุนั้นๆ และคำนึงถึงทิศทางของการใช้แรงให้ถูกต้องด้วยนอกจากนี้ต้องพิจารณาแรงเสียดทานที่อาจจะหน่วงเหนี่ยวการเคลื่อนไหวยของวัตถุด้วยเช่นเราต้องตั้งผู้ที่มีล้อเลื่อนถ้าหากพื้นนั้นไม่เป็นพรมวิธีที่ดีที่สุดคือวางมือบริเวณจุดกลางของวัตถุซึ่งเป็นการดันในแนวนอนถ้าหากพื้นนั้นเป็นพรมหรือผู้ยืนไม่มีล้อเลื่อนถ้าดันบริเวณจุดศูนย์ถ่วงตุนั้นอาจจะตะแคงหรือเอียงได้จากการทดลองพบว่าเมื่อต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงต้องกันให้ใกล้ๆ กับพื้น ถ้าหากจะให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในแนวหมุน (Rotatory motion) ให้ออกแรงผลักวัตถุให้ห่างจากจุดศูนย์ให้มากที่สุด การถ่วงที่จะออกแรงน้อยนั้นต้องให้แขนของความพยายามที่กระทำต่อวัตถุนี้ให้มีความยาวมากๆ ขาเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้การดันได้ดีที่สุดถ้าใช้เป็นและวางท่าทางให้ถูก

การยก (Lifting) การยกเป็นการออกแรงดึงวัตถุให้พ้นพื้น จึงต้องออกแรงเอาชนะน้ำหนักของวัตถุขณะเดียวกันดัดรักษาการทรงตัวของตนเองไว้ให้ได้ ในการยก ในการยกนั้น เช่น เราจะใช้แรงน้อยในการยกของ โดยให้ของนั้นอยู่ใกล้ตัวเรา ถ้าของนั้นอยู่ไกลตัวเราจะรู้สึกหนัก การย่อตัวลงหยิบของจะเบาขึ้นเพราะแขนของความต้านทานสั้นลง จะเห็นว่าการยกจะใช้แรงน้อยลงเมื่อรู้จักใช้คานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด การใช้กล้ามเนื้อหลังอย่างเดียวไม่เหมาะสม เวลายกของหนักอย่าใช้กล้ามเนื้อหลังอย่างเดียวเพราะถ้าก้มหน้าขณะยกร่างกายจะถูกพุงด้วยกล้ามเนื้อเล็กๆ เช่น Erector Spinae และ Extensor Spinae ซึ่งมีความสามารถเพียงใช้งานไม่หนักเมื่อทำงานไม่ได้ก็ใช้กล้ามเนื้อขาช่วย และถ้ากล้ามเนื้อขาเข้ามาช่วยในขณะที่หลังกำลังรับน้ำหนักอย่างมาอยู่ความแรงของกล้ามเนื้อขาจะกระชากได้กล้ามเนื้อขาดได้ ฉะนั้นการก้มยกของ (วัตถุ) จึงไม่เหมาะสมเพราะทำให้จุดศูนย์ถ่วงออกไปจากสะโพกซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อหลังทำงานหนักดังกล่าแล้ว

ฉะนั้น การใช้กล้ามเนื้อขาควรให้หลังตรงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ น้ำหนักจะผ่านมือไปไหล่ แล้วผ่านสันหลังลงไปขาเลยกล้ามเนื้อหลังก็จะไม่หนักแรง กล้ามเนื้อของคนเรานั้นค่อนข้างแข็งแรง และใช้แรงได้หลายๆ ทิศทางบาดเจ็บของหลังส่วนล่างมีสาเหตุเบื้องต้นมาจากการยกซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำหนักที่ยืนและระยะทางของน้ำหนักที่ลงจากร่างกายการยกที่ถูกต้องคือหลังตรงเข่างอน้ำหนักที่จะยกหรือวัตถุนั้น



ภาพที่ 4.5 การยก

ที่มา: <https://advancedhealth.ca/>

การดึงหรือการลาก (Gulping) เป็นการออกกำลังกายโดยใช้ข้อแขน และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เชือก ช่วยดึงหรือลากวัตถุไปกับพื้นโดยใช้เท้าเป็นฐานของตนเอง หลักของการดึงมีดังนี้

1. ถ้าของหนักใช้มือทั้งสองดึงจัดแขนให้ได้ท่าและถูกต้อง
2. ให้เข้าใกล้วัตถุแล้วเอาตัวออกจากวัตถุโดยเอนจากข้อเท้าไป
3. ถ้าวัตถุมีแรงเสียดทานมาก ให้ดึงขึ้นในขณะที่ลากไป
4. การใช้เชือกผูกให้ผูกสูงเกินกว่าจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุนั้น
5. การดึงต้องดึงตรงๆ ขณะเล่นเกมชักเย่อขาและแขนอยู่คงที่และดึงตรงๆ เพื่อเอาชนะกับแรงตรงกันข้ามให้ร่างกายและเชือกต่ำลงเพื่อให้ขาใช้สะดวกขึ้น
6. ใช้แรงดันจากขามากกว่าใช้หลังล้ามนื้อหลังจากล้ามนื้อหลัง นั่นคือ เกร็งตัวเมื่อดึง ไม่งอตัวไปหาวัตถุ



ภาพที่ 4.6 การดึงหรือลาก

ที่มา: <https://advancedhealth.ca/>

การดัน (Pushing) กล่าวได้ว่า การดันเป็นกิจกรรมทั่วไปในชีวิตประจำวันเป็นการทำงานมากกว่าประกอบกิจกรรมกีฬา การดันจะทำได้โดยง่าย และบังเกิดผลดี ถ้าหากเข้าใจในหลักของการใช้หลังให้ถูกต้องขาเป็นส่วนสำคัญสำหรับการดันได้ดีที่สุด ถ้าใช้แขนและวางท่าทางให้ถูกต้องเพื่อจะใช้ประโยชน์ของขาให้เต็มที่ของคาน (Lever) ซึ่งกำลังที่ใช้ดันนั้นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น หลักสำคัญอีก

ประการหนึ่งคือ เมื่อต้นแล้ววัตถุเริ่มเคลื่อนแล้วอย่าให้หยุดต้องให้เคลื่อนไปเรื่อยๆ และควรเพิ่มความเร็วจนเร็ว



ภาพที่ 4.7 การดัน

ที่มา: <https://advancedhealth.ca/>

การขว้าง (Throwing) การขว้างหรือการโยนหรือการพุ่ง เป็นการปล่อยแรงปะทะจากร่างกายไปสู่สิ่งที่จะขว้างหรือพุ่งถ้าไม่ต้องการความเร็วหรือไปให้ไกลก็ใช้เพียงข้อมือและนิ้วมือถ้าเป็นของหนักจะต้องอาศัยแขนไหลลำตัวเพื่อที่จะรวมกำลัง (Amation of forces) ด้านทานความเฉื่อยของสิ่งนั้นๆ การส่งแรงปะทะต่อวัตถุภายนอกในการขว้างเราต้องคำนึงถึง

1. ความเร็วในการขว้าง
2. ระยะทางในการขว้าง
3. ทิศทางของการขว้าง

ประสิทธิภาพของการขว้างขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าว ซึ่งหมายความว่าขว้างได้ระยะทางไกลแต่ใช้แรงน้อยที่สุด ทั้งระยะทางและความเร็วในการขว้างมีความสัมพันธ์กับขนาดของแรงเป็นอย่างมากความเร็วของแขนขณะที่จะปล่อยวัตถุขึ้นอยู่กับระยะทางที่จะขว้างด้วย เพราะช่วงแขนที่เื่องมากจะขว้างได้ระยะทางมากด้วย ลักษณะของลำตัว การก้าวเท้า มีผลต่อความเร็วในการขว้างวัตถุด้วย ถ้าจะเคลื่อนไหวได้ดีต้องมีการประสานงานกัน การลดความต้านทานภายในจะช่วยเพิ่มความเร็วและระยะทางในการขว้างและส่งเสริมให้มีการขว้างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การอบอุ่นร่างกายก่อนการขว้างโดยเฉพาะข้อต่อส่วนต่างๆ เป็นวิธีการลดความต้านทาน ภายในที่ดีที่สุด



ภาพที่ 4.8 การขว้าง

ที่มา: <https://sites.google.com/a/muk.ac.th/ngan-klum509/sara-na-ru-keiyw-kab-kila/karkhwangcakrxyangthukwithi>

การที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. มวลสารของวัตถุ เช่น ลูกบอลที่หนักกว่าจะเคลื่อนที่ไปได้ไกลกว่าลูกบอลที่เบา
2. ขนาดของวัตถุ เช่น ลูกบอลที่มีมวลสารเท่ากันขนาดแตกต่างกัน เมื่อถูกขว้างลูกบอลที่มีขนาดเล็กจะลอยไปได้ไกลกว่าเพราะถูกแรงต้านทานจากอากาศกระทำต่อมันได้น้อย
3. ลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ขว้างเช่นลูกบอลที่มีพื้นผิวราบเรียบกว่าจะลอยไปได้ไกลกว่าลูกบอลที่มีพื้นขรุขระ

การรู้จักประยุกต์เรื่องของคานมาใช้จะเป็นประโยชน์ในการขว้างถ้าเราต้องการประหยัดแรงต้องทำให้แขนของความพยายามยาวขึ้นและพยายามเคลื่อนแขนให้เร็วขึ้น ความเร็วในการเคลื่อนไหวยิ่งจะเพิ่มขึ้นไปด้วย ถ้าแขนความพยายามสั้นลง เราจะใช้แรงมากขึ้น จึงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่ต้องการ ระยะของการขว้างขึ้นอยู่กับมุมของการขว้างและขนาดของแรง เมื่อเราดันวัตถุแรงที่ใช้ในทิศทางขนานเป็นขอบฟ้าจะมีประสิทธิภาพมากกว่า ส่วนในการขว้างลูกบอลนั้นแรงดึงดูดของโลกจะมีผลต่อการเคลื่อนไหวยของวัตถุในทันทีทันใดที่ปล่อยวัตถุไปแล้ว จะสังเกตเห็นได้ เช่น ความเร็วของวัตถุจะลดลง (เนื่องจากความต้านทานในอากาศการขว้างวัตถุจะได้ระยะทางมากขึ้น เมื่อแรงขับเคลื่อนนั้นประกอบด้วยแรงในแนวตั้งและแรงในแนวนอน ซึ่งมีผลทำให้ลูกบอลลอยอยู่ในอากาศในแนวนอนมากกว่าก่อนที่ลูกบอลจะตกลงสู่พื้น มุมการขว้างที่เหมาะสมไป ควรพยายามหลีกเลี่ยง เพราะสัดส่วนของแรงยกและแรงในแนวนอนจะกลับกัน จากการศึกษาพบว่า การขว้างของวัตถุที่ทำมุม 45 องศา วัตถุจะสามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุด

หลักการส่งแรงประทะต่อวัตถุภายนอกด้วยการต่อย ตี เตะ

ปัจจัยที่ทำให้การตี ทับ ต่อยและเตะมีประสิทธิภาพก็เหมือนกับการขว้าง คือ ต้องประกอบด้วยปัจจัย 3 ประการ คือ

1. ความเร็ว (Speed)
2. ระยะทาง (Distance)
3. ทิศทาง (Direction)

การตี การทับ การต่อยและการเตะ จะไปได้ไกลเพียงใด มีองค์ประกอบที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ความเร็วของลูกบอลที่เคลื่อนเข้ามา ถ้าเคลื่อนที่เข้ามาด้วยความเร็วสูง ก็สามารถตีกลับออกไปได้ไกล เช่น การส่งลูกบอลกระทบฝ่าผนัง ลูกบอลย่อมกระดอนออกมาด้วยความเร็วสูง เราก็สามารถตีกลับออกไปได้ไกล เช่น การส่งบอลกระทบฝ่าผนัง ลูกบอลย่อมกระดอนออกมาเป็นสัดส่วนกับความเร็วที่ส่งออกไป ซึ่งเป็นไปตามหลักที่ว่า ลูกบอลที่ส่งกระทบฝ่าผนังด้วยความเร็วมาก ลูกบอลก็จะกระดอนกลับมาเร็วเช่นกัน

2. มวลสารของลูกบอลเบาเกินไป เช่น ลูกบอลพลาสติกหรือหนักเกินไป เช่น ลูกเหล็ก การตี ย่ำไปไม่ไกลแต่ถ้าน้ำหนักพอควรก็สามารถตีไปได้ไกล

3. ความเร็วของวัตถุที่ใช้ตีลูกบอล ถ้าวัตถุที่จะใช้ตีลูกบอลนั้นด้วยความเร็วมากก็จะตีลูกบอลไปได้ไกล ตรงกันข้ามถ้าเคลื่อนที่ช้าก็จะตีไปได้ใกล้

4. มวลสารของวัตถุที่ใช้ตีลูกบอล เช่น ไม้ตีซอฟท์บอล หรือไม้ตีเทนนิส ควรให้น้ำหนักของไม้เหมาะสมกับกำลังของคนตี บุคคลที่มีความแข็งแรงมาก ควรถือไม้ที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก จะสามารถตีลูกบอลไปได้ไกลกว่าการถือไม้ที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งจะตีลูกไปได้ไกล

5. สัมประสิทธิ์ของแรงสปริงของลูกบอลของวัตถุที่จะตีลูกบอล (Elasticity) ถ้าผิวของลูกบอลและวัตถุที่ใช้ตีมีแรงสปริงมาก จะตีไปได้ไกล ถ้ามีแรงสปริงน้อยจะตีได้ไกลกว่า

6. มุมของการตีที่ได้ระยะไกลที่สุด คือ มุม 45 องศา

7. บุคคลที่มีทักษะการตีลูกบอลได้ดีจะมีความสำเร็จในการลูกบอลไปในทิศทางใดๆ ก็ได้ตามความต้องการ ซึ่งอิทธิพลที่มีต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ตีนั้นขึ้นอยู่กับหลัก 4 ประการคือ

7.1 ทิศทางของวัตถุที่ใช้ตีลูกบอลขณะที่มันสัมผัสกับลูกบอล

7.2 ความสัมพันธ์ของไม้ที่ใช้ตีกับจุดศูนย์ถ่วงของลูกบอล

7.3 ความมั่นคงของการจับไม้

7.4 กฎของการสะท้อนกลับ มุมตกเท่ากับมุมสะท้อน เช่น ส่งลูกบอลกระทบฝาผนังทำมุม 45 องศา ก็จะสะท้อนกลับในมุมเท่ากัน

หลักการรับแรงปะทะ

ในการเล่นกีฬาทุกชนิด นอกจากผู้เล่นจะส่งแรงปะทะแล้ว ยังต้องรับแรงปะทะจากภายนอกด้วย เช่น การรับลูกบาสเกตบอล แลนด์บอล ซอฟบอล การหยุดลูกชกอีกด้วย ไม้ฮอกกี้ การหยุดลูกฟุตบอลด้วยเท้า นอกจากการเล่นกีฬาแล้ว ในชีวิตประจำวันก็ต้องเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้อยู่ตลอดเวลา

กรรวิ บุญชัย (2540: 153) กล่าวว่า การรับแรงปะทะ หมายถึง การที่ต้องสามารถรับแรงจากวัตถุภายนอกมาหรือแรงที่ตนเองไม่มีเจตนาส่งไปแต่แรงนั้นมาสู่ตนเองโดยการรับนั้น มีจุดมุ่งหมายที่จะให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีและปลอดภัย

ปัญหาและหลักที่เกี่ยวกับการรับแรงปะทะ

หลักที่สำคัญเกี่ยวกับการรับแรงปะทะ คือ การหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุและต้องให้ร่างกายอยู่ในลักษณะที่สมดุลมากที่สุดการเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานจลน์ (kinetic energy) ซึ่งมีลักษณะคล้ายๆ กับการส่งแรงนั้นเองพลังงานจลน์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมวลสารและความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ($KE = \frac{1}{2}mv^2$ โดย m คือ มวลสารของ และ v คือ ความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ไป) (กรรวิ บุญชัย, 2540: 153)

การลดพลังงานจลน์ของวัตถุที่เราตีที่ละน้อยและความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทบกับพื้นที่ของร่างกายที่รับแรงปะทะเป็นวิธีการที่สำคัญของการหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บได้

ปัญหาเกี่ยวกับการป้องกันการทรงตัวที่เป็นส่วนที่สำคัญ เช่น การลงสู่พื้นเพราะเราสามารถป้องกันการทรงตัวได้เร็ว เมื่อมีพื้นฐานรองรับอย่างเพียงพอ การควบคุมการวางมือและเท้า จึงเป็นสิ่งจำเป็นปัญหานี้มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บในการเล่นกีฬาเพราะการมีฐานรองรับที่มั่นคงขึ้นอยู่กับความมั่นคงของกระดูกและข้อต่อในขณะที่รับแรงที่มากกระทบ

การล้มมีหลายวิธี การป้องกันการบาดเจ็บจากการล้มที่ดีที่สุดคือการฝึกบ่อย ๆ ถึงเทคนิคของการล้มที่ปลอดภัยที่สุด และถูกต้องที่สุด

ปัญหาเกี่ยวกับการรับแรงปะทะมี 3 ลักษณะ คือ การหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุ การรักษาการทรงตัว และการรับวัตถุด้วยความแม่นยำและมีการควบคุมที่ดี

การหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บในการจับหรือการรับแรงจากภายนอกจะสำเร็จโดยการเพิ่มระยะทางซึ่งพลังงานจลน์ของวัตถุจะหายไป การหมุนลำตัวและการก้าวเท้าไปข้างหลัง ถ้ามีแรงขนาดมากจะช่วยป้องกันการบาดเจ็บได้ องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งในการป้องกันการบาดเจ็บ คือ ตำแหน่งของแขนขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุด้วยในการรับลูกบอลปลายนิ้วจะชี้ขึ้นหรือลงนั้นขึ้นอยู่กับความสูงของลูกบอลที่เคลื่อนที่มาสสูงหรือต่ำ

ปัญหาอีกข้อหนึ่ง คือ การรักษาความสมดุลของร่างกายผู้เล่นต้องเตรียมพร้อมที่จะรับลูกบอลอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะลูกบอลที่ส่งมาอย่างรวดเร็ว ควรรักษาการทรงตัวให้อยู่ในลักษณะที่ดีอยู่ตลอดเวลา

ปัญหาข้อสุดท้าย คือ การรับลูกได้อย่างแม่นยำหรือรับวัตถุได้อย่างแม่นยำในการเล่นเพื่อนป้องกันการบาดเจ็บ ควรลดพลังงานจลน์ของวัตถุที่ละน้อยเป็นการช่วยป้องกันมิให้วัตถุหลุดจากมือเมื่อวัตถุกระทบกับมือการตัดสินใจเกี่ยวกับความเร็ว และระยะทางของวัตถุมีความสำคัญมากต่อการปรับตำแหน่งของร่างกายการที่จะได้รับตำแหน่งของร่างกายได้ด้นั้นขึ้นอยู่กับว่ามีสายตาดี ความคล่องแคล่วว่องไว และการประสานงานของกล้ามเนื้อ และโดยเฉพาะลูกบอลที่ส่งมาอย่างรวดเร็วควรรักษาการทรงตัวให้อยู่ในลักษณะที่ดีอยู่ตลอดเวลาประสาทเป็นอย่างดี สำนวนที่ได้นั้นบ่อยๆ คือ "Hand-eye and foot-eye Coordination"

จากปัญหาที่กล่าวมาแล้วพอจะสรุปเกี่ยวกับหลักในการรับแรงปะทะในแต่ละหัวข้อดังนี้

หลักเกี่ยวกับการหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บ

1. การลดพลังงานจลน์ของวัตถุลงทีละน้อยโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บก็มีน้อยการนำไปใช้เช่น

1.1 เมื่อลงสู่พื้นจากการกระโดดควรใส่รองเท้าที่พื้นเป็นยาง (Rubber soled shoes) หรือใช้เบาะรองรับ

1.2 เมื่อลงสู่พื้นจากการล้มควรล้มด้วยส่วนที่กว้างที่สุดของร่างกาย

1.3 เมื่อลงสู่พื้นจากการกระโดดควรลงสู่พื้นด้วยอุ้งเท้า (Balls of the feet) แล้วต่อไปที่ข้อเท้าหัวเข่าและสะโพก

1.4 การลงสู่พื้นจากการวิ่งการกระโดดลงจากยวดยานที่กำลังเคลื่อนที่หรือกระโดดลงจากม้าควรใช้การม้วนตัวหรือกลิ้งตัวช่วยหรืออาจจะวิ่ง 2-3 ก้าว

1.5 ถ้าหากการลงสู่พื้นที่เหมาะสมในข้อ 1.3 ยังไม่เพียงพออาจจะใช้การกลิ้งตัวช่วยควรนำหลักในข้อ 1 ไปใช้กับการรับแรงปะทะจากวัตถุภายนอก

2. สวมถุงมือเมื่อรับลูกเร็วเพื่อป้องกันการกระทบลูกบอลวัตถุที่มีมวลสารมากยังต้องใช้ถุงมือหนา

3. เมื่อรับลูกบอลด้วยมือทั้งสองขณะรับมือทั้งสองควรอยู่ข้างหน้าขณะเดียวกันให้ใช้เท้าช่วยเช่นยืนแอ่นเท้าหน้าหลัง

4. เมื่อรับลูกบอลที่เข้ามาสูงด้วยมือเดียวควรเหยียดแขนไปข้างหลังในแนวนอนและหมุนร่างกายเข้าช่วยในทิศทางเดียวกันของข้อศอกเล็กน้อยเพื่อช่วยป้องกันไหล่
5. วิธีที่จะให้พลังงานจลน์ลดลงที่ละน้อย คือ เมื่อรับวัตถุแล้วให้อยู่ในลักษณะที่สามารถส่งได้ทันทีการเอนไหวจากการรับและการตั้งครวต่อเนื่องกัน
6. ถ้าจะรับวัตถุที่มาจากสูงให้หงายฝ่ามือให้นิ้วมือชี้ขึ้นถ้าวัตถุมาต่ำ ให้คว่ำฝ่ามือ และชี้นิ้วมือลง
7. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ เช่น ในการเล่นฟุตบอล จะเอาศีรษะหรือท้องรับให้เกร็งกล้ามเนื้อรับแรงปะทะ แล้วหมุนตัวตามแรง

หลักเกี่ยวกับการทรงตัวและการฟื้นฟูสภาพแห่งการทรงตัว

เมื่อสิ่งอื่นๆ เท่ากันหมด ยิ่งฐานที่รองรับมีขนาดกว้าง และปลายล่างของจุดศูนย์กลางถ่วงตกอยู่บนฐานที่รองรับวัตถุนั้นจะมีความมั่นคงมาก

1. ในการกระโดดหรือล้มการทรงตัวจะเสียชั่วคราวเพื่อที่จะกลับหรือคืนสู่ตำแหน่งเดิมฐานควรปรับให้เหมาะสมช่วยให้สิ้นการทรงตัวให้เร็วที่สุด
2. พยายามถ่วงน้ำหนักไปยังเท้าทั้งสอง
3. องค์ประกอบอื่นๆ เช่น พื้นที่ของพื้นผิวและรองเท้าช่วยให้การลงสู่พื้นได้ดี
4. เมื่อลงสู่พื้นด้วยความเร็วมากเป็นการยากที่จะสร้างฐานที่รองรับด้วยเท้าเพียงอย่างเดียวควรใช้มือ
5. การรับลูกบอลที่เคลื่อนที่มาจากด้วยความเร็วมาก โดยเฉพาะลูกบอลที่มีน้ำหนักมากๆ ควรยืนแยกเท้าในทิศทางที่รับลูกบอล ซึ่งเป็นการเพิ่มระยะทาง และเป็นการลดความเร็วของลูกบอลด้วย
6. เมื่อยืนบนรถไฟรถยนต์หรือยานอื่นๆ ควรยืนเท้าแยกในทิศทางที่รถเคลื่อนที่

หลักเกี่ยวกับความแม่นยำและการควบคุมเกี่ยวกับการรับวัตถุภายนอก

1. ยิ่งลดอัตราความเร็วได้อย่างช้า ๆ ที่ละน้อยโอกาสที่วัตถุจะกระดอนหลุดจากมือไปด้วยแรงปะทะของนิ้วซึ่งน้อยลง
2. จับตาดูลูกบอลอยู่ตลอดเวลาเราสามารถวินิจฉัยได้ว่าวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาด้วยอัตราความเร็วเท่าใดและเคลื่อนที่มาในทิศทางใด
3. ความแม่นยำในการรับขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผู้รับด้วยและเป็นการป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและรักษาความสมดุลด้วย

สรุปท้ายบท

การเคลื่อนไหวของร่างกาย เกิดจากการเคลื่อนที่ของอวัยวะต่างๆ อันได้แก่ กระดูก ข้อต่อ กล้ามเนื้อ และระบบประสาท การเคลื่อนไหวจึงต้องอาศัยการทำงานระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมถึงหลักการทางชีวกลศาสตร์ ในเรื่องของระบบคาน แกนหมุน รอก การทรงตัว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบบโครงกระดูกและกล้ามเนื้อของร่างกายทำงานสัมพันธ์กัน โดยที่โครงกระดูกเป็นโครงสร้างที่ใช้ค้ำจุนร่างกาย ให้คงรูปร่างป้องกันส่วนที่อ่อนนุ่มของร่างกาย และช่วยในการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยการทำงานร่วมกันกับกล้ามเนื้ออีกทั้งยังช่วยในการตรวจสอบแรงและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว เช่น มุม ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง โมเมนตัม ช่วยในการปรับแต่งการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อน (Micro tuning) ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยในการ

ตรวจสอบข้อบกพร่อง และ ข้อจำกัดของการเคลื่อนไหวในระดับ Micro ซึ่งสายตามนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบได้และช่วยในการแก้ไข ในการศึกษาชีวกลศาสตร์ของมนุษย์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดินและการเคลื่อนไหวร่างกายนั้น เป็นการศึกษาแรงกลทางชีวภาพ (Kinetic study) รูปแบบของการเคลื่อนไหว (Kinematic study) รูปแบบของการหด-คลายตัวของกล้ามเนื้อ (Sequential muscular activity study) และพลังงานที่ร่างกายใช้ไปในการเคลื่อนไหว (Energetic study) นั้นเอง

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ใช้สมุดหรือไม้บรรทัดเคลื่อนวัตถุตั้งกล่าวในลักษณะต่างๆ ต่อไปนี้
 - 1.1 เส้นตรง (Rectilinear motion)
 - 1.2 เส้นโค้ง (Curvilinear motion)
 - 1.3 เชิงมุม (Angular motion)
 - 1.4 แบบแกว่ง (Oscillation)
2. สำหรับกิจกรรมต่อไปนี้ให้บอกข้อต่อของแขนที่เกิดการเคลื่อนไหวแบบเชิงมุม (Angular motion) พยายามให้มือเคลื่อนไหวเป็นเส้นตรง
 - 2.1 เขียนเส้นยาว 2 ฟุตบนกระดานดำในระดับไหล่
 - 2.2 พุ่มลูกน้ำหนักหรือวัตถุอื่น
 - 2.3 ท่าโล่ตัว Lunge ในกีฬาตาบาสเกตหรือท่าท่า Lunges ในการยกน้ำหนัก
3. อธิบายการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในการขึ้นจักรยาน
4. วางหนังสือไว้บนโต๊ะและวางขวดเล็กๆ ไว้บนหนังสือให้ตั้งหนังสือด้วยการกระตุกอย่างรวดเร็ว เข้าหาผู้ทำการทดลองให้สังเกตว่าขวดนั้นตกไปทางใด หรือให้ตั้งหนังสือที่มีขวดวางไว้บนหนังสือนั้น อย่างมั่นคงไปยังด้านตรงข้ามขวดอยู่ในลักษณะใด หรือตั้งหนังสือนั้นด้วยมืออีกข้างหนึ่งเพื่อหยุดการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วลักษณะเช่นนี้ขวดตกไปทางใด การเคลื่อนไหวในแต่ละประเด็นเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อใด
5. กลิ้งลูกฟุตบอลบนโต๊ะให้เปลี่ยนทิศทางของลูกฟุตบอลไปทางขวา โดยไม่หยุดการเคลื่อนไหวคุณเปลี่ยนทิศทางของลูกฟุตบอลได้อย่างไร และมีวิธีการอื่นๆ หรือไม่ถ้าต้องการเปลี่ยนทิศทางของลูกฟุตบอล
6. ปล่อยลูกปิงปองลงบนเท้า (ไม่สวมรองเท้า) จากความสูง 2 ฟุตและปล่อยลูกเทนนิสด้วยความสูงเท่ากันหรือใช้ลูกบาสเกตหรือบอลเป็นต้นจงอธิบายโมเมนตัมที่เกิดจากวัตถุที่มีมวลสารแตกต่างกัน
7. ให้ผู้ปฏิบัติสองคนยืนห่างกันประมาณ 5 ฟุตให้คนแรกขว้างลูกปิงปองและลูกเทนนิสค่อยๆ ไปยังผู้ปฏิบัติตรงข้ามต่อไปให้ขว้างวัตถุทั้งสองเต็มที่ไปยังบุคคลเดิมจงอธิบายหลักของโมเมนตัม
8. โดยให้ผู้ปฏิบัติสังเกตระยะทางในการกระดอนของลูกปิงปอง โดยการตีด้วยการยืนในระยะใกล้ (2 ฟุต) และระยะไกลประมาณ 10 ฟุตและอธิบายหลักของการใช้แรง

บทที่ 5

การประยุกต์หลักการการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬา และการออกกำลังกาย

การนำหลักทางวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ทำให้ความรู้และความเข้าใจในการศึกษาที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายของคนเรา โดยอาศัยองค์ความรู้สำคัญที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวทางกายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์ และสรีรวิทยา ความรู้ที่ศึกษาจากองค์ความรู้ดังกล่าวจะช่วยให้เข้าใจหลักการต่างๆ ทั้งในชีวิตประจำวัน และในการเล่นกีฬาให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพิ่มมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การรู้จักเลือกกิจกรรมและวางแผนโปรแกรมสำหรับสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายและทางจิตยังเป็นอีกองค์ความรู้หนึ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาสุขภาพของเราให้สมบูรณ์แข็งแรงสมารถดำเนินชีวิตอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวคิดเพื่อการประยุกต์ใช้และการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ทางพลศึกษาและการออกกำลังกาย การทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคลในส่วนที่เกี่ยวข้องระดับทักษะการเคลื่อนไหวจะทำให้ครูผู้สอนพลศึกษา และผู้ฝึกสอนกีฬาได้ใช้เป็นหัวข้อสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ตรงกับความสามารถตามระดับทักษะของเด็ก เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กทุกคนในชั้นเรียนหรือนักกีฬาทุกคนในทีมได้มีการพัฒนาทักษะต่อไปตามขั้นตอนหรือตามพื้นฐานของศักยภาพการเคลื่อนไหวของแต่ละบุคคล โดยต้องคำนึงถึงความแตกต่างของระดับพื้นฐานของทักษะในแต่ละบุคคล กิจกรรมการสอนที่ถูกกำหนดขึ้นเพียงรูปแบบเดียวจึงไม่เพียงพอ ควรหลีกเลี่ยงการจัดกิจกรรมที่ง่ายเกินไป ความน่าเบื่อทำให้ผู้เรียนไม่สนใจ การจัดกิจกรรมที่ยากเกินระดับความสามารถของเด็กก็จะส่งผลให้เด็กเกิดความท้อแท้ ทศนคติไม่ดี ความไม่มั่นใจในตนเอง ปมด้อยจะขึ้นกับเด็กได้เช่นกัน บุคคลหนึ่งมีระดับของการเรียนรู้ทักษะหนึ่งอยู่ในระดับความสามารถนำไปใช้ (Utilization level) อาจมีระดับทักษะหนึ่งอยู่ในความสามารถที่ควบคุม (Control level) อย่างไรก็ตามระดับของทักษะของบุคคลในทักษะใด ทักษะหนึ่งจะมีผลหรือมีอิทธิพลต่อเนื่องต่อการเรียนรู้ของอีกทักษะหนึ่งได้ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of learning)

เอก เกิดเต็มภูมิ (2547) ได้นำแนวคิดประยุกต์ใช้และกำหนดกิจกรรมทักษะการเคลื่อนไหวมาจัดกิจกรรม โดยการนำความรู้ความเข้าใจและหลักการเรื่องระดับทักษะการเคลื่อนไหวเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรม การจัดทำแบบทดสอบ เพื่อคัดเลือกหรือแยกบุคคลได้ เช่น การจัดทำแบบทดสอบความสามารถทางการกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนที่จะประเมินนักกีฬาในทีมเพื่อพัฒนาสู่ความสำเร็จสูงสุดได้ ตามแนวคิดของสแตสเลย์ ได้แบ่งระดับทักษะออกเป็น 4 ระดับ ซึ่งแต่ละระดับกำหนดเป็นพฤติกรรมเคลื่อนไหว ซึ่งพฤติกรรมเคลื่อนไหวเฉพาะกำหนดด้วยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละชนิดกีฬาก็จะได้ดัชนีหรือตัวบ่งชี้ที่ชัดเจน

ระดับของการเคลื่อนไหวพื้นฐานทักษะการเคลื่อนที่ (Level of skill proficiency of travel patterns)

จากการศึกษาเกี่ยวกับระดับของการเคลื่อนไหวพื้นฐานทักษะการเคลื่อนที่ (Level of skill proficiency of travel patterns) พบว่า มีนักวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวก้าวได้ให้ความหมายและกำหนดระดับไว้ดังนี้

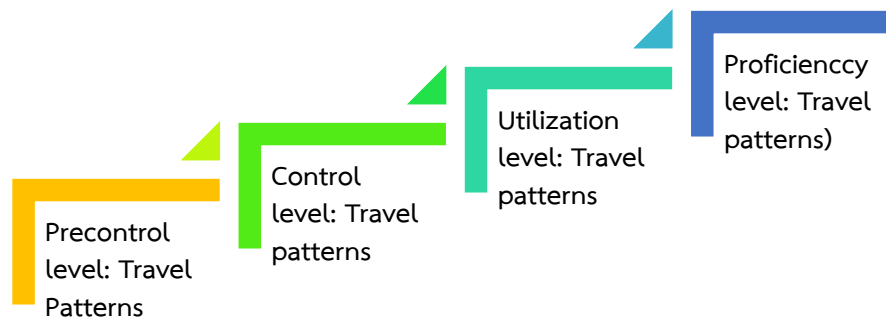
Wickstrom (1977) การเคลื่อนไหวพื้นฐานทักษะการเคลื่อนที่ สามารถแบ่งได้ 4 ระดับ ดังนี้

1. ระดับทักษะก่อนการควบคุมการเคลื่อนไหวก้าวได้ (Precontrol level: Travel Patterns) การเดิน การกระโดด การก้าวกระโดด การวิ่ง และการสไลด์ เด็กจะมีความวิตกกังวลกับจังหวะการเคลื่อนไหวก้าว จังหวะของการเคลื่อนที่ของแขนและขาจะยังไม่สัมพันธ์กัน จะมีลักษณะการเคลื่อนไหวก้าวให้มีความมั่นคงก่อน และเริ่มเรียนรู้การเคลื่อนไหวก้าวของตนเองกับแรงโน้มถ่วงของโลกขณะเคลื่อนไหวก้าวกับแรงเพื่อไม่ให้เสียการทรงตัว

2. ระดับทักษะที่สามารถจะควบคุมการเคลื่อนไหวก้าวได้ (Control level: Travel patterns) การเคลื่อนไหวก้าวของเด็กที่พัฒนาขึ้นในระดับนี้จะมียุทธศาสตร์ของการเคลื่อนไหวก้าวที่ชัดเจนขึ้น สามารถเคลื่อนที่ให้ผ่านพื้นอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางได้ สามารถเปลี่ยนทิศทาง เปลี่ยนความเร็วของการเคลื่อนที่ และสามารถเคลื่อนที่ให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวก้าวของคนอื่นได้

3. ระดับทักษะความสามารถในการประยุกต์ใช้ (Utilization level: Travel patterns) ความสามารถในการเคลื่อนไหวก้าวได้กลมกลืน จังหวัดการเคลื่อนไหวก้าวของมือเท้า และลำตัวมีความประสานสัมพันธ์ในระหว่างการเคลื่อนที่ สามารถเคลื่อนไหวก้าวหรือปรับการเคลื่อนไหวก้าวตามสถานการณ์ตามอุปสรรคสิ่งกีดขวาง รวมทั้งปรับการเคลื่อนไหวก้าวของตนให้เข้ากะบการเคลื่อนไหวก้าวของบุคคลอื่นๆ ได้เป็นอย่างดีมีความพร้อมเพรียงรักษาจังหวะการเคลื่อนไหวก้าวให้เข้ากันหรือสอดคล้องกับการเคลื่อนไหวก้าวของกลุ่ม

4. ระดับทักษะความชำนาญ (Proficiency level: Travel patterns) เป็นระดับที่ใช้ความสามารถในการเคลื่อนไหวก้าวแบบผสมผสานการเคลื่อนไหวก้าวได้หลายรูปแบบตามวัตถุประสงค์ มีแนวคิดการเคลื่อนไหวก้าวเกี่ยวกับมุม และทิศทางของการเคลื่อนที่ที่มีความสมดุลกัน สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วและมั่นคงสลับกับการเคลื่อนที่อย่างเอื่อยช้า สามารถประยุกต์การเคลื่อนไหวก้าวได้อย่างรวดเร็วตามสถานการณ์ของการเคลื่อนไหวก้าวที่เปลี่ยนแปลง สามารถเป็นผู้นำการเคลื่อนไหวก้าวของกลุ่มตลอดจนสามารถช่วยประคับประคองการเคลื่อนไหวก้าวหรือการเคลื่อนที่ของกลุ่มให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ได้



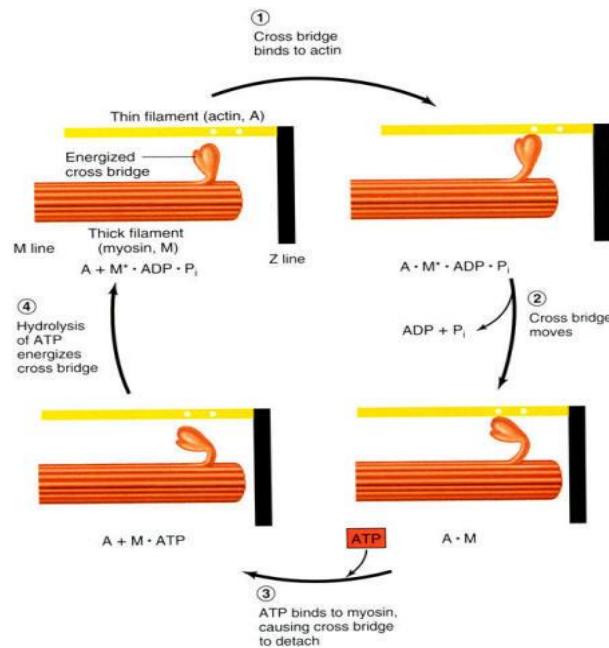
ภาพที่ 5.1 ระดับของการเคลื่อนไหวพื้นฐานทักษะการเคลื่อนที่

ลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การทำงานของระบบกล้ามเนื้อ (Muscle system) เป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญในการเล่นกีฬาและออกกำลังกาย เพราะกล้ามเนื้อทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ กัน โดยการทำงานของระบบประสาทให้กล้ามเนื้อหดตัวหรือเหยียดตัว กล้ามเนื้อทั่วร่างกายของคนเรามีอยู่ประมาณ 792 มัด (394 คู่ กับเศษ 4 มัดที่ไม่เป็นคู่) มีที่ยึดติดกับกระดูก ลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อเป็นอวัยวะที่ไม่ซับซ้อน ประกอบไปด้วยส่วนพองกว้างเรียกว่า “Body” หรือ “Belly” ปกคลุมไปด้วยเยื่อพังผืด (Fascia) ที่ปลายทั้งสองปลายยึดติดกับกระดูก ปลายหนึ่งเรียกว่า จุดยึด (origin) จะเป็นปลายที่อยู่นิ่ง เมื่อมีการหดตัวของกล้ามเนื้อปลายอีกด้านหนึ่งเรียกว่า จุดเชื่อม (Insertion) ซึ่งเป็นจุดที่เคลื่อนที่เข้าหาจุดยึดเมื่อกกล้ามเนื้อหดตัวซึ่งปลายของจุดเชื่อมจะยึดด้วยเอ็น (Tendon) การเรียกชื่อจุดยึดของปลายทั้งสองนี้ขึ้นอยู่กับการทำงาน เช่น ปลายทั้งสองของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps) เมื่อยกวัตถุปลายที่ยึดกับกระดูกแขนท่อนล่างเป็นจุดเชื่อม และปลายติดกับกระดูกสะบักเป็นจุดยึด แต่เมื่อเหวี่ยงตัวขึ้นในการโยนปลายทางด้านหัวไหล่กลับทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อม โดยทั่วไปกล้ามเนื้อในร่างกายเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวจะพบว่า ในเพศชายที่มีกล้ามเนื้อประมาณ 42 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และเพศหญิงจะมีประมาณ 36 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

การหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะหดตัวได้เร็ว แต่คงอยู่ได้ไม่นาน เพราะความล้า (Fatigue) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ

- ระยะเตรียม (Latent period) เป็นระยะที่กล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าเตรียมพร้อมจะหดตัวตอบสนองต่อสิ่งเร้า ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 0.01 วินาที
- ระยะคลายตัว (Period of relaxation) เป็นระยะที่กล้ามเนื้อคลายตัวกลับสู่สภาพเดิม ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 0.05 วินาที



ภาพที่ 5.2 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (การเกิดสะพานข้ามเนื่องจากผลของแคลเซียมไอออน และบทบาทของเอทีพีในหนึ่งรอบของหนึ่งสายไมโอซิน)
(Vander and et., 2001)

โดยทั่วไปแล้วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆ อย่าง เช่น แรงของการกระตุ้น ระยะเวลาของการกระตุ้น หรือระดับอุณหภูมิของกล้ามเนื้อ จึงพบว่าความแรงของการกระตุ้นมาก การหดตัวของกล้ามเนื้อก็จะมากตามไปด้วย และหากระยะเวลาของการกระตุ้นนานกล้ามเนื้อก็จะหดตัวได้แรงสูงสุด ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้กล้ามเนื้อสูญเสียความรู้สึกรับรู้สิ่งเร้าไป การหดตัวก็จะน้อยกว่าปกติ ซึ่งอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อจะอยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส

บทบาทสำคัญที่สุดของกล้ามเนื้อลาย คือ ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานของกล้ามเนื้อโดยการหดตัวออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

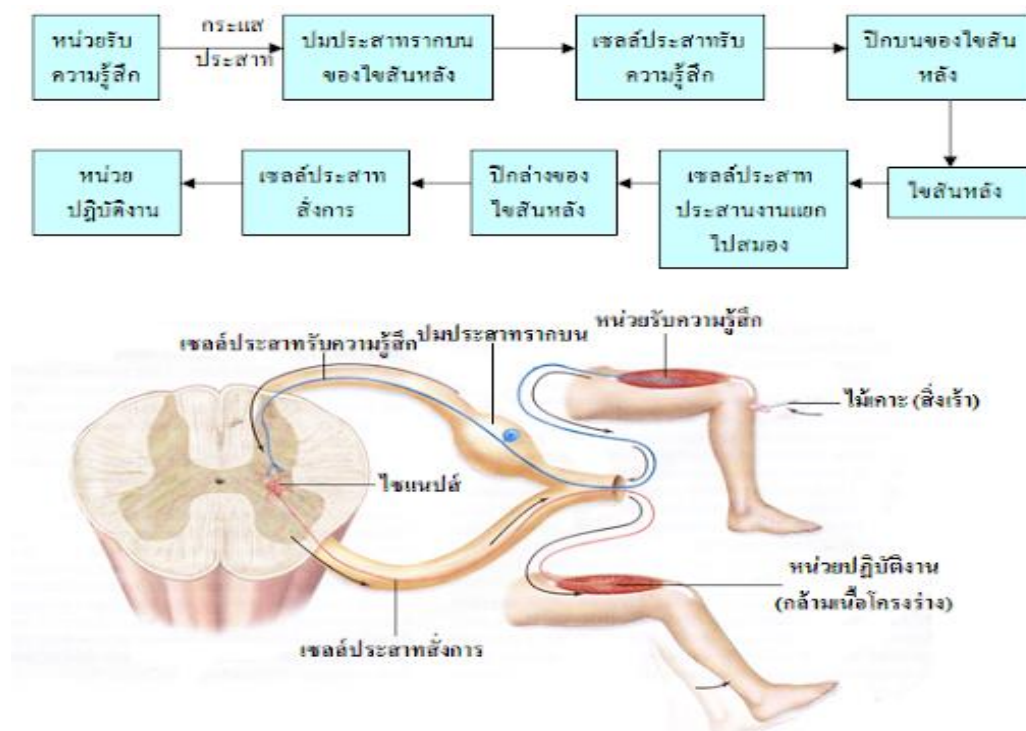
- ลักษณะที่กล้ามเนื้อหดตัวสั้นเข้าตรงกลาง มีแรงดึงที่เอ็นหัวท้ายของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกาะอยู่กับกระดูกสามารถทำให้ข้อนั้นเคลื่อนไหวได้ (Shortening concentric dynamic contractions) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่สามารถเอาชนะความต้านทาน ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในทิศทางตรงกันข้ามกับความต้านทานนั้น การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบนี้บางครั้งเรียกว่า Isotonic contraction เช่น การเขย่งปลายเท้า

- ลักษณะที่กล้ามเนื้อหดตัวตั้งแต่ไม่สั้นลง มีแรงดึงที่เอ็นหัวท้ายของกล้ามเนื้อจริง แต่ไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อเลย (Isometric contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มความเครียดตามลำดับ แต่ไม่สามารถเคลื่อนไหวน้ำหนัก หรือทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบนี้ ความยาวคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น เมื่อเขย่งปลายเท้าไปถึงจุดสูงสุดแล้วคงไว้ ณ จุดหนึ่ง กล้ามเนื้อน่องจะหดตัวอยู่เช่นเดิม แต่ใยกล้ามเนื้อไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวให้สั้นต่อไปอีก

- ลักษณะที่กล้ามเนื้อหดตัวอยู่แต่ใยกล้ามเนื้อกลับยาวออก มีแรงดึงที่เอ็นหัวท้ายของกล้ามเนื้อเช่นเดิม แต่แรงดึงค่อยๆ ลดลง พร้อมกับกล้ามเนื้อค่อยๆ ยืดออก (Lengthening contractions) เช่น การทำงานของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้าที่ค่อยๆ หยียดวางวัตถุที่มีน้ำหนักเกินกว่ากล้ามเนื้อจะรับเอาไว้ได้ลงสู่พื้น ซึ่งเป็นการหดตัวที่มีลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อยาวออก

ระบบประสาทกับลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกาย

ระบบประสาท (Nerve system) เป็นระบบที่ควบคุมการทำงานของทุกๆ ระบบในร่างกาย และเป็นศูนย์เกี่ยวกับความรู้สึก สติปัญญา และความคิด การทำงานของกล้ามเนื้อในด้านการเคลื่อนไหวจะขึ้นอยู่กับอำนาจของจิตใจ ซึ่งเราสามารถใช้ความคิดสั่งให้ทำหรือหยุดได้ อย่างไรก็ตามยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อหลายๆ อย่างในชีวิตประจำวันที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ เรียกว่า ปฏิกิริยาอัตโนมัติ เป็นการทำหน้าที่ของเซลล์ประสาทสั่งงานในไขสันหลัง กล่าวคือ ความรู้สึกต่างๆ จะถูกส่งมาจากจุดรับความรู้สึก พอเข้าไขสันหลังจะเชื่อมประสาทสั่งงาน และเซลล์ประสาทสั่งงานก็จะสั่งงานไปยังกล้ามเนื้อ เพื่อให้หดตัวได้ทันที ซึ่งก่อนที่ความรู้สึกจะเดินทางไปถึงสมองการตอบสนองก็ได้กระทำไปแล้ว ดังนั้น ปฏิกิริยาตอบสนองโดยอัตโนมัติจึงมีความสำคัญในการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย เพราะเป็นการตอบสนองที่เกิดขึ้นได้เร็ว ไม่ต้องผ่านความคิดที่อาศัยเพียงการกระตุ้นอาจเป็นการเห็นหรือการได้ยิน กล้ามเนื้อก็สามารถตอบสนองไปโดยไม่ต้องคิดก่อน ซึ่งเป็นการตอบสนองโดยอัตโนมัติจะทำได้โดยการฝึกซ้อม เช่น การฝึกเล่นกีฬาตะกร้อลอดห่วงโดยใช้เท้าในลักษณะต่างๆ ครั้งแรกจะเล่นแบบลองผิดลองถูก แต่ถ้าหมั่นฝึกซ้อมทุกวัน ภายในเวลาไม่นานก็จะสามารถทำได้อย่างถูกต้อง และบังคับลูกตะกร้อให้ไปในทิศทางที่ต้องการได้ง่าย



ภาพที่ 5.3 การทำหน้าที่ของเซลล์ประสาทสั่งงานในไขสันหลังในการเคลื่อนไหว

ที่มา: http://119.46.166.126/self_all/selfaccess11/m5/biology5_1/lesson3/index01.php

การนำมาประยุกต์ใช้กับทักษะการเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬา

ทักษะการเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬา หมายถึง ทักษะในการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้เล่นในกีฬานั้นๆ หรือประเภทนั้น ซึ่งหมายรวมไปถึงทักษะกีฬาโดยเฉพาะด้วย ทักษะการเคลื่อนไหวร่างกายในการเล่นกีฬา มี 4 ลักษณะสำคัญ ประกอบด้วย

1. การเคลื่อนไหวร่างกายในสภาวะที่มีพื้น (ฐาน) รองรับเท้า หรือส่วนที่ใช้แทนเท้า
2. การเคลื่อนไหวร่างกายในสภาวะลอยตัวอยู่ในอากาศ
3. การเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่มีพื้น (ฐาน) รองรับ แต่มีสิ่งที่เกี่ยวข้องร่างกาย
4. การเคลื่อนไหวร่างกายในน้ำ

1. การเคลื่อนไหวร่างกายในสภาวะที่มีพื้น (ฐาน) รองรับเท้า หรือส่วนที่ใช้แทนเท้า
การเคลื่อนไหวร่างกายในสภาวะที่มีพื้น (ฐาน) รองรับเท้า หรือส่วนที่ใช้แทนเท้า เช่น การใช้รองเท้ากีฬาแต่ละชนิด ในส่วนของเท้าจะเป็นที่รองรับน้ำหนักตัวของนักกีฬา พื้นสนามจะเป็นฐานเพื่อรองรับแรงที่เท้านักกีฬาส่งมาทำปฏิกิริยา การเคลื่อนไหวในสภาวะนี้ เช่น การเดิน การวิ่ง และการกระโดดของนักกีฬา ซึ่งพบว่า

1.1 เมื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวร่างกายตามหลักกายวิภาคศาสตร์ พบว่า การเคลื่อนไหวร่างกายจะเริ่มจากสมองกระแสดำสั่งผ่านเส้นประสาทเข้าสู่ระบบไขสันหลังแล้วถ่ายโยงกระแสไปสู่หน่วยถ่ายถอดคำสั่งเข้าสู่เซลล์ของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อขาและแขนจะเกิดการหดและคลายตัวเป็นระยะ ทำให้เกิดแรงดึงรั้งกระดูก และจากการที่กระดูกมีจุดเชื่อมต่อที่ปลาย ซึ่งเป็นข้อต่อที่ทำหน้าที่เป็นจุดหมุน การเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อที่เกิดขึ้นจึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของแขนและขา

1.2 เมื่อวิเคราะห์การเคลื่อนไหวร่างกายตามหลักทางกลศาสตร์ พบว่า

1.2.1 ขณะเดิน วิ่ง หรือกระโดด ปลายเท้าถือว่าเป็นจุดสุดท้ายที่ทำปฏิกิริยากับพื้น (ฐาน) ทำให้เกิดแรงดันยกตัวลอยขึ้น หรือเคลื่อนไหวไปข้างหน้า

1.2.2 การหดตัวของกล้ามเนื้อขาและแขน ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวตรงกับหลักการของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ในกฎข้อที่ 1 และในขณะที่ปฏิกิริยาที่เกิดจากแรงถีบของปลายเท้าที่พื้นจะเกิดปฏิกิริยาของแรงที่ส่งจากพื้นย้อนกลับมาที่ปลายเท้าตรงกับกฎข้อที่ 3 หรือกฎของการตอบโต้ ขณะเดียวกัน ในขณะที่เดิน วิ่ง หรือกระโดดหากไม่มีแรงเสียดทาน ซึ่งเกิดจากพื้นผิวของพื้นหรือแรงดึงดูดของโลกมากระทำย่อมจะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่เคลื่อนต่อไปได้เรื่อยๆ แต่จากหลักการที่มีแรงภายนอกมากระทำดังกล่าว จึงเป็นผลให้เกิดการเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดลง หรือขณะกระโดดร่างกายจะตกลงมาสู่พื้นได้ ซึ่งตรงกับกฎข้อที่ 2 หรือกฎของอัตราเร่งนั่นเอง

1.2.3 การเดิน วิ่ง หรือการกระโดดต้องอาศัยความเหมาะสมของแรงเสียดทานของพื้นผิวที่เหมาะสมกับแรงที่ส่งออกจากปลายเท้า เพราะหากพื้นผิวไม่มีแรงเสียดทานหรือแรงเสียดทานน้อยเกินไป เช่น พื้นผิวราบเรียบ หรือลื่นเป็นมันนอกจากจะทำให้เสียการทรงตัวได้ง่ายแล้ว แรงปฏิกิริยาตอบโต้ตามกฎข้อที่ 3 ของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไม่สามารถบรรลุผลในเรื่องของการเกิดแรงปฏิกิริยาได้

2. การเคลื่อนไหวร่างกายในสภาวะลอยตัวอยู่ในอากาศการเคลื่อนไหวร่างกายในกรณีนี้พบในรูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายของนักกีฬาบางประเภทที่มีการลอยตัวอยู่ในอากาศในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น ในกีฬากระโดดน้ำ กีฬายิมนาสติก กีฬากระโดดสูง หรือกระโดดไกล เนื่องจากการ

เคลื่อนไหวร่างกายในสภาวะดังกล่าว หากวิเคราะห์ตามหลักกายวิภาคศาสตร์จะมีหลักการ เช่นเดียวกับการเคลื่อนไหวที่กล่าวมา จึงไม่กล่าวถึงรายละเอียดอีก ส่วนการวิเคราะห์ตามหลักการ กลศาสตร์จะพบว่า

2.1 ขณะที่ร่างกายลอยตัวอยู่ในอากาศ โดยปกตินักกีฬาจะไม่สามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายได้ ทั้งนี้เนื่องจากนักกีฬาไม่สามารถที่จะเปลี่ยน หรือเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ในอากาศได้ ทำให้เกิดโมเมนตัมขึ้น

2.2 การเปลี่ยนท่าทางของร่างกายขณะอยู่ในสภาวะลอยตัวในอากาศ สามารถที่จะกระทำได้จากการใช้วิธีงอ พับ หรือเหยียดลำตัว แขน หรือ ขา จะทำให้จุดศูนย์ถ่วงเปลี่ยนไปจนส่งผลให้ท่าทางการเคลื่อนไหวร่างกายเปลี่ยนไป

3. การเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่มีพื้น (ฐาน) รองรับ แต่มีสิ่งที่เกี่ยวข้องร่างกาย การเคลื่อนไหวร่างกายในกรณีนี้พบในการเล่นกีฬาประเภทที่ใช้อุปกรณ์ประกอบการห้อยโหนร่างกาย เช่น กีฬายิมนาสติกประเภทราวเดี่ยว ราวคู่ ห่วง ม้าหุ หรือราวต่างระดับ ขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายบนอุปกรณ์ดังกล่าว แรงดึงดูดของโลกถือว่าเป็นแรงกระทำที่เป็นแรงต้านในการเคลื่อนไหว และแรงที่ส่งมาดึงให้ร่างกายของนักกีฬาลงสู่พื้นได้

ในการเคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะนี้จะพบว่า

3.1 การจัดร่างกายให้อยู่ในแนวตั้ง จะเป็นการลดพื้นที่แรงดึงดูดของโลกกระทำต่อร่างกาย

3.2 การหมุนตัว ต้องอาศัยแรงเหวี่ยงจากการเตะขาหรือพับตัว

4. การเคลื่อนไหวร่างกายในน้ำ พบเห็นได้ชัดเจนในกีฬาประเภทว่ายน้ำ โปโลน้ำ หรือ กีฬาที่ร่างกายของนักกีฬาต้องเคลื่อนไหวอยู่ในน้ำ ซึ่งนักกีฬาต้องอาศัยการออกแบบในการลอยตัว และพยุงตัวให้สามารถลอยอยู่ได้แรงที่ใช้ส่วนใหญ่จะมาจากการถีบเท้าและการใช้มือกวักพุน้ำ

ในขณะว่ายน้ำ การเคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะนี้จะพบว่า

4.1 ร่างกายจะเคลื่อนไหวไปในทิศทางตรงข้ามกับแรงที่ส่งออกไป เช่น หากถีบเท้าลงข้างล่าง ร่างกายจะลอยตัวขึ้น และถ้าถีบเท้าไปข้างหลัง ร่างกายจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

4.2 การเพิ่มพื้นที่ในการกวักพุน้ำให้ได้พื้นที่มากที่สุด จะทำให้เกิดแรงส่งในการว่ายน้ำมากขึ้น

การนำศาสตร์ที่ให้ความรู้ในด้านการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหน้าที่การทำงานของอวัยวะระบบต่างๆ ภายในร่างกาย (Functions) และพัฒนาหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าในสถานการณ์แวดล้อมและความกดดันที่แตกต่างกัน อาทิ การฝึกความแรง (Strength training) กระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitch muscle Fiber) ช่วยเพิ่มความตึงตัว (Tension) และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ในขณะที่การฝึกความอดทนกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-twitch muscle fibers) เป็นต้น โดยนักสรีรวิทยา (Physiologist) จะทำหน้าที่ศึกษาโครงสร้าง (Structure) และบทบาทหน้าที่การทำงานของเนื้อเยื่อ (Tissues) อวัยวะ (Organs) และการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย (Systems) เพื่อค้นหาวิธีการที่จะนำไปสู่การพัฒนาสร้างเสริมขีดความสามารถในการทำงานของอวัยวะระบบต่างๆ ภายในร่างกายให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอนกีฬาที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางหรือหลักการในการกำหนดความหนักเบาและการจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้นักกีฬาอย่างเหมาะสม



ภาพที่ 5.4 การจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้นักกีฬาอย่างเหมาะสมตามช่วงวัย

ที่มา: <http://www.scwyschool.com/index.php?name=blog&file=readblog&id=16>

ด้านสรีรวิทยาการศึกษา (Sport physiology) ช่วยในเรื่องการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมกีฬา ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายทั้งในการออกกำลังกายทันที (Immediate) และผลที่จะเกิดขึ้นตาม ในระยะยาว (Long-term effects) สำหรับผลที่เกิดขึ้นทันทีทันใดในขณะออกกำลังกายได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิของร่างกายเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น ที่สำคัญผลการเปลี่ยนแปลงในร่างกายที่เกิดขึ้นยังมีความแตกต่างกันไปตามสมรรถภาพทางกายและประสบการณ์ของผู้ออกกำลังกายหรือนักกีฬาแต่ละคน ที่จะเชื่อมโยงไปถึงระบบการฝึกซ้อม (Systematic) ของนักกีฬามีการฝึกปฏิบัติหรือไม่ใช้วิธีการฝึกซ้อมอย่างไร ดังนั้นสรีระจึงมีความสำคัญและประโยชน์ในด้านต่างๆ ดังนี้

ด้านการฝึกซ้อม (Training) ช่วยให้นักกีฬา และผู้ฝึกสอนเกิดความรู้ ความเข้าใจในการฝึกซ้อมแต่ละรูปแบบหรือแต่ละวิธีการว่า มีผลการช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเปลี่ยนแปลงการทำงานของเซลล์ในแต่ละรูปแบบการฝึก ซึ่งโปรแกรมการฝึกซ้อม (Training program) คือการกำหนดแผนการดำเนินงานในการฝึกอย่างเป็นลำดับขั้นตอนตามความยากง่ายหรือความหนักเบาโดยอาศัยหลักการทฤษฎีเป็นแนวทางในการนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อส่งเสริมเพิ่มพูนทักษะ สมรรถภาพทางกาย ความสามารถของนักกีฬาให้บรรลุตามเป้าหมายในแต่ละช่วงเวลาของการฝึกซ้อม การจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมด้วยความหนักที่เหมาะสมกับนักกีฬาและสัมพันธ์กับระบบพลังงาน จะส่งผลให้ร่างกายเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ด้านของผู้ฝึกสอน (Coaches) ผู้ฝึกสอนสามารถนำความรู้ด้านสรีรวิทยาการศึกษาจะช่วยสนับสนุนให้ผู้ฝึกสอนกีฬาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดเตรียมพื้นฐานและเทคนิคในการพัฒนาเสริมสมรรถภาพทางกายให้กับนักกีฬาได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ ทำให้นักกีฬาเกิดความมั่นใจและเชื่อมั่นในตัวผู้ฝึกสอนกีฬา จนนำไปสู่ความเชื่อมั่น ในความรู้ความเชี่ยวชาญของผู้ฝึกสอนอย่างแท้จริง ทำให้นักกีฬาตระหนักถึงความสำคัญของการฝึกซ้อมที่ถูกจัดเตรียมไว้ อย่างเป็นระบบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านร่างกายของตัวนักกีฬาเอง จนทำให้นักกีฬาประสบความสำเร็จได้

ตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ ย่อมทำให้มีโอกาสประสบความสำเร็จตามเป้าหมายด้วยเช่นกัน และเป็นที่น่ายินดีและความพึงพอใจของผู้ฝึกสอน

ด้านความเชื่อและการสืบทอดวัฒนธรรมของการฝึกสอนกีฬา (Myths and traditions of coaching) บุคคลจำนวนมากเริ่มต้นทำหน้าที่ผู้ฝึกสอนกีฬาจากการที่เป็นนักกีฬามาก่อน โดยคิดว่าตนเอง คือผู้ฝึกสอนกีฬาที่มีทักษะ ประสบการณ์หรือมีความรู้ความสามารถ ทำการสอนนักกีฬาโดยใช้ความเชื่อ (Myths) หรือประสบการณ์ความเคยชินที่ถูกถ่ายทอดเป็นวัฒนธรรมสืบทอดกันมา ซึ่งบางอย่างบางเหตุการณ์และสำหรับนักกีฬาบางคนอาจจะนำไปสู่ความสำเร็จได้ แต่ผู้ฝึกสอนควรพิจารณาแยกแยะข้อมูลออกจากความเชื่อได้อย่างมีเหตุผลอยู่บนรากฐานของการคิดวิเคราะห์ เปรียบเทียบ หลักการและความเป็นจริง ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ที่หลากหลายในการพัฒนาความสามารถอาจหาหรือตอบข้อสงสัยได้อย่างชัดเจน การศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับบทบาทหน้าที่การฝึกสอนกีฬาที่ดี จะนำมาสู่การวางแผนการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างเหมาะสมต่อเนื่อง โดยสามารถอธิบายให้เหตุผลและประเมินผลการฝึกซ้อมได้อย่างชัดเจน

ด้านการศึกษาวิจัยทางด้านสรีรวิทยาการกีฬา (Sport physiology research) ช่วยให้ผู้ฝึกสอน และบุคลากรทางการกีฬา สามารถการวางแผนอย่างรัดกุม ผนวกกับการควบคุมกระบวนการในการศึกษาทดลองทุกขั้นตอน จะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์การกีฬา และผู้ฝึกสอนกีฬาสามารถแยกแยะความจริงออกจากความเชื่อ นักสรีรวิทยาการกีฬาท่างพยายามศึกษาค้นคว้าวิจัยด้วยหลักการและวิธีการหลากหลายรูปแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายและคำตอบที่ชัดเจน เป็นความรู้ที่ช่วยนำไปสู่การให้รายละเอียดที่มีเหตุผล และเป็นคำตอบที่ชัดเจน การศึกษาด้านสถานะภาพหรือการศึกษาเปรียบเทียบ (Status or comparison studies) อาทิ การเปรียบเทียบผู้ที่เป็นักกีฬา กับผู้ที่ไม่ได้เป็นนักกีฬา ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างกัน นอกจากนั้นยังมีการศึกษาด้านความสัมพันธ์ (Correlation study) ที่ต้องการค้นหาความเกี่ยวข้องกัน (Relationship) ของปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัย อาทิเช่น วิธีการฝึกซ้อมปริมาณความหนักในการฝึกซ้อม ระยะเวลาในการฝึกซ้อม การพักฟื้นสมรรถภาพทางกาย (Recovery) รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มากระทบกับนักกีฬาอีกมากมาย เป็นต้น ส่วนการศึกษวิจัยประเภททดลอง (Experimental study) เป็นการศึกษาที่ทำให้ทราบสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตามด้วยการทดสอบนักกีฬาก่อนการฝึกซ้อม (Pretested) และทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเพื่อแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มควบคุม (Control group) หลังจากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนจนสิ้นสุดการทดลอง และทำการทดสอบนักกีฬาหลังการฝึก (Posttested) ผู้ฝึกสอนจะนำผลการวิจัยมาเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพสำหรับตัวนักกีฬามากที่สุด ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 23)

การประยุกต์ตามหลักการชีวกลศาสตร์

ในปัจจุบันการประยุกต์ตามหลักการชีวกลศาสตร์ ได้มีแนวทางและมีการนำหลักการดังกล่าวไปใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกาเคลื่อนไหวในมนุษย์มากมาย ดังเช่น David et al. (1991) และ Burkett (2010 อ้างถึงใน เจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 4) ได้นำหลักการประยุกต์ตามหลักการชีวกลศาสตร์ (Biomechanics apply) เป็นการศึกษาหลักการชีวกลศาสตร์ที่ว่าด้วยการใช้งานในการเคลื่อนไหว การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการกีฬา การ

นำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์วิจัยทางการกีฬาเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับเรื่องลักษณะท่าทางการเคลื่อนไหว ตำแหน่ง ระยะทาง มุม ความเร็ว และความเร่งทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม กับเรื่องของแรงอันเป็นสาเหตุของการเคลื่อนไหว อาศัยความรู้ทฤษฎีและหลักการทางฟิสิกส์ แคลคูลัส สถิติวิทยาและกายวิภาคศาสตร์ ตลอดจนความรู้ทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์มนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนไหวในเชิงกีฬาให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้นำไปสู่การพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในแต่ละขั้นตอนของการฝึกทักษะกีฬาให้กับนักกีฬาแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกลมกลืนกับระดับความสามารถที่เป็นจริงของนักกีฬาแต่ละบุคคล โดยมีต้องปฏิบัติตามหรือเลียนแบบผู้อื่น หลักการสำคัญของชีวกลศาสตร์ถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ประเมินคุณภาพของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว และการใช้แรงในแต่ละประเภทกีฬา เพื่อพัฒนาความก้าวหน้าในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนไหว ตลอดจนรูปแบบวิธีการฝึกให้สอดคล้อง เหมาะสมกับประเภทกีฬาและลักษณะรูปร่างของนักกีฬาแต่ละบุคคล โดยศึกษา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้แรงในการเคลื่อนไหว (Force) ในรูปของงาน (Work) กำลัง (Power) และความเร็ว (Velocity) จนเป็นที่มาของสูตรต่างๆ ดังนี้

งาน (Work) = แรง (Force) x ระยะทาง (Distance)

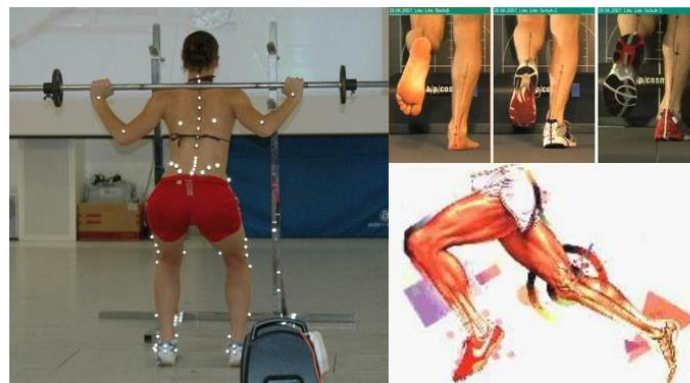
กำลัง (Power) = งาน (Work) / เวลา (Time)

ความเร็ว (Velocity) = ระยะทาง (Distance) / เวลา (Time)

ดังนั้น

กำลัง (Power) = (แรง (Force) x ระยะทาง (Distance)) / เวลา (Time)

หรือ กำลัง (Power) = ความแข็งแรง (Strength) x ความเร็ว (Velocity)



ภาพที่ 5.5 ชีวกลศาสตร์การศึกษาวิเคราะห์ประเมินคุณภาพของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว
ที่มา: <https://www.slideserve.com/nedaa/3110088>

นอกจากนี้ องค์ความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์ยังเป็นสิ่งสำคัญที่นำไปสู่การค้นพบวิธีการแก้ไขปัญหา และวิธีการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสร้างสรรค์รูปแบบการเคลื่อนไหวทางด้านเทคนิคทักษะกีฬาให้มีความหลากหลาย และการใช้แรงให้กับนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sudy, 1991 อ้างถึงใน เจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 4)

การนำหลักการทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวมาประยุกต์ใช้ในการเล่นกีฬา

การเคลื่อนไหวหรือพฤติกรรมของมนุษย์ เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการทำงานของสมองหรือระบบประสาทได้อย่างชัดเจน การสอนให้ผู้เรียนหรือเด็กเกิดการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Motor skill learning) ด้วยการปฏิบัติ (Practice) กิจกรรมการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ เพื่อเชื่อมโยงทักษะการเรียนรู้และประสบการณ์ เป็นกระบวนการในการสร้างโปรแกรมหรือชุดข้อมูลการเคลื่อนไหว (Motor program) หรือจัดสร้างแผนที่ในการทำงานให้กับสมอง หรือระบบประสาทที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา แต่สามารถสังเกตและตรวจสอบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของสมองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ในแต่ละเหตุการณ์หรือในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถในการรับรู้เรียนรู้อย่างแท้จริง

การสร้างทักษะกลไกการเคลื่อนไหว จะช่วยสร้างสรรค์ทักษะและความสามารถให้กับนักกีฬา เป็นสิ่งสำคัญของการฝึกสอนกีฬา (Heart of sport coaching) การที่นักกีฬาจะประสบความสำเร็จในการปฏิบัติทักษะและการใช้กีฬาแต่ละประเภท สิ่งที่สำคัญ เป็นอันดับแรก คือ ต้องให้นักกีฬารู้จักเข้าใจในรายละเอียดพื้นฐานที่จะช่วยให้ถูกต้องสมบูรณ์แบบเป็นอย่างไร ทักษะเกิดการฝึกปฏิบัติเท่านั้น และการปฏิบัติการเคลื่อนไหวแต่ละขั้นตอนถูกต้อง (Performed) จึงจะทำให้เกิดเป็นทักษะที่สมบูรณ์แบบ อย่่างไรก็ตามกระบวนการในการสร้างหรือทำให้เกิดทักษะการเคลื่อนไหว (Production of skilled movement) ยังขึ้นอยู่กับธรรมชาติที่แตกต่างกันระหว่างนักกีฬาที่มีประสบการณ์ความชำนาญ (Experts) หรือนักกีฬาอาชีพกับนักกีฬาที่ฝึกหัดใหม่ (Novices) หรือ นักกีฬาอาชีพกับนักกีฬาที่ฝึกหัดใหม่ หรือนักกีฬาสัมผัสเล่น ดังนั้น ความรู้ (Knowledge) คือสิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในหลักเหตุผลและตระหนักในความสำคัญว่า ทักษะที่ดีที่สุดสามารถสร้างและพัฒนาให้ก้าวหน้าได้ด้วยวิธีการเรียนรู้ขั้นตอนการฝึก หรือการปฏิบัติอย่างถูกต้องมีใช้การเล่นแบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ฝึกสอนกีฬา (Coach) สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยพัฒนาและสร้างเสริมหรือยกระดับความสามารถทางการกีฬา (Sports performance) ให้เกิดกับนักกีฬาได้อย่างดียิ่ง (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 406)

ประเภทของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Type of motor skills)

Hoffman (2005 อ้างถึงในเจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 407) การกำหนดขอบข่ายความหมายแต่ละประเภทของทักษะกลไกการเคลื่อนไหว จึงขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมแต่ละประเภทที่มีความแตกต่างกันโดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 3 ด้านดังต่อไปนี้ คือ

1. พิจารณาจากธรรมชาติของสภาพแวดล้อม (Nature of the environment) ซึ่งมีผลทำให้นักกีฬาต้องกระทำหรือจำเป็นต้องใช้ทักษะนั้น ขณะเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมเป็นเรื่องยากที่จะคาดการณ์ล่วงหน้า ทำให้เกิดความกดดันในระยะเวลาที่ใช้ในการตัดสินใจ (Time stress) เพื่อปฏิบัติทักษะหรือเลือกใช้ทักษะการเคลื่อนไหวให้สัมพันธ์สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมนั้น เนื่องจากทักษะกลไกการเคลื่อนไหวสามารถเลื่อนไหล (Continuum) หรือสับเปลี่ยนหมุนเวียนกลับไปกลับมา จากทักษะปิด (Closed skills) ไปสู่ทักษะเปิด (Open skills) หรือทักษะเปิดไปสู่ทักษะปิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ในแต่ละสถานการณ์แวดล้อมของเกมการแข่งขัน ดังนั้นการปฏิบัติทักษะกลไกการเคลื่อนไหวร่างกายของนักกีฬา คือ การที่นักกีฬาสามารถปรับการเคลื่อนไหวอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างกลมกลืนกับวัตถุ อุปกรณ์ตัวบุคคล หรือสภาพแวดล้อมในแต่ละสถานการณ์ได้อย่างดี

ทักษะเปิด (Open skills) ส่วนใหญ่เป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับทักษะกีฬาประเภทที่ใช้ลูกบอล และกีฬาประเภทต่อสู้ที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว อาทิ เช่น รักบี้ ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล แอนด์บอล ฮอกกี้ เนตบอล เทนนิส แบดมินตัน เทเบิลเทนนิส มวย มวยปล้ำ ยูโด เทควันโด เป็นต้น การปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์แวดล้อมที่ไม่คงที่ ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ รวมทั้งไม่สามารถคิดว่าจะทำอะไรและทำเมื่อใดได้ขณะเดียวกัน มีเวลาจำกัดในการตัดสินใจ เพื่อกระทำให้เกิดการปฏิบัติการเคลื่อนไหวหรือการใช้ทักษะตอบสนองหรือตอบโต้ต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยปฏิกริยารับรู้สั่งงานของสมองหรือระบบประสาท ที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดีจนกระทั่งสามารถตอบโต้ได้อย่างรวดเร็วเป็นอัตโนมัติ เช่น ผู้รักษาประตู ต้องเผชิญหน้ากับผู้ยิงประตูเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์ไม่แน่นอน (Temporal uncertain) ช่วงความถี่หรือระยะในการยิงประตูไม่แน่นอน (Spatial uncertain) ดังนั้น การป้องกันรักษาประตูให้ประสบความสำเร็จของผู้รักษาประตูต้องประเมินสถานการณ์และทิศทางการยิงประตูของคู่แข่งอย่างรวดเร็ว และตัดสินใจเคลื่อนไหวร่างกายไปป้องกันประตูให้ถูกทิศทางและทันเวลาก่อนที่ลูกบอลจะเข้าประตู

ทักษะปิด (Closed skills) เป็นทักษะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวในการเล่นกีฬา ซึ่งสามารถควบคุมวางแผนกำหนดท่าทางจังหวัดหรือความเร็วในแต่ละขั้นตอนของการเคลื่อนไหวได้ด้วยตนเองว่าจะทำท่าทางหรือทักษะอะไร จะทำทักษะนั้นอย่างไร โดยสามารถคาดการณ์การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในการเล่นกีฬาได้ล่วงหน้า เช่น กีฬายิมนาสติก ยิงธนู ยิงปืน โบว์ลิ่ง กระโดดน้ำ ลีลาศ รำบำได้น้ำ สเก็ตลีลา หรือการปฏิบัติทักษะการยิงประตูที่จุดโทษของนักกีฬา บาสเกตบอล ฟุตบอล ฮอกกี้ หรือการปฏิบัติทักษะในการเสิร์ฟของนักกีฬาเทนนิส แบดมินตัน และเทเบิลเทนนิส เป็นต้น โดยไม่มี ความกดดันในเรื่องของเวลาในการตัดสินใจในการปฏิบัติทักษะ (Times) เนื่องจากการปฏิบัติทักษะภายใต้เวลาที่กำหนดไว้ในกติกาหรือตามที่ตนเองได้ทำการฝึกซ้อมมา เช่นการปฏิบัติทักษะของนักกีฬายิมนาสติกประเภทอุปกรณ์ ประเภท Floor exercise นักกีฬาลีลาศ ระบำได้น้ำ และกระโดดน้ำ เป็นต้น



ภาพที่ 5.6 แสดงการเคลื่อนไหวของทักษะปิด-ทักษะเปิด (Poulton, 1957; Gentile, 1972 อ้างถึงในเจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 408)

การพิจารณาตัดสินใจว่าการเคลื่อนไหวของทักษะกลไกการเคลื่อนไหวทักษะใดทักษะหนึ่งเป็นทักษะเปิด หรือทักษะปิด พิจารณาได้จากความสามารถในการกำหนดการเคลื่อนไหวหรือใช้ความสามารถในการเคลื่อนไหวอย่างไรให้บรรลุเป้าหมายตามที่ต้องการ ความสำเร็จของการเคลื่อนไหวจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวในแต่ละขั้นตอนของนักกีฬาว่าถูกต้องสมบูรณ์แบบเพียงใด สภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์แวดล้อมภายนอกมิได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว เช่น ยิมนาสติก ยิงปืน ยิงธนู ยิงประตูที่จุดโทษ การตีลูกซอฟท์บอลที่ฐานตี เป็นต้น การปฏิบัติทักษะดังกล่าวนี้เรียกว่า ทักษะปิด (Closed skills)

ส่วนการเคลื่อนไหวหรือการปฏิบัติทักษะที่อยู่กลางๆ (Midpoint of the continuum) ระหว่างทักษะเปิดกับทักษะปิด ได้แก่ ทักษะการเคลื่อนไหวที่มีการปรับเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละโอกาส เช่น การเสิร์ฟในกีฬาเทนนิส แบดมินตัน เทเบิลเทนนิส วอลเลย์บอล เซปักตระกร้อ การตีลูกซอฟท์บอล ที่ถูกขังมาช้า (Pitched) การเดินร่ากับคู่ เป็นต้น ซึ่งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์แวดล้อม อาจส่งผลกระทบต่อการเล่นไหว หรือมีความกดดันต่อการปฏิบัติทักษะไม่มากนักน้อย การปฏิบัติทักษะในการเล่นแต่ละครั้งจำเป็นต้องอาศัยความสามารถในการเปลี่ยนแปลงท่าทางรูปแบบวิธีการเคลื่อนไหวให้สัมพันธ์สอดคล้องกับสถานการณ์แวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงที่อำมคงที่ในแต่ละสถานการณ์ เช่นการรับลูกเสิร์ฟ การตีโต้ลูกในกีฬาเทนนิส แบดมินตัน เทเบิลเทนนิส การเลี้ยงบอล การรับ-ส่งบอล การยิงประตูในกีฬาฟุตบอล ฟุตบอลและบาสเกตบอล เป็นต้น นักกีฬาจึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนทักษะหรือมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้เทคนิคทักษะ รวมทั้งต้องการพัฒนาเทคนิคทักษะให้มีความหลากหลาย เพื่อให้สามารถปรับใช้ทักษะและการเคลื่อนไหวได้ในทุกสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป หรือความมั่นคง การปฏิบัติทักษะในลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า ทักษะเปิด (Open skills)



ภาพที่ 5.7 แสดงทักษะบางทักษะสามารถเลื่อนไหลจากทักษะเปิดไปสู่ทักษะปิด (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557: 409)

2. พิจารณาจากธรรมชาติการเคลื่อนไหวและความสัมพันธ์ระหว่างผู้ที่แสดงความสามารถในการเคลื่อนไหวกับสภาพแวดล้อมในระหว่างการใช้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Nature of the movement and relationship between the performance and the environment)

3. พิจารณาทักษะกลไกการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้แขนและขาในการขับเคลื่อนอุปกรณ์กีฬาไปพร้อมกับการเคลื่อนไหวร่างกาย (Secondary manipulation of the limbs)

เจริญ กระบวนรัตน์ (2557) การเคลื่อนไหวร่างกายขณะปฏิบัติกิจกรรมกีฬา จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากการเคลื่อนไหวร่างกายในขณะปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันปกติ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมกีฬาแต่ละประเภทนอกจากใช้ทักษะการเคลื่อนไหวพื้นฐานเบื้องต้นแล้ว ผู้ที่ปฏิบัติกิจกรรม (เล่นกีฬา) ยังจะต้องเข้าใจในหลักการและทักษะเฉพาะของกีฬานั้นๆ ตลอดจนสามารถนำทักษะที่เป็นรูปแบบเฉพาะของกีฬานั้นๆมาใช้ และหากต้องการที่จะประสบความสำเร็จสูงสุดในแง่ของการปฏิบัติด้วยแล้ว ก็ควรจะนำความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวเข้ามาประยุกต์ใช้ร่วมด้วย ดังนั้น การศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวมาประยุกต์ใช้ในการเล่นกีฬา จึงเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนที่จะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถนำหลักการดังกล่าวมาปรับใช้ ซึ่งจะส่งผลให้การเล่นกีฬาดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดจนเกิดความปลอดภัยในขณะปฏิบัติและหลังการปฏิบัติกิจกรรม

การนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์กีฬา

อุปกรณ์กีฬา ในที่นี้จะหมายถึง อุปกรณ์ที่ช่วยให้การเล่นกีฬาของผู้เล่นกีฬามีประสิทธิภาพและเพิ่มความปลอดภัยขึ้น

ในระดับชั้นนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์กีฬาที่มีลักษณะเป็นคาน กับอุปกรณ์กีฬาที่ช่วยให้การเคลื่อนไหวร่างกายมีประสิทธิภาพและเพิ่มความปลอดภัยเพิ่มขึ้น

1. อุปกรณ์กีฬาที่มีลักษณะเป็นคาน ได้แก่ อุปกรณ์ที่มีความยาวของด้ามจับ ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความยาวของแขนของแรงพยายามตามหลักของคาน อุปกรณ์กีฬาที่มีลักษณะเป็นคาน ได้แก่ ไม้กอล์ฟ ไม้ฮอกกี้ ไม้เบตมินตัน ไม้เทนนิส ซึ่งอุปกรณ์กีฬาที่มีลักษณะดังกล่าวเกี่ยวข้องกับหลักการที่ว่า

1) เมื่อแขนของความพยายามยาวกว่าแขนของความต้านทาน เราใช้แรงน้อยลง แต่ความเร็วและระยะทางเพิ่มขึ้น

2) เมื่อแขนของความพยายามเท่ากับแขนของความต้านทาน เราใช้แรงเท่ากัน

3) เมื่อแขนของความพยายามสั้นกว่าแขนของความต้านทาน เราใช้แรงมากขึ้น แต่ได้ความเร็วและระยะทางเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างเช่น การใช้ไม้กอล์ฟตีลูกกอล์ฟ ถ้าเง้อแขนในมุมที่เท่ากัน การตีด้วยไม้กอล์ฟที่ยาวกว่าจะทำให้มีความเร็วที่ปลายไม้มากกว่าไม้สั้น ซึ่งทำให้เกิดโมเมนตัม หรือเกิดแรงกระแทกมาก สามารถตีลูกได้ไกล หรือการตีเทนนิสให้แรง จะมีการตอคานด้วยไม้แร็กเกต ขาจะต้องห่างกันพอสมควร เพื่อให้ฐานกว้าง เพราะจะทำให้เกิดการเปลี่ยนทางยากขึ้น ศอกและข้อมือจะต้องคงที่เพื่อให้คานมีลักษณะที่แข็งแรง การเหวี่ยงแขนไปด้านหลังมากๆ การบิดตัวและการวิ่งเข้าหาลูกจะทำให้เกิดความเร็วที่จุดกระทบมากขึ้น แรงในการตีจะมีมากขึ้นไปด้วย



ภาพที่ 5.8 การใช้ไม้กอล์ฟตีลูกกอล์ฟ

ที่มา: <http://www.thailandgolfonline.com/archives/732>

2. อุปกรณ์ที่จะช่วยให้การเคลื่อนไหวร่างกายมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพิ่มขึ้น อุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้ เช่น รองเท้ากีฬา หรือถุงมือสำหรับจับอุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิด ผ้าสำหรับพันด้ามจับอุปกรณ์กีฬา ชุดเสื้อผ้าที่สวมใส่ในการเล่นกีฬา ตลอดจนเครื่องป้องกันอันตรายจากการเล่นกีฬา อุปกรณ์กีฬาดังกล่าวจะมีส่วนที่ช่วยในการเพิ่มเติมประสิทธิภาพในการเล่นกีฬา โดยมีหลักการเกี่ยวข้องกับเรื่องของการเพิ่มและลดแรงเสียดทาน ซึ่งเรื่องดังกล่าวนี้ นักเรียนสามารถที่จะศึกษาได้จากตัวอย่างในหัวข้อ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความสมดุล (ยงยุทธ ชมไชย, 2559)

การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การปฏิบัติ (Human performance analysis)

การวิเคราะห์และการประเมินการเคลื่อนไหว เป็นหัวใจที่สำคัญของวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว การวิเคราะห์นี้สามารถช่วยให้เข้าใจกลไกของกีฬาประเภทต่างๆ ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปปรับปรุงเทคนิคต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น มีลักษณะการวิเคราะห์การปฏิบัติได้เป็น 2 ประเภท คือ การปฏิบัติแบบอนุมานและอุปมาน (Deductive and inductive analysis) ซึ่งมีวิธีการและกระบวนการ (Rasch & Burke, 1978) ดังนี้

การวิเคราะห์ด้วยวิธีอนุมาน (Deductive) วิธีนี้เริ่มจากการเคลื่อนไหวเฉพาะอย่าง (Special Human movement) หรือลักษณะของการปฏิบัตินั้น (Performance) โดยอธิบายถึงลักษณะของการเคลื่อนไหว แล้วประเมินการเคลื่อนไหวกับเกณฑ์ (Criteria) ที่ได้พิจารณาไว้แล้ว เช่น นักกายภาพบำบัดหรือนักพลศึกษา อาจวิเคราะห์ทักษะทางกีฬาประเภทต่างๆ (Sport Skill) หรือการออกกำลังกายแบบต่างๆ (Physical Exercise) เป็นต้น

นอกจากนั้นการประเมินการออกกำลังกายกับการฟื้นฟูสภาพ การแก้ไขทรวดทรง การพัฒนาความแข็งแรง การทำงานของข้อต่อ เป็นการเคลื่อนไหวด้วยวิธีของ Structural-Functional Kinesiology จะช่วยตอบปัญหาการเคลื่อนไหวที่ปฏิบัติจริง มีผลต่อสรีร และอวัยวะต่างๆ อย่างไรก็ตามในด้าน Mechanical Kinesiology จะช่วยตอบคำถามที่ว่า การเคลื่อนไหวนั้นสามารถปฏิบัติได้ตามศาสตร์เพียงใด

การวิเคราะห์ด้วยวิธีอุปมาน (Inductive) เป็นการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เริ่มด้วยผล (Outcome) ของการปฏิบัติที่ต้องการ เช่น การมีทรงทรงที่ดี การเพิ่มรวมแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หรืออื่นๆ ที่กำหนดไว้เป็นเป้าหมาย ต่อจากนั้นผู้วิเคราะห์กำหนดแบบฝึก (Exercise) หรือทักษะของ กีฬาประเภทต่างๆ โปรแกรมฝึก หรือสภาพของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้การปฏิบัติประสบความสำเร็จตาม เกณฑ์ที่วางไว้ ลำดับสุดท้ายวิเคราะห์และประเมินผลลัพธ์ที่ต้องการกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การ วิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะตอบคำถามที่ต้องการ ส่วนทางการแพทย์และกายภาพบำบัดจะช่วยต่อคำถามที่ จะช่วยในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมมากกว่าคุณภาพของการปฏิบัติ การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวผู้ วิเคราะห์จะต้องคำนึงถึง ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว การพิจารณาเกี่ยวกับ บุคคลและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ และความคิดสร้างสรรค์ด้านวิชาชีพและหลักวิชาการต่างๆ และมีขั้นตอน ดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ

1. อธิบายเกี่ยวกับการปฏิบัติหรือการเคลื่อนไหวที่จะทำการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นส่วนๆ
2. การวิเคราะห์การทำงานของข้อต่อและกล้ามเนื้อ
3. การประเมินการเคลื่อนไหวโดยใช้วิธี Subjective กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 1 อธิบายเกี่ยวกับเคลื่อนไหวที่จะทำการวิเคราะห์ แบ่งออกเป็นส่วนๆ

ประกอบด้วย

- 1) บอกชื่อของการเคลื่อนไหวที่เลือกหรือกำหนดไว้
- 2) ควรใช้รูปภาพหรือภาพถ่ายเส้นอธิบายลักษณะของการเคลื่อนไหว
- 3) อธิบายการทำงานของข้อต่อ ถ้าสามารถจัดหาได้ควรใช้ Electro goniometer ใน การศึกษาการทำงานของข้อต่อ
- 4) บันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อ อาจจะใช้ Electromyographic recording หรือ ตรวจสอบด้วยการสัมผัส
- 5) แบ่งการเคลื่อนไหวออกเป็น สอง-สามส่วน และอธิบายแต่ละส่วนให้ชัดเจน โดยกล่าวถึง กล้ามเนื้อและการทำงานของข้อต่อ
- 6) อธิบายการเคลื่อนไหวแต่ละส่วนควรใช้คำศัพท์เฉพาะทางกายวิภาค (Anatomical terminology)

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์การทำงานของข้อต่อและกล้ามเนื้อ ขั้นตอนนี้สำคัญมากในแต่ละ ขั้นตอนของการเคลื่อนไหวจะกล่าวถึงการทำงานของข้อต่อและกล้ามเนื้อ

ขั้นตอนที่ 3 การสรุปและประเมินการเคลื่อนไหว ข้อสรุปและผลของการประเมินการ เคลื่อนไหวสามารถแสดงถึงความหมายและการนำผลจากการวิเคราะห์ไปใช้ความเที่ยงตรงในการ ประเมินนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 เพื่อให้มีความสำเร็จเกี่ยวกับการทำงานของข้อต่อ และ กล้ามเนื้อควรศึกษาให้มีความรู้จริงและชัดเจน (Cooper & Glassow, 1976)

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการทำงานของข้อต่อและกล้ามเนื้อ ควรพิจารณา ประกอบด้วย

1. ความรู้เบื้องต้น
2. ศัพท์เฉพาะของการทำงานของข้อต่อ
3. การสังเกตการทำงานของข้อต่อ
4. แรงภายนอกที่กระทำต่อการทำงานของข้อต่อ
5. กลุ่มกล้ามเนื้อที่เคลื่อนไหว

6. ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

7. ชนิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย การประเมินชนิดการเคลื่อนไหวของร่างกายอาศัยการสังเกตในขณะปฏิบัติกิจกรรมหรือใช้ Electromyography สำหรับการเคลื่อนไหวของร่างกายแบ่งออกได้ ดังนี้

