

บทที่ 2

หลักการ และทฤษฎี

2.1 คำจำกัดความของการยศาสตร์

การยศาสตร์ (Ergonomics) คือ การศึกษาสภาวะแวดล้อมของการทำงาน โดยใช้หลักคิดว่า "เราจะทำให้คนทำงาน อย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างไร" การจัดสภาพแวดล้อมอย่างไร ที่จะให้คนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจ่ายค่าแรงน้อยที่สุด ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด เพื่อให้ผลผลิตออกมามากที่สุด (วรรณะ ชลาชนเดชะ, 2545. เว็บไซต์)

การยศาสตร์ศาสตร์ หมายถึง ศาสตร์ในการจัดสภาพงานให้เหมาะกับคนทำงาน หรือ การศึกษาคนในสิ่งแวดล้อมการทำงาน (สถิธร เทพตระการพร, 2546. เว็บไซต์)

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 11) กล่าวว่า Ergonomics มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกซึ่งประกอบด้วยคำ 2 คำคือ ergos หมายถึงการทำงานหรืองาน (work) และ nomos หมายถึงกฎธรรมชาติ (laws) หรือวิทยาศาสตร์ แปลตรง ๆ ว่า "กฎแห่งการทำงาน" ดังนั้นเออร์โกโนมิกส์จึงหมายถึงการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน

วัตถุประสงค์ของการศึกษาทางการยศาสตร์จะครอบคลุมคำสองคำ คือ ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย นั่นหมายความว่า ความรู้ในส่วนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับคน เครื่องมือ เครื่องจักร วิธีการทำงาน ลักษณะงาน และสภาพแวดล้อม ที่ได้มาในขั้นตอนของการศึกษาทางการยศาสตร์จะถูกใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัย (นริศ จริญญาพร, 2543. เว็บไซต์) ได้อธิบายอธิบายวัตถุประสงค์ของการศึกษาทางการยศาสตร์ไว้ดังนี้

ก. การส่งเสริมประสิทธิภาพและความสำเร็จในการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่กำลังดำเนินไปอื่นจะนำไปสู่ผลต่าง ๆ เช่น การทำงานได้อย่างถูกต้องทำให้ความผิดพลาดที่ลดน้อยลง การทำงานได้สะดวกทำให้เกิดความรวดเร็วขึ้น

ข. การส่งเสริมคุณค่าของความเป็นมนุษย์ รวมถึงการพัฒนาความปลอดภัย การลดความเครียด ความล้าจากการทำงาน ซึ่งนำไปสู่

- ความสบายที่เพิ่มขึ้น
- ความปลอดภัยมากขึ้น
- ความพึงพอใจในงานเพิ่มขึ้น
- การยอมรับจากผู้ใ้มากขึ้น
- การพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

2.2 สรีรวิทยาในการทำงาน

สรีรวิทยามนุษย์ (Physiology) เป็นศาสตร์ที่อธิบายถึงการทำงานของร่างกายในแต่ละระบบภายในร่างกาย ความสัมพันธ์ของระบบในภาวะต่าง ๆ ของร่างกายตั้งแต่ช่วงของการพักผ่อนจนถึงช่วงของการเคลื่อนไหวทำงาน

วัตถุประสงค์หลักของวิชาสรีรวิทยาในการทำงาน ในแนวทางของการยศาสตร์นั้น ก็เพื่อกำหนดหนทางใด ๆ ที่จะทำให้คนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้พลังงานร่างกายอย่างประหยัด และคุ้มค่าโดยไม่เหลือความปวดเมื่อยภายในร่างกายหลังจากเลิกช่วงของการทำงานแล้ว ทั้งนี้ เพื่อให้การดำรงชีวิตหลังเลิกงาน (leisure life) ในแต่ละวันเป็นไปด้วยความปกติสุข

การทำงานของร่างกายมนุษย์ถ้ามองในแง่ของสรีรวิทยาแล้วจะแบ่งออกได้เป็น 9 ระบบ

- ระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ
- ระบบประสาทรับความรู้สึก
- ระบบเผาผลาญและสร้างพลังงาน
- ระบบไหลเวียนโลหิตและน้ำเหลือง
- ระบบหายใจ
- ระบบทางเดินอาหาร
- ระบบควบคุมสารละลายในร่างกายหรือระบบขับถ่าย
- ระบบต่อมไร้ท่อ
- ระบบสืบพันธุ์ (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 161)

2.2.1 พลังงานและกำลังงาน

ในการทำงานของเครื่องจักรต้องใช้เชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงาน สำหรับการทำงานของคน ต้องใช้เชื้อเพลิงหรือพลังงานเช่นกัน โดยร่างกายจะเผาผลาญพลังงานที่ได้จากสารอาหารที่ระดับอุณหภูมิปกติของร่างกาย และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และผลที่ได้ออกมาก็คือพลังงาน (energy)

ผลพลอยได้จากการทำงานของคนก็คือความร้อน (heat) โดยคนจะใช้พลังงาน 10 – 30 เปอร์เซ็นต์ไปในการออกแรงทำงาน และส่วนที่เหลืออีก 70 – 90 เปอร์เซ็นต์จะสูญเสียกลายเป็นความร้อน ดังนั้นการทำงานของคนจึงมีประสิทธิภาพได้เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์เสมอ

ความสามารถในการทำงาน (capacity to do work) หรือที่เราเรียกว่า พลังงาน พลังงานคือสิ่งซึ่งทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้ แต่ไม่ได้จำกัดเวลาหรือความเร็วในการทำเอาไว้ หรือที่เรียกว่าอัตราในการทำงานนั้น ๆ แต่ถ้ากำหนดอัตราในการทำงานแล้ว อัตราของงานนั้นจะเรียกว่า กำลังงาน (power) ดังนั้นกำลังงานจึงหมายถึงการทำงานในหนึ่งหน่วยของเวลาที่กำหนด

(นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 163)

2.2.2 ระบบการทำงานของร่างกายขณะเกิดการเคลื่อนไหว

ในการเคลื่อนไหวร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน ระบบที่สำคัญที่ใช้ในการเคลื่อนไหวทำงานของร่างกาย ได้แก่

- ระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อระบบหายใจ
- ระบบไหลเวียนโลหิตและน้ำเหลือง
- ระบบประสาทรับความรู้สึก

ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงระบบ 2 ระบบแรกคือ การศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อ และระบบของการหายใจขณะเมื่อร่างกายต้องออกทำงานหนัก ๆ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เราเกิดความเข้าใจกระบวนการทำงานของร่างกายเมื่อมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญอย่างมากในร่างกายที่ใช้เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหวส่วนร่างกายโดยตรง (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 163-164)

2.3 สรีรวิทยาการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle physiology)

2.3.1 ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system)

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 46) กล่าวว่า ในร่างกายเรามีกล้ามเนื้อมากกว่า 600 มัด มีน้ำหนักคิดเป็น 40 – 50 % ของน้ำหนักตัวโดยรวม เป็นกล้ามเนื้อกระดูกมากกว่า 400 มัด นอกนั้นเป็นกล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อแต่ละมัด มีหน้าที่เฉพาะที่แตกต่างกัน ซึ่งเกือบทั้งหมดเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อ จะก่อให้เกิดแรง และโมเมนต์กระทำกับข้อต่อส่วนต่างๆ มากน้อยตามแต่ภาระงาน (Physical work load) ที่ร่างกายต้องกระทำ โดยการควบคุมผ่านระบบประสาท กล้ามเนื้อมีคุณสมบัติหลักอยู่ 3 ประการคือ

- สามารถหดตัวได้ (contractibility)
- สามารถยืดหยุ่นและอ่อนตัวได้ (elasticity)
- สามารถดำรงคงรูปอยู่ได้ (tonus)

2.3.2 การแบ่งกลุ่มของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

- กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscles) เป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานโดยอัตโนมัติ อยู่
นอกเหนือการสั่งการควบคุมของสมองหรือจิตใจ การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างช้าๆ เช่น
กล้ามเนื้อบริเวณกระเพาะอาหาร เส้นเลือด เป็นต้น

- กล้ามเนื้อลาย หรือกล้ามเนื้อกระดูก (Striped or skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อ
ที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจควบคุม สามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมากกว่า กล้ามเนื้อเรียบ
และกล้ามเนื้อหัวใจ ทำหน้าที่เคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกาย ร่วมกับระบบกระดูก และข้อต่อ
ตามความต้องการ และการควบคุมของจิตใจ(สมอง)

- กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac or heart muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานโดยอัตโนมัติ
อยู่นอกเหนือการสั่งการควบคุมของสมองหรือจิตใจชนิดหนึ่ง แต่มีการหดตัวที่ช้ากว่ากล้ามเนื้อ
เรียบ กล้ามเนื้อส่วนนี้ มีคุณสมบัติที่สำคัญในการกระตุ้นการทำงานด้วยตัวเอง

สำหรับในแง่กายวิภาคศาสตร์ จะเน้นศึกษาเฉพาะเรื่องของกล้ามเนื้อลาย หรือกล้ามเนื้อ
โครงร่างเท่านั้น เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อเดียวที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกาย

2.3.3 โครงสร้างของกล้ามเนื้อกระดูก (skeletal muscle structure)

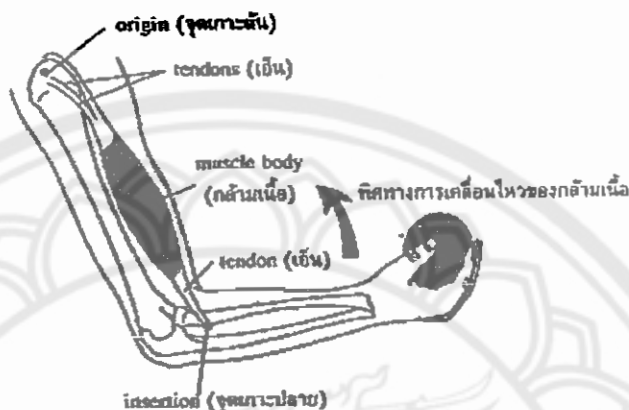
นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 49) กล่าวว่ากล้ามเนื้อกระดูกหรือ
กล้ามเนื้อลาย ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อติดยึด (connective tissue) จำนวนมากซึ่งมีความสามารถ
หดตัวในทิศทางหนึ่งร่วมกัน เซลล์ของเนื้อเยื่อเหล่านี้โดยมากแล้วมีลักษณะเรียวยาวและบางซึ่งจะ
มีชื่อเรียกเฉพาะว่า เส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fibers)

