รายงานการวิจัยและนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุ และผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Research and innovation development of a rehabilitation device for weakness muscular rehabilitation in the elderly and stroke patients.

รองศาสตราจารย์ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2563

รายงานการวิจัยและนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุ
และผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Research and innovation development of a rehabilitation device for weakness muscular rehabilitation in the elderly and stroke patients.

รองศาสตราจารย์ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2563

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2563 ตามสัญญาเลขที่ วช.อว.(อ)(กบง)/88/2563 รวมถึงเจ้าหน้าที่ของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาในการดำเนินการงานวิจัย จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะทีมวิจัย นำโดย รองศาสตราจารย์ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง (หัวหน้าโครงการ) และทีมวิจัยทุกท่าน ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์นิตต์อลิน พันธุ์อภัย, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์วรพล อร่ามรัศมีกุล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ ศรีรมรื่น, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์ และคุณขจรศักดิ์ ศรีกงพาน ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า ในการดำเนินการงานวิจัยในแต่ละส่วน, ประชุมระดมสอง สร้างสรรและปรับปรุงงานวิจัย จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณทีมนักกิจกรรมบำบัด นางสาวนววรรณ เจริญสุข, นางสาววรัญญา สุทธิคำภา นางเสาวลักษณ์ วรรณวิชิต และนางสาวศรีสุรางค์ เพ็ญธัญกิจ แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการงานวิจัย จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ นิสิตช่วยงานและบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ทุกท่าน ที่เสียสละเวลายามค่ำคืนในการเก็บข้อมูลงานวิจัยและทดสอบอุปกรณ์ เพื่อให้ได้งานที่คุณภาพและได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกทุก ๆ ด้าน เพื่อให้เกิดงานวิจัยอันทรงคุณค่านี้ขึ้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยนี้

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยและวงการแพทย์ไทย ที่จะมีอุปกรณ์เพื่อสามารถช่วยเหลือผู้ป่วย รวมถึงนักวิจัยผู้ที่สนใจในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูแขนและนิ้วในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง คุณความดีและประโยชน์ใดๆ จากโครงงานวิจัยนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ทางคณะผู้จัดทำวิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำวิจัย

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ไทย) การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

(อังกฤษ) Research and innovation development of a rehabilitation device for weakness muscular rehabilitation in the elderly and stroke patients.

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นที่จะออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำ เพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง รวมถึงปัญหาทางการควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น สามารถช่วยเหลือตัวเองและกลับเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีเครื่องมือทางการแพทย์ที่เหมาะสม ที่สามารถผลิตขึ้นใช้เองในประเทศไทยและลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนานวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำ สำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนและนิ้วมือที่อ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุ
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้เองภายในประเทศไทยและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ
3. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องมือแพทย์ของประเทศไทย
4. เพื่อพัฒนาศักยภาพในการผลิตเครื่องมือแพทย์ในประเทศไทย

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำ เพื่อช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง ศึกษาข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์ที่มีอยู่ ออกแบบในรายละเอียดเพื่อใช้ในการผลิตต้นแบบสำหรับการทดสอบ จัดสร้างต้นแบบนวัตกรรม ทดสอบความแข็งแรง ฟังก์ชันการทำงาน ระบบควบคุมและกลไกการทำงานต่างๆ ในทางวิศวกรรม หลังจากนั้นทดสอบการใช้งานอุปกรณ์กับกลุ่มผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง โดยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ทำศึกษาเป็นผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่มารักษาตัวที่ ที่เข้ารับการรักษาในแผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จ.นครนายก โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพในการประเมินการทดสอบ และนำผลทดสอบนวัตกรรมมาปรับปรุงแก้ไขตัวแปรที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของอุปกรณ์ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งจะทำให้นวัตกรรมต้นแบบที่ได้พัฒนามีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น

ผลการวิจัย

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. **นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง**

นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่ได้จัดสร้างขึ้น จะมีรายละเอียดใช้งานของอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 และรายละเอียดโดยรวมของอุปกรณ์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 แสดงนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและการทดสอบใช้งาน



รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดโดยรวมของอุปกรณ์กายภาพบำบัดแขนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุ

มีส่วนประกอบต่างๆ ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงดังรูปที่ 3 และตารางที่ 1 ซึ่งสรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพแขนฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการดังตารางที่ 2



รูปที่ 3 ส่วนประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์กายภาพบำบัดแขนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบต่างของอุปกรณ์กายภาพบำบัดแขนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุ

ลำดับ	รายละเอียด	ลำดับ	รายละเอียด
1	โครงสร้างหลัก	9	รางสำหรับชุดรองรับแขนสไลด์
2	โครงตัวปรับองศา	10	มอเตอร์ปรับระดับองศาความชันอุปกรณ์
3	ฐานรองรับอุปกรณ์	11	มอเตอร์ปรับความสูงอุปกรณ์
4	แผ่นรองรับการทำกิจกรรมกายภาพ	12	ชุดล้อสำหรับเคลื่อนย้ายอุปกรณ์
5	รางสไลด์เซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนไหว	13	สวิตช์ฉุกเฉิน (emergency stop)
6	เซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนไหว	14	หน้าจอแสดงผลการทำงานแบบ LCD
7	ชุดสายพานขับเคลื่อน	15	ตำแหน่งแสดงองศาการเคลื่อนที่
8	ชุดรองรับแขนสไลด์		

นวัตกรรมนี้มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ โดยให้ฝึกขยับแขนบนชุดสเกตบอร์ดกายภาพรองรับแขนผู้ป่วย ไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศา พร้อมเซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนที่ มีตัวปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) และ Passive สำหรับกรณีแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ (มีฟังก์ชันที่สามารถช่วยในการขยับแขนของผู้ป่วยให้เคลื่อนที่ไปตามรางสไลด์) สามารถปรับองศาความชันของโต๊ะอุปกรณ์ได้ 0 – 80 องศา และสามารถเพิ่ม-ลดระดับความสูงของโต๊ะอุปกรณ์ได้ 0 - 10 เซนติเมตร โดยมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยหน้าจอแสดงผล แสดงถึงเวลาและจำนวนครั้งของการทำการกายภาพ เมื่อเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมจะมีเสียงเตือน เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยพร้อมสวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน ผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบ พบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและโปรแกรมที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี มีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ = 4.61 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.52 และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ จะได้ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เท่ากับ 350,000 บาท ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 479,500 บาท มีค่า

เสื่อมมูลค่าของอุปกรณ์ปีละ 42,950 บาท และมีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ เท่ากับ 60,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 8 เดือน

เป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals –SDGs) : บรรลุเป้าหมาย SDG 3 Good Health and well-being รองรับการมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ

สถานะของผลงานวิจัย Technology Readiness Level (TRL) : Level 6 System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environments. อุปกรณ์ต้นแบบต้นแบบภาคสนามที่ผ่านการทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง (การทดสอบในภาคสนาม) และพร้อมเป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

การร่วมวิจัยกับหน่วยงานอื่น : แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตารางที่ 2 สรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพแขนฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการ

ลำดับ	อุปกรณ์ในปัจจุบัน	นวัตกรรมที่พัฒนา
1	ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้เล็กน้อย แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)	ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)
2	ทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) ได้อย่างเดียว	สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) และ Passive สำหรับกรณีแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ
3	สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา	สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา และสามารถปรับมุมการทำงานของอุปกรณ์ได้
4	ไม่สามารถปรับองศาความชันของอุปกรณ์ได้ (ใช้ในแนวระนาบเท่านั้น)	สามารถปรับองศาความชันของอุปกรณ์ได้ 0 - 70 องศา
5	ไม่สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้	สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้
6	ไม่สามารถปรับระดับความสูงได้	สามารถปรับระดับความสูงของอุปกรณ์ได้ 0 - 10 เซนติเมตร
7	ไม่มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้	มีหน่วยการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้
8	เป็นอุปกรณ์กายภาพบำบัดแบบสเกตบอร์ด	เป็นชุดโต๊ะกายภาพ ที่สามารถปรับความสูงของโต๊ะให้เข้ากับผู้ใช้งานได้

2. **นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง**

นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่ได้จัดสร้างขึ้น จะมีรายละเอียดของอุปกรณ์และหลักการทำงานดังรูปที่ 4

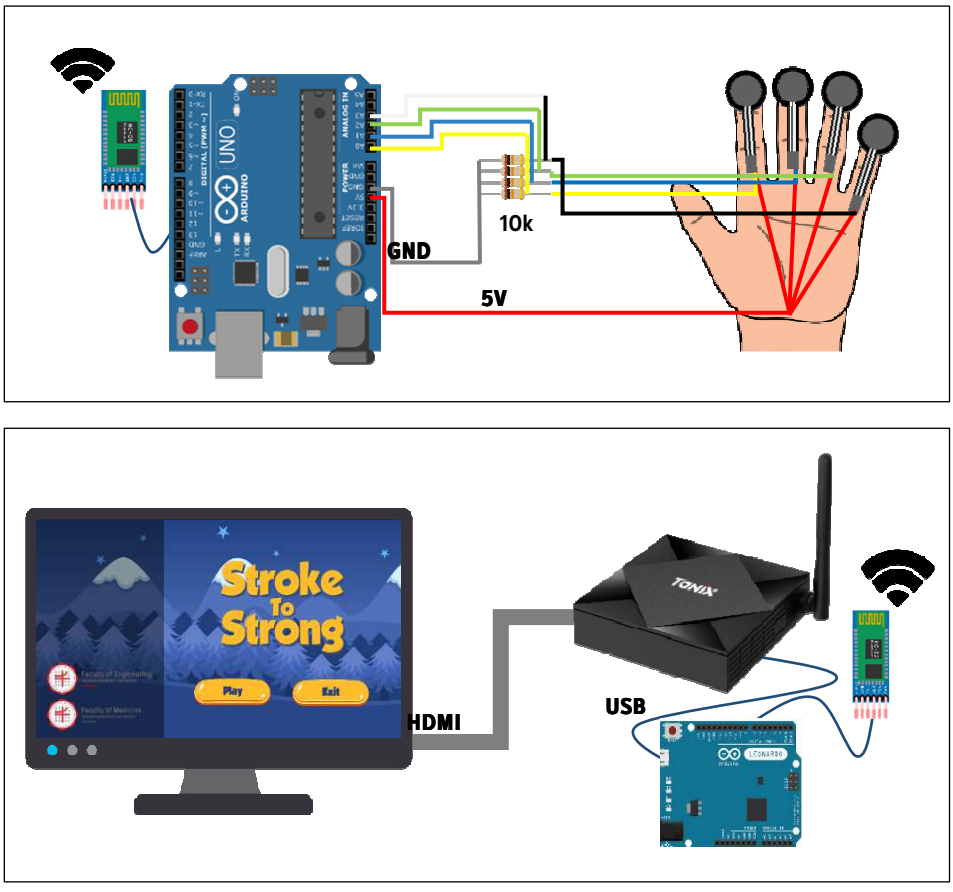


รูปที่ 4 แสดงนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและการทดสอบใช้งาน

ชุดอุปกรณ์จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนส่งสัญญาณที่เป็นถุงมือติดตั้งเซนเซอร์รับแรงกดไว้ที่ปลายนิ้วและบอร์ดควบคุม (Arduino uno) ที่เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณไร้สายและส่วนรับสัญญาณประกอบด้วยบอร์ดควบคุม Arduino Leonardo ที่เชื่อมต่อกับโมดูลรับสัญญาณไร้สายและกล่อง Android ที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผลด้วยสาย HDMI ดังแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 ชุดส่งและรับสัญญาณของอุปกรณ์กายภาพมือ



รูปที่ 6 วงจรควบคุมของชุดส่งและรับสัญญาณของอุปกรณ์กายภาพมือ

นวัตกรรมนี้มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงมือที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาชุดอุปกรณ์การฝึกบริหารการเคลื่อนไหวของมือและนิ้วมือ โดยทำกิจกรรมผ่านการเล่นเกมส์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยที่สามารถใช้ได้ทั้งมือขวาและซ้าย และสามารถเลือกระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้ตามเหมาะสมของผู้ป่วย มีการแสดงผลคะแนนและเวลาหลังทำการกายภาพได้...ผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบ พบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานตามฟังก์ชันได้ถูกต้องและแม่นยำ ตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้เป็น

อย่างดี มีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ = 4.67 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.54 และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ จะได้ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เท่ากับ 295,000 บาท ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 347,750 บาท และมีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ เท่ากับ 60,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 6 เดือน

เป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals –SDGs) : บรรลุเป้าหมาย SDG 3 Good Health and well-being รองรับการมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ

สถานะของผลงานวิจัย Technology Readiness Level (TRL) : Level 5-6 Component and/or breadboard validation in relevant environments. อุปกรณ์ต้นแบบต้นแบบภาคสนามที่ผ่านการทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง (การทดสอบในภาคสนาม) และเป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

การร่วมวิจัยกับหน่วยงานอื่น : แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตารางที่ 3 สรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพมือฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการ

ลำดับ	อุปกรณ์ในปัจจุบัน	นวัตกรรมที่พัฒนา
1	ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)	ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)
2	เป็นอุปกรณ์กายภาพทั่วไปที่ไม่มีการต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับคอมพิวเตอร์	สามารถใช้คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window ในการทำงาน
3	ไม่มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้ และอุปกรณ์กายภาพทำได้ตามระดับของอุปกรณ์เท่านั้น	มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดผ่านทางแอปพลิเคชั่นหรือคอมพิวเตอร์ได้ มีการแสดงผลคะแนนและเวลาหลังทำการกายภาพและสามารถเลือกระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้
4	เป็นอุปกรณ์กายภาพทั่วไปที่ไม่มีการต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับคอมพิวเตอร์	อุปกรณ์การทำงานเป็นแบบไร้สาย เพื่อสะดวกในการกายภาพและใช้งาน
5	สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	สามารถเคลื่อนย้ายและใช้งานได้สะดวก
6	วัสดุของอุปกรณ์เป็น ยาง ลูกปัด ลูกบอล เป็นต้น	วัสดุของอุปกรณ์เป็นวัสดุไร้สนิม (ผ้ายาง, อะคิลิค , อลูมิเนียม, พลาสติก) และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

ประโยชน์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งหวังการพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้ว เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวและสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ สามารถกลับมาใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน รวมถึงบุคคลทั่วไปหรือนักกีฬาที่มีภาวะของข้อต่อบริเวณไหล่ติดขัด ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น โดยสรุปประโยชน์ของงานวิจัยได้ดังนี้

1. ได้นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้อช่วงแขนและนิ้วมือที่อ่อนแรง ที่เป็นแนวทาง แหล่งเรียนรู้ของผู้ที่สนใจ นักศึกษาและผู้ที่ใช้เครื่องมือทางการแพทย์ในลักษณะเดียวกัน รวมถึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยใหม่ๆ ได้ รวมถึงพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือแพทย์ที่เหมาะสมขึ้นในใช้เองในประเทศไทยและลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
2. มุ่งหวังให้ผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้อช่วงแขนและนิ้วมือที่อ่อนแรงมีพัฒนาทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น กลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงเพื่อช่วยเหลือตัวเองได้
3. ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทย ทำให้คุณภาพชีวิต/ความเป็นอยู่ของผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองดีขึ้น
4. ผลงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับการยอมรับและมีคุณภาพระดับชาติหรือนานาชาติ ที่สามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติได้ อีกทั้งสามารถจดสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตรได้

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

ตารางที่ 4 สรุปข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

รายการ	ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป
1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	1.1 ปรับปรุงชุดรองรับแขนสไลด์ ให้สามารถรองรับช่วงแขนต่างๆ ของผู้ใช้งานได้และปรับปรุงชุดควบคุมเป็นแบบการควบคุมย้อนกลับ (Close loop) เพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีขึ้น
	1.3 เพิ่มระบบความปลอดภัย เพื่อป้องกันกลไกตอนทำงานจากผู้คนภายนอกเช่น เสียงเตือนขณะอุปกรณ์กำลังทำงาน เซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ เป็นต้น
	1.4 พัฒนาระบบควบคุมและการใช้งานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง
2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	2.1 พัฒนาตัวอุปกรณ์ให้มีความสวยงาม ให้น่าใช้งานมากขึ้น และใช้เซ็นเซอร์รับแรง (Force Sensor) ที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำมากขึ้น
	2.2 พัฒนาโปรแกรมอัจฉริยะ โดยควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ผ่านเซ็นเซอร์และแอนดรอยด์แอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง
	2.3 พัฒนาระบบควบคุมและการใช้งานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมกายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำ เพื่อช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง รวมถึงปัญหาทางการควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น สามารถช่วยเหลือตัวเองและกลับเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยฟื้นฟูอาการดังกล่าวที่มีอย่างจำกัดและราคาสูง ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถผลิตได้เองและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทย โดยนวัตกรรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนแรกนวัตกรรมเพื่อใช้ฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขน มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้ช่วงแขนที่อ่อนแรงของผู้ป่วย โดยการให้ผู้ป่วยสอดแขนเข้าไปที่ชุดสเกตบอร์ดกายภาพรองรับแขนที่มีตัวปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ หากผู้ป่วยมีแรงมากพอก็ให้ฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศาที่มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนที่ แต่หากแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ ตัวอุปกรณ์มีฟังก์ชันที่สามารถช่วยในการขยับแขนของผู้ป่วยให้เคลื่อนที่ไปตามรางสไลด์ได้ ตัวอุปกรณ์สามารถปรับองศาความชันได้ 0 – 70 องศา และสามารถปรับความสูงนวัตกรรมได้ 0 - 10 เซนติเมตร โดยมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยหน้าจอแสดงผล แสดงถึงเวลาและจำนวนครั้งของการทำการกายภาพในระหว่างการใช้อุปกรณ์ มีเสียงเตือนเมื่อทำกิจกรรมเสร็จสิ้น พร้อมสวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยของผู้ป่วย

ส่วนที่สองนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือและนิ้ว มุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ฝึกบริหารการเคลื่อนไหวของมือและนิ้วมือ โดยทำกิจกรรมผ่านการเล่นเกมที่ได้ออกแบบไว้ ที่สามารถใช้ได้ทั้งมือขวาและมือซ้าย ตัวอุปกรณ์จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรก ส่วนส่งสัญญาณที่เป็นถุงมือติดตั้งเซนเซอร์รับแรงกดไว้ที่ปลายนิ้วควบคุมด้วยบอร์ด Arduino UNO ที่เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณไร้สาย และส่วนที่สอง ส่วนรับสัญญาณประกอบด้วยบอร์ดควบคุม Arduino Leonardo เชื่อมต่อกับโมดูลรับสัญญาณไร้สายและอุปกรณ์สำหรับการแสดงผลที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผล สามารถเลือกระดับความยากง่ายของการทำกิจกรรมกายภาพได้ตามเหมาะสมของผู้ป่วย มีการแสดงผลคะแนนและเวลาหลังทำการกายภาพ

ผลการศึกษาและทดสอบนวัตกรรมกับบุคคลทั่วไปและกลุ่มเป้าหมายผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่มารักษาตัวที่ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพในการประเมินการทดสอบ พบว่าอุปกรณ์ทั้ง 2 ส่วนสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและโปรแกรมที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี โดยส่วนแรกมีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ มีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ = 4.61 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.52 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ จะได้ราคาต้นทุนการผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 479,500 บาท มีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพ 60,000 บาทต่อเดือนและคืนทุนได้ภายใน 8 เดือน และส่วนที่สองมีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ = 4.67 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.54 ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ จะได้ราคาต้นทุนการผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 347,750 บาท มีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพ 60,000 บาทต่อเดือนและคืนทุนได้ภายใน 6 เดือน

คำสำคัญ: อุปกรณ์กายภาพบำบัด, เวชศาสตร์ฟื้นฟู, โรคหลอดเลือดสมอง, โรคอัมพาตครึ่งซีก, ผู้สูงอายุ, ระบบควบคุม

ABSTRACT

This research focuses on designing and developing physical innovations in the forearm to hand and finger re-learning model to help rehabilitation in patients with cerebrovascular disease and the elderly with muscle weakness in the arms and hands, including movement control problems. The device was developed as a prototype for medical device technology to help and restore such symptoms, which is suitable for use and can be produced by ourselves in a country, reduce imports from abroad, and promote and expand the opportunity to access effective treatment in Thailand. It can help patients develop better movement to help themselves and return to normal or nearly normal. Moreover, accessing this kind of device nowadays is limited and expensive. The innovation is divided into two parts as follows:

The first part is an innovation for arm rehabilitation that focuses on re-learning exercises for weak arms to treat and rehabilitate the use of the patient's weak arms. They had the patient insert his arm into the physical skateboard set to support the arm with a traverse resistance adjuster. If the patient has enough strength, practice moving the arm along a 0 -180-degree semicircular slide equipped with a meter sensor. However, if the patient's arm is not strong enough, the device has a function that can help the patient move their arm along the slide rail. The device can adjust the slope of 0 - 70 degrees and adjust the innovative height 0 - 10 centimeters with measurement and display of the work with the display screen. There was a screen showing the time and number of physical actions performed during the use of the device. There is a warning sound when the activity is complete, and there is an emergency stop switch for the convenience and safety of patients.