7.1 Sustained movement (SF) การเคลื่อนไหวแบบนี้อาจจะช้าหรือเร็วหรืออาจจะเคลื่อนที่นิดเดียวหรือเต็มที่ได้ “Sustained force” หมายถึง แรงที่สนับสนุน ซึ่งมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มที่เคลื่อนไหวโดยตรง (Mover) ซึ่งทำงานต่อต้านกับแรงต้านทาน ขณะที่กล้ามเนื้อทำงานตรงข้ามกัน (Antagonist) คลายตัวหรือผ่อนตามสบาย ตัวอย่างเช่น การยกน้ำหนักขึ้นจากพื้น กล้ามเนื้อกลุ่ม Agonist จะหดตัวแบบ Concentric contraction ซึ่งสามารถเอาชนะความต้านทานได้ ชนั่ค่อยๆ ลดน้ำหนักลง กล้ามเนื้อกลุ่มเดิมนี่จะหดตัวแบบ Eccentric contraction เช่นเดียวกับการยกน้ำหนัก เพราะ Sustained force เท่ากับแรงต้านทานนั่นเอง

7.2 Passive movement หมายถึง การเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อไม่ต่อเนื่องหรือไม่เคลื่อนไหวอยู่เสมอ สามารถแยกกลุ่มย่อยๆ ได้ดังนี้

7.2.1 Manipulation เป็นแรงจากบุคคลอื่น นอกเหนือจากแรงดึงดูดของโลก เช่น แบกเพื่อนไว้บนหลัง การเล่นสเก็ต การเตะบิลเลียด เป็นต้น

7.2.2 Inertial movement of coasting เป็นการเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องจากการเตรียมก่อนที่จะมีการเคลื่อนไหว ซึ่งไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อ และมีแรงอิทธิพลมาจากแรงเสียดทาน ความต้านทานของอากาศ ความหนืด (Sticky) ของเนื้อเยื่อ ความตึงของเอ็น เช่น การพุ่งตัวของกบไปข้างหน้า การสไลด์ตัวเข้าบ้านของกอล์ฟเบสบอลหรือซอฟบอล เป็นต้น

7.2.3 Gravitational movement or falling เป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก เช่น การล้ม การเคลื่อนไหวของนักยิมนาสติกประเภทยัดหยุน

7.3 Ballistic movement (BAL) เป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วย การเคลื่อนไหวหลายแบบในการเคลื่อนไหว ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 เป็นการเคลื่อนไหวแบบ Sustained force

ขั้นที่ 2 เป็นการเคลื่อนไหวแบบช้าๆ ปราศจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Inertial movement)

ขั้นที่ 3 เป็นการลดความเร็วอันเนื่องมาจากการหดตัวแบบ Eccentric contraction ของกล้ามเนื้อกลุ่มทำงานตรงข้ามกัน แต่จะทำงานต่อเนื่องกัน เช่น การตีลูกซอฟบอล การตบลูกขนไก่ การตีลูกหน้ามือและหลังมือของเทนนิส

7.4 Guided movement of tracking เป็นการเคลื่อนไหวที่ต้องการความแม่นยำและความแน่นอนแต่ไม่ต้องการความเร็วและความแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่โดยตรงและกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกัน เช่น การยกถ้วยกาแฟ การเขียนหนังสือ การช้อนนาฬิกาข้อมือ เป็นต้น

7.5 Dynamic balance movement เป็นการเคลื่อนไหวของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานเปี่ยงเบนไปจากการทางตัวที่ต้องการ และต้องการหาความสมดุลขณะเคลื่อนที่ เช่น การแกว่งตัวไปมาที่ผิดปกติ การที่จะรักษาการทรงตัวให้ดีขึ้น โดยอาศัยกลุ่มกล้ามเนื้อโดยตรง และประสาทรับความรู้สึก

7.6 Oscillating movement เป็นการเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาอย่างรวดเร็วในช่วงของการเคลื่อนไหวแต่ละครั้ง เช่น การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา เครื่องบอกจังหวะ (Metronome) การทำงานในลักษณะดังกล่าว เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามทำงานเด่นและด้อยสลับกัน ความเร็วในการเคลื่อนไหว ซึ่งขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ทักษะกลไก (Motor learning) น้ำหนักหรือความเฉื่อย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เคลื่อนไหว

จากการศึกษาส่วนต่างๆ ของร่างกาย พบว่า จังหวะสูงสุดในการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบนนั้น พบว่า

- 1) บริเวณหัวไหล่ สามารถเคลื่อนไหวได้ 5-6 ครั้งต่อวินาที
- 2) ข้อศอกสามารถเคลื่อนไหวได้ 8-9 ครั้งต่อวินาที
- 3) แขนส่วนล่างสามารถเคลื่อนไหวได้ 3-4 ครั้งต่อวินาที
- 4) ข้อมือสามารถเคลื่อนไหวได้ 10-11 ครั้งต่อวินาที
- 5) นิ้วมือ สามารถเคลื่อนไหวได้ 8-9 ครั้งต่อวินาที

8. กล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำงานโดยตรง (Specific muscles active) การทำงานแต่ละกิจกรรมควรระบุกลุ่มของกล้ามเนื้อที่ทำงานโดยตรง ทางพลศึกษาจะระบุถึงกล้ามเนื้อที่ทำงานโดยตรง ส่วนทางการแพทย์มักจะระบุถึงกล้ามเนื้อค้ำจุนในการทำงานส่วนต่างๆ ของร่างกาย

9. การงัดทำงานที่ไม่ต้องการ (Undesired side action) กล้ามเนื้อบางกลุ่มสามารถทำงานได้หลายอย่าง เช่น สามารถทำงานได้ทั้งการกางและการงอ แต่การทำงานที่ต้องการในขณะนั้น คือการงอเท่านั้น ดังนั้นกล้ามเนื้อกลุ่มนี้จึงควรงดการกาง เรียกว่า กล้ามเนื้องดการทำงานที่ไม่ต้องการ (Neutralization) (Cooper & Glassow, 1976)

สรุปท้ายบท

การนำหลักทางวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ทำให้ความรู้และความเข้าใจในการศึกษาที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายของคนเรา โดยอาศัยองค์ความรู้สำคัญที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวทางกายวิภาคศาสตร์ กลศาสตร์ และสรีรวิทยา ความรู้ที่ศึกษาจากองค์ความรู้ดังกล่าวจะช่วยให้เข้าใจในหลักการต่างๆ ทั้งในชีวิตประจำวัน และในการเล่นกีฬาให้มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเพิ่มมากยิ่งขึ้น การนำความรู้ความเข้าใจและหลักการเรื่องระดับทักษะการเคลื่อนไหว เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรม การจัดทำแบบทดสอบ เพื่อคัดเลือกหรือแยกบุคคลได้ เช่น การจัดทำแบบทดสอบความสามารถทางการกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนที่จะประเมินนักกีฬาในทีมเพื่อพัฒนาสู่ความสำเร็จสูงสุดได้ นอกจากนี้องค์ความรู้ทางด้านชีวกลศาสตร์ยังเป็นสิ่งสำคัญที่นำไปสู่การค้นพบวิธีการแก้ไขปัญหา และวิธีการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสร้างสรรค์รูปแบบการเคลื่อนไหวทางด้านเทคนิคทักษะกีฬาให้มีความหลากหลาย และการใช้แรงให้กับนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพได้สูงสุด

การวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้สามารถพิจารณา ลักษณะของกิจกรรมแต่ละประเภทที่มีความแตกต่างกันโดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1) การพิจารณาจากธรรมชาติของสภาพแวดล้อม (Nature of the environment) การเคลื่อนไหวสามารถเลื่อนไหล (Continuum) หรือสับเปลี่ยนหมุนเวียนกลับไปกลับมา จากทักษะปิด (Closed skills) ไปสู่ทักษะเปิด (Open skills) หรือทักษะเปิดไปสู่ทักษะปิด 2) พิจารณาจากธรรมชาติการเคลื่อนไหวและความสัมพันธ์ระหว่างผู้ที่

แสดงความสามารถในการเคลื่อนไหวกับสภาพแวดล้อมในระหว่างการปฏิบัติทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Nature of the movement and relationship between the performance and the environment) 3) การพิจารณาทักษะกลไกการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้แขนและขาในการขับเคลื่อนอุปกรณ์กีฬาไปพร้อมกับการเคลื่อนไหวร่างกาย (Secondary manipulation of the limbs) นอกจากนั้น การนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์กีฬายังช่วยให้การเล่นกีฬาของผู้เล่นกีฬามีประสิทธิภาพและเพิ่มความปลอดภัยขึ้น

การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การปฏิบัติ (Human performance analysis) การวิเคราะห์และการประเมินการเคลื่อนไหว เป็นหัวใจที่สำคัญของวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว การวิเคราะห์นี้สามารถช่วยให้เข้าใจกลไกของกีฬาประเภทต่างๆ ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปปรับปรุงเทคนิคต่างๆ ให้ดียิ่งขึ้น มีลักษณะการวิเคราะห์การปฏิบัติได้เป็น 2 ประเภท คือ การปฏิบัติแบบอนุมานและอุปมาน (Deductive and inductive analysis) ซึ่งมีวิธีการ และกระบวนการ

การวิเคราะห์ด้วยวิธีอนุมาน (Deductive) วิธีนี้เริ่มจากการเคลื่อนไหวเฉพาะอย่าง (Special Human movement) หรือลักษณะของการปฏิบัตินั้น (Performance) โดยอธิบายถึงลักษณะของการเคลื่อนไหว แล้วประเมินการเคลื่อนไหวกับเกณฑ์ (Criteria) ที่ได้พิจารณาไว้แล้ว เช่น นักกายภาพบำบัดหรือนักพลศึกษา อาจวิเคราะห์ทักษะทางกีฬาประเภทต่างๆ (Sport Skill) หรือการออกกำลังกายแบบต่างๆ (Physical Exercise) ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธีอุปมาน (Inductive) เป็นการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เริ่มด้วยผล (Outcome) ของการปฏิบัติที่ต้องการ เช่น การมีทรงทรงที่ดี การเพิ่มความเร็วและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหรืออื่นๆ ที่กำหนดไว้เป็นเป้าหมาย ต่อจากนั้นผู้วิเคราะห์กำหนดแบบฝึก (Exercise) หรือทักษะของกีฬาประเภทต่างๆ โปรแกรมฝึก หรือสภาพของสิ่งแวดล้อมที่ทำให้การปฏิบัติประสบความสำเร็จตามเกณฑ์ที่วางไว้ ลำดับสุดท้ายวิเคราะห์และประเมินผลลัพธ์ที่ต้องการกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะตอบคำถามที่ต้องการในการแก้ไขข้อบกพร่อง ส่งเสริมฟื้นฟู และพัฒนาการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ที่มีการเคลื่อนไหวสู่การพัฒนาการแข่งขันกีฬาเพื่อความเป็นเลิศ

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ให้นิสิตเลือกทักษะหรือการเคลื่อนไหวในกีฬาประเภทต่างๆ 2-3 ทักษะ ฝึกการแบ่งทักษะออกเป็นขั้นตอนพร้อมทั้งมีรูปภาพประกอบแต่ละขั้นตอน
2. ให้นิสิตระบุการเคลื่อนไหวในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว
3. ให้นิสิตฝึกหัดการวิเคราะห์การปฏิบัติด้วยวิธีอนุมาน เลือกทักษะที่สนใจ
4. ฝึกการสังเกตการปฏิบัติของนักกีฬาหรือเพื่อนนิสิตที่มีความสามารถในกีฬาแต่ละประเภท แล้วนำมาปรับปรุงการเคลื่อนไหวของตนเอง ให้สรุปประโยชน์ของการสังเกต

บทที่ 6

ทฤษฎีและการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกาย

การเรียนรู้ เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวรของบุคคลอันเป็นผลมาจากประสบการณ์ในอดีต ทั้งจากการฝึกฝนและการที่มนุษย์ได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว และมีปริมาณของความรู้ที่เพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมดังกล่าวนั้นไม่ได้ เกิดขึ้นจากการกินยา ความเหน็ดเหนื่อย หรือเป็นผลเนื่องมาจากภาวะ การเรียนรู้เกิดขึ้นบนฐานของความรู้และทักษะที่เรียนรู้มาแล้ว การเรียนรู้ไม่ได้เกิดขึ้นจากการส่งต่อจากผู้หนึ่งไปยังอีกผู้หนึ่ง ดังนั้นสิ่งที่ครูทำคือช่วยให้แก่นเรียนรู้เกิดการเรียนรู้ ความรู้ที่ผู้เรียนมี อาจผิดบางส่วน หรือ ผิดทั้งหมด ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ใหม่มีอุปสรรค และทำให้ยากขึ้น เรียกว่า **Conceptual Change** ความรู้มี 3 ประเภท ประกอบด้วย ความรู้ด้านความหมาย (What) ความรู้ด้านขั้นตอน (How) และความรู้ด้านทักษะปฏิบัติ (Psychomotor skills) การเรียนรู้ความรู้แต่ละประเภทจะใช้วิธีการที่แตกต่างกัน

ความรู้ด้านความหมาย เป็นการทำให้ผู้เรียนได้สร้างความคิดใหม่ด้วยตัวเอง โดยผู้สอนสร้างสิ่งแวดล้อมให้เกิดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียน สร้าง ทดสอบ ขยาย จากความรู้เดิมที่ตนเองมี

การเรียนรู้ด้านขั้นตอน เป็นทำโดยจัดสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติหลายๆ ครั้ง จนทำได้โดยอัตโนมัติ โดยมีผู้รู้ให้ข้อมูลย้อนกลับที่จะให้เกิดความเข้าใจว่าอะไรที่ถูกต้องและอะไรที่ผิด

การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ เป็นการเรียนรู้ในบางเรื่องอาจต้องให้ผู้เรียนมี ความรู้ด้านความหมาย ด้านขั้นตอนก่อน จึงจะสามารถจัดสิ่งแวดล้อมให้เกิดการเรียนรู้ทักษะปฏิบัติ ในขณะที่การเรียนรู้ทักษะปฏิบัติบางเรื่อง อาจไม่จำเป็นต้องผ่านการเรียนรู้ทั้งสองประเภทนี้ก่อนก็ได้

การเรียนรู้ที่ดีที่สุดควรเป็นระดับที่สามารถนำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้จริงในบริบทเดิมหรือบริบทที่แตกต่างจากเดิมหรือที่เรียกว่า **Meaningful learning**

การจัดเก็บและการใช้ความรู้ให้เกิดประโยชน์ ต้องเกิดจากการเชื่อมโยงความรู้เดิม กับความรู้ใหม่ การร่วมมือกันในการเรียนรู้จะทำให้เกิดการเรียนรู้นานกว่าที่เรียนรู้โดยลำพัง การอธิบายสิ่งที่เรียนรู้ ให้กับเพื่อน ครู หรือ ตนเอง จะยิ่งกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ (ฝ่ายวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์, 2555)

ทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ (Learning management)

การเรียนรู้ (Learning) นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ไว้ดังนี้

สจวร์ต โค้วตระกูล (2550: 186) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ว่า หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์ ที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหรือจากการฝึกหัด รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงความรู้ของผู้เรียน

สิริอร วิชชาวุธ (2554:2) ได้กล่าวว่าการเรียนรู้มีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ มนุษย์ต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงจากไม่รู้ เป็นรู้ ทำไม่ได้ เป็นได้ ไม่เคยทำ เป็นทำ

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนั้นเป็นไปอย่างถาวรการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนั้นเกิดจากประสบการณ์ การฝึกฝนและการฝึกหัด จะเห็นได้ว่าการเรียนรู้ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวรของบุคคล อันเป็นผลมาจากประสบการณ์ในอดีต ทั้งจากการฝึกฝน การปฏิสัมพันธ์กับประสบการณ์รอบตัวและมีปริมาณองค์ความรู้ที่เพิ่มมากขึ้น

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

ทฤษฎีการเรียนรู้เป็นเรื่องที่สำคัญอีกเรื่องหนึ่งที่ครูจะต้องศึกษาก่อนการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ จะทำให้ครูเข้าใจกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงกับ ผู้เรียน ในการจัดการเรียนรู้ถ้าครูศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ก่อนแล้วนำแนวคิดจากทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติคือการจัดการเรียนรู้ จะทำให้การจัดการเรียนรู้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างรวดเร็วกว่าที่เราจัดการเรียนรู้โดยไม่มีทฤษฎีรองรับเพราะทฤษฎีต่างๆ นั้นได้มีการค้นคว้าทดลองจนเป็นที่ยอมรับพูดง่าย ๆ ก็คือได้ผ่านการพิสูจน์มาแล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เลย

แนวคิดและแนวปฏิบัติของทฤษฎีการเรียนรู้ไว้ตั้งแต่แนวคิดเกี่ยวกับการกระทำหรือพฤติกรรมของมนุษย์ ซึ่งมี 3 แนวคิด

แนวคิดที่ 1 เชื่อว่าพฤติกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ เกิดขึ้นจากแรงกระตุ้นภายในตนเอง

แนวคิดที่ 2 เชื่อว่าพฤติกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ เกิดขึ้นจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมมิใช่มาจากแรงกระตุ้นภายใน

แนวคิดที่ 3 เชื่อว่าพฤติกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ เกิดขึ้นทั้งจากสิ่งแวดล้อมและจากแรงกระตุ้นภายในตัวบุคคล

ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ในช่วงก่อนคริสต์ศตวรรษที่ 20 มี 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เน้นการฝึกจิตหรือสมอง กลุ่มที่เน้นการพัฒนาไปตามธรรมชาติและกลุ่มที่เน้นการรับรู้และเชื่อมโยงความคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 20 มี 4 กลุ่มคือกลุ่มพฤติกรรมนิยม กลุ่มพุทธินิยม กลุ่มมนุษยนิยม และกลุ่มผสมผสาน นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีการเรียนรู้และการสอนร่วมสมัย เช่น ทฤษฎีกระบวนการทางสมองและการประมวลข้อมูล ทฤษฎีพหุปัญญา ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานและทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นต้น (ทิกนา แชมมณี, 2550: 40-107)

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ทะลุกลไกการเคลื่อนไหว ถือเป็นสหศาสตร์ (Interdisciplinary) ซึ่งหมายถึงศาสตร์ที่นำเอาเนื้อหาตลอดจนขอบเขตการศึกษาของศาสตร์ต่างๆ มาผสมผสานกันประยุกต์เป็นศาสตร์ขึ้นมาใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจต้องดึงเอาเนื้อหาหรือทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้ (Theories of learning) ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ (Theories of learning) ทฤษฎีทางพฤติกรรมศาสตร์ (Behavior theory) ทฤษฎีทางจิตวิทยาพัฒนาการ (Theories of developmental psychology) ทฤษฎีทางจิตวิทยาสังคม (Theories of social psychology) ฯลฯ มาประยุกต์เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่ทะลุกลไกการเคลื่อนไหว ที่มีเนื้อหาหลักการเป็นของตนเอง เพื่อประโยชน์ของการศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการเกิดการเรียนรู้ที่ทะลุกลไกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ จากนั้นพัฒนาสู่การเป็นทฤษฎีการเรียนการสอนทางพลศึกษา รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในการฝึกและการโค้ชกีฬาในชนิดกีฬาต่างๆ

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะทางกลไกไซเบอร์เนติกส์รูปแบบการควบคุมการเคลื่อนไหวโดย สมอง (Cybernetic theory of motor learning: control models)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ได้มีการพัฒนาโดยแยกได้เป็น 3
แนวคิด ได้แก่

แนวคิดที่ 1 ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกเป็นแนวคิดบนพื้นฐานของ
นักพฤติกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพัฒนาแนวคิดมาจากทฤษฎีเชื่อมโยงของธอร์นไดร์ค
(Thondrike's Connectionism) ซึ่งอ้างอิงกฎแห่งผลของการกระทำ (Law of effect) และกฎของ
การฝึกหัด (Law of exercise)

แนวคิดที่ 2 เป็นแนวคิดที่มีพื้นฐานมาจากการศึกษาทางสรีรวิทยา นักสรีรวิทยาศึกษากลไก
การทำงานของสมองในส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว ศีรษะระบบประสาทความรู้สึก ระบบประสาท
สั่งงาน ระบบประสาทอัตโนมัติ ระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษที่มีอยู่ในข้อต่อกล้ามเนื้อเอ็น
ความสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทกับระบบโครงสร้างและระบบกล้ามเนื้อที่โยงใยถึงประสิทธิภาพ
และคุณภาพการเคลื่อนไหว

แนวคิดที่ 3 เป็นแนวคิดที่มีการพัฒนาต่อเนื่องมาจากแนวคิดแรกก็คือ แนวคิดตามทฤษฎี
ความเข้าใจหรือทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitive theory) ทฤษฎีความรู้ความเข้าใจได้กล่าวถึงขั้นตอน
และกระบวนการทางสมองในการจัดกระทำข้อมูลเพื่อการควบคุมการสั่งการวินิจฉัยและตัดสินใจการ
แสดงออกซึ่งพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (Information processing theory) หลักการตามทฤษฎีนี้
จะเน้นที่บทบาทของการรับรู้ทางประสาทสัมผัสต่างๆ เป็นสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับรู้การ
เคลื่อนไหว (Proprioceptor) โดยให้ความสำคัญการกับรับรู้ที่ได้จากการเห็นและการรับรู้ที่ได้จากเซลล์
ประสาทรับความรู้สึกการเคลื่อนไหวที่มีอยู่ในข้อต่อเอ็นและกล้ามเนื้อ ซึ่งกระบวนการจัดกระทำ
ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะการเคลื่อนไหวไว้ว่ากิจกรรมที่เป็นทักษะการเคลื่อนไหว สามารถสรุปเป็นสมการ
ของการจัดกระทำข้อมูลตามระบบได้ดังนี้

กระบวนการนำเข้า (Input) ซึ่งเป็นการทำงานของประสาทรับความรู้สึกและการรู้
(Sensory and perceptual fuction) x การจัดการกระทำข้อมูลในส่วนการ (Central processing)
ซึ่งเป็นกระบวนการตัดสินใจตีความและการสั่งการ (Decision and command fuction) x การ
ส่งออก (Output) หรือการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมการเคลื่อนไหว (Motor function)

$$\text{Skilled Motor Activity} = \text{Sensory and Perceptual Function X} \\ \text{Central Processing X Output Motor Function}$$

ภาพที่ 6.1 กิจกรรมที่เป็นทักษะการเคลื่อนไหว (เอก เกิดเต็มภูมิ, 2547: 253)

การผสมผสานของกระบวนการทำงาน จะต้องมุ่งไปสู่การแสดงความพฤติกรรมที่มี
จุดมุ่งหมาย หรือมีเป้าประสงค์จึงจะทำให้การแสดงออกของพฤติกรรมต่างๆ นั้น มีการวางแผนการ

จัดโปรแกรมอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่สลับซับซ้อน (Complex learning) มากกว่าการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเพียงการตอบสนองทางพฤติกรรมการเคลื่อนไหวกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง

แนวคิดตามทฤษฎีความรู้ความเข้าใจ (Cognitive theory) ซึ่งเน้นกระบวนการจัดกระทำข้อมูลที่สมอง (Information processing theory) มีอิทธิพลต่อการสร้างแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกหรือทักษะการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน

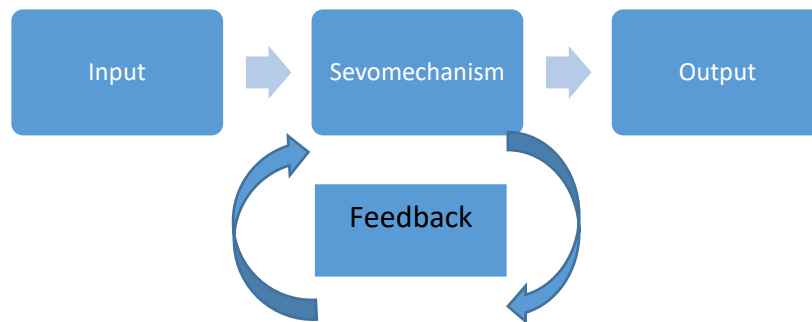
ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไก (Theories of motor-skill learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกมีจุดเริ่มต้นของการพัฒนาการมาจากทฤษฎี การเรียนรู้แบบเชื่อมโยงของธอร์นไดร์ค (Thondrik's Connectionism) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์กฎการเรียนรู้ของธอร์นไดร์ค 3 กฎหลักสู่การพัฒนาแบบการสอนทักษะ ซึ่งได้แก่ กฎความพร้อม (Law of readiness) กฎของการฝึกหัด (Law of exercise) กฎแห่งผลของการกระทำ (Law of effect) ส่วนการพัฒนาทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวสู่รูปแบบหรือกระบวนการสอนทักษะการเคลื่อนไหว ได้มีการผนวกทฤษฎีกระบวนการจัดกระทำข้อมูลข่าวสาร (Information processing theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มปัญญานิยม (Cognitive learning theory) พัฒนาเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะทางกลไกหรือทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว ไซเบอร์เนติก (Cybernetic theory of motor learning) ซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว ไซเบอร์เนติกมีอิทธิพลต่อแนวคิดการจัดการเรียนการสอนทักษะกลไกการเคลื่อนไหวและการสอนกีฬาในยุคปัจจุบัน ส่วนแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ทางด้านสรีรวิทยา (Physiological approach) จะเน้นการศึกษาและให้ความสำคัญกับการทำงานของระบบประสาทการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นส่วนเสริมข้อมูลให้กับทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวที่รากฐานของแนวคิดทฤษฎีมาจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบความคิดความเข้าใจนั่นเอง

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะทางกลไกไซเบอร์เนติกรูปแบบการควบคุมการเคลื่อนไหวโดยสมอง (Cybernetic theory of motor learning: control models) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย พิตต์และโพสเนอร์ (Horold, 1978) ซึ่งได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการจัดทำข้อมูลที่เกิดขึ้นกับสมอง การคิดวิเคราะห์ รวมทั้งการสร้างสรรค์รูปแบบของการเคลื่อนไหว กระบวนการสำคัญต่างๆ ของสมองในการกำหนดพัฒนาการและสร้างสรรค์การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นได้ นั้นประกอบด้วย

1. จินตนาการจุดมุ่งหมาย (Goal-image formation) คือการจินตนาการจุดมุ่งหมายของพฤติกรรมแสดงออกซึ่งการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นพื้นฐานหรือเป็นกระบวนการอันดับแรกของการใช้สมองในการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว
2. การตั้งความคาดหวังในผลที่จะเกิดขึ้นตามจุดมุ่งหมาย (Goal-expectancy formation) คือ แนวคิดนี้ได้เน้นความสำคัญที่ประสบการณ์ของความสำเร็จและความล้มเหลวของการแสดงออกซึ่งทักษะที่ผ่านมา (เป็นข้อมูลเก็บไว้แล้วที่สมอง) ผนวกกับความสามารถในการตีความถึงความพร้อมและความต้องการของตนเองตามสภาพการณ์และสถานการณ์ในปัจจุบัน
3. การสั่งการ และการควบคุมการพฤติกรรม (Directing and cotrolling the act) คือ กระบวนการที่สำคัญที่สุด ของกระบวนการทางสมอง คือ ขั้นตอนการรับรู้และตั้งใจที่จะแสดงออกสู่การตัดสินใจ

4. ผลย้อนกลับ (Feedback) คือการนำกลับมาส่วนหนึ่งของพฤติกรรมที่ได้แสดงออกไปแล้ว หรือที่เรียกว่าพฤติกรรมการตอบสนองมาสู่กระบวนการนำเข้าทั้งนี้เพื่อการปรับปรุงหรือย่นกรานในความถูกต้องหรือข้อผิดพลาดของการตอบสนองหรือการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมแล้วแต่กรณี (Drowatzky, 1975 อ้างถึงใน เอก เกิดเต็มภูมิ, 2547)



ภาพที่ 6.2 กระบวนการกำหนดพัฒนาการและสร้างสรรค์การเคลื่อนไหวของสมอง ระบบวงจรปิด (Close-loop) (เอก เกิดเต็มภูมิ, 2547:269)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะทางกลไกไซเบอร์เนติก ซึ่งฟิลด์และโพสเนอร์พัฒนาแนวคิดจากไวเนอร์นั้น ให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับกระบวนการการคิดวิเคราะห์ การตั้งสมมุติฐาน เพื่อคนหารูปแบบการเคลื่อนไหวที่จะแสดงออกให้เกิดประสิทธิภาพ คือแสดงออกให้สอดคล้องต่อความสามารถและศักยภาพของบุคคลแต่ละคน หรือความพอใจของบุคคลอื่นที่แสดงออกมาโดยมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาสร้างสรรค์การเคลื่อนไหวทฤษฎีไซเบอร์เนติกจะขึ้นอยู่กับการใช้ผลย้อนกลับนั่นเอง (เอก เกิดเต็มภูมิ, 2547:269)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไก 2 ขั้นตอนของอาดัมส์ (Adams two-stage theory)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไก 2 ขั้นตอนของอาดัมส์ (Adams Two-Stage Theory) ได้รับอิทธิพลจากแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยการจัดกระทำข้อมูลที่สมองหรือทฤษฎีข้อมูลข่าวสาร (Information processing theory) คำว่า 2 ขั้นตอน ตามความหมายของอาดัมส์ มีดังนี้

ขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวจากคำบอกเล่า (Verbal motor stage) เป็นขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อเข้าใจในลักษณะและรูปแบบของการเคลื่อนไหว เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องทบทวนการเคลื่อนไหวของตรวจสอบรูปแบบการแสดงออกซึ่งการเคลื่อนไหวของตนตามมโนทัศน์ของการเคลื่อนไหวที่รับรู้แล้วว่าผิดพลาดหรือถูกต้องอย่างไร เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องใช้ผลย้อนกลับจากภายนอกเพื่อสำรวจข้อบกพร่องในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่สอง คือ ขั้นตอนการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวด้วยประสาทกล้ามเนื้อ (Motor stage) เป็นขั้นตอนที่พัฒนามาจากขั้นตอนแรก เป็นขั้นที่ผู้เรียนพัฒนาความรู้สึกการเคลื่อนไหวเพื่อเชื่อมโยงความรู้สึกของการเคลื่อนไหวเข้ากับการทำงานของกล้ามเนื้อและกลุ่มของกล้ามเนื้อและกลุ่มของกล้ามเนื้อใช้สมองบังคับ และควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อเพื่อให้เกิดความรู้สึกสอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนไหว

แนวคิดทฤษฎีทักษะกลไก 2 ขั้นตอนของอาดัมส์ (Adams two-stage theory) การเรียนรู้ทักษะกลไกอยู่การรับรู้การเคลื่อนไหวการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวจะขึ้นอยู่กับภาระเหนี่ยวนำของร่องรอยการรับรู้ (Perceptual trace) สู่ร่องรอยการรับรู้การเคลื่อนไหวเฉพาะ (Appropriate perceptual trace) ซึ่งการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของคนมิได้ยึดติดกับข้อมูลผลย้อนกลับเพียงอย่างเดียว แต่ผลย้อนกลับนั้นจะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ในช่วงแรกของการเรียนซึ่งเป็นช่วงที่ผู้เรียนพัฒนาแผนอ้างอิงของการเคลื่อนไหวต่อมาเมื่อได้เรียนรู้พัฒนาการขึ้นแหล่งข้อมูลที่ใช้อ้างอิงเป็นความรู้สึกรับรู้ภายใน (Kinesthetic senses) หรือเป็นการรับรู้การเคลื่อนไหว (Motor perception) ฝังตัวเป็นความทรงจำการเคลื่อนไหว หรือ ร่องรอยการเคลื่อนไหว (Motor trace) ผู้เรียนจะเชื่อ และเห็นประโยชน์ตลอดจนให้ความสำคัญกับร่องรอยการเคลื่อนไหวมากกว่าผลย้อนกลับภายนอก

ทฤษฎีหน่วยแห่งความทรงจำของสมิทท์ (Schmidt's schema theory)

ทฤษฎีหน่วยแห่งความทรงจำของสมิทท์ (Schmidt's schema theory) มีแนวคิดมาจากเรื่องหน่วยแห่งความทรงจำ (Schema) ของบาร์เล็ทท์ ซึ่งหมายถึงการให้การเรียนรู้หรือการแสวงหาความรู้ใหม่ๆ ของมนุษย์มีความสัมพันธ์อย่างลึกซึ้งกับประสบการณ์ในอดีตของมนุษย์ ประสบการณ์ที่ผ่านมาจะเป็นตัวการสร้างหน่วยแห่งความรู้ แบบแผนหรือหน่วยแห่งความทรงจำที่หลากหลาย ข้อมูลใหม่ๆ จะผสมผสานเข้ากับโครงสร้างแห่งความรู้เดิม

ดังนั้น ทฤษฎีหน่วยแห่งความทรงจำของสมิทท์ เป็นการประยุกต์หลักการให้เข้ากับทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว คือการจำเกี่ยวกับทักษะการเคลื่อนไหวจะไม่จำข้อมูลเฉพาะส่วนของการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวของมนุษย์ในช่วงชีวิตมีหลากหลายเกินกว่าที่จะจดจำให้ละเอียด แต่มนุษย์มีความสามารถในการระลึก (Recall) และจะมีความสามารถในการสำนึกจำได้ (Recognition) ในส่วนที่เป็นหน่วยแห่งความทรงจำ (Schema) โดยภาพรวม ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างหน่วย และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่จะช่วยให้เกิดการพัฒนาตอบสนองตามสถานการณ์ต่างๆ ในขณะที่ทำการเคลื่อนไหว (Holding, 1982 อ้างถึงใน เอก เกิดเต็มภูมิ, 2547: 280)

ความสำคัญของทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวของสมิทท์ อยู่ที่การจัดกิจกรรมการเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นหน่วยกลางการสะสมข้อมูลที่เป็นเสมือนตัวแทนของการเคลื่อนไหว (Movement representation) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว หรือลำดับขั้นของการเคลื่อนไหว โดยโปรแกรมการเคลื่อนไหวมีหลายโปรแกรมมิใช่มีโปรแกรมเดียว แต่ยังมีโปรแกรมการเคลื่อนไหวส่วนละเอียดหรือเฉพาะเจาะจงอื่น อีกตามลักษณะและสถานการณ์ของการเคลื่อนไหวที่มีอยู่หลากหลายในช่วยชีวิตมนุษย์

ในการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในแต่ละครั้ง มนุษย์สามารถที่จะเลือกใช้ข้อมูลตามโปรแกรมการเคลื่อนไหวที่ตนเองเห็นว่าจะมีความเหมาะสม

ตัวอย่างเช่น ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหวซึ่งหมายถึงรวมของเวลาดังแต่เริ่มต้นเคลื่อนไหวจนกระทั่งสิ้นการเคลื่อนไหวในแต่ละลอรียาบท (Duration of movement) ข้อมูลต่อไปได้แก่ แรง (Force) หมายถึง การกำหนดโปรแกรมการใช้แรงให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการเคลื่อนไหว ประการที่ 2 ได้แก่ การเลือกใช้กล้ามเนื้อและอวัยวะ แขน ขา ให้เหมาะสมและถูกต้อง

ตามลักษณะของการเคลื่อนไหว หลังจากที่มีมนุษย์ได้เลือกใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวตามโปรแกรมที่ได้วางไว้จนสิ้นสุด และก็จะเติมข้อมูลใหม่เข้าไปผสมผสานกับข้อมูลที่มีอยู่เดิมประกอบด้วย

1. ข้อมูลของสภาพการณ์แวดล้อมโดยทั่วไป ก่อนการเคลื่อนไหวแต่ละครั้งซึ่งรวมทั้งสภาวะทางด้านร่างกายและใจ

2. รูปแบบของการเคลื่อนไหวที่ใช้เฉพาะการเคลื่อนไหวอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะ

3. ผลของการกระทำในสภาพแวดล้อมนั้น ผลทางกายภาพ (Knowledge of result)

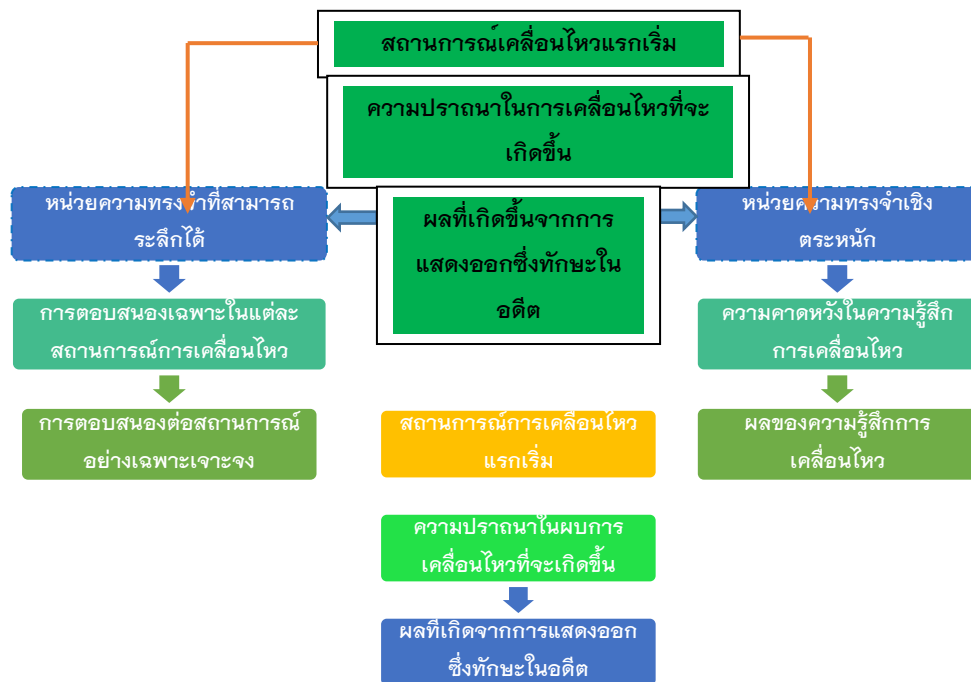
4. ความรู้สึกการเคลื่อนไหว (Sensory consequences of the action) เช่น พอใจ ไม่พอใจ รู้สึกว่าการเคลื่อนไหวสวยงามน่าชื่นชม

ข้อมูลดังกล่าวข้างต้น สามารถแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. หน่วยความจำที่สามารถระลึกได้ (Recall schema) ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์ของการเคลื่อนไหวโดยที่มนุษย์จะทำการเคลื่อนไหว

2. หน่วยความจำเชิงตระหนัก (Recognition schema) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมแรกเริ่ม กับสภาพหรือผลตามมาที่เป็นความรู้สึกการเคลื่อนไหว (Sensory consequences) สู่ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมแรกเริ่มกับความรู้สึกการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นใหม่จนพัฒนาเป็นความตระหนัก (Recognized) จนคาดการณ์และประเมินความรู้สึกการเคลื่อนไหวก่อนที่จะลงมือปฏิบัติทักษะ หรือในขณะที่กำลังแสดงออกซึ่งทักษะได้

สรุปแนวคิดทฤษฎีหน่วยแห่งความจำของซมิดท์ ได้ว่าการได้มาซึ่งทักษะ เกิดจากการที่ผู้เรียนรู้กฎเกณฑ์ต่างๆ เกี่ยวกับการทำงานของอวัยวะในส่วนต่างๆ ของร่างกายและด้วยประสบการณ์การเคลื่อนไหวมนุษย์จะเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ กับความรู้สึกของการทำงานของกล้ามเนื้อข้อต่อ หรือที่เรียกว่าความรู้สึกการเคลื่อนไหว และบันทึกข้อมูลที่เป็นรูปแบบการเคลื่อนไหว 4 องค์ประกอบ คือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม รูปแบบของการเคลื่อนไหวเฉพาะ ผลของการปฏิบัติทักษะ และความรู้สึกการเคลื่อนไหว และสิ่งที่สำคัญหลักคือข้อมูลที่เป็นผลของการปฏิบัติทักษะ (Knowledge of results)

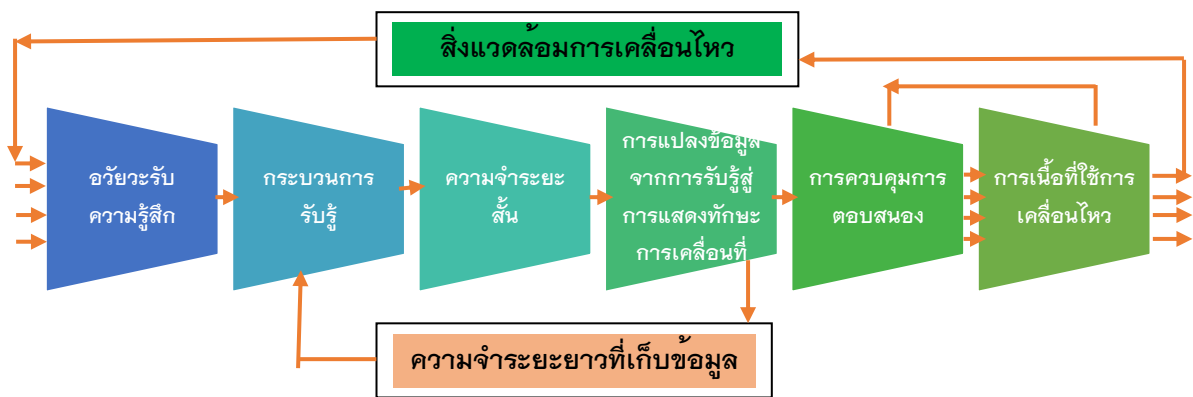


ภาพที่ 6.3 ภาพแผนภูมิการเรียนรู้ทักษะกลไกตามทฤษฎีหน่วยความทรงจำของซมิดท์ (Marteniuk, 1976)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกของการเรียนรู้ได้เพียงหนึ่งช่องสัญญาณของเวลฟอร์ด (Welford's single: channel operation learning of motor skill)

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกของการเรียนรู้ได้เพียงหนึ่งช่องสัญญาณของเวลฟอร์ด (Welford's single: channel operation learning of motor skill) เป็นทฤษฎีที่เวลฟอร์ดได้ศึกษา ปฏิกริยาตอบสนองของการเคลื่อนไหวร่างกายสองลักษณะในเวลาเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการลดลงของประสิทธิภาพในการตอบสนองข้อจำกัดของการเสนอ สิ่งเราให้ตอบสนองสองลักษณะในเวลาเดียวกันนั่นก็คือ ถ้าการเสนอจริงเราสัญญาณที่ 2 หลังจากที่เราเสนอสิ่งเราสัญญาณที่ 1 ให้ได้ ตอบสนองทันทีทันใด หลังสิ้นสุดการตอบสนองในสัญญาณที่ 1 ต้องใช้เวลาหนานับวินาทีก่อนที่จะมีการตอบสนองในสัญญาณที่ 2 เวลฟอร์ดสรุปว่า การตอบสนองในสัญญาณที่ 2 ต้องใช้เวลาหนานกว่าที่จะทำการตอบสนองได้ก็เพราะจะต้องรอให้ระบบหรือกลไกการรับรู้ที่สมองส่วนกลางว่างจากสัญญาณเสียก่อนจึงจะรับสัญญาณใหม่ได้ นอกจากนั้นเวลฟอร์ดได้เสนอแนวคิดตามทฤษฎีของเขาว่า เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Movement time = Reaction time + Muscle time) ซึ่งเป็นเวลาที่สมองใช้ในการสั่งการให้กล้ามเนื้อได้หดตัว หลังจากที่มีสิ่งเร้ามากระตุ้นจะใช้เวลามากกว่าเวลาที่กล้ามเนื้อใช้ในการหดตัวในการเคลื่อนไหวแต่ละครั้ง ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นภายในตัว โดยจะเกี่ยวกับการควบคุมตนเองและการกำกับตนเอง (Self regulation) การคำนึงถึงกระบวนการตอบสนองสามารถกลับมาเป็นสิ่งเร้าตัวใหม่เป็นกระบวนการทำงานของสมองส่วนกลาง (Response-produced stimuli operation) ซึ่งจะมีผลถึงศักยภาพและความเร็วในการเรียนรู้ รวมทั้งการนำแนวคิดการ

เรียนรู้ของมนุษย์จะเรียนรู้ได้ที่ช่องสัญญาณ กล่าวคือ มนุษย์เรามีศักยภาพในการรับรู้สิ่งเร้าได้ที่
 ละจุดไม่สามารถที่จะเรียนรู้ได้ดีถ้าหาได้รับสิ่งเร้าที่หลายๆ จุดเข้ามาสู่กระบวนการรับรู้ในเวลา
 เดียวกัน (Single-channel operation) เวลฟอร์ดได้กล่าวถึงประยุกต์ข้อค้นพบของสู่การเรียนรู้
 ทักษะการเคลื่อนไหวได้ว่าการให้ข้อมูลที่มากเกินไป ซ้ำซากจะทำให้เสียเวลาและเกินกำลังการรับ
 สัญญาณของการเรียนรู้สู่กระบวนการจัดการกระทำข้อมูลที่สมอง ส่วนการให้ข้อมูลที่น้อยเกินไปผลก็
 คือ การขาดข้อมูลหรือได้ข้อมูลไม่เพียงพอกับการสั่งการหรือควบคุมการเคลื่อนไหวให้มีผลให้การ
 แสดงออกซึ่งความสามารถของการเคลื่อนไหวไม่มีประสิทธิภาพ

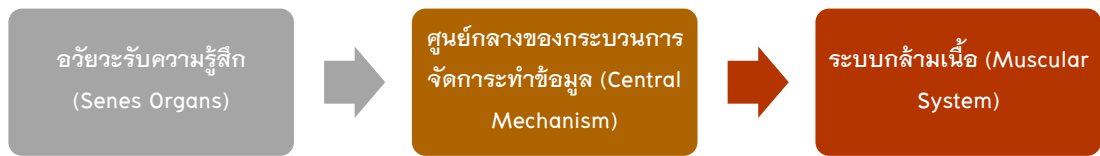


ภาพที่ 6.4 แสดงแผนภูมิกระบวนการเรียนรู้ทักษะกลไกตามแนวคิดของเวลฟอร์ด (Marteniuk, 1976)

รูปแบบการเรียนรู้ทักษะกลไกของไวท์ดิงจ์ (Whiting's model of motor learning)

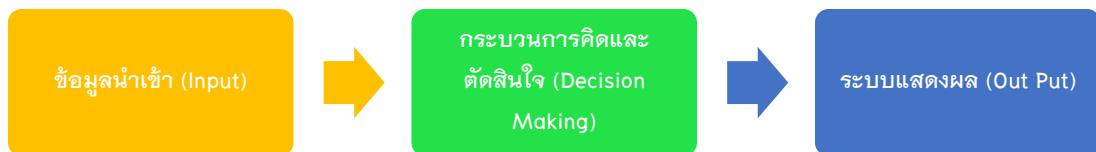
รูปแบบการเรียนรู้ทักษะกลไกของไวท์ดิงจ์ (Whiting's model of motor learning) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ไวท์ดิงจ์ รูปแบบการเรียนรู้ทักษะกลไก ซึ่งเกิดจากการวิเคราะห์ถึงระบบย่อยแต่ละระบบของการรับรู้ทักษะการเคลื่อนไหว (Sub system analysis perceptual skill performance) การทำความเข้าใจในแต่ละระบบย่อยของการรับรู้ก่อนทั้งนี้เพื่อการมองเห็นความสัมพันธ์ในแต่ละระบบย่อยของการรับรู้ทักษะการเคลื่อนไหวว่าเป็นองค์ประกอบร่วมกันเพื่อที่จะทำให้กระบวนการรับรู้เรียนรู้ทักษะกลไกมีความสมบูรณ์ องค์ประกอบหลัก ของรูปแบบการเรียนรู้ทักษะกลไก มีดังนี้

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย (Physical components) ซึ่งเป็นการพิจารณาถึงลักษณะของอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ (Sense organ) ที่ใช้ในการสร้างข้อมูลการเคลื่อนไหว ซึ่งได้แก่ อวัยวะรับความรู้สึกเห็น ได้แก่ ตา อวัยวะความรู้สึกการได้ยิน ได้แก่ เซลประสาทรับความรู้สึกที่หู และอวัยวะรับความรู้สึกการทรงตัวในหูชั้นใน อวัยวะรับความรู้สึกการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Proprioceptor) ที่เป็นเซลล์ประสาทรับความรู้สึกที่ผิวหนังในการรับแรงกดที่เซลล์ประสาทกล้ามเนื้อเอ็นและข้อต่อ ในองค์ประกอบของร่างกายให้มองต่อไปถึงศูนย์กลางการทำงานของการทำงานของสติการที่อยู่ในสมอง (Central mechanisms) ต่อจากนั้นพิจารณาถึงลักษณะของกล้ามเนื้อ ระบบของกล้ามเนื้อ ระบบโครงสร้างของร่างกาย จากการมองมิติองค์ประกอบทางด้านร่างกายของไวท์ดิงจ์ ซึ่งจะเน้นความแตกต่างของแต่ละบุคคล การเข้าถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคลว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะกลไก



ภาพที่ 6.5 องค์ประกอบทางด้านร่างกาย (Physical components) (Whiting and Whiting, 1975)

2. องค์ประกอบด้านกระบวนการการทำงาน (Funtional component) ไวทิงจี้ให้พิจารณาถึงระดับของการทำงานในลักษณะของข้อมูลนำเข้าสู่ระบบของกระบวนการการคิดและการตัดสินใจ ผ่านไปสู่ระบบการแสดงผล (Output)

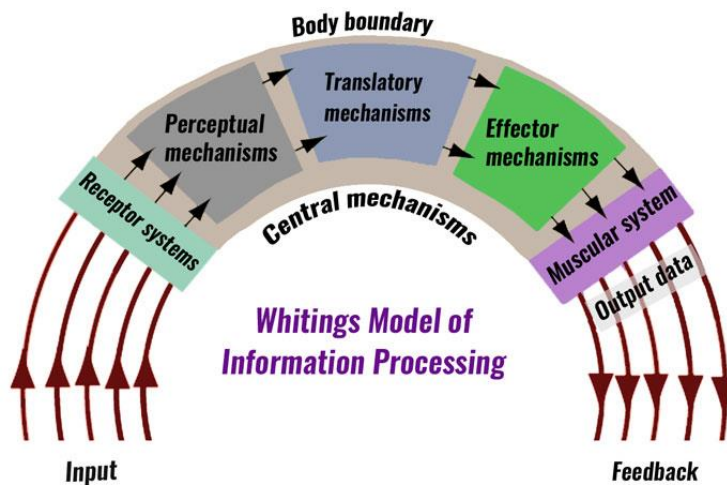


ภาพที่ 6.6 องค์ประกอบด้านกระบวนการการทำงาน (Funtional component) (Whiting and Whiting, 1975)

3. องค์ประกอบที่ 3 การวิเคราะห์ในระดับสูง คือวิเคราะห์กลไกการทำงานของระบบประสาทและสมองส่วนกลาง (Central mechanisms) ซึ่งไวทิงจี้เชื่อว่าในสมองส่วนกลางนี้ทำหน้าที่ 3 ประการ คือ เป็นกลไกการรับรู้ (Perceptual mechanisms) กลไกของการติดตามและแปลความหมายข้อมูล (Translatory mechanisms) กระบวนการควบคุมการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ เป็นกลไกสำคัญของการเคลื่อนไหว (Effector mechanisms)



ภาพที่ 6.7 วิเคราะห์กลไกการทำงานของระบบประสาทและสมองส่วนกลาง (Central mechanisms) (Whiting and Whiting, 1975)

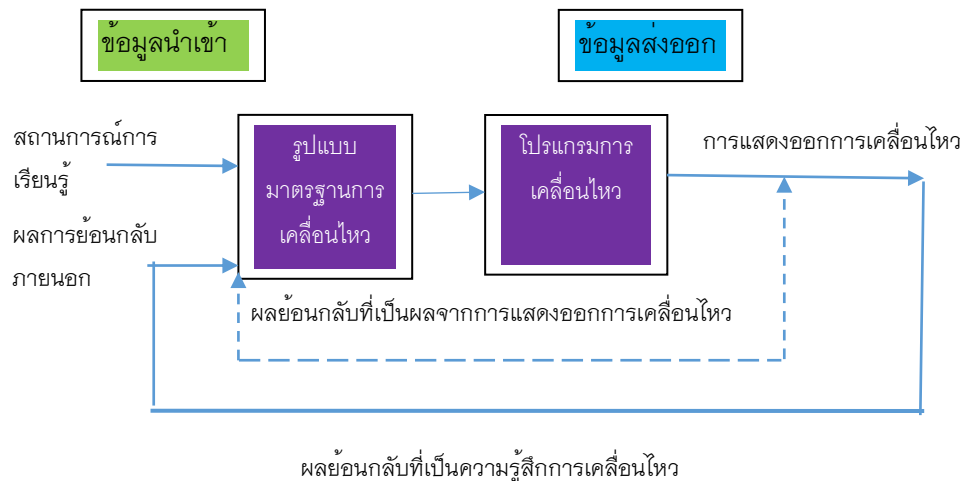


ภาพที่ 6.8 รูปแบบการวิเคราะห์ห้องค์ ประกอบของกระบวนการรับรู้การแสดงออกซึ่งการเคลื่อนไหว
ตามแนวคิดของไวท์ดิงจ์ (Whiting and Whiting, 1975)

รูปแบบการรับรู้การแสดงออกทักษะกลไกของเลสโซ (Laszlo's models of perceptual –motor performance)

รูปแบบการรับรู้การแสดงออกทักษะกลไกของเลสโซ (Laszlo's models of perceptual – motor performance) เป็นรูปแบบที่เลสโซใช้รูปแบบการรับรู้กระบวนการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ในรูปแบบการเรียนรู้แสดงออกซึ่งทักษะเน้นความสำคัญของรูปแบบอ้างอิงมาตรฐาน ซึ่งเป็นผลรวมของการดำเนินการแสดงออกในทักษะใดทักษะหนึ่งและมาตรฐานดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับข้อมูลเฉพาะลักษณะสำคัญๆ และลักษณะปลีกย่อยของทักษะนั้นๆ ในการเรียนรู้ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ประโยชน์จากแหล่งข้อมูลอื่นๆ ประกอบ ซึ่งได้แก่ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์สิ่งแวดล้อม ผลย้อนกลับจากภายนอก ผลย้อนกลับที่มีความรู้สึกการเคลื่อนไหว ความรู้สึกเกี่ยวกับการได้เห็น ได้ยิน รวมทั้งผลย้อนกลับที่ได้จากการสั่งการของระบบประสาทกล้ามเนื้อ เลสโซได้ให้ความสำคัญกับรูปแบบอ้างอิงมาตรฐานไม่เฉพาะเป็นแหล่งข้อมูลข่าวสารที่สำคัญจะใช้ในการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่เขายังให้ความสำคัญกับรูปแบบอ้างอิงมาตรฐานในฐานะกลไกของการควบคุมการเคลื่อนไหว ในขณะที่มนุษย์กำลังแสดงออกซึ่งทักษะอีกด้วย รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดของเลสโซให้ความสำคัญกับผลย้อนกลับเหมือนเช่นทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไก กลุ่มที่อ้างอิงทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิด (Cognitive theory) และทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มการจัดกระทำข้อมูลข่าวสาร (Information processing) ที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น การควบคุมการเคลื่อนไหวจะใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการเปรียบเทียบระหว่างผลย้อนกลับที่เป็นความรู้สึกจากอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ ได้แก่ความรู้สึกทาง Kinetics ความรู้สึกที่ได้จากการเห็น การได้ยินความรู้สึกเชิงมุม กับรูปแบบมาตรฐานการเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวจะเป็นการเปรียบเทียบกับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจริงกับผลการเคลื่อนไหวที่คาดการณ์ไว้ก่อนหรือผลการเคลื่อนไหวที่เป็นความปรารถนาจะเกิดขึ้น ส่วนสำคัญของรูปแบบนี้คือรูปแบบมาตรฐานอ้างอิงนั้นจะมีการพัฒนา

อย่างต่อเนื่องด้วยการผลย้อนกลับจากหลากหลายแห่งทั้งที่เป็นผลย้อนกลับที่เป็นผลการแสดงออกในรูปของการเคลื่อนไหว



ภาพที่ 6.9 แผนภูมิการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวตามแนวคิดของเลสโซที่มาจากของรูป (Marteniuk, 1976)

ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานการเคลื่อนไหวของเคฟส์ (Kephart's perceptual motor bases)

ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐานการเคลื่อนไหวของเคฟส์ (Kephart's perceptual motor bases) เป็นแนวคิดจากการปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมของเด็กๆ คือการปะทะกับสิ่งแวดล้อมด้วยการเคลื่อนไหว เคฟส์ (1960) ได้เสนอรูปแบบของการเคลื่อนไหว 4 แบบ คือ รูปแบบทั้ง 4 มีความสำคัญในฐานะที่เป็นพื้นฐานของการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว ซึ่งจะนำไปสู่การเรียนรู้โลกเรียนรู้ชีวิตในอนาคต ประกอบด้วย

1. ความสมดุลและการคงรูปของร่างกาย (Balance and the maintained of feature) ความเคลื่อนไหวแบบโลโคโมชัน (Locomotion) เป็นการเคลื่อนไหวผ่านเข้าไปยังที่ว้างซึ่งเป็นลักษณะของการผสมผสานการเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆ ของอวัยวะในร่างกายอย่างต่อเนื่องกัน

2. การเข้าไปปะทะ (Contact) รูปแบบของการเข้าไปปะทะจะได้แก่ การเข้าไปถึงวัตถุเพื่อการจับยึดวัตถุรวมทั้งการปล่อยวัตถุ ซึ่งกระบวนการเคลื่อนไหวแบบเข้าไปปะทะนี้จะทำให้เด็กรู้จักวัตถุ ซึ่งกำหนดให้เด็กสามารถเรียนรู้ถึงรูปทรง ขนาด ความแข็งแรง ความอ่อนนุ่ม รับอุณหภูมิ ความขรุขระ ความเรียบ ฯลฯ

3. การจับและการผลัก (Receipt and propulsion) รูปแบบของการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้ จะทำให้เด็กแสดงการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ลักษณะของการเข้าไปจับสิ่งของจะเป็นการสร้าง ความคุ้นเคยให้เด็กเข้าไปปะทะกับวัตถุที่เคลื่อนที่และการผลักเป็นการสร้างลักษณะของการทำให้ วัตถุนั้นๆ เคลื่อนออกไปจากตนเอง เช่น การขว้าง การเตะ การตี

แนวคิดของเคฟส์ เป็นการเสนอรูปแบบการเคลื่อนไหว 4 รูปแบบ ซึ่งรูปแบบมีความสำคัญที่เป็นพื้นฐานต่อการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหว และเมื่อได้พิจารณารูปแบบการ

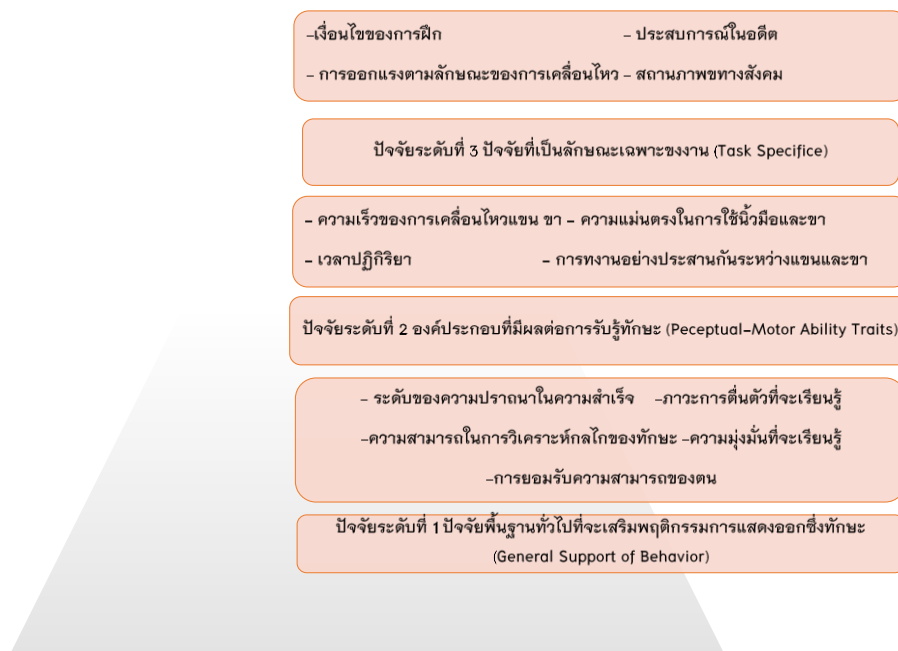
เคลื่อนไหวทั้ง 4 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหว ก็คือ การจัดเวลาหรือระยะเวลาที่เหมาะสมกับการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหว โดยพิจารณาจากการเลือกหรือการปรับการตอบสนองให้ตรงตามสภาพการ (Response constancy) จังหวะเวลาและการคาดกล่ว่งหน้า (Timporal organization) และใช้ผลย้อนกลับทั้งภายในและภายนอก เพื่อการพิจารณาการสั่งการให้อวัยวะๆ ได้เคลื่อนไหว ซึ่งรูปแบบดังกล่าวจะทำให้เด็กเกิดทักษะในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในอนาคต ทักษะต่างที่เกิดขึ้นตามมามีภายหลังนั้นจะรวมไปถึงทักษะการเคลื่อนไหวอย่างละเอียดอ่อน (Fine motor skill) การพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างจุดเริ่มต้นของเวลา จังหวะเวลาที่เหมาะสม และลำดับของเหตุการณ์ในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบการเคลื่อนไหวกับช่วงเวลา ระบบของการเคลื่อนไหวกับเนื้อที่แสดงให้เห็นถึงรากฐานของการตอบสนองในการเรียนรู้ทักษะกลไก

