TJE Thai Journal of Ergonomics

*Thai Journal of Ergonomics: Volume 3 Issue 1 January – June 2020: p. 54-64*
*วารสารการยศาสตร์ไทย: ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2563: หน้า 54-64*

*บทความปริทัศน์*
*(Review article)*

# เกณฑ์ทางด้านการยศาสตร์เพื่อพิจารณาความปลอดภัยและความเสี่ยงในงานที่ใช้แรงกาย

# Ergonomics criterions for considering safety and risk in manual works

**ธีรพันธ์ แก้วดอก***
Teeraphun Kaewdok*
***คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120***
*Faculty of Public Health, Thammasat University, Klong-luang, Pathumthani 12120 Thailand (teeraphun.k@fph.tu.ac.th)*

***ผู้นิพนธ์หลัก**

**Received: May 23, 2020/ Revised: June 10, 2020/ Accepted: June 25, 2020**

*บทคัดย่อ: งานใช้แรงกายเป็นสาเหตุหลักของการเกิดความล้าและการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเกณฑ์ทางด้านการยศาสตร์เพื่อพิจารณาความปลอดภัยและความเสี่ยงในงานที่ใช้แรงกาย สำหรับเป็นแนวทางให้ผู้ประเมินสามารถเลือกใช้เกณฑ์อย่างถูกต้องและเหมาะสมมีความเข้าใจความสามารถของมนุษย์เพื่อสามารถออกแบบงานให้ความต้องการงานหรือปริมาณงานต่ำกว่าความสามารถของคนทำงาน ผลการทบทวนพบว่าเกณฑ์ต่างๆ สำหรับกำหนดความต้องการของงานที่ได้รับการยอมรับได้พัฒนามาจากหลักการของผลตอบสนองทางสรีรวิทยา ชีวกลศาสตร์ และจิตฟิสิกส์ ในหลักการของอัตราการใช้พลังงานของร่างกาย แรงและผลกระทบของแรงที่กระทำกับร่างกาย และค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ของคนส่วนใหญ่ตามลำดับ การเลือกระหว่างเกณฑ์ที่มีอยู่ขึ้นอยู่กับประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องและวัตถุประสงค์ของการศึกษา รวมถึงลักษณะงาน ความรู้ทักษะของผู้ประเมิน เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ประเมิน โดยแต่ละเกณฑ์มีข้อจำกัด ข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันและยังมีความขัดแย้งกันอยู่ ดังนั้นการนำไปประยุกต์ใช้ควรมีการทบทวนและอภิปรายเพิ่มเติม*

*ABSTRACT: Manual work is the most common cause of occupational fatigue and lead to musculoskeletal injuries. This article was aimed to present the reviewed ergonomics criterions for considering safety and risk in manual works to be a guideline for assessors can be use the criteria correctly and appropriately. To understand human abilities can be designed that requires the task demands are at or below the worker capabilities when performing the task. Referring to the literature review, it was found that various criteria for defining acceptable task demands have been developed from the principles of physiology, biomechanics, and psychophysics in term of rate of energy expenditure, forces and their effects on masses, and maximum acceptable, respectively. The choice between the criteria available will depend upon the application concerned and the objectives of the study and including work characteristics, knowledge and skills of the practitioners, and assessment tools. Each criterion has limitations, advantages and disadvantages are different and appear to be in conflict. The applications should be reviewed and further discussed.*

*คำสำคัญ: การยศาสตร์ สรีรวิทยา ชีวกลศาสตร์ จิตฟิสิกส์*
*Keywords: Ergonomics, Physiology, Biomechanics, Psychophysics*

## 1. บทนำ

การทำงานที่ต้องใช้แรงกาย (manual work) เป็นงานที่พบได้ทั่วไปในทุกอาชีพซึ่งประกอบด้วยงานที่ต้องใช้แรงมาก (forceful exertion) เช่น งานยก งานแบก ผลัก ลากสิ่งของ และงานที่ใช้แรงไม่มากแต่อาจต้องอยู่ท่านิ่งนานๆ (static posture) หรือมีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานาน (repetitive motion) [1] นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์เช่นท่าทาง พฤติกรรมการทำงาน เครื่องมืออุปกรณ์และสภาพแวดล้อมหากเกิดความไม่เหมาะสมระหว่างปริมาณงานกับระดับความสามารถและข้อจำกัดของผู้ปฏิบัติงานอาจนำมาสู่การเจ็บป่วยได้โดยเฉพาะการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงาน (work-related

musculoskeletal disorders; WMSDs) และเป็นสาเหตุสำคัญในการจ่ายค่าชดเชย ค่ารักษาพยาบาล การเจ็บป่วย ผลผลิตงานลดลงและทำให้คุณภาพชีวิตต่ำลง [2] สถาบัน Health and Safety Executive [3] ได้รายงานในปี 2018-2019 ผู้ประกอบอาชีพมีความทุกข์ทรมานจากการเจ็บป่วยของสุขภาพที่สัมพันธ์กับการทำงานในประเทศกลุ่มยุโรปจำนวน 1.4 ล้านคน ในจำนวนนี้เป็นบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงาน จำนวน 498,000 คน โดยส่วนใหญ่พบในอุตสาหกรรมก่อสร้าง งานภาคเกษตรกรรม และงานบริการทางการแพทย์ อาการบาดเจ็บระบบกระดูกและกล้ามเนื้อสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ รยางค์ส่วนบนและคอ หลังส่วนล่าง และรยางค์ส่วนล่าง คิดเป็นร้อยละ 41 40 และ 19 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้พนักงานต้องหยุดงานเพื่อรักษาพยาบาลมากถึง 6.9 ล้าน สำหรับประเทศไทยจากรายงานสถานการณ์โรคจากการประกอบอาชีพพบว่าปัญหาสุขภาพที่พบมากที่สุดร้อยละ 45 คืออาการกลุ่มโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ [4] แม้ว่าในปัจจุบันจะมีอุปกรณ์ช่วยเชิงกลหรือเทคโนโลยีอื่นๆ เข้ามาช่วยลดการทำงานที่ต้องใช้แรงกายแต่บางสถานการณ์ก็ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ช่วยเหล่านี้ได้ เช่น การส่งวัตถุดิบเข้าสายการผลิต การยกกล่องบรรจุ รวมถึงการยกเคลื่อนย้ายผู้ป่วย หรือยกคนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง [5]

