



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference

การออกแบบโต๊ะทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้พิการที่นั่งรถเข็นด้วยแบบจำลองมนุษย์
Design of an Electronic Work Desk for Wheelchair Users Using a Human Model

ชัชชัย ธานจุติพร (Chatchai Thanajutipphon)¹ ธนภฤต โชติภาวริศ (Thanakrit Chotibhawaris)²

ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร (Srisit Chianraubtra)³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยลักษณะการทดลองออกแบบโต๊ะทำงานสำหรับคนพิการด้วยการใช้แบบจำลองมนุษย์สร้างแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลแทนคนพิการจริง โดยขนาดร่างกายของแบบจำลองมนุษย์ที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้ขนาด 5 percentile และ 95 percentile ที่สร้างโดย Tecnomatix Jack จากฐานข้อมูลขนาดร่างกายของชาวเอเชียที่มีขนาดร่างกายใกล้เคียงคนไทยที่มีอยู่ในโปรแกรม ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ Kinect ตรวจจับจากท่าทางคนทำงานต้นแบบซึ่งในการทดลองใช้ท่าทางบัดกรีมาถ่ายทอดท่าทางทำงานดังกล่าวให้แก่แบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลเพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์บนโต๊ะทำงานจากที่ได้ออกแบบไว้ โดย 2 รูปแบบได้แก่ แบบที่ 1 เป็นโต๊ะไม่สามารถปรับความสูงพื้นโต๊ะได้กับแบบที่ 2 เป็นโต๊ะที่สามารถปรับความสูงพื้นโต๊ะได้โดยใช้การประเมินร่างกายส่วนบนแบบรวดเร็ว ผลที่ได้คือโต๊ะแบบที่ 1 มีคะแนนมากที่สุดคือ 5 มากกว่าโต๊ะแบบที่ 2 ที่ได้คะแนน 4 ซึ่งเป็นแบบที่สามารถปรับระดับความสูงพื้นโต๊ะได้ทำให้ผู้ทำงานไม่ต้องก้มตัวลงมากเหมือนโต๊ะแบบที่ 1 รวมถึงส่งผลทำให้ใช้ข้อมือและบิดข้อมือลดลง สรุปได้ว่าในด้านการยศาสตร์ลักษณะการทำงานบัดกรีที่ทำบนโต๊ะแบบที่ 2 เป็นแบบที่ดีที่สุด

คำสำคัญ โต๊ะทำงาน ผู้พิการที่นั่งรถเข็น งานอิเล็กทรอนิกส์

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชา/แขนง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e-mail address akeeng@hotmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชา/แขนง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e-mail address hanakrit.Cho@stou.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชา/แขนง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช e-mail address Srisit.chi@stou.ac.th



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference

Abstract

This research is experimental research by designing a desk for the disabled using a human model to create a digital human model instead of a real disabled person. The body size of the human model used in this experiment uses the 5th percentile and 95th percentile, which create Tecnomatix Jack from the body size database of Asians with a body size similar to Thais in the program. It works with the Kinect device to detect the posture of the prototype worker. In the experiment, the soldering posture was transferred to the digital human model to be used to assess the ergonomic risks on the designed desk. There are 2 models: Model 1 is a desk that cannot adjust the height of the table surface and Model 2 is a desk that can adjust the height of the table surface by using a quick upper body assessment. The result is that Model 1 has the highest score of 5, higher than Model 2, which scored 4, which is a type that can adjust the height of the table surface, so the worker does not have to bend down as much as Model 1. It also results in less wrist use and wrist twisting. In conclusion, in terms of ergonomics, the soldering work style performed on Model 2 is the best.

Keywords: Work desk, Wheelchair user, Electronic work



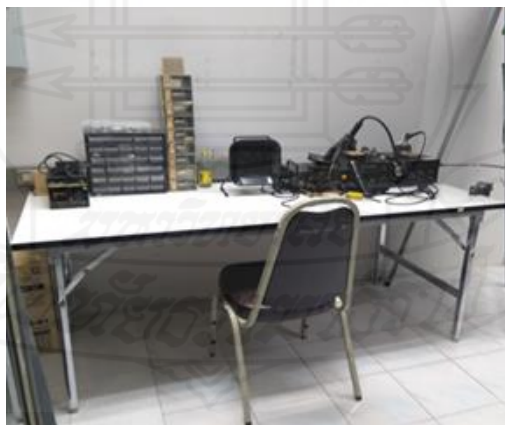
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14

The 14th STOU National Research Conference

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีกฎหมาย“พระราชบัญญัติส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ พ.ศ.2550”โดยในมาตรา 33 กำหนดให้นายจ้าง เจ้าของสถานประกอบการและหน่วยงานของรัฐต้องรับผู้พิการเข้ามาทำงานในอัตราส่วน ซึ่งมีหลายภาคส่วนรับผู้พิการเข้าทำงานและยังมีการฝึกอบรมต่างๆ เช่น ช่างซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้แก่ผู้พิการ โดยอาชีพดังกล่าวสามารถรับผู้พิการเข้าทำงานในศูนย์ซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รวมถึงรับผู้พิการเข้ามาทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมในงานช่างซ่อมอิเล็กทรอนิกส์ได้อีกด้วย แต่เนื่องจากปัญหาที่การจัดทำโต๊ะทำงานให้แก่ผู้พิการที่ใช้นั่งคนพิการควรมีรูปแบบอย่างไร จึงจะมีความเหมาะสมเป็นสิ่งที่วิศวกรหรือผู้ออกแบบวิธีการทำงานต้องนำมาพิจารณา

โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะมีโต๊ะซ่อมแผงวงจรไฟฟ้าที่แผ่นกั้นซ่อมบำรุงซึ่งเป็นเพียงโต๊ะพับหรือโต๊ะทำงานทั่วไป ดังภาพที่ 1 ซึ่งใช้โดยผู้ที่มีร่างกายปกติไม่ได้มีการออกแบบพิเศษสำหรับผู้พิการ โดยโต๊ะดังกล่าวมีระดับความสูงที่ไม่สามารถให้รถเข็นเลื่อนเข้าไปทำงานได้อย่างสะดวกโดยหากพิจารณาเทียบกับมาตรฐานจากกฎหมายด้านคนพิการของประเทศสหรัฐอเมริกา ADA (The Americans with Disabilities Act) compliant tables พบว่ามีพื้นที่เผื่อด้านล่างไม่เพียงพอจึงมีโอกาสทำให้ส่วนบริเวณหน้าขาและเข่าของผู้พิการบาดเจ็บจากการชนขอบโต๊ะด้านล่างได้และจากการทดลองด้วยโปรแกรม Tecnomatix Jack ในท่าบัดกรีได้ผลคะแนน RULA รวมคือ 7 สรุปได้ว่าท่าทางการทำงานบัดกรีบนโต๊ะเดิมมีความเสี่ยงทางการยศาสตร์สูงต้องปรับปรุงทั้งที่ดังภาพที่ 5 จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะใช้แบบจำลองมนุษย์เพื่อปรับปรุงโต๊ะทำงานของพนักงานผู้ใช้นั่งคนพิการที่ใช้เพื่อประกอบหรือซ่อมอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมสำหรับผู้พิการที่ใช้นั่งคนพิการเพื่อการตรวจซ่อมแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรต่างๆ เป็นต้น



ภาพที่ 1 โต๊ะทำงานซ่อมแผงวงจรที่พบเห็นทั่วไป

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบโต๊ะทำงานด้านอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้พิการที่นั่งรถเข็นด้วยแบบจำลองมนุษย์



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14 The 14th STOU National Research Conference

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ron Hamameh (2010) ได้วิจัยในการนำความสามารถและประโยชน์ที่เป็นไปได้ของแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัล (Digital Human Model) หรือ DHM มาเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่มีความพิการทางร่างกาย โดยเน้นไปที่การปรับปรุงซอฟต์แวร์ DHM ที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อให้การจำลองมีความครอบคลุมและเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดมากขึ้น รวมถึงเสนอการปรับปรุงซอฟต์แวร์ เช่น การรวมประเภทของความพิการต่างๆ และลักษณะทางกายภาพที่เป็นเอกลักษณ์ และการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ DHM ในหลายสาขา เช่น การยศาสตร์ การออกแบบสถานที่ทำงานและความสามารถในการเข้าถึงทางกายภาพของผู้พิการเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่ครอบคลุมได้มากขึ้นและเรียกร้องให้มีการวิจัยและพัฒนาต่อไปเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถสะท้อนความต้องการและความสามารถของคนที่มีความพิการได้อย่างแม่นยำ

Cheng-Lung Lee (2007) ได้ทำการศึกษาการยศาสตร์ของโต๊ะ VDT (Visual Display Terminal) สำหรับผู้ที่ใช้วีลแชร์โดยการใช้ฐานข้อมูลลักษณะทางมนุษย์วิทยาของไต้หวันและขนาดของมูลตรวีลแชร์โดยอ้างอิงจาก Chinese National Standard รวมด้วยระบบซอฟต์แวร์จำลองเสมือนที่เรียกว่า Transom Jack บนโปรแกรม Auto CAD โดยพบว่าลักษณะโต๊ะ VDT แบบที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป 3 แบบ ซึ่งมีข้อบกพร่องของพื้นที่การทำงานและไม่เอื้ออำนวยต่อผู้ที่ใช้วีลแชร์ในการเข้าถึงอุปกรณ์ต่างๆบนโต๊ะจึงได้นำวิธีรูล่ามาใช้เพื่อออกแบบโต๊ะ VDT รูปแบบใหม่ด้วยระบบซอฟต์แวร์จำลอง Transom Jack และพบว่ามีความเสี่ยงในการทรงตัวลดลงเป็นระดับไม่รุนแรง

Abdulah P. Indardaya (2020) ได้ทำการวิจัยเพื่อออกแบบอุปกรณ์รองรับแขนเพื่อลดความเสี่ยงในกลุ่มช่างอิเล็กทรอนิกส์ชาวฟิลิปปินส์ เนื่องจากมีแนวโน้มที่จะบาดเจ็บสะสมที่แขนส่วนบนอันเนื่องมาจากท่าทางที่ไม่สะดวกมีการเคลื่อนไหวซ้ำและมีภาระงานทางสถิติที่เกิดขึ้น โดยใช้การประเมินความเสี่ยง RULA มาวิเคราะห์งานที่ทำประจำในสามลักษณะท่าทางคือท่าทางการวัดทดสอบท่าทางในการบัดกรีและท่าทางการถอดอุปกรณ์ที่บัดกรี โดยมีค่าคะแนนรูล่าเฉลี่ยของทั้ง 3 งานคือ 5.774 ซึ่งต้องได้รับการแก้ไขทันทีโดยท่าบัดกรีมีผลรวมมากที่สุดมีคะแนนทางด้านซ้ายคือ 5.786 และทางด้านขวาคือ 6.071 จึงได้ใช้วิธีการ QFD และ KANO โมเดลและ TRIZ รวมทั้งได้ใช้ผลการวัดขนาดร่างกายที่ 5 Percentile ถึง 95 Percentile ในการออกแบบอุปกรณ์รองรับแขนเพื่อลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในแขนส่วนบนลง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาจะใช้มนุษย์ดิจิทัลที่สร้างจากโปรแกรม Tecnomatix Jack เพื่อใช้ในการออกแบบโต๊ะปฏิบัติงานทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อออกแบบโต๊ะทำงานใหม่โดยใช้มาตรฐานจากกฎหมายด้านคนพิการของประเทศสหรัฐอเมริกา ADA (The Americans with Disabilities Act) compliant tables เป็นแนวทางออกแบบโดยให้ความสนใจท่าทางในขณะนั่งบัดกรีโดยใช้อุปกรณ์ Kinect ตรวจจับท่าทางปฏิบัติงานบัดกรีบนโต๊ะปฏิบัติงานจากการปฏิบัติงานด้วยคนจริงและถ่ายโอนท่าทางที่ตรวจจับได้ไปยังมนุษย์ดิจิทัลและใช้การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธีรูล่า (Rapid Upper Limb Assessment) เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้การวิเคราะห์ร่างกายในส่วนด้านบนโดยใช้ผลคะแนน RULA ที่ดีที่สุดเป็นเกณฑ์การตัดสิน