ทฤษฎีองค์ประกอบ 3 ระดับในการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของ แครตตี (Cratty's three-level theory)

ทฤษฎีองค์ประกอบ 3 ระดับในการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของ แครตตี (Cratty's three-level theory) โดยแครตตี (Gratty อ้างอิงใน Singer, 1980) ได้เสนอแนวคิดทฤษฎีองค์ประกอบ 3 ระดับ ปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว ในการเรียนรู้และแสดงออกซึ่งการเคลื่อนไหวของมนุษย์ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐาน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแรก เป็นปัจจัยพื้นฐานทั่วไป (General supports of behavior) ภาวะของการตื่นตัวที่จะเรียนรู้ (Characteristic state of arousal) ระดับของความปรารถนาในความสำเร็จ (Aspiration level) ความสามารถที่จะวิเคราะห์กลไกการเคลื่อนไหวในทักษะการเคลื่อนไหวแต่ละอย่าง (Ability to Analyze task mechanics) ความมุ่งมั่นที่จะเรียนรู้ทักษะใดทักษะหนึ่ง (Persistence at a task) ความสามารถในการวิเคราะห์กลไกการเคลื่อนไหวของตนเอง การยอมรับในความสามารถของตนเอง (Self acceptance) ฯลฯ

ระดับที่ 2 ปัจจัยแห่งความสำเร็จในระดับที่ 2 องค์ประกอบทางกายที่มีผลต่อการรับรู้การเคลื่อนไหว (Perceptual-motor ability traits) เช่น ความเร็วของการเคลื่อนไหว แขน และขา ความแม่นยำในการใช้ข้อมือ และมือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในขณะที่ร่างกายอยู่กับที่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในขณะที่เคลื่อนไหว สำหรับปัจจัยแห่งความสำเร็จในระดับที่ 2 นี้ ฟริชแมน (Fleishman, 1967 อ้างอิงใน Whiting and Whiting, 1975) ได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบทางกายที่เป็นกลไกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ไว้ถึง 11 ปัจจัย ซึ่งสามารถนำเข้าไปในปัจจัยแห่งความสำเร็จในระดับที่ 2 ตามแนวคิดของแครตตี เช่น เวลาปฏิกิริยา ความแคล่วคล่องว่องไว ในการใช้มือ การทำงานประสานกันระหว่างแขนและขา ความเร็วในการใช้ข้อมือและนิ้วมือ ความเร็วของการเคลื่อนไหวแขน ฯลฯ

ปัจจัยแห่งความสำเร็จในระดับที่ 3 ได้แก่ ปัจจัยที่เป็นลักษณะเฉพาะของงานซึ่งได้แก่ ประสิทธิภาพในอดีต มิติต่างๆ ในที่ว่าง เงื่อนไขของการฝึกหัด การออกแรงตามลักษณะของการเคลื่อนไหว จำนวนของภาพที่เห็น รวมทั้งสภาพทางสังคม



ภาพที่ 6.10 ระดับขององค์ประกอบที่มีปัจจัยการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว 3 ระดับ (Singer, 1980 อ้างถึงใน เอก เกิดเต็มภูมิ, 2547)

สรุปท้ายบท

การเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากการเคลื่อนที่ของอวัยวะต่างๆ อันได้แก่กระดูก ข้อต่อ กล้ามเนื้อ และระบบประสาท การเคลื่อนไหวจึงต้องอาศัยการทำงานระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมถึงหลักการทางชีวกลศาสตร์ ในเรื่องของระบบคาน แกนหมุน รอก การทรงตัว ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว การเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบบโครงกระดูกและกล้ามเนื้อของร่างกายทำงานสัมพันธ์กัน โดยที่โครงกระดูกเป็นโครงสร้างที่ใช้ค้ำจุนร่างกาย ให้คงรูปร่างป้องกันส่วนที่อ่อนนุ่มของร่างกาย และช่วยในการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยการทำงานร่วมกันกับกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังช่วยในการตรวจสอบแรงและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว เช่น มุม ระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง โมเมนตัม ช่วยในการปรับแต่งการเคลื่อนไหวที่ละเอียดอ่อน (Microtuning) ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยในการตรวจสอบข้อบกพร่อง และ ข้อจำกัดของการเคลื่อนไหวในระดับ Micro ซึ่งสายตามนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบได้และช่วยในการแก้ไข ในการศึกษาชีวกลศาสตร์ของมนุษย์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดิน และการเคลื่อนไหวร่างกายนั้น เป็นการศึกษาแรงกลทางชีวภาพ (Kinetic study) รูปแบบของการเคลื่อนไหว (Kinematic study) รูปแบบของการหดคลายตัวของกล้ามเนื้อ- (Sequential muscular activity study) และพลังงานที่ร่างกายใช้ในการเคลื่อนไหว (Energetic study) นั้นเอง

ทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกได้มีการพัฒนามาจนถึงปัจจุบัน ต่างก็มีความสำคัญกับกระบวนการทางสมองของมนุษย์ตามทฤษฎีการเรียนรู้ความคิดความเข้าใจ (Cognitive theory) เน้นศึกษาและตั้งสมมุติฐานถึงขั้นตอนและกระบวนการของสมองในการจัดกระทำข้อมูล การควบคุม สิ่ง

การ วิจัย และการตัดสินใจ เพื่อการแสดงออกซึ่งพฤติกรรมการเคลื่อนไหวเพื่อให้การเคลื่อนไหวในแต่ละครั้งบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าความสลับซับซ้อนในกระบวนการทำงานของสมองยังไม่สามารถที่จะพิสูจน์ออกมาได้อย่างเป็นรูปธรรมชัดเจนก็ตาม ในทางตรงกันข้ามนักทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะการเคลื่อนไหวต่างก็มีความเชื่อและให้ความสนใจในศักยภาพและความละเอียดอ่อนตลอดจนความสลับซับซ้อนในกระบวนการทำงานของสมองของมนุษย์ ซึ่งทำให้มุ่งเป้าหมายของการศึกษาค้นคว้าไปที่การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนและการฝึกเพื่อจะกระตุ้นหรือสร้างให้มนุษย์สามารถที่จะดัดแปลงและสร้างสรรค์การเคลื่อนไหวเป็นสำคัญ ดังนั้น ครูผู้สอนวิชาพลศึกษา โค้ช ผู้ฝึกสอนกีฬา ในการสอนและการฝึกเด็กหรือเยาวชนควรที่จะคัดสรรปัจจัยที่เป็นปัจจัยสำคัญเฉพาะการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลซึ่งมีความแตกต่างกันเพื่อให้เด็กแต่ละคนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามแนวทางของตนเอง การเรียนการสอนกิจกรรมพลศึกษาในปัจจุบัน ครูผู้สอนมักยึดติดอยู่กับรูปแบบการสอนเก่าๆ ซึ่งได้มีการกำหนดรูปแบบการอ้างอิงของการเคลื่อนไหวในแต่ละกิจกรรมไว้อย่างตายตัวแน่นอน

การเคลื่อนไหวในขั้นพื้นฐานถ้าผู้เรียนแสดงการเคลื่อนไหวที่ผิดแปลกไปจากรูปแบบอ้างอิงถือว่าเคลื่อนไหวผิดดังนั้นครูควรตระหนักไว้ส่วนหนึ่งว่าการที่นักเรียนแสดงออกซึ่งพฤติกรรมการเคลื่อนไหวที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมือนกับรูปแบบอ้างอิงของการเคลื่อนไหวเป็นการเปิดโอกาสให้เด็กได้แสดงออกถึงพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามความคิดและจินตนาการของเด็กเอง โดยครูพร้อมที่จะช่วยตรวจสอบหรือวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสียเพื่อให้เด็กเกิดการยอมรับหรือโต้แย้ง เพื่อเป็นการกระตุ้นกระบวนการการจัดกระทำข้อมูลข่าวสารการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองของเด็กให้มีการพัฒนาไปได้อย่างต่อเนื่องอันจะส่งผลต่อคุณภาพของการเคลื่อนไหวสู่การพัฒนาการเรียนรู้อย่างเด็กทั้งสิ้น รวมทั้งจะส่งผลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนการเคลื่อนไหวอีกด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการควบคุมการเคลื่อนไหวมีผลต่อการแสดงออกซึ่งทักษะการเคลื่อนไหวของนักเรียนแต่ละคนเป็นรายกรณีหรือเป็นรายกลุ่ม ถือได้ว่าเป็นการศึกษาที่สำคัญยิ่งตามศาสตร์และทฤษฎีการเรียนรู้ทักษะกลไกเพื่อนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้เชิงประจักษ์ ซึ่งจะดีกว่าการทำการพัฒนาวิจัยเพื่อการค้นหาข้อมูลอยู่ในห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมีหลักการเหตุผลที่จะนำไปสู่ทักษะการพัฒนาการเคลื่อนไหวได้อย่างเหมาะสม

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ให้นิสิตเลือกทักษะกีฬา 1-2 อย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ตามหลักการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว
2. ให้นิสิตประเมินการออกกำลังกายแบบต่างๆ โดยใช้หลักแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม
3. ให้นิสิตอธิบายหลักการการประยุกต์ใช้ทักษะการเคลื่อนไหวกับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเคลื่อนไหวทางการกีฬา พร้อมสาธิตและการปฏิบัติการฝึก

บทที่ 7

การประเมินผลการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬา และการออกกำลังกาย

สรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย เป็นการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกายในมนุษย์ เพื่อให้ร่างกายดำเนินอยู่ได้โดยปกติ (Homeostasis) คำนี้ใช้ครั้งแรก เมื่อปี ค.ศ. 1913 โดย Dr. Max Rubner นักสรีรวิทยาชาวเยอรมันแบ่งเป็น 3 สาขา ได้แก่ สรีรวิทยาของมนุษย์ (Human physiology) ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 การศึกษาสรีรวิทยาของระบบหายใจ ระบบหัวใจ และหลอดเลือด ระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อ สรีรวิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental physiology) เป็นการศึกษาผลกระทบของความร้อน เสียงดัง แสงสว่าง มลพิษอากาศที่มีผลต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย ส่วนสรีรวิทยาการทำงาน (Work physiology) การประยุกต์ความรู้เรื่องสรีรวิทยาของมนุษย์ขณะทำงานออกแรง (Physical work) ทั้งนี้ในการทำงานหนึ่งๆ ที่ต้องใช้พลังงานของร่างกาย การฟื้นตัว (Recovery) ของระบบต่างๆ ในร่างกายกลับสู่สภาวะปกติโดยเร็วเป็นสิ่งสำคัญ และสามารถทำได้โดยการจัดการภาระงาน (Work load) ให้เหมาะสมกับความสามารถของร่างกายในการทำงาน (Work capacity) นั่นเอง

สรีรวิทยาของมนุษย์ในการเล่นกีฬาและออกกำลังกาย (Physical work)

เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการปฏิบัติงาน (Performance) และ ความล้า (Fatigue) ในระหว่างการทำงานในกล้ามเนื้อเป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางสรีระร่างกายที่เกิดขึ้นจากการทำงานและนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบ หรือปรับปรุงการทำงานของเครื่องมือ เครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

งาน (Work) หมายถึง ผลคูณของแรงที่ออกกับระยะทางที่เคลื่อนที่ไปตามแรง หน่วยเป็น Joule (J) พลังงาน 1 Joule (J) เทียบได้กับพลังงานที่ใช้ในการออกแรงผลักวัตถุ 1 นิวตัน ให้เกิดการเคลื่อนที่ไป 1 เมตร พลังงาน 1 แคลอรี = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส

ความสำคัญของสรีรวิทยาในการทำงาน

1. ใช้ในการจัดให้คนงานได้ทำงานภายใต้สภาพการทำงานที่เหมาะสม
2. ใช้ในการจัดหาเครื่องจักรมาทำงานแทนคนในกรณีที่จำเป็นเพื่อลดความเค้นที่เกิดจากการออกแรงกาย
3. ใช้ในการประเมินความสูญเสียทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการทำงาน
4. ใช้ในการออกแบบสถานที่ทำงาน อุปกรณ์ เครื่องมือให้เหมาะสม

การสร้างพลังงานในร่างกายของมนุษย์

กล้ามเนื้อของเราจะรับพลังงานได้จากแหล่งเดียวเท่านั้น คือ จาก ATP (Adenosine Triphosphate) เมื่อกล้ามเนื้อรับพลังงานจาก ATP ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่เสถียร สามารถเก็บมันไว้ในร่างกายได้เพียงน้อยนิดเท่านั้น และในสภาวะปกติร่างกายจะมี ATP เก็บอยู่ในกล้ามเนื้อน้อยขนาด

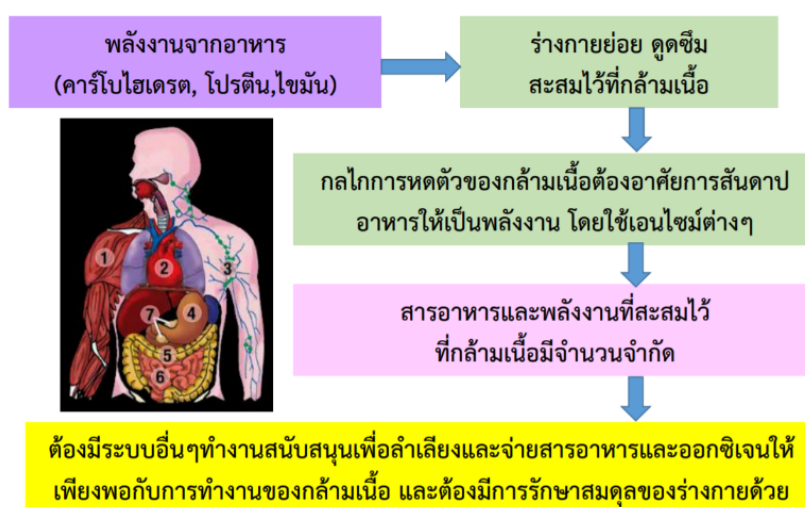
ที่ว่าหลังจากเราเริ่มออกแรงมันจะถูกใช้จนหมด ในเวลาเพียงแค่ 10 วินาที หลังจากนั้นร่างกายจะต้องทยอยสร้าง ATP ขึ้นมาใหม่ในระหว่างที่เราออกแรง (Wildman and Miller, 2004)

การสร้างพลังงานในร่างกายของมนุษย์ มี 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1: ATP ส าเร็จรูปใช้ได้เลย (ATP-CP system) anaerobic exerciseการสร้างพลังงานวิธีแรก ง่ายที่สุด เร็วที่สุด คือ นำATP ที่มีอยู่แล้วในกล้ามเนื้อมาใช้เลย จึงไม่ต้องใช้ออกซิเจนช่วยและไม่ต้องแปลงมาจากสารอาหารใดๆ ทั้งสิ้น วิธีนี้จะถูกใช้เมื่อร่างกายต้องการพลังงานที่มากในเวลาชั่วพริบตา เช่น วิ่งสปринท์ 100 เมตร หรือ ยกน้ำหนักมากๆ แต่อย่างที่บอกข้างต้น กล้ามเนื้อเก็บ ATP ไว้เพียงนิดเดียว มันจะหมดในเวลาแค่ 10 วินาทีแรกที่ออกแรง ซึ่งกว่าจะถูกสร้างใหม่จนเต็มก็ต้องกินเวลา 2 - 3 นาที ดังนั้นถ้าเราต้องการพลังงานยาวนานกว่านั้น ร่างกายจะใช้วิธีสร้างพลังงานแบบอื่นเข้ามาช่วย

วิธีที่ 2: ATP จากกลูโคส (Anaerobic glycolytic system) วิธีนี้ถูกเรียกใช้เมื่อเราใช้แรงอย่างหนักเป็นเวลา 30 วินาที – 2 นาที การสร้าง ATP แบบนี้ไม่ได้จากการสลายน้ำตาลกลูโคส (หน่วยย่อยที่สุดของคาร์โบไฮเดรต) วิธีนี้ไม่ใช้ออกซิเจนเข้าช่วย จึงใช้เวลาในการสร้างพลังงานเร็วมาก แต่มีข้อเสียคือผลจากการสลายน้ำตาลกลูโคสจะได้กรดแลคติกมาด้วย กรดแลคติกนี้เป็นตัวการทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยและล้าที่กล้ามเนื้อ ดังนั้นร่างกายของเราจะทนกับสภาพนี้ได้แค่ 2-3 นาทีก็ต้องหยุดจากความล้า ธรรมชาติทำอย่างนี้เพื่อป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อต้องรับภาระหนักจนเกินไป

วิธีที่ 3: ATP แบบผลิตช้า แต่มีให้ใช้ได้นาน (Aerobic system) วิธีนี้เป็นการสร้าง ATP ที่ช้าที่สุด แต่เป็นแหล่งผลิตพลังงานหลักของเรา ขณะที่คุณเราท างานหรือนอนร่างกายก็สร้างพลังงานด้วยวิธีนี้เป็นหลัก และร่างกายยังใช้วิธีนี้เมื่อเราท ากิจกรรมที่ยาวนานแต่ไม่หนักมากด้วย เช่น การเดินทางไกล หรือ วิ่งจ็อกกิ้งที่กินเวลานานแต่ไม่ได้ใช้แรงจนถึงขั้นหอบ การสร้างพลังงาน 2 วิธีแรกไม่ใช้ออกซิเจน แต่วิธี Aerobic glycolytic system นี้ใช้ โดยออกซิเจนก็ได้จากการหายใจเข้าปอดนั่นเอง และการสร้าง ATP แบบสุดท้ายนี้ใช้สารตั้งต้น คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ โปรตีน



ภาพที่ 7.1 สรีรวิทยากับการทำงานในการสร้างพลังงานในการออกกำลังกาย



ภาพที่ 7.2 การทำงานของร่างกายในการสร้างพลังงานต่อการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง

การตอบสนองทางสรีรวิทยา ภาระงานที่ต่างกันย่อมส่งผลให้การตอบสนองทางสรีรวิทยาต่างกัน การประเมินภาระงาน จึงทำได้โดยการประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยา การประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิร่างกาย ความดันโลหิต อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายความเข้มข้นของสารละลายในน้ำลาย เลือด น้ำปัสสาวะ เป็นต้น

การกำหนดภาระงานที่เหมาะสม จะพิจารณาจาก อัตราการใช้พลังงานของร่างกายเทียบกับค่าความสามารถสูงสุดที่ร่างกายสามารถทำได้ ซึ่งก็คือ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) หากบุคคลใช้พลังงานไม่เกินร้อยละ 50 ของความสามารถสูงสุดที่ทำได้ในแต่ละวัน ก็ไม่ควรจะเกิดความล้าสะสมกล่าวคือ ร่างกายสามารถฟื้นตัวได้หลังจากกลับบ้านพักผ่อนในแต่ละวัน

ประเภทของงานกับสรีรวิทยาการทำงานในการเคลื่อนไหว

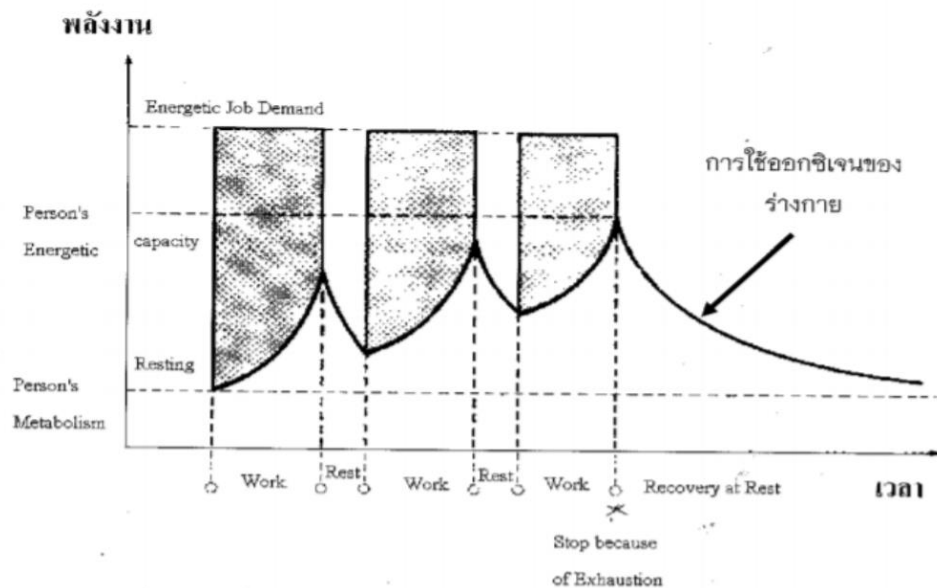
1. งานที่มีกิจกรรมต่อเนื่องเป็นเวลานาน (Prolonged Work) เป็นงานที่มีความหนัก-เบาปานกลาง กระทำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายนาที่ถึงหลายชั่วโมง และใช้ออกซิเจนในระดับคงที่ข้อสังเกตบางประการสำหรับงานในลักษณะนี้คือ

- 1.1 พลังงานที่ใช้มาจากกระบวนการใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่
- 1.2 พลังงานหลักมาจากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมัน
- 1.3 ปริมาณกรดแลคติกที่สะสมในกล้ามเนื้อจะเกิดเฉพาะช่วงแรกก่อนที่จะมีการใช้ออกซิเจนในภาวะคงตัว

1.4 สำหรับงานเบากรดแลคติกจะถูกสันดาปเร็วและไม่สะสมมากเกินกว่าที่มีในขณะพัก

2. งานที่มีกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง (Intermittent work) เป็นงานที่ใช้ความพยายามในระยะเวลาสั้น คือ ทำๆ หยุดๆ จนกว่างานจะเสร็จ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ออกซิเจนในขณะทำงานและขณะพักตลอดเวลา ในการทำงานประเภทนี้ การใช้พลังงานหรือการใช้ออกซิเจนจะไม่ใช่ในภาวะคงตัว แต่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งที่เริ่มทำงานอีกครั้งหลังพัก เพราะความพยายามเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ระยะเวลาพักไม่เพียงพอ

ข้อสังเกตบางประการสำหรับงานในลักษณะนี้ คือ พลังงานที่ใช้มาจากกระบวนการไม่ใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ พลังงานหลักมาจากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมันเล็กน้อย ส่วนโปรตีนไม่ถูกใช้ ถ้าต้องใช้ความพยายามมากขึ้นในการทำงานที่หนักมากขึ้น จะมีการสะสมของ กรดแลคติกอัตราการใช้ออกซิเจนจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนไม่สามารถทำงานนั้นต่อไปได้ต้องหยุดพัก (Wildman and Miller, 2004)



ภาพที่ 7.3 การทำงานของร่างกายในการสร้างพลังงานต่อการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง

การประเมินค่าการใช้พลังงานของร่างกาย

มนุษย์เรามีความแตกต่างกันมากในเรื่องของความสามารถในการออกแรงกาย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดร่างกาย สภาวะสุขภาพ เพศ อายุ ทักษะจิตใจ และสิ่งแวดล้อมในการทำงานในการจัดงานให้เหมาะสมกับความสามารถของคนงานเราจำเป็นต้องทราบความสามารถในการใช้พลังงานของร่างกายคนงาน (Energetic capacity) และความต้องการของงาน (Jobdemand) ที่คนงานต้องทำก่อน

วิธีการประเมินความสามารถในการใช้พลังงานของร่างกายที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. การสังเกตการบริโภคอาหาร และน้ำหนักร่างกาย (Diet and weight observation)
2. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีตรง (Direct calorimetry)
3. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม (Indirect calorimetry)
4. การสอบถามความรู้สึก

1. การสังเกตการบริโภคอาหาร และน้ำหนักร่างกาย (Diet and weight observation)

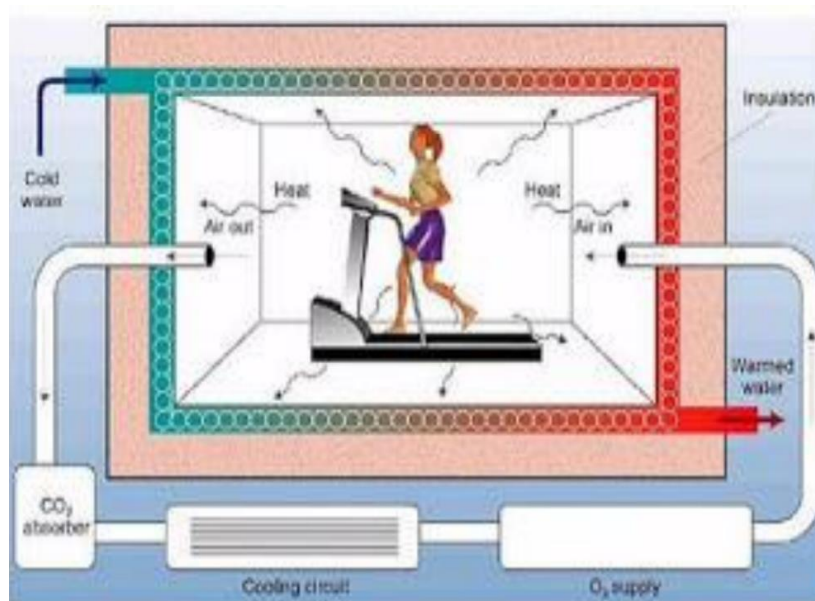
ในเรื่องของพลังงาน สารอาหารที่เข้าไปในร่างกาย จะต้องได้ผลผลิตออกมาในรูปของพลังงานที่ใช้ในร่างกายเพื่อให้คงสภาพร่างกายไว้ ซึ่งท้ายที่สุดแล้วพลังงานนี้จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อน และพลังงานที่ใช้ภายนอกร่างกายนั่นก็คือ งาน

ในสภาวะสมดุลของพลังงาน หมายถึง กรณีที่ไม่มีการสะสมพลังงานไว้ในร่างกายเลย

(น้ำหนักไม่มากขึ้น หรือไม่อ้วนขึ้น) หรือไม่มีการใช้พลังงานที่สะสมอยู่ในร่างกาย (ทำให้ผอมลงหรือน้ำหนักลด) การประเมินโดยวิธีนี้จะได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้แต่ต้องอาศัยการสังเกตเป็นเวลานาน เหมาะกับการศึกษาในห้องทดลองเพราะจะควบคุมได้ง่ายกว่า

2. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีตรง (Direct calorimetry) วิธีนี้อาศัยหลักการที่ว่า พลังงานที่ร่างกายรับเข้าไปนั้น จะเปลี่ยนเป็นความร้อน (ในกรณีที่ไม่มีการทำงานภายนอก ร่างกาย) การวัดความร้อนที่เกิดขึ้นและถ่ายเทจากร่างกายโดย การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อนและ การระเหยของเหงื่อ จึงสามารถทำได้โดยให้ผู้ถูกวัดอยู่ใน ห้องทดลอง แต่มีความยุ่งยากในการปฏิบัติแม้ว่าจะได้ค่าที่ ถูกต้องเที่ยงตรง แต่ไม่นิยม

การวัดพลังงานหรือแคลอรีโดยตรง (direct calorimeter) เป็นการวัดความร้อนที่เกิดขึ้น หรือสูญเสียจากร่างกายซึ่ง เกิดจากการทำงานของร่างกายโดยตรงไม่ว่าร่างกายจะอยู่ นิ่ง หรือกำลังมีการทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง เครื่องมือที่ใช้โดยมากเป็นห้องปิดสนิทที่เรียกว่า แคลอรี มิเตอร์วัดการหายใจ (respiration calorimeter) ห้อง ดังกล่าวมีลักษณะเป็น 2 ชั้น ผนังชั้นในถ่ายเทความร้อนได้ สะดวกระหว่างผนัง 2 ชั้น มีท่อน้ำไหลผ่านเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้น และปริมาณ น้ำที่ระเหยไป (Wildman and Miller, 2004)



ภาพที่ 7.4 จำลองการวัดพลังงานที่ใช้ในร่างกายโดยตรง (Wildman and Miller, 2004)

Wildman and Miller (2004) ได้อธิบายว่า การวัดพลังงานหรือแคลอรีโดยตรง (direct calorimeter) จากปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านห้องในและอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น สามารถคำนวณปริมาณของพลังงานหรือความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายในช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้น

ความร้อนที่ออกจากร่างกายหรือพลังงานที่ใช้ไป = จำนวนกรัมของน้ำ × อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (°C)

ในปัจจุบันไม่นิยมวิธีนี้ เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนมากเพราะในทางปฏิบัติมักวัดปริมาณออกซิเจนที่บุคคลนั้นหายใจและคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออกไว้ด้วย แล้วหาค่าแคลอรีต่อ 1 ลิตรของออกซิเจนที่ใช้

3. การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม (Indirect calorimetry)

3.1 การประเมินอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (Oxygen consumption) วัดได้โดยการใช้ถุงเก็บอากาศที่หายใจออก (Douglas bags) และนำมาวิเคราะห์ปริมาณ O_2 และ CO_2 เพื่อคำนวณเป็นค่าพลังงานที่ใช้ไป การวัดอัตราการใช้ O_2 ของร่างกายนี้อาศัยหลักการที่ว่าพลังงานได้มาจากการเผาผลาญอาหารกับออกซิเจนที่ได้จากการหายใจเข้าไป หากใช้เวลาในการประเมินอย่างน้อย 5 นาทีขึ้นไป วิธีนี้จะเชื่อถือได้ ทั้งนี้การใช้ออกซิเจน 1 ลิตร จะให้พลังงานประมาณ 5 kcal หรือ 20 kJ ในกระบวนการเผาผลาญอาหาร

3.2 การประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate, HR) อัตราการเต้นของหัวใจสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้เบื้องต้นของการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต และการใช้ O_2 ของร่างกายได้ และยังใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นในร่างกายด้วย วิธีนี้เป็นที่นิยมในการประเมินการใช้ O_2 ของร่างกาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการของงานในการออกแรงได้รวดเร็วกว่าการวัดอัตราการใช้ O_2 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจเป็นสิ่งที่ทำได้ง่าย และสามารถ ใช้แทนการวัดเมตาบอลิซึม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินอัตรา การใช้ออกซิเจนของร่างกายได้ การวัด HR ทำได้โดยการจับชีพจรที่ข้อมือและนับจำนวนครั้ง ต่อหน่วยเวลา เช่น 15 หรือ 30 วินาที แล้วคำนวณเป็นครั้งต่อ นาที หรืออาจติดอิเล็กโทรดบนหน้าอกและส่งสัญญาณไฟฟ้าตาม จังหวะการเต้นของหัวใจ

