Research and Development Journal
Volume 26 Issue 3 July-September 2015

Received 26 November 2014 Accepted 8 July 2015

A 2-D BIOMECHANICAL STATIC PROGRAM USING TABLET

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage

The Engineering Institute of Thailand
under H.M. The King's Patronage

โปรแกรมชีวกลศาสตร์ในภาวะสถิตแบบ 2 มิติโดยใช้แท็บเล็ต
A 2-D BIOMECHANICAL STATIC PROGRAM USING TABLET

ศศิธร สิมสวัสดิ์[1] และไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล[2]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
E-mail: Sasithorn.Si@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการประเมินภาระงานเพื่อลดความเสี่ยงการบาดเจ็บหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อร่างกายผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้ข้อมูลท่าทางของร่างกายจากการวัดขนาดภาพถ่าย (Photogrammetry) และหลักการทางกลศาสตร์ในการคำนวณหาแรงและโมเมนต์ลัพธ์ที่เกิดขึ้นต่อร่างกาย ซึ่งปกติต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และกล้องถ่ายภาพดิจิตอลร่วมกันในการศึกษาซึ่งต้องใช้เวลานาน ปัจจุบันอุปกรณ์ที่รวมคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์และกล้องถ่ายภาพดิจิตอลไว้ด้วยกัน คือ แท็บเล็ต (Tablet) ที่ป้อนข้อมูลจากการสัมผัสหน้าจอด้วยนิ้ว (Finger) หรือปากกาดิจิตอล (Digital pen) ผู้วิจัยจึงนำแท็บเล็ตมาใช้แทนในการศึกษาครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบการใช้งานโปรแกรมบนแท็บเล็ตเพื่อคำนวณหาแรงและโมเมนต์ลัพธ์ในภาวะสถิตแบบ 2 มิติ และเพื่อประเมินผลการใช้โปรแกรมเมื่อชี้พิกัดข้อต่อด้วยนิ้วและปากกาดิจิตอลบนแท็บเล็ตเทียบกับการชี้พิกัดด้วยเมาส์(Mouse) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ จากผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรมที่ความสว่าง 250 ลักซ์ และระยะห่างของแท็บเล็ตในการบันทึกภาพ 6 เมตร พบว่าค่าโมเมนต์ลัพธ์ที่คำนวณได้จากวิธีใช้นิ้วและปากกาดิจิตอลบนแท็บเล็ตกับวิธีใช้เมาส์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ.05 และผลการวิเคราะห์ระบบการวัด ANOVA Gage R&R จากผู้ใช้งาน 5 คน พบว่าค่าความผันแปรจากระบบการวัดเมื่อใช้นิ้วเท่ากับ 0.98% และเมื่อใช้ปากกาดิจิตอลเท่ากับ 0.95% แสดงว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นมานี้มีความแม่นยำ (Precision) และมีความผันแปรที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: ชีวกลศาสตร์, แรงและโมเมนต์บนข้อต่อ, โมเมนต์สูงสุดบนข้อต่อ, สภาวะสถิต

ABSTRACT

Biomechanics is an approach to evaluate workloads in order to decrease risk of harmful or dangerous occurred in worker body by using Photogrammetry and Mechanics calculate force and joint moment in worker body. Normally, the analysis uses computer and digital camera which takes a long time process. Tablet, the new innovation device is combined computer and digital camera properties with finger touch screen or digital pen, was used in this study. The aims of this study were 1. To design and test 2-D biomechanical static program on tablet to calculate joint force and joint moment and 2. To evaluate the program using between using by finger or digital pen on tablet and using by mouse on computer. The testing conditions were set at brightness of 250 lux and distance of capture of 6 meters. The results of program showed that the net moment was not significant different between by using finger or using digital pen on tablet, and by using mouse on computer at .05 confidence levels. Moreover, the results from measurement system analyzed

Sasithorn Simsawat[1] and Phairoat Ladavichitkul[2]
[1,2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Phyathai Rd., Patumwan, Bangkok 10330

5-3 ...indd 53 18/11/2558 12:09:55

by ANOVA method based on 5 users were 0.98% and 0.95% of Total GR&R by using finger and using digital pen, respectively. It means that these programs were precise and accepted for variability.