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14 The 14th STOU National Research Conference

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยใช้ประชากรขนาดร่างกาย 5 Percentile และขนาดร่างกาย 95 Percentile จากฐานข้อมูลคนจีนที่มีลักษณะคล้ายคนไทยที่มีอยู่ในโปรแกรม Tecnomatix Jack ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวจะสร้างแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลที่มี Anthropometric dimension ของมนุษย์ดิจิทัลเท่าร่างกายมนุษย์จริง

เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมจำลองมนุษย์ดิจิทัลและการยศาสตร์

ใช้โปรแกรม Tecnomatix Jack สร้างมนุษย์ดิจิทัลและใช้ทำการประเมินความเสี่ยง RULA

2. โปรแกรมออกแบบเขียนแบบ CAD

ใช้โปรแกรม SolidWorks ในการเขียนแบบแบบภาพ 3 มิติทำแบบจำลองและออกแบบขนาดโต๊ะประกอบซ่อมงานทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำเข้าไปเป็นอุปกรณ์สำหรับประกอบทดสอบต่างๆ เช่นโต๊ะปฏิบัติงาน Jig & fixture หัวแร้งบัดกรี อุปกรณ์ดูดโลหะบัดกรี เป็นต้น และทำการแปลงรูปแบบไฟล์ให้เป็นประเภทIGSเพื่อสามารถนำไปใช้งานในโปรแกรม Tecnomatix Jack ได้และใช้โปรแกรม SolidWorks สร้างแบบจำลอง 3 มิติของโต๊ะและอุปกรณ์ทำงานต่างๆจากโปรแกรมเพื่อนำมาใช้ร่วมกันในการจำลองสถานการณ์งานในโปรแกรม Tecnomatix Jack

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองทำงาน

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานหรือ Basic Tools เพื่อผู้ปฏิบัติงานใช้งานแล้วตรวจจับด้วยอุปกรณ์ Kinect ในท่าทางทำงานบัดกรี โดยอุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่

- 1) หัวแร้งบัดกรี (Soldering Iron)
- 2) โลหะบัดกรี (Soldering Wire)
- 3) ตัวประสาน (Flux or Soldering Paste)
- 4) อุปกรณ์ดูดโลหะบัดกรี (De-Soldering pump)
- 5) อุปกรณ์ดูดควัน (Smoke absorber)
- 6) เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- 7) แท่นจับยึดแผงวงจร

4. อุปกรณ์ขาตั้งกล้องช่วยในการบันทึกภาพ

ในการทดลองจะใช้กล้องเพื่อบันทึกจัดเก็บรูปภาพของท่าทางการทำงาน และเพื่อที่จะสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ท่าทางการทำงานภายหลัง

5. อุปกรณ์ Kinect

ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ทดลองปฏิบัติงานในท่าทางการทำงานบัดกรีแล้วถ่ายทอดไปยังแบบจำลองมนุษย์ในโปรแกรม Tecnomatix Jack



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ Kinect

6. โปรแกรมวัดขนาดและมุม

ใช้โปรแกรม Kinovea เพื่อการวัดระยะ ขนาดมุมมองต่างๆจากภาพ

การดำเนินงาน

การดำเนินงานมีขั้นตอนแบ่งเป็นหัวข้อการดำเนินการดังนี้

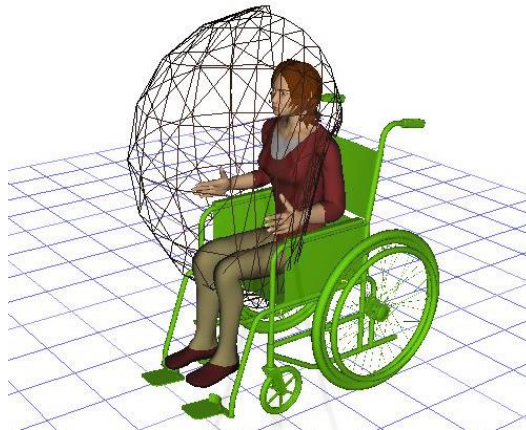
1. สร้างแบบจำลองทางดิจิทัลของมนุษย์

โปรแกรมTecnomatix Jack สามารถสร้างแบบจำลองมนุษย์โดยใช้ฐานข้อมูลขนาดร่างกายที่มีในโปรแกรมได้ จึงสร้างแบบจำลองมนุษย์ของคนเอเชียโดยใช้ฐานข้อมูลขนาดร่างกายของคนจีนเป็นตัวแทนของเพศชายที่มีขนาดร่างกาย 95 Percentile และเพศหญิงที่มีขนาดร่างกาย 5 Percentile เพื่อนำมาประเมินทางกายศาสตร์โดยการจำลองเป็นผู้พิการที่ใช้รถเข็นนั่งคนพิการ