4. การสอบถามความรู้สึกล้า (Subjective rating perceived strain) มนุษย์เรามีความสามารถในการรับรู้ความล้าที่เกิดขึ้นในร่างกายได้ โดยการตัดสินใจว่างานที่ทำอยู่นั้นต้องใช้ความพยายามมากน้อย เพียงใดสามารถประเมินได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งกระตุ้นทางกายภาพ (งานที่กระทำ) กับความรู้สึกที่ต้องใช้ความพยายามในการทำงานนั้นๆ ได้

ใน ปี ค.ศ. 1960 Borg ได้พัฒนาเทคนิคที่ใช้สำหรับการให้คะแนนความรู้สึกในการใช้ความพยายามทำงานที่แตกต่างกัน โดยแบ่งระดับคะแนน เริ่มจาก 6-206 คือ ไม่มีความพยายามในการออกแรง (No exertion at all) ไปจนถึง 20 คือ พยายามออกแรงสูงสุด (Maximal exertion) ซึ่งเป็นสเกลที่เป็นสัดส่วนกับอัตราการเต้นของหัวใจจาก 60-200 ครั้ง/นาที ต่อมาในปี ค.ศ. 1980 Borg ได้นำเสนอระดับคะแนนเป็น 0-10 ที่เป็นคะแนนความรู้สึก (Subjective) ที่เปรียบเทียบกันได้ หากงานนั้นเกี่ยวข้องกับการพยายามใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ระดับคะแนนนี้จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจด้วย (เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์, 2562)

ความสามารถสูงสุดในการทำงาน (Physical Work Capacity: PWC) เป็นความสามารถสูงสุดของร่างกายที่จะสร้างพลังงานให้กล้ามเนื้อในการทำงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตของแต่ละบุคคลในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ และลำเลียงของเสียออกจากเนื้อเยื่อค่าความสามารถสูงสุดในการทำงาน เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความสามารถ แข็งแรง หรือความฟิตของแต่ละบุคคลในการทำงานในระยะเวลาที่กำหนดให้บุคคลที่มีค่า PWC สูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพในการทำงานสูง วัดได้จากอัตราการใช้ O_2 สูงสุด (Maximum oxygen uptake, VO_2)

max) มีหน่วยเป็นลิตร/นาที่ หรือ มล./กก.-นาที่ (เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวและเวลา) ค่า PWC ขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่

1. ปัจจัยด้านร่างกาย ได้แก่ ขนาดร่างกาย อายุ เพศ
2. ปัจจัยด้านจิตใจ เช่น ทศนคติ แรงจูงใจ เป็นต้น
3. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ความสูง อุณหภูมิ ความชื้น
4. ลักษณะงาน ได้แก่ ความหนัก-เบาของงาน ระยะเวลาในการทำงาน จังหวะในการทำงาน เทคนิคการทำงานที่ต่างกัน

5. ปัจจัยด้านกรรมพันธุ์ ที่ทำให้สรีรวิทยาของร่างกายแตกต่างกัน

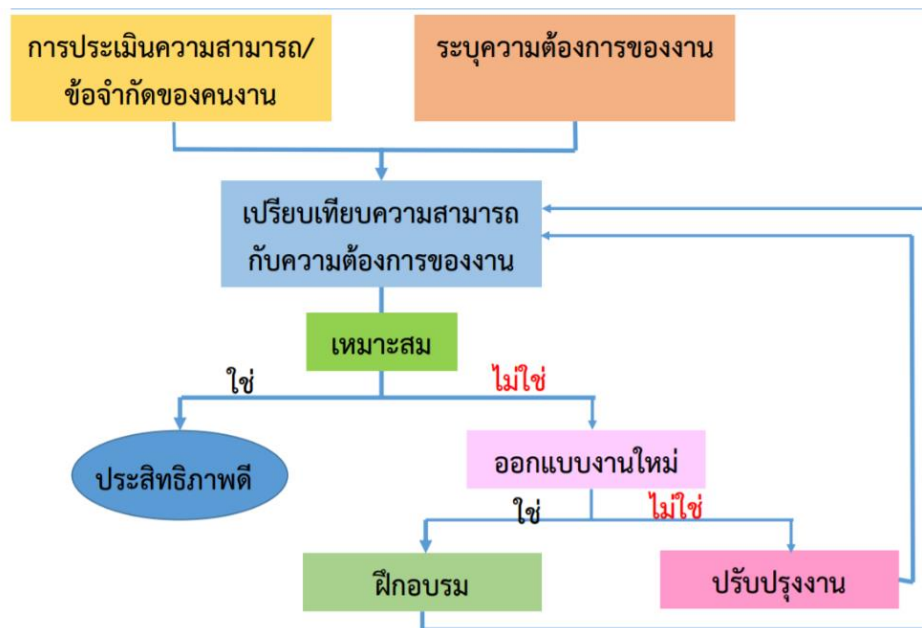
ค่า $VO_2 \text{ max}$ นี้มีค่าสูงสุดในช่วงอายุ 18-25 ปี และจะลดลงเรื่อยๆตามอายุ โดยผู้หญิงจะมีค่า $VO_2 \text{ max}$ ประมาณร้อยละ 70-75 เมื่อ เทียบกับผู้ชาย

การประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด การประเมินนี้ทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

การประเมินทางตรงใช้กับผู้ที่มีร่างกายแข็งแรง อายุน้อย และผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี เช่น นักกีฬา โดยจะเพิ่มภาระงานขึ้นเรื่อยๆ ในการทดสอบจนถึงภาระที่ต้องใช้ความพยายามสูงสุด โดยค่าสูงสุดของการใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจมีค่าสูงสุดคือ 220 – อายุ โดยประมาณ

การประเมินทางอ้อม เป็นการทดสอบโดยใช้ความพยายามที่ต่ำกว่าระดับสูงสุด คือให้รับภาระงานปานกลาง จึงสามารถใช้ทดสอบได้กับประชาชนทั่วไป

การใช้เครื่อง $VO_2 \text{ Max}$ หรือเครื่องวัดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจน เป็นการวัดค่า $VO_2 \text{ Max}$ จากการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายแบบหนึ่งที่ใช้กันมาก ในทางการแพทย์ และเวชศาสตร์การกีฬา เป็นการวัดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของร่างกายว่า ร่างกายของผู้ถูกทดสอบมีความสามารถที่จะดึงออกซิเจนจากเลือดเพื่อส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อใช้เผาผลาญสารอาหารได้สูงสุดเพียงใด $VO_2 \text{ Max}$ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อนาที ซึ่งค่านี้จะขึ้นกับอายุ เพศ และความฟิตของผู้เข้ารับการทดสอบ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับออกมาในหน่วยของ MET (Metabolic equivalent) ซึ่ง 1 MET มีค่าเท่ากับออกซิเจน 3.5 ml ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่อนาที ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการใช้ออกซิเจนของคนทั่วไปขณะพัก เพื่อเปรียบเทียบว่าขณะที่ร่างกายมีการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าเป็นจำนวนกี่เท่าของขณะพัก หรือจำนวน MET ขณะที่มีการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อต้องการออกซิเจนเป็นแหล่งพลังงาน เมื่อมีการออกกำลังกายเป็นเวลานานๆ และใช้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อจนถึงขีดสูงสุดจนออกซิเจนไม่เพียงพอในการสร้างพลังงานเพื่อการใช้งานของกล้ามเนื้อ ร่างกายจะเริ่มนำพลังงานจากกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) มาใช้โดยที่กระบวนการ Anaerobic Metabolism จะทำให้เกิดของเสีย คือ กรดแลคติกซึ่งทำให้กล้ามเนื้อมีอาการปวดและเมื่อยล้า เพราะฉะนั้นนักกีฬาที่มีความฟิตต่ำหรือมีค่า $VO_2 \text{ Max}$ ต่ำจะผลิตกรดแลคติกเร็วและประสบการณ์เหนื่อยล้าในกล้ามเนื้อมากกว่านักกีฬาที่มีความฟิตสูงหรือมีค่า $VO_2 \text{ Max}$ สูงในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักเดียวกัน (เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์, 2562)



ภาพที่ 7.5 การนำข้อมูลทางสรีรวิทยาในการทำงานไปประยุกต์ใช้ในการจัดงานให้เข้ากับความสามารถของคนทำงาน

การวัดการแสดงความสามารถทางการเคลื่อนไหว (Measures of motor performance)

การวัดการแสดงความสามารถทางการเคลื่อนไหว (Measures of motor performance) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีดังนี้

1. การวัดผลลัพธ์ของการตอบสนองการเคลื่อนไหว (Response outcome measure) เป็นการวัดที่ชี้ถึงผลลัพธ์ของการแสดงความสามารถ ได้แก่

1.1 เวลาที่กระทำการตอบสนอง เช่น วิ่ง 100 เมตร ภายในเวลา 12 วินาที

1.2 เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) คือ เวลาที่นับตั้งแต่สิ่งเร้าปรากฏขึ้นจนถึงเริ่มการเคลื่อนไหว เช่น เวลาระหว่างเสียงปี่ดังขึ้นจนถึงเริ่มการวิ่ง

1.3 ปริมาณความผิดพลาด (Error) การกระทำเมื่อเทียบกับเกณฑ์การเคลื่อนไหว เช่น การผิดพลาดจากการยิงลูกโทษบาสเกตบอล ฟุตบอล ยิงปืน เป็นต้น

1.4 เปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาด เช่น จำนวนความผิดพลาดในการยิงลูกโทษบาสเกตบอล ฟุตบอล คิดเป็นร้อยละ

1.5 จำนวนครั้งที่ทำสำเร็จ เช่น จำนวนครั้งที่ลูกบาสเกตบอล ลงห่วง จำนวนครั้งที่ลูกฟุตบอลเข้าประตูหรือตรงกรอบ จำนวนที่เสิร์ฟเทนนิสลงบนคอร์ต

1.6 เวลาบนเป้าหมาย (Time on target) เช่น เวลาที่ติดตาม เป้าหมายที่เคลื่อนที่บนจอโทรทัศน์

2. การประเมินการเรียนรู้ (Assessing learning) เกี่ยวกับทักษะกลไก

การประเมินการเรียนรู้ (Assessing Learning) เป็นการประเมินว่าสิ่งที่ได้สอนไป ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ เช่น สอนการเสิร์ฟเทนนิส ผู้สอนควรสังเกตการเสิร์ฟ ว่าอะไรจะช่วยประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 คำจำกัดความของการแสดงความสามารถและการเรียนรู้ (Performance and learning)

2.1.1 การแสดงความสามารถ (Performance) คือ พฤติกรรมที่แสดงออกในทักษะ การเคลื่อนไหวที่สามารถสังเกตได้ เช่น การตีลูกชอกกี้ การตีเทนนิส การเตะฟุตบอล การวิ่ง 100 เมตร การ ชั้รถ เป็นต้น

2.1.2 การเรียนรู้ (Learning) คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง จึงอนุมานได้จากการสังเกต จากการแสดงความสามารถแต่ละบุคคล โดยการ เปลี่ยนแปลง ในความสามารถทำค่อนข้างถาวร เป็นผลมาจากการฝึกปฏิบัติหรือประสบการณ์

2.2 การอนุมานการเรียนรู้

2.2.1 การสังเกตการฝึกปฏิบัติ (Practice observation) เป็นการเก็บบันทึกการ แสดงความสามารถในระหว่าง ที่ฝึกทักษะใหม่ นำเสนอในรูปโค้งการเรียนรู้ (Learning curve) โค้งการเรียนรู้ (Learning curve) ระดับความสามารถของทักษะ

2.2.2 การทดสอบการคงอยู่ของการเรียนรู้ (Retention test) การทดสอบก่อน ฝึกทักษะ ทา การฝึกทักษะเป็น ระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นทำการทดสอบอีกครั้ง ความแตกต่างระหว่าง คะแนนการทดสอบครั้งแรกและครั้งที่สอง เป็นตัวบ่งชี้ถึงพัฒนาการของทักษะ แล้วหยุดการฝึกเป็น ระยะเวลาหนึ่ง ทำการทดสอบอีกครั้ง เพื่อให้รู้ถึงการคงอยู่ ของการเรียนรู้

2.2.3 การทดสอบการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer test) เป็นการนำความรู้ที่ได้ เรียนผ่านมาก่อนมาใช้ใน สถานการณ์หรือแบบฝึกใหม่ เช่น ทดสอบก่อนฝึกด้วย แบบทดสอบการ เสิร์ฟในการเล่นเกมส์แข่งขัน (Pre-test) ฝึกปฏิบัติทักษะการเสิร์ฟเทนนิสเป็นระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้น ทำการทดสอบอีกครั้ง (Post-test)

การวัดการใช้พลังงานของร่างกาย (Energy Expenditure Measurement)

การวัดการใช้พลังงานของร่างกายนั้นเป็นการวัดพลังงานที่ได้จากการใช้พลังงานของร่างกาย ทั้งในขณะพักและขณะออกกำลังกายในบทที่ผ่านมาผู้เขียนได้อธิบายถึงแหล่งของพลังงานและ สารอาหารที่ให้พลังงานในบทนี้จะขอกล่าวถึงรูปแบบการใช้พลังงานของร่างกายมนุษย์และวิธีการวัด การใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆรวมทั้งการวัดกรดแลคติกที่เกิดจากกระบวนการสร้างพลังงานแบบไม่ ใช้ออกซิเจนการใช้พลังงานของร่างกาย รูปแบบการใช้พลังงานของมนุษย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

1. พลังงานพื้นฐาน (Basal metabolism rate: BMR) หรือ (Resting metabolism rate: RMR) เป็นพลังงานที่ร่างกายใช้ในขณะพัก (Ret) เพื่อใช้เป็นพลังงานในการทำงานของเซลล์ต่างๆเช่น การทำงานของระบบหายใจระบบไหลเวียนเลือดการทำงานของปอดซึ่งเป็นพลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้ใน การทำงานของร่างกายเนื่องจากการวัดพลังงาน BMR นั้นต้องวัดในขณะที่ร่างกายมีการพักผ่อนนอน หลับจึงไม่ค่อยสะดวกและวัดไม่ค่อยได้ผล

2. พลังงานใช้เกี่ยวกับการย่อยอาหาร (Thermogenesis of food consumed) เป็นการ ใช้พลังงานเพื่อใช้ในการย่อยอาหารและเก็บสำรองอาหารความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานนี้ไม่ได้

สร้างขึ้นจากเมแทบอลิซึมขณะพักหรือการออกกำลังกาย กำลังกายความร้อนที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดจากการรับประทานอาหารสารที่เห็นความร้อนเช่นแคทีโคลามีน (Catecholamines) ยาบางชนิดและอาหารบางชนิด

3. พลังงานที่ใช้สำหรับกิจกรรมทางกายและออกกำลังกาย (Energy expenditure for activity) เป็นพลังงานที่ร่างกายใช้ในการประกอบกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันเช่นการออกกำลังกาย การใช้พลังงานรูปแบบนี้จะมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่นรูปแบบของกิจกรรมและลักษณะเฉพาะของร่างกายเช่นนักกีฬาทุกคนทั่วไป

การวัดการไว้พลังงานในขณะออกกำลังกาย (Measuring energy expenditure during exercise)

สมบัติ อ่อนศิริ (2562) อธิบายเกี่ยวกับการวัดการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายเป็นการวัดปริมาณของพลังงานที่เกิดขึ้นในขณะพักและขณะออกกำลังกายของกล้ามเนื้อซึ่งหลักการในการวัดพลังงานนั้นจะวัดจากปริมาณความร้อนที่ร่างกายปล่อยออกมา (Calorimetry) ซึ่งการวัดพลังงานความร้อนจะวัดหน่วยเป็นกิโลแคลอรี (Kilocalories: Kcal) 1 Kcal นั้นจะหมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำจำนวน 1 กิโลกรัมหรือ 1 ลิตรเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสเทคนิคที่ใช้ในการวัดพลังงานนั้นมีทั้งการวัดพลังงานความร้อนที่ปล่อยจากร่างกายโดยตรง (Direct calorimetry) และการวัดพลังงานจากสิ่งที่ทำให้ร่างกายเกิดความร้อน (Indirect calorimetry) เช่นการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) และการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide production)

1. การวัดพลังงานโดยตรง (Direct calorimetry)

การวัดพลังงานโดยตรงเป็นการวัดพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่ร่างกายสร้างพลังงานในขณะพักหรือในขณะทำกิจกรรมต่างๆโดยตรง (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร, 2554) โดยหลักการสำคัญในการวัดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมของร่างกายมาจากกฎการอนุรักษ์พลังงาน (The First law of thermodynamics) (McArdle et al., 2006) ซึ่งระบุไว้ว่าพลังงานแต่ละชนิดบนโลกจะไม่สูญหายไปไหนแต่จะแปรเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพลังงานในรูปแบบอื่นดังนั้นการวัดปริมาณความร้อนที่ร่างกายปล่อยออกในขณะสร้างพลังงาน (Calorimetry) จึงเป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานของร่างกายวิธีการที่ใช้ในการวัดพลังงานที่ร่างกายได้ใช้ไปซึ่งจะทำให้เราทราบว่าในขณะที่ร่างกายทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งจะมีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตหรือจากไขมันเป็นสัดส่วนเท่าไรโดยเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณความร้อนเรียกว่าแคลอรีมิเตอร์ (Calorimeter) การวัดความร้อนด้วยวิธีการแบบนี้ต้องวัดในห้องทดลองพิเศษที่ปิดสนิทและควบคุมอุณหภูมิเรียกว่า Calorimetry chamber การวัดความร้อนที่เกิดจากการทำงานของร่างกายนั้นจะวัดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำที่วางท่อไหลผ่านห้องดังกล่าวโดยน้ำจะดูดซับความร้อนที่ออกมาจากร่างกายของผู้ทำการทดลองทำให้น้ำจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำอุณหภูมิสูงขึ้นแทนวิธีการวัดพลังงานโดยตรงนี้มีความยุ่งยากและใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงมากเนื่องจากต้องสร้างห้อง (Chamber) ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะให้มนุษย์เข้าไปทำกิจกรรมต่างๆ (Close et al., 1980 Levine, 2005) แต่ได้ค่าที่เที่ยงตรงในการวัดค่อนข้างสูง (Webster et al., 1986) ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากใช้การวัด

พลังงานโดยตรงเป็นเครื่องมือเทียบความตรงในการวัดการใช้พลังงานด้วยวิธีอื่น (Dauncey et al., 1978; Close et al., 1980; Snellen, 2000)

2. การวัดพลังงานโดยอ้อม (Indirect Calorimetry)

การวัดพลังงานโดยอ้อมเป็นการวัดพลังงานที่ไม่ได้วัดจากความร้อนโดยตรง แต่จะเป็นการวัดจากการแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะที่ร่างกายพักหรือขณะทำกิจกรรมต่างๆซึ่งสามารถวัดได้จากห้องทดลองแบบเดียวกับการวัดค่าพลังงานโดยตรง (Indirect calorimetry) หรือแบบใช้การสวมหน้ากากและใช้คอมพิวเตอร์คำนวณจากค่าออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไป (Oxygen consumption) และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายผลิตออกมา (Carbondioxide production) การคำนวณค่าการใช้พลังงานจากวิธีนี้จะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยมาจากกระบวนการสร้างพลังงานของร่างกาย (Kaiyala & Ramsay, 2011) วิธีการนี้เป็นวิธีการวัดการใช้พลังงานที่ใช้กันทั่วไปและเป็นที่ยอมรับว่าสามารถทดแทนการวัดโดยตรงได้และยังสามารถคำนวณหาค่าอัตราส่วนการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันซึ่งได้อธิบายต่อไปในการวัดพลังงานโดยอ้อมมีวิธีการวัดสองแบบคือ 1) ระบบปิด (Closed-Circuit Calorimetry) และ 2) ระบบเปิด (Open-Circuit Calorimetry)

ระบบปิด (Closed-Circuit Calorimetry) เทคนิคการวัดนี้ถูกพัฒนาขึ้นปลายปีในป.ศ. 1800s และใช้เป็นเครื่องมือวัดในโรงพยาบาลและในห้องทดลองจนถึงปี 1980s เป็นการวัดพลังงานโดยอ้อมจากการใช้ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปล่อยมาจากกระบวนการสร้างพลังงานของร่างกายในระบบปิดซึ่งเป็นการวัดการใช้ออกซิเจนโดยตรง (Oxygen Consumption) โดยผู้รับการทดลองจะหายใจเข้า (Inhaled) จากออกซิเจนที่บรรจุในถัง Calorimetry Chamber ที่มีเครื่องวัดความจุพิเศษ Spirometer ติดอยู่หลังจากนั้นหายใจออก (Exhaled) คือนอากาศสู่ถังโดยอากาศที่คืนสู่ถังจะถูกสาร Canister of Potassium Hydroxide หรือ Soda Lime ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ดังนั้นอากาศที่ผ่าน Soda Lime ไปได้คือออกซิเจนและไอน้ำ (Water Vapour) พลังงานที่จะคำนวณได้จากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับไว้และปริมาณออกซิเจนที่คงเหลือในถังโดย Spirometer ซึ่งติดอยู่ข้างถัง Calorimetry Chamber (Levine, 2005) การวัดพลังงานในระบบนี้จะมีปัญหาค่อนข้างมากถ้าจะวัดในขณะที่ออกกำลังกายเนื่องจากผู้รับการทดลองจะต้องหายใจเข้าและออกจากถัง Spirometer ดังนั้นผู้รับการทดลองจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับเครื่องมือวัดมาก (McArdle et al., 2006)



ภาพที่ 7.6 การวัดการใช้พลังงานโดยอ้อมระบบปิด (Closed-Circuit Calorimetry)

ที่มา: http://energylife26.blogspot.com/2016/09/blog-post_16.html

ระบบเปิด (Open-Circuit Calorimetry) การวัดการใช้พลังงานโดยอ้อมระบบเปิด (Open-Circuit Calorimetry) เป็นการวัดการใช้พลังงานที่นิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันเพราะมีความสะดวกคำนวณได้รวดเร็วและยังสามารถคำนวณค่าการใช้พลังงานในขณะที่ออกกำลังกายได้หลักการในการวัดค่าการใช้พลังงานในระบบนี้นั้นคือผู้รับการทดลองจะหายใจเข้าจากอากาศในบรรยากาศโดยรอบซึ่งประกอบด้วยออกซิเจน 23.3 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 เปอร์เซ็นต์และไนโตรเจน 79.04 เปอร์เซ็นต์ (Leonard, 2010) การคำนวณค่าการใช้พลังงานนั้นจะให้การคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการหลังจากหายใจออกเปรียบเทียบกับช่วงการหายใจเข้าวิธีการวัดการใช้พลังงานแบบทางอ้อมระบบเปิดนี้มีด้วยกันหลายวิธี เช่น Protable Spirometer Technique, Bag Technique, และ Computerized Instrumentation (McArdle et al., 2006) ด้วยความทันสมัยของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และไมโครโพรเซสเซอร์วิธีการวัดพลังงานโดยใช้ Computerized Instrumentation จึงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Power & Howley, 2009) โดยการทดลองการวัดค่าการใช้พลังงานโดยคอมพิวเตอร์นั้นก็ใช้หลักการวัดพลังงานโดยอ้อมแบบระบบเปิดคือผู้ทดลองจะสวมหน้ากากและหายใจเข้าจากอากาศข้างนอกหลังจากนั้นก็หายใจออกโดยอากาศที่ผู้ทดลองหายใจออกจะเดินทางเข้าไปใน Mixing Chamber Analyzer เพื่อเปรียบเทียบกับค่าอากาศโดยรอบๆ ที่ Mixing Chamber Analyzer คำนวณเก็บไว้หลังจากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (Volume of O₂ Consumed Per Min) หรือ VO₂ และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายผลิตออกมา (Volume of Carbondioxide Produced) หรือ VCD₂

ในการแข่งขันกีฬาในปัจจุบันมีปัจจัยหลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบช่วยทำให้นักกีฬาประสบความสำเร็จในการแข่งขันสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่งที่ช่วยให้นักกีฬาประสบความสำเร็จโดยคำว่าสมรรถภาพทางกายนั้นหมายถึงความสามารถของบุคคลที่จะทำกิจกรรมใด ๆ อันเกี่ยวกับการแสดงออกซึ่งความสามารถทางด้านร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือได้หนักหน่วงเป็นเวลาดิตต่อกันโดยไม่แสดงความเหน็ดเหนื่อยให้ปรากฏและสามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาพปกติได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว (พิชิต ภูมิจันทร์, 2547) สมรรถภาพทางกายประกอบด้วยองค์ประกอบหลายองค์ประกอบ แต่องค์ประกอบที่สำคัญและถือว่าเป็นตัวชี้วัดที่ดีสามารถใช้วัดสมรรถภาพของร่างกายของนักกีฬาคือความอดทนของระบบไหลเวียนเลือด (Cardiovascular endurance) ความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดหมายถึงความสามารถในการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือดซึ่งประกอบด้วยหัวใจปอดกล้ามเนื้อและเส้นเลือดที่จะช่วยในการขนส่งและใช้ออกซิเจนในขณะที่ออกกำลังกาย (Brown et al., 2006) ถ้านักกีฬาที่มีความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดสูงนักกีฬาจะสามารถออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาได้เป็นเวลานานและจะหายใจเหนื่อยได้เร็วกว่านักกีฬาที่มีความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดต่ำกว่าการทดสอบความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดนั้นสามารถกระทำได้หลายวิธีโดยการหาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂ mes) (Wilmore & Costill, 1994) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดในอดีตที่ผ่านมา แต่เนื่องจาก VO₂ max เป็นการวัดค่าการไหลใช้ออกซิเจนสูงสุดซึ่งจากสภาพการณ์จริงของการเล่นกีฬาหรือการออกกำลังกายนั้นโอกาสที่จะออกกำลังกายถึงระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุดนานเกิน 1 นาทีแทบจะไม่มีเพราะกล้ามเนื้อจะมีค่าความเป็นกรดสูงจนทำให้กล้ามเนื้อเกิดความล้าไม่

สามารถเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นการทดสอบความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดที่ดีที่สุดในปัจจุบันคือการวัดจุดเริ่มล้า (Lactate Threshold: LT) LT เป็นทางเลือกที่จะถูกนำมาพิจารณาให้เป็นตัวชี้วัดระดับสมรรถภาพที่ดีและเป็นตัวทำนายผลงานด้านกีฬาได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด VO_{2max} (Wilmore & Costin, 1994) เพราะ LT เป็นจุดที่กล้ามเนื้อเริ่มเกิดการสะสมกรดแลคติกในเลือดซึ่งกรดแลคติกเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนของกลูโคส กรดแลคติกจะสะสมในกล้ามเนื้อถ้าร่างกายไม่สามารถกำจัดกรดแลคติกออกไปได้ กรดแลคติกจะกลายเป็นแลคเตทและไฮโดรเจนไอออนทำให้กล้ามเนื้อมีสถานะเป็นกรดเมื่อกล้ามเนื้อมีสถานะเป็นกรดกล้ามเนื้อจะเกิดความล้าซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการเคลื่อนที่และการแสดงสมรรถภาพในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬานักกีฬามีระดับ LT สูงจะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนดีกว่านักกีฬามีระดับ LT ต่ำ

การวัดค่าจุดเริ่มล้า (Lactate Threshold)

การวัดค่าจุดเริ่มล้า (Lactate Threshold) เป็นวิธีการวัดจากเลือด (Blood Lactate Measurement) วิธีการวัดค่าจุดเริ่มล้า (Lactate Threshold) จากการเจาะเลือดเพื่อวัดค่าระดับ Lactate ในเลือดเป็นวิธีที่ค่อนข้างให้ความแม่นยำ แต่จะค่อนข้างยุ่งยากและไม่สะดวกมากในกรณีที่ต้องการวัดการออกกำลังกายแบบเคลื่อนที่ เครื่องมือที่ใช้ในการเจาะเลือดคือเครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (Lactate Analyzer) ซึ่งในปัจจุบันสามารถหาซื้อได้ในหลายที่ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกสามารถหาซื้อได้ทั่วไป แต่ยังคงต้องการความชำนาญในการวัดและอาจจะถูกปฏิเสธจากกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากต้องมีการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้วหรือบริเวณตัก ในการหาค่า LT จากการวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดนั้นนิยมใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดกับความหนักของการออกกำลังกายจากรูปที่ 34 เราจะพบว่าเมื่อเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดในขณะออกกำลังกายกับความเร็วในการวิ่งไม่เป็นเส้นตรง (Non Linear) เราถือว่าจุดๆ นั้นคือ UT

วิธีการวัดจุดเริ่มล้าด้วยวิธี Ventilation Threshold (VT) การวัดจุดเริ่มล้าด้วยวิธี Ventilation Threshold (VT) จะเป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) และอัตราการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) ซึ่งค่า VT นั้นจะเป็นจุดที่อัตราการหายใจไม่สมดุลกันระหว่าง VO_2 และ VCO_2 ในช่วงขณะออกกำลังกาย ณ เวลาใดเวลาหนึ่งการหาค่า VT นิยมใช้วิธีการแบบ V-Slope Method (Beaver, Wasserman & Whipp, 1986) โดยจะนำค่า VO_2 และค่า VCO_2 มาพล็อตในกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear) จุดใดก็ตามที่ทำให้เส้นกราฟความสัมพันธ์ของ VO_2 และ VCO_2 ไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear) เราถือว่าจุดตรงนั้นคือจุด VT

ในปัจจุบันการหาค่าจุดเริ่มล้า (LT) นั้นนิยมใช้การหาค่า VT กันอย่างแพร่หลาย (Bozinovski et al., 2008; Bellissimo et al., 2007; Onsiri, 2012) เพราะเป็นวิธีที่สะดวกในการทดสอบเพราะไม่ต้องเจาะเลือดทำให้สามารถหากลุ่มที่จะทดสอบได้ง่ายและพบว่าจุดที่พบค่า LT และค่า VT มีความสัมพันธ์ทางบวกระดับสูง ($R = 0.8$ ถึง 0.95) (Davis et al., 1976; Caiozzo et al., 1982) จากรูปที่ 36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Oxygen Consumption, VT และ Anaerobic Threshold จะพบว่าเราจะพบค่า VT และค่า LT ที่ระดับการใช้ Oxygen Consumption ประมาณ

