

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ในการปรับปรุงสถานีงานของขั้นตอนการประกอบ Actuator Arm Damper ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

บุตรี หลิมวานิช^{*1)} และ นิวิธ เจริญใจ²⁾

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำหลักการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกายอันเนื่องมาจากการที่ร่างกายต้องรับภาระจากภายนอกและท่าทรงตัวในการทำงาน โดยนำเอาความรู้ทางด้านกลศาสตร์ สัดส่วนร่างกาย กายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยา มาสร้างความสัมพันธ์กันในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณคือ ขนาดของแรง และโมเมนต์ที่เกิดขึ้นตามข้อต่อของ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน ลำตัว โดยเน้นการหาค่าของแรงอัดที่หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1 เป็นสำคัญ จากการศึกษาปัญหาทางการยศาสตร์ในกระบวนการดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่าโต๊ะที่ใช้ในขั้นตอนดังกล่าวมีขนาดต่ำเกินไป ผู้วิจัยได้ทดลองแก้ไขปัญหานี้โดยการปรับขนาดของโต๊ะทำงานให้สูงขึ้น 10 เซนติเมตร และทำการประเมินโดยใช้แบบจำลองชีวกลศาสตร์จากท่าทางการทำงานของพนักงานทั้งในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณพบว่า ค่าของแรงอัดที่หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1 มีค่าลดลง 28.43%

คำสำคัญ: การยศาสตร์ การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แรงอัด หมอนรองกระดูก

^{*1)} นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50000 อีเมล: budtree073@gmail.com

²⁾ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50000 อีเมล: nivit@chiangmai.ac.th

^{*} Corresponding Author

Biomechanical Analysis of Workstation Improvement in Actuator Arm Damper Assembly of Hard Disk Drive Industry

Budtree Limwanich ^{*1)} and Nivit Charoenchai²⁾

Abstract

The objective of this research is to apply Biomechanical Analysis to find forces and moments that effect to parts of body from outside forces, loading and working postures by gathering knowledge of Mechanics, Anthropometry, Anatomy and Physiology to be Mathematical Model. Results in this research were forces and moments at hand, lower arm, upper arm and back joints and especially emphasized on finding compressive force at L5/S1 lumbar discs . About Ergonomics problems, tables in above mentioned process were low. Researchers tried out to improve table to be 10 centimeters higher, then we assessed operators' postures by using Biomechanical Model in both before and after adjustment period. Results showed that compressive force at L5/S1 lumbar discs were 24.83% reduced in new adaptive workstation.

Keywords: Ergonomics, Biomechanical Analysis, Hard Disk Drive, Compressive Force, Lumbar Discs

^{*1)} Post graduated Students, Department of Industrial Engineering, Chiangmai University, Chiangmai 50000, E-mail: budtree073@gmail.com

²⁾ Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Chiangmai University, Chiangmai 50000, Email: nivit@chiangmai.ac.th

^{*} Corresponding Author

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรม ที่มีการแข่งขันกันในทุกๆด้าน การเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการผลิต จึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม ซึ่งต้องอาศัยแรงงานเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนให้ทุกอุตสาหกรรมดำเนินไปได้ด้วยดี ในด้านการสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ความรู้ทางกายศาสตร์ได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ การจัดสภาพงานที่มีความเหมาะสมกับตัวพนักงาน จะก่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว และความปลอดภัยในการทำงาน ดังนั้นงาน

จากการสอบถามภาวะความไม่สบายจากการทำงานของพนักงานในสถานประกอบการโดยใช้แบบสอบถาม พบว่า ร้อยละ 72 ของพนักงานเคยมีอาการบาดเจ็บจากการทำงาน พนักงานมีระดับความรุนแรงจากการบาดเจ็บจากการทำงานบริเวณเอว สะโพก และหลังส่วนล่างมากที่สุด รองลงมาคือ หน้าท้องและหลังส่วนกลาง รวมถึงไหล่ และ คอ ตามลำดับ อวัยวะที่มีผู้บาดเจ็บจากการทำงานบ่อยที่สุดได้แก่ ไหล่ รองลงมาคือ คอ และเอว สะโพก และหลังส่วนล่าง ตามลำดับ จากผลของแบบสอบถามชี้ให้เห็นชัดว่าบริเวณที่พนักงานมีอาการบาดเจ็บรุนแรง และบ่อยที่สุด เป็นอวัยวะที่อยู่ในร่างกายท่อนบนทั้งสิ้น

วิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำหลักการกายศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการประเมินและลดความเสี่ยงจากการทำงานของพนักงานในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Analysis) ซึ่งเป็นศาสตร์ที่เกิดจากการประยุกต์ความรู้ในสาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์, ฟิสิกส์, ขนาดมนุษย์ และพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ มาใช้เพื่ออธิบายพฤติกรรมของร่างกายมนุษย์ที่ตอบสนองต่อแรง (Loads) หรือ ความเค้น (Stresses) และ โมเมนต์ (Moment) หรือ แรงบิด (Torque) ที่เกิดขึ้น

ตามส่วนต่างๆของร่างกายเพื่อประเมินความเสี่ยงของกิจกรรมต่างๆ ที่มนุษย์กระทำ

แบบจำลองที่เป็นพื้นฐานเบื้องต้น สำหรับการวิเคราะห์สภาพการเคลื่อนไหวการทำงานในงานวิจัยนี้คือ แบบจำลองชีวกลศาสตร์ประเภทสแตติก ที่ใช้ในกรณี ที่ส่วนของร่างกายเกี่ยวข้องกับการทำงานอยู่ในท่าทางคงที่ และรับภาระน้ำหนักที่กำหนดให้ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาของการวิเคราะห์คำนวณรูปแบบของแบบจำลองชีวกลศาสตร์ประเภทสแตติกสามารถจำแนกได้เป็น 2 แบบหลักๆ ได้แก่

- การวิเคราะห์แรง และโมเมนต์ของหน่วยร่างกายเพียงหน่วยเดียว (Single-Link Analysis) เป็นการวิเคราะห์แรงภายใต้ภาวะสแตติกเป็นลักษณะที่แรงภายนอกกระทำต่อส่วนร่างกายในลักษณะแรงโน้มถ่วง ซึ่งทำให้เกิด Load โมเมนต์ขึ้นที่ข้อต่อของร่างกายที่เกี่ยวข้อง
- การวิเคราะห์แรง และโมเมนต์ของหน่วยร่างกายมากกว่าหนึ่งหน่วยขึ้นไปต่อเชื่อมกัน (Multiple Links Analysis) เป็นการวิเคราะห์แรง และโมเมนต์ในลักษณะที่ต้องแบ่งแยกร่างกายออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่เชื่อมต่อการวิเคราะห์แบบนี้มีความสมจริง และสอดคล้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกายมากกว่าแบบแรก

เนื่องด้วยผลกระทบจากการยกวัตถุจะส่งผลมากที่สุดต่อกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar) จึงได้มีการเลือกข้อต่อ L5/S1 มาใช้เป็นจุดในการคำนวณหาความเค้นที่เกิดขึ้นกับกระดูกสันหลัง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลองของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) (1981) พบว่า งานที่ทำให้เกิดแรงกดที่ข้อต่อกระดูก Lumbar ขึ้นที่ 5 กับกระดูก Sacral ขึ้นที่ 1 (L5/S1 Disc) มากกว่า 3,400 นิวตัน มีศักยภาพสูงที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อหมอนรองกระดูกสันหลังของผู้ปฏิบัติงานได้ และถ้าแรงกดเพิ่มขึ้นถึง 6,400 นิวตัน งานนั้นก็จะอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้เกือบทั้งหมดทุกคน

