

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงสถานงานโดยใช้หลักการยศาสตร์ โดยมีรายละเอียดที่จะกล่าวถึงดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

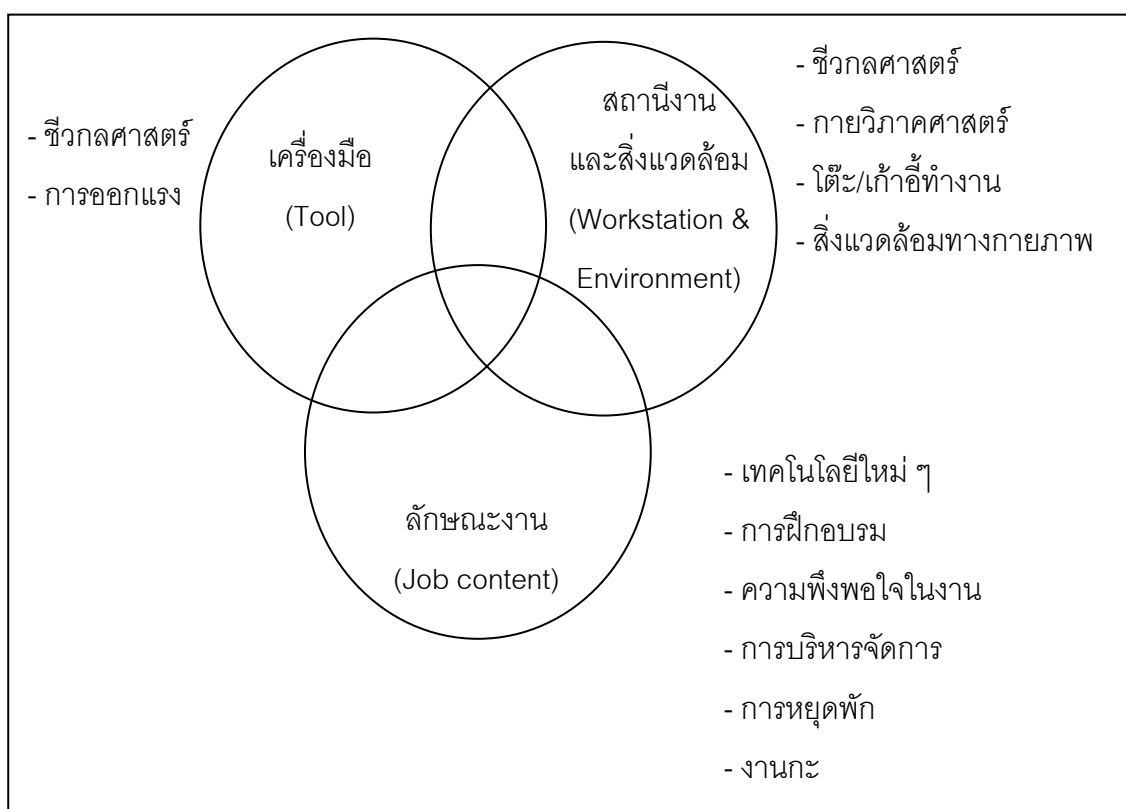
2.1.1 องค์ประกอบและความสำคัญของการยศาสตร์ (Ergonomics)

Ong และ Kogi (1992) ได้อธิบายว่าการยศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชาด้วยกัน ได้แก่ แพทยศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ จิตวิทยา สังคมศาสตร์ และสุขศาสตร์ อุตสาหกรรม ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันในการปรับปรุงคุณภาพการทำงานให้มีประสิทธิภาพ และความปลอดภัยสูงสุด โดยให้ความสำคัญที่คนทำงานเป็นอันดับแรกกว่ามีผลกระทบจากการออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงานอย่างไรบ้าง ซึ่งก็รวมถึงวิธีการทำงานหรือท่าทางในการทำงานที่เหมาะสม เพื่อจะได้ใช้พลังงานในการทำงานน้อยที่สุด เกิดความเครียดความล้า และความผิดปกติจากการบาดเจ็บสะสมเรื้อรัง (Cumulative Trauma Disorders; CTDs) น้อยที่สุด ผลโดยรวม คือ การเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัย และความสบายในการทำงานนั่นเอง

การประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการยศาสตร์ในอันที่จะส่งเสริมประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความไม่สบายในการทำงานสามารถทำได้โดยการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีให้เกิดขึ้นระหว่างคน เครื่องมือ กับสิ่งแวดล้อมในการทำงานของเขา ดังแสดงในภาพที่ 2-1 ดังนั้นงานทางด้านการยศาสตร์ก็คือ การพัฒนา และปรับปรุงสภาพการทำงาน ความหนัก-เบาของงาน การใช้เครื่องมือที่เหมาะสม รวมไปถึงท่าทางการทำงาน เพื่อให้คนงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหมายถึงการลดข้อผิดพลาดในการทำงานในการเพิ่มผลผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตในการทำงานอีกด้วย

การนำหลักของการยศาสตร์มาใช้ในการพัฒนา และปรับปรุงสิ่งแวดล้อมในการทำงานไม่ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย หรือก่อให้เกิดความยุ่งยากแต่อย่างใด ผลที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงสภาพการทำงานที่เห็นได้ชัดคือ

1. คนงานมีขวัญและกำลังใจในการทำงานดีขึ้น
2. คุณภาพการทำงานดีขึ้น
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
4. เพิ่มผลผลิตเพิ่มขึ้น
5. ลดการขาดงาน
6. ลดอัตราการเข้า-ออกงาน
7. ลดอันตรายที่อาจเกิดกับหลังส่วนบนเอาไว้ให้น้อยลง
8. ลดการประสบอันตรายจากการทำงานซ้ำซาก



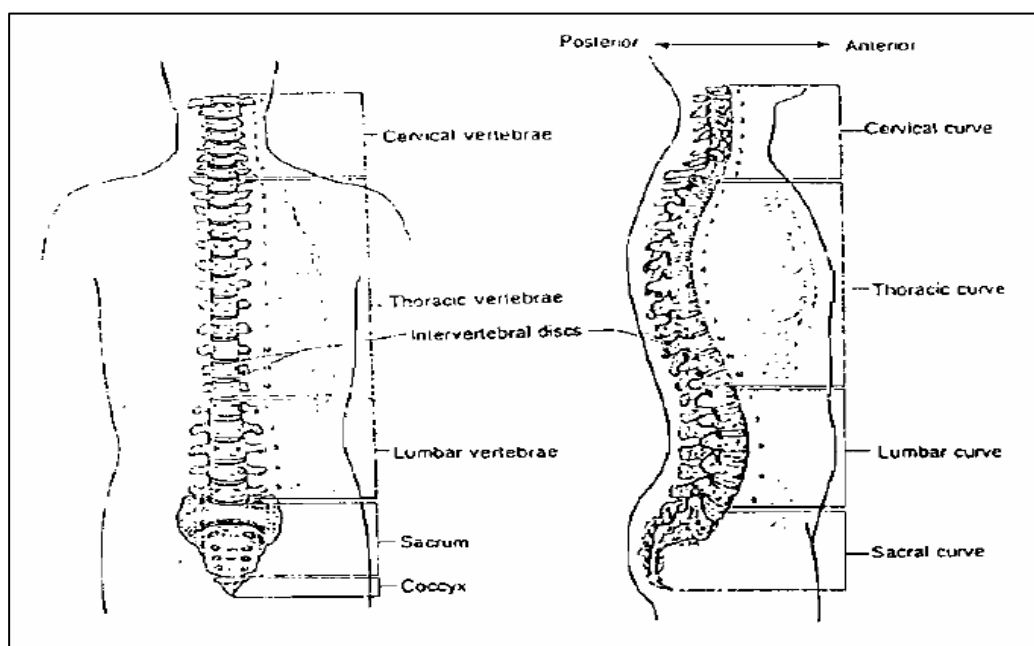
ภาพที่ 2-1

ความสัมพันธ์ระหว่างคน เครื่องมือ กับสิ่งแวดล้อมในการทำงาน (Ong และ Kogi, 1992)

2.1.2 ชีวกลศาสตร์สำหรับการนั่ง

การนั่งทำงานของพนักงานในลักษณะต่างๆ เมื่ออยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม จะมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูกสันหลัง ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญของร่างกาย มีหน้าที่ในการรักษาสภาพการทรงตัว โดยจะทำงานร่วมกันกับระบบกล้ามเนื้อต่างๆ ในร่างกาย ผลเสียที่เห็นได้ชัดที่เกิดขึ้นจากการนั่งทำงานด้วยลักษณะทำงานที่ไม่ถูกต้อง คือ การปวดหลัง ดังนั้น การศึกษาเรื่องโครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงท่าทรงตัวของกระดูกสันหลัง (Spine) จะทำให้เข้าใจในปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับท่านั่งทำงานได้ดี

โครงสร้างที่สำคัญที่สุดของหลัง คือ กระดูกสันหลัง (Vertebral Column) ซึ่งประกอบด้วยกระดูกอันเล็กและสันเรียงซ้อนกัน ดังแสดงในภาพที่ 2-2 กระดูกสันหลังส่วนบนสุดคือ กระดูกสันหลังส่วนคอ (Cervical Vertebral) ซึ่งมีขนาดค่อนข้างเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับกระดูกสันหลังส่วนล่าง ได้แก่ กระดูกสันหลังส่วนอก (Thoracic Vertebrae) และกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar Vertebrae) ทั้งนี้เพราะรับน้ำหนักน้อย และจะใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เมื่อต่ำลงมาเพื่อความมั่นคงแข็งแรงและรับน้ำหนักได้มากโดยเฉพาะกระดูกสันหลังส่วนเอวนั้นมีขนาดใหญ่และหนากว่าส่วนอื่น ๆ หมอนรองกระดูกสันหลังเอวส่วนนี้จะเรียงซ้อนกันโดยมีแนวโค้งงอมาด้านหน้า หรือ เรียกว่า โค้งลอโรคติก (Lordotic Curve) กระดูกสันหลังส่วนนี้ทำให้เกิดปัญหาการปวดหลังมากที่สุด กระดูกสันหลังส่วนที่ต่อลงมาจากกระดูกสันหลังส่วนเอวนี้คือกระดูกเหนือก้นกบ (Sacrum) จะมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ และไปเล็กที่สุดที่กระดูกก้นกบ (Coccyx) อันสุดท้าย



ภาพที่ 2-2

ลักษณะของกระดูกสันหลังและส่วนโค้งต่างๆ ของกระดูกสันหลัง

(Tortora และ Anagnostakos, 1978)

เมื่อมองในแง่ชีวกลศาสตร์ จะสามารถแบ่งกระดูกสันหลังได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เคลื่อนไหวได้ และส่วนที่เคลื่อนไหวไม่ได้

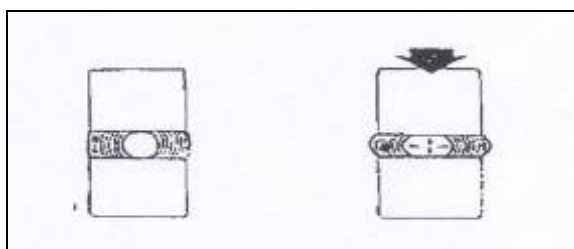
1. กระดูกสันหลังส่วนที่เคลื่อนไหวได้ หรือ เรียกว่ากระดูกสันหลังเหนือก้นกบ (Presacral Vertebrae) เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวหลังได้ดี และเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการปวดหลัง ได้แก่

1.1 กระดูกสันหลังส่วนคอ (Cervical Vertebrae) 7 ชิ้น

1.2 กระดูกสันหลังส่วนอก (Thoracic Vertebrae) 12 ชิ้น

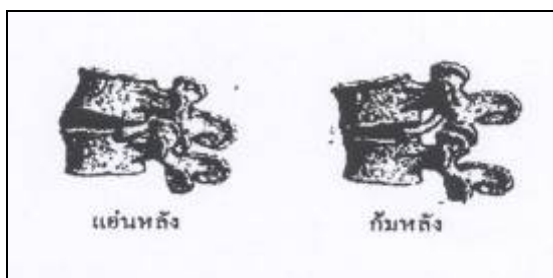
1.3 กระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar Vertebrae) 5 ชิ้น

กระดูกสันหลังส่วนนี้มีทั้งหมด 25 ชิ้น และมีหมอนรองกระดูกคั่นอยู่ทุกชิ้น ยกเว้นกระดูกสันหลังส่วนคอชิ้นที่ 1 และ 2 ดังนั้น จึงมีหมอนรองกระดูกทั้งหมด 23 ชิ้น เมื่อมีน้ำหนักกดลงบนกระดูกสันหลัง หมอนรองกระดูกจะยุบและโป่งออกโดยรอบ ดังแสดงในภาพที่ 2-3 และเมื่อเกิดการยุบตัวและโป่งยื่นออกรอบนอกดังกล่าว จะทำให้ไปกดทับเส้นประสาทซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดอาการปวดหลัง ดังแสดงในภาพที่ 2-4 การก้มหรือแอ่นของหลังจะทำให้เกิดการยื่นโป่งออกของหมอนรองกระดูกในด้านที่กว้างกว่า ก็เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดอาการปวดหลังได้เช่นกัน



ภาพที่ 2-3

การโป่งและยื่นออกของหมอนรองกระดูกเมื่อแรงกดลงบนกระดูกสันหลัง (ดำรง, 2528)



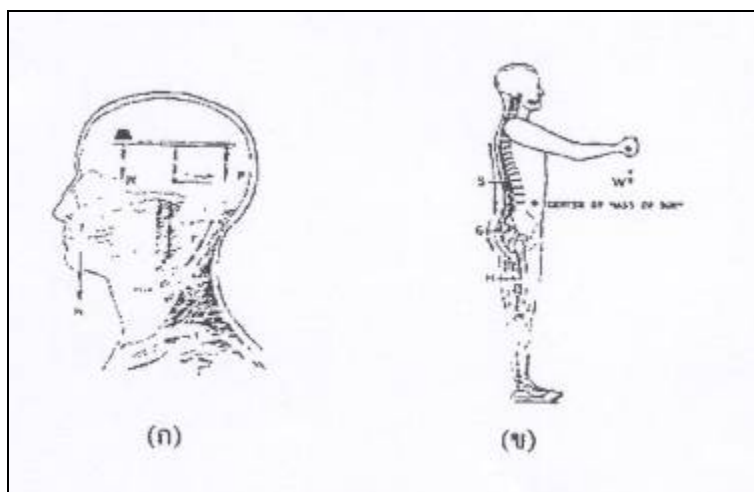
ภาพที่ 2- 4

ขณะก้มตัวหรือแอ่นหลังทำให้เกิดการโป่งออกของหมอนรองกระดูกไปในด้านที่กว้าง

ก ทำให้ไปกดทับเส้นประสาทก่อให้เกิดอาการปวดหลัง (Kiem และ Kirkaldy, 1980

ด้านหลังของอุ้งเชิงกราน ความสำคัญในเชิงชีวกลศาสตร์ คือความลาดเอียงของส่วนบนของกระดูกเหนือก้นกบ ซึ่งมีกระดูกสันหลังที่อยู่เหนือขึ้นไปทั้ง 24 อัน มาตั้งอยู่ ความลาดเอียงนี้จึงมีความสำคัญ หากความลาดเอียงมีมากคือ กระดูกเชิงกรานทั้งอันเอียงคว่ำมาทางด้านหน้า ซึ่งพบมากในคนก้นงอน หรือ หลังแอ่น ทำให้โค้งลอร์ดติคของกระดูกสันหลังส่วนเอวก็จะมากตามด้วยอันเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ในแง่ของการรักษา หรือป้องกันการปวดหลัง (ดำรง, 2528)