การทำงานที่ต้องใช้แรงกายนี้อาจจะเกินกว่าความสามารถของร่างกาย (physical capacity) ขณะเดียวกันอาจมีการสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ที่มีศักยภาพร่วมกันเป็นเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ [6, 7] หากต้องทำงานในสภาพไม่เหมาะสมติดต่อกันต่อเนื่องสะสมเป็นเวลานานสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงนำมาสู่การบาดเจ็บและความล้าจากการทำงานได้ [8] นักวิจัยทางด้านการยศาสตร์จากหลายองค์กรได้ศึกษาวิจัยหาวิธีการและเกณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงในกิจกรรมทางกายต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงสภาพทางการยศาสตร์ของผู้ปฏิบัติงานว่าสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงที่มีศักยภาพมากพอที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บและเกินกว่าขีดความสามารถและข้อจำกัดของร่างกายหรือไม่ หากมีอยู่ระดับใด [9] สำหรับการประเมินความเสี่ยงมีเกณฑ์ประเมินและเครื่องมือที่หลากหลายการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับสภาพปัญหาและวัตถุประสงค์ของการประเมิน รวมถึงความพร้อมของผู้ประเมิน คุณลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน ลักษณะงานที่ทำ และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกไป [10, 11] การนำหลักการทางการยศาสตร์ไปใช้ในสถานประกอบการเป็นเครื่องมือสำคัญในการดำเนินการเชิงรุกเพื่อป้องกันและเฝ้าระวังปัญหาการบาดเจ็บที่เกิดจากการทำงานที่ใช้แรงกาย ดังนั้นการใช้เกณฑ์หรือวิธีที่เหมาะสมสำหรับประเมินความเสี่ยงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้ทีมงานเกิดความเข้าใจถึงคุณลักษณะของมนุษย์ในแง่มุมของความสามารถและข้อจำกัดของร่างกายทำให้สามารถออกแบบแก้ไขปรับปรุงงานให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมเกิดการยอมรับได้ของคนทำงานและมีความเสี่ยงน้อยที่สุด [1]

ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเกณฑ์ทางด้านการยศาสตร์เพื่อพิจารณาความปลอดภัยและความเสี่ยงในงานที่ใช้แรงกาย สำหรับเป็นแนวทางให้ผู้ประเมินสามารถเลือกใช้เกณฑ์อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ต่อไป

## 2. วิธีการศึกษา

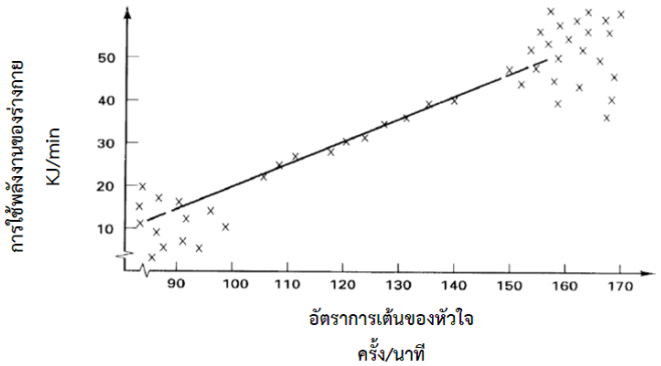
บทความนี้เป็นการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ซึ่งมุ่งประเด็นไปที่การทำงานที่ใช้แรงกายเป็นหลัก สืบค้นจากฐานข้อมูลวารสารระดับชาติที่อยู่ในฐานข้อมูลดัชนีวารสารไทย (Thai Citation Index) และวารสารระดับนานาชาติที่อยู่ในฐานข้อมูล PubMed, BMC, Scopus และ SCI โดยใช้คำสำคัญภาษาไทยได้แก่ “การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์” “งานใช้แรงกาย” “การยศาสตร์” คำสำคัญภาษาอังกฤษได้แก่ “ergonomics risk assessment” “manual work” “ergonomics evaluation criteria” “biomechanics” “physiology” “psychophysics”

## 3. ข้อค้นพบ

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบข้อมูลว่ามีการศึกษารูปแบบการทดลองเพื่อศึกษาเกณฑ์ประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ โดยข้อสรุปของงานวิจัยต่างๆ ได้ถูกกำหนดเป็นแนวทางในการสำหรับใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางการยาสตร์และได้นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยในหลายประเทศทั่วโลก การประยุกต์หลักทางการยศาสตร์ในการป้องกันปัญหาการบาดเจ็บที่เกิดจากการงานใช้แรงกายทางหนึ่งที่ทำได้คือการประเมินความเสี่ยงจากการทำงานด้วยการศึกษาความสามารถของร่างกายในแต่ละคนเพื่อป้องกันมิให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานเกินขีดจำกัดความสามารถของตนเอง [12] พบว่ามี 3 วิธีการได้แก่เกณฑ์ประเมินโดยใช้ผลตอบสนองทางสรีรวิทยา (physiological criteria) เกณฑ์ประเมินโดยใช้วิธีชีวกลศาสตร์ (biomechanical criteria) และเกณฑ์ประเมินโดยใช้วิธีจิตฟิสิกส์ (psychophysical criteria) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### *3.1 เกณฑ์ประเมินโดยใช้ผลตอบสนองทางสรีรวิทยา*

การวัดผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาเป็นวิธีการหนึ่งเป็นที่ยอมรับในงานที่ใช้แรงกายเพื่อประเมินว่าพลังงานที่ร่างกายใช้ไปในขณะทำงานจะไม่เกินขีดจำกัดของร่างกายของแต่ละคนเพื่อใช้ในการออกแบบและปรับปรุงสภาพการทำงานให้มีความสมดุล การตอบสนองนี้เกี่ยวเนื่องกันเป็นระบบหากปริมาณงานไม่สมดุลกับความสามารถของร่างกายจะเกิดความล้าทั้งร่างกายหรือเฉพาะที่และความไม่สบายได้ การตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกายที่นำมาใช้ในเกณฑ์นี้เพื่อประเมินความเสี่ยงได้แก่ อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (rate of energy expenditure) อัตราการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ (oxygen consumption; VO2) และอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate; HR) ซึ่งนิยมใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ระดับความหนักของงานสูงสุดที่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีความล้าสะสม [5] วิธีนี้เหมาะสมกับงานใช้แรงกายที่ต้องใช้ความถี่มาก ทำซ้ำหลายครั้งแต่น้ำหนักของสิ่งของนั้นค่อนข้างเบา [8, 13] ในขณะที่ทำงานหรือกิจกรรมหนักเช่น ยกสิ่งของด้วยแรงกาย ร่ายกายต้องการพลังงานสูงขึ้นจำเป็นต้องมีการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้นด้วย การหดตัวและยืดตัวของกล้ามเนื้อต้องใช้พลังงานการสร้างพลังงานนี้จะทำให้ระบบหลอดเลือดและหัวใจกับระบบหายใจต้องรับภาระ หัวใจจะต้องสูบฉีดโลหิตเร็วขึ้นและในปริมาณที่มากขึ้นเพื่อส่งออกซิเจนไปหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ทำงานอยู่ อัตราการหายใจทั้งหายใจเข้าและออกจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในเลือด อาจกล่าวได้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการใช้ออกซิเจนของร่างกายและใช้เป็นตัวแทนของการใช้พลังงานของร่ายกายอีกด้วยซึ่งการตอบสนองเช่นนี้แปรผันโดยตรงกับภาระความหนัก-เบาของงาน [14] ดังเสนอในรูปที่ 1




**รูปที่ 1: ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานของร่ายกายกับอัตราการเต้นของหัวใจ**
ที่มา: Kroemer, 1990. Engineering physiology bases of human factors and ergonomics.

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดหรืออัตราการใช้พลังงานสูงสุด (physical work capacity; PWC) ระดับสูงสุดนี้จะมีค่าน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับสภาพความสมบูรณ์ของร่างกายแต่ละคน เกณฑ์ประเมินโดยใช้ผลตอบสนองทางสรีรวิทยานิยมใช้อัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวแปรในการกำหนดความหนักเบาของงาน เพราะทำได้ง่าย สะดวก แปลผลได้แม่นยำและรวดเร็ว ดังแสดงความสัมพันธ์ในตารางที่ 1

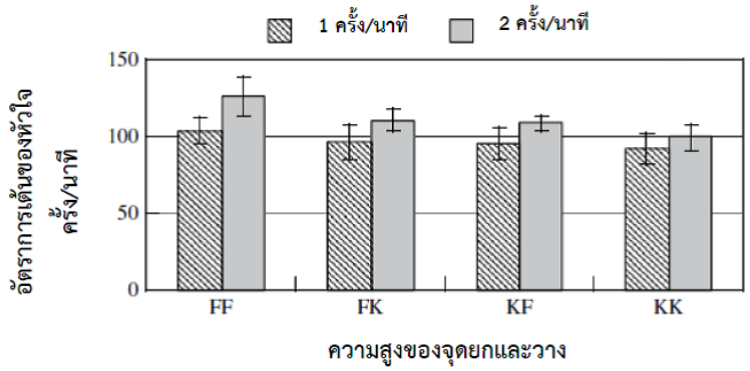
**ตารางที่ 1: การจำแนกประเภทของความต้องการทำงานที่กำหนดตามระดับอัตราการเต้นของหัวใจและการใช้พลังงานของร่างกาย**

| ประเภทของความต้องการทำงาน (Classifications of work demands) | การใช้พลังงานของร่างกาย (Energy expenditure) | | อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) (ครั้ง/นาที) |
|---|---|---|---|
| | KJ/min | Kcal/min | |
| งานเบา | 10 | 2.5 | ≤ 90 |
| งานปานกลาง | 20 | 5.0 | 100 |
| งานหนัก | 30 | 7.5 | 120 |
| งานหนักมาก | 40 | 10.0 | 140 |
| งานหนักมากที่สุด | 50 | 12.0 | ≥ 160 |

ที่มา: Kroemer, 2009. Fitting the human: introduction to ergonomics

เมื่อใดก็ตามที่ระดับการทำงานหนักมากขึ้นร่างกายต้องใช้ความพยายามมากขึ้นออกซิเจนที่เข้าไปในร่างกายเริ่มไม่เพียงพอที่จะกำจัดกรดแลคติกที่สะสมในเลือดซึ่งเกิดจากกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนในเซลกล้ามเนื้อและจะนำไปสู่ความล้าในที่สุด ในภาวะนี้เองที่เลือดและกล้ามเนื้อจะขาดออกซิเจน ดังนั้นในการทำงานจึงควรกำหนดเวลาพักที่เหมาะสมเนื่องจากร่างกายต้องการพักเพื่อให้ร่ายกายมีการฟื้นฟูสภาพให้สามารถกลับมาทำงานได้โดยเกิดความล้าและบาดเจ็บน้อยที่สุด

Li และคณะ [15] ได้ทำการศึกษาระดับจุดยก จุดวาง และความถี่ในงานอุตสาหกรรมในเพศชายประเทศไต้หวันโดยใช้อัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวแปรตาม ผลการศึกษาพบว่าความถี่ของการยกสองครั้งต่อหนึ่งนาทีในการทำงานยกด้วยแรงกายมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าการยกหนึ่งครั้งต่อนาทีในทุกระดับความสูงในแนวดิ่งของระยะยก และเมื่อศึกษาถึงระดับความสูงในแนวดิ่งของระยะยกพบว่าการยกและวางวัสดุที่ต่ำกว่าระดับกำปั้น (knuckle height) อัตราการเต้นของหัวใจมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกความถี่ของการยก จึงสรุปว่าความถี่ และระดับการยกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานระบบหัวใจ ดังนั้นการออกแบบงานไม่ควรทำงานด้วยความถี่สูงและพื้นผิวของการทำงานควรอยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่ควรต่ำกว่าระดับกำปั้นเพราะจะทำให้หัวใจทำงานมากเกินขีดจำกัดของร่างกายมีโอกาสเหนื่อยหอบไม่สบายได้ ผลการศึกษาดังรูปที่ 2