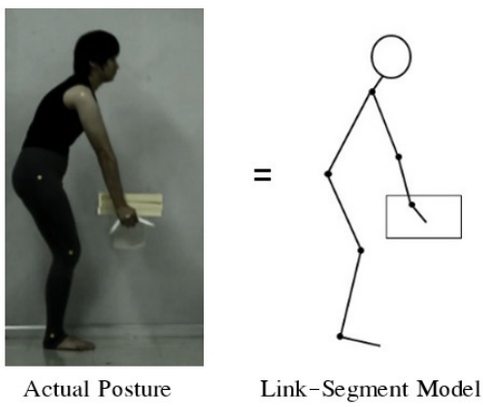
KEYWORDS: Biomechanical, Joint force, Joint moment, Joint Strength, Statics

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 54 18/11/2558 12:09:55

1. บทนำ

ผู้วิจัยหลายท่านได้ศึกษาการประเมินภาระงานด้านร่างกายที่เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงการบาดเจ็บหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นบริเวณข้อต่อกระดูกสำหรับผู้ปฏิบัติงานยกขึ้น งานยกลง งานเดินถือ งานดึงหรืองานผลัก ในคลังสินค้า [1] ห้องประกอบชิ้นงาน [2] และโรงพยาบาล [3-4] เป็นต้น โดยมีแนวทางที่ใช้ในการประเมินภาระงาน เช่น การตอบสนองทางสรีรวิทยา (Physiological Approach) หลักจิตวิทยากายภาพ (Psychophysical Approach) และหลักการชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Approach)

ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้หลักการทางกลศาสตร์เพื่อคำนวณหาแรงและโมเมนต์ลัพธ์ที่เกิดขึ้นต่อกระดูกข้อต่อนั้น ๆ ในภาวะสถิต (Statics) หรือในภาวะพลวัต (Dynamics) โดยใช้หลักการพิจารณาร่างกายเสมือนเป็น Link-Segment คือแบ่งชิ้นส่วนร่างกายออกเป็นส่วนต่าง ๆ 6 รยางค์ (Segment) ที่สำคัญ คือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน ลำตัวและศีรษะ ขาส่วนบน ขาส่วนล่าง และเท้า [5] ดังรูปที่ 1

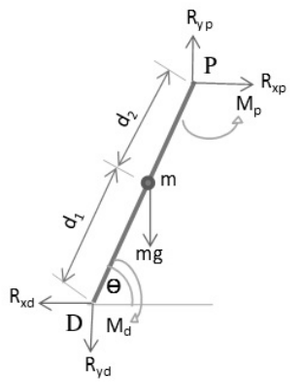


รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของ Actual Posture กับแบบจำลอง Link segment

สมมติฐานในการคำนวณประกอบด้วย (1) ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่เรียกว่า รยางค์ (Segment) (2) รยางค์แต่ละอันเปรียบเสมือนวัตถุแข็งเกร็ง (3) ข้อต่อ (joint) ระหว่างรยางค์ทำหน้าที่เหมือนบานพับแบบง่าย (4) มวลของแต่ละรยางค์ถูกกำหนดให้อยู่คงที่และกระทำที่จุดศูนย์กลางมวล (Center of Mass) ในทิศทางตามแนวดิ่ง (5) ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลจะอยู่ตำแหน่งเดิมบนรยางค์ตลอดเวลาการเคลื่อนไหว

การคำนวณแรงที่กระทำบนรยางค์ใดรยางค์หนึ่ง ต้องใช้ผังวัตถุอิสระ (Free-body diagram) โดยการแยกชิ้นส่วนของร่างกายออกมาเป็นชิ้น ๆ ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์หาขนาดแรงปฏิกิริยาทั้งหมดที่ไม่ทราบค่าที่กระทำบนกระดูกข้อต่อนั้นได้ โดยอาศัยกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน กล่าวคือ ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันกระทำในทิศตรงกันข้ามเสมอ และต้องใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) [5] เพื่อหาขนาดของความยาว น้ำหนัก จุดศูนย์กลางมวลของแต่ละรยางค์ ดังรูปที่ 2

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 55 18/11/2558 12:09:55



รูปที่ 2 ผังวัตถุอิสระของรยางค์แต่ละอันในรูปแบบภาวะสถิต

โดยที่ R_{xp} คือแรงปฏิกิริยาที่กระทำบนข้อต่อ *P* (Proximal) ในแนวแกนนอน
R_{xd} คือแรงปฏิกิริยาที่กระทำบนข้อต่อ *D* (Distal) ในแนวแกนนอน
R_{yp} คือแรงปฏิกิริยาที่กระทำบนข้อต่อ *P* ในแนวแกนดิ่ง
R_{yd} คือแรงปฏิกิริยาที่กระทำบนข้อต่อ *D* ในแนวแกนดิ่ง
m คือมวลของรยางค์ที่กำลังคำนวณ
g คือค่าความเร่งตามแรงดึงดูด ใช้ค่า 9.81 เมตร/วินาที^{2}
M_p โมเมนต์ปฏิกิริยาที่กระทำบนข้อต่อ *P*
M_d โมเมนต์ปฏิกิริยาที่กระทำบนข้อต่อ *D*
θ คือมุมทางขวาของรยางค์เทียบกับแกนในแนวนอน
d_1 คือระยะทางจากข้อต่อ *D* ถึงจุดศูนย์กลางมวลของรยางค์
d_2 คือระยะทางจากข้อต่อ *P* ถึงจุดศูนย์กลางมวลของรยางค์