การที่กระดูกสันหลัง ซึ่งถือว่าเป็นโครงสร้างที่สำคัญของร่างกาย มีลักษณะโค้งไปมา ทำให้สามารถช่วยดูดซับแรงสะเทือนที่เกิดขึ้นกับศีรษะลงได้มาก เมื่อทำงานร่วมกับหมอนรองกระดูก และยังสามารถก้มหรือแอ่นของหลัง และบริเวณคอได้อย่างมีประสิทธิภาพนอกจากนี้ ยังมีเอ็นยึดกระดูกและกล้ามเนื้อ ซึ่งจะช่วยให้โครงสร้างนี้แข็งแรง และสามารถทรงตัวอยู่ได้ในอิริยาบถต่างๆ การเปลี่ยนแปลงลักษณะท่าทางในการทำงานหรืออิริยาบถต่างๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับโครงสร้างส่วนนี้ ได้แก่ การโป่งยุบของหมอนรองกระดูก การยืดหรือหดของกล้ามเนื้อ ในส่วนของกล้ามเนื้อจะพบว่า เมื่อร่างกายอยู่ในลักษณะต่างๆ เช่น ก้ม เงย เอียง ซ้าย หรือขวา ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อเพื่อคอยรักษาและควบคุมให้สามารถทรงตัวอยู่ได้ในท่าทางเช่นนั้น (Tichauer, 1987) ดังแสดงในภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5

ลักษณะของแรงที่กล้ามเนื้อใช้เพื่อให้ศีรษะสามารถทรงตัวอยู่ได้

(ก) แรงที่กล้ามเนื้อบริเวณคอ เพื่อใช้ในการทรงตัวของศีรษะ

(ข) แรงที่กล้ามเนื้อส่วนต่างๆ เพื่อควบคุมการทรงตัวในขณะที่อยู่ในท่ายืน (Tichauer, 1987)

จากภาพที่ 2-5 (ก) เมฆนาหนัก (vv) ของศีรษะเมเตกผ่านจุดหมุน ขงขยูเนแนว กระตุกส้นหลังก็จะทำให้เกิดโมเมนต์ขึ้น ดังนั้น เพื่อรักษาภาพของการทรงตัวของศีรษะให้อยู่ใน ลักษณะท่าทางที่ต้องการได้ กล้ามเนื้อส่วนบริเวณคอก็ต้องออกแรงดึง (F) แรงดังกล่าวถือเป็น ภาระที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อส่วนนั้น ซึ่งจะเกิดขึ้นกับบริเวณส่วนอื่นๆ ได้เช่นกัน จากภาพที่ 2-5 (ข) แรง S, G และ H เป็นแรงที่กล้ามเนื้อในส่วนนั้นๆ ใช้เพื่อรักษาและควบคุมการทรงตัวใน ขณะที่อยู่ในท่ายืน ภาระส่วนนี้คือภาระสถิต ซึ่งเป็นงานในเชิงสรีรวิทยา ภาระสถิตที่เกิดขึ้นแก่ กล้ามเนื้อนี้จะทำให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วมาก เพราะจะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวอยู่ ตลอดเวลา การไหลเวียนโลหิตจะทำได้ยาก ทำให้การส่งถ่ายอาหารและออกซิเจนให้แก่เส้นใย กล้ามเนื้อไม่เพียงพอ ดังนั้น ในการออกแบบเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์หรือสถานทำงาน จึง ต้องหลีกเลี่ยงกับการที่จะต้องทำให้กล้ามเนื้อรับภาระสถิตเป็นเวลานานๆ

Kumar และ Scaife (1979) ได้อธิบายการคำนวณหาค่าของแรงที่กล้ามเนื้อต้องใช้ เพื่อรักษาสมดุลของการทรงตัว โดยอาศัยหลักการสมดุลของโมเมนต์ ดังแสดงในภาพที่ 2-6

จากภาพที่ 2-6 โดยอาศัยสมดุลของโมเมนต์ ทำให้เราสามารถหาค่า F_C ได้จาก สมการที่ (2-1) และ F_L ได้จากสมการที่ (2-2) เมื่อ

$$\begin{aligned} F_M &= \text{น้ำหนักของศีรษะและคอเหนือจุด C} \\ F_T &= \text{น้ำหนักของลำตัวทั้งหมดจากจุด C ถึง L} \\ F_C &= \text{แรงที่กล้ามเนื้อบริเวณคอใช้เพื่อรักษาสมดุล} \end{aligned}$$

F_L = แรงที่กล้ามเนื้อบริเวณเอวใช้เพื่อรักษาสสมดุล

a_C = ระยะของแขนโมเมนต์ที่เกิดจากแรง F_C

b_L = ระยะของแขนโมเมนต์ที่เกิดจากแรง F_L

a_M = ระยะของแขนโมเมนต์ที่เกิดจากแรง F_M

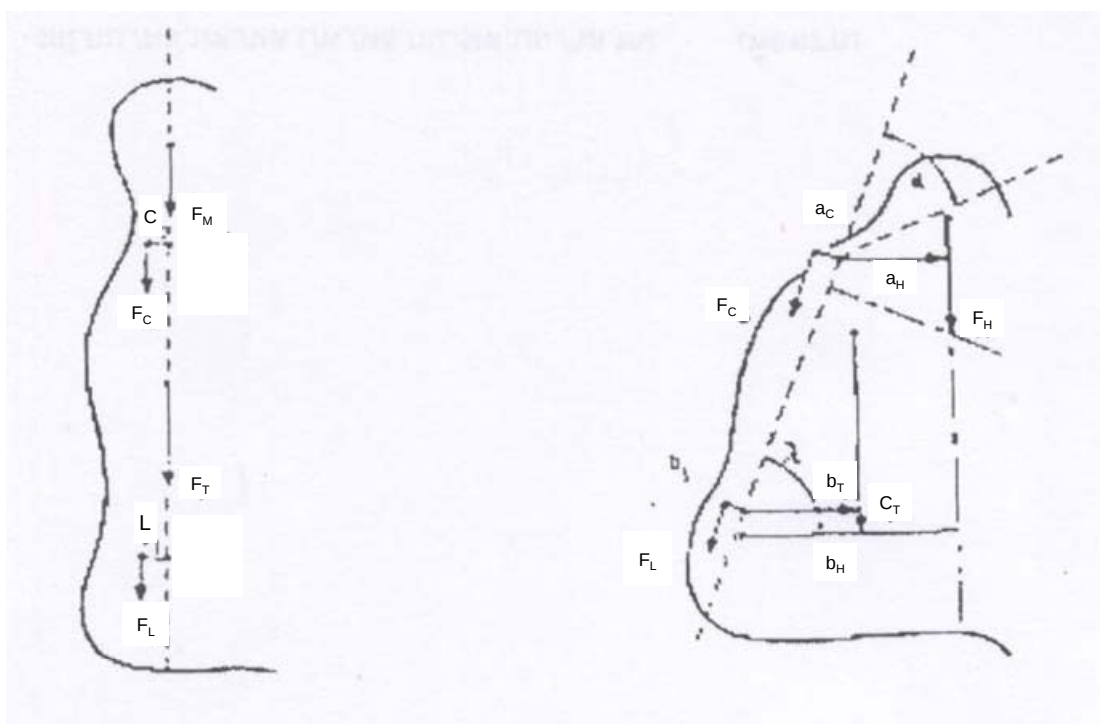
b_T = ระยะของแขนโมเมนต์ที่เกิดจากแรง F_T

เพราะฉะนั้น

$$F_C = \frac{F_M \times a_M}{a_C} \quad (2-1)$$

และ

$$F_L = \frac{(F_T \times b_T) + (F_M \times b_M)}{b_L} \quad (2-2)$$



(ก) ทำนั่งพับ

(ข) ทำนั่งโน้มตัวมาด้านหน้า

ภาพที่ 2-6

แผนภาพของแรงที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อบริเวณคอและเอว เมื่อนั่งอยู่ในลักษณะท่าทางต่างๆ

(kumar และ Scaife, 1979)

ดังนั้น จากภาพที่ 2-6 (ก) เมื่อน้ำหนักของศีรษะ คอ และลำตัวตกผ่านแนวกระดูกสันหลังซึ่งเป็นแนวของจุดหมุนด้วยค่า F_C และ F_L จะมีค่าน้อย สำหรับภาพที่ 2-6 (ข) เมื่อลักษณะการทำงาน ทำให้เกิดการโน้มตัวมาด้านหน้า จะทำให้เกิดโมเมนต์ขึ้นเป็นผลให้ค่า F_C และ F_L มีค่าเพิ่มขึ้น แรงที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าแรงกดของหมอนรองกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย (Eklund และ Corlett, 1986)

2.1.3 การประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA

เทคนิค RULA (RAPID Upper Limb Assessment) ใช้อธิบายเกี่ยวกับท่าทางการทำงาน แรงและการใช้กล้ามเนื้อในการปฏิบัติงานที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูกเป็นวิธีที่สามารถบันทึกได้เร็วโดยใช้พื้นฐานของเทคนิค OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) ที่ใช้ในการบันทึกท่าทางการทำงานต่างๆ เป็นระบบตัวเลขที่ง่าย รวดเร็ว และใช้ได้รวดเร็ว ซึ่งในทางปฏิบัติจะนิยมบันทึกท่าทางขณะทำงานด้วยวิธีการบันทึกภาพเคลื่อนไหว แล้วนำมาเปิดย้อนกลับดู เพื่อประเมินและบันทึกท่าทางการทำงานเป็นตัวเลขลงในตารางบันทึก

การใช้เทคนิค RULA ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.3.1 ขั้นตอนที่ 1 การบันทึกท่าทางขณะทำงาน

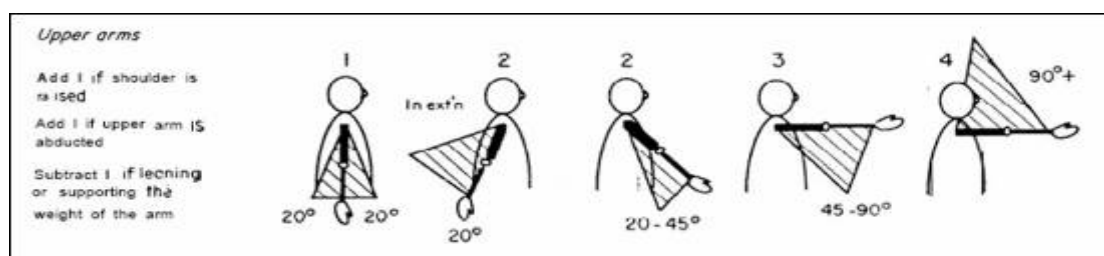
ในขั้นนี้จะแบ่งร่างกายของคนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- กลุ่ม A หมายถึง บริเวณแขนและข้อมือ
- กลุ่ม B หมายถึง บริเวณคอ ลำตัว และขา

โดยจะทำการพิจารณาช่วงการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายพนักงานในการปฏิบัติงาน แล้วนำมาประเมินเป็นระดับคะแนนตามข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

กลุ่ม A บริเวณแขนและข้อมือ จะพิจารณา 4 ท่าทางการทำงาน ดังนี้

ก) การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ดังแสดงในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7

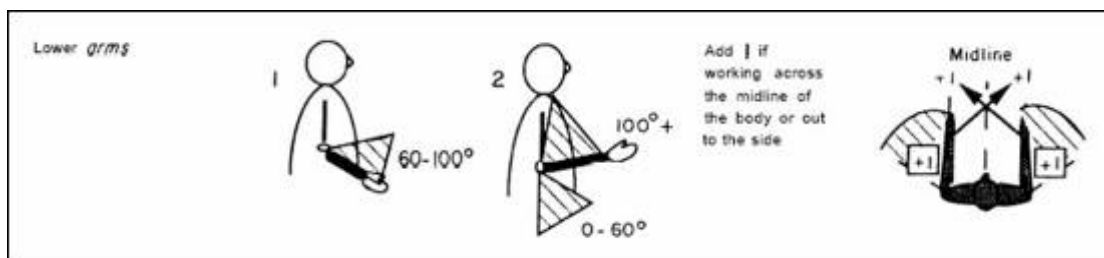
ระดับคะแนนในท่าทางการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper Arm)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

- +1 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 20 องศา กับแนวดิ่ง
- +2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มุมมากกว่า 20 องศา หรือ ระหว่าง 20-45 องศา หรือมีการบิดไปด้านหลัง
- +3 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 45-60 องศา
- +4 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มุมมากกว่า 90 องศา
- ถ้ามีการยกของไหลให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1
- ถ้าแขนท่อนบนยกห่างจากตัว ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1
- ถ้ามีสิ่งช่วยรับน้ำหนักของแขนให้ลดคะแนนลงอีก -1

ข) การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ดังแสดงในภาพที่

2-8



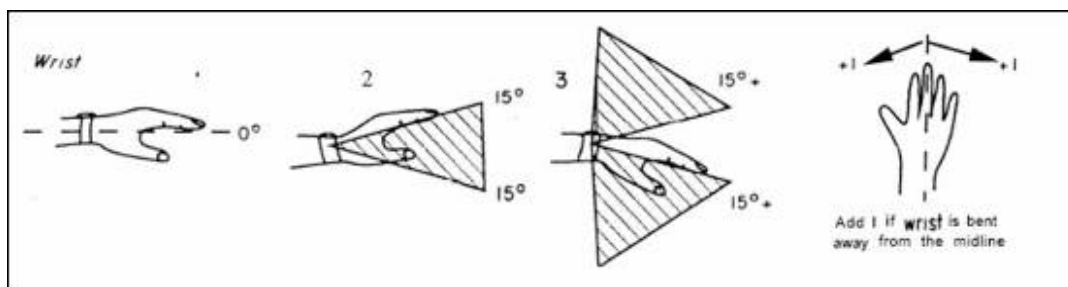
ภาพที่ 2-8

ระดับคะแนนในการทำเคลื่อนไหวของแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

- +1 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 60-100 องศา
- +2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวมุมที่น้อยกว่า 60 องศา หรือมากกว่า 100 องศา
- ถ้ามีการเคลื่อนไหวที่เอื้อมสลับข้างกันให้เพิ่มคะแนนอีก +1