**รูปที่ 2: ระดับอัตราการเต้นของหัวใจจากการทำงานยกวัสดุ จำแนกตามจุดยกกับวางและความถี่**

โดย FF = ยกจากพื้นมาวางที่พื้น (Floor to the Floor), FK = ยกจากพื้นมาวางที่ระดับกำปั้น (Floor to the knuckle height), KF =ยกจากระดับกำปั้นมาวางที่พื้น (Knuckle height to the floor) และ KK =ยกจากระดับกำปั้นมาวางที่ระดับกำปั้น (Knuckle height to the knuckle)

ที่มา: Li และคณะ, 2009. Physiological and perceptual responses in male Chinese workers performing combined manual materials handling tasks. International Journal of Industrial Ergonomics.

นอกจากนี้มีนักวิจัยในต่างประเทศทำการศึกษาโดยใช้เกณฑ์การตอบสนองทางสรีระวิทยาอย่างแพร่หลาย เช่น ในปี 2020 Alferdaws และคณะ [16] ได้ศึกษาผลของวิธีการยกของ ชนิดของรองเท้า และความถี่เพื่อศึกษาน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ในพนักงานเพศชาย ประเทศซาอุดีอาระเบีย การศึกษานี้ใช้การประเมินอัตราการเต้นของหัวใจเป็นหนึ่งในเกณฑ์ประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Roja และคณะ [17] และ Widia และคณะ [18]

### *3.2 เกณฑ์ประเมินโดยใช้วิธีชีวกลศาสตร์*

สำหรับเกณฑ์ประเมินโดยใช้หลักชีวกลศาสตร์เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบภาระงานที่เป็นน้ำหนัก การเคลื่อนไหวและแรงกดต่างๆ ที่กระทำบนกระดูกสันหลังคือแรงกด (compressive force) และแรงเฉือน (shear force) วิธีนี้เป็นเครื่องมือให้ทราบว่าลักษณะงานที่ทำนั้นหากเกิดแรงกระทำต่อร่างกายมากก็จะเกิดผลกระทบต่อระบบกระดูกและกล้ามเนื้อมากขึ้นด้วย [8] สถาบัน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [13] ได้ตีพิมพ์ผลการศึกษาวิจัยปี 1981 สำหรับเป็นคู่มือแนะนำการทำงานยกสิ่งของด้วยมือ (Work Practices Guide for Manual Lifting) ซึ่งมีการพิจารณาสภาพงานยกด้วยมือว่ามีความปลอดภัยหรือไม่ นั่นคืองานที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (acceptable risk) และสภาพงานยกที่ไม่ปลอดภัย นั่นคือการยกที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (unacceptable risk) โดยคู่มือฉบับนี้ได้ให้กำหนดขีดจำกัดสำหรับแนะนำสภาพการทำงาน มี 2 ค่า คือ 1) ขีดจำกัดเบื้องต้น (Action limit: AL) พิจารณาจากแรงกดต่อหมอนรองกระดูกสันหลังส่วน L5/S1 มีค่าเท่ากับ 350 กิโลกรัมหรือ 3,430 นิวตัน ซึ่งเป็นงานที่คนงานที่มีสุขภาพดีสามารถทนได้ ดังนั้น NIOSH จึงประมาณค่าขีดจำกัดเบื้องต้นของแรงกดกระดูกสันหลังที่ 3400 นิวตัน และ 2) ขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (Maximum Permissible Limit: MPL) พิจารณาจากแรงกดต่อหมอนรองกระดูกสันหลังส่วน L5/S1 มีค่าเท่ากับ 650 กิโลกรัม หรือ 6,430 นิวตัน เมื่อการทำงานที่มีแรงกดเกินกว่าค่าสูงสุดนี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บและรุนแรงเพิ่มมากขึ้นกับคนงานเป็นส่วนใหญ่ NIOSH จึงประมาณค่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุดของแรงกดกระดูกสันหลังที่ 6400 นิวตัน และได้แบ่งเกณฑ์พิจารณาค่าขีดจำกัดทั้งสองค่าออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ [13, 19-20]

1) ระดับที่ยอมรับได้ คือแรงกดต่อหมอนรองกระดูกมีค่าต่ำกว่า AL ถือว่าเป็นการทำงานที่มีความเสี่ยงยอมรับได้จะไม่มีอันตราย การทำงานในสภาพนี้พบว่าถูกยอมรับได้จากคนงานเพศชายร้อยละ 99 และเพศหญิง ร้อยละ 75 ว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อน้อยมาก

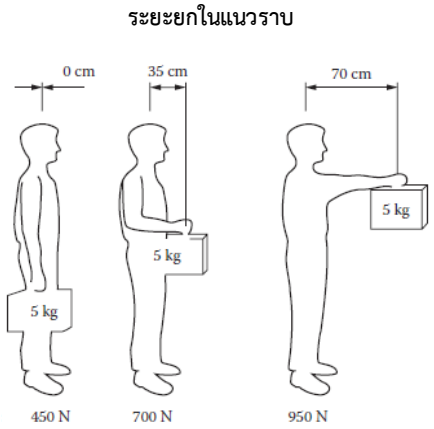
2) ระดับที่ยอมรับไม่ได้สำหรับคนงานบางกลุ่ม คือแรงกดต่อหมอนรองกระดูกมีค่าอยู่ระหว่าง AL และ MPL การทำงานในสภาพนี้จะเป็นอันตรายกับคนงานที่มีความสามารถต่ำเป็นการทำงานที่ยอมรับไม่ได้ มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ควรมีการควบคุมทางวิศวกรรม การบริหารจัดการ และปรับปรุงสภาพการทำงานให้เหมาะสม