วิธีวัดขนาดภาพถ่าย (Photogrammetry) มีขั้นตอนดังนี้ (1) การติดตั้งอุปกรณ์ เริ่มแรกทำเครื่องหมาย (Land mark) อาจใช้เป็นจุดสะท้อนแสงไว้บนตำแหน่งข้อต่อร่างกาย ควบคุมปริมาณแสงภายในห้อง ติดตั้งกล้องถ่ายภาพดิจิตอลห่างจากตัวผู้ทดสอบตามที่กำหนด และติดตั้งเสาอ้างอิงระยะเพื่อกำหนดมาตราส่วนของภาพ (2) การเก็บข้อมูล เริ่มจากบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ทดสอบคือ เพศ และน้ำหนัก แล้วให้ผู้ทดสอบยกวัตถุด้วยท่าทางที่กำหนด พร้อมกับบันทึกภาพเคลื่อนไหวของผู้ทดสอบขณะยกด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอล จากนั้นแปลงภาพเคลื่อนไหวให้เป็นภาพนิ่งเพื่อนำไปหาโมเมนต์ (3) การคำนวณ นำภาพนิ่งไปแปลงภาพเป็นตัวเลข (Digitization) และทำมาตราส่วน (Calibration) เพื่อหาระยะ ขนาดมุม และน้ำหนักของชิ้นส่วนร่างกาย สุดท้ายนำค่าทั้งหมดไปคำนวณหาแรงและโมเมนต์ลัพธ์ตามหลักการชีวกลศาสตร์ในภาวะสถิต โดยใช้โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ต้องใช้เวลานานในการคำนวณและใช้เครื่องมือหลายประเภท เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิตอล เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมแปลงภาพเคลื่อนไหวให้เป็นภาพนิ่ง โปรแกรมหาระยะของภาพนิ่ง เป็นต้น การปรับปรุงการศึกษาทางชีวกลศาสตร์โดยการรวบขั้นตอน หรือเครื่องมือให้อยู่ภายในเครื่องเดียวกันจะเป็นประโยชน์ต่อ การประเมินภาระงานด้วยแนวทางชีวกลศาสตร์

แท็บเล็ต (Tablet) เป็นอุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้งานกันในปัจจุบัน มีจอแสดงผล แบตเตอรี่ กล้องถ่ายภาพนิ่งและบันทึกภาพเคลื่อนไหวในเครื่องเดียว ป้อนข้อมูลด้วยการสัมผัสหน้าจอด้วยนิ้ว (Finger) หรือปากกาดิจิตอล (Digital pen) ทำให้น้ำหนักเบาและพกพาได้สะดวก ผู้วิจัยจึงได้นำแท็บเล็ตมาใช้เป็นเครื่องมือในการลดเวลาและลดเครื่องมือในการคำนวณหาแรงและ

5-3 ...indd 56 18/11/2558 12:09:55

โมเมนต์ลัพธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบการใช้งานโปรแกรมบนแท็บเล็ต ที่ความสว่าง 250 ลักซ์ และระยะห่างของแท็บเล็ตในการบันทึกภาพเคลื่อนไหว 6 เมตร คำนวณหาแรงและโมเมนต์ลัพธ์ในภาวะสถิตแบบ 2 มิติ เมื่อชี้พิกัดข้อต่อด้วยนิ้วหรือปากกาดิจิตอลบนแท็บเล็ตเทียบกับการชี้พิกัดด้วยเมาส์ (Mouse) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ และเพื่อการประเมินคุณสมบัติด้านความแม่นยำ (Precision) ของโปรแกรม