2.3.4 การเชื่อมติดกับกระดูกของกล้ามเนื้อกระดูก (attachement of muscles)

กล้ามเนื้อ จะไม่เชื่อมติดกับตัวท่อนปลายของกระดูกโดยตรง แต่จะมีเส้นในต่อน
ปลาย ๆ ของมัดกล้ามเนื้อซึ่งกลายสภาพเป็นเส้นใยคอลลาเจนรวมตัวกันเป็นมัดเล็ก ๆ ล้วน ๆ ที่
เรียกว่า เอ็น (tendon) ซึ่งมีความแข็งแรงมากเป็นตัวยึดติดกับปลายของกระดูกชิ้นต่าง ๆ แทน ใน
บริเวณที่เอ็นเกาะติดกับหัวกระดูกนั้น กระดูกจะมีผิขรุขระหรือจะมีลักษณะเป็นส่วนที่ยื่นนูน
ออกมาเพื่อความมั่นคงในการยึดเกาะ จุดที่เอ็นเชื่อมติดกับกระดูกมีอยู่ 2 จุด คือ จุดที่อยู่คงที่เมื่อ
กล้ามเนื้อหดตัว (origin) และจุดที่เคลื่อนไหวเมื่อกล้ามเนื้อหดตัว (insertion) ดังแสดงในรูปที่ 2.1
แต่ในบางกรณีเส้นใยของกล้ามเนื้อมัดหนึ่งอาจต่อเข้ากับเอ็นได้เกินกว่าหนึ่งมัด ทั้งนี้เพื่อที่
กล้ามเนื้อมัดนั้นจะได้เชื่อมและควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกายได้หลาย ๆ ลักษณะหลาย ๆ ท่าทาง

ฉะนั้นการตั้งชื่อกล้ามเนื้อบางชื่อจึงมีการตั้งชื่อให้สอดคล้องกับจำนวนของเอ็นที่
กล้ามเนื้อมัดนั้นเข้าเชื่อมต่อกับ เช่น กล้ามเนื้อไบเซ็ป (biceps) ต่อกับเอ็นจำนวนสองเส้น,
กล้ามเนื้อไตรเซ็ป (triceps) ต่อเชื่อมกับเอ็นจำนวน 3 เส้น หรือกล้ามเนื้อควอดริเซ็ป

(quadriceps) ต่อกับเอ็น 4 เส้น เป็นต้น โดยจำนวนที่มากที่สุดของเส้นเอ็นที่มัดกล้ามเนื้อจะต่อเชื่อม กับกระดูกได้ คือจำนวน 4 มัด (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 49-51)



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อระหว่างกล้ามเนื้อและกระดูกจะเริ่มเชื่อมระหว่างจุดที่คงที่ (origin) หรือจุดเกาะต้นมายังจุดที่เคลื่อนที่ได้เมื่อมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ (insertion) หรือจุดเกาะปลาย (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 50)

รูปร่าง ขนาด และการจัดเรียงตัวของกล้ามเนื้อ มีความหลากหลายต่างกัน ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งรูปร่างกล้ามเนื้อ (shapes of muscles) มีทั้งเป็นรูปเรียวยาว รูปแผ่กว้าง สั้นแคบ รูปสี่เหลี่ยม และรูปทรงอื่น ๆ ขนาดความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อ มีตั้งแต่กล้ามเนื้อของกระดูกหูส่วนกลาง ซึ่งมีความยาวเพียง 0.5 เซนติเมตร ไปจนถึงกล้ามเนื้อของกระดูกต้นขาซึ่งมีความยาวถึง 30 เซนติเมตร

การเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (fiber arrangement) มีความแตกต่างกันไป เส้นใยอาจจะเรียงตัวตามยาวและขนาน (parallel) ไปกับความยาวของกระดูก หรือเรียงตัวเป็นพวงคล้ายไม้กวาด (convergent) หรือเป็นลักษณะคล้ายปลายขนนกเต็ม (bipennate or double-feathered) หรือเป็นลักษณะคล้ายปลายขนนกซี่ข้างเดียว (pinnate) เป็นต้น



รูปที่ 2.2 รูปร่างของกล้ามเนื้อ และการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อในลักษณะต่างๆ
(นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 50)

ซึ่งทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อดังกล่าว จะเกี่ยวข้องกับหน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนั้น ๆ ว่าต้องการความแข็งแรงในการหดตัวมากน้อยเพียงใด เช่น เส้นใยกล้ามเนื้อที่จัดเรียงตัวแบบปลายชนกเต็ม จะมีพลังในการหดตัวได้ดีกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นแบบขนานเรียงตัวตามยาว เป็นต้น

นอกจากนี้พลังหรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใยกล้ามเนื้อว่ามีมากน้อยเพียงใด กล้ามเนื้อชนิดที่มีปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อน้อย รูปร่างเรียวยาว จัดเรียงตัวกันไปตามความยาวกระดูก จะมีพิสัยในการเคลื่อนไหว (range of mobility) มากที่สุด แต่จะมีความแข็งแรงน้อย ในทางตรงข้าม กล้ามเนื้อชนิดที่เส้นใยมีปริมาณมาก รูปร่างสั้นตรง จัดเรียงตัวแบบปลายชนกเต็ม จะมีพิสัยในการเคลื่อนไหวน้อย แต่มีความแข็งแรงมากที่สุด เป็นต้น

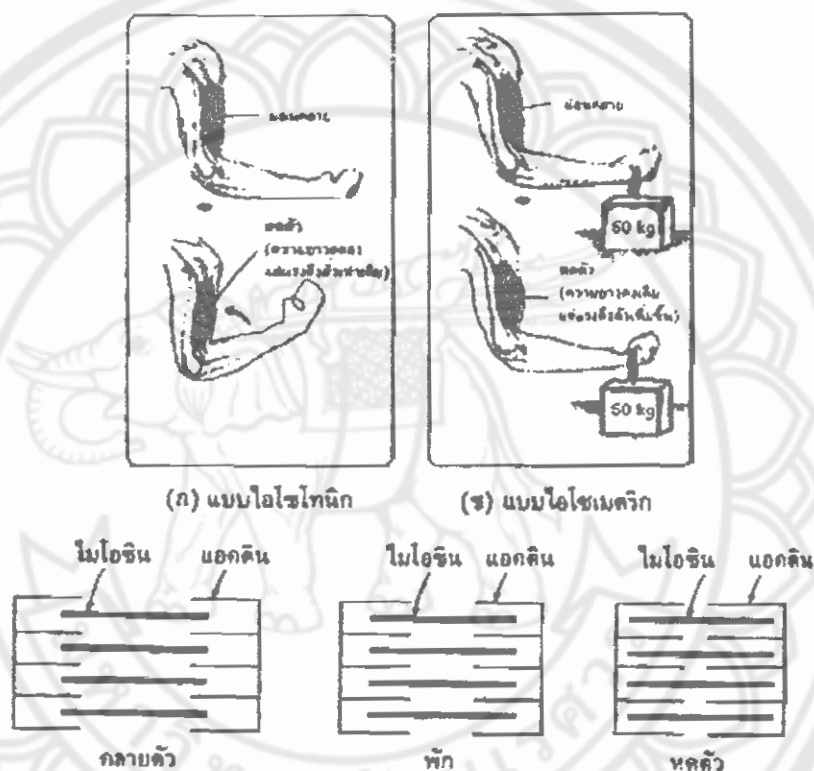
2.3.5 การหดตัวของกล้ามเนื้อ

หน่วยทำงานเพื่อการหดตัวในกล้ามเนื้อลาย (contractile unit) คือ เส้นใยไมโอไฟบริล (myofibril) ใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จะประกอบด้วยสารโปรตีนซึ่งบรรจุสารสำคัญคือ actin และ myosin ซึ่งมีหน้าที่โดยตรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังรูปที่ 2.3

การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- การหดตัวแบบไอโซเมตริก (isometric contraction) หมายถึง การหดตัวที่ความยาวของกล้ามเนื้อมีค่าคงที่ แต่ค่าของความตึงตัว (tension) เปลี่ยนแปลงไป เช่น การดันกำแพง การถือของหยุดนิ่ง ฯลฯ

- การหดตัวแบบไอโซโทนิค (isotonic contraction) หมายถึง การหดตัวที่ทำให้ค่าความยาวของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป แต่ค่าความตึงตัวคงที่ เป็นการหดตัวที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นในระดับหนึ่งจนทำให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบกระตุกติดต่อกันไป และมีระยะคลายตัวสั้น ตัวอย่างเช่น การยกสิ่งของ การลากหรือการเลื่อนมวลวัตถุ ฯลฯ (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบูรพา, 2540. หน้า 164)



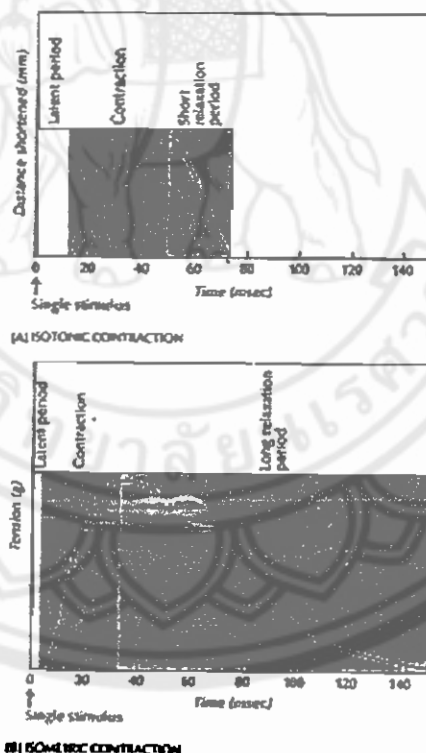
รูปที่ 2.3 แสดงการหดตัวของกล้ามเนื้อ (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบูรพา, 2540. หน้า 164)