2. ทหาระยะการทำงานของมือทั้งสองข้างหรือ Reach Zone โดยนำแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลขนาด 5 Percentile และ 95 Percentile มาทำการหาระยะที่ร่างกายสามารถเอื้อมถึงหรือระยะ Reach Zone ดังภาพที่ 5 เพื่อออกแบบโต๊ะทำงานอิเล็กทรอนิกส์

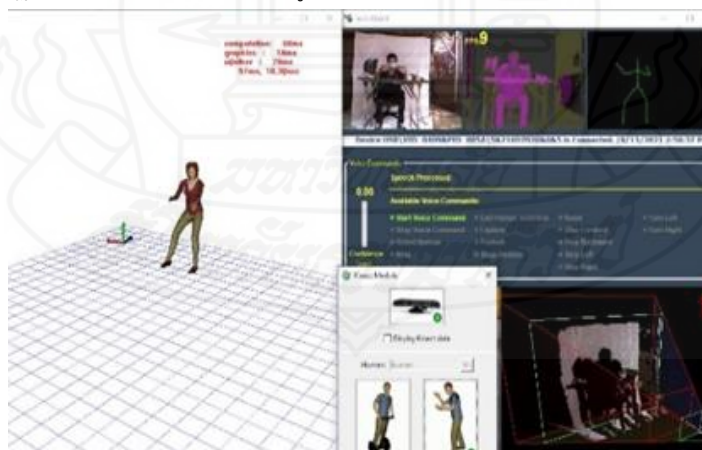


การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference



ภาพที่ 3 หาระยะReach Zone

3. ใช้แฟรงจอร์เครื่องขยายเสียงเป็นผลิตภัณฑ์ทดลอง และให้ผู้ปฏิบัติงานแสดงท่าทางบัดกรีแฟรงจอร์
4. ใช้อุปกรณ์ Microsoft Kinect เก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าทางผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้ปฏิบัติงานทดลองท่าทางเชื่อมบัดกรีบนชิ้นงานตัวอย่างซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลในโปรแกรม Tecnomatix Jack ดังภาพที่ 4 เพื่อนำไปใช้จัดทำท่าทาง (Posture) ให้กับแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลที่สร้างขึ้นและทำการจำลองท่าทางแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลใหม่ในท่านั่งปฏิบัติงานบนรถเข็นนั่งสำหรับผู้พิการ



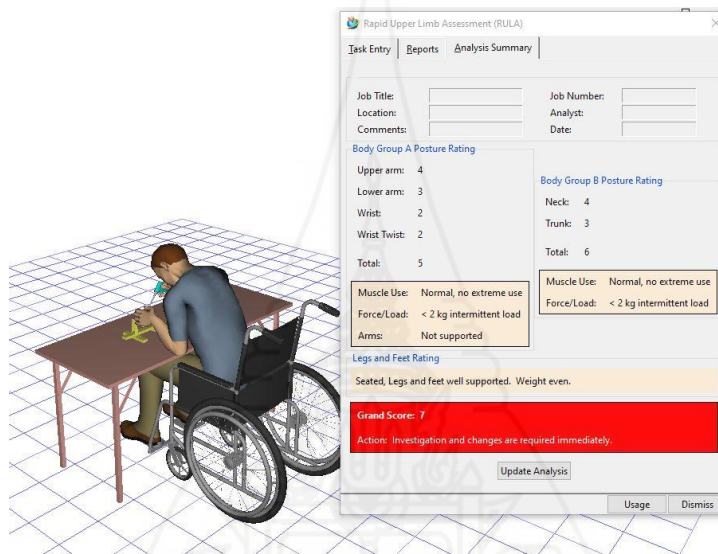
ภาพที่ 4 การเชื่อมต่อ Kinect ไปยัง Tecnomatix Jack



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14 The 14th STOU National Research Conference

การออกแบบโต๊ะทำงาน

จัดสร้างโต๊ะทำงานแบบทั่วไปจากขนาดโต๊ะในภาพที่ 1 ด้วยโปรแกรม CAD และนำเข้าไปในโปรแกรม Tecnomatix Jack เพื่อทำการประเมินการยศาสตร์ในท่าทางการทำงานการบัดกรีจากแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลเพื่อหาค่าการยศาสตร์ RULA เพื่อใช้เป็นค่าสำหรับเปรียบเทียบกับค่าการยศาสตร์การทำงานการบัดกรีของโต๊ะปฏิบัติงานที่ได้ออกแบบใหม่