The second part is an innovation for hand and finger rehabilitation focusing on the development of hand and finger movement training equipment by doing activities through games that have been designed that can be used for both right-handed and left-handed. The device composts of 2 parts: (1) the transmitter part, which is a glove mounted pressure sensor at the fingertip controlled by an Arduino UNO board connected to the wireless transmitter module (2) the receiver, which consists of an Arduino Leonardo control board connected to the wireless receiver module and a display device connected to the display. The level of difficulty of physical activity can be selected according to the patient's suitability. Achievement score and time usage are displayed after physical activity.

According to the study results and testing of innovations with the participants (the general public, the elderly and cerebrovascular patients with muscle weakness who visited the hospital Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn Medical Center, Srinakharinwirot University), the satisfaction of physical equipment testing was found that both parts of the devices can work well according to the functions and programs designed. In the first part, the overall satisfaction assessment was at the "highest" level for almost all items, with a mean $(\bar{x})$ = 4.61 and a standard deviation (S.D.) = 0.52. For the second part,

the overall satisfaction assessment is at the level of "the most" almost all items, with a mean $(\bar{x})$ = 4.67 and standard deviation (S.D.) = 0.54. For the economic analysis, the cost of production and distribution of equipment is equal to 479,500 baht. If the income from using physical equipment is 60,000 baht per month, the break-even point will be within eight months. For the economic analysis, the cost of production and distribution of equipment equals 347,750 baht. If income from using physical equipment is 60,000 baht per month and payback within six months.

Keywords: Rehabilitation Device, Therapy equipment, Rehabilitation, Stroke Patient, Elderly

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทสรุปผู้บริหาร	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ฎ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฐ
สารบัญเรื่อง	ฒ
สารบัญตาราง	ต
สารบัญรูปภาพ	ท
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ผ
บทที่ 1 บทนำ	1
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของการศึกษา	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
โรคหลอดเลือดสมอง	3
อาการโรคหลอดเลือดในสมอง	4
ผลของโรคหลอดเลือดในสมอง	5
แนวทางการรักษา	5
การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยวิธี Manual Muscle Testing	6
การกายภาพบำบัดในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	6
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมอง	9
ลักษณะทางกายภาพของแขน	19
บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	23
1. การออกแบบนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	23
หลักการทำงานของตัวนวัตกรรมฯ	26
โครงสร้างและส่วนประกอบของโต๊ะกายภาพบำบัด	28
การออกแบบชุดกายภาพบำบัดแขน	30
การคำนวณการออกแบบนวัตกรรมฯ	31
การวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยวิธี Finite Element	41
2. การออกแบบนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	50
หลักการทำงานของอุปกรณ์	52
การพัฒนาโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ	52
ผังงานการทำงานของโปรแกรม	52
ชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ	55

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
โปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด	58
การทดสอบอุปกรณ์ กลุ่มเป้าหมายที่ทำศึกษา วิธีประเมินการทดสอบและสถานที่ทดสอบ	62
การวิเคราะห์ข้อมูล	63
บทที่ 4 ผลการวิจัย อภิปรายและวิจารณ์ผล	65
1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	65
อุปกรณ์การทดสอบ	66
ส่วนประกอบต่างๆ ของนวัตกรรมฯ	68
หลักการทำงานของนวัตกรรมฯ	69
การทดสอบนวัตกรรมฯ	72
- การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์	72
- การทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์	73
- การทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับของอุปกรณ์	76
- การทดสอบหาประสิทธิภาพการงานแบบ Passive ของอุปกรณ์	80
- การทดสอบหาประสิทธิภาพการงานแบบ Active ของอุปกรณ์	85
- การทดสอบการบริหารกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องช่วงแขนโดยการทำกิจกรรมกายภาพ	89
- การทดสอบความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพช่วงแขน	92
- การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมฯ	98
2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	101
ส่วนประกอบต่างๆ ของนวัตกรรมฯ	101
หลักการทำงานของนวัตกรรมฯ	102
การทดสอบนวัตกรรมฯ	103
- การทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กายภาพมือ	104
- การทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของโปรแกรม	111
- การทดสอบความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพช่วงแขน	118
- การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมฯ	124
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	127
สรุปผลการวิจัย	127
1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	128
2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	130

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
ประโยชน์ของงานวิจัย	131
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป	132
บรรณานุกรม	133
ภาคผนวก	135
ภาคผนวก ก สรุปผลงานวิจัย	137
ภาคผนวก ข สรุปงานวิจัยในรูปแบบ info graphic	145
ภาคผนวก ค ภาพโดยรวมของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น	153
ภาคผนวก ง แบบขนาดโดยรวมของนวัตกรรมกายภาพที่พัฒนาขึ้น	159
ภาคผนวก จ สิทธิบัตร Manuscript	171
คณะผู้จัดทำวิจัย	179

สารบัญตาราง

ตารางที่	**หน้า**
2.1 การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	6
2.2 น้ำหนักและความยาวของแขนโดยเฉลี่ยของมนุษย์	20
3.1 รายละเอียดนวัตกรรมการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	25
3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง	49
3.3 เปรียบเทียบ Displacement ระหว่างวิธีการคำนวณกับวิธี Finite Element	49
3.4 แสดงรายละเอียดในการพัฒนานวัตกรรมกายภาพมือฯ	51
3.5 แสดงความสอดคล้องการเคลื่อนไหวของตัวละครกับท่าทางกายภาพบำบัดมือ	61
4.1 ส่วนประกอบต่างๆ โต๊ะกายภาพบำบัด	69
4.2 ผลสรุปประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์	72
4.3 สถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม	92
4.4 ผลระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ	93
4.5 ผลร้อยละของระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ	93
4.6 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	94
4.7 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบที่มีต่อนวัตกรรมฯ	97
4.8 ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์	98
4.9 สรุปราคาจำหน่ายอุปกรณ์กายภาพฯ	98
4.10 คิดค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ในระยะเวลา 10 ปี	99
4.11 รายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ ใน 1 เดือน	100
4.12 ผลการทดสอบถูกต้องในการทำงานของเซ็นเซอร์แรงกด (FSR sensor)	105
4.13 ผลการทดสอบเพื่อหาค่ามาตรฐานของแรงกดนิ้วมือสำหรับผู้ใช้งานจริง	105
4.14 ผลการทดสอบความถูกต้องในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Arduino Uno และ Arduino Leonardo	106
4.15 ผลการทดสอบการควบคุมคีย์บอร์ดด้วย FSR sensor	109
4.16 ผลการทดสอบการหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยในการรับ - ส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างอุปกรณ์	110
4.17 ผลการทดสอบเมื่อนำอุปกรณ์กายภาพมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมเกมบน microcomputer	111
4.18 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าแสดงผลลัพธ์	112
4.19 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเลือกนิ้วมือที่จะใช้จากมือฝั่งซ้ายและมือขวา	112
4.20 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วชี้	113
4.21 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วกลาง	114
4.22 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วนาง	115
4.23 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วก้อย	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.24 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับทุกนิ้ว	116
4.25 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าแสดงผลลัพธ์	117
4.26 สถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม	118
4.27 ผลระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ	119
4.28 ผลร้อยละของระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ	120
4.29 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	120
4.30 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบที่มีต่อนวัตกรรมฯ	123
4.31 ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์	124
4.32 สรุปราคาจำหน่ายอุปกรณ์กายภาพฯ	124
4.33 รายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ ใน 1 เดือน	125
5.1 สรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพแขนฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการ	128
5.2 สรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพมือฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการ	130
5.3 สรุปข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป	131

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 การแตกของหลอดเลือดในสมอง	4
1.2 ประเภทของโรคหลอดเลือด	4
1.3 ผู้ป่วยมีอาการวิงเวียนศีรษะ	5
1.4 กระบวนการทางกายภาพบำบัด	7
1.5 บันทึกการรักษาพยาบาลโรคหลอดเลือดสมองของศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู	7
1.6 การฝึกใช้มือข้างอัมพาตเคลื่อนย้ายวัตถุ	8
1.7 ผู้ป่วยใช้แขนและมือข้างอัมพาตช่วยในการทำกิจวัตรประจำวัน	8
1.8 การส่งเสริมช่วยผู้ป่วยใช้แขนและมือข้างอัมพาตช่วยในการทำกิจวัตรประจำวัน	8
1.9 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ที่ออกแบบ	9
1.10 อุปกรณ์กายภาพบำบัดแบบสเกตบอร์ด	9
1.11 อุปกรณ์หุ่นยนต์ฟื้นฟูแขนส่วนบน	10
1.12 ระบบ Passive และ Active The Swedish Help arm	10
1.13 อุปกรณ์ BTE Simulator II สำหรับการฝึกอบรม ADL	10
1.14 Hesse arm trainer จัดเรียงในสองการตั้งค่าที่แตกต่างกัน	11
1.15 หุ่นยนต์แขนโคเซ่น	11
1.16 อุปกรณ์การกายภาพด้วยกลไกสปริงที่ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพให้แขนและผลการทดสอบ	12
1.17 ผู้ป่วยขณะฝึกด้วยเกม Wii-hab	12
1.18 ผู้ป่วยกายภาพด้วย MIRA	13
1.19 ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและอุปกรณ์การกายภาพที่ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพ	13
1.20 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนของผู้ป่วย	14
1.21 การทดสอบการประเมินความน่าเชื่อถือของพื้นที่ทำงานการเคลื่อนไหวสำหรับที่นั่งที่แตกต่างกัน	14
1.22 แสดงรูปแบบของทิศทางการเคลื่อนไหวที่ต่างกัน	14
1.23 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์และโปรแกรมที่พัฒนา	15
1.24 อุปกรณ์คิเน็ค	15
1.25 การทดลองติดตั้งหุ่นยนต์ข้อมือที่ควบคุมด้วยไมโออิเล็กทริก	16
1.26 Haptic master แบบสัมผัส	17
1.27 ผู้ป่วยที่ใช้ MIT-Manus	17
1.28 หุ่นยนต์ฟื้นฟูแขน ARMin	17
1.29 ตัวเพิ่มการเคลื่อนไหวของภาพสะท้อน	18
1.30 The GENTLE/s system with the HapticMaste	18
1.31 ARM guide in active assist mode	18
1.32 การออกแบบโดยรวมของโครงสร้างของหุ่นยนต์มัลติเพล็กซ์นอกโครงกระดูกที่ขับเคลื่อนด้วยเชือก	19
1.33 กระดูกและข้อต่อของ upper limb	19

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
1.34 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงของคนไทย	21
1.35 กล้ามเนื้อปลายแขน	21
1.36 กล้ามเนื้อฝ่ามือ	21
1.37 โครงสร้างมือของไทยอายุ 17-49 ปี	22
3.1 อุปกรณ์กายภาพช่วงแขนที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันในประเทศไทยและต่างประเทศ	23
3.2 แสดงภาพโดยรวมของนวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	24
3.3 แสดงภาพโดยรวมของนวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพฯ	25
3.4 การกวาดแขนของเครื่องกายภาพ 0 – 180 องศา	26
3.5 การปรับองศาความชัน	26
3.6 กลไกสำหรับการปรับองศาความชัน	27
3.7 จอแสดงผล LCD	27
3.8 ชุดกล่องควบคุม	28
3.9 โครงสร้างและส่วนประกอบโต๊ะกายภาพในมุมมอง Side view	28
3.10 โครงสร้างและส่วนประกอบโต๊ะกายภาพในมุมมอง Front view	29
3.11 โครงสร้างและส่วนประกอบโต๊ะกายภาพในมุมมอง Back view	29
3.12 ขนาดและมิติของโครงสร้างโต๊ะกายภาพบำบัดแขน	30
3.13 ตำแหน่งจุดหมุนในมุมมอง Top view	30
3.14 ตำแหน่งอุปกรณ์ปรับแรงเสียดทานในมุมมอง Back Isometric view	31
3.15 ตำแหน่งตัวปรับองศาความชันในมุมมอง Side view	31
3.16 แสดงโครงโต๊ะกายภาพบำบัด	32
3.17 แสดงโหลดที่กระทำกับโครงโต๊ะกายภาพบำบัด	32
3.18 โครงโต๊ะในมุมมอง Back view	34
3.19 โต๊ะกายภาพบำบัดแขนและที่วางแขน	35
3.20 แสดงองค์ประกอบและตำแหน่งล้อของที่วางแขนกายภาพในมุมมอง Bottom view	35
3.21 โต๊ะกายภาพบำบัดแสดงแรงในการเคลื่อนที่ที่ 0 องศาในมุมมอง Top view	36
3.22 แสดงแรงที่ล้อกระทำกับราง	36
3.23 แสดงแรงที่กระทำกับความชันของโต๊ะที่ 70 องศาที่ตำแหน่งสูงสุด	37
3.24 แสดงแรงที่กระทำกับความชันของโต๊ะที่ 70 องศาที่ตำแหน่งต่ำสุด	38
3.25 แสดงแรงที่กระทำกับมอเตอร์ปรับองศาความชัน	39
3.26 แสดงมอเตอร์ขับเคลื่อน arm support และการเคลื่อนที่	40
3.27 แสดงรายละเอียดตำแหน่งที่ Simulation	41
3.28 แสดงแรงที่กระทำกับโครงโต๊ะและ mesh ของโครงโต๊ะ	41
3.29 แสดงค่าความเค้นของโครงโต๊ะ (Stress)	42
3.30 แสดงค่าการกระจัดของโครงโต๊ะ (Displacement)	42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.31 แสดงค่าความเครียดของโครงโต๊ะ (Strain)	43
3.32 แสดงค่าความปลอดภัยของโครงโต๊ะ (Factor of safety)	43
3.33 แสดงแรงที่กระทำและ mesh ของตัวปรับองศาความชัน	44
3.34 แสดงค่าความเค้นของตัวปรับองศาความชัน (Stress)	44
3.35 แสดงค่าการกระจัดของตัวปรับองศาความชัน (Displacement)	45
3.36 แสดงค่าความเครียดของตัวปรับองศาความชัน (Strain)	45
3.37 แสดงค่าความปลอดภัยของตัวปรับองศาความชัน (Factor of safety)	46
3.38 แสดงลักษณะที่ยึดจุดหมุน	46
3.39 แสดง mesh สลักล็อค ตำแหน่งจุดยึดและแรงที่กระทำ	47
3.40 แสดงค่าความเค้นของที่ยึดจุดหมุน (Stress)	47
3.41 แสดงค่าการกระจัดของที่ยึดจุดหมุน (Displacement)	48
3.42 แสดงค่าความเครียดของเหล็กสลักล็อค (Strain)	48
3.43 แสดงค่าความปลอดภัยของเหล็กสลักล็อค (Factor of safety)	49
3.44 แสดงภาพรวมของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง	50
3.45 แสดงภาพรวมของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง	50
3.46 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง	51
3.47 หลักการทำงานของระบบทั้งหมด	52
3.48 หลักการออกแบบโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ	52
3.49 ผังการทำงานของโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ	53
3.50 หลักการทำงานของระบบทั้งหมด	54
3.51 แสดงภาพรวมของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง	54
3.52 หลักการทำงานของถุงมือสำหรับการกายภาพบำบัด	55
3.53 ส่วนเซ็นเซอร์รับแรงกดของถุงมือสำหรับการกายภาพบำบัด	56
3.54 ชุดส่งสัญญาณ	56
3.55 หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ (ชุดส่งสัญญาณ)	57
3.56 ชุดรับสัญญาณ	57
3.57 หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ (ชุดรับสัญญาณ)	58
3.58 Microcomputer (Tanix box) ที่เชื่อมต่อกับชุดรับสัญญาณ	58
3.59 หลักการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์ในการคุมควบโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัด	58
3.60 ส่วนประกอบโปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด	59
3.61 ส่วนหน้าแสดงผลเพื่อเลือกเข้าโปรแกรม	59
3.62 ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่ตัวละครเดินไปทางขวา	60
3.63 ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนน	61

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.64 ผังการทำงานของโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ	62
4.1 เครื่องกายภาพบำบัดแขนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	65
4.2 โต๊ะกายภาพแขนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	66
4.3 นาฬิกาจับเวลา	66
4.4 ตลับเมตร	66
4.5 ตัววัดองศา	67
4.6 ตัววัดแรง	67
4.7 ตัววัดความเร็ว	67
4.8 ส่วนประกอบต่างๆ ของโต๊ะกายภาพบำบัดฯ	68
4.9 ลักษณะการกวาดของแขนกายภาพเป็น 0 - 180 องศา	69
4.10 ลักษณะการยกตัวปรับองศาความชันที่ 0 - 70 องศา	70
4.11 แสดงความแตกต่างของเส้นระดับการปรับความสูงของโต๊ะกายภาพ	70
4.12 มอเตอร์ขับเคลื่อนและสวิตช์ฉุกเฉิน (emergency stop)	70
4.13 ขั้นตอนการทำงานของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	71
4.14 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์และการทดสอบหาความเร็วในการปรับองศาของของอุปกรณ์	73
4.15 แสดงกราฟทดสอบการเคลื่อนที่ตัวปรับองศาโต๊ะ	74
4.16 กราฟแสดงความเร็วและเวลาในการปรับองศาของอุปกรณ์ขาขึ้น	75
4.17 กราฟแสดงความเร็วและเวลาในการปรับองศาของอุปกรณ์ขาลง	75
4.18 กราฟแสดงความเร็วในการปรับองศาของอุปกรณ์ขาขึ้นและขาลง	76
4.19 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับและความเร็วการเคลื่อนที่ในการปรับระดับของอุปกรณ์	77
4.20 กราฟแสดงการวัดการปรับความสูงโต๊ะกายภาพฯ	77
4.21 กราฟแสดงความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาขึ้น	78
4.22 กราฟแสดงความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาลง	79
4.23 กราฟแสดงความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาขึ้นและขาลง	79
4.24 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive	81
4.25 กราฟแสดงความเร็วแขนกายภาพแบบ Passive โดยใช้ความเร็ว Half	81
4.26 กราฟแสดงความเร็วแขนกายภาพแบบ Passive โดยใช้ความเร็ว Max	82
4.27 กราฟแสดงความเร็วแขนกายภาพแบบ Passive โดยใช้ความเร็ว Half-Max	82
4.28 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive โดยใช้ตัวปรับความฝืด	83
4.29 กราฟแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive แบบไม่ใส่น้ำหนักถ่วง โดยใช้ตัวปรับความฝืด	84

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.30 แสดงขั้นตอนการทดสอบการหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน	85
4.31 กราฟแสดงค่าแรงเฉลี่ยเทียบกับความชันต่างๆ ของอุปกรณ์ที่ระดับความฝืดต่างๆ ของชุดรองรับแขน	86
4.32 กราฟแสดงเปอร์เซ็นของแรงที่เพิ่มขึ้นเทียบกับความชันต่างๆ ของอุปกรณ์ที่ระดับความฝืดต่างๆ ของชุดรองรับแขน	86
4.33 แสดงขั้นตอนการทดสอบการวัดความเร็วแขนกายภาพโดยคนปกติ	87
4.34 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการทำกิจกรรมกายภาพของผู้ทดสอบ	87
4.35 กราฟแสดงความเร็วเฉลี่ยในการทำกิจกรรมกายภาพของผู้ทดสอบ	88
4.36 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก	88
4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนกับตัวถ่วงน้ำหนัก	89
4.38 แสดง Anatomy ช่วงแขน	90
4.39 แสดง Anatomy ช่วงหัวไหล่ในการกายภาพที่ตำแหน่ง 0 องศา	91
4.40 แสดง Anatomy ช่วงแขนส่วนต้นในการกายภาพที่ตำแหน่ง 90 องศา	91
4.41 กราฟแสดงร้อยละของจำนวนช่วงอายุของผู้ทดสอบอุปกรณ์	92
4.42 กราฟแสดงระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมิน	94
4.43 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ	95
4.44 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ	96
4.45 ชุดอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง	101
4.46 ชุดอุปกรณ์ส่งสัญญาณ	102
4.47 แผนผังวงจรไฟฟ้าชุดส่งสัญญาณของอุปกรณ์กายภาพมือ	102
4.48 ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ	103
4.49 แผนผังวงจรไฟฟ้าชุดรับสัญญาณของอุปกรณ์กายภาพมือ	103
4.50 การกดแรงบนเซ็นเซอร์	104
4.51 กราฟแสดงความแม่นยำในการทำงานของเซ็นเซอร์แรงกด	105
4.52 ผลจากการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Microcontroller	106
4.53 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วชี้	107
4.54 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วกลาง	107
4.55 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วนาง	108
4.56 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วก้อย	108
4.57 แสดงผลการควบคุมคีย์บอร์ดด้วย FSR sensor	109
4.58 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำเมื่อนำอุปกรณ์การกายภาพมือมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมสำหรับการทำกายภาพมือ	110

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	**หน้า**
4.59 กราฟแสดงความแม่นยำในการทำงานของอุปกรณ์	111
4.60 หน้าต่างแสดงหน้าของโปรแกรม	112
4.61 หน้าต่างแสดงการเลือกมือสำหรับการกายภาพ	112
4.62 ตัวอย่างการทดสอบท่าที่ 1 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ ของมือซ้ายและมือขวา	113
4.63 ตัวอย่างการทดสอบที่ 2 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วกลาง ของมือซ้ายและมือขวา	114
4.64 ตัวอย่างการทดสอบที่ 3 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วนาง ของมือซ้ายและมือขวา	114
4.65 ตัวอย่างการทดสอบที่ 4 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย ของมือซ้ายและมือขวา	115
4.66 ตัวอย่างการทดสอบที่ 5 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อย ของมือซ้ายและมือขวา	116
4.67 หน้าต่างแสดงผลลัพธ์เมื่อเล่นจนจบเกม	117
4.47 รูปการทดสอบชุดอุปกรณ์กายภาพมือจากผู้ใช้งานจริง	118
4.48 กราฟแสดงร้อยละของจำนวนช่วงอายุของผู้ทดสอบอุปกรณ์	119
4.49 กราฟแสดงระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมิน	121
4.50 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ	122
4.51 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ	122
5.1 แสดงนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและการทดสอบใช้งาน	127
5.2 แสดงนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและการทดสอบใช้งาน	129

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	ความเร่งของวัตถุ	m/s^2
E	Modulus of elasticity or Yong's Modulus	N/m^2
F	แรงที่กระทำกับวัตถุ	N
f	แรงเสียดทานของวัสดุ	N
g	แรงโน้มถ่วงของโลก	m/s^2
M	โมเมนต์ของแรง	Nm
m	มวลของวัตถุ	kg
N	แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัสกระทำตั้งฉากกับวัตถุ	N
I	Moment of Inertia	m^4
L	ระยะทาง, ความยาว	m
t	เวลา	s
W	น้ำหนักของวัตถุ	N
y	ระยะโก่งงอ (Deflection)	m
SF	ค่าความปลอดภัย	
N	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	
$\bar{x}$	ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean)	
S.D.	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)	
f	ค่าความถี่	
σ	ความเค้นในวัสดุ	N/m^2
ε	ความเครียดในวัสดุ	
μ	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	

บทที่ 1
บทนำ

หลักการและเหตุผล

โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease, stroke) หรือโรคอัมพฤกษ์อัมพาต เป็นโรคทางระบบประสาทที่พบบ่อยและเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศและโลก ทาง World Stroke Organization (WSO) รายงานสาเหตุการตายจากโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการตายอันดับ 2 ในคนอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป และเป็นสาเหตุการตายอันดับ 5 ของคนอายุระหว่าง 15 - 69 ปี โดยในแต่ละปีมีประมาณ 6 ล้านคนทั่วโลกเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมอง ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาการส่วนใหญ่จะเป็นแบบอัมพาตหรืออ่อนแรงครึ่งซีก โดยผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่บริเวณแขนขา การควบคุมมือในการหยิบจับที่ผิดปรกติ อันเกิดจากความผิดปกติของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงาน และจะต้องได้รับการบำบัดรักษาด้วยวิธีการที่แตกต่างกันไป เช่น การบำบัดด้วยตนเอง การบำบัดโดยผู้ช่วย หรือการใช้อุปกรณ์ช่วยในการบำบัด ซึ่งผลที่ออกมาพบว่า การมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการบำบัดผู้ป่วย จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการบำบัดด้วยตนเอง โดยใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูสภาพร่างกายให้ดีขึ้นเหมือนปกติเป็นตัวกำหนด จากที่กล่าวมาข้างต้นในการที่ผู้ป่วยหลอดเลือดสมองจะหายจากอาการอ่อนแรงและกลับมาใช้ชีวิตได้ตามปกตินั้น จำเป็นจะต้องมีการรักษาและกายภาพอย่างถูกวิธี ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีและความรู้ทางการแพทย์มาช่วยในการพัฒนาสมองที่ถูกทำลาย แต่ปัจจุบันในประเทศไทยมีอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยรักษาและทำกายภาพอยู่อย่างจำกัดและราคาสูงมาก เนื่องจากไม่มีผู้ผลิตในประเทศและต้องนำเทคโนโลยีเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ดังใจ ให้ผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น กลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน เพื่อให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือแพทย์เพื่อใช้ในฟื้นฟูสรรถภาพร่างกายที่สามารถผลิตได้ตามมาตรฐานและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์ (เป้าหมายการดำเนินการวิจัย)

1. เพื่อออกแบบและพัฒนา นวัตกรรมสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนและนิ้วมือที่อ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุ
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้เองภายในประเทศไทยและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ
3. เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องมือแพทย์ของประเทศไทย
4. เพื่อพัฒนาศักยภาพในการผลิตเครื่องมือแพทย์ในประเทศไทย

ขอบเขตของการศึกษา

1. ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง โดยมีขอบเขตคือ

- ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)
- สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา
- สามารถปรับองศาความชันของเครื่องกายภาพบำบัดได้ 0 - 70 องศา
- สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้
- มีหน่วยการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์

2. ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือและนิ้วมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง โดยมีขอบเขตคือ

- ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือ ที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)
- มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดผ่านทางแอปพลิเคชั่นหรือคอมพิวเตอร์ได้
- มีแอปพลิเคชั่นที่มีฟังก์ชั่นต่างๆ เพื่อช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพได้

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

โรคหลอดเลือดสมอง [19]

คือ ภาวะที่สมองขาดเลือดไปเลี้ยงเนื่องจากหลอดเลือดตีบ หลอดเลือดอุดตัน หรือหลอดเลือดแตก ส่งผลให้เนื้อเยื่อในสมองถูกทำลาย การทำงานของสมองหยุดชะงัก

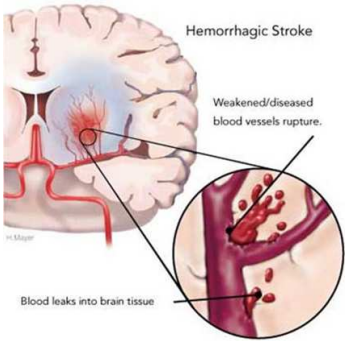
1 ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรค

1 ปัจจัยที่ปรับเปลี่ยนไม่ได้

- อายุ จัดเป็นความเสี่ยงที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง เมื่ออายุมากขึ้นมักมีโอกาสเป็นโรคหลอดเลือดในสมองมากขึ้นตามวัย
- เพศ พบเพศชายมีความเสี่ยงเป็นโรคหลอดเลือดในสมองมากกว่าเพศหญิง
- ชาติพันธุ์ พบโรคหลอดเลือดในสมองในคนผิวดำมากกว่าคนผิวขาว
- พันธุกรรม ผู้ที่มีประวัติที่บิดาหรือมารดาเป็นโรคหลอดเลือดสมอง มักมีความเสี่ยงเป็นโรคนี้ตามมามากกว่าคนปกติ

2 ปัจจัยเสี่ยงที่ปรับเปลี่ยนได้ [19]

- ความดันเลือดสูง เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญรองจากอายุ การควบคุมระดับความดันเลือดให้น้อยลงหรืออยู่ในระดับปกติจะช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดในสมองได้สูง
- โรคเบาหวาน ผู้ที่เป็นโรคเบาหวานมีความเสี่ยงเป็น 2 เท่า ของคนปกติ
- โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคกล้ามเนื้อหัวใจตาย โรคเหล่านี้ทำให้มีความเสี่ยงที่เป็นโรคหลอดเลือดในสมองมากกว่าคนปกติ ถึง 2 เท่า
- ผู้ที่เคยเป็นโรคหลอดเลือดในสมองมาก่อน พบว่า ร้อยละ 6 – 7 ของคนที่เคยเป็นจะกลับมาเป็นซ้ำได้อีก และความเสี่ยงกลับมาเป็นซ้ำจะสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เคยเป็น
- การตีบแคบของหลอดเลือดแดง อันเกิดจากสาเหตุต่างๆ จะเพิ่มความเสี่ยงการเป็นโรคหลอดเลือดในสมอง การตีบแคบตั้งแต่ร้อยละ 75 ของความกว้างของหลอดเลือดจะมีความเสี่ยงการเกิดโรคหลอดเลือดในสมองประมาณร้อยละ 1.3 ต่อปี ถ้าตีบแคบมากกว่าร้อยละ 75 จะมีความเสี่ยงเพิ่มเป็นร้อยละ 3.3 ต่อปี
- การสูบบุหรี่ ผู้ที่สูบบุหรี่มีความเสี่ยงการเป็นโรคนี้มากถึง 1.5 เท่า ของผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ผู้ที่อยู่ในบริเวณที่มีควันบุหรี่จะมีความเสี่ยงเกิดโรคนี้เท่ากับผู้ที่หยุดสูบบุหรี่ 2 ปี
- ภาวะไขมันในเลือดสูงภาวะนี้เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่งในการเกิดโรคหลอดเลือดในสมอง เนื่องจากการมีคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดสูงจะทำให้เกิดการอุดตันของไขมันในหลอดเลือดส่งผลต่อการไหลเวียนเลือดที่ไม่สะดวกตามมา
- ปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ที่ปรับเปลี่ยนได้ ได้แก่ ความเครียด ขาดการออกกำลังกาย การรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม ดื่มสุรา การใช้ยาคุมกำเนิด โรคอ้วน การพักผ่อนไม่เพียงพอ เป็นต้น



รูปที่ 1.1 การแตกของหลอดเลือดในสมอง [19]

อาการโรคหลอดเลือดในสมอง

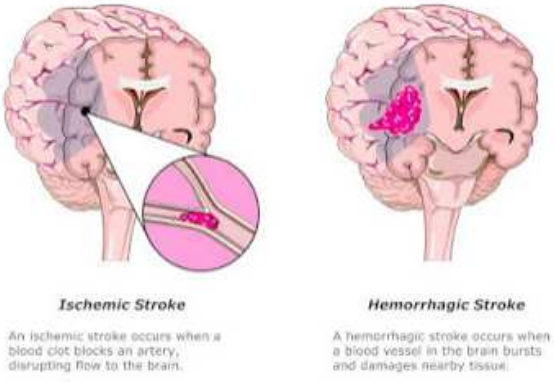
อาการโดยทั่วไปของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมองมักจะแสดงอาการเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีน้อยรายที่จะมีอาการเตือนก่อน อาการหลังเกิดโรคหลอดเลือดในสมองเป็นที่รู้จักกันดี คือ อาการอัมพาตครึ่งซีกหรือชาครึ่งซีก เนื่องจากสมองแต่ละซีกทำหน้าที่คุมร่างกายซีกตรงข้ามและอาการอื่นๆที่มักตามมา เช่น มองไม่เห็นครึ่งซีก, พูดจาไม่ชัด, กลืนอาหารหรือน้ำลำบาก, ไม่รู้สึกตัว เป็นต้น

• Ischemic Stroke คือ อาการสมองขาดเลือดที่ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ตำแหน่งการขาดเลือดของสมอง (location of ischemia) ซึ่งอาการที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับตำแหน่งการขาดเลือด

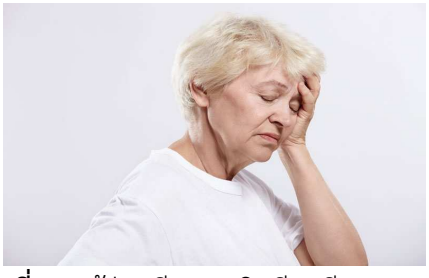
• บริเวณเนื้อสมองที่ขาดเลือด (area of ischemia) ถ้าเนื้อสมองมีการขาดเลือดเป็นบริเวณมากมักจะเกิดอาการได้หลายแบบกว่าการขาดเลือดในพื้นที่ขนาดเล็ก

• การไหลเวียนของเลือดใน collateral ดี จะสามารถทดแทนส่วนที่ขาดเลือดทำให้มีโอกาสเกิดอาการได้น้อยลง

• Hemorrhagic stroke เป็นอาการที่มักเกิดขณะที่ทำกิจกรรมซึ่งจะเกิดอาการขึ้นทันที ผู้ป่วยจะซึมหรือหมดสติ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันในกะโหลกศีรษะอย่างรวดเร็ว อาการที่ตามมาได้แก่ ปวดศีรษะ วิงเวียน และอาเจียน



รูปที่ 1.2 ประเภทของโรคหลอดเลือด [19]



รูปที่ 1.3 ผู้ป่วยมีอาการวิงเวียนศีรษะ [20]

ผลของโรคหลอดเลือดในสมอง

เมื่อเกิดโรคหลอดเลือดในสมองขึ้น ในระยะเริ่มแรกจะมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยจากอาการปวดหัว หน้ามืด นอนไม่หลับ เกิดการแทรกซ้อนของโรคอื่นได้ง่าย แต่หากปล่อยให้โรคมีอาการหนักมากขึ้นอาจส่งผลทำให้เกิดการเสียชีวิตอย่างกะทันหัน หรือเป็นอัมพฤกษ์ อัมพาต การเกิดโรคหลอดเลือดในสมองทำให้เกิดภาวะขาดเลือดในสมองตามมาทั้งที่เป็นแบบเรื้อรังและแบบเฉียบพลันจากภาวะเส้นเลือดในสมองมีการอุดตันหรือตีบ หรือที่เรียกภาวะนี้ว่า โรคหลอดเลือดในสมองตีบ (Ischemic stroke) และการขาดเลือดจากภาวะหลอดเลือดในสมองแตกหรือที่เรียกภาวะนี้ว่า โรคหลอดเลือดในสมองแตก (Intracranial hemorrhage) สำหรับอาการของผู้ที่มีโอกาสเป็นโรคหลอดเลือดในสมอง ได้แก่

– ปวดศีรษะมึนงง และหน้ามืดบ่อย
– เดินเซ ทรงตัวไม่ได้
– มีอาการเพลีย ชา และอ่อนแรงในครึ่งซีกใดซีกหนึ่ง
– ตาพล่ามัว มองเห็นไม่ชัดเจนหรือมีภาพซ้อน
– พูดจาไม่ชัดเจน จับไม่ได้ภาษา
– หากอาการรุนแรงอาจเป็นอัมพฤกษ์ อัมพาตที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย
– หากมีอาการรุนแรงมากอาจทำให้เสียชีวิตอย่างเฉียบพลันจากภาวะสมองขาดเลือด

แนวทางการรักษา

1.การใช้ยาเพื่อลดอาการตีบตันของหลอดเลือดเช่นยาต้านเกร็ดเลือดเช่นไดไพริดาโมล (dipyridamole) หรือยาลดการแข็งตัวของเลือด เช่น วาฟาริน (warfarin)

2.การผ่าตัดอวัยวะที่เกี่ยวเนื่องกับโรคเช่นการผ่าตัดหัวใจหรือการผ่าตัดสมองหากสมองบางส่วนเกิดการบวม รวมไปถึงการผ่าตัดเส้นเลือดบางแห่งที่ส่งเลือดเลี้ยงสมองเกิดการตีบตัน เช่น เส้นเลือดบริเวณคอ เป็นต้น

3.การทำกายภาพบำบัดสำหรับอวัยวะที่เป็นอัมพฤกษ์ อัมพาตจากภาวะของโรค

ระยะการฟื้นตัว

• การฟื้นตัวตามธรรมชาติของสมอง 2-3 วัน ถึง 4 เดือน

• การปรับเปลี่ยนโครงข่ายระบบประสาทระยะเวลานานถึง 7-8 ปี ขึ้นกับรอยโรคในสมอง ภาวะแทรกซ้อนโรคประจำตัว อายุ ลักษณะนิสัยของผู้ป่วยความตั้งมั่นและวินัยในการฝึกฝนครอบครัวสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยและการรักษาที่ได้รับต้องอาศัยข้อมูลจากการเรียนรู้การทำทักษะต่างๆใหม่ หากผู้ป่วยมีการ เรียนรู้ในการทำทักษะที่ผิดปกติ สมองก็จะมีโครงข่ายระบบประสาทที่ ควบคุมสั่งการการทำทักษะให้ออกมาเป็นแบบที่ผิดปกติด้วย

การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยวิธี Manual Muscle Testing [8]

การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยมือ (Manual muscle test) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกหรือแรงต้านทานของผู้ประเมิน โดยแบ่งเกรดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อออกเป็น 5 เกรด ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

Grade	Term	Description
5	Normal	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงต้านสูงสุดได้
4	Good	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกและต้านแรงต้านจากผู้ประเมินได้ปานกลาง
3	Fair	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกได้
2	Poor	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลกมาเกี่ยวข้อง
1	Trace	ไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่สามารถพบการหดตัวของกล้ามเนื้อ
0	Zero	ไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อ ไม่เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อไม่ว่าจะสังเกตหรือคลายเอ็นของกล้ามเนื้อ

กายภาพบำบัด

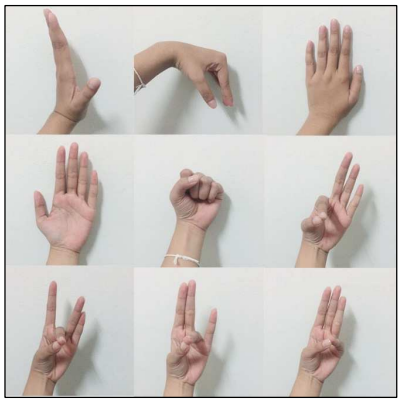
กายภาพบำบัด (Physical Therapy) เป็นวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์สุขภาพซึ่งเกี่ยวข้องกับการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยทั้งในแง่ของการส่งเสริม ป้องกัน รักษา ฟื้นฟูสภาพร่างกายและจิตใจ โดยใช้วิธีตามหลักวิทยาศาสตร์และเครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษทางกายภาพบำบัดเพื่อรักษาผู้ป่วยให้กลับมาเคลื่อนไหวตามปกติได้มากที่สุด ได้แก่ ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บหรือได้รับผลกระทบจากการผ่าตัด ผู้ที่เกิดภาวะแทรกซ้อนหลังจากการป่วยเป็นโรคหลอดเลือดสมองหรือผู้มีปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายจากการป่วยหรือความบกพร่องทางร่างกาย เป็นต้น ซึ่งการทำกายภาพบำบัดจะช่วยลดความเจ็บปวดตามอวัยวะนั้น ๆ และสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ตามปกติหรือเกือบปกติ เนื่องจากการทำกายภาพบำบัดจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงและการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การกายภาพบำบัดในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

การฝึกกายภาพบำบัดที่ถูกต้องเหมาะสมต่อระยะเวลา จะมีโอกาสฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างรวดเร็วที่สุด ซึ่งเวลาที่เหมาะสมคือ ภายในช่วง 6 เดือนนับจากวันที่เกิดอาการป่วย แต่เมื่อพ้นระยะเวลา 1 ปีไปแล้ว การฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยจะเป็นไปในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป นอกจากนี้ระยะเวลาในการฟื้นฟูอาการอัมพาตหลังจากการป่วยเป็นโรคหลอดเลือดสมองจะมีระยะเวลาที่จำกัด เช่น ผู้ป่วยที่มีอายุประมาณ 50 ปี นับว่ายังมีอายุไม่สูงมากนัก จะมีขีดความสามารถในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกายได้สูงสุดเพียงประมาณ 14 เดือน ซึ่งหากพ้นจากช่วงนี้ไปแล้ว โอกาสที่จะฟื้นฟูสมรรถภาพให้ดีขึ้นนับว่าเป็นเรื่องยากและหากผู้ป่วยมีอายุมากกว่านี้ ระยะเวลาที่สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพได้ดีที่สุดจะลดน้อยลงตามลำดับ

กระบวนการทางกายภาพบำบัด

กระบวนการทางกายภาพบำบัดเน้นการฝึกฝนด้วยตนเองของผู้ป่วยเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกลับไปเคลื่อนไหวร่างกายใกล้เคียงกับปกติมากที่สุด สามารถช่วยเหลือตนเองในการทำกิจวัตรประจำวัน การทำงานเพื่อหาเลี้ยงชีพและการทำกิจกรรมต่าง ๆ ทางสังคมได้ โดยการใช้มือและแขนสามารถกายภาพบำบัดโดยใช้ท่าทาง



รูปที่ 1.4 กระบวนการทางกายภาพบำบัด [21]

	เดือนที่	1				2				3				4				5				6			
	สัปดาห์ที่	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
การใช้มือและแขน	นอนยกแขน	▲	▲	▲	▲	△	△	△	△	△	△	●	●	●	●										
	กระดกข้อมือ	×	×	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△	●	●	●	○										
	งอข้อมือ	×	×	×	×	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△										
	คว่ำข้อมือ	×	×	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●										
	หงายข้อมือ	×	×	×	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●										
	งอ-เหยียดข้อศอก	×	×	▲	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●	●	●										
	ชูมือเหนือศีรษะ	×	×	×	▲	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●	●										
	หมุนไหล่	×	×	×	×	×	×	▲	▲	▲	△	△	△	●	●										
	กำมือ	×	×	×	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●	●	●										
	แบมือ	×	×	×	×	▲	▲	▲	▲	△	△	△	●	●	●										
	จีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้	×	×	×	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●	●	●										
	จีบนิ้วโป้ง-นิ้วกลาง	×	×	×	×	×	▲	▲	▲	△	△	△	△	●	●										
	จีบนิ้วโป้ง-นิ้วนาง	×	×	×	×	×	×	×	×	▲	▲	▲	▲	△	△										
	จีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×										
	ขยับแยกนิ้ว	×	×	×	×	×	×	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△										