2.3.6 กำลังของกล้ามเนื้อ (muscle power)

ใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นจะมีแรงอันเกิดจากการหดตัว และเมื่อรวมแรงของแต่ละใยกล้ามเนื้อเข้าด้วยกันก็จะกลายเป็นกำลังของกล้ามเนื้อทั้งหมด ซึ่งขนาดกำลังนี้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดหรือขนาดความกว้างและความยาวของมัดกล้ามเนื้อเป็นหลัก (โดยปกติแล้วเส้นใยของกล้ามเนื้อแต่ละเส้นจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร) ด้วยโครงสร้างของ

ร่างกายทำให้เพศหญิงมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน้อยกว่าเพศชาย ประมาณ 30% เมื่อเทียบกับการฝึกฝนที่เท่าเทียมกัน เนื่องจากผู้หญิงมีกล้ามเนื้อที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็กและขนาดที่แคบกว่าของผู้ชาย

กล้ามเนื้อจะมีแรงสูงสุดเมื่อเริ่มต้นหดตัวจากสภาพที่กล้ามเนื้ออยู่ในท่าพัก และกำลังกล้ามเนื้อจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า จนกระทั่งหยุดการหดตัว รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดึงที่กล้ามเนื้อกระทำได้เทียบกับระยะเวลาการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเห็นชัดเจนว่าแรงดึงสูงสุดเกิดขึ้นภายในระยะเวลาอันสั้น และเป็นตำแหน่งกล้ามเนื้อไม่ได้หดตัวสูงสุด แต่จะเกิดขึ้นในช่วงแรกๆ ของการหดตัว รอบระยะเวลาของการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อที่บางส่วนมีค่าสั้นมาก เช่น กล้ามเนื้อตา ประมาณ 30 msec ในขณะที่บางส่วนยาวมาก เช่น กล้ามเนื้อขาที่เรียกว่า soleus จะมีรอบระยะเวลาการหดตัว และคลายตัวประมาณ 3000 msec (นริศ จริญพร, 2547. เว็บไซต์)



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ของแรงดึง และเวลาที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ
(นริศ จริญพร, 2547. เว็บไซต์)

2.3.7 การใช้แรงและพลังงานของกล้ามเนื้อ

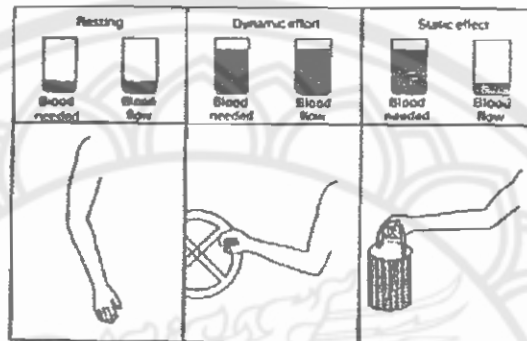
กล้ามเนื้อจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อได้รับการกระตุ้นจากเซลล์ประสาทของสมองและจากไขสันหลัง นอกจากนี้นักกล้ามเนื้อจะหดตัวได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นใยและชนิดของเส้นใยของกล้ามเนื้อนั้น ๆ เช่น กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อขา และกล้ามเนื้อหลัง กล้ามเนื้อกลุ่มนี้จะมีขนาดมัดกล้ามเนื้อใหญ่ จึงทำงานออกแรงหนัก ๆ ได้ และสามารถทำงานได้นานกว่ากล้ามเนื้อที่นิ้วมือหรือกล้ามเนื้อใบหน้า ซึ่งมีขนาดมัดกล้ามเนื้อเล็กกว่า เป็นต้น

นอกจากนี้แม้ว่าขณะที่ไม่ได้ประกอบกิจกรรมใดๆ ร่างกายคนก็ยังคงต้องการปริมาณพลังงานที่คงที่แน่นอนปริมาณหนึ่งในการที่จะดำรงชีวิตให้คงอยู่ อัตราปริมาณน้อยที่สุดที่ร่างกายมนุษย์ต้องการใช้เรียกว่า Basal Metabolic Rate (BMR) (ในท่านอนราบและอยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหวทำงานของกล้ามเนื้อส่วนใดของร่างกาย) และค่า BMR จะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่าง อายุ เพศ ฯลฯ เช่น จากข้อมูลของแกรนด์เจียน (Grandjean, 1988) ระบุว่า ผู้ชายหนัก 70 กิโลกรัม จะมีค่า BMR เท่ากับ 1.20 กิโลแคลอรี/นาที่โดยประมาณ และผู้หญิงหนัก 60 กิโลกรัม จะมีค่า BMR เท่ากับ 1.0 กิโลแคลอรี/นาที่ เป็นต้น (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 165)

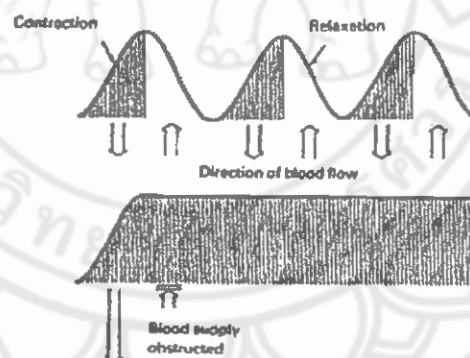
2.3.8 ความล้าของกล้ามเนื้อ

การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดความล้า และความเจ็บปวดแก่กล้ามเนื้อส่วนนั้นๆ กล้ามเนื้อไม่สามารถหดตัวได้ตลอดเวลา เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจะทำให้ระบบการส่งเลือดเข้าสู่ภายในกล้ามเนื้อส่วนนั้น ทำได้ยาก หรือบางครั้งไม่สามารถทำได้ ในขณะที่ความต้องการของเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อ จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อเกิดการใช้งาน ดังนั้นการใช้งานของกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน โดยไม่ผ่อนคลาย หรือที่เรียกว่า การใช้แรงแบบสถิต (Static load) จะส่งผลให้ปริมาณเลือดที่ไหลเข้าสู่กล้ามเนื้อทำได้น้อย และเกิดผลเสียมากกว่า การทำงานในแบบเคลื่อนที่ (Dynamic load) รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นความต้องการ และความสามารถในการไหลของเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อเมื่อทำงานในภาวะต่างๆ รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นแบบจำลองการไหลของเลือดผ่าน และออกจากกล้ามเนื้อ คือ ในช่วงการหดตัวของกล้ามเนื้อจะทำการบีบให้เลือดไหลออก และเมื่อมีการคลายตัว เลือดใหม่ก็จะนำเอาออกซิเจน และสารอาหารไปยังเซลล์ภายในกล้ามเนื้อ การไหลเข้าออกจะเกิดขึ้นเป็นจังหวะตามการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อ แต่ถ้ากล้ามเนื้อส่วนใดมีการหดตัวเพียงอย่างเดียว จะทำให้เลือดใหม่ไม่สามารถนำออกซิเจน และสารอาหารไปยังเซลล์ภายในกล้ามเนื้อได้ ลักษณะดังกล่าวจะส่งผลเสียต่อกล้ามเนื้อคือ ทำให้เกิดความล้าเนื่องจากการสะสมของกรดชนิดหนึ่งชื่อว่า กรดแลคติก (Lactic acid) ที่เป็นผลมาจากการใช้พลังงานในภาวะที่กล้ามเนื้อหรือร่างกายขาดออกซิเจน

ความล้าของกล้ามเนื้อถูกพิจารณาเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบทางกายศาสตร์ ซึ่งพอที่จะสรุปได้ว่า การทำงานใดๆ ที่มีการใช้งานของกล้ามเนื้อแบบหด และคลายตัวตลอดเวลา หรืองานที่กล้ามเนื้อไม่หดตัวอยู่กับที่ จะเป็นผลดีกว่าการทำงานในลักษณะที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวเป็นเวลานาน (Static work) (นริศ จริญพร, 2547. เว็บไซต์)



รูปที่ 2.5 แสดงความต้องการ และความสามารถในการไหลของเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อเมื่อทำงานในภาวะต่างๆ (นริศ จริญพร, 2547. เว็บไซต์)



รูปที่ 2.6 แสดงแบบจำลองการไหลของเลือดผ่าน และออกจากกล้ามเนื้อของการใช้แรงแบบคงที่ (Static effort) และหดสลับไปมา (Dynamic effort) (นริศ จริญพร, 2547. เว็บไซต์)

2.4 ความแข็งแรงของร่างกาย (Human Strength)

การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของร่างกายมนุษย์จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดงาน สถานที่ทำงาน อุปกรณ์เครื่องมือ และใช้ในกระบวนการคัดเลือกคนงานให้เหมาะสมกับสภาพงานและความหนักเบาของงาน

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 186) อธิบายว่า ความแข็งแรง (strength) นั้นเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากที่สุดในการออกแรงเพียงครั้งเดียวโดยที่ร่างกายอยู่ในท่าสแตติก และเป็นไปด้วยความสมัครใจของบุคคลนั้น หรือหมายถึงความสามารถสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ออกแรงภายใต้สภาวะสแตติก

ความสามารถในการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อนี้จะแตกต่างกันไปตามค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของแต่ละบุคคล อายุ เพศ ลักษณะของงาน ระดับความตั้งใจในการออกแรง และปัจจัยอื่น ๆ

2.4.1 การตรวจวัดความแข็งแรงของบุคคลเพื่องานอาชีพ (occupational strength testing)

การตรวจวัดความแข็งแรงของบุคคลแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

2.4.1.1 การทดสอบความแข็งแรงเมื่อมีการออกแรงอยู่กับที่โดยที่ส่วนของร่างกายไม่มีการเคลื่อนไหว หรือความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การดันกำแพง การถือวัตถุอยู่กับที่ การลากวัตถุที่หนักมาก ๆ วิธีทดสอบก็ทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบก็ทำได้โดยให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงกล้ามเนื้อเต็มที่ในช่วงเวลาไม่เกิน 10 วินาที ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อมีปริมาณมากเกินไป นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 187-190) กล่าวถึงวิธีการวัดดังนี้