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปัจจัยทางกายศาสตร์ในการทำงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้น ได้มีผู้ทำการศึกษามากมาย จำนวนมาก เช่น Ido Moraga et al. (2005) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการทำงานในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยเริ่มจากการใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงาน โดยพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีปัญหาเรื่องของการบาดเจ็บบริเวณมือและข้อมือ และได้ทำการประเมินการทำงานด้วยวิธีการทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากการจัดสถานที่งานที่มีการวางตำแหน่งของมือและแขนที่ไม่เหมาะสม และได้ทำการปรับมุมของ Trackball ให้เพิ่มขึ้นจากเดิม 9° เป็น 24° ผลการแก้ไขพบว่าพนักงานมีความพึงพอใจในงานมากขึ้น รวมทั้ง Mao-Jiun J. Wang et al. (2004) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายวัสดุในโรงงานผลิตอุปกรณ์กึ่งตัวนำ (Semiconductor) โดยได้ทำการประเมินทางชีวกลศาสตร์ และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ของพนักงาน ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงวิธีการขนย้ายโดยการลดปริมาณวัตถุดิบที่ทำการขนย้ายในแต่ละครั้งให้มีน้ำหนักน้อยลง ซึ่งสามารถลดอัตราการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นบริเวณข้อมือได้ ดลพร กุลศานต์ (2550) พบว่าพนักงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่มีอาการเมื่อยล้าบริเวณ หลัง ไหล่ ข้อมือ ต้นแขนและศีรษะ เนื่องจากเป็นอวัยวะที่ต้องใช้งานต่อเนื่องตลอดทั้งวัน โดยผู้วิจัยได้เสนอวิธีแก้ปัญหาโดยให้พนักงานออกกำลังกาย และปรับท่าทางการทำงานของพนักงานให้ดีขึ้น ประกอบกับการศึกษาของ นิรัชชา เผด็จตะคุ (2549) ได้ทำการศึกษาการทำงานของพนักงานในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน พบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีอาการเมื่อยล้าบริเวณ หลัง เข่า และส้นเท้า ผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนเวลาหยุดพักให้บ่อยขึ้น และจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) พบว่าพนักงานที่พักบ่อยขึ้นมีความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อลดลง

นอกเหนือจากนี้ จากการศึกษาของ William S. Marras et al. (1995) ได้ทำการศึกษาความเสี่ยงจากการ

ทำงานของหลังส่วนล่าง โดยใช้การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ ของพนักงานจำนวน 400 คน จาก 48 อุตสาหกรรม โดยได้มีการนำข้อมูลเกี่ยวกับท่าทางการทำงานของหลังจำนวน 5 ท่าทางและข้อมูลเกี่ยวกับการจัดสถานที่งาน มาใช้ในการพยากรณ์ระดับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น กับหลังส่วนล่าง และ Sangeun Jina et al. (2009) ได้นำการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ ไปใช้ในการศึกษาการทำงานของพนักงานจำนวน 9 คนขณะเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด โดยใช้การจำลองท่าทางภายในห้องปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงท่าทางการทำงานโดยลดปริมาณการเก็บเกี่ยวต่อครั้งให้น้อยลง และลดมุมของหลังให้น้อยลง ซึ่งส่งผลให้ระดับความเสี่ยงทางกายศาสตร์ลดน้อยลง

งานวิจัยนี้จึงได้นำเอาหลักการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ มาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินผลการปรับปรุงสถานที่งานในกระบวนการ Actuator Arm Damper ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งในการประกอบแขนหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยผู้วิจัยได้ทำการคำนวณ ขนาดของแรง และโมเมนต์ที่เกิดขึ้นตามข้อต่อของ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน และส่วนลำตัว โดยทำการประเมินจากท่าทางการทำงานของพนักงานในช่วงก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทำการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ในการปรับปรุงสถานที่งานของพนักงาน ในขั้นตอนการประกอบ Actuator Arm Damper ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3. วิธีการวิจัย

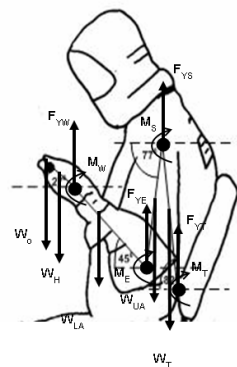
งานวิจัยนี้ใช้หลักการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาแรง และความเค้นที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกายอันเนื่องมาจากการที่ร่างกายต้องรับภาระจากภายนอก และท่าทรงตัวในการทำงาน (Working Posture) กิจกรรมการทำงานโดยมองจากภาพ 2 มิติ โดยจะต้องจะต้องทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ แรงภายนอกที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย และทิศทาง