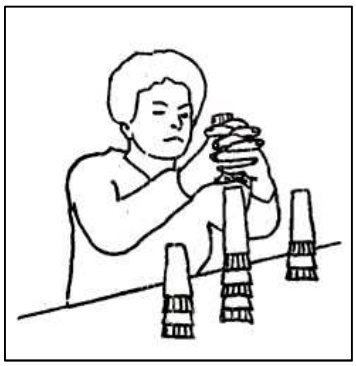
? คือ ไม่ทราบหรือไม่ได้ทดลองทำ
× คือ ทำไม่ได้
▲△●○◎ คือ ทำโดยล่ำพังได้ (ระดับไม่ดี-ดี)
- คือ ไม่ได้ทำอีกต่อไป

รูปที่ 1.5 บันทึกการรักษาพยาบาลโรคหลอดเลือดสมองของศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู [21]

การกายภาพมือ [18]

ผู้ป่วยอัมพาตที่ยังอยู่ในการดูแลของแพทย์ ควรขอรับคำปรึกษาจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด นักกิจกรรมบำบัด ก่อนที่จะลองฝึกด้วยวิธีเหล่านี้เอง ส่วยผู้ป่วยที่พ้นจากการดูแลของแพทย์แล้ว จะต้องเลือกฝึกตามดุลยพินิจของตัวเอง การทำกายภาพบำบัดของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีก ส่วนใหญ่จะไม่เกิดผลขึ้นในทันที บางครั้งต้องทำต่อเนื่องนานนับเดือนหรือนานนับปีได้ จึงไม่ควรย่อท้อ ที่จะทำการการภาพบำบัดอย่างต่อเนื่องต่อไป

- ฝึกให้เคลื่อนไหวแบบสลับกัน เช่น ฝึกคว่ำและหงายมือสลับกัน
- ฝึกใช้มือข้างอัมพาตเคลื่อนย้ายวัตถุ



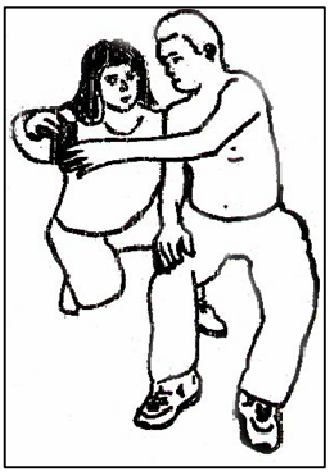
รูปที่ 1.6 ฝึกใช้มือข้างอัมพาตเคลื่อนย้ายวัตถุ [18]

• ส่งเสริมให้ผู้ป่วยใช้แขนและมือข้างอัมพาตช่วยในการทำกิจวัตรประจำวัน เริ่มแรกอาจใช้สองมือ (ข้างดีช่วย) ต่อมาฝึกใช้ข้างเดียว (ใช้ข้างอัมพาต)



รูปที่ 1.7 ผู้ป่วยใช้แขนและมือข้างอัมพาตช่วยในการทำกิจวัตรประจำวัน [18]

• ส่งเสริมให้ผู้ป่วยทำกิจวัตรประจำวันด้วยตนเอง การเล่นเกมต่างๆ การใช้งานฝีมือโดย ใช้กล้ามเนื้อทำงานร่วมกันหลายๆกลุ่ม



รูปที่ 1.8 ส่งเสริมช่วยผู้ป่วยใช้แขนและมือข้างอัมพาตช่วยในการทำกิจวัตรประจำวัน [18]

• ระยะแรกใช้มือข้างดีช่วย หลังจากนั้นก็เปลี่ยนเป็นใช้ข้างที่เป็นอัมพาตทำกิจกรรม หรือสลับสองข้าง

• ให้กิจกรรมที่มีช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวแบบแยกส่วนทีละข้อต่อ ทั้งแนวขจัดแรงโน้มถ่วง และแนวต้านแรงโน้มถ่วงโลก

• ส่งเสริมให้ผู้ป่วยฝึกเคลื่อนย้ายวัตถุขนาดเล็ก ๆ โดยเริ่มจากรูปแบบการหยิบจับที่ทำได้ง่ายไปหายาก ขนาดใหญ่ไปเล็ก

• การให้ทำกิจกรรมงานฝีมือ การเตรียมอาหาร การติดกระดุมเสื้อ การเขียนหนังสือ เป็นต้น

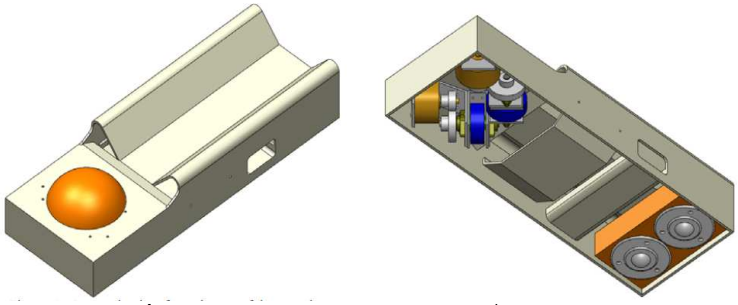
• ฝึกความคล่องแคล่วของมือ โดยเพิ่มความเร็ว จังหวะและขั้นตอนของการเคลื่อนไหว

• เพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อมือโดยการทำกิจกรรมที่ค่อยๆเพิ่มแรงต้าน เช่น การฝึกหยิบจับวัตถุที่มีความหนักมากขึ้นหรือต้องใช้แรงในการกำที่เพิ่มขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมอง

การพัฒนารูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมอง [5] โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช สุพรรณบุรี โดยผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการดูแลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมอง โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช สุพรรณบุรี ทำให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมองสามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้มากขึ้นเวลานอนเฉลี่ยและค่ารักษาพยาบาลเฉลี่ยลดลง

Amanda Peattieและคณะ, (2009) [7] ได้ออกแบบระบบอุปกรณ์เพื่อช่วยในการฟื้นฟูมรรถภาพของแขนผู้ป่วยและสามารถใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการออกกำลังกายโดยการปรับแรงต้านทานให้สอดคล้องกับกำลังของแขน โดยอุปกรณ์ที่ออกแบบที่มีลักษณะคล้ายสเก็ตซึ่งสามารถวางและเคลื่อนที่ได้บนโต๊ะราบ ที่สำคัญคืออุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้ฝึกได้เองที่บ้านอีกด้วย



รูปที่ 1.9 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์ที่ออกแบบ [7]



รูปที่ 1.10 อุปกรณ์กายภาพบำบัดแบบสเกตบอร์ด

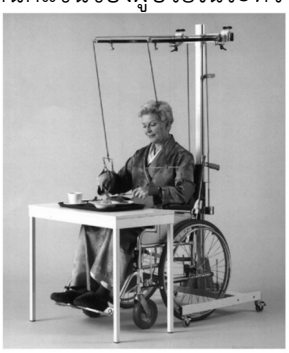
ที่มา : แผนกกายภาพบำบัด โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์ มศว องครักษ์

Shahrol และคณะ (2015) [11] ได้นำเสนอการออกแบบการประดิษฐ์และการควบคุมอุปกรณ์หุ่นยนต์ฟื้นฟูแขนส่วนบนแบบใหม่สำหรับการตั้งค่าภายในบ้าน อุปกรณ์นี้ถือเป็นอุปกรณ์พกพาและสามารถเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ ขั้นพื้นฐานเพื่อการฟื้นฟูร่างกายส่วนบนได้ อุปกรณ์ประดิษฐ์ขั้นสุดท้ายมีฟังก์ชันและการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกันโดยมีการวิเคราะห์ผ่านการจำลองโดยใช้ซอฟต์แวร์ออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย อุปกรณ์นี้สามารถตั้งโปรแกรมได้และการเคลื่อนไหวประเภทต่างๆสามารถทำได้ตามความต้องการของผู้ป่วย



รูป 1.11 อุปกรณ์หุ่นยนต์ฟื้นฟูแขนส่วนบน [11]

ระบบ Passive และ Active The Swedish Help arm เป็นระบบแผงที่ใช้น้ำหนักถ่วงที่เชื่อมต่อกับแขนของผู้ป่วยด้วยเชือกและเชือกเพื่อรองรับน้ำหนักแขนของผู้ป่วยในระหว่างการปฏิบัติงาน



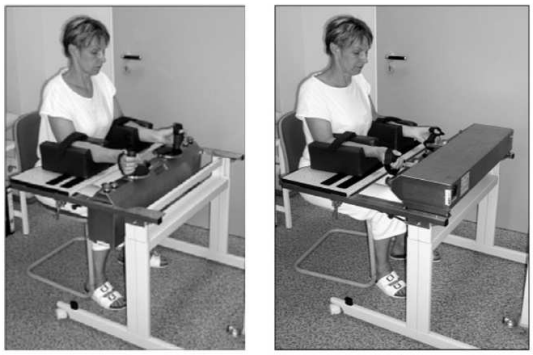
รูปที่ 1.12 ระบบ Passive และ Active The Swedish Help arm [10]

อุปกรณ์ BTE สามารถใช้สำหรับการฝึกและประเมินการเคลื่อนไหวที่หลากหลายรวมถึงงานต่างๆและงาน ADL ตลอดจนการวอร์มอัพและการยืดกล้ามเนื้อ



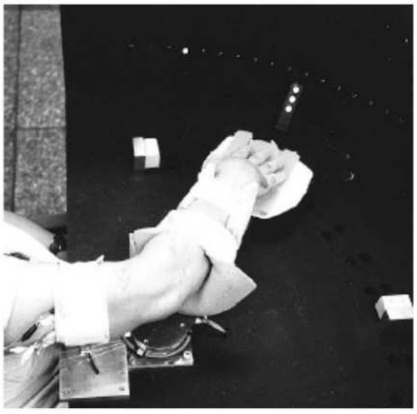
รูปที่ 1.13 อุปกรณ์ BTE Simulator II สำหรับการฝึกอบรม ADL [10]

ระบบโต้ตอบหนึ่ง DOF [10] หนึ่งในระบบฟื้นฟูสมรรถภาพหุ่นยนต์แบบโต้ตอบแรกคือ 'เครื่องฟื้นฟูสมรรถภาพด้วยมือและวัตถุ (LUM et al., 1993) อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยที่จับแนวตั้งสองอันบนโต๊ะซึ่งแต่ละอันจะเคลื่อนที่ไปประมาณหนึ่งแกนโดยตรงกับข้อมือของวัตถุด้ามจับทั้งสองเชื่อมต่อกันด้วยไม้ที่มีตัวแปลงสัญญาณแรงซึ่งจะวัดแรงจับระหว่างนิ้วที่ยื่นออกมาของมือของวัตถุ โพเทนชิออมิเตอร์วัดตำแหน่งของเข็มนาฬิกา มอเตอร์ที่อยู่ใต้ด้ามจับข้างเดียวสามารถสร้างแรงบิดภายนอกได้ด้วยมือเดียว ระบบนี้ทำหน้าที่เป็นพื้นฐานสำหรับเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของภาพสะท้อน (MIME) ซึ่งใช้กับผู้ป่วยหลายราย อุปกรณ์คือเครื่องฝึกแขนที่พัฒนาโดย HESSE et al. (2546). ที่นี่ผู้ป่วยมีข้อต่อข้อศอกยืดหยุ่นได้ประมาณ 908 มือแต่ละข้างจับที่จับและสามารถเคลื่อนย้ายได้ใน DOF อันเดียว



รูปที่ 1.14 Hesse arm trainer จัดเรียงในสองการตั้งค่าที่แตกต่างกัน
(a) forwrist flexion และ (b) for forearm pronation [10]

อุปกรณ์ DOF อีกชิ้นหนึ่งคือหุ่นยนต์แขนจาก COZENS (1999) [10] ปลายแขนของผู้ป่วยยึดกับคันโยกที่สามารถหมุนได้ในแนวระนาบโดยเกี่ยวกับแกนที่อยู่ในแนวเดียวกับข้อศอกต้นแขนของผู้ป่วยถูกรัดด้วยสายรัด ดังนั้นอุปกรณ์จึงทำหน้าที่เหมือนโครงกระดูกภายนอกของข้อศอก ความช่วยเหลือแบบโต้ตอบมีให้บนพื้นฐานของตำแหน่งและสัญญาณเร่งความเร็วที่วัดโดย electro-goniometer และ accelerometer สัญญาณเซ็นเซอร์จะกระตุ้นการทำงานของหุ่นยนต์ทันทีที่ตรวจพบการเคลื่อนไหวซึ่งมีความเร่งและความเร็วต่ำสุด ในระหว่างการเคลื่อนไหวตัวควบคุมแรงบิดจะค่อยๆเปลี่ยนปริมาณแรงบิดที่ใช้โดยหุ่นยนต์เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนการออกกำลังกายเป็นการจัดการโดยผู้ป่วยแบบไม่โต้ตอบ



รูปที่ 1.15 หุ่นยนต์แขนโคเซ่น [10]

เครื่องกายภาพกลไกผสานโปรแกรมช่วยฝึก

Domien Gijbels และคณะ, 2011 [11] ได้ทำการวิจัยเส้นโลหิตตีบ โดยมุ่งวิจัยในเรื่องการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายส่วนบนที่ทำงานผิดปกติอันเรื่องมาจากภาวะเส้นเลือดในสมอง โดยโครงการต้นแบบของงานวิจัยนี้ได้ให้ผู้ป่วยได้ทดลองใช้กลไกผสานกับโปรแกรมช่วยฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายของผู้ป่วยโดยเน้นความแข็งแรงที่กล้ามเนื้อช่วงบน โดยในการฝึกจะให้ผู้ป่วยทดลองใช้อุปกรณ์ช่วยจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยช่วงเวลาการฝึก 30 นาที



รูปที่ 1.16 อุปกรณ์การกายภาพด้วยกลไกสปริงที่ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพให้แขนและผลการทดสอบ [11]

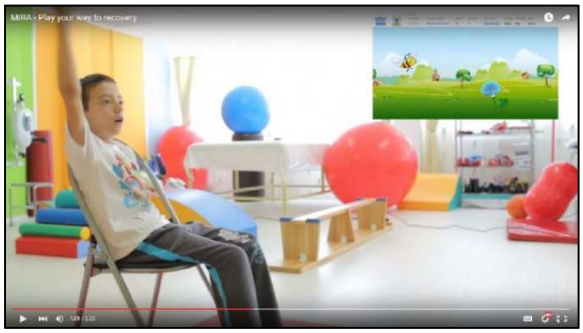
เครื่องเกม WII-HAB] 18ต่อการฟื้นกำลังกล้ามเนื้อ และการทำงานของแขนในผู้ป่วยโรคหลอดเลือด [:สมองกึ่งเฉียบพลันโดยศึกษาผลการฝึกฝนโดยใช้เกม Wii-hab ในการฟื้นฟูกำลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการทำงานของ แขนและมือในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะกึ่งเฉียบพลัน แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 2 กลุ่ม กลุ่ม) ละ10 คนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับการฟื้นฟูแบบมาตรฐาน (5 วันต่อสัปดาห์ติดต่อกัน 4 สัปดาห์ แต่กลุ่มทดลองได้ฝึก กำลังกล้ามเนื้อการทำงานของแขนและมือด้วยเกม Wii-hab เป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ครั้งละ 30 นาทีที่ประกอบด้วยการ เคลื่อนไหวข้อไหล่ ศอกข้อมือและมือข้างที่อ่อนแรง ประเมินผล การฟื้นกำลังกล้ามเนื้อแขนโดยใช้ Brunnstrom stage, แบบ ประเมินความตึงตัวของกล้ามเนื้อโดย modified Ashworth scale)MAS และความสามารถใช้แขนและมือทำกิจกรรม โดย (motor assessment scale



รูปที่ 1.17 ผู้ป่วยขณะฝึกด้วยเกม Wii-hab [18]

MIRA (2016) [1] การทำกายภาพบำบัดเป็นการเคลื่อนไหวซ้ำๆอยู่กับที่บางครั้งจึงทำให้ผู้ทำกายภาพบำบัดรู้สึกเบื่อ ต้องทำท่าที่ดูไร้ความหมายซ้ำไปซ้ำมา แล้วทำไปก็ไม่ได้เห็นผลดีขึ้นในเวลาอันรวดเร็ว จากสถิติพบว่าผู้ป่วยกว่า 70% ไม่ค่อยยอมทำกายภาพตามหมอสั่ง จนทำให้การรักษาใช้เวลายาวนานขึ้น Cosmin

Mihaiu ก็เคยเป็นหนึ่งในผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บจนต้องทำกายภาพบำบัดในวัยเด็ก ซึ่งเขาก็พบกับความยากลำบากอย่างมากในการทำกายภาพ หลายปีต่อมา เมื่อเขาโตขึ้นก็ได้ร่วมกับเพื่อนๆพัฒนาโปรแกรม Mira ขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับช่วยผู้ป่วยที่ต้องทำกายภาพน่าเบื่อๆให้สนุกกับการรักษา โปรแกรมดังกล่าวจะประกอบไปด้วยมินิเกมหลายเกมซึ่งเป็นการผนวกเอาการทำกายภาพบำบัดท่าทางต่างๆเข้าไปในเกม โดยใช้อุปกรณ์เสริมอย่าง Kinect ที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวของผู้เล่นหลังจากเล่นเกมเสร็จแล้ว โปรแกรมก็จะแสดงผลคะแนนต่างๆออกมาด้วย ซึ่งผลคะแนนนี้นอกจากจะช่วยให้ผู้เล่นเห็นความก้าวหน้าของการทำกายภาพบำบัดของตัวเองแล้ว แพทย์ที่ดูแลผู้ป่วยก็สามารถจะใช้เพื่อตรวจเช็คสถานะต่าง ๆ และปรับเปลี่ยนรูปแบบการรักษาให้เหมาะสมได้ต่อไป ปัจจุบันมีโรงพยาบาลประมาณ 10 แห่งในยุโรปและสหรัฐอเมริกาเริ่มใช้งานโปรแกรม Mira นี้แล้ว และโปรแกรมนี้ยังสามารถนำไปเล่นที่บ้านได้อีกด้วย เพียงแค่มีคอมพิวเตอร์และ Kinect เท่านั้นเอง

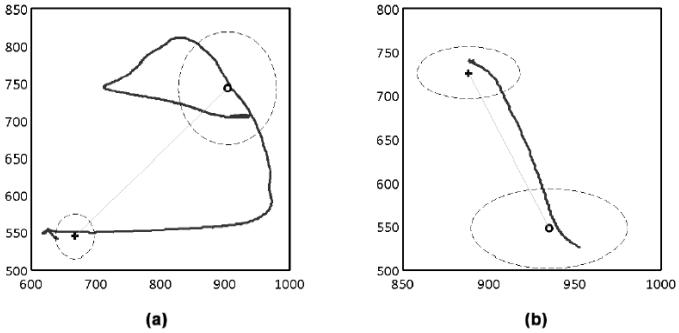


รูปที่ 1.18 ผู้ป่วยกายภาพด้วย MIRA [1]

Lukas Zimmerli และคณะ, 2012 [2] ได้ทำการศึกษาสาเหตุของความยากลำบากในการการรักษาสมดุลของกลไกของหุ่นยนต์ในขณะออกกำลังกายของผู้ป่วยในการช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพส่วนบนของผู้ป่วยหลังจากเกิดภาวะเส้นเลือดในสมอง โดยคณะนักวิจัยได้เฝ้าศึกษาผู้ป่วยในขณะที่ใช้หุ่นยนต์ในการช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพของร่างกายที่ระบบประสาทไม่ตอบสนองซึ่งทำให้ฟังก์ชั่นการทำงานของมอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ไม่สามารถแสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่ โดยคณะผู้วิจัยได้คำนวณและออกแบบกลไกโดยใช้กฎของ Fitt มาปรับความยากของการออกกำลังกายให้แบ่งออกเป็น 3 เงื่อนไข คือ ง่าย, สมดุลและยาก ตามลำดับ

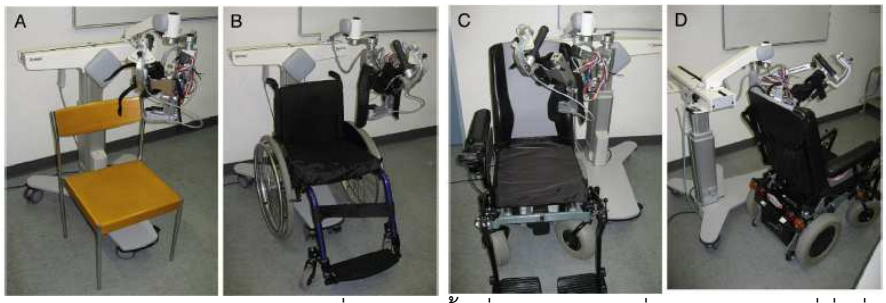


รูปที่ 1.19 ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและอุปกรณ์การกายภาพที่ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพ [2]