2.7 L.min) จุดเริ่มล้า (Lactate Threshold) คือ จุดที่ระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นภายในช่วงที่ใช้ออกซิเจนจนกระทั่งกรดแลคติกเริ่มสะสมในเลือดการวัดระดับจุดเริ่มล้า (Lactate Threshold: LT) LT เป็นทางเลือกที่จะถูกนำมาพิจารณาให้เป็นตัวชี้วัดระดับสมรรถภาพที่ดีและเป็นตัวทำนายผลงานด้านกีฬาได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด Lactate Threshold นั้นการเจาะเลือดเพื่อวัดค่าระดับ Lactate ในเลือดเป็นวิธีที่ VO₂ ละวิธีการหาค่าค่อนข้างให้ความแม่นยำ แต่จะค่อนข้างยุ่งยากและไม่สะดวกและอาจจะถูกปฏิเสธจากกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากต้องมีการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้วหรือบริเวณตักหัดจุดเริ่มล้าด้วยวิธี Ventilation Threshold (VT) นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะเป็นวิธีที่สะดวกในการทดสอบเพราะไม่ต้องเจาะเลือดทำให้สามารถหากลุ่มที่จะทดสอบได้ง่ายและพบว่าจุดที่พบค่า LT และค่า VT มีความสัมพันธ์ทางบวกระดับสูง ($R = 0.88$ ถึง 0.95) (สมบัติ อ่อนศิริ, 2562)

โดยทั่วไปกีฬาแต่ละประเภทต้องอาศัยนักกีฬาที่มีคุณสมบัติเฉพาะหรือทักษะพิเศษของกีฬานั้นๆ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่ถูกต้องเหมาะสม ผ่านกระบวนการฝึกซ้อมจึงจะสามารถที่จะสร้างทักษะก้าวหน้าในการเคลื่อนไหว อีกทั้งความแตกต่างทางสรีรวิทยาของแต่ละบุคคลซึ่งองค์ประกอบหลักที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณา การแข่งขันกีฬาในปัจจุบัน จะต้องอาศัยแต่ความสามารถของนักกีฬาเพียงอย่างเดียวคงไม่พอ ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาก็จำเป็นต้องศึกษาเรียนรู้ถึงความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนในการพัฒนาด้านการกีฬา โดยรู้จักการนำเอาหลักการและวิธีการเหล่านั้นมาใช้ประกอบในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน เพื่อสร้างเสริมความสมบูรณ์ และขีดความสามารถของร่างกายให้กับนักกีฬาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

สรุปท้ายบท

การประเมินผลการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาทางการกีฬาและการออกกำลังกาย เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลการปฏิบัติงาน (Performance) และ ความล้า (Fatigue) ในระหว่างการทำงานในกล้ามเนื้อเป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางสรีระร่างกายที่เกิดขึ้นจากการทำงานและนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบ หรือปรับปรุงการทำงานของเครื่องมือ เครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยมีความสำคัญของสรีรวิทยาในการทำงานเพื่อใช้ในการจัดให้คนงานได้ทำงานภายใต้สภาพการทำงานที่เหมาะสม การจัดหาเครื่องจักรมาทำงานแทนคนในกรณีที่จำเป็นเพื่อลดความเค้นที่เกิดจากการออกแรงกาย การประเมินความสูญเสียทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการทำงาน ใช้ในการออกแบบสถานที่ทำงาน อุปกรณ์เครื่องมือให้เหมาะสม เพื่อทำการวัดเกี่ยวกับพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนไหว ในการสร้างพลังงานในการออกกำลังกายต่อการออกแรงของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง ประเภทของงานกับสรีรวิทยาการทำงานในการเคลื่อนไหว โดยการทำงานที่มีกิจกรรมต่อเนื่องเป็นเวลานาน (Prolonged Work) และการทำงานที่มีกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง (Intermittent work) เป็นงานที่ใช้ความพยายามในระยะเวลายาว คือ ทำๆ หยุดๆ จนกว่างานจะเสร็จ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ออกซิเจนในขณะที่ทำงาน และขณะพักตลอดเวลา ในการทำงานประเภทนี้ การใช้พลังงานหรือการใช้ออกซิเจนจะไม่อยู่ในภาวะคงตัว แต่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งที่เริ่มทำงานอีกครั้งหลังพัก เพราะความพยายามเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ระยะเวลาพักไม่เพียงพอ โดยมีวิธีการประเมินความสามารถในการใช้พลังงานของร่างกายที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน การสังเกตการบริโภคอาหาร และน้ำหนักร่างกาย (Diet and weight observation)

การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีตรง (Direct calorimetry) การวัดการใช้พลังงานของร่างกายโดยวิธีอ้อม (Indirect calorimetry) และการสอบถามความรู้สึก

การฝึกการปฏิบัติการ

1. ให้นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการใช้พลังงานในร่างกายสามารถแบ่งได้กี่รูปแบบอะไรบ้าง
2. ให้นักศึกษาอธิบาย การวัดพลังงานในขณะออกกำลังกายมีกี่ประเภทอะไรบ้าง
3. ให้นักศึกษาคำนวณหาค่า RER ระหว่าง 0.7-1.0 ที่คำนวณ ได้ขณะออกกำลังกายได้นั้นมีความหมายอย่างไร
4. ให้นักศึกษาคำนวณ นายอำนาจ นนท 70 กิโลกรัมฝึกซ้อมฟุตบอลเป็นเวลา 60 นาที พลังงานที่นายอำนาจ ใช้ในการวิ่งในครั้งนี้คือเท่าไร
5. ให้นักศึกษาอธิบายเกี่ยวกับ จุดเริ่มล้า (Lactate Threshold) คืออะไร

เอกสารอ้างอิง

- กรรวิ บุญชัย. (2540). *คิเนสิโอโลยีเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกร็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. (2558). *พื้นฐานกายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอกรูปเพรส.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2557). *วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ : บริษัท สินธนาโก้ปีเซ็นเตอร์ จำกัด.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2558). ทักษะพื้นฐานการเคลื่อนไหวกับการพัฒนาสมอง. *วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ*, 41(1), 5-16.
- เจริญ กระบวนรัตน์. (2559). รูปแบบการจัดการการเคลื่อนไหวสำหรับการพัฒนาเด็ก เพื่อพัฒนาสมอง และความสามารถในการรับรู้และเรียนรู้. *วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ*, 41(1), 16-23.
- จรวพร ธรณินทร์. (2525). *กายวิภาคและสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช
- เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์. (2562). *สรีรวิทยาของระบบการได้ยินและการประเมินสมรรถภาพการได้ยิน*. สืบค้นเมื่อวันที่ สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2562, จากเว็บไซต์: [http://iph.sut.ac.th/wp-content/uploads/2019/08/Ear-stu.pptx-1-62-Week-3-](http://iph.sut.ac.th/wp-content/uploads/2019/08/Ear-stu.pptx-1-62-Week-3-ถนอมวงศ์ ฤกษ์เพชร. (2554). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ: ตีรณสารการพิมพ์)
- ถนอมวงศ์ ฤกษ์เพชร. (2554). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: ตีรณสารการพิมพ์
- นฤมล สลายวิวัฒน์. (2553). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ทิตินา แคมมณี. (2550). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศพร แสงสว่าง. (2555). *ระบบร่างกายมนุษย์*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563. จากเว็บไซต์: <https://bodysystemm.wikispaces.com/>.
- ประดิษฐ์ เหล่าเนตร และณัฐภัสสร เหล่าเนตร. (2554). *ชีววิทยา. หนังสือเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6*, 85-87.
- พจน์ แสงมณี และขวัญสุตา ประวะภูโต. (2552). *Compact ชีววิทยา. หนังสือเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5*, 3, 27.
- พิชิต ฤทธิ์จรรยา. (2559). การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*, 9(1), 1-17.
- พิชิต ภูติจันทร์. (2547). *วิทยาการศาสตร์การกีฬา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ภาคภูมิ พิสิก. (2560). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว*. เอกสารคำสอนรายวิชา 2723319 กิจกรรมการเคลื่อนไหวสำหรับเด็กเล็ก. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563, จากเว็บไซต์: <https://pubhtml5.com/xwlh/ebgz/basic/101-150>
- ฝ่ายวิจัยพฤติกรรมศาสตร์. (2555). *รายงานแผนปฏิบัติการสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555*. สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สรารุจ สุธีรวงศ์. (2557). *สรุป ระบบประสาทในมนุษย์*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563, จาก
เว็บไซต์: <http://www.krusarawut.net/wp/?p=2605>.
- สาวิตรี แก้วรัก. (2557). *การเคลื่อนไหวเบื้องต้น*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563
<https://sites.google.com/site/sawitreekaewruk/article>
- สิริอร วิชาวุธ. (2554). *จิตวิทยาการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2550). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมบัติ อ่อนศิริ. (2562). *พลังงานกับการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: บริษัทวิสต้า อินเตอร์พรีนซ์
จำกัด.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรม ศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*.
กรุงเทพมหานคร: สำนักงานราชบัณฑิตยสถาน.
- ยงยุทธ ชมไชย. (2559). *ทักษะการเคลื่อนไหว*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2563, จาก
เว็บไซต์: <https://sites.google.com/site/healthgrade6/home/>
- เศรษฐ์ คุณทาบุตร. (2556). องค์ประกอบร่างกายมนุษย์. เมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2562. จากเว็บไซต์
<http://pandatravel.us/human-anatomy-head-and-neck>
- เอก เกิดเต็มภูมิ. (2547). *การเรียนรู้ทักษะกลไก: ประยุกต์สู่การสอนวิชาพลศึกษาและการฝึก
กีฬา*. วิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดอ่างทอง, จังหวัดอ่างทอง.
- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Maximal fat oxidation during exercise in
trained men. *International journal of sports medicine*, 24(08), 603-608.
- Beaver, W. L., Wasserman, K. A. R. L. M. A. N., & Whipp, B. J. (1986). A new method
for detection anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of applied
physiology*, 60(6), 2020-2027.
- Bellissimo, N., Thomas, s. G., Goode, R. C., & Anderson, G. H, (2007). Effect of short-
duration physical activity and ventilation threshold on subjective appetite
and short-term energy intake in boys. *Appetite*, 49(3): 644-651.
- Bonen, A., Haynes, F. J., Watson-Wright, W., Sopper, M. M., Pierce, G. N., Low, M. P.,
& Graham, T. E. (1983). Effects of menstrual cycle on metabolic responses
to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 55(5), 1506-1513.
- Bozinovski, N. C., Bellissimo, N., Thomas, S. G., Pencharz, P. B., Goode, R. C. &
Anderson, G. H. (2009). The effect of duration of exercise at the ventilation
threshold on subjective appetite and short-term food intake in 9 to 14 year
old boys and girls. *Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 6(1),
1-11.
- Brooks, G. A., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization
during exercise: the "crossover" concept. *Journal of applied physiology*, 76
(6), 2253-2261.
- Broer, MR & R. F Zemicke. (1979). *Efficiency of Human Movement*. Plusadelphia W.
B. Saunders Company.

- Brown, S. P., Miller, W. C., & J. M. Eason. (2006). *Exercise physiology: Basis for human movement in health and disease*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Bunt, J. C. (1990). Metabolic actions of estradiol: significance for acute and chronic exercise responses. *Medicine and science in sports and exercise*, 22(3), 286-290.
- Caiozzo V.J., Davis J.A., Ellis J.F., Azus J.L., Vandagriff R., Prietto C.A., McMaster W.C. (1982). A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *Journal of Applied Physiology*, 53(5), 1184-1189.
- Close, W. H., Dauncey, M. J., & Ingram, D. L. (1980). Heat loss from humans measured with a direct calorimeter and heat-flow meters. *British Journal of Nutrition*, 43(1), 87-93.
- Coggan, A. R. , Spina, R. J. , Rogers, M. A. , King, D. S. , Brown, M. , Nemeth, P. M. , & Holloszy, J. O. (1990). Histochemical and enzymatic characteristics of skeletal muscle in master athletes. *Journal of Applied Physiology*, 68(5), 1896-1901.
- Cooper. J. M. and R.B. Glassow. (1976). *Kinesiology*. 4th ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Co.
- _____. (1982). *Kinesiology*. 5th ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Co.
- Costill, D. L., Fink, W. J., Getchell, L. H., Ivy, J. L., & Witzmann, F. A. (1979). Lipid metabolism in skeletal muscle of endurance-trained males and females. *Journal of Applied Physiology*, 47(4), 787-791.
- Davis, J. A., Vodak, P., Wilmore, J. H., Vodak, J., & Kurtz, P. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *Journal of Applied Physiology* 41, 544-550.
- Devries, M. C., Hamadeh, M. J., Graham, T. E., & Tarnopolsky, M. A. (2005). 17 β -Estradiol supplementation decreases glucose rate of appearance and disappearance with no effect on glycogen utilization during moderate intensity exercise in men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(11), 6218-6225.
- DiPietro, L., Williamson, D. F., Caspersen, C. J., & Eaker, E. (1993). The descriptive epidemiology of selected physical activities and body weight among adults trying to lose weight: the Behavioral Risk Factor Surveillance System survey, 1989. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, 17(2), 69-76.
- Friedmann, B., & Kindermann, W. (1989). Energy metabolism and regulatory

- hormones in women and men during endurance exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 59(1-2), 1-9.
- Froberg, K., & Pedersen, P. K. (1984). Sex differences in endurance capacity and metabolic response to prolonged, heavy exercise. *European journal of Applied physiology and occupational physiology*, 52(4), 446-450.
- Gollnick, P.D., Armstrong, R. B., Saubert 4th, C. W., Piehl, K., & Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle fo untrained and trained men. *Journal of applied physiology*, 33(3), 312 319.
- Gollnick PD, Armstrong RB, Saubert CW, et al.. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *Journal of Applied Physiology* 33(3), 312–319.
- Gollnick, P. D., & Saltin, B. (1988). *Fuel for muscular exercise: role of fat. Exercise, nutrition and energy metabolism*. New Yok: Macmillan.
- Hatta, H., Atomi, Y., Shinohara, S., Yamamoto, Y., & Yamada, S. (1988). The effects of ovarian hormones on glucose and fatty acid oxidation during exercise in female ovariectomized rats. *Hormone and Metabolic Research*, 20(10), 609-611.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of applied physiology*, 56 (4), 831-838.
- Hurley, B. F., Nemeth, P. M., Martin, W. H. D., Hagberg, J. M., Dalsky, G. P., & Holloszy, J. O. (1986). Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. *Journal of applied Physiology*, 60(2), 562-567.
- Kaiyala, K. J., & Ramsay, D. S. (2011). Direct animal calorimety, the underused gold standard for quantifying the fire of life. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 158(3), 252-264.
- Kendrick, Z. V., & Ellis, G. S. (1991). Effect of estradiol on tissue glycogen metabolism and lipid availability in exercised male rats. *Journal of Applied Physiology*, 7 (5), 1694-1699.
- Kendrick, Z. V., Steffen, C. A., Rumsey, W.L., & Godberg, D. 1. (1987). Effect of estradiol on tissue glycogen metabolism in exercised oophorectomized rats. *Journal of Applied Physiology*, 63(2), 492-496.
- Kiessling, K. H., Piehl, K., & Lundquist, C. G. (1971). *Effect of physical training on ultrastructural features in human skeletal muscle*. In *Muscle metabolism during exercise*. Springer, Boston, MA.
- Levine, J. A. (2005). Measurement of energy expenditure. *Public health nutrition*, 15(4), 479-489.

- McArdle, W.D., Katch, F.I., and Katch, V.L. (2006). *Exercise Physiology Energy, Nutrition, and Human Performance*. (6th ed). Maryland: Lippincott Williams and Wilkins.
- Marliss, E. B., Kreisman, S. H., Manzon, A., Halter, J. B., Vranic, M., & Nessim, S. J. (2000). Gender differences in glucoregulatory responses to intense exercise. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 457-466.
- Marteniuk, R.G. (1976). *Information processing in motor skills*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Martin, W. D., Dalsky, G. P., Hurley, B. F., Matthews, D. E., Bier, D. M., Hagberg, J. M. & Holloszy, J. O. (1993). Effect of endurance training on plasma free fatty acid turnover and oxidation during exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 265(5), E708-E714.
- Meredith, C. N., Frontera, W. R., Fisher, E. C., Hughes, V. A., Herland, J. C. , Edwards, J. , & Evans, W. J. (1989). Peripheral effects of endurance training in young and old subjects. *Journal of Applied Physiology*, 66(6), 2844-2849.
- Mittendorfer, B., & Klein, S. (2001). Effect of aging on glucose and lipid metabolism during endurance exercise. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 11(s1), S86-S91.
- Mole, P. A., Oscai, L. B., & Holloszy, J. O. (1971). Adaptation of muscle to exercise. Increase in levels of palmityl CoA synthetase, carnitine palmityltransferase, and palmityl CoA dehydrogenase, and in the capacity to oxidize fatty acids. *Journal of clinical investigation*, 50(11), 2323-2330.
- Nagy, T. R., Goran, M.I., Weinsier, R. L., Toth, M. J., Schutz, Y. V. E. S., & Poehlman, E.T. (1996). Determinants of basal fat oxidation in healthy Caucasians. *Journal of Applied Physiology*, 80(5), 1743-1748.
- Numrao, S., Hayashi, Y., Katayama, Y., Matsuo, T., & Tanaka, K. (2009). Sex differences in substrate oxidation during aerobic exercise in obese men and postmenopausal obese women. *Metabolism*, 58(9), 1312-1319.
- Onsiri, S. (2012). *A Comparison of Substrate Utilization during Exercise Among Males and Females Varying in Age and Training Status*. Oregon State University.
- Ostman, J., Amer, P., Engfeldt, P., & Kager, L. (1979). Regional differences in the control of lipolysis in human adipose tissue. *Metabolism*, 28(12), 1198-1205.
- Parent, A. (2005). Vignettes in Neurology Duchenne de Boulogne (1806–1875). *Arkinsonism and Related Disorders*, 11(7), 411–412.
- Powers, S.K., and Howley E.T. (2009). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (7th ed). New York: The McGraw-Hill Company.
- Rasch, P.J. and Burke, R.K. (1978). *Kinesiology and Applied Anatomy*. 6th Edition, Lea

and Febiger, Philadelphia.

- Roberts, S. B., Fuss, P., Heyman, M. B., Dallal, G. E., & Young, V. R. (1996). Effects of age on energy expenditure and substrate oxidation during experimental underfeeding in healthy men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 51(2), B158-B166.
- Roepstorff, C., Steffensen, C. H., Madsen, M., Stallknecht, B., Kanstrup, I. L., Richter, E. A., & Kiens, B. (2002). Gender differences in substrate utilization during submaximal exercise in endurance-trained subjects. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(2), E435-E447.
- Romijn, J. A., Coyle, E. F., Sidossis, L. S., Rosenblatt, J., & Wolfe, R. R. (2000). Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *Journal of Applied Physiology*, 88(5), 1707-1714.
- Rooney, T. P., Kendrick, Z. V., Carlson, J. E. F. F. R. E. Y., Ellis, G. S., Matakovich, B., Lorusso, S. M., & McCall, J. A. (1993). Effect of estradiol on the temporal pattern of exercise-induced tissue glycogen depletion in male rats. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1502-1506.
- Rooyackers, O. E., Adey, D. B., Ades, P. A., & Nair, K. S. (1996). Effect of age on in vivo rates of mitochondrial protein synthesis in human skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(26), 15364-15369.
- Shangold, M., Freeman, R., Thysen, B., & Gatz, M. (1979). The relationship between long-distance running, plasma progesterone, and luteal phase length. *Fertility and sterility*, 31(2), 130-133.
- Sial, A.R., Coggan, R., Carroll, J., Goodwin, S., & Klein, S. (1996). Fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly and young subjects. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 271(6), E983-E989.
- Singer, R. N. (1980). *Motor learning and human performance*. (3rd ed.). New York: Macmillan.
- Tarnopolsky, L. J., MacDougall, J. D., Atkinson, S. A., Tarnopolsky, M. A., & Sutton, J. R. (1990). Gender differences in substrate for endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 68(1), 302-308.
- Toth, M. J., & Tchernof, A. (2000). Lipid metabolism in the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(S3), S121.
- Turcotte, L. P., Swenberger, J. R., Tucker, M. Z., & Yee, A. J. (1999). Training induced elevation in FABPpm is associated with increased palmitate use in contracting muscle. *Journal of Applied Physiology*, 87(1), 285-293.

- Van Loon, L. J. C., Greenhaff, P. L., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W. H. M., & Wagenmakers, A. J. M. (2001). The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *The Journal of Physiology*, 536(1), 295–304.
- Westerterp, K. R. (2000). Daily physical activity and ageing. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 3(6), 485-488.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (1994). *Physiology of Sport and Exercise*. New York: Human Kinetics Publishers.
- Wilmore, J. H., Wambsgans, K. C., Brenner, M., Broeder, C. E., Pajmans, J.A., Volpe, J. A., & Wilmore, K. M. (1992). Is there energy conservation in amenorrheic compared with eumenorrheic distance runners?. *Journal of Applied Physiology*, 72(1), 15-22.
- Whiting, B. and Whiting, J. (1975). *Children of Six Cultures: a psychocultural analysis*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Well K, F. (1960). *Kinesiology*. Philadelphia WB Saunders Company.
- Wildman, E.C.; & Miller, S. (2004). *Sports and Fitness Nutrition*. Belmont, Australia: Thomson/Wadsworth.
- Wisbed, R. (1984). *Athletic Alatty*. New York: Harmony Books.

ภาคผนวก

ประวัติผู้เรียบเรียง



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรนนท์ ตันพานิชย์
ที่อยู่ทำงาน

ภาควิชาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน

เลขที่ 1 หมู่ 6 ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

โทรศัพท์ 034-351898 เบอร์ภายใน 339 โทรสาร 034-35140 โทรศัพท์มือถือ 093-

5325335 E-mail address: famtnt@ku.ac.th, theeranan.tan@ku.th.

ความเชี่ยวชาญ พลศึกษา, วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, การเป็นผู้ฝึกกีฬา,
จริยธรรมและความรับผิดชอบต่อสังคมทางการกีฬา

ประวัติทางการศึกษา

- ปี พ.ศ.2558 ปริญญาเอก (ปร.ด.) สาขาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
กลุ่มวิชาการบริหารจัดการการออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
- ปี พ.ศ.2547 ปริญญาโท (ศศ.ม.) สาขาวิชาเอกพลศึกษา วิชาการวิจัยและประเมินผล
ทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ปี พ.ศ.2543 ปริญญาตรี (ศศ.บ.) สาขาวิชาเอกพลศึกษา วิชาโทจิตวิทยาและการแนะ
แนวคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการทำงาน

- ปี พ.ศ.2560-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาพลศึกษาและกีฬา
คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- ปี พ.ศ.2560-ปัจจุบัน ผู้ช่วยบรรณาธิการวารสาร สุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ
- ปี พ.ศ.2551-2560 เป็นอาจารย์สาขาวิชาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศิลปศาสตร์
และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระ
เกียรติ
- ปี พ.ศ.2558-2560 บรรณาธิการวารสารคณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

ประสบการณ์ด้านการบริหาร

- ปี พ.ศ. 2562-ปัจจุบัน ประธานหลักสูตรศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
- ปี พ.ศ. 2562-ปัจจุบัน ประธานหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา (ภาคปกติ)
- ปี พ.ศ. 2562-ปัจจุบัน ประธานโครงการหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
(ภาคพิเศษ)
- ปี พ.ศ. 2558-2560 ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

- ปี พ.ศ. 2558 รองคณบดีฝ่ายแผนและนโยบาย คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ
 ปี พ.ศ. 2557- ปัจจุบัน อาจารย์ที่ปรึกษาชมรมฮอกกี้อาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 ปี พ.ศ. 2552- ปัจจุบัน ผู้ฝึกสอนชมรมเรือพายมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสบการณ์ด้านการเป็นวิทยากร

- ปี พ.ศ.2562 วิทยากรโครงการอบรมอาสาสมัครกีฬาและผู้นำการออกกำลังกาย (อสก.)
 เชิงปฏิบัติการด้านครูผู้สอนพลศึกษา (ระดับประถมศึกษา) ที่ไม่มีวุฒิ
 พลศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2562
 ปี พ.ศ.2557 วิทยากรโครงการความร่วมมือการจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการระหว่าง
 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) และสาขาพล
 ศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬาคณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระ
 เกียรติเรื่อง การส่งเสริมการออกกำลังกาย “ขยับกายไปกับยางยืดชีวิต
 และตารางเก้าช่อง”
 ปี พ.ศ.2557 วิทยากรโครงการเกษตรเพื่อยุทธศาสตร์การพัฒนากีฬาเชิงปฏิบัติการ
 “เรื่องหลักการออกกำลังกายและการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย”
 ปี พ.ศ.2557 วิทยากรโครงการเกษตรเพื่อยุทธศาสตร์การพัฒนา เรื่องการทดสอบ
 สมรรถภาพสัญญาณจังหวัดสกลนคร

ผลงานแต่งหรือเรียบเรียง ตำรา หนังสือหรือบทความวิชาการ

- ธีรนนท์ ต้นพานิชย์. 2560. กีฬาฮอกกี้อย่างง่าย. กรุงเทพฯ: บริษัท วิสต้า อินเตอร์พรีนท์ จำกัด.
 ธีรนนท์ ต้นพานิชย์. 2560. ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว. เอกสารประกอบการสอน, ภาควิชาพลศึกษา
 และกีฬา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
 กำแพงแสน.

บทความและงานวิจัย

- เบญญาภรณ์ วงศ์ทองบาง, ธีรนนท์ ต้นพานิชย์, ทิพนมกล สงวนศักดิ์สกุล, ต่อศักดิ์ แก้วจรัสวิไล และศุ
 ภาวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์. 2563. นวัตกรรมบอลลายยืดเพื่อพัฒนาทักษะการเสิร์ฟลูก
 วอลเลย์บอลมือบนในกีฬาวอลเลย์บอลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารสุข
 ศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ, 46 (1): 276-287.
 รณเดช ผ่องสมรูป ธีรนนท์ ต้นพานิชย์ คมกริช เชาวน์พานิช และศุภาวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์. 2563. การ
 สร้างโปรแกรมฝึกทักษะเพื่อพัฒนาทักษะการว่ายน้ำท่าคว่ำสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
 ปีที่ 1. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ, 46 (1): 266-275.
 Uaroon, W, Tanphanich, T and Khemngoen, J . 2019. An Innovation on Elastic Ball to
 Develop Basketball Dribbling Skills of Mathayomsuksa 1 Students. Acpes 2019
 The 5th International Conference on Physical Education, Sport, and Health.
 Theeranan Tanphanich, Amnuay Tanphanich, Suphawan Wongsangsup, Siriluck
 Pichainarong, and Satesh Bidaisee. 2018. The Relationships between Health
 and Lifestyle of Elderly People: Case of Chiang Khrua Community, Mueang

District, Sakon Nakhon Province, Thailand. Journal of Law and Society Management, 5 (1): 209-214.

Bidaisee, S., Pichainarongk, S., Tanphanich, T., and Sittibannakul, B. 2018. An evaluation of the loss to follow up participants from the sports for health project in grenada: analysis comparing body mass index and waist-to-hip ratios between. Health Education and Public Health, 2(1): 145-148, doi: 10.31488/heph.113.

Siriluk Pichainarongk and Theeranan Tanphanich. 2018. Society and Culture: A Review of Their Role in Educational and Career Choices. Journal of Law and Society Management, 5 (1): 199-208.

อำนวย ตันพานิชย์, อีรนนท์ ตันพานิชย์, สิริลักษณ์ พิชัยณรงค์, พูนศักดิ์ ทิพย์ศิริ. 2562. แนวโน้มความต้องการศึกษาต่อหลักสูตรและสาขาวิชาใหม่ ระดับปริญญาตรี. คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรโครงการจัดตั้งวิทยาเขตสุพรรณบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อีรนนท์ ตันพานิชย์, อำนวย ตันพานิชย์ เกรียงไกร พร้อมนฤฤทธิ์ และสิริลักษณ์ พิชัยณรงค์. 2561. ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของการจัดการแข่งขันกีฬาเรือยาวประเพณี อำเภอมือง จังหวัดสกลนคร. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการแห่งประเทศไทย, 43(2): 125-137.

อีรนนท์ ตันพานิชย์ และอำนวย ตันพานิชย์. 2559. การจัดการความรับผิดชอบต่อสังคมของกีฬาแห่งประเทศไทย. วารสารศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ, 1(2): 89-111.

อีรนนท์ ตันพานิชย์, อรณา ทศนัยนา, ภูงค์ รุ่งอินทร์, บรรณสิทธิ์ สิทธิบรรณกุล, ฉลองชัย ม่านโคกสูง, เกรียงไกร พร้อมนฤฤทธิ์ และฤกษ์ชัย แยมวงษ์. 2559. การทดสอบสมรรถภาพทางกายของประชาชนใน จังหวัดสกลนคร. เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 งานเกษตรแฟร์นนทรีอีสาน ประจำปี 2559, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

สิริพร อิมพูน, อำนวย ตันพานิชย์ และอีรนนท์ ตันพานิชย์. 2558. การจัดการการท่องเที่ยวเชิงกีฬาผจญภัย. วารสารศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ, 2 (2): 202-224.

อรณา ทศนัยนา, ภูงค์ รุ่งอินทร์, อีรนนท์ ตันพานิชย์, บรรณสิทธิ์ สิทธิบรรณกุล, ฉลองชัย ม่านโคกสูงและเกรียงไกร พร้อมนฤฤทธิ์. 2558. สมรรถภาพทางกายของพนักงานโรงพยาบาลสกลนคร. วารสารศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ, 3 (5): 49-61.

อีรนนท์ ตันพานิชย์. 2560. ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของการจัดการแข่งขันกีฬาเรือยาวประเพณี อำเภอมือง จังหวัดสกลนคร. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

อีรนนท์ ตันพานิชย์, อรณา ทศนัยนา, ภูงค์ รุ่งอินทร์, บรรณสิทธิ์ สิทธิบรรณกุล, ฉลองชัย ม่านโคกสูง, เกรียงไกร พร้อมนฤฤทธิ์ และฤกษ์ชัย แยมวงษ์. 2559. การทดสอบสมรรถภาพทางกายของประชาชนใน จังหวัดสกลนครสัญจร. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิม พระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

- ธีรนนท์ ตันพานิชย์. 2553. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการออกกำลังกายและการเล่นกีฬาเพื่อสุขภาพของประชาชนในอำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร. สาขาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.
- ธีรนนท์ ตันพานิชย์. 2553. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดสอนหลักสูตรบริหารธุรกิจ สาขาจัดการกีฬาและสุขภาพ. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.
- ธีรนนท์ ตันพานิชย์. 2553. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดสอนหลักสูตรบริหารธุรกิจ สาขาจัดการกีฬาและสุขภาพ. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.
- ธีรนนท์ ตันพานิชย์. 2552. ความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพกับวิถีชีวิตของชุมชนในตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร. สาขาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.



เอกสารคำสอน รายวิชา 02193211

วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว และสรีรวิทยาการออกกำลังกาย

(Kinesiology and Physiology of Exercise)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรนนท์ ตันพานิชย์

ภาควิชาพลศึกษาและกีฬา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ภาคต้น ปีการศึกษา 2564