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

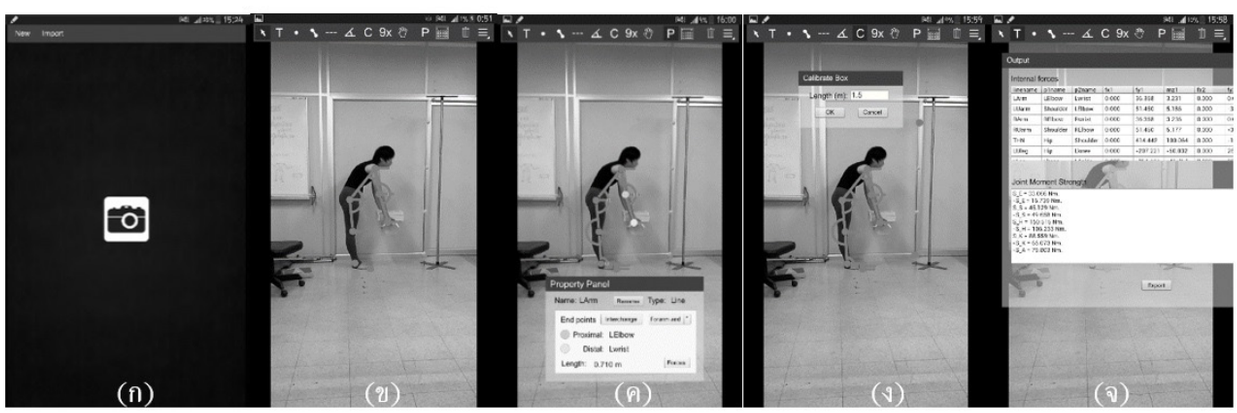
ผู้เข้าร่วมงานวิจัย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) ผู้ถูกบันทึกภาพเคลื่อนไหวในการทดลอง เป็นพนักงานเพศหญิง 1 คน ที่มีหน้าที่ในการยกย้ายสินค้า และเป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงไม่มีอาการบาดเจ็บหรือมีประวัติการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่างมาก่อน (2) ผู้ทดลองใช้งานโปรแกรม เป็นเพศชาย 1 คน เพศหญิง 4 คน ซึ่งมีแท็บเล็ตไว้ใช้งานหรือเคยใช้งานแท็บเล็ตมาแล้ว

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

(1) แท็บเล็ต ยี่ห้อ Samsung รุ่น Galaxy Note 8 พร้อมขาจับยึด (2) กล่องขนาด 25x25x20 ซม. ที่มีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม (3) อุปกรณ์ที่ยาว 150 ซม. เพื่อใช้ทำมาตราส่วน (4) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (5) กล้องถ่ายภาพดิจิตอลยี่ห้อ Cannon รุ่น EOS 550D พร้อมขาตั้ง (6) เครื่องวัดความสว่าง (Lux meter) (7) สติกเกอร์สีเหลือง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. และ (8) เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล

2.3 การออกแบบโปรแกรม

ผู้วิจัยออกแบบและกำหนดให้โปรแกรมมีลักษณะ ดังนี้ รูปที่ 3 (ก) โปรแกรมสามารถถ่ายภาพนิ่งหรือดึงภาพนิ่งจากหน่วยความจำของแท็บเล็ตมาใช้งาน รูปที่ 3 (ข) ผู้ใช้งานสามารถใช้นิ้วหรือปากกาดิจิตอลสัมผัสหน้าจอเพื่อกำหนดจุดแสดงตำแหน่งของข้อต่อ แล้วลากเส้นตรงเชื่อมจุดเพื่อกำหนดรยางค์ทั้ง 6 จากนั้นใส่เส้นระนาบและใส่มุมระหว่างรยางค์ รูปที่ 3 (ค) โปรแกรมสามารถใส่ข้อมูลของขนาดน้ำหนักและทิศทางของวัตถุที่ยก เพศและน้ำหนักตัวของผู้ยก ชื่อข้อต่อและรยางค์ รูปที่ 3 (ง) โปรแกรมสามารถแปลงภาพของตำแหน่งข้อต่อเป็นตัวเลขเพื่อหามุมของรยางค์ที่ทำมุมกับระนาบและมุมระหว่างสองรยางค์ที่ติดกันโดยวิธี Scalar projection และเพื่อหาขนาดความยาว น้ำหนัก และตำแหน่งศูนย์กลางมวลของแต่ละรยางค์จากการทำมาตราส่วนเทียบระยะพิกเซลของภาพกลับมาเป็นขนาดจริง โดยใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของ Winter (1979) [5] รูปที่ 3 (จ) โปรแกรมคำนวณหาแรงโมเมนต์ และแรงกดอัดสูงสุดที่ข้อต่อ (Joint Strength) [6] ของข้อต่อกระดูกทั้งหมด สุดท้ายแสดงผลบนหน้าจอ และบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์นามสกุล .txt