- การทดสอบแรงบีบมือ (grip strength) วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนิ้วมือและปลายแขน โดยใช้เครื่องวัดแรงบีบมือ (hand grip dynamometer)
- การทดสอบแรงเหยียดขา (leg strength) เป็นการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาโดยใช้เครื่องวัดแรงเหยียดขาและหลัง (back and leg dynamometer)
- การทดสอบแรงเหยียดหลัง (back strength) เป็นการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังโดยใช้เครื่องมือวัดแรงเหยียดขาและหลัง

เทคนิคการวัดแบบสแตติกนี้จะให้ผลต่างกันไปในแต่ละบุคคลโดยจะขึ้นอยู่กับท่าทางที่บุคคลนั้นออกแรง มุมของข้อต่อของส่วนร่างกาย แรงจูงใจ และลักษณะของการออกแรงเป็นแบบใด (ออกแรงแบบค่อยเป็นค่อยไป หรือแบบเร่งสูงสุดทันที ฯลฯ) ผู้ทำการวัดควรจะมีการวัดค่าหลาย ๆ ครั้ง เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการเก็บข้อมูลสำหรับนำไปหาค่าความแข็งแรงที่

เหมาะสมต่อไป สาเหตุที่ต้องหาค่าเฉลี่ยก็เพราะว่าจากการทดลองพบว่าภายในหนึ่งวัน คนคนหนึ่งสามารถมีค่าความแข็งแรงเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ถึง 10 เปอร์เซ็นต์

2.4.1.2 การทดสอบความแข็งแรงเมื่อมีการออกแรงและทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลง

2.4.1.3 (dynamic strength test or isotonic or isokinetic test)

เทคนิคนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากเนื่องจากมีอยู่หลายปัจจัยที่มีผลต่อค่าที่อ่านได้ (เช่น เพศ ระยะในการถือ ความเร็ว และขนาดของการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อต่อระหว่างการเคลื่อนไหว ฯลฯ) ที่จะส่งผลทำให้ค่าที่วัดได้แปรผันไปจากค่าความจริง

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหวจะใช้หลักการเดียวกันกับแบบสถติก แต่แตกต่างกันตรงที่ท่าทางของผู้ทดสอบ โดยการเคลื่อนไหวจะมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด และยังต่างกันที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

การวัดแบบไอโซเมตริก (สถติก) จะดีที่สุดหากว่าเราต้องการผลทางกำลังงานสูงสุด เพราะมีแต่การใช้พลังงานแต่ไม่มีการเคลื่อนไหว และถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการรักษาสมดุลของร่างกายอันเป็นปัจจัยสำคัญในการประยุกต์การใช้ร่างกาย เช่น การหาแรงกดที่เท้าบนคันเหยียบในขณะทำงานขักรถ ส่วนการวัดแบบไอโซโทนิค (ไดนามิก) จะใช้เมื่อเราต้องการลดหรือจำกัดความเมื่อยล้า เพราะเมื่อกกล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวขณะทำงานนั้นจะช่วยให้โลหิตไหลหมุนเวียนได้ดี ช่วยเพิ่มออกซิเจนและขจัดของเสียในร่างกาย และไม่เกิดอาการเลือดคั่งหรือเป็นเหน็บชา ฯลฯ

(นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540, หน้า 190-191)

2.5 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม (Engineering Anthropometry)

ในงานอุตสาหกรรม หรือในชีวิตประจำวัน ปัญหาที่พบในการใช้งานอุปกรณ์ คือ อุปกรณ์นั้นได้รับการออกแบบมาไม่เหมาะกับสัดส่วนร่างกายของคน เช่น ชั้นวางเครื่องมืออยู่สูง ทำให้หยิบของได้ไม่สะดวก แก้วน้ำต่ำไป ทำให้รู้สึกอึดอัด และไม่เอื้อต่อการทำงานในขณะนั่งทำงาน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ แสดงให้เห็นถึงการที่ไม่ได้นำขนาดสัดส่วนร่างกายเข้าไปร่วมพิจารณาในออกแบบ

2.5.1 คำนิยามและความหมายของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม (Engineering Anthropometry)

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (anthropometry) จากการประสมคำในภาษากรีกสองคำคือคำว่า anthropo (human) กับคำว่า metricos (measurement) วิชานี้เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวัดรูปร่าง ขนาด และสัดส่วนของร่างกายของมนุษย์ในแง่มุมต่าง ๆ (เช่น ขนาดรูปร่าง ทรวดทรง ความกว้าง ความสูง ส่วนวงรอบ พิสัยของการเคลื่อนไหวร่างกาย น้ำหนัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ฯลฯ) เพื่อพัฒนามาเป็นข้อมูลมาตรฐานหรือเก็บเอาไว้ใช้เพื่อการเปรียบเทียบ

2.5.2 วัตถุประสงค์ของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 91) กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบ่งได้ ดังนี้

2.5.2.1 เพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน และเพิ่มความพึงพอใจในงาน อันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการทำงานนั้นสูงขึ้น

2.5.2.2 เพื่อช่วยป้องกันข้อผิดพลาดจากการทำงาน และป้องกันความปวดเมื่อยและการบาดเจ็บจากการทำงานกับอุปกรณ์ สถานที่ทำงาน และสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้ขนาดเหมาะสมกับขนาดร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

2.5.2.3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ตำแหน่งและทิศทางต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่ว่าง การออกแบบกระทำได้วัตถุและความสัมพันธ์ระหว่างขนาดร่างกายกับขนาดรูปทรงของเครื่องจักร เครื่องมือ กระบวนการทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

2.5.2.4 เพื่อช่วยเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบและปรับปรุงงาน อุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในการทำงานเพื่อส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพอนามัยสมบูรณ์ทั้งทางร่างกายและจิตใจ รวมทั้งเสริมสร้างคุณภาพชีวิตในการทำงานต่อไป

2.5.3 ผลเสียของการออกแบบสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงานอุตสาหกรรม

แบ่งออกออกเป็น 2 ด้านดังนี้

2.5.3.1 ผลเสียที่เกิดขึ้นของผู้ปฏิบัติงานเมื่อทำงานกับสิ่งที่ไม่ได้ขนาดที่เหมาะสมกับขนาดของร่างกายในด้านกลศาสตร์ชีวภาพได้แก่

- เกิดความเค้นจากท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักเออร์โกโนมิกส์
- เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง
- เกิดการออกแรงกล้ามเนื้อที่เกินขีดความสามารถของกล้ามเนื้อ

- สูญเสียการเคลื่อนไหวร่างกายโดยเปล่าประโยชน์
- เกิดความไม่สะดวกสบายจากการทำงานด้วยท่าทางการทำงานที่ผิด

หรือไม่เหมาะสม

- ฯลฯ

2.5.3.2 ผลเสียที่เกิดขึ้นในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเมื่อทำงานกับสิ่งที่ไม่ได้ขนาดที่เหมาะสมกับขนาดร่างกายในด้านอื่น ๆ ได้แก่

- มีอันตรายที่แฝงอยู่ในเครื่องจักรกลนั้น
- ทำให้ทัศนวิสัยการมองไม่ดี ไม่ชัดเจน ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ
- ทำให้ประสิทธิภาพและคุณภาพในการทำงานลดลงอย่างค่อนข้างจะ

เห็นได้ชัดเจน

- ปัญหาทางด้านสุขภาพร่างกายและสุขภาพจิตอื่น ๆ เช่น ความเครียด ความเบื่อหน่าย ความซ้ำซากจำเจ เป็นต้น

- ฯลฯ

2.5.4 การแบ่งประเภทของการศึกษาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในเชิงวิศวกรรม

การแบ่งประเภทหรือชนิดของการศึกษาการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายหรือแอนโทรโปเมตรี สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.5.4.1 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่ (static anthropometry) เป็นวิธีการวัดมิติขนาดร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในท่านิ่งหรือสภาพสมดุล วิธีนี้เป็นนิยมมากที่สุดในงานวิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย เนื่องจากมีความสะดวกและง่ายต่อการวัดเก็บข้อมูล โดยส่วนมากจะเป็นการวัดขนาดลำตัว ศีรษะ แขน ขา วัดทั้งในท่ายืน และท่าที่นั่งที่มีการกำหนดจุดตำแหน่งที่แน่นอนเป็นมาตรฐานในการวัดแต่ละจุด

2.5.4.2 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายเคลื่อนไหวทำงาน (dynamic anthropometry) เป็นการศึกษาวัดขนาดมิติสัดส่วนร่างกายในขณะเคลื่อนไหวทำงาน เช่น การประกอบชิ้นส่วน การเอื้อมมือไปหยิบของในกระบะ การควบคุมคันบังคับ เป็นต้น วิธีการวัดแบบนี้ค่อนข้างยุ่งยาก ไม่เป็นที่นิยม แม้ว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์มากกว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดในท่านิ่ง เช่น ระยะของการเอื้อมไปหยิบจับสิ่งของนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของความยาวแขนแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังมีปัจจัยอื่น ๆ มาประกอบด้วย เช่น การเคลื่อนไหวของหัวไหล่เป็นลักษณะใด การหมุนลำตัวอย่างไร การก้มตัวทำมุมเท่าใด หรือการเคลื่อนไหวของข้อมือและนิ้วมือเป็นอย่างไร ดังนั้นค่าในการวัดระยะดังกล่าวจุดเดียวจึงมีหลายค่ามาก

2.6 ระบบการควบคุมการทรงตัว

ร่างกายอาศัยกลไกที่ซับซ้อนในการควบคุมการทรงตัว โดยอาศัยระบบการควบคุม ซึ่ง ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และ กันยา ปาละวิทย์ (2536, หน้า 43-45) ได้แบ่งระบบการควบคุมการทรงตัว ออกเป็น 3 ส่วนคือ