3) ระดับที่ยอมรับไม่ได้สำหรับคนงานส่วนใหญ่ คือคือแรงกดต่อหมอนรองกระดูกมีค่ามากกว่า MPL การทำงานในสภาพนี้เป็นอันตรายอย่างมากกับคนงานเป็นส่วนใหญ่ คนงานที่มีสุขภาพดีเพศชายมีเพียงร้อยละ 25 เพศหญิงน้อยกว่าร้อยละ 1 ที่ยอมรับสภาพงานแบบนี้ได้ ดังนั้นต้องออกแบบสภาพการทำงานใหม่เพื่อกำจัดหรือลดความเสี่ยงที่เป็นอันตรายต่อการบาดเจ็บของคนงาน

มีผู้วิจัยนำวิธีการชีวกลศาสตร์นี้ไปใช้ในการประเมินระดับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในหลายกลุ่มอาชีพที่ต้องใช้แรงกาย Marras และคณะ [21] วิเคราะห์หาแรงกดบนหมอนรองกระดูกสันหลังด้วยวิธีชีวกลศาสตร์ในงานยกและเคลื่อนย้ายผู้ป่วย กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัคร 17 คน แบ่งเป็นชาย 15 คน หญิง 2 คน ทดลองยกผู้ป่วยน้ำหนัก 50 กิโลกรัม จากเตียงมาเก้าอี้และจากเก้าอี้มาเตียงยกด้วยคน 1 คน และยกด้วยคน 2 คน ตัวแปรที่ใช้ประเมินความเสี่ยง คือ การเคลื่อนไหวของร่างกาย ค่ามุมสูงสุดของลำตัวในการก้มระนาบซ้ายขวา อัตราการยก ความเร่งขณะบิดเอี้ยวตัวด้วยเครื่อง Lumbar motion monitor จากนั้นวิเคราะห์ค่าแรงกดและทำนายการเกิดการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่างจากสมการคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (EMG-assisted biomechanical model) พบว่าการยกด้วยคน 1 คน

มีค่าเฉลี่ยของแรงกดบนหมอนรองกระดูกสันหลังสูงสุดเท่ากับ 4600 นิวตัน ค่าเฉลี่ยของแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 985 นิวตัน และท่ายกด้วยคน 2 คน มีค่าเฉลี่ยของแรงกดสูงสุดเท่ากับ 4713 นิวตัน และค่าเฉลี่ยของแรงเฉือนสูงสุดเท่ากับ 1097 นิวตัน สามารถสรุปได้ว่างานนั้นเป็นงานที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานเสี่ยงต่อการเกิดอาการปวดและบาดเจ็บที่หลังได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการบาดเจ็บที่หลังกับงานใช้แรงกายและถือเป็นสาเหตุหลักทั้งนี้อาจเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกันเช่น จากผู้ปฏิบัติงาน สภาพงานหรือลักษณะงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน [7, 10, 22, 23]

การใช้เกณฑ์ประเมินโดยใช้วิธีชีวกลศาสตร์นั้นเพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจกลไกของแรงที่เกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายในร่างกายได้ ช่วยให้สามารถอธิบายและวิเคราะห์แรงที่เกิดร่างกายมนุษย์ในขณะที่ทำงานหรือกิจกรรมหนึ่งๆ เนื่องมาจากการที่ร่างกายต้องรับภาระจากภายนอกและท่าทรงตัวในการทำงาน (working posture) ในการคำนวณหรือประมาณค่าของแรงที่กระทำที่เกิดขึ้นภายในอวัยวะต่างๆ ผู้ที่จะใช้วิธีนี้ควรทำความเข้าใจหลักพื้นฐานทางชีวกลศาสตร์เช่น แรงภายนอกที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทิศทางของแรง ท่าทางของร่างกาย และมวลรวมถึงจุดศูนย์กลางมวล ซึ่งตัวแปรเหล่านี้อาจเป็นปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อแรงกดหรือแรงที่กระทำกับร่างกายโดยเฉพาะหมอนรองกระดูกสันหลัง จากรูปที่ 3 เป็นการยกตัวอย่างผลจากท่าทางการยกสิ่งของด้วยมือน้ำหนัก 5 กิโลกรัมเท่ากันแต่ระยะยกในแนวราบระหว่างจุดศูนย์กลางของลำตัวกับจุดศูนย์ของมือจับสิ่งของต่างกันคือ เท่ากับ 0 ซม. 35 ซม. และ 70 ซม. เกิดแรงกระทำกระทำต่อหมอนรองกระดูกส่วน L5/S1 เท่ากับ 450 700 และ 950 นิวตัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าเกิดความเค้นที่หลังมากขึ้นเมื่อแขนยื่นไกลจากลำตัวแสดงให้เห็นว่าท่าทางการทำงานส่งผลต่อแรงกระทำต่อร่างกาย ดังนั้นควรยกขนย้ายสิ่งของให้ใกล้ชิดกับลำตัวให้มากที่สุด NIOSH แนะนำว่าไม่ควรยกสิ่งของห่างจากลำตัวเกิน 25 เซนติเมตร [19] ควรหลีกเลี่ยงการก้มและบิดเอี้ยวตัวขณะยกสิ่งของด้วยแรงกายก็จะเป็นการช่วยลดแรงกระทำต่อร่างกายได้ [24]




**รูปที่ 3: แรงกระทำต่อหมอนรองกระดูกส่วน L5/S1 ในระยะยกแนวราบที่ต่างกัน**

ที่มา: Dul J และ Weerdmeester B.2008.Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide.