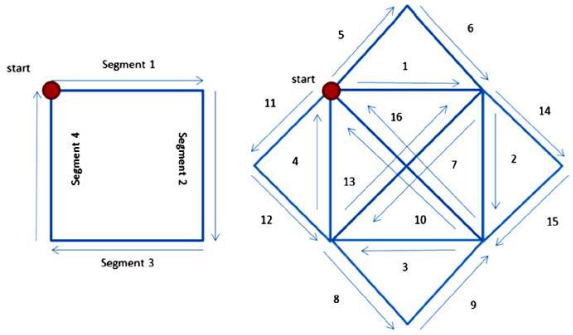
รูปที่ 1.20 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนของผู้ป่วย [2]

Claudia Rudhe และคณะ, 2012 [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือในการวัดพื้นที่ของการเคลื่อนที่ของแขนที่ไม่สามารถตอบสนองในการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บที่ไขสันหลัง โดยประเมินความน่าเชื่อถือจากการวัดโดยใช้ระบบของเครื่อง Armeo Spring ประยุกต์ใช้กับการฟื้นฟูผู้ป่วยที่ทนทุกข์กับอาการเส้นประสาทไขสันหลังบาดเจ็บ (SCI) โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยเปลี่ยนลักษณะของที่นั่งที่แตกต่างกัน 5 แบบ โดยควบคุมการทดสอบ 20 หัวข้อ โดยทำการทดลองกับผู้ป่วยจำนวน 8 คน และทดลองซ้ำ 2 ครั้งต่อวัน ด้วยอัตราเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่า การวัดพื้นที่ทำงานของแขนช่วงบนของผู้ป่วยเมื่อใช้เครื่อง Armeo Spring มีการพัฒนาจากระดับพอใช้เป็นระดับดี



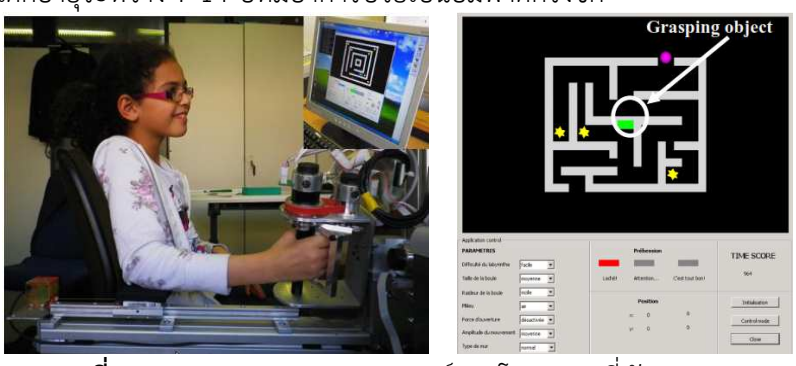
รูปที่ 1.21 การทดสอบการประเมินความน่าเชื่อถือของพื้นที่ทำงานการเคลื่อนไหวสำหรับที่นั่งที่แตกต่างกัน [3]

Nurdiana Nordin และคณะ, 2014 [5] ได้การศึกษาของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพด้วยหุ่นยนต์ และแสดงพารามิเตอร์ต่างๆ ทางจลนศาสตร์ที่อธิบายคุณภาพการเคลื่อนไหวของแขนช่วงบนของผู้ป่วย ซึ่งมีวิธีรักษาและการทดลองนำร่องที่แตกต่างกันถึง 41 แบบ ที่จะทำให้ผู้ป่วยฟื้นฟูร่างกายและสมองให้กลับมาทำงานได้ตามเดิม โดยมีการวัดพิกัดการเคลื่อนที่ของแขนผู้ป่วยตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง



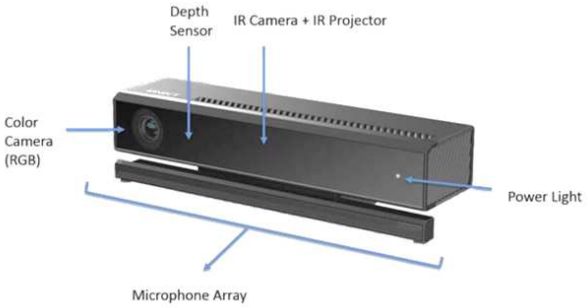
รูปที่ 1.22 แสดงรูปแบบของทิศทางการเคลื่อนไหวที่ต่างกัน [5]

Mohamed Bouri และคณะ, (2013) [6] ได้พัฒนาอุปกรณ์ใหม่ที่ช่วยเกี่ยวกับระบบสัมผัสสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพของมือในเด็กที่เป็นอัมพาตครึ่งซีก โดยคณะผู้วิจัยได้คิดค้นอุปกรณ์ชื่อ Hanreha ซึ่งมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 3 ที่ช่วยฝึกการหมุน การหงาย การงอ การขยายและการจับของมือ โดยอุปกรณ์นี้ถูกนำมาใช้ฟื้นฟูมรรถภาพของมือในเด็กอายุระหว่าง 7-14 ปีที่มีอาการป่วยเป็นอัมพาตครึ่งซีก



รูปที่ 1.23 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์และโปรแกรมที่พัฒนา [6]

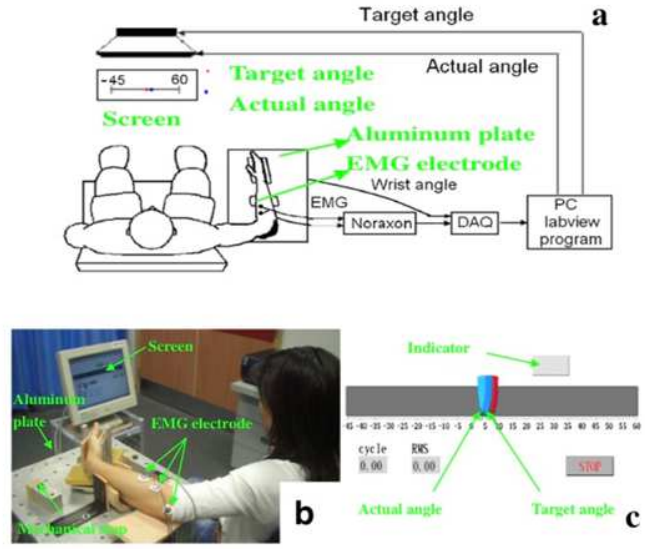
D. J. Reinkensmeyer และคณะ (2000). [12] งานวิจัยนี้ได้แก่ อุปกรณ์ Kinect ซึ่งเป็นอุปกรณ์เสริมของเครื่องเล่นเกม Xbox ผลิตโดยบริษัทไมโครซอฟท์สามารถตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์ทำงานเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตUSB ภายในตัวอุปกรณ์ประกอบด้วยอุปกรณ์ มอเตอร์และไมโครโฟนหลักการทำงานของอุปกรณ์ Kinect ใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์วิชัน(Computer Vision) โดยการประมวลผลเริ่มจากการฉายแสงอินฟาเรดเป็นกลุ่มจุดที่มีรูปแบบตามที่กำหนด ทำให้สามารถจำลองสภาพแวดล้อมของวัตถุเป็นสามมิติและแสดงความใกล้ไกลของวัตถุได้ เมื่อนำข้อมูลความลึกดังกล่าวมาประมวลผลร่วมกับภาพจากกล้องสีโดยใช้อัลกอริทึมการตรวจจับมนุษย์ ทำให้สามารถตรวจจับท่าทางของผู้เล่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูป 1.24 อุปกรณ์คิเน็ค [12]

Song และคณะ (2013) [13] พัฒนาฮาร์ดแวร์ระบบหุ่นยนต์หนึ่งองศาอิสระ (DOF) ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้แรงบิดเชิงกลระหว่างงอและยืดข้อมือ (รูปที่ 1) ระบบประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) อุปกรณ์รับข้อมูล (PCI 6036E, เครื่องมือประจำชาติ, เท็กซัส, สหรัฐอเมริกา), ชิ้นส่วนกลไกที่กระตุ้นและเครื่องขยายสัญญาณ EMG ชิ้นส่วนเชิงกลที่กระตุ้นประกอบด้วยเฝือกอลูมิเนียมเซ็นเซอร์แรงบิด (AKC-205, สถาบัน 701st Institute of China Aerospace Science and Technology Corporation ประเทศจีน) และเซอร์โวมอเตอร์ AC แบบไม่มีแปรงไดรฟ์โดยตรง (DDR) (DM 1045B, YOKOGAWA, ญี่ปุ่น) ซึ่งเชื่อมต่อและหมุนด้วยแกนหมุนเดียวกัน ฝ่ามือของผู้ทดลองวางอยู่ในเฝือกและใช้สายรัดเพื่อยึดปลายแขน เซ็นเซอร์แรงบิดสามารถวัดแรงบิดปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

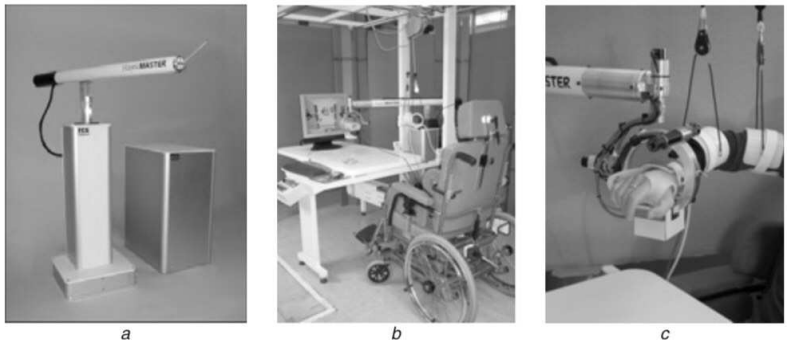
วัตถุและระบบได้ มีตัวเข้ารหัสเพลาที่เพิ่มขึ้นแบบออปติคอลติดอยู่ในเพลามอเตอร์เพื่อวัดมุมข้อต่อ สัญญาณ EMG ถูกจับผ่านอิเล็กโทรด EMG (Noraxon, Scottsdale, USA) และขยายโดยเครื่องขยายเสียง EMG สัญญาณแรงบิด EMG และมุมถูกจับที่ 1000 Hz ผ่านการ์ดเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม หลังจากผ่านการประมวลผลแล้วสัญญาณควบคุมจะถูกสร้างขึ้นและส่งไปยังเซอร์โวมอเตอร์โดยมอเตอร์จะได้รับความช่วยเหลือทางกลเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวของการงอและการยืดข้อมือ มีโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ให้การตอบสนองด้วยภาพของทั้งเป้าหมายและมุมข้อมือจริงในหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่วางไว้ด้านหน้าของตัวแบบ USA) และขยายโดยเครื่องขยายเสียง EMG สัญญาณแรงบิด EMG และมุมถูกจับที่ 1000 Hz ผ่านการ์ดเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม หลังจากผ่านการประมวลผลแล้วสัญญาณควบคุมจะถูกสร้างขึ้นและส่งไปยังเซอร์โวมอเตอร์โดยมอเตอร์จะได้รับความช่วยเหลือทางกลเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวของการงอและการยืดข้อมือ มีโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ให้การตอบรับด้วยภาพของทั้งเป้าหมายและมุมข้อมือจริงในหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่วางอยู่ด้านหน้าของตัวแบบ USA) และขยายโดยเครื่องขยายเสียง EMG สัญญาณแรงบิด EMG และมุมถูกจับที่ 1000 Hz ผ่านการ์ดเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม



รูปที่ 1.25 การทดลองติดตั้งหุ่นยนต์ข้อมือที่ควบคุมด้วยไมโออิเล็กทริก (a) แผนภาพบล็อก (b) การตั้งค่าการทดลองด้วยเส้นโครงร่าง (c) ส่วนต่อประสาน Labview สำหรับการฝึกอบรมการฟื้นฟูสมรรถภาพโดยใช้หุ่นยนต์ [13]

ระบบ Multi-DOF แบบโต้ตอบ

แฮปติกมาสเตอร์เป็นหุ่นยนต์สามตัวที่ออกแบบมาเพื่อการแสดงผลแบบสัมผัส [10] ได้กลายเป็นพื้นฐานของโครงการ GENTLE / s ที่สนับสนุนโดยสหภาพยุโรป ในโครงการนี้มีข้อเสนอแนะให้ใช้ต้นแบบการฝึกหัดเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับการฝึกการเคลื่อนไหวของแขนโดยการแนบข้อมือของผู้ป่วยเข้ากับ end-effectors ของหุ่นยนต์



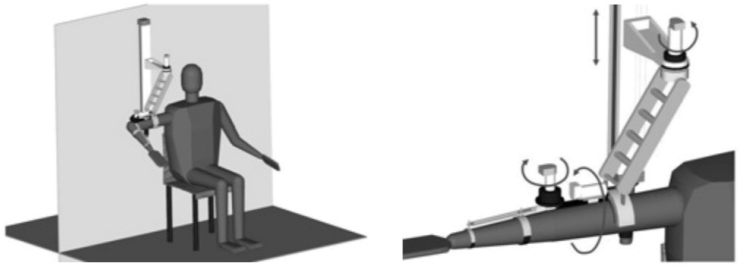
รูปที่ 1.26 Haptic master แบบสัมผัส [10]

หนึ่งในหุ่นยนต์บำบัดแขนที่ทันสมัยและใช้กันมากที่สุดคือ MIT-Manus เป็นโมดูล SCARA แบบระนาบที่ให้การเคลื่อนไหวสองมิติของมือผู้ป่วย



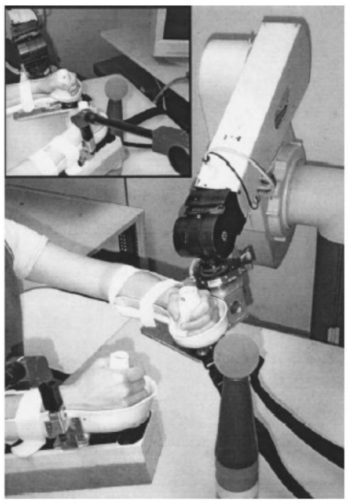
รูปที่ 1.27 ผู้ป่วยที่ใช้ MIT-Manus [10]

ARMin [10] เป็นระบบหุ่นยนต์ฟื้นฟูอีกระบบหนึ่งในปัจจุบันซึ่งพัฒนาขึ้นที่ Swiss Federal University of Technology (ETH) และ Balgrist University Hospital ทั้งในซูริก



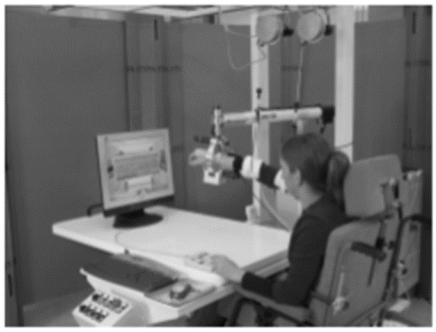
รูปที่ 1.28 หุ่นยนต์ฟื้นฟูแขน ARMin [10]

จากอุปกรณ์การฝึกสองแบบหนึ่ง DOF ที่นำเสนอข้างต้น Luis I. และคณะ [14] ได้พัฒนาหุ่นยนต์บำบัดแขนเพิ่มการเคลื่อนไหวของภาพสะท้อน (MIME) องค์ประกอบสำคัญของ MIME คือหุ่นยนต์หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 6-DOF applies ที่บังคับใช้กับมือของผู้ป่วยที่ถือข้างจับที่เชื่อมต่อกับ end-effectors ของหุ่นยนต์



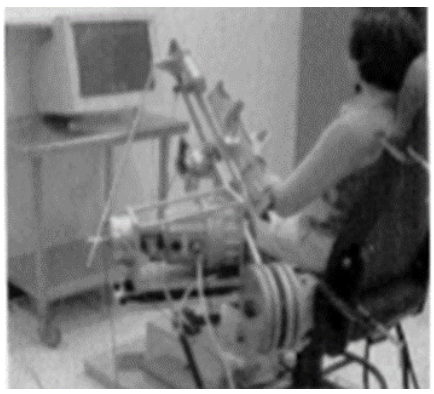
รูปที่ 1.29 ตัวเพิ่มการเคลื่อนไหวของภาพสะท้อน [14]

Coote และคณะ [15] ทำการทดลองกับผู้ป่วยแบบ Chronic จำนวน 20 คน ด้วย The GENTLE/s system and the arm in a sling in an ABC and ACB type study (A = baseline, B = rehabilitation with the GENTLE/s system, C = rehabilitation with arm in sling) ผู้ป่วยมีอัตราการฟื้นฟูร่างกายที่สูงขึ้น



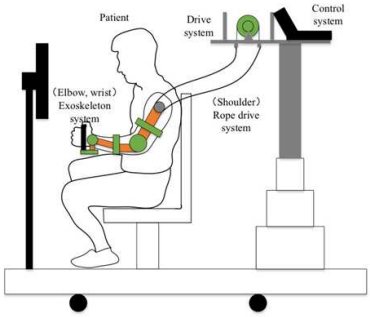
รูปที่ 1.30 The GENTLE/s system with the HapticMaste [15]

D. J. Reinkensmeyer และคณะ (2000) [16] ทำการรักษาผู้ป่วย Chronic จำนวน 3 คน โดยใช้เครื่อง ARM guide in active assist mode เครื่องจะช่วยผู้ใช้ออกแรงในทิศทางเดียวกันกับแขน พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีองศาของข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้และความตึงตัวของกล้ามเนื้อดีขึ้น



รูปที่ 1.31 ARM guide in active assist mode [16]

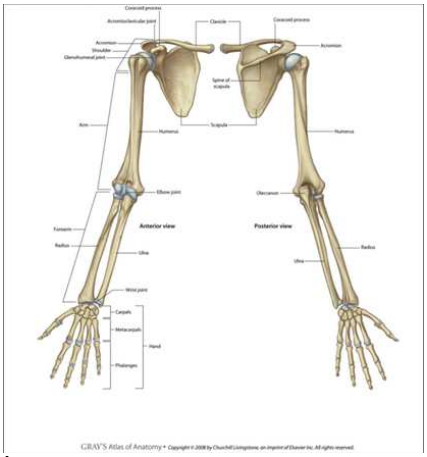
การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ฟื้นฟู [17] ในหุ่นยนต์ฟื้นฟูแบบดั้งเดิมมอเตอร์ขับเคลื่อนจะถูกวางไว้ที่ทุกข้อต่อของโครงกระดูกภายนอกซึ่งนำไปสู่การเชื่อมต่อจำนวนมากกับร่างกายมนุษย์และส่งผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อลักษณะการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ฟื้นฟู การรวมหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยเชือกเข้ากับหุ่นยนต์ภายนอกข้อได้เปรียบของทั้งสองอย่างสามารถนำมาใช้ในแง่ของลักษณะของการใช้แรงและการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ในกายศาสตร์โดยเฉพาะการบังคับแขนและเกณฑ์การออกแบบของกลไกการเคลื่อนที่ที่เกี่ยวข้อง เชือกถูกใช้เพื่อขับเคลื่อนข้อต่อที่เคลื่อนที่แต่ละข้อเพื่อให้มอเตอร์ขับเคลื่อนวางอยู่นอกส่วนเชื่อมต่อของร่างกายมนุษย์และมวลของกลไกการเคลื่อนที่จะลดลง ส่วนอื่น ๆ ของหุ่นยนต์ที่เรียกว่าโครงสร้างภายนอกช่วยให้มั่นใจได้ถึงความแข็งแรงและความแม่นยำ ในกระบวนการออกแบบโดยรวม ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดพื้นฐานต่อไปนี้ ข้อต่อโครงกระดูกภายนอกและข้อต่อของมนุษย์จะต้องจับคู่กันอย่างถูกต้องและความยาวของหุ่นยนต์ภายนอกจะต้องตรงกับความยาวของแขนขาส่วนบนของมนุษย์ โครงสร้างพื้นฐานแสดงในรูป



รูปที่ 1.32 การออกแบบโดยรวมของโครงสร้างของหุ่นยนต์มัลติเพล็กซ์นอกโครงกระดูกที่ขับเคลื่อนด้วยเชือก [17]

ลักษณะทางกายภาพของแขน

Upper limb สามารถเคลื่อนได้มากกว่าส่วนอื่นของร่างกาย ยึดไว้กับลำตัวด้วยกล้ามเนื้อต่างๆ ที่มีจุดเกาะต้นจากซี่โครงและกระดูกสันหลังโดยที่กระดูกของ upper limb จะ articulate กับข้อต่อเล็กๆ บริเวณ sternoclavicular joint เท่านั้น Upper limb ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ shoulder (หรือ pectoral) girdle, arm (brachium), forearm (antebrachium) และ hand (manus)



รูปที่ 1.33 กระดูกและข้อต่อของ upper limb
ที่มา : Text Gray's Atlas of anatomy (2552)