ของแรง ทำท่าทรงตัวของร่างกาย รวมทั้ง มวล และ ศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายบุคคลนั้นๆ

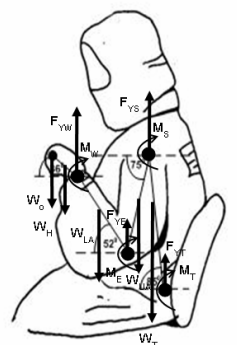
3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ มีดังนี้

3.1.1 นำภาพถ่ายท่าทางการทำงานที่ถ่ายด้วยกล้อง ดิจิตอลในมุมด้านข้างของผู้ปฏิบัติงาน (2 มิติ) เพื่อถ่ายต่อการนำไปใช้วัดมุม และการคำนวณ มาวาดร่างแบบ ท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

3.1.2 นำภาพร่างที่ได้มาเขียนแรง และวัดมุมส่วนของ ร่างกายที่ใช้ในการคำนวณ โดยการเขียนผังของแรง (Free Body Diagram) เป็นแบบเดียวกับที่ใช้ในวิชากล ศาสตร์ ซึ่งจะต้องเขียนขึ้นมาแสดงทั้งขนาด และทิศทาง ของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 ท่าทางการทำงาน และ Free Body Diagram ก่อนปรับปรุงสถานีนงานในขั้นตอนการประกอบ Actuator Arm Damper



รูปที่ 2 ท่าทางการทำงาน และ Free Body Diagram หลังปรับปรุงสถานีนงานในขั้นตอนการประกอบ Actuator Arm Damper

3.1.3 นำขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงานมา คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล และมวลแต่ละส่วน ของร่างกายผู้ปฏิบัติงาน จากเปอร์เซ็นต์ระยะจุด ศูนย์กลางมวลของส่วนร่างกาย (%Segmental Center of Gravity) และ เปอร์เซนต์มวลของส่วนร่างกาย (% Segmental Weight) ของ กิตติ อินทรานนท์ (2548)และ สัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์และค่าต่างๆที่ใช้ในการ วิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ในงานวิจัยนี้

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าที่ได้	หน่วย
m_H	มวลของมือ	0.2652	กิโลกรัม
m_{LA}	มวลของแขนส่วนล่าง	0.6708	กิโลกรัม
m_{UA}	มวลของแขนส่วนบน	1.3676	กิโลกรัม
m_T	มวลของส่วนลำตัว ศีรษะ และคอ	2.2003	กิโลกรัม
m_B	มวลของส่วนลำตัว	22.8956	กิโลกรัม
m_{HN}	มวลของส่วนศีรษะและคอ	4.9972	กิโลกรัม
W_H	แรงเนื่องจากน้ำหนักของมือ	2.5990	นิวตัน
W_{LA}	แรงเนื่องจากมวลของแขนส่วนล่าง	6.5738	นิวตัน
W_{UA}	แรงเนื่องจากมวลของแขนส่วนบน	13.4025	นิวตัน
W_T	แรงเนื่องจากมวลของส่วนลำตัว	21.5626	นิวตัน
W_{HN}	แรงเนื่องจากมวลของส่วนศีรษะ และคอรวมกัน	49.0225	นิวตัน
SL_1	ความยาวจากปลายนิ้วมือถึงจุดศูนย์กลางมวลของมือ	0.0706	เมตร
SL_2	ความยาวจากข้อมือถึงข้อศอก	0.2440	เมตร
SL_3	ความยาวจากข้อศอกถึงหัวไหล่	0.3190	เมตร
SL_4	ความยาวของลำตัวจาก L5/S1 ถึงหัวไหล่	0.3200	เมตร

3.1.4 คำนวณแรง และโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของร่างกาย โดยใช้การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์เชิงสถิต ภายใต้สมมติฐานต่อไปนี้

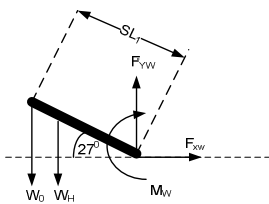
- ศูนย์กลางมวลอยู่คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง และสามารถแทนตำแหน่งได้ด้วยจุดเดียว
- ร่างกายทั้งสองข้างสมมาตรกัน ซีกซ้าย และซีกขวาจะมีการกระจายของมวลที่เท่ากัน

ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่า พนักงานมีอาการบาดเจ็บจากการทำงานบริเวณเอว สะโพก และหลังส่วนล่างมากที่สุดจากผู้วิจัยจึงคำนวณหาแรง และโมเมนต์จนกระทั่งได้ขนาดของแรงอัด และแรงเฉือนบน L5/S1 เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีแรงไปกระทำมากที่สุด (นริศ เจริญพร, 2543)

ตัวอย่างการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ของการทำงานในขั้นตอน Arm Damper ก่อนปรับปรุงสถานีงานของมือ แสดงดังต่อไปนี้

ข้อมูลประกอบการวิเคราะห์

เพศของพนักงาน	หญิง
มวลของร่างกาย	52 กิโลกรัม
ส่วนสูง	155 เซนติเมตร



รูปที่ 3 มั่งโมเมนต์และแรงที่กระทำต่อมือ ของการทำงานในสถานีงานแบบก่อนปรับปรุง

W_0 = แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากมวลของวัตถุ

$$= 0 \text{ (วัตถุเบามาก)}$$

m_H = มวลของมือ

$$= \text{มวลของร่างกาย} \times (\% \text{เมื่อเทียบกับมวลของร่างกาย})$$

$$= 52 \times 0.51/100 = 0.2652 \text{ กิโลกรัม}$$

W_H = แรงเนื่องจากน้ำหนักของมือ = $m_H \times g$

$$= 0.2652 \times 9.81 = 2.5990 \text{ นิวตัน}$$

M_w = โมเมนต์ลัพท์ของมือเพื่อรักษามดุลสถิต

F_{xw} = แรงลัพท์ในทิศทางแนวนอนแกน X ที่ข้อมือเพื่อรักษามดุลสถิต

F_{yw} = แรงลัพท์ในทิศทางแนวนอนแกน Y ที่ข้อมือเพื่อรักษามดุลสถิต

$$\theta_1 = \text{มุมของมือวัดกับแนวราบ} = 27^\circ$$

SL_1 = ความยาวจากข้อมือถึงจุดศูนย์กลางมวลของมือ

$$= \text{ความยาวมือ} \times 39.22/100$$

$$= 0.018 \times 39.22/100 = 0.0706 \text{ เมตร}$$

$$\sum F_x = F_{xw} = 0$$

$$\sum F_y = F_{yw} - W_0 - W_H = 0$$

$$\sum M_w = M_w - (W_0 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1$$

$$= 0 \text{ (สำหรับมือแต่ละข้าง)}$$

$$F_{yw} = W_0 + W_H = 0 + 2.5990 = 2.5990 \text{ นิวตัน}$$

3.2 ปัญหาทางด้านการยศาสตร์ที่พบและการแก้ไข

จากการเข้าไปเก็บข้อมูลของผู้วิจัย พบว่าท่าทางการทำงานในขั้นตอน Actuator Arm Damper มีพนักงานจำนวนไม่น้อย ที่มีปัญหาเกี่ยวกับท่าทางการทำงาน โดยมีสาเหตุมาจากโต๊ะที่พนักงานนั่งทำงานต่ำเกินไป ทำให้พนักงานต้องก้มหลังในการทำงานมากกว่าปกติ ซึ่งลักษณะงานที่ทำเป็นงานที่จะต้องกระทำซ้ำๆตลอดทั้งวัน ดังนั้นการที่พนักงานต้องก้มหลังทำงานมากๆเป็นเวลานาน อาจส่งผลเสียต่อสภาพร่างกายของพนักงานในระยะยาวได้ ผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยทดลองปรับความสูงของโต๊ะ จากเดิม 67 เซนติเมตร ให้มีขนาดสูงขึ้นเป็น 77 เซนติเมตร

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ ของอวัยวะทั้งหมด 4 ส่วน ได้แก่ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน และลำตัว โดยทำการคำนวณค่าของแรงและโมเมนต์ เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ ในช่วงก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นตามข้อต่อต่างๆ