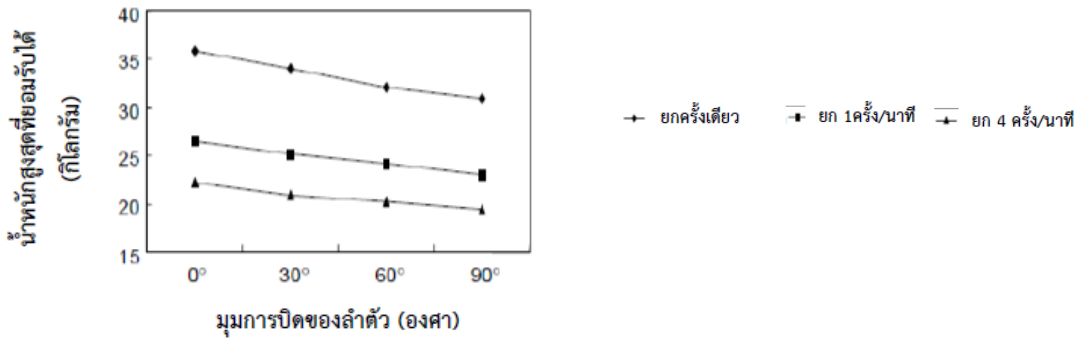
## *3.3 เกณฑ์ประเมินโดยใช้วิธีจิตฟิสิกส์*

การประยุกต์ใช้วิธีจิตฟิสิกส์ในการหาขีดความสามารถของร่างกาย สำหรับกำหนดค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ (maximum acceptable) ซึ่งถือว่าค่านั้นเป็นค่าที่อยู่ภายใต้การตอบสนองจากความรู้สึกของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงระบบประสาท [25] ทำโดยการให้ผู้ถูกทดสอบที่มีสุขภาพดีทำงานในสภาพงานที่ต้องการศึกษาวิจัยและสามารถปรับค่าตัวแปรต่างๆ เช่น น้ำหนัก ความถี่ เวลา ได้โดยไม่รู้ค่าที่แท้จริงเพื่อให้ผู้ถูก

ทดสอบเลือกค่าที่มากที่สุดที่พอใจและจินตนาการว่าหากต้องทำกิจกรรมนั้นตลอดระยะเวลาการทำงานด้วยสภาพงานที่กำหนด จะสามารถทำงานได้ ถ้ารู้สึกว่ายังไม่ใช่ค่ามากที่สุดที่สามารถทำได้ หรือเกินกำลัง ผู้ทดลองสามารถเพิ่มหรือลดค่าลงได้ตามต้องการได้ตลอดเวลา จนกว่าจะรู้สึกว่าค่าหรือสภาพงานเป็นค่ามากที่สุดที่ผู้ทดลองสามารถทำได้โดยไม่เกินกำลังที่ไม่ก่อให้เกิดความเครียด ภาวะไม่สบาย เหนื่อยหอบ หรืออุณหภูมิร่างกายสูงเกินขนาด ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้จากตัวแปรเช่น น้ำหนัก แรง และความถี่ การทดลองต้องใช้เวลาในการฝึกหัดการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุเพื่อให้ผู้ถูกทดสอบเรียนรู้หลักและวิธีการที่ถูกต้อง [19]

Snook และ Ciriello [26] ใช้วิธีทางจิตฟิสิกส์ศึกษาหาค่าน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum acceptable weight: MAW) และ ความถี่สูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum acceptable frequency: MAF) ร่วมกับการวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับการยกของขึ้นลง การผลัก การลาก และการเดินถือในพนักงานชายและหญิงจากโรงงานอุตสาหกรรมผลที่ได้คือตารางพิจารณาค่าสูงสุดของน้ำหนักและความถี่ (Snook table) เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 10, 25, 75 และ 95 ของประชากรภาคอุตสาหกรรม

Wu [27] ประยุกต์วิธีจิตฟิสิกส์เพื่อศึกษาน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum acceptable weight of lift; MAWL) กำหนดตัวแปรต้นคือความถี่และมุมลำตัวขณะยก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิง 12 คน ทดลองให้ทำงานตามความถี่ที่กำหนดให้คือยกน้ำสูงสุดที่สามารถยกได้เพียง 1 ครั้ง ยก 1 ครั้ง/นาทีและ ยก 4 ครั้ง/นาที และท่าทางยกวัสดุกำหนดมุมของลำตัวที่ 30, 60 และ 90 องศา จากนั้นประเมินด้วยแบบประเมินความเหนื่อย (Rating of Perceived Exertion: RPE scale 0-10) พบว่าค่าน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีความถี่ในการยกเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับมุมของการก้มยกวัสดุเมื่อต้องก้มบิดเอี้ยวตัวมากขึ้นระดับน้ำหนักที่ยอมรับได้มีค่าลดลง ในขณะที่คะแนนความเหนื่อย อัตราการเต้นของหัวใจและการใช้ออกซิเจนในร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้แสดงดังรูปที่ 4




**รูปที่ 4: ผลของมุมการบิดเอี้ยวของลำตัวต่อน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้จากการยก**

ที่มา: Wu, 2003. Maximum acceptable weights for asymmetric lifting of Chinese females.

หลายการศึกษาเสนอแนะว่าในบางสภาพการทำงานไม่สามารถใช้เกณฑ์ประเมินด้วยวิธีชีวกลศาสตร์หรือสรีรวิทยาหากไม่สามารถทำได้ด้วยข้อจำกัดของแต่ละวิธีรวมถึงปัญหาด้านเครื่องมืออุปกรณ์ การเลือกใช้วิธีจิตฟิสิกส์เพื่อหาขีดความสามารถของร่างกายในการพัฒนาค่าที่เหมาะสมสำหรับงานใช้แรงกายจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เหมาะสมกับหลายลักษณะงานเช่น งานที่ทำในพื้นที่จำกัด งานที่ต้องอยู่ในท่าทางที่ฝืนธรรมชาติเนื่องจากสามารถจำลองการทำงานได้จริงข้อมูลที่ได้เป็นการประมวลผลภายใต้การประมาณค่าจากผลทางชีวกลศาสตร์และทางสรีรวิทยาแสดงออกมาด้วยการรับรู้จากความรู้สึกของผู้ปฏิบัติงาน [8, 12, 25] ผู้ใช้ต้องศึกษาและทำความเข้าใจของข้อดี ข้อเสียของการนำแต่ละเกณฑ์การประเมินไปประยุกต์ใช้ อย่างไรก็ตามทั้งสามเกณฑ์ผลการทดลองยังมีข้อขัดแย้งกันอยู่บ้างซึ่งควรมีการศึกษาวิจัยต่อไป