รูปที่ 3 ลักษณะของโปรแกรมชีวกลศาสตร์ที่ได้ออกแบบ

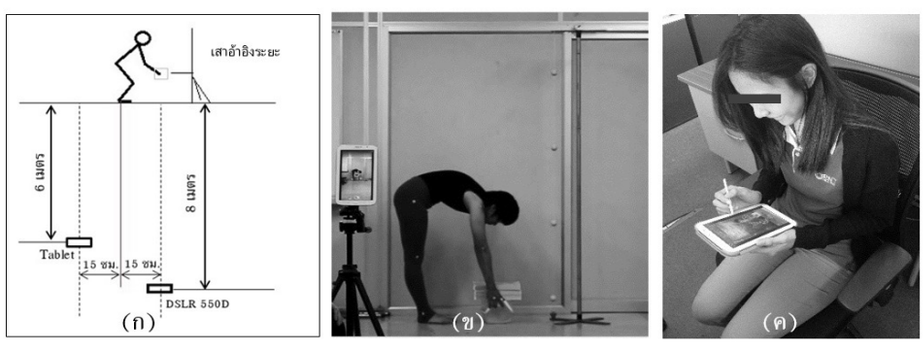
5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 57 18/11/2558 12:09:55

3. วิธีการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยติดตั้งแท็บเล็ตที่ระยะห่าง 6 เมตรจากผู้ถูกทดลอง ส่วนกล้องดิจิตอล DSLR 550D ติดตั้งที่ระยะห่าง 8 เมตรจากผู้ถูกทดลอง ซึ่งทั้ง 2 ระยะนี้เป็นระยะที่ให้ผลคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยให้กล้องทั้งสองอยู่เยื้องจากแนวเส้นตั้งฉากกับผู้ถูกทดลองด้านละ 15 เซนติเมตร จากนั้นติดตั้งเสาอ้างอิงระยะในระนาบการเคลื่อนไหวหลัก ที่เป็นระนาบหน้า-หลัง (Sagittal plane) และปรับแสงสว่างภายในห้องที่ความสว่าง 250 ลักซ์ ดังรูปที่ 4 (ก)

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลเพศและน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดลองที่มีหน้าที่ยกกล่อง แล้วให้ผู้ถูกทดลองใส่เสื้อผ้ารัดรูปและติดสติกเกอร์บนร่างกายเพื่อแสดงตำแหน่งข้อต่อ ผู้ถูกทดลองหันด้านขวามือให้กับกล้อง จากนั้นยกกล่องน้ำหนัก 5 กิโลกรัม ด้วยท่ายกแบบ Stoop ที่มีลักษณะการวางเท้าขนานกัน เข่าตึงและหลังงอ พร้อมกับบันทึกภาพเคลื่อนไหวจากกล้องทั้งสองพร้อมกัน ดังรูปที่ 4 (ข) จากนั้นเลือกภาพนิ่งขณะที่กล่องน้ำหนักสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร ซึ่งภาพจากกล้อง DSLR 550D นำไปคำนวณหาแรงและโมเมนต์ลัพธ์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เมาส์เป็นตัวชี้พิกัดข้อต่อ ส่วนภาพนิ่งจากกล้องแท็บเล็ต นำไปใช้กับโปรแกรมที่ออกแบบไว้บนแท็บเล็ตที่ชี้พิกัดข้อต่อด้วยนิ้วและปากกาดิจิตอล

ขั้นตอนที่ 3 ให้ผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมทั้ง 5 คน ทดลองใช้งานโปรแกรมทีละคน ด้วยวิธีใช้นิ้วและวิธีใช้ปากกาดิจิตอล โดยทำการทดลองซ้ำวิธีละ 5 ครั้ง พร้อมบันทึกเวลาการใช้งาน โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เลือกภาพเพื่อนำเข้าโปรแกรมจนถึงโปรแกรมแสดงค่าผลลัพธ์ ดังรูปที่ 4 (ค) จากนั้นนำค่าโมเมนต์ลัพธ์ของข้อต่อกระดูกทั้ง 5 ไปวิเคราะห์ผล



รูปที่ 4 แผนผังการเก็บข้อมูล (ก) ผู้ทดลองยกกล่องน้ำหนักด้วยท่ายก Stoop (ข) การทดลองใช้งานโปรแกรม (ค)

4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อนำค่าโมเมนต์ลัพธ์ของข้อต่อที่คำนวณได้มาทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลางของสองประชากรที่มีการกระจายแบบปกติ แต่ไม่อิสระต่อกัน (Test Concerning a Difference Between Two Means of two normal population : Paired Data) หรือ Paired t-Test ระหว่างวิธีใช้เมาส์กับวิธีใช้นิ้ว และวิธีใช้เมาส์กับวิธีใช้ปากกาดิจิตอล ด้วยโปรแกรม Minitab พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และหาเปอร์เซ็นต์ความต่างระหว่างเครื่องมือทั้ง 2 ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 1