อวัยวะ	Free Body Diagram		ค่า	ก่อนปรับปรุง (นิวตัน)	หลังปรับปรุง (นิวตัน)	% ที่ลดลง	ค่า	ก่อนปรับปรุง (นิวตัน-เมตร)	หลังปรับปรุง (นิวตัน-เมตร)	% ที่ลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง								
มือ			F_{YW}	2.60	2.60	-	M_W	0.16	0.15	9.24
แขนส่วนล่าง			F_{YE}	9.17	9.17	-	M_E	1.13	0.99	12.39
แขนส่วนบน			F_{YS}	22.58	22.58	-	M_S	2.23	2.26	-1.21
ลำตัว			F_{YT}	66.71	66.71	-	M_T	30.93	22.15	28.36
			F_C	779.28	557.72	28.43				
			F_S	47.71	43.97	7.84				

หมายเหตุ

F_{YW} = แรงลัพธ์ในทิศทางแกน Y ที่ข้อมือ
 F_{YE} = แรงลัพธ์ในทิศทางแกน Y ที่ข้อศอก
 F_{YS} = แรงลัพธ์ในทิศทางแกน Y ที่หัวไหล่
 F_{YT} = แรงลัพธ์ในทิศทางแกน Y ที่ L5/S1
 F_C = แรงอัดที่หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1
 (หาก $F_C > 3,400$ N มีศักยภาพสูงที่จะก่อให้เกิด
 อันตรายต่อหมอนรองกระดูกสันหลังของผู้ปฏิบัติงาน)

และหาก $F_C > 6,400$ นิวตัน งานนั้นจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้
เกือบทั้งหมดทุกคน)

F_S = แรงเฉือนที่หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1
 M_W = โมเมนต์ลัพธ์ที่ข้อมือ
 M_E = โมเมนต์ลัพธ์ที่ข้อศอก
 M_S = โมเมนต์ลัพธ์ที่หัวไหล่
 M_T = โมเมนต์ลัพธ์ที่ L5/ S1

จากผลการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าของแรงอัดและแรงเฉือนที่หมอนรองกระดูกมีค่าลดลงหลังการปรับขนาดของโต๊ะให้สูงขึ้น โดยโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆ มีภายหลังการปรับปรุงสถานีนงานมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

4.2 ผลการสอบภาวะความไม่สบายจากการทำงานของพนักงานหลังการปรับปรุงสถานีนงาน

จากการสอบถามความพึงพอใจภายหลังการปรับปรุงสถานีนงานพบว่า พนักงานกว่า 68.14% มีความพึงพอใจในระดับความพึงพอใจสูงสุด โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดในส่วนของการท่าทางการทำงานคือ 79.55% และมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในส่วนของการระดับความสูงของจุดที่ทำการประกอบมากที่สุด คือ 17.58% ประกอบกับการใช้แบบสอบถามภาวะความไม่สบายในการทำงาน โดยจำแนกตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย พบว่า ร้อยละของจำนวนผู้บาดเจ็บ และ ระดับความรุนแรงเฉลี่ยของอาการบาดเจ็บ ในทุกส่วนของอวัยวะที่ทำการประเมินล้วนมีค่าลดลงหลังปรับปรุงการทำงาน

5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ พบว่าก่อนปรับปรุงสถานีนงาน ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ค่าของแรงอัดที่หมอนรองกระดูก ระหว่าง L5/S1 มีค่าเท่ากับ 779.28 นิวตัน ภายหลังการปรับปรุงสถานีนงาน โดยการปรับปรุงโต๊ะทำงานให้สูงขึ้น 10 เซนติเมตรค่าของแรงอัดที่หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1 มีค่าเท่ากับ 557.72 นิวตัน การปรับปรุงการทำงานสามารถช่วยลดค่าแรงอัดที่หมอนรองกระดูกได้ 28.43% นอกจากนี้ ค่าแรงเฉือนที่หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1 และโมเมนต์ที่เกิดขึ้นตามข้อต่อเกือบทุกค่า มีค่าลดลงเมื่อมีการปรับปรุงสถานีนงาน ยกเว้นโมเมนต์ลัพท์ที่หัวไหล่ มีค่าโมเมนต์หลังปรับปรุง มากกว่าก่อนปรับปรุงการทำงานเล็กน้อย แม้ค่าแรงอัดของหมอนรองกระดูก ทั้งในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงานจะมีค่าไม่ถึงระดับอันตรายคือ 3,400 นิวตัน แต่ผลการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ ก็ชี้ให้เห็นได้ชัดว่า การปรับขนาดของโต๊ะให้สูงขึ้นสามารถช่วยลดภาระที่เกิดขึ้นบน