2.6.1 รีเซ็ปเตอร์

รีเซ็ปเตอร์ที่ร่างกายใช้ในการทรงตัวนั้น จะอยู่บริเวณใกล้หูชั้นใน ที่เรียกว่า Vestibular apparatus มีด้วยกัน 2 ส่วน คือ Semicircular canals ซึ่งเป็นท่อครึ่งวงกลม 3 หลอด วางตั้งฉากกัน ทำหน้าที่รับการกระตุ้น เมื่อศีรษะมีการหมุน อีกส่วนหนึ่ง คือ utricle เป็นรีเซ็ปเตอร์ ที่ได้รับการกระตุ้น เมื่อศีรษะเคลื่อนที่ตามแนวตรง ซึ่งอาจเคลื่อนไปข้างหน้า หรือถอยหลัง หรือ เคลื่อนขึ้นบนลงล่าง และร่างกายยังรับรู้การทรงตัว โดยอาศัย รีเซ็ปเตอร์อีก 2 ชนิด คือ นัยน์ตา ซึ่งทำหน้าที่รับภาพภายนอก เพื่อเทียบกับท่าทางของร่างกาย และ Somatosensory ประกอบด้วย รีเซ็ปเตอร์ในกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อ เพื่อช่วยรายงานความสั้นความยาวของกล้ามเนื้อ ความตึงของเอ็น และมุมของข้อต่อ

2.6.2 ศูนย์รับรู้การทรงตัว และศูนย์ประสานงาน

ข้อมูลการรับรู้ต่างๆ จะส่งไปยังศูนย์ประสานงานที่อยู่ที่ก้านสมอง โดยข้อมูลที่รับจาก vestibular apparatus จะไปประสานงานกับข้อมูลที่รับรู้ทางนัยน์ตา โดยทำให้เกิด Vestibuloocular reflexes ซึ่งจะช่วยให้ลูกนัยน์ตาเคลื่อนไปรับภาพ เมื่อศีรษะเคลื่อนที่ไป ข้อมูลที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัว จะส่งไปที่ซีรีบรัม เพื่อให้ร่างกายทราบว่าการเคลื่อนที่หรือหมุนไปในท่าใด นอกจากนั้นซีรีบรัมจะใช้เป็นศูนย์ประสานงานสั่งการไปยัง motor area ซึ่งเป็นศูนย์ที่จะส่งคำสั่งมายังไขสันหลังให้ส่งมาที่กล้ามเนื้อเพื่อที่จะปรับท่าทางต่อไป

2.6.3 ศูนย์การสั่งการเพื่อแก้ไขร่างกายไม่ให้ล้ม

การปรับท่าทางร่างกายกระทำที่สมอง 2 ส่วน คือ

- Vestibulospinal reflexes เป็นการปรับท่าทางของแขน ขา และลำตัว เมื่อร่างกายรับรู้แล้วจากนั้นจะประสานงานไปที่ระดับสมองส่วนซีรีบรัม
- motor area ที่ซีรีบรัม จะส่งกระแสประสาทมาที่กล้ามเนื้อเพื่อที่จะปรับท่าทางที่ซับซ้อนขึ้น

2.7 ความเร็วในการตอบสนอง

พฤติกรรมในการเคลื่อนไหว ขึ้นอยู่กับระบบประสาท และกล้ามเนื้อ ดังนั้นการเคลื่อนไหวใดๆ จะถูกจำกัดด้วยคุณสมบัติและประสิทธิภาพของระบบประสาท และความพร้อมของกล้ามเนื้อ ที่มี

หน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวโดยตรง กระบวนการของความเร็วในการเคลื่อนไหว จะเริ่มตั้งแต่ได้รับสัญญาณให้เริ่มการเคลื่อนไหว จนกระทั่งหยุดการเคลื่อนไหว ระยะตั้งแต่เริ่มได้รับสัญญาณให้เริ่มการเคลื่อนไหว จนกระทั่งเคลื่อนไหวเรียบร้อยแล้ว มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องคือ

- Reaction time เป็นระยะเวลาตั้งแต่เริ่มได้รับสิ่งเร้า จนร่างกายเริ่มมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้า ซึ่งเป็นช่วงเวลาในการทำงานของระบบประสาท โดยเริ่มจากการรับรู้จะส่งกระแสประสาทไปยังสมอง และจากสมองกระแสประสาทจะถูกส่งมายังกล้ามเนื้อ

- Moment time เป็นช่วงเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยเริ่มตั้งแต่กล้ามเนื้อได้รับคำสั่งจากกระแสประสาท จนกระทั่งกล้ามเนื้อทำงานจนเสร็จ

- Response time เป็นช่วงเวลารวมทั้งหมด ตั้งแต่ได้รับสัญญาณจากสิ่งเร้า จนกระทั่งสิ้นสุดการทำงาน ดังนั้น Response time จึงรวม Reaction time และ Moment time ไปด้วยกัน เช่น การวิ่ง 100 เมตร ระยะเวลาตั้งแต่นักวิ่งได้ยินเสียงปืน และเริ่มถีบ Starting block เป็นระยะเวลาของ Reaction time ระยะเวลาจากถีบเท้าไปแล้ว และร่างกายของนักวิ่งออกวิ่งไปจนถึงเส้นชัย เป็น Moment time ระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่เสียงปืนดัง จนนักวิ่งเข้าถึงเส้นชัยเป็น Response time (ศิริรัตน์ นีรญรัตน์ 2539. หน้า 71-72)

2.8 เสียง

2.8.1 เสียงทางด้านการยศาสตร์

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 286-287) กล่าวว่า เสียงทางด้านการยศาสตร์มี 2 ชนิดคือ

2.8.1.1 Sound คือเสียงที่เมื่อได้ยินแล้วผู้ฟังไม่รู้สึกรำคาญ หรือไม่รู้สึกรำคาญรบกวน เช่น เสียงนกร้อง เสียงดนตรีที่ชื่นชอบ เสียงลมพัดเบา ๆ เสียงพูดคุยสนทนาในกลุ่ม หรือที่เราเรียกกันว่าเสียงสบายอารมณ์

2.8.1.2 Noise คือเสียงที่ไม่ต้องการ (Unwanted sound) หรือเสียงที่ได้ยินแล้วมีผลกระทบต่อสรีระทางร่างกาย สภาวะจิตใจ และประสิทธิภาพในการทำงาน เช่น เสียงเจาะถนน เสียงปืน เสียงที่ดัง ๆ หยุด ๆ เป็นพัก ๆ เสียงเครื่องจักรกลทำงาน เสียงเครื่องบิน ฯลฯ หรือที่เราเรียกว่าเสียงอึกทึก เสียงไม่สบายอารมณ์ หรือเสียงรบกวน

2.8.2 ลักษณะของเสียงดัง

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 287) อธิบายว่า ลักษณะของเสียงดังมี 3 ประการคือ

2.8.2.1 ความถี่เสียง (Pitch) คือ ความถี่ของเสียง (Frequency of sound) มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (hertz : Hz) โดยที่เสียงมีความถี่มาก ๆ จะถือว่าเป็นเสียงสูง ส่วนเสียงที่มีความถี่น้อย ๆ จะเป็นเสียงต่ำหรือทุ้ม

2.8.2.2 ความเข้มเสียง (Intensity) คือ ความดังของเสียง (loudness) มีหน่วยวัดเป็นเดซิเบล (decibel : dB)

2.8.2.3 คุณภาพ (Quality) ของเสียง ความชัดเจน ความใสของเสียง เสียงบางชนิดอาจดังมากเกินไป ก็ทำให้กลายเป็นเสียงรบกวนไป เราก็มักถือว่าเป็นเสียงที่มีคุณภาพไม่ดี
สภาวะของเสียงเหล่านี้จะมีผลกระทบทั้งในทางที่เพิ่มและลดประสิทธิภาพในการทำงาน รวมทั้งมีผลต่อความปลอดภัยและสุขอนามัยของผู้ได้ยินเสียงเองด้วย ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยิน ทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำงานผิดปกติ และเป็นอันตรายต่อความปลอดภัยในการทำงานของมนุษย์

2.8.3 เสียงและการได้ยิน (Noise and Hearing)

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 288) กล่าวว่า เสียงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียง และการเปลี่ยนแปลงของความดันที่เกิดขึ้นในตัวกลาง (Media) ตัวกลางหนึ่ง เช่น อากาศ น้ำ ฯลฯ เสียงนั้นอาจเกิดมาจากการพูดของคน การทำงานของเครื่องจักรกล การสั่นสะเทือน การเสียดสี การกระทบกันของวัตถุ และการสะท้อนของเสียงเองก็ได้ แต่ในที่ที่ไม่มีอากาศ (สุญญากาศ) คลื่นเสียงไม่สามารถผ่านไปได้เพราะไม่มีตัวกลางในการส่งคลื่น

2.8.4 กายวิภาคของหู (Anatomy of an ear)

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 288-289) อธิบายว่าโครงสร้างของหูแบ่งออกเป็น 3 ส่วนแต่ละส่วนทำหน้าที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

2.8.4.1 หูส่วนนอก (outer ear) ซึ่งประกอบด้วยใบหู รูหู แก้วหู รวมไปถึงต่อมไขมันรอบ ๆ รูหูที่ทำหน้าที่ผลิตเซอรูเมน (cerumen) หรือเรียกกันว่า ขี้หู (ear wax) ทั้งนี้เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและแมลงต่าง ๆ ไม่ให้เข้าสู่หูชั้นใน การนำเสียงของหูส่วนนอกนี้จะอาศัยการสั่นสะเทือนของอากาศ (air vibration) ที่ผ่านเข้ามากระทบ

2.8.4.2 หูส่วนกลาง (middle ear) ในช่องหูส่วนกลางจะประกอบไปด้วยกระดูก 3 ชิ้นคือ กระดูกรูปค้อน (malleus) กระดูกรูปทั่ง (incus) และกระดูกรูปโกลน (stapes) ส่วนแขนของกระดูกรูปค้อนจะยึดติดกับตรงกลางเยื่อแก้วหู (tympanic membrane) และจะสั่นเมื่อเยื่อแก้วหูสั่นสะเทือน แล้วส่งการสั่นสะเทือนต่อไปยังกระดูกรูปทั่งและกระดูกรูปโกลนเป็นลำดับ และที่ส่วน