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 58 18/11/2558 12:09:55

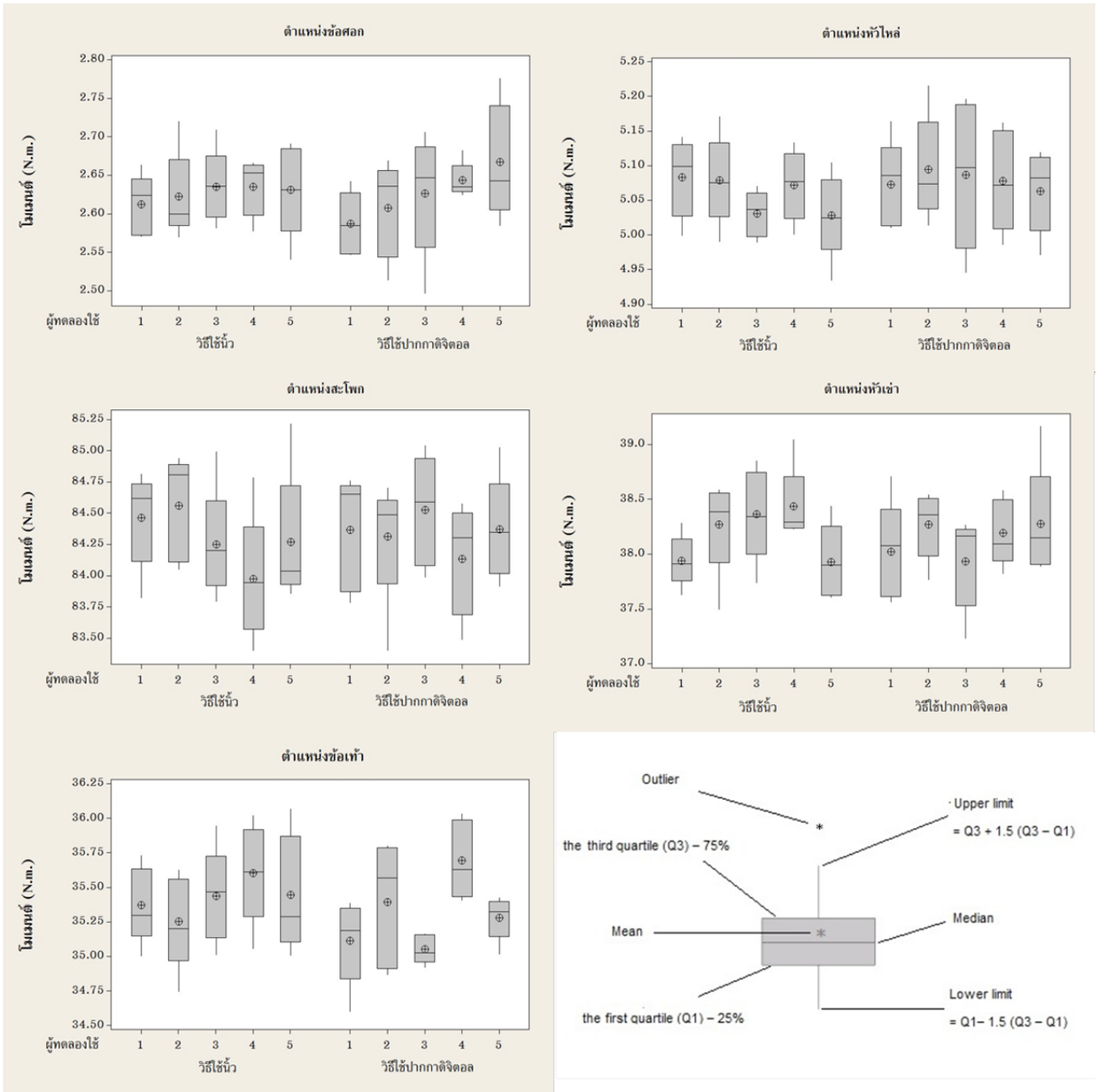
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าโมเมนต์ลัพธ์ระหว่างวิธีใช้เมาส์กับวิธีใช้นิ้ว และวิธีใช้เมาส์กับวิธีใช้ปากกาดิจิตอล