หมอนรองกระดูกได้ และจากการสอบถามความพึงพอใจในการทำงานพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจภายหลังการปรับความสูงของโต๊ะให้สูงขึ้น จากการศึกษาทางด้านการยศาสตร์ของผู้วิจัย ทำให้สถานประกอบมีความตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เตรียมการเพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องความสูงของโต๊ะเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ผู้วิจัยพบว่า ในการคำนวณทางชีวกลศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยความรู้และความเชี่ยวชาญ ทางด้านฟิสิกส์และกลศาสตร์ รวมทั้งระยะเวลาในการคำนวณเป็นอย่างมาก ดังนั้นการประเมินโดยวิธีนี้ จึงมีความเหมาะสมกับการประเมินท่าทางการทำงาน ที่มีจำนวนไม่มาก และผู้ประเมินต้องการคำตอบในเชิงของตัวเลขอย่างชัดเจน แต่ทั้งนี้ผลการประเมินจากการคำนวณของการท่าทางการทำงาน ของพนักงานที่แตกต่างกัน บางครั้งไม่อาจสามารถนำมาใช้ เป็นตัวชี้วัด ระดับความเสี่ยงจากการท่าทางการทำงานได้ เนื่องจากผลการคำนวณ ต้องอาศัยข้อมูลของเพศ น้ำหนัก และส่วนสูงของผู้ปฏิบัติงานประกอบการคำนวณ ซึ่งหมายความว่าท่าทางการทำงานบางท่าทางที่มีความเสี่ยงสูง แต่ผู้ปฏิบัติงานมีน้ำหนักตัวและส่วนสูงน้อย อาจทำให้ค่าที่คำนวณได้มีค่าน้อยตามไปด้วย ดังนั้น อาจก่อให้เกิดความเข้าใจผิดและนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขที่ไม่ถูกต้องได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุน จากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดแวร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (I/UCRC in HDD Components) และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Naris Charoenporn. (2000). *Ergonomics*. Faculty of Engineering. Thammasart University (In Thai).
- Donlaporn Kulsant. (2007). *Ergonomics study of employees in clean room for electronic factory*. (Thesis). Faculty of Engineering. Kasetsart University (In Thai).
- Ido Moraga, David Shinarb, Keren Saatb and Anna Osbarb. (2005). Trackball modification based on ergonomic evaluation: a case study in the sociology of ergonomics in Israel. *Industrial Ergonomics* , 35, 537-546.
- Kitti Intaranont. (2005). *Ergonomics*. Bangkok : Chulalongkorn University publisher (In Thai).
- Mao-Jiun J. Wang, Hsiu-Chen Chung and Hsin-Chieh Wu. (2004). Evaluating the 300 mm. wafer-handling task in semiconductor industry. *Industrial Ergonomics*, 34 459-466.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1981). *Work Practices Guide for Manual Lifting* . US Dept. of Health and Human Services. Cincinnati, OH, Report No. 81-122.
- Niratcha Phadejtaku. (2006). *Analysis of Ergonomics Problem in an Electronics Factory*. (Thesis). Faculty of Engineering. Kasetsart University (In Thai).
- Sangeun Jina, Ryan McCullocha, Gary A. Mirkab. (2009). Biomechanical e valuation of postures assumed when harvesting from bush crops. *Industrial Ergonomics*, 39, 347-352.
- William S. Marras, Steven A. Lavender, Sue E. Leurgans, Fadi A. Fathallah, Sue A. Ferguson, W. Gary Allread, Sudhakar L. Rajulu. (1995). Biomechanical risk factors for occupationally related low back disorders. *Ergonomics*, 38, 377-410.