ภาพที่ 5 ค่าคะแนนรูล่านในท่าทางบัดกรีบนโต๊ะทำงานเดิม

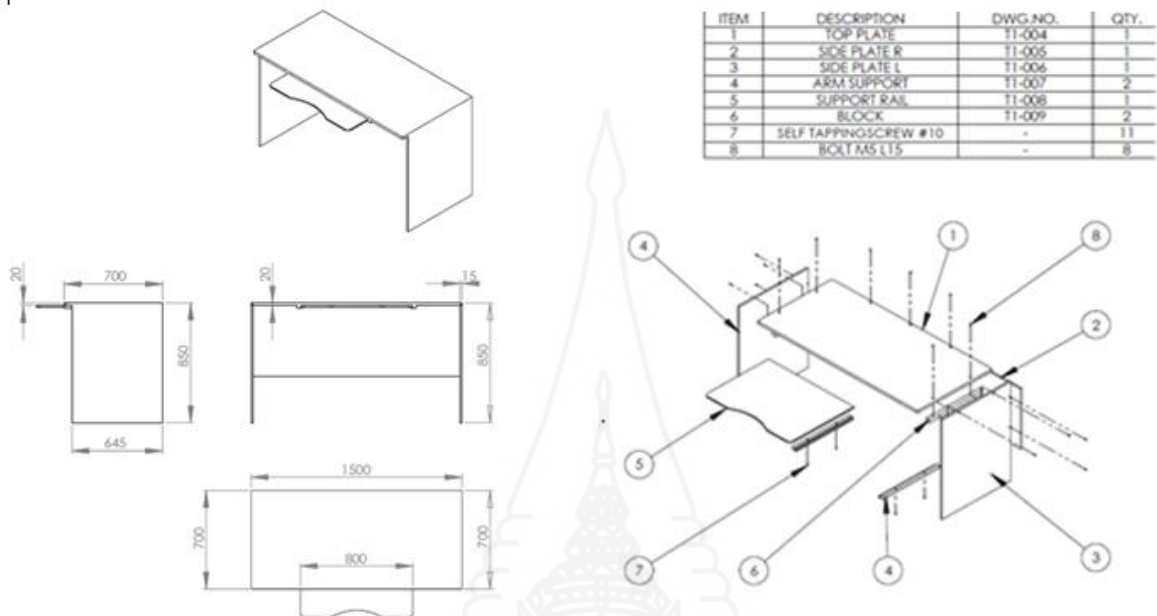
พบว่าผลคะแนน RULA รวมคือ 7 สรุปได้ว่าท่าทางการทำงานบัดกรีบนโต๊ะเดิมมีความเสี่ยงทางการยศาสตร์สูงต้องปรับปรุงทันทีดังภาพที่ 5 ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบโต๊ะทำงานใหม่โดยใช้ข้อมูลขนาดร่างกาย และระยะ Reach zone ที่ได้จากโปรแกรม Tecnomatix Jack และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องหรือมาตรฐานจากกฎหมายด้านคนพิการของประเทศสหรัฐอเมริกา ADA (The Americans with Disabilities Act) compliant tables เป็นแนวทางในการออกแบบโต๊ะทำงานที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2 รูปแบบ ด้วยโปรแกรมเขียนแบบแบบสามมิติ SolidWorks สำหรับใช้ในการประเมินการยศาสตร์ท่าทางการทำงานการบัดกรีบนโต๊ะด้วยโปรแกรม Tecnomatix Jack โดยมีการออกแบบ 2 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบที่ 1 โต๊ะไม่สามารถปรับระดับได้

โต๊ะมีขนาดกว้าง 70 เซนติเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับผู้พิการขณะหมุนรถเข็นนั่งและมี Reach Zone ที่ระยะ 75-80 เซนติเมตรและยาว 150 เซนติเมตร มีระดับความสูงพื้นโต๊ะสำหรับคนขนาดร่างกาย 5 เพอร์เซ็นต์ไถลอยู่ที่ 85 เซนติเมตร และสำหรับคนขนาดร่างกาย 95 เพอร์เซ็นต์ไถลจะมีความสูงพื้นโต๊ะที่ 95 เซนติเมตร



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference



ภาพที่ 6 โต๊ะแบบที่ 1 พร้อมที่รองแขน

เพื่อให้พื้นโต๊ะชนเข้าผู้พิการและมีระยะพื้นที่ด้านล่างเพียงพอให้ผู้พิการสามารถเลื่อนไหวรถเข็นได้และมีที่รองแขนเพื่อลดความล้าของหลังและไหล่โดยโต๊ะแบบที่ 1 มีคุณลักษณะเบื้องต้นเพียงพอแค่เพื่อให้ผู้พิการสามารถนั่งทำงานได้มีราคาไม่แพง และสามารถนำมาใช้งานได้ง่ายดังภาพที่ 6



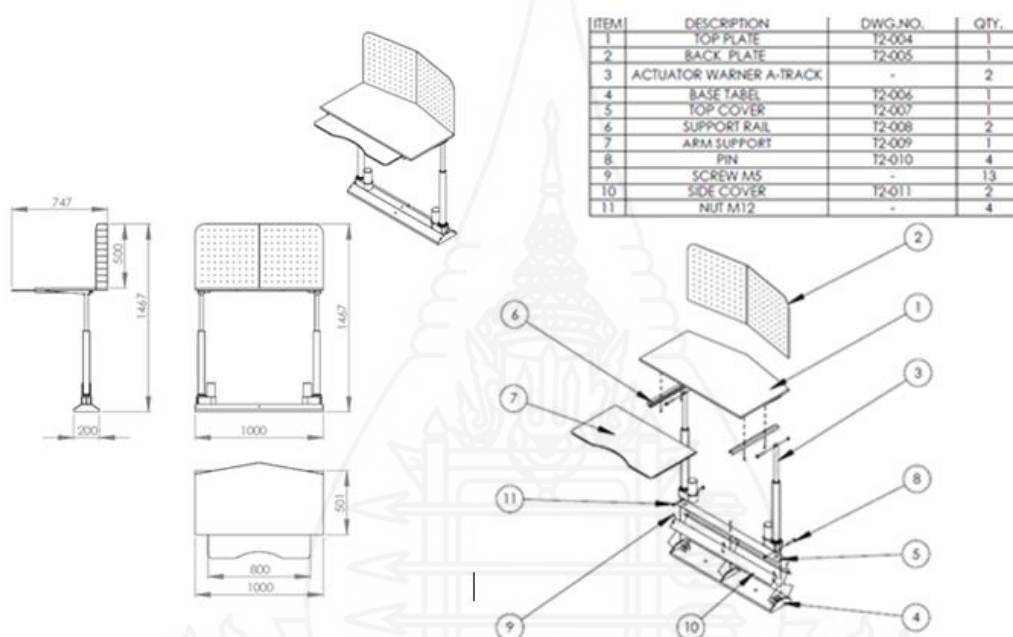
ภาพที่ 7 ภาพพื้นที่ด้านล่างของโต๊ะแบบที่ 1 โต๊ะแบบก่อนปรับปรุง (ซ้าย) และหลังปรับปรุง (ขวา)