สภาวะ	วิธีวัด	ข้อต่อ	P-Value	Paired t-Test	% Bias	% ผลต่าง
250 ลักซ์ 6 เมตร	เมาส์ - นิ้ว	ข้อศอก	0.848	ยอมรับ H_0	0.63	0.35
		หัวไหล่	0.560	ยอมรับ H_0	3.09	1.53
		สะโพก	0.917	ยอมรับ H_0	0.29	0.11
		หัวเข่า	0.365	ยอมรับ H_0	2.94	2.11
		ข้อเท้า	0.351	ยอมรับ H_0	4.66	3.36
	เมาส์ - ปากกาดิจิตอล	ข้อศอก	0.459	ยอมรับ H_0	2.82	1.54
		หัวไหล่	0.279	ยอมรับ H_0	4.70	2.33
		สะโพก	0.206	ยอมรับ H_0	1.68	0.63
		หัวเข่า	0.338	ยอมรับ H_0	1.73	1.24
		ข้อเท้า	0.149	ยอมรับ H_0	4.30	3.11

จากตารางที่ 1 พบว่าทุกตำแหน่งของข้อต่อมีค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือโมเมนต์ลัพธ์ที่ได้จากวิธีใช้นิ้วและปากกาดิจิตอลไม่แตกต่างกับวิธีใช้เมาส์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ Bias มีค่าน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือระบบการวัดด้วยวิธีใช้นิ้วและปากกาดิจิตอลมีความเที่ยง (Accuracy) ของค่าที่วัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยไม่ต้องแก้ไขระบบการวัด และมีค่าผลต่างจากวิธีใช้เมาส์น้อยกว่า 3.11 เปอร์เซ็นต์

ค่าโมเมนต์ที่ข้อต่อกระดูกทั้ง 5 ที่ได้จากผลการทดลองใช้งานโปรแกรมของทั้ง 5 คน ด้วยวิธีใช้นิ้วและใช้ปากกาดิจิตอล ดังกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์กับผลจากผู้ทดลองใช้งานโปรแกรมแต่ละคน ดังรูปที่ 5

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 59 18/11/2558 12:09:55



รูปที่ 5 ค่าโมเมนต์ที่ตำแหน่งข้อต่าง ๆ ของผู้ทดลองใช้งานโปรแกรม จากวิธีใช้นิ้วและวิธีใช้ปากกาดิจิตอล

จากรูปที่ 5 ค่าโมเมนต์ลัพธ์ของการทดลองใช้งานโปรแกรมด้วยวิธีใช้นิ้วและใช้ปากกาดิจิตอลจากผู้ใช้งาน 5 คน มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งแตกต่างกันไม่ถึง 1 N.m. และในการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มนำภาพเข้าโปรแกรมจนถึงโปรแกรมแสดงผลลัพธ์ ในครั้งแรกใช้เวลาประมาณ 30 นาที เพราะต้องใช้เวลาในการระบุชื่อข้อต่อและชื่อรยางค์ ส่วนอีก 4 ครั้ง ใช้เพียงการเลื่อนจุดข้อต่อประมาณ 5-10 นาทีเท่านั้น และพบว่าวิธีใช้ปากกาดิจิตอลใช้เวลาน้อยกว่าวิธีใช้นิ้ว ส่วนผลการวิเคราะห์ระบบการวัด Gage R&R (Gage Repeatability & Reproducibility) แบบ ANOVA Method โดยใช้โปรแกรม Minitab แสดงผลดังตารางที่ 2

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 60 18/11/2558 12:09:55

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์บางส่วน Gage R&R ด้วยโปรแกรม Minitab จากวิธีใช้นิ้วและวิธีใช้ปากกาดิจิตอล

Gage R&R Study - ANOVA Method	Finger	Digital pen
Two-Way ANOVA Tablet With Interaction		
Parts * Operators (P-Value)	0.105	0.244
Gage R&R		
Total Gage R&R (%Contribution of Variance Components)	0.01	0.01
Part-To-Part (%Contribution of Variance Components)	99.99	99.99
Total Gage R&R (%Study Variation)	0.98	0.95