ค) การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) ดังแสดงในภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9

ระดับคะแนนในท่าทางเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ (Hand และ Wrist)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

- +1 คะแนน ถ้ามีการเคลื่อนไหวปกติ
- +2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 0-15 องศา ทั้งการยืดและหักข้อมือ
- +3 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มากกว่า 15 องศา
- ถ้าข้อมือมีการบิดจากแนวปกติให้เพิ่มคะแนนอีก +1

ง) การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ดังแสดงในภาพที่ 2-10

Step 4: Wrist Twist

If wrist is twisted mainly in mid-range = 1:

If twist at or near end of twisting range = 2

Wrist Twist Score =

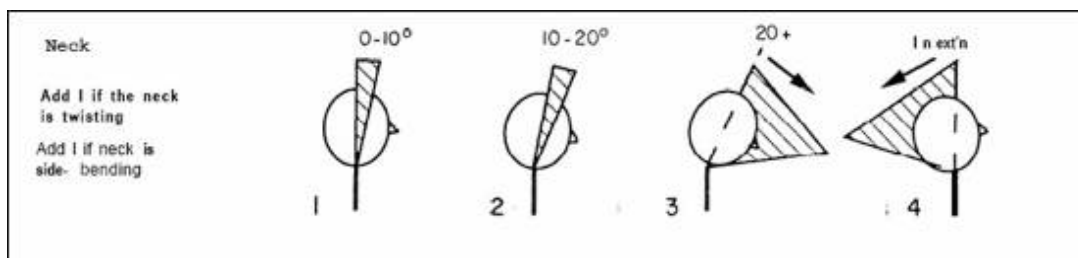
ภาพที่ 2-10

ระดับคะแนนในท่าทางเคลื่อนไหวของการบิดข้อมือ (Wrist Twist)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

- +1 คะแนน ถ้าขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือ
- +2 คะแนน ถ้าขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือมากเกือบสุด
- กลุ่ม B บริเวณคอ ลำตัว และขา จะพิจารณา 3 ท่าทางการทรงตัว ดังนี้

จ) การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ดังแสดงในภาพที่



ภาพที่ 2-11

ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอ (Head และ Neck)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

+1 คะแนน สำหรับการก้ม 0-10 องศา

+2 คะแนน สำหรับการก้ม 10-20 องศา

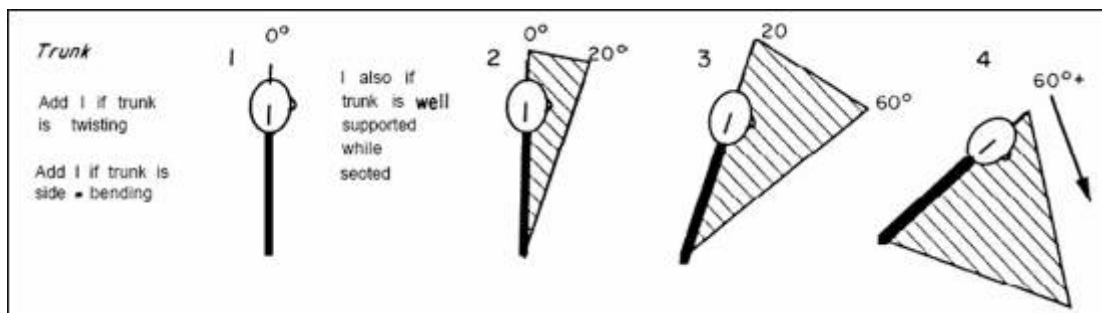
+3 คะแนน สำหรับการก้ม 20 องศา หรือมากกว่า

+4 คะแนน ถ้ามีการเงยไปด้านหลัง

ถ้าคอมีการบิด ให้เพิ่มคะแนนอีก +1

ถ้าคอมีการเอียงไปด้านซ้ายหรือขวา ให้เพิ่มคะแนนอีก +1

ฉ) การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ดังแสดงในภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12

ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Trunk)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

+1 คะแนน ถ้ามีการนั่งหรือมีอุปกรณ์รับน้ำหนักสะโพกได้เป็นอย่างดี และหลังตรงทำมุม 90 องศา

+2 คะแนน ถ้ามีการก้ม 0-20 องศา

+3 คะแนน ถ้ามีการก้ม 20-60 องศา

+4 คะแนน ถ้ามีการก้มที่มากกว่า 60 องศา

ถ้าลำตัวมีการบิด ให้เพิ่มคะแนนอีก +1

ถ้าลำตัวมีการเอียงไปด้านซ้ายหรือขวา ให้เพิ่มคะแนนอีก +1

ข) การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Foot) ดังแสดงในภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13

ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Foot)

(McAtamney และ Corlett, 1993)

+1 คะแนน ถ้าขาและเท้ามีการยืนในลักษณะสมดุล หรือมีการรองรับน้ำหนักที่ดี

+2 คะแนน ถ้าขาและเท้ามีการรองรับน้ำหนักที่ไม่ดี หรือมีการทรงตัวที่ไม่สมดุล

ในการบันทึกคะแนนท่าทางการทำงาน จะใช้วิธีการสังเกตพนักงานโดยทำการบันทึกวิดีโอขณะที่พนักงานกำลังปฏิบัติงานหลายๆ รอบ เพื่อเลือกงานและท่าทางการทำงานที่สนใจ โดยอาจจะเลือกใช้ท่าการทรงตัวที่มีสัดส่วนมากที่สุดในแต่ละรอบการทำงาน

2.1.3.2 ขั้นที่ 2 การจัดกลุ่มการเคลื่อนไหวของร่างกายและคะแนนของท่าทาง

จากการประเมินการเคลื่อนไหวของร่างกายในกลุ่ม A และ B ซึ่งแสดงระดับของภาระงานของท่าการทรงตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก โดยจะมีระดับคะแนนหลายค่า ซึ่งในการจัดกลุ่มนี้จะเป็นการรวมคะแนนเป็นคะแนนของแต่ละกลุ่มค่าหนึ่ง โดยการใช้ตาราง ดังแสดงในตารางที่ 2-1 สำหรับส่วนของร่างกายในกลุ่ม A และใช้ตารางดังแสดงในตารางที่ 2-2 สำหรับส่วนของร่างกายในกลุ่ม B ซึ่งเป็นการจัดลำดับและคะแนนโดยใช้หลักการของชีวกลศาสตร์และปัจจัยการทำงานของกล้ามเนื้อในแต่ละท่าการทรงตัว โดยคะแนนที่ได้จากการจับกลุ่มจะมีค่าตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดยคะแนน 1 หมายถึงท่าทางการทำงานที่มีภาระต่อโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกน้อยที่สุด คะแนนที่แตกต่างกันจะขึ้นกับภาระงานของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก

ตารางที่ 2-1

การหาค่าคะแนน A จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย

ในกลุ่ม A (McAtamncy และ Corlett, 1993)

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score							
		1		2		3		4	
		W.Twist		W.Twist		W.Twist		W.Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	7	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

ตารางที่ 2-2

การหาค่าคะแนน B จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายใน

กลุ่ม B (McAtamney และ Corlett, 1993)

Neck Posture Score	Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

หลังจากที่ได้คะแนน A และ B จากตารางที่ 2-1 และ 2-2 ค่าเหล่านี้จะถูกรวมกับค่าภาระงานสถิติของกล้ามเนื้อ เช่น การเคลื่อนไหวที่ทำงานซ้ำๆ และงานที่ต้องใช้แรงเกร็งในการทำงาน ซึ่งจะได้เป็นค่าใหม่ คือ คะแนน C และ D ดังแสดงในสมการที่ (2-3) และ (2-4)

คะแนน A + Muscle Use and Force Scores for Group A = คะแนน C (2-3)

คะแนน B + Muscle Use and Force Scores for Group B = คะแนน D (2-4)

โดยคะแนนของ Muscle Use and Force Scores ที่นำไปบวกเพิ่มคะแนนเป็น ดังนี้

Muscle Use

1 คะแนน

ถ้างานที่ทำส่วนใหญ่เป็นงานสถิติ หรือเป็นงานยกน้ำหนักที่มีระยะเวลาการยกนานกว่า 1 นาที หรือเป็นงานซ้ำๆที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้ง ต่อ นาที

Force Score

0 คะแนน ถ้าไม่มีน้ำหนัก หรือน้ำหนักน้อยกว่า 2 ก.ก.

1 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. ในลักษณะยก/วาง เป็นพักๆ

2 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. ในลักษณะเป็นงานสถิติ หรือกรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. เป็นงานซ้ำ

3 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 10 ก.ก. หรือมากกว่าในลักษณะเป็นงานสถิติ หรือกรณีต้องยกน้ำหนัก 10 ก.ก. หรือมากกว่าในการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

2.1.3.3 ขั้นที่ 3 การหาค่าคะแนนทั้งหมด และการประเมินผล

ขั้นที่ 3 ของเทคนิค RULA จะรวมคะแนน C และ D เข้าเป็นคะแนนเดียวกันโดยการใช้ตารางดังแสดงในตารางที่ 2-3 ในการหาค่าคะแนนรวม ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ตามระดับคะแนน 1-7 ซึ่งขึ้นอยู่กับความเสี่ยงในการบาดเจ็บของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกที่ถูกประเมิน

ระดับ 1 : คะแนนอยู่ 1-2 งานนั้นยอมรับได้ แต่อาจเป็นมีปัญหาด้านการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าว ซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม

ระดับ 2 : คะแนนอยู่ที่ 3-4 งานนั้นควรได้รับการพิจารณา การศึกษาละเอียดขึ้นและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง การออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น

ระดับ 3 : คะแนนอยู่ที่ 5-6 งานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและรีบดำเนินการปรับปรุงลักษณะงานดังกล่าว

ระดับ 4 : คะแนนตั้งแต่ 7 ขึ้นไป งานนั้นมีปัญหาด้านการยศาสตร์ ที่ต้องได้รับการปรับปรุงโดยทันที

ตารางที่ 2-3

การหาค่าคะแนนรวมจากคะแนน C และ D (McAtamney และ Corlett, 1993)

Score D (Neck, Trunk, Leg)

		1	2	3	4	5	6	7+
Score C (Upper Limb)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

2.1.4 การออกแบบสถานีงาน

2.1.4.1 หลักการออกแบบทางด้านการยศาสตร์มี 3 หลักการ

ก) การใช้ค่าเฉลี่ยในการออกแบบ

เป็นวิธีที่ไม่นิยม มักใช้ออกแบบสิ่งของที่คนไม่ต้องเกี่ยวข้องเป็นปกติวิสัย เช่น ถ้าเราใช้ค่าเฉลี่ยในการออกแบบเก้าอี้จะทำให้คนร้อยละ 50 คนวางเท้าถึงพื้นอีกร้อยละ 50 คนวางเท้าไม่ถึงพื้น

ข) การใช้ค่าน้อย หรือมากที่สุดในการออกแบบ

โดยการกำหนดประชากรที่ต้องการให้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างสะดวก เช่น 5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ของประชากรที่เล็ก และ 95 เปอร์เซ็นต์ไทล์ ของประชากรที่โต โดยคำนึงทฤษฎี 2 ทฤษฎี ดังนี้

Reach คือ การใช้ขนาดเล็กกว่าปกติ (5 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ในการออกแบบ โดยคนที่มีขนาดเล็กกว่าก็สามารถใช้งานได้สะดวกด้วย เช่น การออกแบบความสูงของชั้นวางของ

Clearance คือ การใช้ขนาดโตกว่าปกติ (95 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ในการออกแบบ โดยคนที่มีขนาดเล็กกว่าก็สามารถใช้งานได้สะดวกด้วย เช่น การออกแบบความสูงของประตู

ค) การใช้ค่าช่วงในการออกแบบ

โดยการกำหนดประชากรที่ต้องการให้ใช้งานได้สะดวก เช่น 90% หรือ 95% ของประชากรส่วนกลาง ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับอุปกรณ์ที่สามารถปรับระดับได้

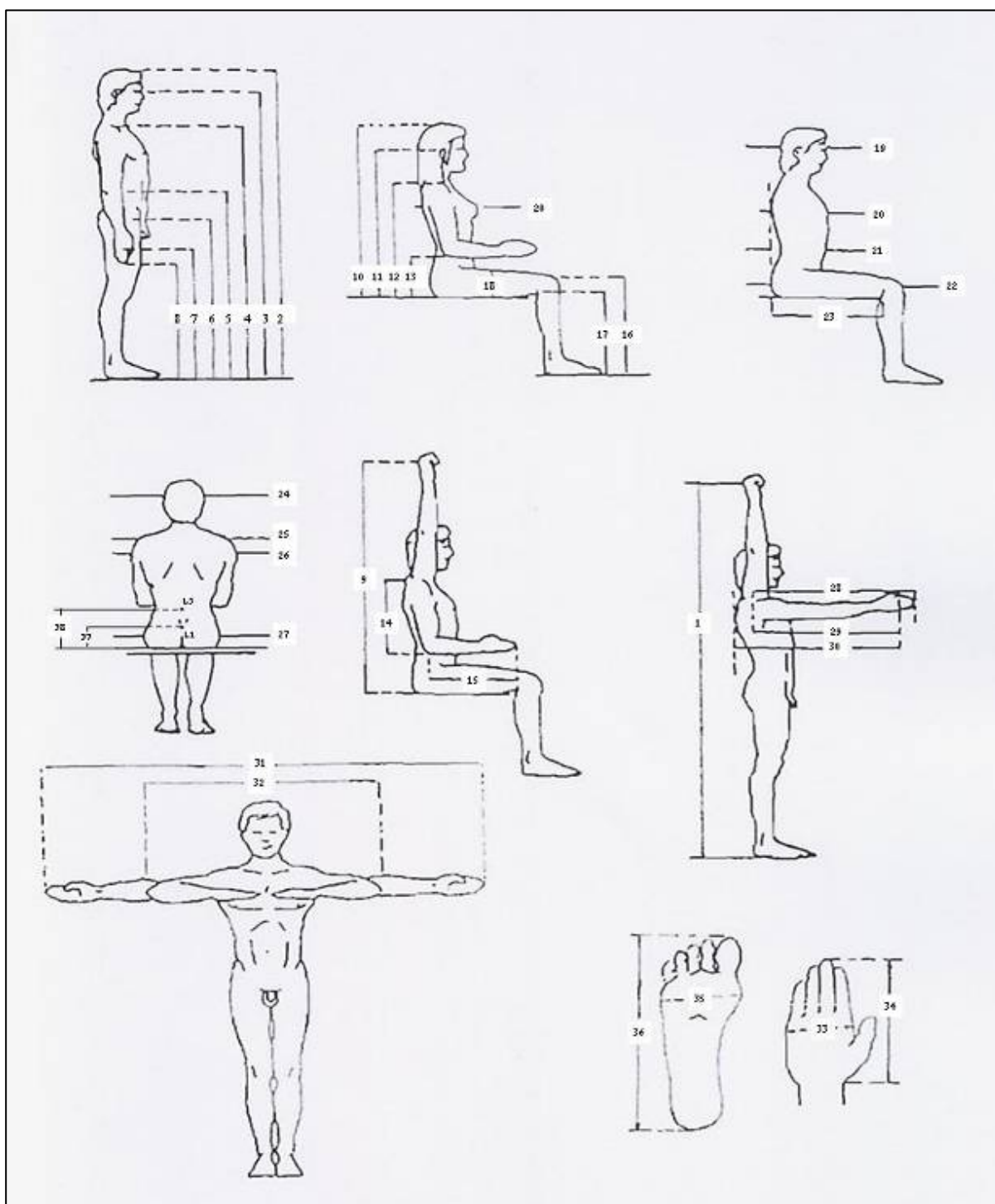
2.1.5 การศึกษาข้อมูลขนาดร่างกายเพื่อนำมาใช้ออกแบบสถานงาน