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference

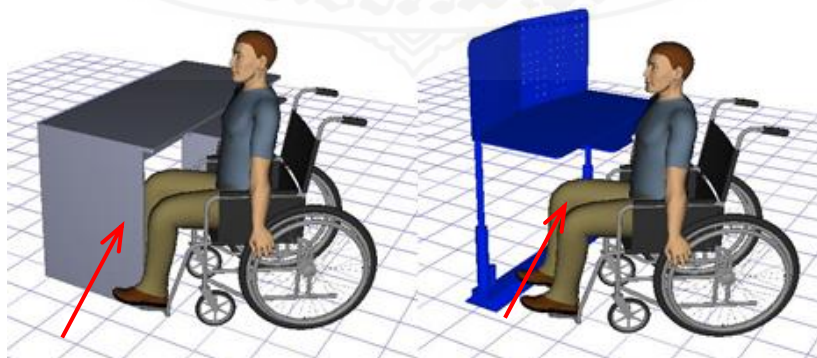
2 แบบที่ 2 โตะสามารถปรับระดับได้

โตะมีขนาดกว้าง 56 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตรและปรับระดับความสูงพื้นโตะได้ด้วย Actuator สำหรับคนขนาดร่างกาย 5 เพอร์เซ็นต์ไทล์และสำหรับคนขนาดร่างกาย 95 เพอร์เซ็นต์ไทล์เป็นโตะที่มีลักษณะที่มีการออกแบบให้มีผนังโตะเป็นแบบอักษรรูปตัว V เข้ากับ Reach Zone ที่ระยะ 75-80 เซนติเมตรและเนื่องจากผู้พิการไม่สามารถลุกยืนได้จึงได้ออกแบบเพื่อช่วยเหลือผู้พิการในการเคลื่อนไหวโดยทำรูเจาะเป็นช่องจำนวนมากเหมือนโตะเครื่องมือช่าง เพื่อสามารถติดตั้งกล่องใส่ของที่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งการแขวนได้เพื่อให้ผู้ที่มีขนาดร่างกายเล็กสุดเอื้อมหยิบสิ่งของที่ใช้ทำงานได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โตะแบบที่ 2 มี Actuator ปรับระดับความสูง

จากการที่โตะแบบที่ 2 ไม่มีผนังข้างโตะทำให้หมุนเข้าออกได้สะดวกเมื่อเคลื่อนที่เข้าออกจากทางด้านข้างได้และไม่จำเป็นต้องถอยรถขึ้นไปด้านหลังดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบการหมุนรถเข็นกับโตะแบบที่ 1 (ซ้าย) ที่ชนกับผนังโตะและโตะแบบที่ 2 ไม่มีผนังโตะ (ขวา)



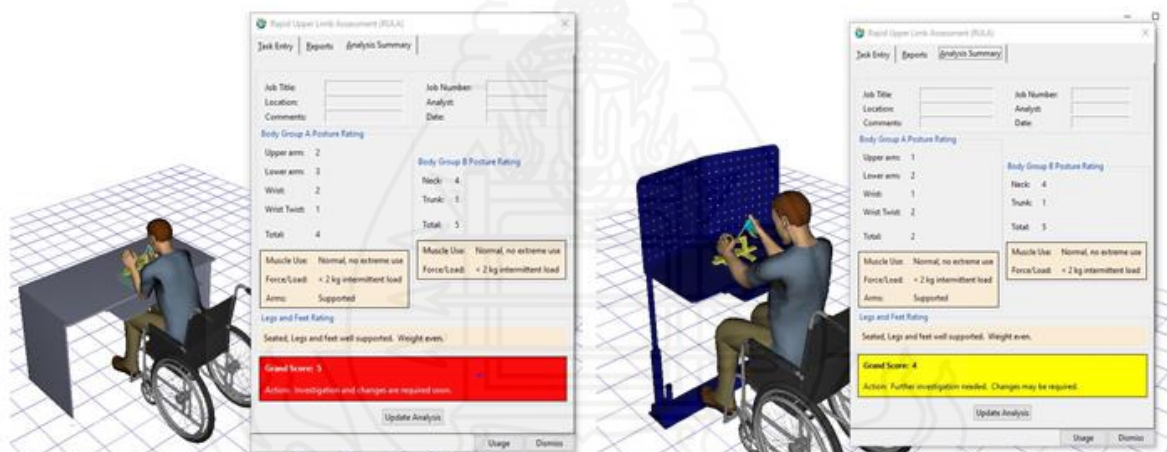
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14 The 14th STOU National Research Conference

เนื่องจากผู้พิการไม่สามารถลุกขึ้นยืนเพื่อเอื้อมหยิบสิ่งของได้เหมือนคนปกติ ดังนั้นจึงออกแบบให้มีผนังและผนังเพื่อแขวนหรือวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการควรมีลักษณะสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางเพื่อให้เหมาะสมสำหรับระยะเอื้อมมือของผู้ทำงานที่มีขนาดร่างกายแตกต่างกันได้และออกแบบเป็นมุมแหลมรูปตัวอักษร V ลักษณะเหมือนโต๊ะแบบที่ 2 และป้องกันการชนขอบโต๊ะที่บริเวณหัวเข่าของผู้พิการได้ดังภาพที่ 9 ดังนั้นแบบโต๊ะแบบที่ 2 ซึ่งเป็นแบบที่ไม่มีผนัง แต่อย่างไรก็ตามโต๊ะแบบที่ 2 ต้องทำการยึดขาโต๊ะกับพื้นและต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าในการทำงานทำให้มีคุณลักษณะที่ซับซ้อนสามารถติดตั้งได้ยากกว่าแบบที่ 1