Hutchinson and Tenenbaum [28] กล่าวว่าควรมีการเพิ่มแนวทางการประเมินด้วยวิธีชีวกลศาสตร์หรือสรีรวิทยาเพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากกว่าใช้เกณฑ์จิตฟิสิกส์เพียงเกณฑ์เดียว แม้ว่าเกณฑ์ทางจิตฟิสิกส์มีข้อดีที่ทำการศึกษาง่าย สะดวก และผลที่ได้เป็นการผสมผสานด้านชีวกลศาสตร์กับทางสรีรวิทยา แต่การประเมินด้วยการวัดความรู้สึกอย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอต่อการรับรู้ของผู้มีประสบการณ์ทำงานในการที่จะได้ข้อมูลที่มีความเชื่อมั่นที่จะนำไปประยุกต์ใช้ให้ได้ผลมากขึ้น ผลการศึกษาทางจิตฟิสิกส์ควรได้รับการยืนยันจากการทดสอบด้านชีวกลศาสตร์หรือสรีรวิทยาด้วยจึงจะสมบูรณ์มากขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้จึงได้สรุปแนวทางการศึกษาโดยใช้เกณฑ์การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์สำหรับงานใช้แรงกาย หลายงานวิจัยได้นำเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกันมาใช้เป็นแนวทางเพื่อศึกษาประเมินขีดจำกัดของร่างกาย เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุง ออกแบบปริมาณงานให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานตามหลักการการยศาสตร์ แต่ละวิธีการมีแนวทางศึกษา ตัวแปร และเกณฑ์ที่กำหนดแตกต่างกัน [5, 8, 13, 22, 29] โดยสรุปดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2: เกณฑ์ทางด้านการยศาสตร์เพื่อพิจารณาความปลอดภัยและความเสี่ยงในงานที่ใช้แรงกาย**

| เกณฑ์ประเมิน | แนวทาง | การพิจารณาความปลอดภัยและความเสี่ยง | |
|---|---|---|---|
| | | ตัวแปร | เกณฑ์กำหนด* |
| วิธีทางสรีรวิทยา<br>ตัวอย่างเครื่องมือ<br>-Heart rate monitor<br>-Spirometer | -การวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาของการใช้พลังงานของร่างกาย ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความสมบูรณ์ของระบบหลอดเลือดหัวใจ | -การใช้พลังงานของร่างกาย<br>- อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด<br><br><br>-อัตราการเต้นของหัวใจ | -ไม่เกิน 5-5.2 Kcal/min<br>-ไม่เกิน 21-23% $VO_{2max}$จากการทดสอบด้วยลู่วิ่ง และ 28-29% $VO_{2max}$จากการทดสอบด้วยจักรยานแรงต้าน<br>-ไม่เกิน 30-40% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ($HR_{max}$) |
| วิธีทางชีวกลศาสตร์<br>ตัวอย่างเครื่องมือ<br>-Motion analyzer<br>-Lumbar motion monitor<br><br>-คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ | -การคำนวณหาแรงกด และแรงเฉือนที่กระทำบนหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่าง<br>-ความดันที่เกิดขึ้นในช่องท้อง (Intra-abdominal pressure: IAP) | -แรงกด<br><br>-แรงเฉือน<br>- IAP<br><br>-คำนวณแรงกดและความล้าของกล้ามเนื้อด้วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ) | -เพศชายไม่เกิน 3930 นิวตัน<br>-เพศหญิงไม่เกิน 2689 นิวตัน<br>-ไม่เกิน 1735 นิวตัน<br>-ไม่เกิน 90 มิลลิเมตรปรอท<br><br>-ดูการเปลี่ยนแปลงของความถี่ ความสูงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (ไม่เกิน 30% ของการหดตัวสูงสุงของกล้ามเนื้อ) |
| วิธีทางจิตฟิสิกส์<br>-แบบประเมินความรู้สึกเหนื่อย (Ratings of perceived exertion: RPE) | -หาค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ของประชากรส่วนใหญ่ โดยค่านั้นจะไม่ทำให้เกิดความเหนื่อยล้า ไม่สบายตลอดเวลาการทำงาน | -น้ำหนัก<br>-แรง<br>-ความถี่<br>-สภาพงานอื่นๆ | -ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้<br>-เพศหญิง 75%<br>-เพศชาย 99%<br>-90% ของชายหญิงในสัดส่วนเท่ากัน |

*ที่มาของเกณฑ์กำหนด: Mital และคณะ, 1997. A guide to manual material handling.

อย่างไรก็ตาม Mital และคณะ [8] เสนอแนะว่าเกณฑ์การศึกษาทางระบาดวิทยาก็สำคัญอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเช่น สาเหตุและปัจจัยการเกิดโรค อัตราความชุก จำนวนการบาดเจ็บ อุบัติการณ์การเกิดบาดเจ็บ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแนวทางนี้จะสนับสนุนการทำนายสาเหตุเพิ่มความแม่นยำและความเชื่อมั่นในการ

ระบุสาเหตุของการบาดเจ็บจากการทำงาน นำมาสู่แนวทางการวางแผนปรับปรุงสภาพการทำงานที่เหมาะสมเพื่อลดการบาดเจ็บจากงานที่ใช้แรงกายได้อีกทางหนึ่ง