ในประเทศไทยมีการศึกษาขนาดร่างกายของคนไทยบ้างพอสมควร โดยมีวัตถุประสงค์การนำข้อมูลไปใช้แตกต่างกันไป สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลของ ศรีวรินทร์ (2546) ซึ่งได้ทำการวัดสัดส่วนร่างกายคนไทยเพศหญิงที่เป็นพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม มาใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงสถานงาน

ตารางที่ 2-4

แสดงรายชื่อสัดส่วน ร่างกายของหญิงไทยในอุตสาหกรรม (ศิวรินทร์, 2546)

สัดส่วนร่างกาย(A1-A19)	สัดส่วนร่างกาย(A19-A38)
ระยะเอี้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน (A1)	ความหนาหน้าอก (A20)
ความสูงขณะยืน (A2)	ความหนาช่องท้อง (A21)
ความสูงระดับสายตาขณะยืน (A3)	ความยาวจากก้นถึงหัวเข่า (A22)
ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (A4)	ความยาวจากก้นถึงข้อพับเข่า (A23)
ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน (A5)	ความกว้างศีรษะ (A24)
ความสูงสะโพก (A6)	ความกว้างไหล่ (อ้างอิงปุ่มหัวไหล่) (A25)
ความสูงระดับข้อนิ้วมือ (A7)	ความกว้างไหล่ (อ้างอิงกล้ามเนื้อ) (A26)
ความสูงระดับนิ้วมือ (A8)	ความกว้างสะโพก (A27)
ความสูงของระยะเอี้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่านั่ง (A9)	ระยะเอี้อมด้านหน้า (A28)
ความสูงขณะนั่ง (A10)	ระยะไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมือขณะกำ (A29)
ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง (A11)	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้ว (A30)
ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง (A12)	ระยะกางแขน (A31)
ความสูงจากข้อพับเข่าถึงข้อศอกขณะนั่ง (A13)	ระยะกางศอก (A32)
ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก (A14)	ความกว้างของมือ (A33)
ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ (A15)	ความยาวของมือ (A34)
ความสูงของเข่าขณะนั่ง (A16)	ความกว้างของเท้า (A35)
ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (A17)	ความยาวของเท้า (A36)
ความหนาของต้นขา (A18)	ความสูงจากที่นั่งถึงกระดูกสันหลังส่วนเอวขึ้นที่ 1 (A37)
ความยาวศีรษะ (A19)	ความสูงจากที่นั่งถึงกระดูกสันหลังส่วนเอวขึ้นที่ 5 (A38)



ภาพที่ 2-14

แสดงตำแหน่งในการวัดสัดส่วนร่างกายของ หญิงไทยในอุตสาหกรรมทั้ง 38 ตำแหน่ง (ศรีวรินทร์, 2546) โดยประยุกต์มาจาก ภาพตำแหน่งในการวัดสัดส่วนร่างกายของ Pheasant (1988)

ตารางที่ 2-5

ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ของขนาดสัดส่วน ร่างกายของ
หญิงไทยในอุตสาหกรรม (หน่วยเป็นเซนติเมตร) (ศรีวรินทร์, 2546)

สัดส่วน ร่างกาย	Mean	SD	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่		สัดส่วน ร่างกาย	Mean	SD	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่	
			5	95				5	95
A1	184.62	8.70	171.50	204.21	A20	20.79	3.06	15.42	26.76
A2	156.88	6.39	148.21	168.60	A21	19.80	3.40	15.61	27.02
A3	145.22	6.11	136.70	158.26	A22	51.75	3.64	48.70	56.70
A4	129.19	5.52	121.70	121.70	A23	43.59	2.63	39.33	47.90
A5	97.21	6.03	91.91	105.90	A24	15.18	0.65	14.11	16.20
A6	79.88	6.63	73.20	92.24	A25	31.57	2.43	27.91	35.60
A7	67.78	5.29	63.21	75.00	A26	41.04	3.12	36.50	46.80
A8	59.25	2.99	55.69	66.10	A27	35.50	4.31	30.70	44.07
A9	114.16	8.61	105.41	124.30	A28	92.46	6.94	83.42	102.00
A10	85.89	13.45	77.61	137.40	A29	85.09	7.12	80.20	94.60
A11	73.86	14.09	65.30	125.68	A30	68.00	6.68	60.72	82.40
A12	56.40	2.61	51.70	61.30	A31	156.41	12.59	136.81	175.27
A13	23.90	10.74	18.60	27.00	A32	80.65	9.34	72.86	88.00
A14	32.39	1.74	29.61	36.58	A33	7.59	4.74	6.30	8.10
A15	42.39	3.27	37.90	47.58	A34	16.56	1.04	15.00	18.30
A16	47.23	2.57	43.42	52.19	A35	9.02	0.95	8.10	10.30
A17	36.24	1.90	32.91	39.40	A36	23.05	1.19	20.91	25.10
A18	14.11	10.35	10.20	16.80	A37	26.16	2.23	23.10	30.70
A19	17.66	1.16	17.00	18.70	A38	17.79	2.55	14.11	22.40

2.1.7 การออกแบบเก้าอี้และโต๊ะสำหรับนั่งทำงาน

2.1.7.1 ความสูงของเก้าอี้

ระดับความสูงของเก้าอี้ที่พอเหมาะกับการนั่ง จะขึ้นกับลักษณะของแต่ละบุคคล แต่เมื่อนั่งแล้วแนวแกนของต้นขาควรจะอยู่ในแนวราบ ในขณะที่ขาส่วนล่าง (Lower Legs) อยู่ในแนวตั้ง และเท้าทั้งสองข้างนั้นวางราบกับพื้น Ayoub (1973) ได้แนะนำว่าความสูงของเก้าอี้ควรมีการปรับขึ้นลงได้ ความสูงของเบาะควรจะน้อยกว่าระยะทางจากพื้นถึงบริเวณขาพับได้เข้า (Popliteal Height) ด้วยความสูงที่เหมาะสมผู้นั่งจะสามารถนั่งได้เต็มพื้นที่นั่ง และ Mandal (1981) ได้แนะนำว่าเก้าอี้ควรจะได้รับการหุ้มเบาะ ทั้งนี้เพราะว่าน้ำหนักตัวจะถูกถ่ายผ่านพื้นที่เชิงกระด้างทำให้มีความกดดันบริเวณแก้มก้นมาก เป็นผลให้การไหลเวียนของเลือดขัดข้องมีอาการชาและอาจเจ็บปวดบริเวณนั้นได้ การหุ้มเบาะจะทำให้พื้นที่รับน้ำหนักมีเพิ่มขึ้น แต่เบาะควรยุบตัวลงได้ประมาณไม่เกิน 1 นิ้วจึงจะขยายพื้นที่รับน้ำหนักตัวและมีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนท่านั่งได้มากกว่า

2.1.7.2 ความลึกของเก้าอี้

ควรออกแบบความลึกของแผ่นรองนั่งเก้าอี้ (Seat Depth) ให้เหมาะสมกับคนตัวเล็กหรือผู้ที่มีระยะจากสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านในนั้นสั้น (Buttock-Popliteal Length) เพราะถ้าคนตัวเล็กนั่งบนเก้าอี้ที่มีความลึกมากอาจจะไม่สามารถเอนหลังไปทาบกับพนักพิงได้ และควรต้องเว้นให้มีช่องว่าง (Clearance) ระหว่างข้อพับเข่ากับขอบนอกของเก้าอี้เอาไว้ประมาณ 5 เซนติเมตรด้วย เพื่อลดปริมาณของแรงกดดันที่ต้นขา และ สุทธิ (2540) ได้แนะนำว่า สำหรับความลึกของเก้าอี้ (ความยาวของแผ่นรองนั่ง) ถ้าเป็นเก้าอี้เอนกประสงค์ไม่ควรลึกเกิน 43 เซนติเมตร หรือ ให้อยู่ในระยะความลึก 38-43 เซนติเมตร สำหรับเก้าอี้นั่งทำงานกับคอมพิวเตอร์

2.1.7.3 ความกว้างของเก้าอี้

ส่วนความกว้างของเก้าอี้ (Seat Width) เราควรออกแบบความกว้างของแผ่นรองนั่งให้เหมาะสมกับคนที่มีรูปร่างสูงใหญ่เป็นหลัก (เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95) สุทธิ (2540) ได้แนะนำว่าความกว้างเก้าอี้ที่เหมาะสมจึงควรมีไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 45 เซนติเมตรสำหรับเก้าอี้ทำงานกับคอมพิวเตอร์

2.1.7.4 ความเอียงของพนักพิง

Yamaguchi และคณะ (1972) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแรงกดลงบนหมอนรองกระดูกสันหลัง พบว่าท่านั่งที่เอนไปทางด้านหน้า จะทำให้เกิดแรงกดบนหมอนรองกระดูกสูงเมื่อนั่งเป็นเวลานาน ทำให้เกิดการเสื่อมของหมอนรองกระดูกได้ เขาได้เสนอแนะว่าแรงกดนี้จะ

2.1.7.5 ความกว้างและความสูงของพนักพิง

ความกว้างและความสูงของพนักพิงนั้นจะขึ้นอยู่กับความจำเป็นและความถนัดของผู้นั่งในการหมุนส่วนลำตัว ส่วนแขน และหัวไหล่ ถ้าเป็นกรณีที่มีการนั่งทำงานต้องมีการเคลื่อนไหวร่างกายหมุนไป-มา บ่อยครั้ง พนักพิงควรจะมีขนาดเล็ก เช่น พนักพิงของเก้าอี้เลขา และการนั่งทำงานเป็นแบบไม่ต้องการหมุนส่วนร่างกายไป-มา มากนัก พนักพิงควรจะได้รับ การออกแบบให้มีขนาดใหญ่และโค้งเว้า (Concave) เพื่อหมุนส่วนหลัง เช่น พนักพิงของเก้าอี้ผู้บริหาร หรือพนักพิงของเก้าอี้ช่างซ่อมอุปกรณ์ไมโครชิพ เป็นต้น

พนักพิงหลังควรทำมาจากวัสดุสังเคราะห์ที่มีผิวเรียบ มีสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานต่ำ และไม่ควรจะมีความอ่อนนุ่มหรือความแข็งมากจนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการดึงให้ส่วนกระดูกสันหลังของผู้นั่งเอนตัวไปข้างหน้ามากจนทำให้น้ำหนักตัวไปกดทับที่ข้อต่อของกระดูกสันหลัง L₅-S₁ มากเกินไป จะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสุขภาพของกระดูกสันหลังขึ้นดังกล่าว

สุทธิ (2540) ได้แนะนำว่า ความกว้างของพนักพิง (Seat Back Width) ในช่วงลำบารรควรจะมี ความกว้างอย่างน้อยที่สุดประมาณ 30 เซนติเมตร และความสูงของพนักพิง (Seat Back Height) ควรมีความสูงอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 50 เซนติเมตร เมื่อวัดจากจุดอ้างอิงหลักของเก้าอี้ (Seat Reference Point)

2.1.7.6 เบาะรองนั่ง

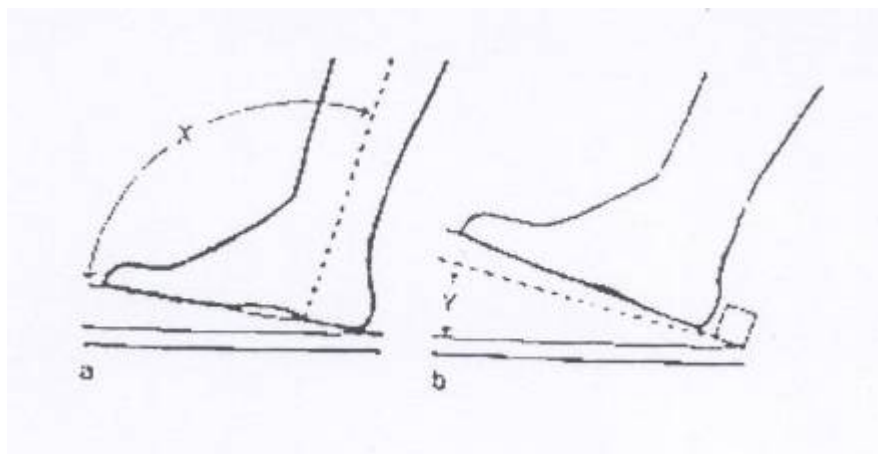
เบาะนั่งมีหน้าที่หลักๆ อยู่สองประการ คือ ช่วยในการกระจายแรงกดดันของสะโพก (ก้น) ไปทั่วบริเวณกระดูก Sitting Bone และช่วยให้ผู้นั่งได้อยู่ในท่าที่ดีและเหมาะสมได้เป็นเวลานาน ๆ

วัสดุที่ใช้ทำเบาะรองนั่ง (Cushioning) นั้น มีมากมายตั้งแต่ ไม้ เหล็ก โฟม ผ้า นุ่น สปริง ฯลฯ โดยที่ชนิดของวัสดุรองนั่งที่ใช้ (Types of Material) ความหนาแน่น (Density) ความหนา (Thickness) ความเสียดทาน (Friction) ความพรุน (Porosity) และความแข็งแรง (Strength) จะให้ผลของการนั่งที่แตกต่างกันไป เช่น เก้าอี้ที่มีสปริงยืดหยุ่นมากเกินไป เมื่อนั่งแล้วจะรู้สึกแข็ง และรู้สึกเหมือนไม่ได้พักคลายกล้ามเนื้อ ส่วนเบาะนั่งที่นุ่มจนเกินไป (เช่น เก้าอี้หนังนุ่มเล่น เก้าอี้โซฟา) เมื่อนั่งไปนาน ๆ ผู้นั่งจะรู้สึกเหมือนไม่ได้พักผ่อนเท่าที่ควรทำให้รู้สึกเหนื่อย อึดอัด และเกิดความร้อนหรืออุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงที่ผิวหนังส่วนที่สัมผัสแนบกับเบาะนั่ง นอกจากนี้ยังทำให้ส่วนของสะโพกจมลึกลงไปเบาะ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระดูก-นั่ง และการไหลเวียนของเลือด