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์การยศาสตร์

การประเมินความเสี่ยงการยศาสตร์ด้วยวิธี RULA ด้วยโปรแกรม Tecnomatix Jack ในท่าทางการทำงานบัดกรีบนโต๊ะทั้ง 2 แบบ ดังภาพที่ 10 และมีค่าผลลัพธ์ที่ได้ตามตารางที่ 1



ภาพที่ 10 ค่าผลวิเคราะห์ RULA บนโต๊ะแบบที่ 1 (ซ้าย) และบนโต๊ะแบบที่ 2 (ขวา)

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์

Posture Acting	โต๊ะแบบเดิม ก่อนปรับปรุง	โต๊ะแบบที่ 1	โต๊ะแบบที่ 2
Upper Arm	4	2	1
Lower arm	3	3	2
Wrist	2	2	1



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference

Wrist Twist	2	1	2
Neck	4	4	4
Trunk	3	1	1
RULA Score	7	5	4

2. ผลการวัดมุมร่างกายแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัล

ค่าผลลัพธ์การวัดมุมร่างกายก้มหลังและคอของแบบจำลองมนุษย์ดิจิทัลด้วยโปรแกรม Kinovea ขณะทำงาน บัดกรีบนโต๊ะทั้ง 3 แบบคือแบบเดิมก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงดังภาพที่ 11 โดยได้ค่าผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 11 ค่ามุมก้มหลังและมุมคอบนโต๊ะแบบเดิม (ซ้าย) บนโต๊ะแบบที่ 1 (กลาง) และบนโต๊ะแบบที่ 2 (ขวา)

ตารางที่ 2 ผลการวัดมุมมองด้วยโปรแกรม Kinovea

รายการ	โต๊ะแบบเดิม ก่อนปรับปรุง	โต๊ะแบบที่ 1	โต๊ะแบบที่ 2
มุมก้มหลัง	61°	82°	93°
มุมก้มศีรษะ	34°	28°	35°

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการยศาสตร์จากที่รองแขน



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference

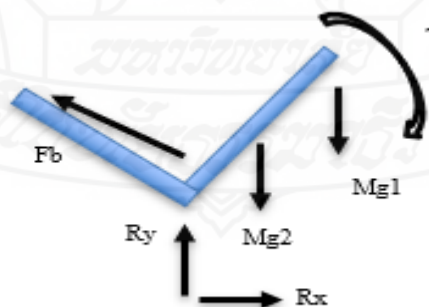
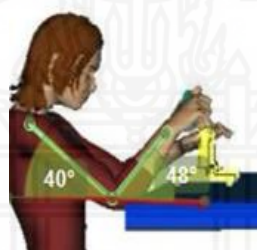
การแก้ไขปรับปรุงทางการยศาสตร์ด้วยออกแบบให้โต๊ะมีที่รองแขนทำให้แรงโน้มถ่วงในแขนส่วนบนถูกถ่ายโอนไปยังที่วางแขนช่วยลดความเมื่อยล้าของแขนส่วนบนลงสาเหตุที่ค่าความเสี่ยงลดลงจากการพิจารณาโดยใช้หลักการทางชีวกลศาสตร์ตามที่ Ryan T. Lewinson (2018) กล่าวถึงชีวกลศาสตร์ของการทดสอบกล้ามเนื้อด้วยมือ (Manual Muscle Testing - MMT) ในการตรวจระบบประสาทและกล้ามเนื้อ การวิจัยนี้จะกล่าวถึงชีวกลศาสตร์ของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเน้นความสำคัญของการเข้าใจหลักการเหล่านี้เพื่อการตีความผลลัพธ์ของ MMT อย่างถูกต้อง

ดังนั้นในการพิจารณาด้วยหลักชีวกลศาสตร์ โดยจากภาพที่12 หากพิจารณา Free Body Diagram แแรง Ry หากมีที่รองรับแขนแรงจะทำให้เกิดมีค่าแรงปฏิกิริยา (Re Action) ซึ่งส่งผลให้แรง Fb ที่เป็นแรงของกล้ามเนื้อแขนBiceps มีค่าลดลงดังสมการ

$$\sum F_y = 0 = R_y + F_b - M_g1 - M_g2$$

$$\sum F_x = 0 = R_x$$

$$\sum T = 0 = -TF_b + TM_g1 + TM_g2 + TR_x - TR_y$$



รูปที่15 Free Body Diagram



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14 The 14th STOU National Research Conference

และจากการทดลองและประเมินค่าคะแนนรูปร่างในโปรแกรม Tecnomatix Jack ค่าคะแนนในส่วน Upper arm ของโตะแบบเดิมมีค่าคะแนนคือ 4 แต่เมื่อได้ออกแบบโตะใหม่ให้มีร่องแขนทำให้คะแนนในส่วน Upper arm ในโตะแบบที่ 1 ลดลงเหลือค่า 2 และ ในโตะแบบที่ 2 เหลือค่า 1 ดังแสดงผลลัพท์ในตารางที่ 1