ปลายของกระดูกรูปโกลนจะยึดติดกับช่องหน้าต่างรูปไข่ที่เรียกว่า โอวัลวินโดว์ (oval window) เพื่อส่งคลื่นการสั่นสะเทือนเข้าสู่หูส่วนในต่อไป

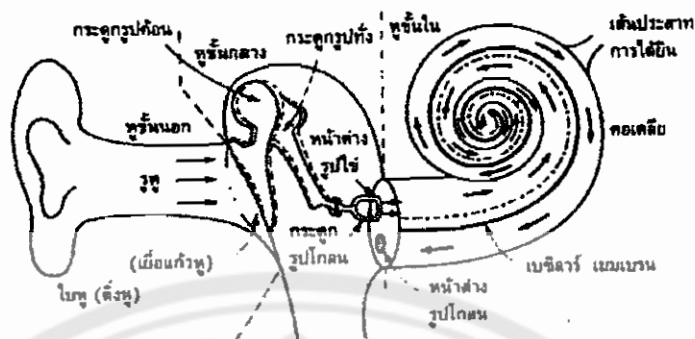
หูส่วนกลางยังมีอีกส่วนมีลักษณะที่เป็นโพรงอากาศอยู่ในกระดูกขมับ ซึ่งอยู่เลยแก้วหูเข้าไป ส่วนนี้จะติดต่อกับโพรงจมูกและลำคอทางหลอดลมหรือท่อน้ำลมที่เรียกว่า ยูสตาเซียนทิวป์ (eustacian tube) โดยมีลิ้นกลั้น (valve) ปิด - เปิด ลิ้นกลั้นนี้จะเปิดเมื่อมีการเคี้ยวหรือกลืนอาหาร เพื่อเป็นการปรับความดันระหว่างหูส่วนกลางกับบรรยากาศภายนอกให้เท่ากันเพื่อให้การได้ยินชัดเจนขึ้น และช่วยป้องกันการอักเสบของเยื่อแก้วหู

2.8.4.3 หูส่วนใน (inner ear) ประกอบด้วยโครงสร้างสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นกระดูกห่อกลวง และส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ

หูส่วนในที่เป็นห่อกลวงจะประกอบไปด้วยอวัยวะที่ทำหน้าที่แตกต่างกันอยู่ 2 ชุดคือ

- คอเคลีย (cochlea) มีรูปร่างคล้ายกันหอย ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน โครงสร้างของคอเคลียนั้นเป็นกระดูกกลวงม้วนบิดตัวเป็นวงเหมือนหอยโข่ง ช่องว่างภายในจะมีของเหลวบรรจุอยู่ นอกจากนี้ยังมีอวัยวะพิเศษเพื่อการรับคลื่นเสียงที่เรียกว่า ออร์แกนออฟคอร์ติ (organ of corti) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับเสียงอยู่เป็นจำนวนมากที่เรียกว่า เซลล์ขน (hair cell) ทำหน้าที่รับคลื่นเสียงความถี่ต่าง ๆ และแปลงคลื่นเสียงให้เป็นคลื่นประสาท อนึ่งเซลล์ขนเหล่านี้จะถูกทำลายได้ง่ายด้วยเสียงที่มีระดับความดังมาก ๆ

- ห่อครึ่งวงกลม (semicircular canal) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการทรงตัวและสมดุลของร่างกาย ลักษณะเป็นห่อครึ่งวงกลม 3 ห่อ ที่แต่ละห่อจะเรียงตัวตั้งฉากซึ่งกันและกันโดยมีของเหลวบรรจุอยู่ในห่อที่เรียกว่า เพอริลิมพ์ (perilymph) บริเวณโคนของห่อครึ่งวงกลมจะมีการโป่งพองเป็นกระเปาะเรียกว่า แอมพูลา (ampula) ภายในกระเปาะนี้จะมีกลุ่มเซลล์พิเศษเรียกว่า คริสตา (crista) ซึ่งมีเซลล์ขนเรียงตัวอยู่กันเป็นกลุ่ม และจะไหวเอนไปมาเพื่อรักษาสมดุลการทรงตัวเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหว



รูปที่ 2.7 กายวิภาคของหู (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 289)

2.8.5 กลไกการได้ยินเสียง (hearing mechanism)

เราจะมีความรู้สึกได้ยินเมื่อมีคลื่นการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของตัวกลางในสิ่งแวดล้อมที่เราอยู่ (โดยปกติคืออากาศ) เมื่อมีคลื่นเสียงเข้ามาทางหูด้านใดด้านหนึ่งเป็นอันดับแรก ใบหูด้านนั้นจะรวบรวมคลื่นเสียงให้ผ่านไปตามรูหูจนกระทั่งถึงเยื่อแก้วหู และจะทำให้เยื่อแก้วหูของหูข้างนั้นเกิดการสั่นซึ่งจะต้องเกิดก่อนการสั่นของเยื่อแก้วหูของอีกข้างหนึ่งที่เสียงจะมาถึงในภายหลัง จึงทำให้เราทราบได้ว่าเสียงนั้นมาจากทิศทางใด ปกติแล้วเยื่อแก้วหูจะสั่นด้วยความถี่และด้วยความแรงเท่ากับความถี่และความแรงของแหล่งกำเนิดเสียง คือ ถ้าเสียงสูงเยื่อแก้วหูก็จะสั่นมาก ถ้าเสียงต่ำก็จะสั่นน้อย แรงสั่นนี้จะถูกส่งต่อไปยังหูส่วนกลางโดยเริ่มจากการทำให้กระดูกรูปค้อนสั่นตามไปด้วย แล้วจะกระทบไปยังกระดูกรูปทั่งและกระดูกรูปโกลนต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งถึงช่องหน้าต่างรูปไข่ ช่องหน้าต่างรูปไข่นี้จะมีการเคลื่อนไหวผลุบเข้าผลุบออกดันให้เกิดคลื่นในของเหลวเพอริลิมพ์ที่อยู่ใต้อกหูท่อยิ่งวงกลม แล้วส่งแรงดันไปทำให้ผนังของที่คอเคลียเกิดการสั่นแล้วทำให้เซลล์ขนบนผนังท่อยเกิดการเคลื่อนไหวไปมาและกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทที่เซลล์ขนแล้วส่งผ่านไปสู่สมองระบบในส่วนของออดิโทรีคอร์ทิกซ์ เพื่อการรับรู้เสียง และการแปลความหมายของเสียง และสมองจะทำการคิดตัดสินใจที่จะตอบสนองต่อเสียงนั้นต่อไป

ปกติแล้วเสียงจะมีช่วงความถี่ที่กว้างมาก แต่พิสัยการได้ยินเสียงของมนุษย์จะอยู่ระหว่างช่วงความถี่เสียง 20 – 20,000 เฮิรตซ์ ปกติหูของคนจะมีความไวต่อเสียงที่มีความถี่ต่าง ๆ แตกต่างกันไปไม่เท่ากัน โดยคนจะมีความไวน้อยต่อเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 1,000 เฮิรตซ์ และหูคนจะมีความไวมากต่อเสียงที่มีความถี่สูง ๆ ดังนั้นที่ความเข้มเสียง (intensity) เท่ากัน เสียงที่มีความถี่ต่ำหรือเสียงทุ้มจะมีระดับความดัง (loudness) น้อยกว่าเสียงที่มีความถี่สูงหรือเสียงแหลม หรือ

กล่าวได้อีกอย่างว่า เสียงที่มีความถี่ต่ำจะต้องมีความเข้มของเสียงมากจึงจะดังเท่ากับเสียงที่มีความถี่สูงกว่า (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 289-290)

2.8.6 ระดับความดังของเสียงและการวัดเสียง (Sound Pressure Level and Noise Measurement)

ระดับความดันของเสียงนั้น (Sound pressure level: SPL) หรือความดังเสียง มีหน่วยวัดหลายหน่วยได้แก่ เดซิเบลสเกลเอ (decibel - A) ฟอน (fon), โซน(son), เดซิเบลสเกลบี (dBB), เดซิเบลสเกลซี (dBC) และเดซิเบลสเกลดี (dBD) โดยหน่วยวัดเสียงที่นิยมมากที่สุด และเป็นที่ยอมรับและใช้กันทั่วโลก คือ เดซิเบลสเกลเอ (decibel - A) ซึ่งความดังเสียงที่หูมนุษย์สามารถรับฟังได้จะมีค่าอยู่ที่ 0 – 140 เดซิเบล – สเกลเอ (dBA) ซึ่งแต่ละค่าเดซิเบลนั้นจะมีความสัมพันธ์กันแบบลอการิทึม (logarithm) เช่น 30 เดซิเบลหมายถึงว่าจะมีความดังเป็น 10 เท่าของ 20 เดซิเบล และ 20 เดซิเบลจะมีความดังเป็น 10 เท่าของ 10 เดซิเบล เป็นต้น

ค่าของหน่วยวัดเสียงแบบเดซิเบลมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} \text{SPL (dB)} &= 10 \log (P/P_0)^2 \\ &= 20 \log (P/P_0) \end{aligned} \quad (2.1)$$

โดยที่ SPL = ระดับความดันเสียง มีหน่วยเป็นเดซิเบล
 P = ความดันเสียงต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น N-m
 P₀ = ความดันเสียงหรือความเข้มชั้นเสียงอ้างอิง
 = 0 dB = 0.000020 N-m = 20×10^{-6} N-m
 = $20 \mu\text{N-m}^2$ = 10 W/m^2

ความดังเสียงที่ศูนย์เดซิเบลนั้นเป็นความดังเสียงที่น้อยที่สุดที่สามารถจะกระตุ้นให้คนปกติเริ่มได้ยินได้ ความดังนี้ถือเป็นขีดเริ่มเปลี่ยนของการได้ยิน (threshold of hearing) เสียงที่มีความดังตั้งแต่ 140 เดซิเบลขึ้นไปจะเป็นอันตรายต่อเซลล์รับรู้การได้ยิน (hair cell) ที่หูส่วนใน โดยปกติมาตรฐานแล้วระดับความเข้มเสียงสูงสุดที่ยอมรับได้จะอยู่ในระหว่าง 90 เดซิเบลสเกลเอ แต่ระดับความเข้มเสียงน้อยก็อาจเป็นที่น่ารำคาญเช่นกันถ้าหากว่าเป็นเสียงที่มีความถี่สูง ๆ เช่น เสียงจักจั่น เสียงจิ้งหรีด