เก้าอี้ที่จะทำให้ผู้นั่งได้เปรียบทางชีวกลศาสตร์นั้นควรจะมีขอบปลายเบาะด้านหน้า (ส่วนหัวเข่า) เอียงขึ้น แต่ความลาดเอียงเช่นนี้จะให้ผลดีก็ต่อเมื่อนั่งคู่กับโต๊ะลาดเอียง เช่น โต๊ะเขียนแบบ ในทางตรงกันข้าม ANSI (American National Standards Institute) แนะนำเก้าอี้ควรมีขอบปลายเบาะด้านหลัง (ด้านสะโพก) ยกลาดเอียงขึ้นประมาณ 0-10 เซนติเมตร จะเหมาะกับการนั่งทำงาน นั่งอ่านหนังสือ หรือเขียนงานมากกว่าเบาะนั่งที่แบบราบไม่มีความลาดเอียงเลย และ สุทธิ (2540) ได้แนะนำว่าความลาดเอียงของเบาะนั่งควรอยู่ในช่วงที่ด้านหน้าเอียงขึ้น (Forward upward) ประมาณ 5-7 องศา หรือให้มีความลาดเอียงอยู่ในช่วงที่ด้านหลังเอียงขึ้น (Rearward upward) ประมาณ 5 องศา จากแนวระนาบ

2.1.7.7 ที่วางเท้า

นอกเหนือจากลักษณะความสูงและความเอียงของโต๊ะและเก้าอี้แล้ว ยังมีอุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งที่มีความสำคัญมากนั่นก็คือ ที่วางเท้าซึ่งเป็นเสมือนกับที่พักเท้า หากลักษณะของที่วางเท้าไม่เหมาะสม อันได้แก่ ลักษณะของตำแหน่งที่ตั้ง และมุมเอียงไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดความไม่สบายแก่ผู้ปฏิบัติงาน Croney (1981) ได้แนะนำว่า การใช้ที่พักเท้าเพื่อพักเท้า เมื่อผู้นั่งวางเท้าราบบนที่วางเท้าแล้ว มุมระหว่างขาส่วนล่างและเท้า ควรอยู่ในลักษณะที่ทำมุมระหว่าง 90-100 องศา คือ มุม x ดังแสดงในภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15

การวัดมุมระหว่างขาส่วนล่างและเท้า (มุมของข้อเท้า = x)

การวัดมุมของที่วางเท้า (Pedal = y) (Croney, 1981)

สุทธิ (2540) ได้เสนอแนะว่า ที่พักเท้าควรมีความกว้างประมาณ 32-40 เซนติเมตร มุมเอียงควรยกขึ้นเล็กน้อยประมาณ 5-10 องศาจากแนวระนาบ และควรมีพื้นผิวที่มีความเสียดทานพอสมควร เมื่อวางเท้าแล้วไม่ทำให้ลื่นไถลตกจากแท่นวางเท้า

2.1.7.8 ฐานหรือขาของเก้าอี้

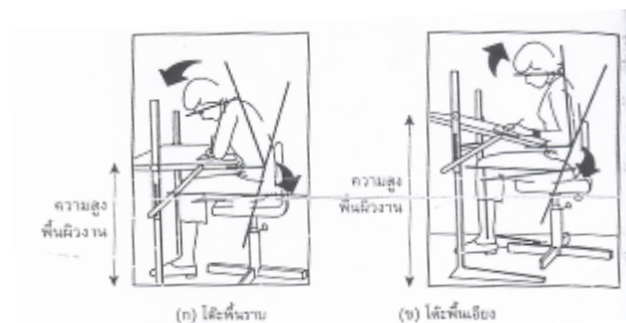
ฐานหรือขาของเก้าอี้ควรมีความแข็งแรง มั่นคง รับน้ำหนักได้มาก และมีปลายขาที่ยึดเกาะติดกับพื้นได้ดี ถ้าหากว่าเป็นเก้าอี้ขาธรรมดามันไม่ได้ติดลูกล้อ และควรมีจำนวนเท้ากับ 5 ขา (Five-Star Base) เพื่อการทรงตัวของเก้าอี้ที่ดี มีสมดุล และเพื่อป้องกันการหงายหลัง หรือล้มคว่ำของเก้าอี้เมื่อผู้นั่งโยกเอนตัว หรือเมื่อเอียงตัวมาก ๆ จนทำให้ขาเก้าอี้ยังไม่ติดพื้นครบทุกขา โดยปกติแล้วฐานหรือส่วนของเก้าอี้ควรออกแบบให้เรียงตัวอยู่เป็นวงกลมโดยมีรัศมีวงกลม (Radius) ไม่เกิน 23 เซนติเมตร สำหรับขาแต่ละขาจากจุดศูนย์กลางหรือออกแบบโดยใช้หลักที่ว่า เมื่อมองมาจากด้านบน (Top View) แล้วเราจะต้องมองไม่เห็นขาของเก้าอี้ยื่นโผล่ออกมาเลย จะมองเห็นเพียงแต่เบาะรองนั่ง ก็เป็นอันว่าใช้ได้

2.1.7.9 ความสูงของพื้นโต๊ะ

ความสูงของพื้นโต๊ะ มีความสำคัญอย่างมากต่อผู้ทำงานไม่ว่าจะเป็นการทำงานในลักษณะนั่งทำงานหรือยืนทำงาน ลักษณะความสูงของโต๊ะที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปตามลักษณะงานที่ทำ Grandjean (1988) ได้แนะนำว่าระดับความสูงของโต๊ะที่เหมาะสมในการทำงาน ควรสูงกว่าความสูงของข้อศอกขณะนั่งประมาณ 3 เซนติเมตร กิตติและคณะ (2533) ได้ทำการศึกษาลักษณะท่าทางการนั่งทำงานและสรุปว่าสถานที่ทำงานที่เหมาะสมควรมีระดับความสูงของโต๊ะสูงกว่าความสูงของข้อศอกจากพื้นขณะนั่ง 4 เซนติเมตร

2.1.7.10 ความเอียงของพื้นโต๊ะ

มุมเอียงของโต๊ะจะช่วยลดระยะห่างจากตาถึงหน้าจอ ซึ่งจะมีผลต่อท่าทางการทรงตัวในการทำงานทำให้การก้ม หรือ การงอของหลังเพื่อเข้าใกล้หน้าจอมีน้อยลง และยังช่วยให้สามารถใช้พนักพิงได้ดีขึ้น จากการศึกษาของ Eastman และ Kamon (1976) สรุปว่า การใช้พื้นโต๊ะที่มีความลาดเอียงจะช่วยลดความล้าและความไม่สบายที่เกิดขึ้นได้มากกว่าการใช้พื้นโต๊ะในแนวระดับ ดังภาพที่ 2-16 แสดงการเปรียบเทียบโต๊ะพื้นราบ กับ โต๊ะพื้นเอียง ซึ่งท่าทางการทำงานของโต๊ะพื้นเอียงจะลดท่าทางการงอของหลังได้



ภาพที่ 2-16

แสดงตัวอย่างความสูงของพื้นผิวการทำงานของโต๊ะพื้นราบ และโต๊ะพื้นเอียง

กิตติ และคณะ (2533) ได้ทำการศึกษาลักษณะท่าทางการนั่งทำงาน โดยทำการออกแบบและสร้างโต๊ะและเก้าอี้ทดสอบที่สามารถปรับระดับและมุมเอียงของส่วนต่าง ๆ ได้ถึง 5 ลักษณะ คือ ความสูงของเก้าอี้ ความเอียงของพื้นเก้าอี้ ความเอียงของพนักพิง ความสูงของโต๊ะ และความลาดเอียงของพื้นโต๊ะ โดยอาศัยระบบนิวเมติกส์เป็นกลไกในการปรับ หลังจากนั้นได้ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการนั่ง ผลการทดสอบสรุปได้ว่า สถานที่ทำงานที่เหมาะสมควรมีระดับความสูงของโต๊ะสูงกว่าความสูงของข้อศอกจากพื้นขณะนั่ง 4 เซนติเมตร ความลาดเอียงของพื้นโต๊ะควรเป็น 15 องศา และเก้าอี้ควรมีระดับความสูงเท่ากับ หรือ ต่ำกว่าความสูงของข้อพับเข่าด้านในไม่เกิน 1 เซนติเมตร

นริศ (2535) ได้ทำการศึกษาการออกแบบเชิงการยศาสตร์ของสถานที่ทำงานจักรเย็บอุตสาหกรรม ได้ทำการทดลองให้พนักงานปฏิบัติงานจริงในสถานที่ทำงานจำลองที่มีขนาดต่าง ๆ กัน แล้วจึงประเมินผลภาวะไม่สบายในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ มุมก้มของศีรษะ มุมเอียงของลำตัว ค่าภาระสถิติกล้ามเนื้อบริเวณคอ หลัง และส่วนเอว ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบสถานงานเดิม ซึ่งสรุปได้ว่า สถานที่ทำงานจักรเย็บอุตสาหกรรมควรมีความสูงของโต๊ะจักรสูงกว่าความสูงของข้อศอกขณะนั่งวัดจากพื้นที่วางเท้า (ในแนวระดับ) 6 เซนติเมตร และมีความเอียงของพื้นโต๊ะ 10 องศา เก้าอี้ที่พนักงานปรับมีความสูงเฉลี่ย 46.1 เซนติเมตร ความเอียงของพื้นเก้าอี้ 2 องศา เทมาด้านหน้าและความสูงของพนักพิง 37.4 เซนติเมตร

2.1.8 การออกแบบระบบแสงสว่างในสถานที่ทำงาน

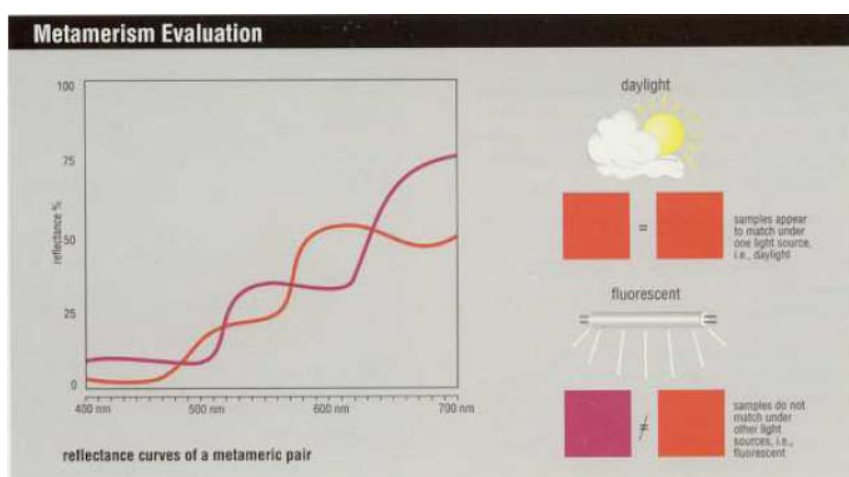
สมาคมวิศวกรแสงสว่าง (Illumination Engineering Society : IES) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำนิยามของแสงว่า แสงคือพลังงานที่ส่องแสงออกไปที่สามารถกระตุ้นของนัยตตา และทำให้เกิดการมองเห็นขึ้น แสงนั้นมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นวัตถุโปร่งใสรวมทั้งสุญญากาศได้ เมื่อเคลื่อนที่ผ่านหรือกระทบกับวัตถุ

การออกแบบและใช้แสงเทียมหรือแสงประดิษฐ์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในสถานประกอบการต่าง ๆ นั้น หากมีการจัดแสงที่ไม่เหมาะสมนั้น จะก่อให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ ต่อความสะดวกสบายและประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของมนุษย์อย่างมาก เช่น ทำให้เกิดปัญหาการเมื่อยล้าของดวงตา การแสบตา และตาพร่า เป็นต้น

2.1.8.1 ชนิดของLighting Source

ในการทำงานหรือการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์เรานั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยแสงสว่าง ซึ่งแสงสว่างอาจจะได้มาจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ (Nature Light) เช่น แสงอาทิตย์ แสงจันทร์ (Natural Light) หรือแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ ที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมา (Artificial Light) ก็ได้ ซึ่งปกติแล้วในงานอุตสาหกรรมและงานบริการจะนิยมอาศัยแสงเทียมในการให้ความสว่างเพื่อการทำงานมากกว่าอาศัยแสงธรรมชาติ เนื่องจากว่าควบคุมได้ง่ายกว่า ทั้งในแง่ของกาลเวลาและปริมาณของความส่องสว่าง

Munsell (1979) ได้แนะนำว่าแสงที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบสีหรือแยกแยะสีที่เหมาะสมควรใช้แสงแบบDaylight ซึ่งมีความสามารถดีกว่า แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังภาพที่ 2-17

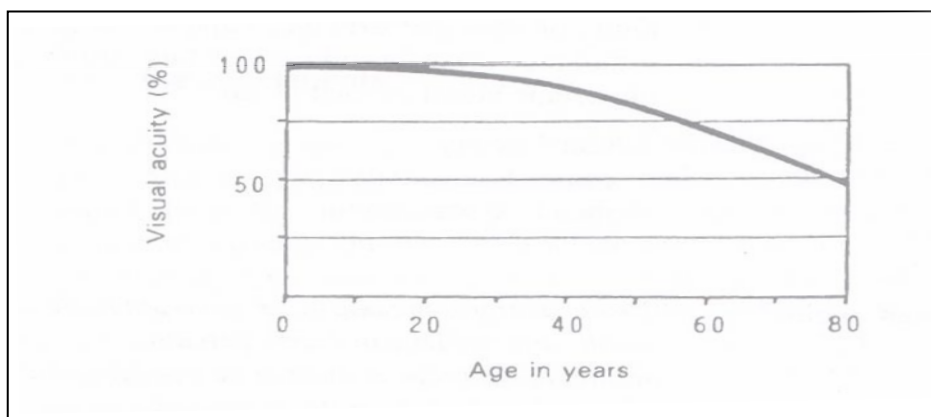


ภาพที่ 2-17

แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของแสงแบบDay light กับ แสงฟลูออเรสเซนต์
ที่มา ; Munsell, A.H. A Color Natatian. New Windsor, NY:Macbeth Division of Kollmorgen,
14th Edition 1979.