3. ผลการยศาสตร์จากระดับความสูงของโตะ

ผลทางการยศาสตร์ของโตะเดิมคือ 7 และผลจากการทดลองออกแบบโตะใหม่ 2 แบบให้สูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ลดลง โดยที่โตะแบบที่ 1 โดยที่ได้ค่าคะแนนรูปร่างผลรวมคือ 5 และโตะแบบที่ 2 ที่คะแนนรูปร่างผลรวมคือ 4 เนื่องจากค่ารูปร่างในส่วน Trunk ลดลงจากเดิม โดยสามารถลดลงมุมการก้มหลังของการทำงานได้ดี โดยที่โตะจากแบบเดิมก่อนปรับปรุงค่ามุมการก้มหลัง โดยผลการวัดแสดงไว้ในตารางที่ 2

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสามารถกำหนดการพัฒนาปรับปรุงการออกแบบโตะทำงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาโตะทำงานให้ผู้ปฏิบัติงานประกอบซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ได้ดังนี้

1. การตรวจจับท่าทางด้วยอุปกรณ์ Kinect

อุปกรณ์ Kinect ทำให้การสร้างท่าทางในแบบจำลองมนุษย์ได้สะดวกขึ้นมาก เนื่องจากอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมได้โดยตรงช่วยให้ผู้ออกแบบการทำงานเห็นลักษณะท่าทางที่ได้จากการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน และมีราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับการจับตำแหน่งการเคลื่อนไหวของร่างกายด้วยโฟโตแกรมมิเตอร์

2. การใช้โปรแกรม Tecnomatix Jack ประเมินการยศาสตร์ทำให้ประเมินการยศาสตร์ได้ง่ายหากเทียบกับโปรแกรมประเมินการยศาสตร์ด้วยสายตาและใช้แบบฟอร์มประเมิน ซึ่งมีขั้นตอนหลายขั้นตอนและการที่โปรแกรม Tecnomatix Jack สามารถสร้างท่าทางการทำงานที่จำลองขึ้นด้วยแบบจำลองมนุษย์ร่วมกับสถานีปฏิบัติงานที่สร้างได้จากโปรแกรม CAD ทำให้สามารถประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ได้ก่อนการปฏิบัติงานจริง ซึ่งดีกว่าการประเมินที่ต้องใช้คนมาทำการปฏิบัติงานจริงแล้วจึงจะสามารถทำการประเมินการยศาสตร์ได้แล้วจึงมาทำการปรับปรุงการยศาสตร์อีกครั้งในภายหลัง แต่ทั้งนี้การทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจำเป็นต้องทราบถึงข้อมูลเพื่อใช้ในการประกอบการวิเคราะห์ในโปรแกรม เช่น น้ำหนักอุปกรณ์ที่ใช้ถือหรือรูปแบบที่ทำงาน รวมถึงอุปกรณ์ช่วยปรับปรุงทางการยศาสตร์ เช่น มีการใช้ร่องแขน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2550, 27 กันยายน). พระราชบัญญัติส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ พ.ศ. 2550. ราชกิจจานุเบกษา, 124(ตอนที่ 61ก), 8-24.
- ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. (2554, 15 มกราคม). เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐานสำหรับการออกแบบเชิงเทคโนโลยี. ราชกิจจานุเบกษา, 128(ตอนพิเศษ 5ง), 9.
- พรพรรณ สมบูรณ์, ไซยพิพัฒน์ ปกป้อง. (2550). โตะซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต้นแบบสำหรับคนพิการทางการเคลื่อนไหว กรณีนั่งเก้าอี้ล้อเข็น. วารสารวิทยาลัยราชสุดาเพื่อการวิจัยและพัฒนาคนพิการ, 3(1-2), 74-89.
- ณรงค์ จันใด. (2563). แนวทางการจ้างงานและการส่งเสริมการมีงานทำของคนพิการในประเทศไทย. วารสารพฤติกรรมศาสตร์เพื่อการพัฒนา, 12(2), 158-173. สืบค้นจาก <http://bsris.swu.ac.th/jbsd/632/index.html>.



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 14
The 14th STOU National Research Conference

- ศรุต จิรัฐกุลธนา. (2564). การออกแบบและแก้ไขปัญหาด้านการยศาสตร์อื่นๆ. สืบค้นจาก <https://www.ohswa.or.th/17881032/ergonomics-and-workstation-design-series-ep6>
- สุนิสา ไชยเกลี้ยง, พรนภา ศุภรเวทย์ศิริ, และวรวรรณ ภูชาดา. (2561). ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการปวดไหล่ในกลุ่มคนงานประกอบอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารเทคโนโลยีการแพทย์และกายภาพบำบัด*, 30(2), 146-158.
- Abdulah P Indardaya. (2020). *Designing an arm support model to minimize UECD risk among Filipino electronic technicians using QFD, KANO model, TRIZ, and anthropometry* [Master thesis, University of the Philippines]. สืบค้นจาก <https://tuklas.up.edu.ph/Record/>
- Cheng Lung Lee. (2007). Ergonomic study of VDT workstations for wheelchair users. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 5(2), 97-113. สืบค้นจาก https://www.researchgate.net/publication/228731704_Ergonomic_Study_of_VDT_Workstations_for_Wheelchair_Users.
- Ron Hamameh. (2010). *Digital human models of people with disabilities* [Master thesis, Wayne State University]. สืบค้นจาก <https://core.ac.uk/download/pdf/56678217.pdf>
- Ryan T. Lewinson, Aravind Ganesh, Michael M. C. Yeung. (2018). The biomechanics of manual muscle testing in the neuromuscular exam. *The Canadian Journal of Neurological Sciences*, 45(4), 1-10. สืบค้นจาก <https://doi.org/10.1017/cjn.2018.53>
- U.S. Department of Justice. (1990). *Americans with Disabilities Act of 1990, as amended*. 42 U.S.C. § 12101 et seq. สืบค้นจาก <https://www.ada.gov/pubs/adastatute08>.