Bones and joint of upper limb

Shoulder (pectoral) girdle กระดูกโอบไหล่หรือกระดูกโอบอกประกอบด้วยกระดูก scapula และ clavicle เป็นส่วนที่เคลื่อนได้มากที่สุด articulate กับ axial skeleton ด้วย sternoclavicular joint และกับกระดูก humerus ของ upper limb ด้วย glenohumeral (หรือ shoulder) joint ข้อต่อเหล่านี้ให้ทำ upper limbสามารถทำ abduction ได้กว้างถึง 180 องศา นอกจากนี้ระหว่างกระดูก scapula และ clavicle ยัง articulate กันด้วย acromioclavicular joint

Arm แขนท่อนบนอยู่ระหว่างไหล่ (shoulder) กับศอก (elbow) มีกระดูก 1 ชิ้น คือ humerus ส่วน head ของกระดูก humerus ร่วมกับ glenoid fossa ของกระดูก scapula ประกอบเป็น glenohumeral (หรือ shoulder) joint เป็นข้อต่อชนิด ball and socket joint สามารถ move ได้ทั้ง 3 planes จึงทำให้ upper limb สามารถทำได้ทั้ง flexion, extension, abduction, adduction, medial rotation, lateral rotation และ circumduction ส่วน distal end ของกระดูก humerus ประกอบกับ proximal part ของกระดูก radius และ ulna เป็น elbow joint เป็นข้อต่อชนิด hinge joint สามารถทำ flexion และ extension

Forearm แขนท่อนปลายอยู่ระหว่างศอก (elbow) กับข้อมือ (wrist) มีกระดูก 2 ชิ้น คือ radius กับ ulna ระหว่างกระดูก ทั้งสองมี 3 ข้อต่อ ได้แก่ proximal, intermediate และ distal radio-ulnar joints เป็นข้อต่อชนิด pivot joint ทำให้ forearm สามารถทำ supination และ pronation ได้ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ primate upper limb ส่วน distal end ของกระดูก radius ร่วมกับ proximal row of carpal bone ประกอบเป็น wrist joint หรือ radiocarpal joint เป็นข้อต่อชนิด ellipsoidal joint สามารถทำ flexion, extension, abduction (radial deviation) และ adduction (ulnar deviation) ข้อต่อบริเวณข้อมือ

Hand ประกอบด้วย carpal bones 8 ชิ้น metacarpal bones 5 ชิ้น และ phalanges 14 ชิ้น ได้แก่ proximal, middle และ distal phalanges ของนิ้วชี้นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อย ส่วนหัวแม่มือ (thumb)

ตารางที่ 2.2 น้ำหนักและความยาวของแขนโดยเฉลี่ยของมนุษย์

Percentages of Total Body Height

Segment	Males	Females	Average
Head and Neck	10.75	10.75	10.75
Whole Trunk	30	29	29.5
Thorax	12.7	12.7	12.7
Abdomen	8.1	8.1	8.1
Pelvis	9.3	9.3	9.3
Upper Arm	17.2	17.3	17.25
Forearm	15.7	16	15.85
Hand	5.75	5.75	5.75
Thigh	23.2	24.9	24.05
Leg	24.7	25.7	25.2
Foot	4.25	4.25	4.25
Biacromial	24.5	20	22.25
Bi-iliac	11.3	12	11.65

Percentages of Total Body Weight

Segment	Males	Females	Average
Head & Neck	6.94	6.68	6.81
Trunk	43.46	42.58	43.02
Upper Arm	2.71	2.55	2.63
Forearm	1.62	1.38	1.5
Hand	0.61	0.56	0.585
Thigh	14.16	14.78	14.47
Shank	4.33	4.81	4.57
Foot	1.37	1.29	1.33

de Leva, 1996

น้ำหนักโดยเฉลี่ยของมนุษย์

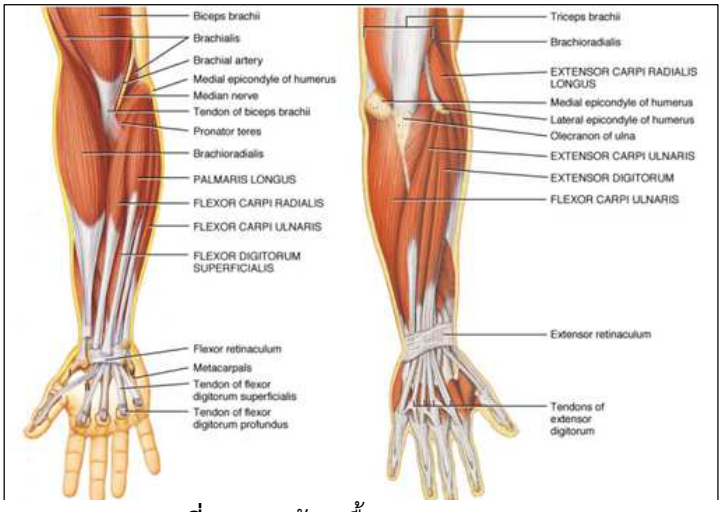
โครงการ Size Thailand ทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างทั้งชายและหญิงทั่วประเทศ จำนวน 13,442 คน หลายช่วงอายุกล่าวคือ 16-25 ปี, 26-35 ปี, 36-45 ปี, 46-59 ปี และ 60 ปีขึ้นไป

เพศ	น้ำหนัก (กก.)	ส่วนสูง (ซม.)
ชาย	68.83	169.46
หญิง	57.40	157.00

รูปที่ 1.34 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักและส่วนสูงของคนไทย
ที่มา : The International Obesity Task Force (2000)

กล้ามเนื้อแขน

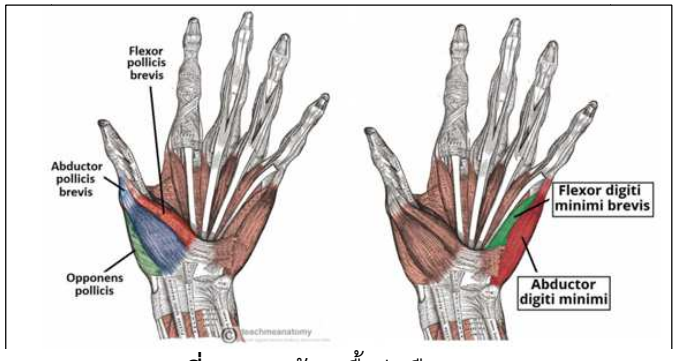
กล้ามเนื้อแขน (Muscles of the Upper Extremities) เป็นส่วนของร่างกายมนุษย์ที่มีโครงสร้างตั้งแต่แขนไปจนถึงปลายนิ้ว รวมทั้งส่วนของต้นแขน โดยกล้ามเนื้อแขนแบ่งเป็นกล้ามเนื้อต้นแขน กล้ามเนื้อปลายหน้าแขน และกล้ามเนื้อปลายแขนด้านหลัง



รูปที่ 1.35 กล้ามเนื้อปลายแขน [22]

กล้ามเนื้อมือ

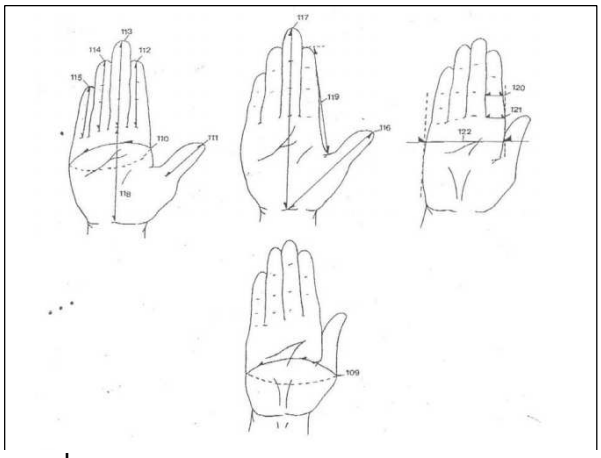
กล้ามเนื้อมือ (Muscles of Hand) เป็นกล้ามเนื้อขนาดเล็กและสั้น ส่วนมากจะเป็นเอ็นของกล้ามเนื้อซึ่งติดต่อมาจากแขนท่อนล่างดังรูป ทำหน้าที่ช่วยในการงอและเหยียดมือและข้อมือ ช่วยในการเคลื่อนไหวของมือได้อย่างละเอียดอ่อน รวมทั้งช่วยให้นิ้วหัวแม่มือสามารถเคลื่อนไปแตะนิ้วอื่น ๆ ได้



รูปที่ 1.36 กล้ามเนื้อฝ่ามือ [22]

ขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทย

รายงานการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทยของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้เก็บข้อมูลโครงสร้างร่างกายโดยการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการวัดสัดส่วนร่างกายของคนไทย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่ 1 เด็กไทยทั้งชายและหญิง อายุ 1-16 ปี จำนวน 4,521 คน 2) กลุ่มที่ 2 หญิงไทย อายุ 17-49 ปี จำนวน 4,525 คน 3) กลุ่มที่ 3 ชายไทย อายุ 17-49 ปี จำนวน 4,301 คน



รูปที่ 1.37 โครงสร้างมือของไทยอายุ 17-49 ปี [23]

บทที่ 3
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง จะออกแบบและพัฒนานวัตกรรมเป็น 2 ส่วนดังนี้

- นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง
- นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

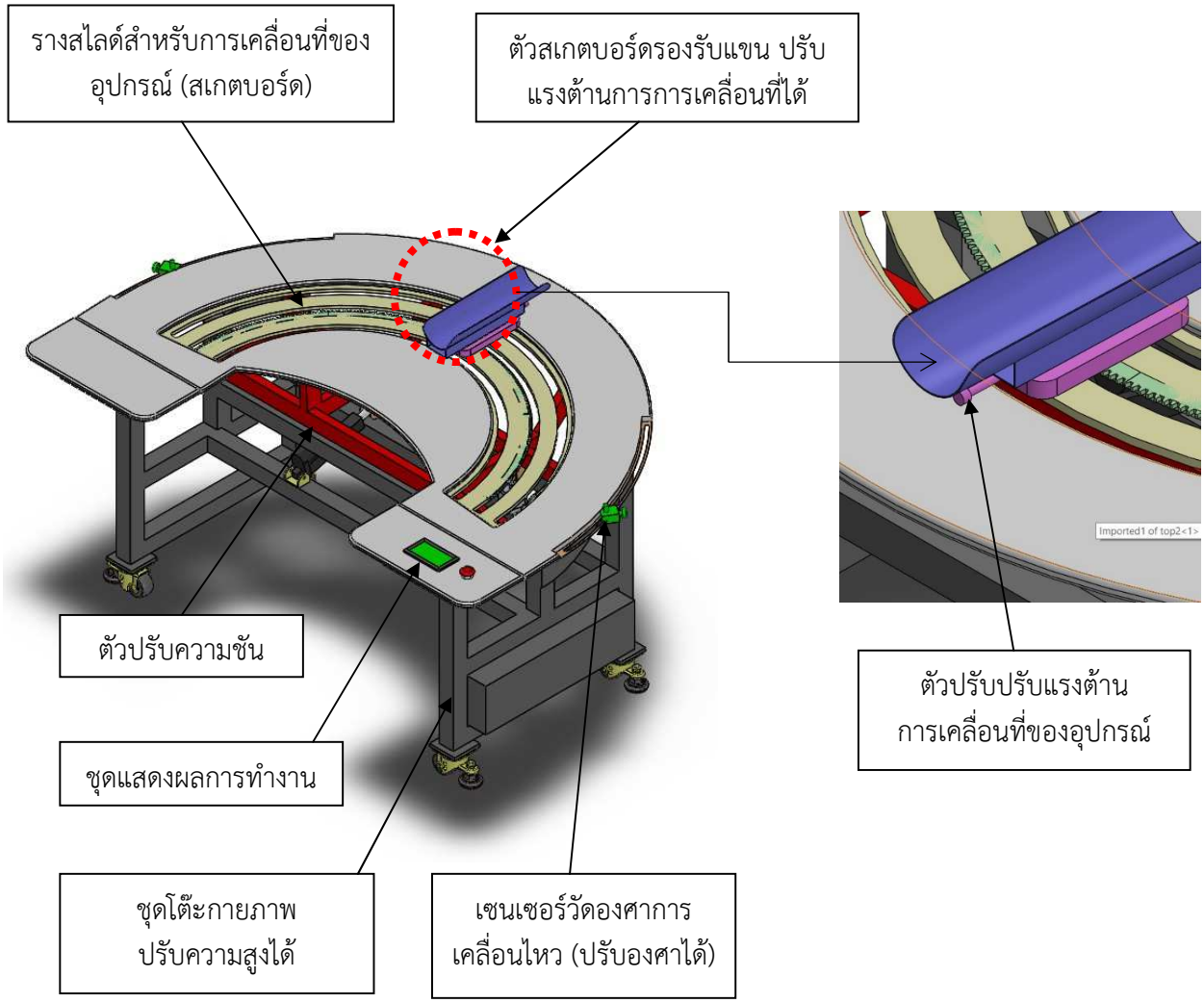
1 การออกแบบนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

การออกแบบ วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพบำบัดช่วงแขนที่อ่อนแรง ในการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งมีปัญหาเป็นอัมพาตครึ่งซีกหลังจากทำการรักษา โดยมุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรง เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยกายภาพช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำเพื่อเป็นการบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้ช่วงแขนที่อ่อนแรงของผู้ป่วยให้ใช้งานได้คล่องขึ้น โดยใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงอันเนื่องมาจากโรคหลอดเลือดในสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้) มีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยจอแสดงผลระหว่างผู้ป่วยและผู้สูงอายุระหว่างใช้อุปกรณ์ เพื่อความสะดวกและปลอดภัยระหว่างการฝึกของผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยอีกด้วย

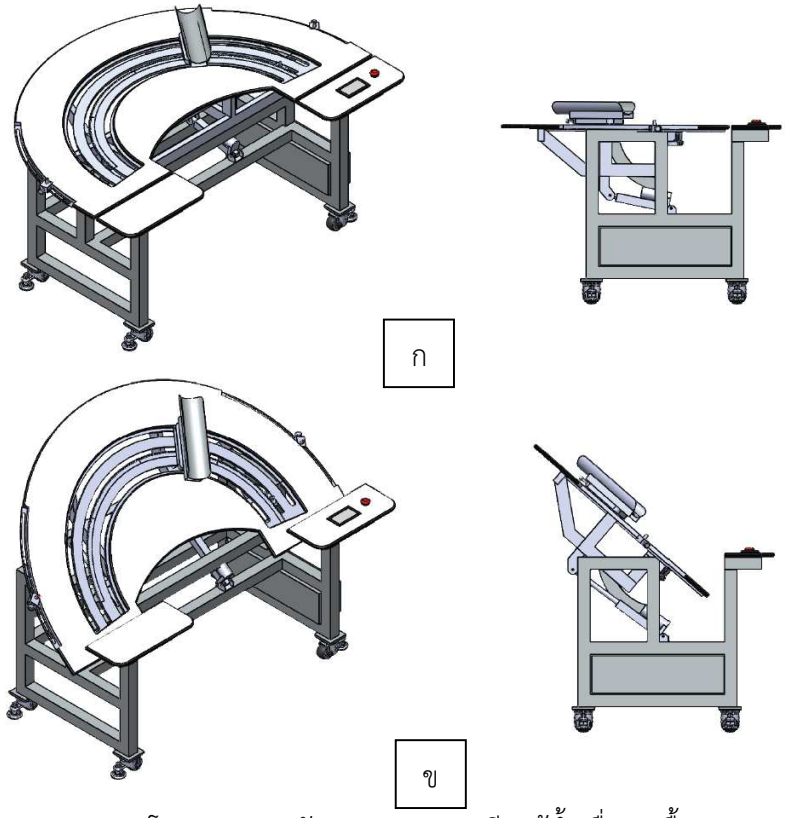


รูปที่ 3.1 อุปกรณ์กายภาพช่วงแขนที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันในประเทศไทยและต่างประเทศ

นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่ออกแบบ



รูปที่ 3.2 แสดงภาพโดยรวมของนวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง



ก

ข

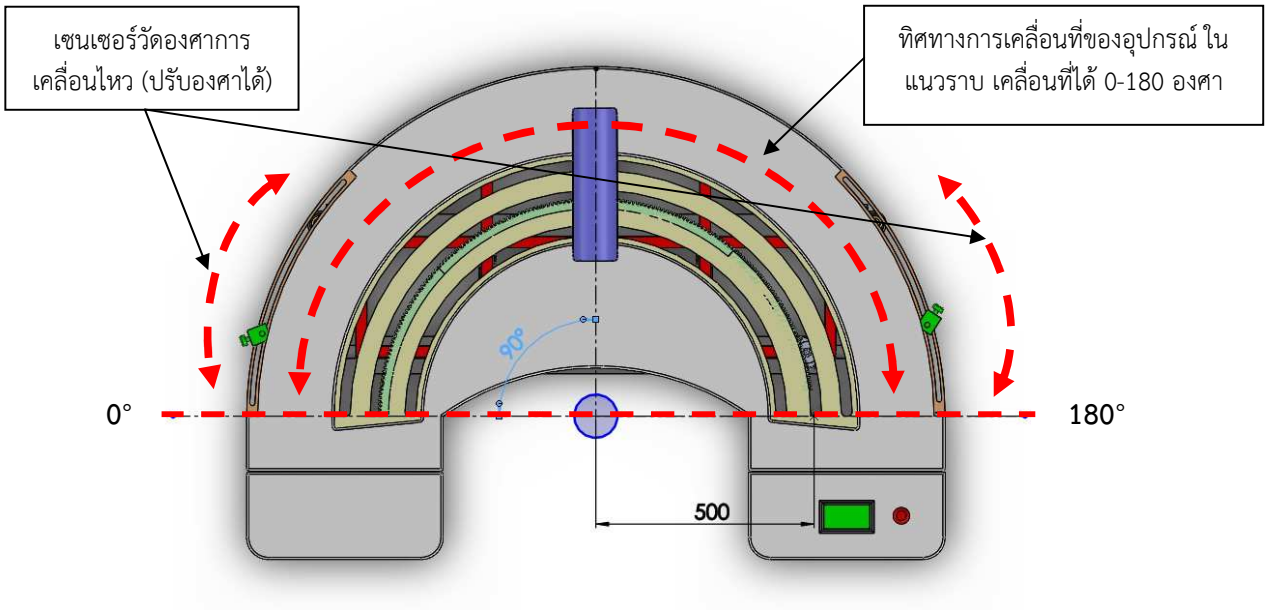
รูปที่ 3.3 แสดงภาพโดยรวมของนวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพฯ
ก. ความชัน 0 องศา (แนวระดับพื้น) ข. ความชัน 70 องศา

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดนวัตกรรมการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

ลำดับ	อุปกรณ์ในปัจจุบัน	นวัตกรรมที่พัฒนา
1	ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้เล็กน้อย แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)	ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)
2	สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา	สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา และสามารถปรับมุมการทำงานของอุปกรณ์ได้
3	ไม่สามารถปรับองศาความชันของเครื่องกายภาพบำบัดได้ (ใช้ในแนวระนาบเท่านั้น)	สามารถปรับองศาความชันของเครื่องกายภาพบำบัดได้ 0 - 70 องศา
4	ไม่สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้	สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้
5	ไม่มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้	มีหน่วยการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้
6	สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	สามารถเคลื่อนย้ายและใช้งานได้สะดวก
7	วัสดุของอุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกขึ้นรูป	วัสดุของอุปกรณ์เป็นวัสดุไร้สนิม (อะคิลิค, อลูมิเนียม, พลาสติก) และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน
8	เป็นอุปกรณ์กายภาพบำบัดแบบสเกตบอร์ด	เป็นชุดโต๊ะกายภาพ ที่สามารถปรับความสูงของโต๊ะให้เข้ากับผู้ใช้งานได้

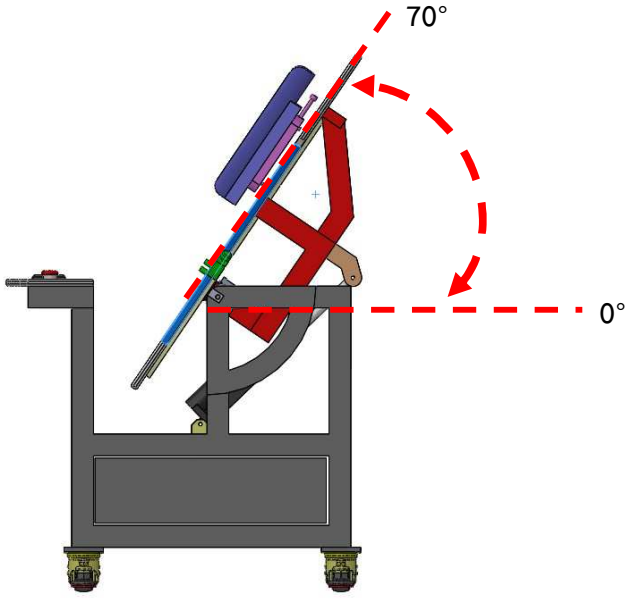
หลักการทำงานของตัวนวัตกรรมฯ

1. ตัวอุปกรณ์สามารถให้แขนเคลื่อนที่กวาดเป็นครึ่งวงกลมได้ตั้งแต่ 0-180 องศา เมื่อกวาดหรือเคลื่อนที่แขนผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์จะตรวจจับสัญญาณและแปลงสัญญาณส่งไปยังจอแสดงผล LCD เพื่อแสดงผลการทำงาน (ผลการเคลื่อนที่ของแขนที่กวาดไป) มีจอแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ สามารถแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้ เพื่อความสะดวกของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ

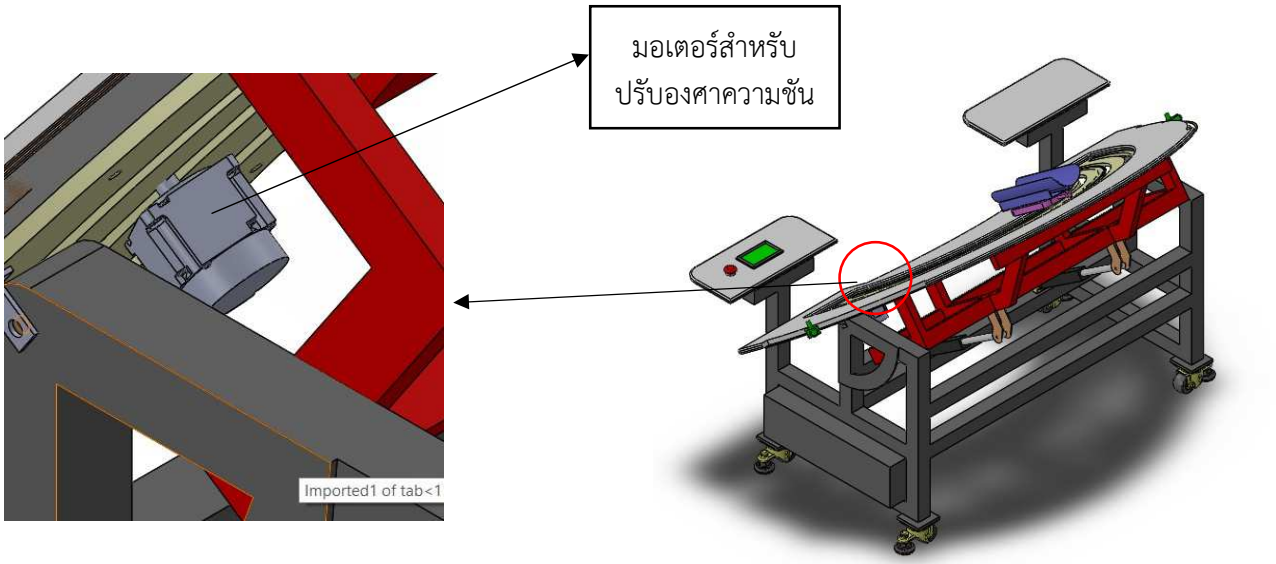


รูปที่ 3.4 การกวาดแขนของเครื่องกายภาพ 0 – 180 องศา

2. สามารถปรับองศาความชันของอุปกรณ์ได้ โดยปรับระดับมุมความชันได้ตั้งแต่ 0-70 องศา สามารถปรับองศาความชันได้จากการตัวปรับความชันเพื่อสามารถลดองศาและเพิ่มองศาได้ตามความต้องการของผู้ป่วยและผู้สูงอายุ

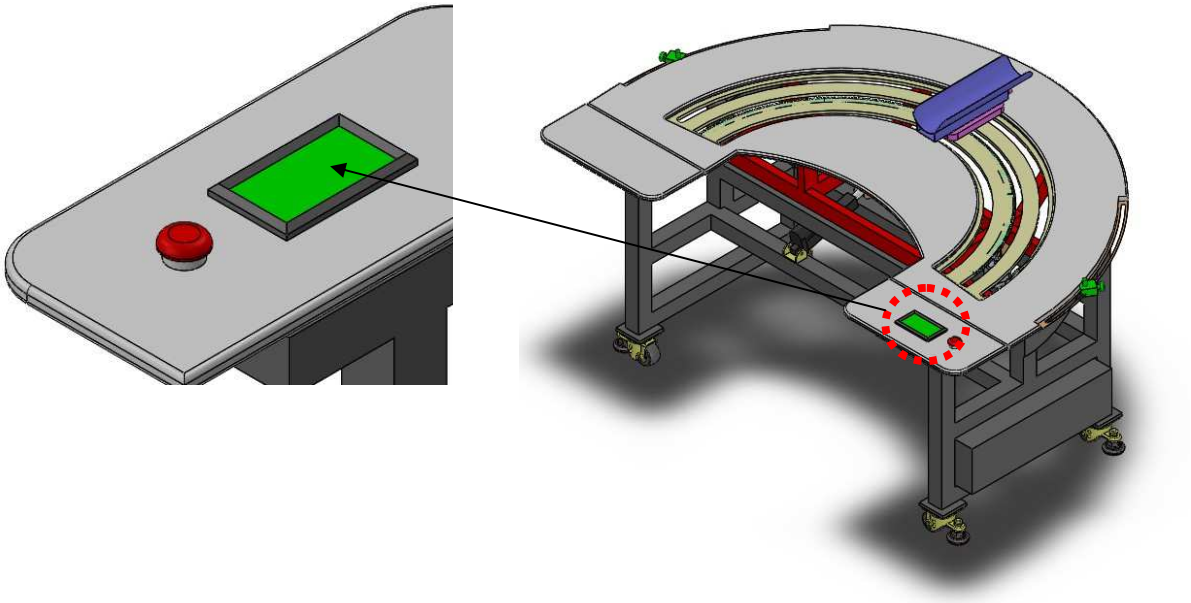


รูปที่ 3.5 การปรับองศาความชัน



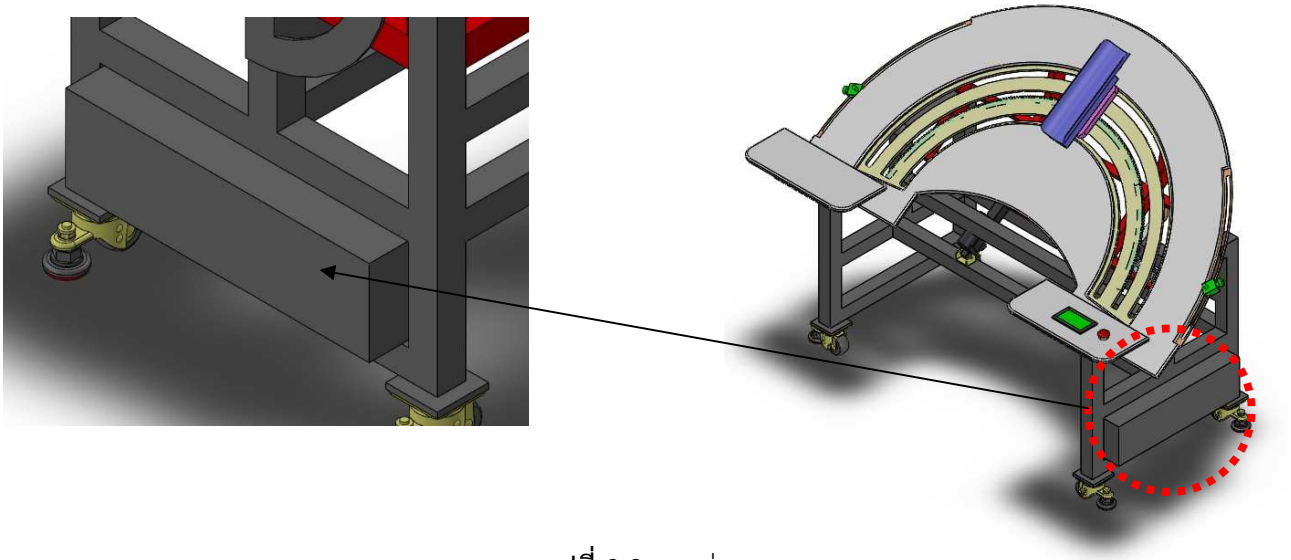
รูปที่ 3.6 กลไกสำหรับการปรับองศาความชัน

3. เมื่อกวาดแขนกายภาพผ่านเซนเซอร์ เซนเซอร์จะตรวจจับสัญญาณโลหะและแปลงสัญญาณส่งไปยังจอแสดงผล LCD จะแสดงเป็นตัวเลขเพื่อนับจำนวนครั้งของการทำการกายภาพ



รูปที่ 3.7 จอแสดงผล LCD

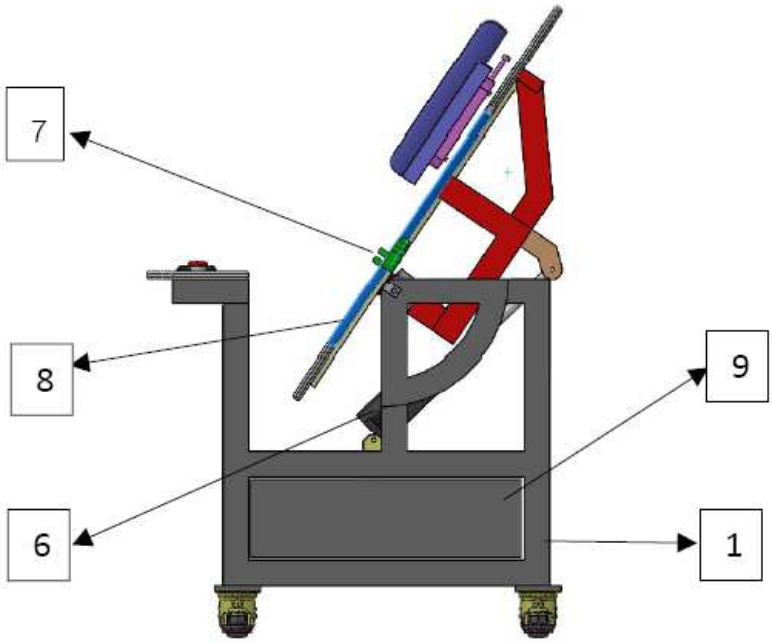
4. ชุดกล่องควบคุมมีหน้าที่ในการจัดการโปรเซสในระบบทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นการสร้าง ลบ การจัดเวลา การจัดจังหวะและการ ติดต่อสื่อสารภายในโปรเซส จัดเก็บชุดควบคุมและสายไฟต่างในการทำงานของระบบนี้



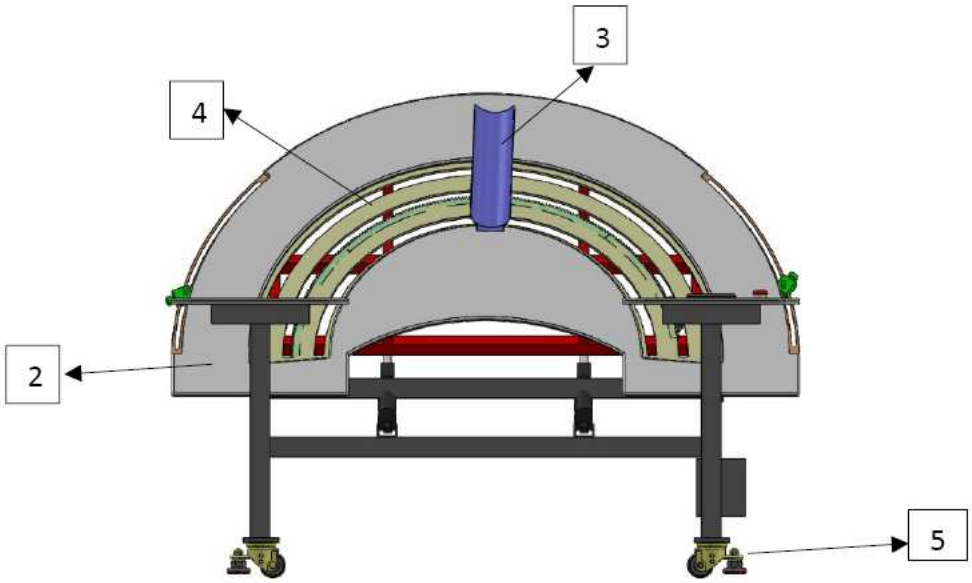
รูปที่ 3.8 ชุดกล่องควบคุม

โครงสร้างและส่วนประกอบของโต๊ะกายภาพบำบัด

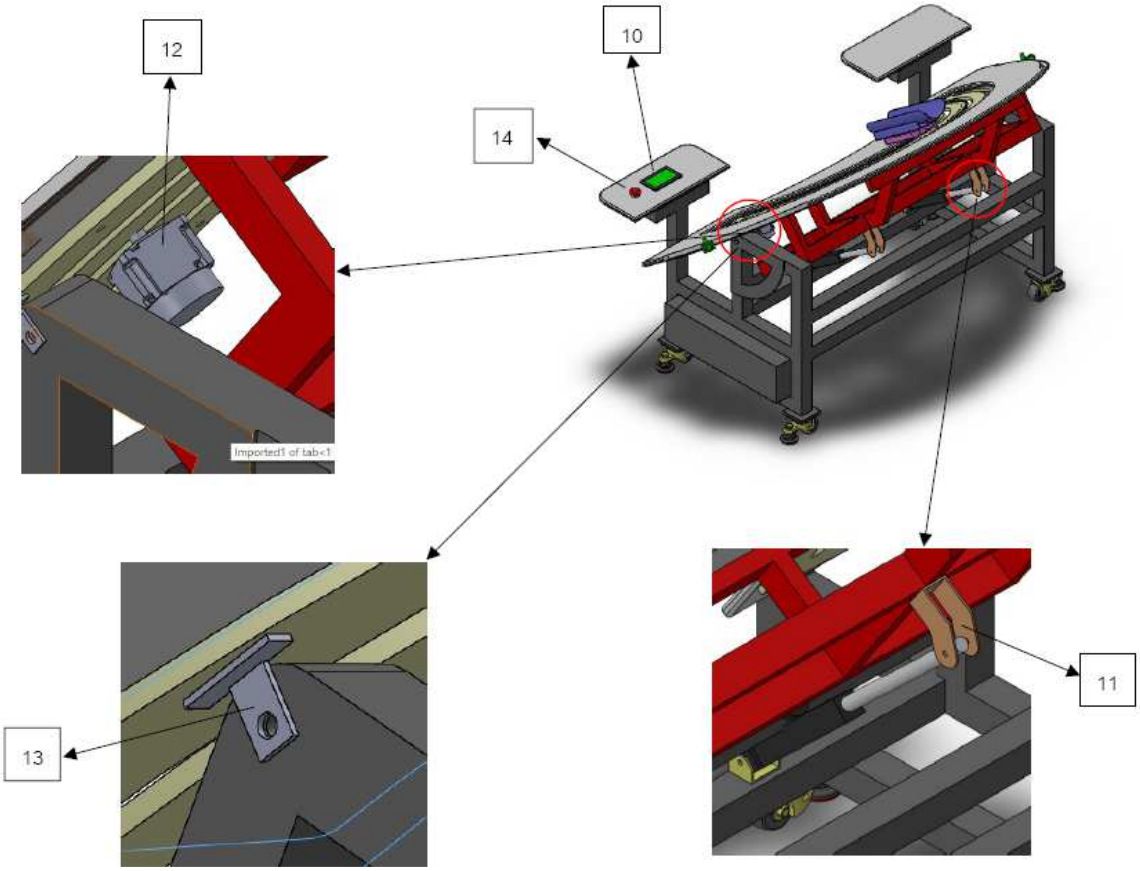
โต๊ะกายภาพสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง มีโครงสร้างและส่วนประกอบหลายอย่างด้วยกัน โดยโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้



รูปที่ 3.9 โครงสร้างและส่วนประกอบโต๊ะกายภาพในมุมมอง Side view



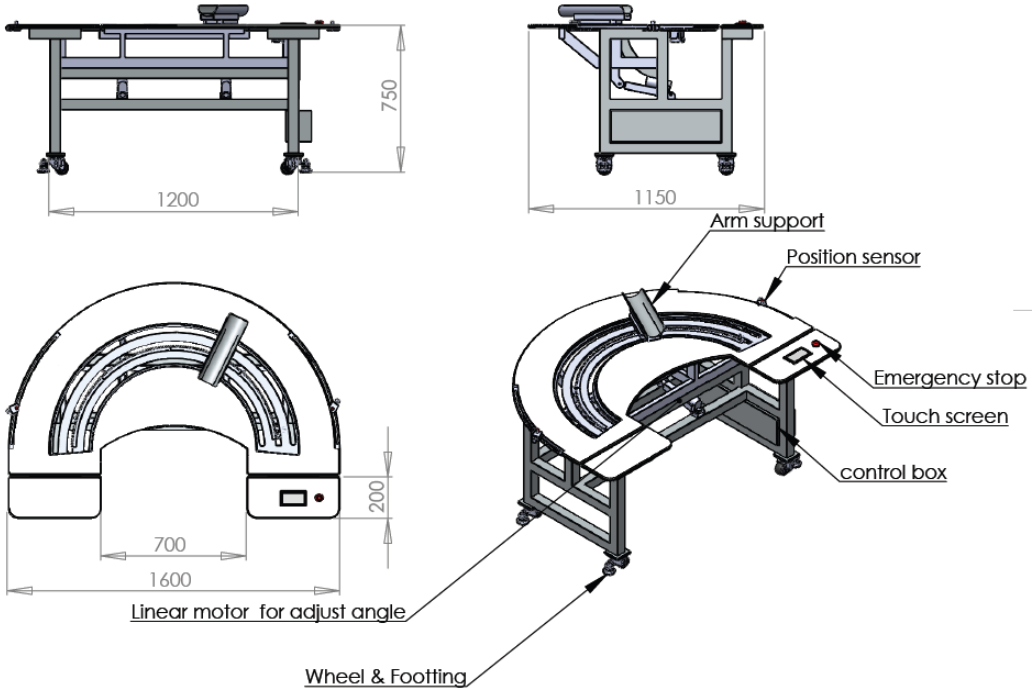
รูปที่ 3.10 โครงสร้างและส่วนประกอบโต๊ะกายภาพในมุมมอง Front view



รูปที่ 3.11 โครงสร้างและส่วนประกอบโต๊ะกายภาพในมุมมอง Back view

การออกแบบชุดกายภาพบำบัดแขน

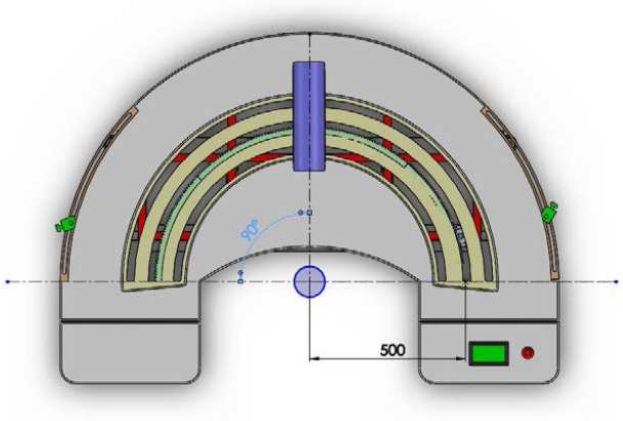
เนื่องจากเครื่องกายภาพบำบัดแขนสามารถปรับมุมยกระดับได้ดังนั้นคณะผู้ดำเนินงานจึงต้องออกแบบให้เครื่องกายภาพบำบัดปรับระดับได้และทำการออกแบบให้สอดคล้องกับการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ



รูปที่ 3.12 ขนาดและมิติของโครงสร้างโต๊ะกายภาพบำบัดแขน (หน่วย : มม.)