2.1.8.2 ความสว่างของแสงหรือความเข้มแสง (Light Level)

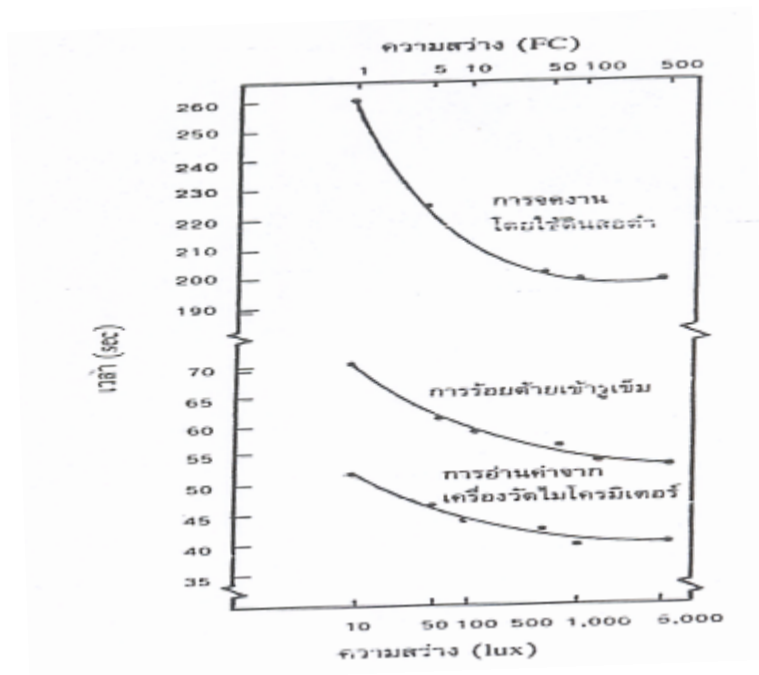
Krueger and Muller – Limmroth (1979) ชี้ให้เห็นว่าตัวแสงสว่างเองไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่แสงสว่างทำให้การมองเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ของงานง่ายขึ้น เขาเชื่อว่าผู้ปฏิบัติงานจะสามารถเพิ่มผลผลิตขึ้นได้ถ้าหากได้รับแรงจูงใจที่ดี เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เพราะแสงสว่างจะมีผลต่อการปฏิบัติงานเฉพาะเมื่อผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้ที่มีอายุมากกว่า 45 ปีขึ้นไปเท่านั้น ดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุ กับ ความแม่นยำในการมองเห็น

Bennet , Sidlengia และ Pengreka (1977) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์กันระหว่างระดับแสงสว่างกับระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานให้แล้วเสร็จ ดังแสดงในภาพที่ 2-19 ซึ่งจากรูปเราจะเห็นว่าในการทำงานแต่ละอย่างนั้น การเพิ่มแสงสว่างไม่ได้ทำให้งานเสร็จเร็วขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัดเจน



ภาพที่ 2-19

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการส่องสว่าง กับระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานให้เสร็จตามกำหนด

Ross (1978) เสนอว่า การเพิ่มระดับแสงสว่างที่มากกว่า 500 ลักซ์ขึ้นไปจะทำให้ผลการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

มีรายงานของสภาความปลอดภัยแห่งสหรัฐอเมริกา (National Safety Council ; USA) ระบุว่าแสงสว่างที่ไม่ดีและไม่เพียงพอ จะเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม มีการทดลองปรับปรุงแสงสว่างโดยการเพิ่มความสว่างเป็น 200 ลักซ์ ในแผนกสายการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรมหนักในประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ และฝรั่งเศส ซึ่งต่างก็พบว่าสถิติการเกิดอุบัติเหตุลดลงถึงประมาณ 32 เปอร์เซ็นต์

มาตรฐานความเข้มของแสงโดยองค์การที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างในประเทศต่าง ๆ เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เสนอโดย Grandjean (1982) ดังแสดงในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7

แสดงระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสมสำหรับงานในลักษณะต่าง ๆ ที่เสนอโดย

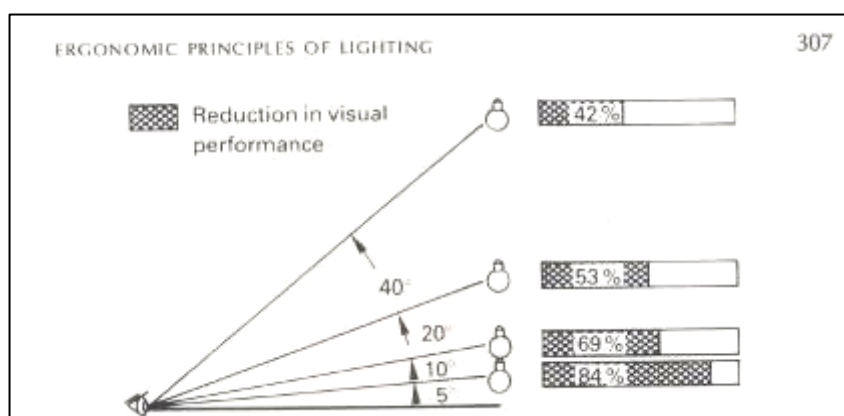
Grandjean (1982)

ลักษณะงาน	ตัวอย่างประเภทของงาน	ระดับความเข้มของแสงที่เหมาะสม ของGrandjean (Lux)
ไม่ต้องการความละเอียด	- ห้องเก็บของทั่วไป บริเวณ ทางเดินบันได ระเบียง	80 - 170
ต้องการความละเอียด เล็กน้อย	- งานบรรจุภัณฑ์ - งานประกอบชิ้นส่วนง่าย ๆ งาน สีข้าว งานประกอบหัตถกรรม ห้องหม้อน้ำ	200 - 250 250 - 300
ต้องการความละเอียด ปานกลาง	- งานประกอบชิ้นส่วนที่ต้องการ ความละเอียดปานกลาง งานกลึง หรือแต่งโลหะ หรือไม้อย่างหยาบ ๆ	500 - 700
ต้องการความละเอียด ปานกลาง	- งานเขียน อ่านหนังสือ งานกลึง หรือแต่งโลหะ หรือไม้ที่ต้องการ ความละเอียดปานกลาง งานตรวจ พินิจหรือทดสอบที่ต้องการ ความละเอียดปานกลาง	500 - 700
ต้องการความละเอียดมาก	- งานเขียนแบบ ตรวจความแตกต่าง ของสีส้น ปรับและทดสอบ อุปกรณ์ไฟฟ้า งานเจาะกลึงชิ้นงาน ที่ต้องการความละเอียดสูง - งานเรียงพิมพ์ ประกอบนาฬิกา หรือเครื่องจักรที่มีความละเอียดสูง งานประกอบชิ้นส่วนทาง อิเล็กทรอนิกส์ งานเจียระไนเพชร พลอย	1,000 - 2,000 1,000 - 2,000

ที่มา ; Grandjean E. Fitting the Task to the Man, An Ergonomics Approach (1982)

2.1.8.3 มุมเอียงของแสง

การวางตำแหน่งของดวงไฟที่ทำให้เกิดแสงจ้าแยงตาให้ออกห่างจากแนวเส้นการมองเห็นมากที่สุด หรืออย่างน้อยที่สุดก็ควรให้มุมระหว่างตำแหน่งดวงไฟกับแนวเส้นสายตามีค่ามากกว่า 40 องศาขึ้นไป ทั้งนี้เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของการมองเห็นดีขึ้น จากรูปภาพที่ 2-20 จะเห็นว่าถ้ามุมดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 40 องศาพอดีจะทำให้ประสิทธิภาพของการมองเห็นมีค่าเพียง 58 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น



ภาพที่ 2-20

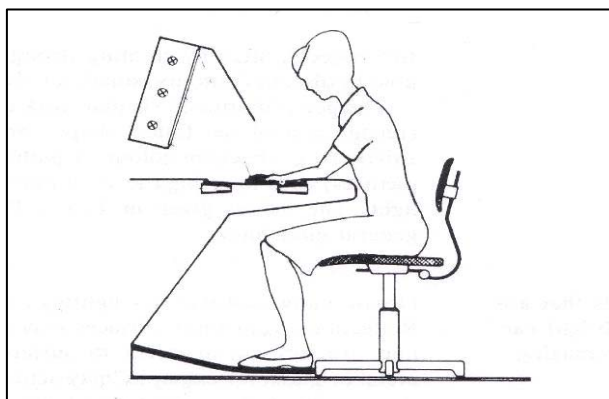
แสดงผลกระทบของการวางตำแหน่งมุมเอียงของแสงไฟในมุมต่างๆ

ที่มา ; Grandjean E. Fitting the Task to the Man, An Ergonomics Approach (1982)

2.1.8.4 ที่กำบังแสงไฟ (light shield)

การจัดแสงสว่างไม่ให้เกิดแสงจ้าแยงตาหรือแสงพร่าตา (Glare) ภาวะแสงพร่าหรือแสงจ้าแยงตานี้เกิดขึ้นเมื่อปริมาณแสงสว่างในลานสายตา (Visual field) มีมากเกินไปที่ตาของผู้มองเห็นจะปรับได้ จะทำให้เกิดความรำคาญ ไม่สบายตา ตาพร่ามัว และความสามารถในการมองเห็นลดน้อยลง

การลดแสงพร่าตาโดยตรง (Direct glare) ใช้ที่กำบังแสงไฟ (light shield) หรือม่านบังแสง (blinder) ดังภาพที่ 2-21

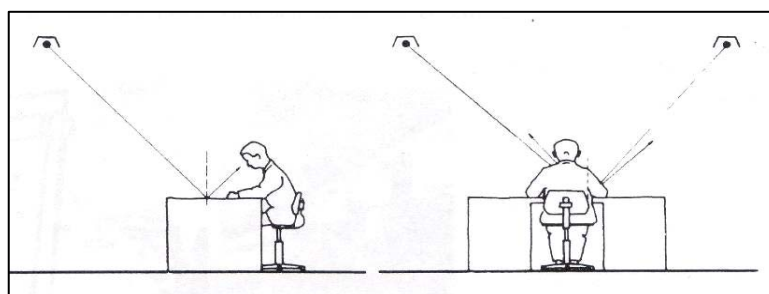


ภาพที่ 2-21

แสดงการใช้ม่านบังแสงเพื่อลดแสงสะท้อนโดยตรงเข้าสู่ดวงตา
ที่มา ; Grandjean E. Fitting the Task to the Man, An Ergonomics Approach (1982)

2.1.8.5 ตำแหน่งการวางหลอดไฟ

การจัดวางตำแหน่งดวงไฟหรือพื้นที่ทำงานในอันที่จะไม่ก่อให้เกิดแสงพร่าตาโดยการสะท้อน หรือแต่ถ้าหากเกิดขึ้นก็ต้องไม่ส่องเข้าตาของผู้ปฏิบัติงานโดยตรง Grandjean (1982) ได้เสนอแนะว่า ในการวางตำแหน่งของแสงไฟ ไม่ควรวางแสงไฟในแนวสะท้อนแสงตรงดังรูปด้านซ้าย ซึ่งตำแหน่งที่เหมาะสมควรจะเป็นการวางที่ด้านข้าง ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนโดยตรงเข้าสู่ดวงตา ดังภาพที่ 2-22 ด้านขวา



ภาพที่ 2-22

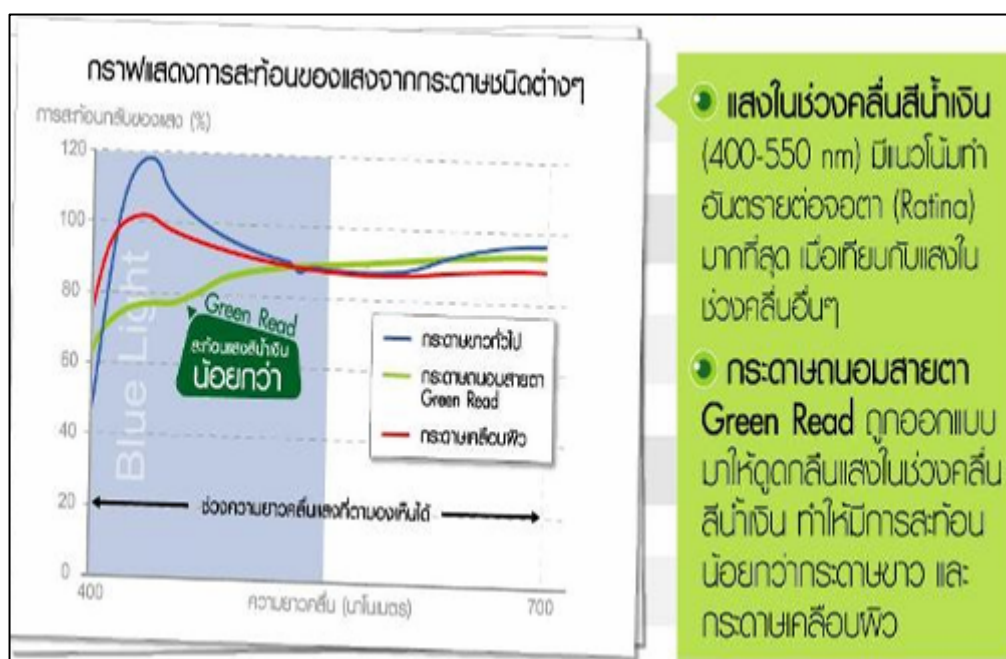
แสดงการวางตำแหน่งของดวงไฟด้านข้างเปรียบเทียบกับด้านตรงซึ่งสามารถลดแสงสะท้อน
โดยตรงเข้าสู่ดวงตาได้

ที่มา ; Grandjean E. Fitting the Task to the Man, An Ergonomics Approach (1982)

2.1.9 ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการมองเห็น

2.1.9.1 แสงกับดวงตา :

แสงเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการอ่านและการมองเห็นวัตถุต่างๆ ซึ่งแสงนั้นจะประกอบไปด้วยช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 380-750 นาโนเมตร จากสีม่วงจนถึงสีแดงสำหรับสายตาของคนทั่วไปนั้นจะสามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสง ตั้งแต่ช่วง 400-700 นาโนเมตร และในช่วงความยาวคลื่นของแสงนั้นสามารถทำอันตรายต่อสายตาได้ ดังภาพที่ 2-23



ภาพที่ 2-23

กราฟแสดงการสะท้อนแสงจากกระจกชนิดต่างๆ

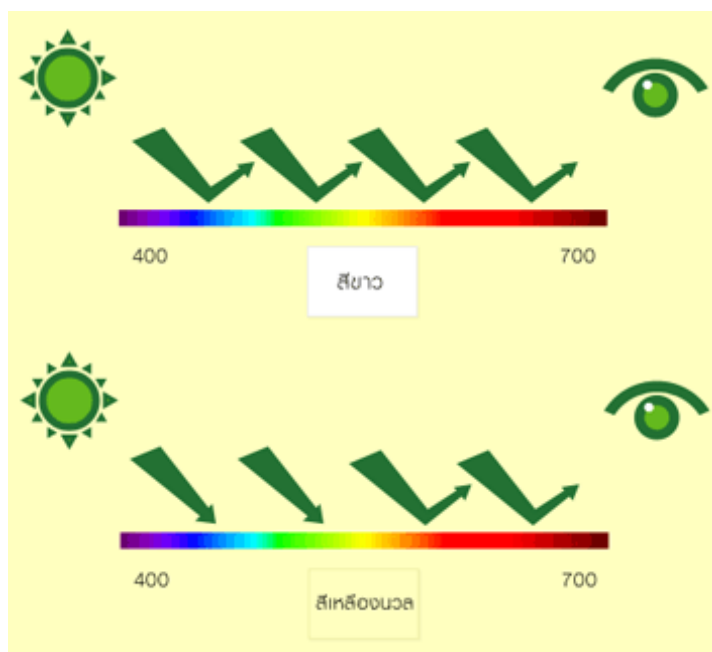
ที่มา : <http://www.greenread.com>

ผลการวิจัยจากสหรัฐอเมริกา พบว่า แสงสีน้ำเงินซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 400-700 นาโนเมตร ซึ่งจัดเป็นช่วงแสงที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เป็นแสงที่มีพลังงานมากที่สุด ถึงแม้ว่ามันจะมีพลังงานน้อยกว่าคลื่นรังสี UV แต่มันก็สามารถที่จะแทรกซึมเข้าไปสู่เนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เซลล์เนื้อเยื่อในดวงตาถูกทำลาย