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA with Interaction) ของวิธีใช้นิ้ว พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างตำแหน่งข้อต่อและผู้ใช้งาน (Parts*Operators) มีค่า P-Value = 0.105 ซึ่งมากกว่า 0.05 ซึ่งตัดสินใจแบบยืนยันได้ว่าอิทธิพลร่วมระหว่างตำแหน่งข้อต่อและผู้ใช้งานไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าความผันแปรเมื่อทำการประเมินผลเทียบกับความผันแปรของระบบการวัด (%SV หรือ P/TV) พบว่ามีความผันแปรจากชิ้นงานเท่ากับ 99.99% และความผันแปรจากระบบการวัด 0.98% ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10% ดังตารางที่ 3 ดังนั้นระบบการวัดด้วยวิธีใช้นิ้วนี้ มีความแม่นยำ (Precision) และมีความผันแปรที่ยอมรับได้ และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA with Interaction) ของวิธีใช้ปากกาดิจิตอล พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างตำแหน่งข้อต่อและผู้ใช้งาน (Parts*Operators) มีค่า P-Value = 0.244 ซึ่งมากกว่า 0.05 ซึ่งตัดสินใจแบบยืนยันได้ว่าอิทธิพลร่วมระหว่างตำแหน่งข้อต่อและผู้ใช้งานไม่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าความผันแปรเมื่อทำการประเมินผลเทียบกับความผันแปรของระบบการวัด (%SV หรือ P/TV) พบว่ามีความผันแปรจากชิ้นงานเท่ากับ 99.99% และความผันแปรจากระบบการวัด 0.95% ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10% ดังตารางที่ 3 ดังนั้นระบบการวัดด้วยวิธีใช้ปากกาดิจิตอลนี้มีความแม่นยำและมีความผันแปรที่ยอมรับได้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อยอมรับ อ้างใน AIAG, 2002

ค่า Total Gage R&R	ความหมายในการยอมรับ
P/T หรือ P/TV $\leq$ 10%	ยอมรับได้โดยไม่ต้องทำการแก้ไขระบบการวัด
10% < P/T หรือ P/TV < 30%	อาจยอมรับได้ โดยต้องพิจารณาความเหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัด
P/T หรือ P/TV $\geq$ 30%	ไม่สามารถยอมรับระบบการวัดได้ ต้องค้นหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไข

5. สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมชีวกลศาสตร์ในภาวะสถิตแบบ 2 มิติบนแท็บเล็ต ที่ได้ออกแบบและทำการทดสอบการใช้งาน ให้ค่าโมเมนต์ลัพธ์ที่ได้จากวิธีใช้นิ้วและปากกาดิจิตอลบนแท็บเล็ตไม่แตกต่างกับวิธีใช้เมาส์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งมีความเที่ยงของค่าที่วัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีค่าผลต่างจากวิธีใช้เมาส์น้อยกว่า 3.11 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความแม่นยำของโปรแกรมโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถยอมรับระบบการวัดของโปรแกรมนี้เมื่อใช้งานด้วยนิ้วหรือใช้งานด้วยปากกาดิจิตอล นั่นคือผู้ที่สนใจสามารถจะนำโปรแกรมนี้ไปใช้งานได้จริง และด้วยค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ไม่สูงมาก น้ำหนักเบาและพกพาได้สะดวก ลดเวลาการคำนวณและนำไปใช้กับสถานที่ปฏิบัติงานจริง จะทำให้เกิดแรงจูงใจต่อผู้ที่เกี่ยวข้องหันมาให้ความสำคัญกับเรื่องความปลอดภัยในการทำงานและสุขภาพของพนักงานที่มีหน้าที่ยกย้ายสินค้า หรือใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการสอนในวิชาชีวกลศาสตร์ และแม้ว่าโปรแกรมใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น แต่ในอนาคตอาจจะมีผู้สนใจพัฒนาโปรแกรมให้ใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการอื่น ๆ ต่อไป

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 61 18/11/2558 12:09:55

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการทดลองทุกท่านจาก บริษัท เรโน เทค จำกัด และคุณวรรคสุรินทร์ ลิ้มควรสุวรรณ ผู้สนับสนุนอุปกรณ์แท็บเล็ตเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

[1] อภิชาติ แผ้วพาลชน. ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้ของการเข็นและลากรถเข็นบรรทุกของ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2545.

[2] กาญจนา หลวงโปธา. วิธีการประเมินสำหรับลดแรงกดอัดของหลังส่วนล่างในงานบรรจุผลิตภัณฑ์แผงบันไดข้างและสปอยเลอร์หลัง. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2554.

[3] โรสมารินทร์ สุขเกษม. การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ของงานยกผู้ป่วยในโรงพยาบาล. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2546.

Journal

[4] Cooper G., Ghassemich E. (2006). Risk assessment of patient handling with ambulance stretcher systems (ramp/(winch), easi-loader, tail-lift) using biomechanical failure criteria. *Medical Engineering & Physics 29, (2007), 775–787*

Books

[5] Winter, D.A., Biomechanics of Human Movement. Wiley, New York, 1979.

[6] Chaffin, D.B. and Andersson, G., Occupational Biomechanics. Wiley, New York, 1984.

5-3 [illegible] 2 [illegible].indd 62 18/11/2558 12:09:55