## 4. บทสรุป

การนำเกณฑ์ทางด้านการยศาสตร์มาใช้เพื่อพิจารณาความปลอดภัยและความเสี่ยงในงานที่ใช้แรงกาย จะนำไปสู่การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เกิดความเหมาะสมระหว่างปริมาณงานกับความสามารถและข้อจำกัดไม่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ของคนทำงาน เกณฑ์ที่ใช้ประเมินมีทั้งหมด 3 เกณฑ์คือเกณฑ์ทางชีวกลศาสตร์ว่าด้ายแรงและผลกระทบของแรงที่เกิดขึ้น เกณฑ์ทางสรีรวิทยาว่าด้วยอัตราการใช้พลังงานของร่างกาย และเกณฑ์ทางจิตฟิสิกส์ว่าด้วยค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ของคนส่วนใหญ่ ส่วนการเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นกับปัญหาทางการยศาสตร์และวัตถุประสงค์รวมถึงลักษณะงานความรู้ทักษะของผู้ประเมินเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ ผู้ใช้ต้องศึกษาและทำความเข้าใจของข้อดีข้อเสียของการนำแต่ละเกณฑ์เนื่องจากยังมีข้อขัดแย้งกันอยู่บ้างซึ่งควรมีการศึกษาวิจัยต่อไป ซึ่งทั้งสามเกณฑ์นี้ต่างก็มีเป้าหมายตามหลักการยศาสตร์คือต้องการทราบระดับความเสี่ยงเพื่อการปรับปรุงหรือออกแบบสภาพงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานให้มากที่สุด เพื่อป้องกันและลดการบาดเจ็บที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานที่ใช้แรงกาย

## เอกสารอ้างอิง


[1] นริศ เจริญพร. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาการยศาสตร์.พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; 2554.

[2] Kee D, Karwowski W. A comparison of three observational techniques for assessing postural loads in industry. International journal of occupational safety and ergonomics: JOSE. 2007;13(1):3-14.

[3] Health and Safety Executive (HSE). Health and safety at work Summary statistics for Great Britain. 2019.

[4] กรมควบคุมโรค. แผนงานวิจัยด้านการป้องกันควบคุมโรคและภัยสุขภาพ พ.ศ. 2560-2564. นนทบุรี: นิวธรรมดาการพิมพ์; 2559.

[5] Dempsey PG. A critical review of biomechanical, epidemiological, physiological and psychophysical criteria for designing manual materials handling tasks. Ergonomics. 1998;41(1):73-88.

[6] Vieira E, Kumar S. Safety analysis of patient transfers and handling tasks. Quality & safety in health care. 2009;18(5):380-4.

[7] Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S. Causal assessment of workplace manual handling or assisting patients and low back pain: results of a systematic review. The spine journal: official journal of the North American Spine Society. 2010;10(7):639-51.

[8] Mital, A., Nicolson, A. S., and Ayoub, M. M. A guide to manual material handling. (2nd Ed). London: Taylor and Francis Ltd. 1997.

[9] สุดธิดา กรุงไกรวงศ์. เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาการยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; 2554.

[10] David GC. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. Occupational medicine (Oxford, England). 2005;55(3):190-9.

[11] Li G, Buckle P. Current techniques for assessing physical exposure to work-related

musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. Ergonomics. 1999;42(5):674-95.

[12] Ayoub MM, Dempsey PG. The psychophysical approach to manual materials handling task design. Ergonomics. 1999;42(1):17-31.

[13] National institute for occupational safety and health; NIOSH. Work practices guideline for manual lifting. Cincinnati; National institute for occupational safety and health. 1981.

[14] Karl H. E. Kroemer. Fitting the human: introduction to ergonomics. 6ed. Boca Raton: CRC Press; 2009.

[15] Li KW, Yu R-f, Gao Y, Maikala RV, Tsai H-H. Physiological and perceptual responses in male Chinese workers performing combined manual materials handling tasks. Int J Ind Ergon. 2009;39(2):422-7.

[16] Alferdaws FF, Ramadan MZ. Effects of Lifting Method, Safety Shoe Type, and Lifting Frequency on Maximum Acceptable Weight of Lift, Physiological Responses, and Safety Shoes Discomfort Rating. 2020;17(9).

[17] Roja Z, Kalkis H, Babris S, Roja I, Bokse K, Ventins A. Physical Workload Analysis in Processing Operations: Metal Processing Manufacturing. In: Goonetilleke R., Karwowski W. (eds) Advances in Physical Ergonomics and Human Factors. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 967. Springer, Cham 2020.

[18] Widia M, Md Dawal SZ, Yusoff N. Psychophysical and physiological study of asymmetric lifting and lowering task for Malaysian males. Malaysian J Public Health Med. 2016;16:99-105.

[19] Nelson GS, Wickes H, English JT. Manual Lifting: The NIOSH Work Practices Guide for Manual Lifting Determining Acceptable Weights of Lift. Texas National Institute for Occupational Safety and Health, 2008.

[20] นริศ เจริญพร. การยศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2543.

[21] Marras WS, Davis KG, Kirking BC, Bertsche PK. A comprehensive analysis of low-back disorder risk and spinal loading during the transferring and repositioning of patients using different techniques. Ergonomics. 1999;42(7):904-26.

[22] Lavender SA, Conrad KM, Reichelt PA, Gacki-Smith J, Kohok AK. Designing ergonomic interventions for EMS workers, Part I: Transporting patients down the stairs. Applied Ergonomics. 2007;38(1):71-81.

[23] Zhuang Z, Stobbe TJ, Hsiao H, Collins JW, Hobbs GR. Biomechanical evaluation of assistive devices for transferring residents. Applied Ergonomics. 1999;30(4):285-94.

[24] Dul J, Weerdmeester B. Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide. 3 ed. Boca Raton: CRC Press; 2008.

[25] Borg G. A general scale to rate symptoms and feelings related to problems of ergonomic and organizational importance. G Ital Med Lav Ergon. 2008;30(1 Suppl A):A8-10.

[26] Snook SH, Ciriello VM. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum

acceptable weights and forces. Ergonomics. 1991;34(9):1197-213.

[27] Wu S-P. Maximum acceptable weights for asymmetric lifting of Chinese females. Applied Ergonomics. 2003;34(3):215-24.

[28] Hutchinson JC, Tenenbaum G. Perceived effort – can it be considered gestalt?. Psychology of Sport and Exercise. 2006, 7, 463–476.

[29] Wu S-P. Psychophysically determined 1-h load carrying capacity of Chinese females. Int J Ind Ergon. 2006;36(10):891-9.