นอกจากนี้มีการทดลองโดยใช้เนื้อเยื่อที่คล้ายเรตินาของดวงตา พบว่ามีการถูกทำลายอย่างต่อเนื่องจากแสงสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่นำไปสู่การเสื่อมสภาพการมองเห็น เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คนอายุมากกว่า 60 ปีในสหรัฐอเมริกาตาบอด

2.1.9.2 สีและพื้นผิวของวัตถุกับผลต่อแสงสะท้อน

2.1.9.2.1 สีถนนอมสลายตา หรือ สีเหลืองนวลเป็นสีที่ทำให้รู้สึกสบายตาเวลาอ่านหนังสือนั้นผิวหน้าเป็นเพราะ สีเหลืองนวลจะทำการดูดกลืนแสงในช่วง 400 – 550 nm และช่วยลดแสงสะท้อนเข้าสู่ดวงตาได้ถึง 15% ทำให้สบายตา ดังภาพที่ 2-24

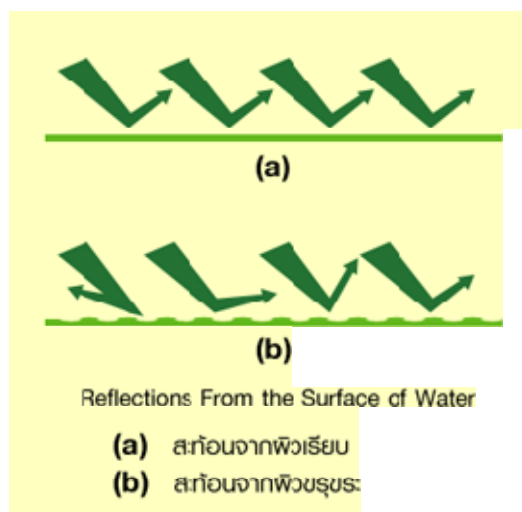


ภาพที่ 2-24

เปรียบเทียบการสะท้อนแสงและการดูดกลืนแสงของกระดาสีขาวและกระดาษถนนอมสลายตา

ที่มา : <http://www.greenread.com>

2.1.9.2.2 การมีพื้นผิวที่ไม่เรียบมัน จะช่วยกระจายแสง ไม่ให้แสงที่ตกกระทบบ
ทั้งหมด สะท้อนสู่ดวงตาโดยตรง ดังภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25

แสดงการเปรียบเทียบการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวเรียบและขรุขระ

ที่มา : <http://www.greenread.com>

2.1.10 สถิติที่ใช้งานวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) 2 กลุ่ม

2.1.10.1 การหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง $\bar{x}$ เป็นตัวประมาณค่าของประชากร หาได้จากสมการที่

(2-6)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2-6)$$

โดยที่ n = จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

2.1.10.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (S) เป็นตัวประมาณค่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร หาได้จากสมการที่ (2-7)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2-7)$$

โดยที่ n = จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

2.1.10.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) 2 กลุ่ม ในกรณีที่ข้อมูล 2 ชุด ไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน

ในกรณีที่ข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระจากกัน หรือได้จากการวัดซ้ำจากกลุ่มตัวอย่าง เดิม ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้มาเป็นผู้จากคน ๆ เดียวกัน หรือจากคู่ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ คำนวณโดยใช้สมการที่ (2-8)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{n \sum D^2 - (\sum D)^2}} \quad df = n-1 \quad (2-8)$$

n-1

เมื่อ D = ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่

n = จำนวนคู่ของตัวอย่าง

2.1.10.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เป็นสาขาหนึ่งของสถิติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ นำข้อเท็จจริงนั้นมาหาข้อสรุปของปัญหาอย่างสมเหตุสมผลตามวิธีอุปนัย (จิตรา, 2543) การออกแบบการทดลองเป็นเครื่องมือขั้นสูงที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต การออกแบบการทดลองที่ดี จะทำให้ได้สารสนเทศที่แม่นยำ และสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา โดยทั่วไปแล้วถ้าหากเรามีปัจจัยในการทดสอบอยู่ประมาณ 10 ปัจจัย ซึ่งในการดำเนินการทดสอบดูว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลจริงต่อกระบวนการด้วยวิธีแบบ One-Factor at-a-Time จะใช้เวลานาน แต่ด้วยวิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองจะใช้เวลาตรวจสอบปัจจัยดังกล่าวได้ในระยะเวลาไม่นานนัก การนำการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และกระบวนการในอุตสาหกรรมมีประเด็นพิจารณาที่สำคัญดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกและนิยามปัญหา

การทดลองจะมีขึ้นได้จะต้องมีปัญหาเกิดขึ้น ขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหาคือ จะต้องนิยามปัญหาดังกล่าวให้ชัดเจน รัดกุม เป็นที่เข้าใจของผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้อง การออกแบบการทดลองควรจะมีการทำงานเป็นทีม เพราะอาจต้องอาศัย “ประสบการณ์ขององค์กร” (Wisdom of Organization) นั้นเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการออกแบบการทดลอง อันจะเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินงานโดยใช้ประสบการณ์คาดคะเนว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อปัญหาที่

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดปัจจัย และระดับของปัจจัย (ทรีตเมนต์)

เมื่อได้เลือกปัญหา และนิยามปัญหาต่อมามีต้องเลือกปัจจัยหรือตัวแปรอิสระ ขั้นตอนนี้จะใช้การระดมความคิดจากประสบการณ์บนพื้นฐานของทฤษฎีของปัญหานั้น ๆ เพื่อพิจารณาว่า มีปัจจัยใดบ้างที่อาจส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เราสนใจ เครื่องมือคุณภาพที่มักนิยมนำมาใช้ในการระดมความคิด เพื่อระบุสาเหตุที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหานั้น ได้แก่ แผนภูมิ ก้างปลา (Cause & Effect Diagram) การวิเคราะห์ความล้มเหลวในกระบวนการ (FMEA) หรือ Selection Matrix เป็นต้น นอกจากการระบุถึงปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่อปัญหาที่เราสนใจแล้ว ยังต้องกำหนดค่าระดับในการทดลองของปัจจัยแต่ละตัว โดยการกำหนดระดับปัจจัยต้องระวังอย่ากำหนดให้แคบ หรือ กว้างจนเกินไป เพราะระดับปัจจัยที่แคบหรือกว้างไปอาจจะส่งผลให้เราไม่สามารถเห็นผลของการทดลองที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน โดยการเลือกสิ่งทดลองต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองและประชากรที่ต้องศึกษา สิ่งทดลองควรเป็นตัวแทนของประชากรนั้น ๆ และมีความสม่ำเสมอมากที่สุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ในการกำหนดระดับปัจจัยสามารถแบ่งได้ ดังนี้

1. แบบสุ่ม (Random Level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม หรือ กำหนดได้แน่นอน
2. แบบคงที่ (Fix Level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุม หรือ กำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน
3. แบบผสม (Mixed Level) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้ และแบบสุ่ม

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดตัวแปรตอบสนอง (Respond Variable)

การเลือกตัวแปรตอบสนองต้องพิจารณาถึงความสามารถในการวัดได้ และความถูกต้องแม่นยำในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทดลองควรจะแน่ใจว่า ตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับขบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ บ่อยครั้งที่ค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือทั้งคู่) ของกระบวนการจะเป็นตัวแปรตอบสนอง เป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจมีตัวแปรตอบสนอง

ขั้นตอนที่ 4 เลือกแบบของการทดลองที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้ให้ความสนใจถึงประสิทธิภาพทางสถิติ หรือความเสี่ยงในการตัดสินใจ และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการเลือกแบบการทดลอง ถ้ากิจกรรมการวางแผนก่อนการทดลองทำได้ถูกต้อง ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาขนาดของตัวอย่าง (Replicate) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่า ควรจะใช้วิธีการบล็อกหรือการแรนดอมไมเซชัน (Randomizations)

ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองจะใช้ความสนใจถึงการสุ่ม ความถูกต้องในการวัด ความสม่ำเสมอในการทดลองภายใต้กระบวนการอยู่ในการควบคุม ปฏิบัติตามแบบการทดลองที่เลือกไว้ โดยจะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน การวางแผนในตอนแรกจะมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จที่จะเกิดขึ้น เพราะหากมีอะไรผิดพลาดเกิดขึ้น เกี่ยวกับการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำให้ข้อมูลจากการทดลองที่นำนั้นอาจใช้ไม่ได้

ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยทฤษฎีอนุมานทางสถิติ

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และถ้าเราทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ได้ข้อสรุปสารสนเทศที่มีประโยชน์ในการตัดสินใจดำเนินงานต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลจากการวิเคราะห์ ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ, ตาราง แผนภูมิ ให้ข้อเสนอแนะ ในการปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการให้ดีขึ้นต่อไป

2.1.10.5 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานทางสถิติที่เขียนไว้ในเชิงปริมาณการเท่ากันของค่าสถิติ เราเรียกว่า สมมติฐานที่ไม่มีความแตกต่างกัน เป็นสมมติฐานหลัก แทนด้วยสัญลักษณ์ H_0 ส่วนสมมติฐานที่มีความแตกต่างกัน เรียกว่า Alternative Hypothesis หรือสมมติฐานรอง แทนด้วยสัญลักษณ์ H_1

การทดสอบสมมุติฐานแบบทางเดียว

เป็นการตั้ง H_0 โดยกำหนด $H_0 : \mu = \mu_0$

และกำหนด H_1 ดังนี้คือ

$H_1 : \mu < \mu_0$ หรือ $H_1 : \mu > \mu_0$

โดยที่ μ คือ ค่าพารามิเตอร์

μ_0 คือ ค่าคงที่

การทดสอบสมมุติฐานแบบสองทาง

เป็นการตั้ง H_0 โดยกำหนด $H_0 : \mu = \mu_0$

และกำหนด H_1 ดังนี้คือ

$H_1 : \mu \neq \mu_0$

โดยที่ μ คือ ค่าพารามิเตอร์

μ_0 คือ ค่าคงที่

หรือ

เป็นการตั้ง H_0 โดยกำหนด $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$

และกำหนด H_1 ดังนี้คือ

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ (i, j)

โดยที่ μ คือ ค่าพารามิเตอร์

i, j คือ $1, 2, \dots, a$

ในการทดลองสมมุติฐานจะเกิดลักษณะของความผิดพลาดในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐาน ซึ่งความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทนี้สามารถเกิดขึ้นได้ขณะทดสอบสมมุติฐาน ถ้าหากค่า H_0 ถูกปฏิเสธ ทั้ง ๆ ที่ H_0 ถูกต้อง จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 แต่ถ้า H_0 ไม่ถูกปฏิเสธ ทั้ง ๆ ที่ H_0 นั้นไม่ถูกต้อง ความผิดพลาดประเภทที่ 2 ก็เกิดขึ้น ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทก่อให้เกิดสัญลักษณ์พิเศษ คือ α และ β

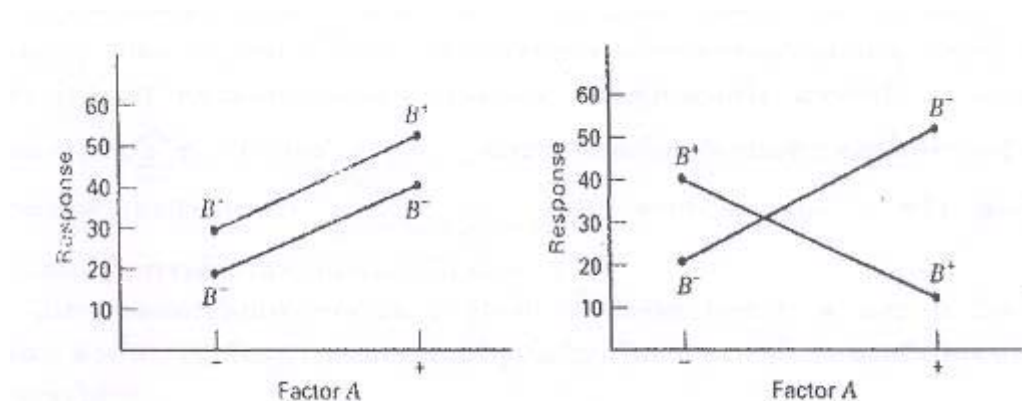
ในการวิเคราะห์มักจะกำหนดให้ค่าของ α มีค่าคงที่ และค่าของ β ให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อลดความเสี่ยงทั้งสองแบบนี้ จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำของการทดลองไว้ เพื่อให้มีความเชื่อมั่น หรือ มีความเสี่ยงในการยอมรับข้อมูลตามที่กำหนด ผู้วิจัยสามารถอาศัยเส้น เส้นโค้งลักษณะดำเนินการ (Operation Characteristic Curve) ในการเลือกจำนวนเรพลีเคชันได้

2.1.10.6 การออกแบบทดลองเชิงแฟกทอเรียล

การทดลองที่สนใจศึกษาผลของหลายปัจจัย (Multiple Factor) นั้น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะการทดลองตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป นอกจากจะมีอิทธิพลจากปัจจัยหลัก (Main Effect) แล้ว ยังเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction Effect) ได้ด้วย โดยผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนอง (Respond) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) ซึ่งกรณีที่มี 2 ปัจจัยหลักที่สนใจจะแสดงอิทธิพลของปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วม ดังภาพที่ 2-26

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 ซ้ำ (Replicate) จะประกอบด้วย การทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เราจะกล่าวว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

ตัวอย่างกรณีการออกแบบการทดลอง 2 ปัจจัย กำหนดให้ Y_{ijk} คือผลตอบสนองที่สังเกตได้ เมื่อปัจจัย B อยู่ที่ระดับ i ($i = 1, 2, \dots, a$) j ($j = 1, 2, \dots, b$) สำหรับเรพลিকেตที่ k ($k = 1, 2, \dots, n$) รูปแบบทั่วไปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2-8