2.8.7 มาตรฐานของเสียงในประเทศไทย

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540, หน้า 294) กล่าวว่า มาตรฐานของเสียงในประเทศไทย แบ่งออกได้ดังนี้

2.8.7.1 ประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม หมวดที่ 3 ข้อที่ 13 และ 14 กำหนดระดับเสียงดังภายในสถานประกอบการดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐานระดับความดังของเสียง, กระทรวงมหาดไทย

(นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540, หน้า 294)

ระยะเวลาที่ไต่ยืนเสียงต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)	ระดับเสียงที่ได้รับติดต่อกัน (เดซิเบลสเกลเอ)
7	91
7-8	90
8	80

หมายเหตุ นายจ้างจะให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีระดับความดังเกินกว่า 140 เดซิเบลสเกลเอ มิได้เด็ดขาด

2.8.7.2 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2514) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหมวดที่ 12 ข้อที่ 39 กำหนดว่า ต้องจัดให้ทุกคนที่อยู่ในบริเวณที่มีเสียงดังเกินกว่า 80 เดซิเบล หรืออยู่ในบริเวณที่มีเสียงดังอันอาจเป็นอันตรายต่อแก้วหูนั้น ต้องใช้ที่อุดหู (ear plug) ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันอันตรายจากเสียง

2.8.8 ผลกระทบและอันตรายจากเสียงดัง (Effects of Noise)

ในการพิจารณาถึงระดับความรุนแรงของผลกระทบจากการได้รับเสียงต้องคำนึงถึงปัจจัยดังนี้

- ระดับความดังของเสียง (ความดัง)
- ความถี่ของเสียง
- ระยะเวลาที่ได้รับเสียง

ปัจจัยทั้งสามนี้เป็นตัวแปรที่สำคัญโดยตรงที่ใช้ในการประเมินอันตรายของเสียง เช่น เสียงที่มีระดับความดังเสียงสูงจะมีอันตรายมากกว่าที่มีระดับความดังที่ต่ำกว่า และระยะเวลาที่ได้รับเสียง (noise exposure time) ยิ่งนานเท่าใด อัตราการถูกทำลายที่จะเกิดขึ้นกับกลไกอวัยวะ



ต่าง ๆ ของการได้ยินก็จะยิ่งเกิดมีมากขึ้นเท่านั้น นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540, หน้า 295-297) กล่าวถึง ผลกระทบและอันตรายของเสียงที่มีต่อผู้ปฏิบัติงาน ดังต่อไปนี้

2.8.8.1 ผลกระทบทางด้านสรีรวิทยาของร่างกาย (physiological effect)

- อาการที่เกิดขึ้นกับหูโดยตรง
- ทำให้เยื่อแก้วหูขาดได้ ถ้าได้ยินเสียงที่ดังมาก ๆ จนเกินไป
- อาจจะทำให้เกิดอาการหูตึงหรือหูหนวก (deafness) ได้
- ทำให้ปวดหู หูอื้อ ฯลฯ
- อาการที่เกิดขึ้นกับสรีระร่างกายส่วนอื่น ๆ นอกเหนือไปจากหูได้แก่
- อาการของการตกใจเมื่อได้ยินเสียงดังมาก ๆ โดยไม่ได้คาดคิด จะทำให้รู้

ม่านตาหดหรือเล็กลง และเส้นเลือดฝอยหดตัว ส่งผลให้ปริมาตรของการไหลเวียนโลหิตลดลง และทำให้ค่าความดันโลหิตสูงขึ้นอย่างฉับพลัน

- อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้น ขณะตกตะลึง
- ประสิทธิภาพในการย่อยและดูดซึมอาหารลดลง ทำให้เป็นโรคแผลใน

กระเพาะอาหาร (peptic ulcer) ได้ง่าย

- กระทบต่อการทรงตัวเกิดการเสียการทรงตัวได้
- ทำให้ลูกนัยน์ตาและอวัยวะอื่น ๆ ในร่างกายสั่นแบบกำทอน

(resonance) กับเสียงที่มีความถี่ต่ำแต่มีความเข้มสูง อาทิ เสียงเบสทุ้มต่ำ หรือเสียงขับวูฟเฟอร์

- ถ้าคนได้ยินเสียงดังถึง 130 เดซิเบลสเกลเอ จะทำให้มีอาการมึนงง

(dizzy) เวียนศีรษะ คลื่นไส้ และอาเจียน

- เสี่ยงต่อการเป็นโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษ (thyroxicosis)

2.8.8.2 ผลกระทบต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน

(performance and safety effects)

- รบกวนการสื่อสารข้อความ การพูดคุย และการสั่งงานระหว่างบุคคลหรือ

ระหว่างกลุ่มผู้ทำงาน

- ทำให้สมาธิในการทำงานลดลง ความคิดและการสั่งการของสมองมี

ขั้นตอนยุ่งยากมากขึ้น โดยเฉพาะงานที่ต้องใช้ความคิดหรือใช้สมอง งานที่ยุ่งยากซับซ้อน งานที่มีรายละเอียดมาก และงานที่ต้องมีการรับส่งข่าวสารกันด้วยวาจา (verbal communication)

- ทำให้เกิดความวิตกกังวล เสียขวัญ เกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าทางสมองทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง อาจเกิดมีอุบัติเหตุและความผิดพลาดในการทำงานมากขึ้น และเป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายในระยะยาว

- ทำให้เกิดความเครียด อากาการหงุดหงิด (mental stress) ไม่สบาย

2.8.8.3 ก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยิน (hearing loss) อันเนื่องมาจากการสัมผัสกับเสียงดังมาก ๆ เป็นเวลานาน

- การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราว (temporary hearing loss or temporary threshold shift (TTS)) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เซลล์ประสาทหรือเซลล์ขนในหูชั้นในถูกทำลายไปชั่วขณะหนึ่ง มักจะเกิดจากการได้ยินเสียงดังที่มีความถี่สูงมากต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น ๆ (ประมาณ 3 – 8 ชั่วโมง) ทำให้เกิดอาการหูหนวกแบบชั่วคราว ซึ่งเมื่อพ้นจากบริเวณที่มีเสียงดังดังกล่าวความสามารถในการได้ยินจะกลับคืนสู่ภาวะปกติดังเดิม แต่ต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการฟื้นตัวของเซลล์ขน แต่จะต้องไม่เกิน 10 วัน เพราะถ้าเกินกว่านี้เราจะจัดให้เป็นอาการหูหนวกถาวร

- การสูญเสียการได้ยินแบบถาวร (permanent hearing loss or permanent threshold shift (PTS)) ซึ่งการสูญเสียการได้ยินนี้เป็นผลมาจากการที่เซลล์ขนในหูถูกทำลายและไม่สามารถที่จะฟื้นสภาพกลับคืนได้ดังเดิม ทำให้เกิดอาการหูหนวก (deafness) แบบถาวรและรักษาให้หายขาดโดยวิธีการทางการแพทย์ยากมาก อาการ PTS อาจจะมีสาเหตุ นอกเหนือไปจากการได้สัมผัสเสียงดังเป็นเวลานาน ๆ มาก ๆ ในแต่ละวันก็มีสาเหตุมาจากวัยอายุที่เพิ่มสูงขึ้น จากโรคติดเชื้อในช่องหู และสาเหตุอื่น ๆ

การสูญเสียการได้ยินแบบถาวรเนื่องจากการสัมผัสกับเสียงดังนั้นเป็นอาการที่ไม่ได้เกิดขึ้นในระยะเฉียบพลัน แต่จะเป็นอาการสะสมทีละเล็กละน้อยเป็นเวลายาวนาน (cumulative disorder)

2.9 แสงสว่าง (Light or Illumination)

สมาคมวิศวกรแสงสว่าง (Illumination Engineering Society: IES) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำนิยามของแสงว่า “แสงคือพลังงานที่ส่องออกไปที่สามารถกระตุ้นเรตินาของนัยน์ตา และทำให้เกิดการมองเห็นขึ้น” แสงนั้นมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นวัตถุโปร่งใสรวมทั้งสุญญากาศได้ เมื่อเคลื่อนที่ผ่านหรือกระทบกับวัตถุตัวกลางแล้ว อาจเกิดการหักเห (refraction), การกระจาย (diffusion), การดูดกลืน (absorption) หรือการสะท้อนกลับ (reflection) ได้

ช่วงแถบสเปกตรัมของคลื่นแสงที่ตาคนเรามองเห็นจะอยู่ระหว่าง 380 – 780 นาโนเมตร (มิลลิไมครอน) พลังงานอื่น ๆ ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 380 นาโนเมตร (เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอ็กซ์ ฯลฯ) หรือพลังงานที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า 760 นาโนเมตร (เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ และพลังงานไฟฟ้า) ตาคนเราจะไม่สามารถมองเห็นพลังงานหรือคลื่นเหล่านี้ได้ด้วยตาเปล่า (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 313)

ในการทำงานหรือการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์นั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยแสงสว่าง ซึ่งแสงสว่างอาจจะได้มาจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ (nature light) เช่น แสงอาทิตย์ แสงจันทร์ หรือแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น (artificial light) นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 314) ได้แบ่งแหล่งกำเนิดแสงแบ่งกว้าง ๆ ออกเป็น 2 ชนิด

2.9.1 ชนิดฟิลาเมนต์หรือแหล่งกำเนิดแสงร้อน (hot source or incandescent bodies)

เช่น ดวงอาทิตย์ ถ่านแดง เปลวไฟ หรือหลอดกลม แหล่งกำเนิดแสงชนิดนี้จะให้แสงสีแดงออกเหลือง นอกจากนี้ยังแผ่รังสีความร้อนออกมา

แสงประดิษฐ์ (man-made light) ชนิดนี้ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากนัก เนื่องจาก 90 เปอร์เซ็นต์จะกลายเป็นพลังงานความร้อน ถ้าหลอดกลมพวกนี้ถูกติดตั้งอยู่ใกล้ศีรษะของผู้ปฏิบัติงานก็อาจจะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ และเกิดอาการเป็นไข้ไม่สบายขึ้นได้เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของมัน

2.9.2 ชนิดฟลูออเรสเซนต์หรือแหล่งกำเนิดแสงเย็น (cold source or luminescent bodies)

เช่น แสงจากตัวแมลง แสงจากหลอดไฟ แสงจันทร์ (mercury lamp) แสงจากปฏิกิริยาเคมี หลอดนีออน และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

แสงประดิษฐ์ชนิดนี้จะให้แสงที่สว่างมากกว่าชนิดแรก มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากกว่าและมีอายุการใช้งานนานกว่า และเนื่องจากถูกเคลือบด้วยสารเคมีที่เหมาะสมได้ดีมากกว่า จึงทำให้เราสามารถผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสีต่าง ๆ ได้

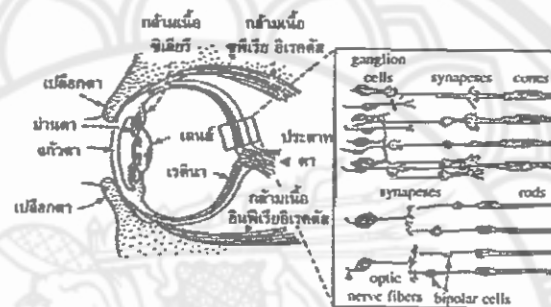
2.9.3 กายวิภาคของตา (anatomy of an eye)

โครงสร้างของตามนุษย์ประกอบด้วย ลูกตา (eyeball) ซึ่งตั้งอยู่ในกระบอกตา โดยมีหนังตาช่วยป้องกันอันตรายจากสิ่งแปลกปลอม นอกจากนี้ยังมีน้ำตาช่วยหล่อเลี้ยงให้ลูกตาชุ่มชื้นและสะอาดอยู่เสมอ ลูกตาสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ในกระบอกตาเพราะมีกล้ามเนื้อตาอยู่ข้างละ 6 มัด นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 314) ได้แบ่งองค์ประกอบของตาที่สำคัญออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

2.9.3.1 ระบบเลนส์ (lens system) ประกอบด้วยกระจกตา (cornea) และเลนส์ตา (lens) ทำหน้าที่หักเหและรวบรวม (focus) ให้ลงบนจอตา (retina)

2.9.3.2 เซลล์รับแสง (receptor cell) เป็นเซลล์ประสาทที่เรียงตัวเป็นชั้น ๆ ในส่วนของจอตา ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงให้เป็นคลื่นประสาท

2.9.3.3 ระบบเส้นประสาทตา (optical nerve system) ทำหน้าที่ส่งคลื่นประสาทไปยังสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (visual cortex)



รูปที่ 2.8 กายวิภาคของตา (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 317)

2.9.4 กลไกการมองเห็น (Mechanism of Seeing)

เมื่อแสงผ่านลงไปถึงจอตาจนถึงชั้นเซลล์รีดและเซลล์โคน แสงจะถูกดูดไว้ในเซลล์รีด (มีจำนวนทั้งหมด 130 ล้านเซลล์โดยประมาณ) และทำปฏิกิริยากับสารสี (ซึ่งสารสีนี้จะประกอบด้วยอัลดีไฮด์ (aldehyde) ของวิตามินเอที่เรียกว่า เรตินิน) ที่อยู่ในเซลล์โคน (จำนวนเซลล์โคนมีอยู่ทั้งหมด 7 ล้านเซลล์โดยประมาณ) และทำให้สี (pigment) ของสารสีดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป เกิดเป็นกระบวนการเคมีแสง (photochemical process) และเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉพาะที่ขึ้นกลายเป็นคลื่นประสาท แล้วคลื่นประสาทนี้จะถูกส่งเข้าไปสู่สมองเพื่อแปลงผลต่อไป (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 317)

2.9.5 ผลกระทบของแสงที่มีต่อการปฏิบัติงาน (effects of light)

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 318) อธิบายว่า ผลกระทบของปริมาณแสงสว่างในการทำงาน มีดังนี้

2.9.5.1 ผลกระทบในกรณีที่มีแสงน้อยเกินไปหรือแสงมัวัว (dim light)

- บรรยากาศในการทำงาน ไม่สบายตา ก่อให้เกิดความเบื่อหน่ายง่าย
- มึนหรือปวดศีรษะ โดยเฉพาะในตอนเย็น ๆ หลังเลิกงาน

- ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อตา (eye strain) และกระบอกตา
- ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เนื่องจากความเร็วการมองเห็นลดลง

2.9.5.2 ผลกระทบในกรณีที่แสงมีมากเกินไปหรือแสงจ้า (bright light)

- ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อตา
- สุขภาพของตาเสื่อมลง (เช่น เยื่อตา กระຈกตาดำ เกิดการอักเสบ)
- สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก เนื่องจากต้องเสียพลังงานไฟฟ้ามาก
- คุณภาพในการทำงานลดลง
- ความปลอดภัยในการทำงานลดน้อยลง

2.9.6 การวัดแสง (Measurement of light)

การวัดแสงสว่าง เรียกว่า โฟโตเมตรี (photometry) การวัดความส่องสว่างจะใช้ เครื่องวัดแสงที่เรียกว่า โฟโตมิเตอร์ (photometer) หรือ ลักซ์มิเตอร์ (lux meter)

การวัดความสว่างของแสงโดยทั่วไปสามารถวัดได้ 2 ลักษณะ คือ

- ความเข้มแสงของการส่องสว่าง (illuminous intensity) คือค่าความมากน้อยของ พลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) บางทีก็มีผู้เรียก ปริมาณอันนี้ว่า กำลังส่องสว่าง (cadle power) โดยทั่วไปความเข้มของการส่องสว่างของ แหล่งกำเนิดแสงหนึ่ง ๆ มักมีค่าเปลี่ยนไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้น

- ปริมาณการส่องสว่าง คือ จำนวนของเส้นแรงของปริมาณแสง (illuminous flux: ซึ่งปริมาณแสงนี้มีหน่วยเป็นลูเมน (lumen)) ที่ตกกระทบ ณ จุดใด ๆ บนพื้นผิวด้านในของทรงกลม โดยที่มีหน่วยของการวัดเป็น ลูเมนต่อตารางฟุต หรือลูเมนต่อตารางเมตร

สูตรในการคำนวณปริมาณการส่องสว่าง

$$FC(Lux) = \frac{\text{ปริมาณแสงที่ออกจากแหล่งกำเนิด (Lumen)}}{\text{พื้นที่รับแสงหรือพื้นที่ส่องสว่าง(ตารางฟุตหรือตารางเมตร)}} \quad (2.2)$$

จากกฎกำลังสองผกผัน (inverse square law) ที่ว่า “ปริมาณแห่งการส่องสว่างบน พื้นผิวใด ๆ จะแปรโดยตรงกับความเข้มของการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับ ค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง” ซึ่งจากกฎดังกล่าวสามารถเขียน เป็นสมการดังนี้

$$FC = \frac{Cd}{D^2} \quad (2.3)$$

เมื่อ FC คือ ปริมาณของการส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นงาน

Cd คือ ค่าความเข้มของการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง

D คือ ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับจุดที่ต้องการคำนวณหาค่า

ปริมาณของการส่องสว่าง

2.9.7 มาตรฐานแสงสว่างในประเทศไทย

นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา (2540. หน้า 324) กล่าวถึงมาตรฐานแสงสว่างในประเทศไทย ไว้ดังนี้

2.9.7.1 ประกาศกระทรวงมหาดไทยเรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อมเรื่องของการส่องสว่าง โดยกำหนดระดับความเข้มของแสงตามลักษณะความละเอียดของงาน โดยแบ่งเป็นงานที่ไม่ต้องการความละเอียด งานที่ต้องการความละเอียดน้อย งานที่ต้องการความละเอียดปานกลาง และงานที่ต้องการความละเอียดมาก

2.9.7.2 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2512) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน หมวด 6

ตารางที่ 2.2 ประกาศกระทรวงมหาดไทยที่ว่าด้วยระดับความเข้มแสงตามลักษณะของงาน

ลักษณะงาน	ตัวอย่างประเภทของงาน	ระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมตามกฎหมายของกระทรวงมหาดไทย (lux)
ไม่ต้องการความละเอียด	- ห้องเก็บของทั่วไป บริเวณทางเดินบันได ระเบียง	50
ต้องการความละเอียดน้อย	- งานบรรจุผลิตภัณฑ์	100
	- งานประกอบชิ้นงานง่าย ๆ	100
	งานสีข้าว งานประกอบหัตถกรรม ห้องหมักน้ำ	

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ประกาศกระทรวงมหาดไทยที่ว่าด้วยระดับความเข้มแสงตามลักษณะของงาน

ลักษณะงาน	ตัวอย่างประเภทของงาน	ระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสม ตามกฎหมายของกระทรวงมหาดไทย (lux)
ต้องการความ ละเอียดปานกลาง	- งานประกอบชิ้นงานที่ ต้องการความละเอียดปาน กลาง งานกลึง หรือแต่งโลหะ หรือไม่อย่างหยาบ ๆ	200
ต้องการความ ละเอียดปานกลาง	- งานเขียน อ่านหนังสือ งาน กลึง หรือแต่งโลหะหรือไม้ที่ งานตรวจพินิจหรือทดสอบ ต้องการความละเอียดปาน	300
ต้องการความ ละเอียดมาก	- งานเขียนแบบ ตรวจสอบ แตกต่างของสีสัน ปรับและ ทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า งาน เจาะกลึงชิ้นงานที่ต้องการ ความละเอียดสูง	500
	- งานเรียงพิมพ์ ประกอบ นาฬิกาหรือเครื่องจักรที่มี ความละเอียดสูง งาน ประกอบชิ้นส่วนทาง อิเล็กทรอนิกส์งานเจาะระโน เพชร – พลอย	1,000

ที่มา : (นาวาอากาศตรีสุทธิ ศรีบุรพา, 2540. หน้า 326)