ภาพที่ 2-26

แสดงอิทธิพลของปัจจัยหลัก และปัจจัยร่วม

ตารางที่ 2-8

รูปแบบการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย

ปัจจัย A	ปัจจัย B			
	$Y_{111}, Y_{112}, \dots, Y_{11n}$	$Y_{121}, Y_{122}, \dots, Y_{12n}$		$Y_{1b1}, Y_{1b2}, \dots, Y_{1bn}$
	$Y_{211}, Y_{212}, \dots, Y_{21n}$	$Y_{221}, Y_{222}, \dots, Y_{22n}$		$Y_{2b1}, Y_{2b2}, \dots, Y_{2bn}$
	$Y_{a11}, Y_{a12}, \dots, Y_{a1n}$	$Y_{a21}, Y_{a22}, \dots, Y_{a2n}$		$Y_{ab1}, Y_{ab2}, \dots, Y_{abn}$

จากข้อมูลการทดลองแบบ อาจเขียนในรูปแบบจำลองเชิงเส้น (Linear Statistical Model) คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \sum_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \end{array} \right. \quad (2-9)$$

โดย μ หมายถึงผลเฉลี่ยทั้งหมด τ_i หมายถึงผลที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัย A; β_j หมายถึง ผลที่เกิดจากระดับที่ j ของปัจจัย B ; $(\tau\beta)_{ij}$ ผลที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่าง τ_i และ β_j และ $\sum_{ijk}$ หมายถึงองค์ประกอบของความผิดพลาดแบบสุ่มสมมติว่าปัจจัยทั้งคู่มีค่าตายตัว (Fixed) และผลการทดลอง (Treatment Effect) หมายถึง ส่วนที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด ดังนั้น $\sum \tau_i = 0$ และ $\sum \beta_j = 0$ และทำนองเดียวกัน

สมมติว่าผลที่เกิดจากอันตรกิริยามีค่าตายตัวและกำหนดค่า $\sum_{i=1}^a (\tau\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^b (\tau\beta)_{ij} = 0$ จาก
การทดลอง n ครั้ง ดังนั้น จำนวนการทดลองจากการสังเกตทั้งหมดเท่ากับ abn

ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ทั้งปัจจัยที่เกิดจาก A และ B มีความสำคัญเท่ากัน ดังนั้น เราต้องการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของผลที่เกิดจากปัจจัย A หรือกล่าวได้ว่า

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1 : \text{at least } \tau_i \neq 0$$

และความเท่ากันของผลที่เกิดที่เกิดจากปัจจัย B

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_b = 0$$

$$H_1 : \text{at least one } \beta_j \neq 0$$

นอกจากนั้นแล้ว เรายังสนใจผลที่จะทราบว่า อัตราการระหว่างปัจจัย A และ B มีนัยสำคัญหรือ หรือกล่าวได้ว่า

$$H_i : (\tau\beta)_{ij} = 0 \text{ for all } i, j$$

$$H_j : \text{at least one } (\tau\beta) \neq 0$$

2.1.10.10 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square)

เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองนั้นมีความเหมาะสมเพียงไร ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งจะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained Variable) หรือความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดีจะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ให้น้อยที่สุด นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) ควรค่าเข้าใกล้ 1 ให้มากที่สุด

$$\text{สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square)} = \frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้} \times 100\%}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}} \quad (2-23)$$

หากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square) ต่ำ อาจแก้ไขโดยการเพิ่มจำนวนซ้ำของการทดลอง ตรวจสอบปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใหม่ หรือหากพบว่าปัจจัยรบกวน (Noise Factor) มีมากอาจต้องบล็อกเพื่อลดปัจจัยรบกวน

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการศึกษาด้านการยศาสตร์

2.2.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Andersson และคณะ (1976) ได้ทำการศึกษากายการวัดแรงดันในหมอนรองกระดูกและสัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อหลังของท่าการทำงานแบบต่าง ๆ ทั้งที่มีภาระงานและไม่มี และได้สรุปว่าสามารถใช้สัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อหลังในการทำนายแรงดันในหมอนรองกระดูกได้

Vibma (1982) ได้ทำการศึกษาอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อโครงร่างที่เกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงานเย็บผ้าที่ใช้จักรเย็บผ้าเปรียบเทียบกับหญิงรับจ้างเย็บผ้าทั่วไป โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ทำการประเมินผล พบว่าลักษณะท่าทางและการทำงานของพนักงานเย็บ มีลักษณะที่ก่อให้เกิดการระสิดที่สูงกว่าในหญิงรับจ้างเย็บผ้าทั่วไป และมีอาการบาดเจ็บปรากฏขึ้นบริเวณกล้ามเนื้อโครงร่างสูงกว่าเช่นกัน โดยอาการบาดเจ็บนั้นจะเกิดขึ้นในบริเวณคอ ไหล่ และขา อย่างมีนัยสำคัญ

Bhatnager และ Schiro (1985) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า ข้อมูลสัดส่วนร่างกายมีความจำเป็นต่อการออกแบบสถานีทำงาน และจะต้องมีการปรับปรุงท่าทางการทำงานของคนด้วยจึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานสามารถวัดได้ เช่น วัดจากการตรวจสอบจำนวนชิ้นงาน และคุณภาพของชิ้นงานที่ผลิตได้จากความเร็วในการทำงานหรือเวลาที่ใช้ และจากความผิดพลาดของการทำงาน เป็นต้น

Kondo และคณะ (1985) ได้ศึกษาสภาพความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการทำงานและอาการผิดปกติของกล้ามเนื้อคอ ไหล่ แขน และหลังส่วนล่าง ในพนักงานหญิงที่ยกกล่องช็อคโกแลตในโรงงานทำลูกกวาด พบว่าอาการผิดปกติดังกล่าวมีสาเหตุมาจากการทำงานโดยใช้มือและแขนที่ซ้ำซาก ท่าทางการทำงานไม่ถูกต้อง การยืนทำงานเป็นเวลานาน และการออกแบบสายพานลำเลียงไม่เหมาะสมกับพนักงาน จึงได้ปรับปรุงสภาพการทำงานที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการปวดเมื่อย และความผิดปกติของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ

Yu และคณะ (1988) ได้ทำการศึกษามิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนั่ง ได้แก่ ความสูงของที่นั่ง ความเอียงของที่นั่ง การหมุนได้ของที่นั่ง ระยะห่างของพนักพิง ความสูงของพนักพิง มุมเอียงของพนักพิง และประเมินผลการทำสอบด้วยการวัดภาวะความไม่สบายที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนต่าง ๆ ของร่างกายหลังการทำงาน และวัดความเปลี่ยนแปลงคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ เพื่อใช้ในการออกแบบเก้าอี้ทำงานสำหรับพนักงานเย็บจักร พบว่าความสูงของเก้าอี้และระยะห่างของพนักพิงควรปรับได้ และเก้าอี้ควรหมุนได้อย่างอิสระ

DeIitto และคณะ (1989) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการ 2 วิธี ในการยกแบบย่อตัว (Squat Lift) เขาศึกษา EMG ที่กล้ามเนื้อ Erector Spinal และกล้ามเนื้อ Oblique Abdominal เพื่อที่จะศึกษาผลที่แตกต่างกันของการวางตัวของกระดูกสันหลัง (โค้งเข้าและโค้งออก) และผลของน้ำหนัก 3 ระดับ พบว่า EMG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งใน Erector Spinal และ Oblique Abdominal หากหลังโค้งออก (Lordotic) และแนะนำว่าเนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อ

Sanders และ McCormick (1993) ได้ทำการสรุปและวิจัยว่า การปวดหลัง คอ และไหล่ จะเกิดกับคนงานได้ เนื่องจากความสูงของโต๊ะทำงานไม่สัมพันธ์กับความสูงของเก้าอี้ ถ้าโต๊ะทำงานเตี้ยเกินไปจะต้องก้มหลังทำให้ปวดหลัง แต่ถ้าโต๊ะนั้นสูงเกินไปการทำงานจะต้องยกไหล่ตลอดเวลาทำให้เกิดการปวดไหล่ ซึ่งการปวดไหล่จะมีผลต่อการปวดคอด้วย ดังนั้นความสูงของโต๊ะและเก้าอี้จะต้องมีความสัมพันธ์กัน ในการทำงานที่ต้องใช้แขนปกติแล้วจะลดระดับความสูงของพื้นโต๊ะลงเพื่อให้สามารถพักแขนส่วนบนในขณะทำงานด้วย โดยที่ข้อศอกของแขนงอเป็นมุม 90 องศา การออกแบบลักษณะการทำงานนี้จะเหมาะกับงานประเภทซ้ำซาก เช่น งานพิมพ์ดีด และยังกล่าวว่าการออกแบบเก้าอี้ที่ดีต้องมีพนักพิงรองรับหลังส่วนล่าง ซึ่งช่วยลดแรงกดที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก ทำให้กล้ามเนื้อหลังรับภาระสัณฐานน้อยลง

2.2.2 งานวิจัยภายในประเทศ

วิรุฬห์ (2523) ได้รายงานถึงสาเหตุที่มักจะพบบ่อย ๆ ของอาการปวดหลัง คือ กล้ามเนื้อหลังหดตัว และมักจะเป็นกับคนที่ยังมีความสามารถในการทำงานสูงอยู่ ส่วนมากจะมีประวัติการใช้หลังในลักษณะซ้ำซากอยู่นาน ๆ เช่น นั่งอยู่กับที่ได้แก่ เฝียพิมพ์ดีด จนกระทั่งระดับผู้บริหารสั่งงานอยู่กับโต๊ะทุก ๆ วัน รวมถึงการทำงานที่ต้องก้ม ๆ เงย ๆ

ดำรง (2528) ได้รายงานถึงผลศึกษาของนายแพทย์ Nachemson และคณะ (1964) ซึ่งทำการวัดค่าแรงดันภายในหมอนรองกระดูกสันหลัง (Intradiscal Pressure) ของส่วนเอวอันดับที่ 3 ของผู้ที่มีน้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม ในอิริยาบถต่าง ๆ พบว่า การงอหรือก้มตัวมากขึ้นจะทำให้แรงดันภายในหมอนรองกระดูกมากขึ้น และหากเปรียบเทียบอิริยาบถที่เหมือนกันแต่ภาระของงานมีมากขึ้นแรงดันภายในหมอนรองกระดูกก็ยิ่งสูงขึ้น การนั่งที่ต้องอยู่ในลักษณะทิ้งอ หรือก้มตัวมาก และมีภาระงานจะทำให้เกิดแรงดันภายในหมอนรองกระดูกสูงที่สุด

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน (2532) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า ความสูงของงานเป็นสิ่งสำคัญมาก ถ้าไม่ถูกต้องจะทำให้ร่างกายเหนื่อยล้าได้เร็วมาก ระดับความสูงที่เหมาะสม ควรอยู่ในระดับที่สามารถทำงานได้โดยไหล่ทั้งสองข้างอยู่ในท่าที่สบายตามธรรมชาติ งานจะต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้ตัว ถ้าเป็นงานละเอียดที่ต้องการความแม่นยำ ระดับความสูงจะสูงกว่างานอื่นเพราะต้องใช้สายตา โดยปกติแล้วงานที่ต้องการความละเอียดนี้จะต้องมีที่วางแขนด้วย

อำนาจ (2536) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลสัมพันธ์กับอาการปวดหลังอันเนื่องมาจากการทำงานในสายการประกอบรถบรรทุกขนาดเล็ก 1 คัน โดยทำการสัมภาษณ์เพื่อประเมินความรุนแรงของปัญหาและคัดเลือกพนักงานใน 5 แผนกทั้งหมด 34 คน เพื่อทดลอง เก็บข้อมูลการทำงานทั้งหมด 46 งาน โดยการวัด EMG และวิเคราะห์ท่าทางการทำงานจากภาพวีดีโอ โดยใช้เทคนิค RULA ผลการทดลองพบว่าค่า % ของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุดในการทำงาน หรือ % MVE กับคะแนน RULA มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยในการทำงานที่สนใจคือท่าการก้มหลัง น้ำหนักชิ้นงาน ความสูงในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน ให้ผลการทดลองว่ามีผลต่อ % MVE เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชูเกียรติ (2537) ได้ทำการศึกษาเพื่อออกแบบสถานีทำงานสำหรับงานเจียรในพลอยตามหลักการยศาสตร์ โดยการสัมภาษณ์พนักงานเจียรในพลอยจำนวน 120 คน พบว่ามีติของเก้าอี้ทำงานไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะไม่สบายต่าง ๆ จึงทำการออกแบบมิติของเก้าอี้จากข้อมูลสัดส่วนร่างกายพนักงานเจียรในพลอย แล้วจึงทำการทดสอบให้พนักงานทำงานที่สถานีทำงานได้ออกแบบไว้ พบว่า เก้าอี้ที่ปรับระดับความสูงได้และมีพนักพิงช่วยลดภาวะไม่สบายของร่างกาย ได้แก่ หลัง คอ และไหล่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทำให้มุมเอียงของลำตัวและมุมก้มของศีรษะมีแนวโน้มลดลง และภาวะสถิติที่เกิดขึ้นบริเวณกล้ามเนื้อคอและกล้ามเนื้อหลังมีแนวโน้มลดลงด้วย แต่ความล้าทางสายตาให้ผลแตกต่างไม่เด่นชัด ระดับความสูงเฉลี่ยของเก้าอี้ที่พนักงานคิดว่าสบายอยู่ในช่วง 44.3 ถึง 49.3 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงที่ทำให้ระดับข้อศอกของพนักงานเท่ากับระดับของงานเจียรที่ใช้ในการเจียรในพลอย

ไพฑูรย์ (2540) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณของภาวะกล้ามเนื้อหลังในพนักงานยกเพลาเบตเตอรี ภายหลังการปรับปรุงสถานีงาน จำนวน 12 คน โดยเก็บข้อมูลพนักงานซ้ำจำนวน 3 ครั้งตลอดระยะเวลา 4 รอบการทำงาน โดยศึกษาท่าทางการทำงาน โดยใช้กล้องวีดีโอ การวัดภาระกล้ามเนื้อหลัง และความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อหลังโดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและสอบถามอาการเมื่อยล้า ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน ผลการศึกษาพบว่าหลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าเฉลี่ยท่าทางการทำงาน ค่าร้อยละของความเมื่อยล้า ค่าเฉลี่ยอาการเมื่อยล้าในส่วนต่างๆ ของร่างกาย น้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานอย่างมีนัยสำคัญ และความถี่คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังก่อน และหลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากทฤษฎี และงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าภาวะความไม่สบายของร่างกายที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากการทำงานมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน สถานีงาน เครื่องจักร เครื่องมือ รวมไปถึงเนื่องาน มีสภาพไม่เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน และภาวะความไม่สบายของร่างกายอันเนื่องมาจากการทำงานที่พบบ่อยคือ อาการปวดหลัง ดังนั้น เพื่อลดระดับภาวะความไม่สบายของร่างกายอันเนื่องมาจากการทำงาน จึงจำเป็นต้องใช้หลักการวิทยาศาสตร์ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน เช่น ใช้หลักการออกแบบทางหลักการยศาสตร์ในการปรับปรุงสถานีงาน