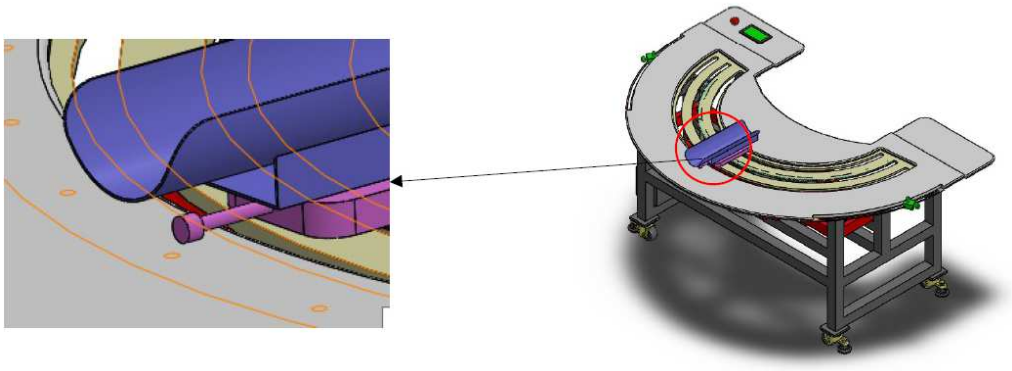
การกำหนดจุดหมุน อุปกรณ์ปรับแรงเสียดทานและตัวปรับองศาความชัน

- ตำแหน่งจุดหมุน



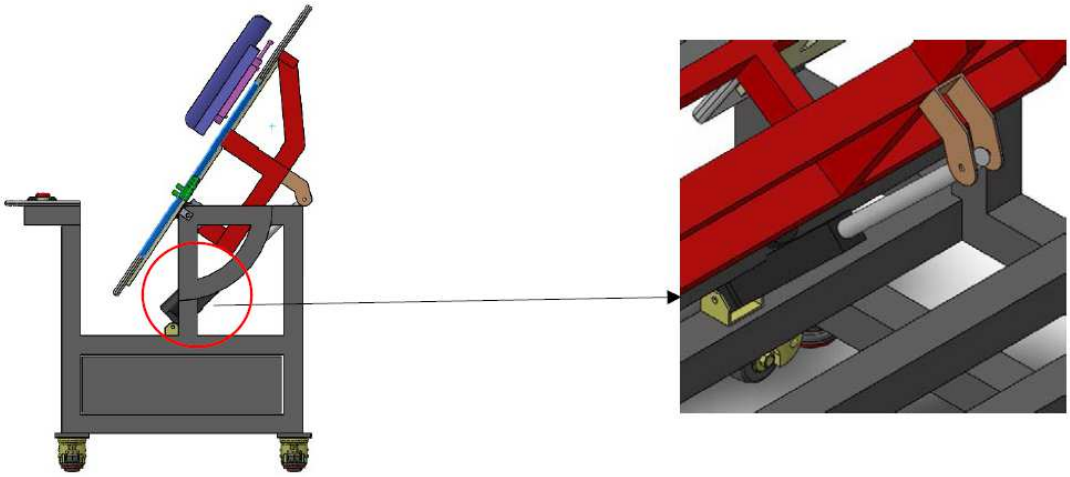
รูปที่ 3.13 ตำแหน่งจุดหมุนในมุมมอง Top view

- ตำแหน่งอุปกรณ์ปรับแรงเสียดทาน



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งอุปกรณ์ปรับแรงเสียดทานในมุมมอง Back Isometric view

- ตำแหน่งตัวปรับองศาความชัน



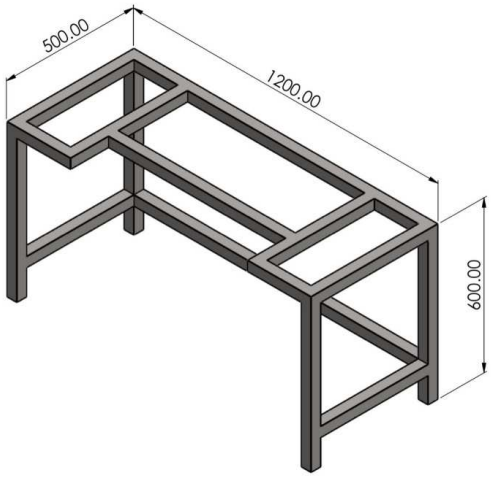
รูปที่ 3.15 ตำแหน่งตัวปรับองศาความชันในมุมมอง Side view

การคำนวณการออกแบบนวัตกรรมฯ

การออกแบบโต๊ะกายภาพบำบัดแขนสามารถแยกการคำนวณการออกแบบได้ดังนี้

1. การคำนวณความแข็งแรงของโครงโต๊ะกายภาพบำบัด
2. การคำนวณความโก่งงอของคานโครงโต๊ะกายภาพบำบัด
3. การคำนวณความเสียดทานของที่วางแขนกายภาพที่ล้อทำกับราง
4. คำนวณหากำลังมอเตอร์ปรับองศาความชันและขับเคลื่อน arm support

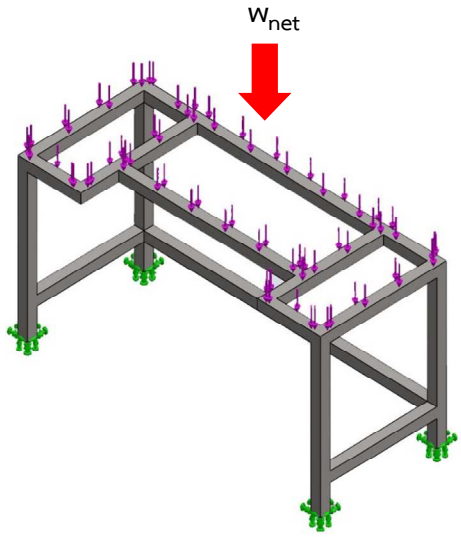
- **คำนวณความแข็งแรงของโครงโต๊ะกายภาพบำบัด**



รูปที่ 3.16 แสดงโครงโต๊ะกายภาพบำบัด

คำนวณแรงที่กระทำกับโครงโต๊ะกายภาพบำบัดในการคำนวณแรงที่กระทำกับโครงโต๊ะในแนวดิ่งโดยหาจาก

สูตร $\sum F = 0$ และ $\sum M = 0$



รูปที่ 3.17 แสดงโหลดที่กระทำกับโครงโต๊ะกายภาพบำบัด

น้ำหนักของแขนจากตารางแสดงค่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของแขนต่อน้ำหนักตัวทั้งหมดโดยเฉลี่ยของมนุษย์ และ ตารางแสดงรูปร่างของคนไทย

ดังนั้น น้ำหนักของแขนจะได้ = 3.3005 kg

และจะได้น้ำหนักรวมของอุปกรณ์ที่กระทำกับโครงโต๊ะ ดังนี้

m = 891.07+2787.64+2842.84+1358.12+984.97+4230+199.52+16.82 g

m = 13411.55 g

m = 13.41 kg

ดังนั้น น้ำหนักรวม (w_{net}) = น้ำหนักแขน + น้ำหนักอุปกรณ์ที่กระทำกับโครงโต๊ะ

น้ำหนักรวม (w_{net}) = 3.3005 + 13.41

น้ำหนักรวม (w_{net}) = 16.71 kg

ดังนั้น แรงที่กระทำมีค่าเท่ากับ

$$\sum F = w_{net} \cdot g \cdot SF \quad ; \ SF=2$$

$$\sum F = 16.71 \times 9.81 \times 2$$

$$= 327.85 \ N$$

หาค่า Moment of Inertia ของเหล็กกล่อง 1 นิ้ว × 1 นิ้ว

สูตร $I = \frac{1}{12}(a_0^4 - a_1^4)$

แทนค่า

$$I = \frac{1}{12}(38.1^4 - 34.1^4)$$

$$= 62920.37 \ mm^4$$

$$= 6.29 \times 10^{-8} \ m^4$$

คำนวณหาค่า r

$$r = \frac{a}{\sqrt{12}}$$

$$r = \frac{38.1 \times 10^{-3}}{\sqrt{12}}$$

$$= 0.01099$$

คำนวณหาความยาวเสาขาโต๊ะ (L_e=L)

L_e=L=600 mm

คำนวณหา Stress ของเสาขาโต๊ะ

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{81.96}{288.8 \times 10^{-6}}$$

σ= 283803.84 Pa

σ = 0.28 MPa

หา Displacement ระยะการโก่งงอของเสาจากสมการ

$$Y_{max}=e\left[\sec\left(\sqrt{\frac{PL}{EI2}}\right)-1\right]$$

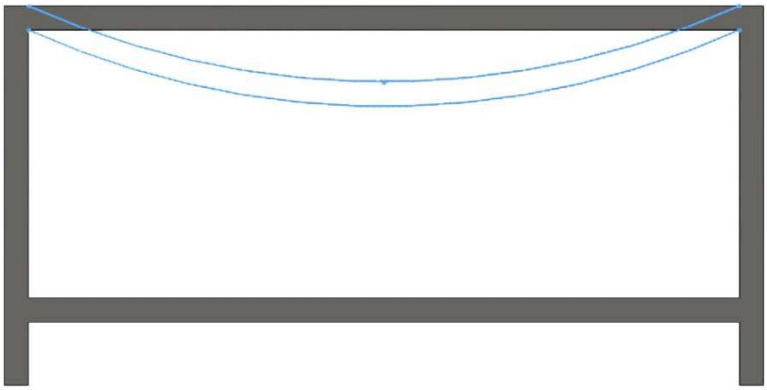
คำนวณได้

$$Y_{max}=19.05\times10^{-3}\left[\sec\left(\sqrt{\frac{80.93\times600\times10^{-3}}{200\times10^{8}\times6.29\times10^{-8}\times2}}\right)-1\right]$$

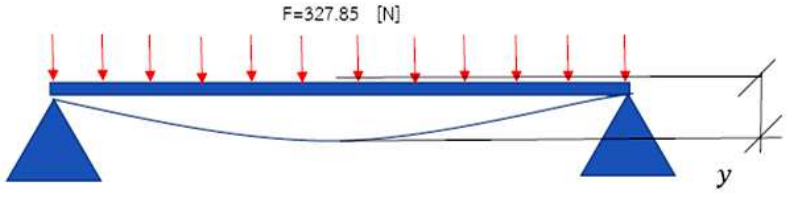
$Y_{max}=5.99\times10^{-8}$ m

$Y_{max}=5.99\times10^{-5}$ mm

- **การคำนวณความโก่งงอของคานโครงโต๊ะกายภาพบำบัด**



รูปที่ 3.18 โครงโต๊ะในมุมมอง Back view



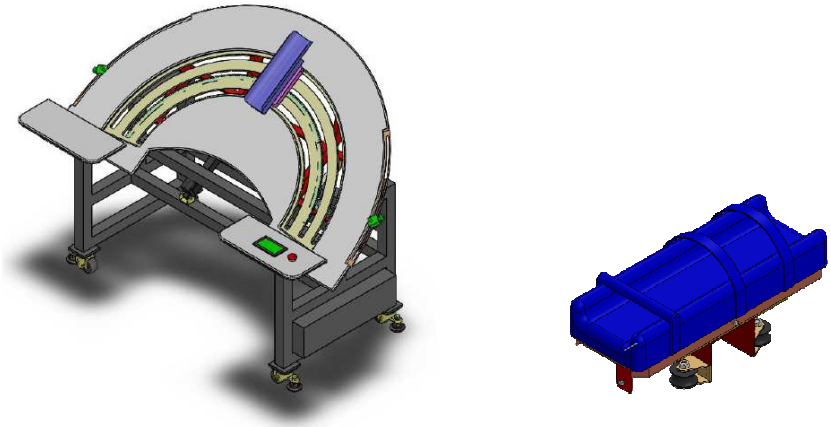
จากสมการ $y=\frac{5WL^4}{384EI}$

$$y=\frac{5\times327.85\times1.204^4}{384\times200\times10^9\times6.25\times10^{-8}}$$

$y = 7.04\times10^{-4}$ [m]

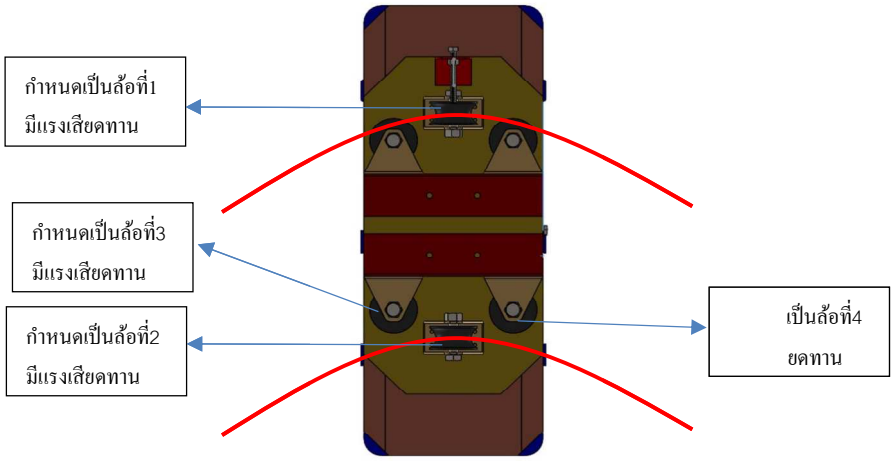
$y = 0.0704$ [mm]

- **การคำนวณความเสียดทานของที่วางแขนกายภาพที่ล้อทำกับราง**



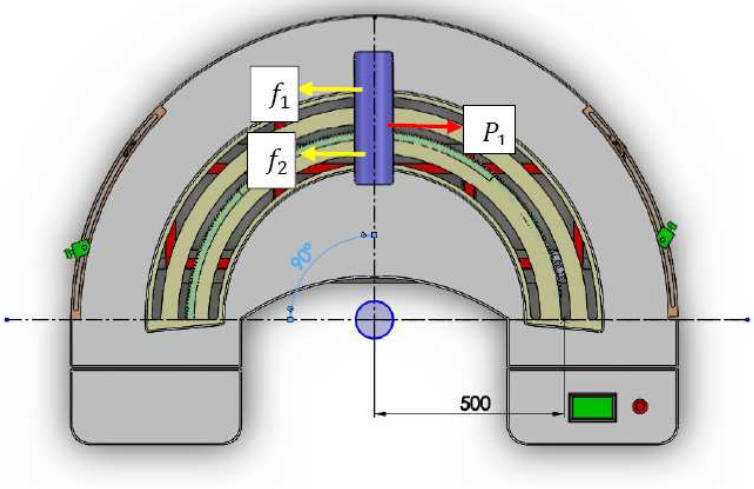
รูปที่ 3.19 โต๊ะกายภาพบำบัดแขนและที่วางแขน

กำหนดล้อและความฝืดของแนวการเคลื่อนที่

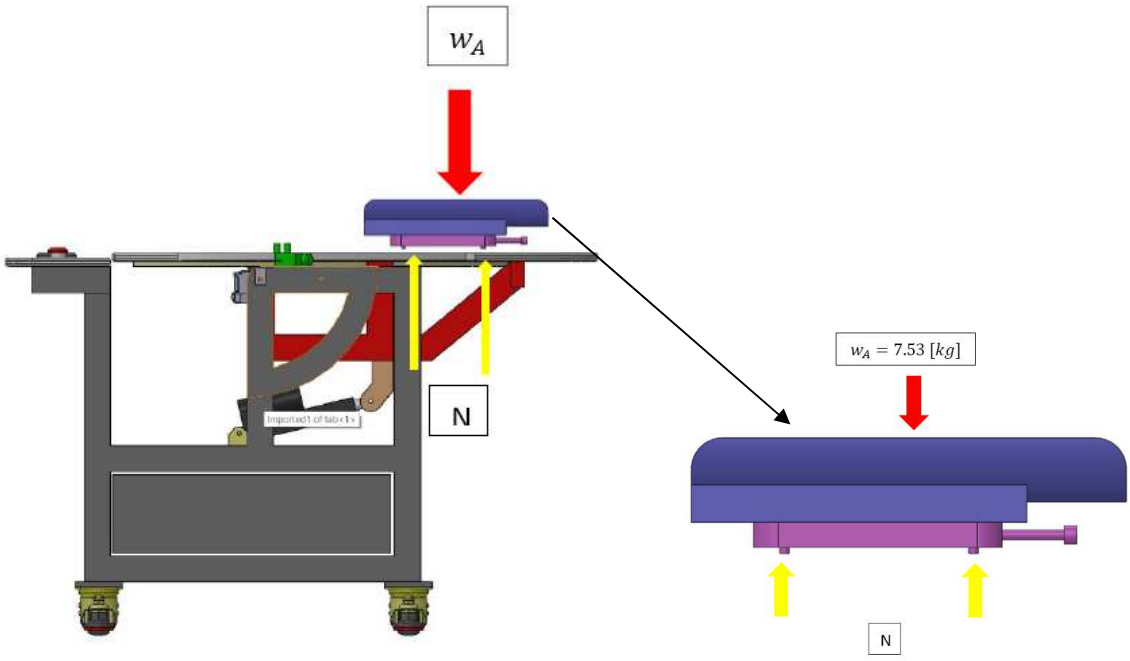


รูปที่ 3.20 แสดงองค์ประกอบและตำแหน่งล้อของที่วางแขนกายภาพในมุมมอง Bottom view

- **คำนวณหาความเสียดทาน ณ ตำแหน่งความชันของโต๊ะที่ 0 องศา**



รูปที่ 3.21 โต๊ะกายภาพบำบัดแสดงแรงในการเคลื่อนที่ที่ 0 องศาในมุมมอง Top view



รูปที่ 3.22 แสดงแรงที่ล้อกระทำกับราง

กำหนดให้ความเสียดทาน $f_1=f_2$

จาก $\sum F = 0$

จะได้สมการที่ $P_1=2f$ (1)

พิจารณาแรงในแนวแกน y ที่ล้อเดียว

จะได้ $\sum F = 0$

$$N=\frac{mg}{2}$$

$$N = \frac{7.53 \times 9.81}{2}$$

$N = 36.94$

พิจารณาในแนวแกน x ที่ล้อเดียว

$f_s = N \cdot SF$; $SF = 1.5$, $= 0.1$

$f_s = 0.1 \times 36.94 \times 1.5$

$f_s = 5.54$ N (ความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างล้อกับราง) (2)

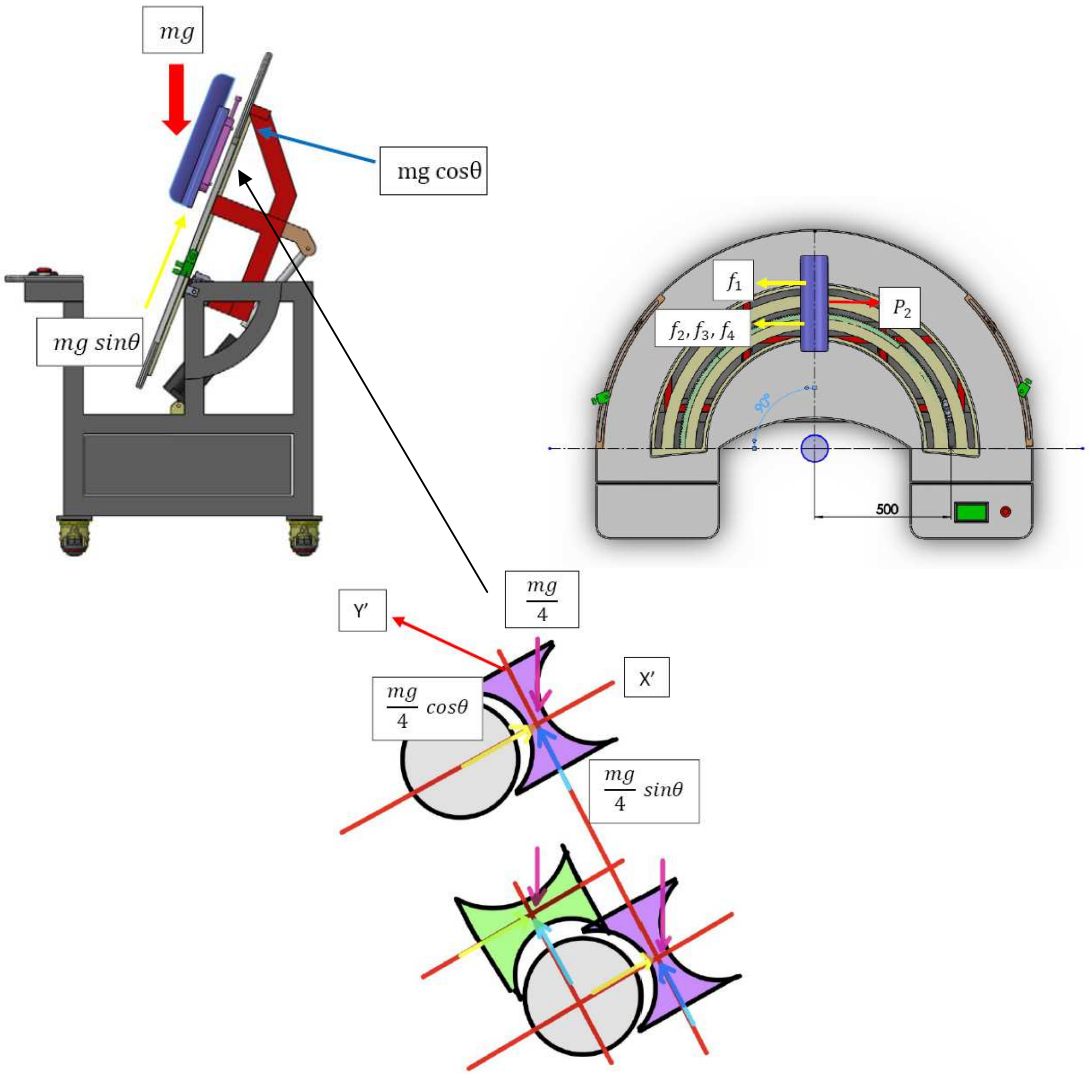
จากสมการที่ (1)

จะได้ $P_1 = 2 \times 5.54$

$P_1 = 11.08$ N

∴ ความเสียดทาน ณ ตำแหน่งความชันของโต๊ะที่ 0 องศา ที่ตำแหน่งสูงสุด $P_1 = 11.08$ [N]

- **คำนวณหาความเสียดทาน ณ ตำแหน่งความชันของโต๊ะที่ 70 องศา ที่ตำแหน่งสูงสุด**



รูปที่ 3.23 แสดงแรงที่กระทำกับความชันของโต๊ะที่ 70 องศาที่ตำแหน่งสูงสุด

กำหนดให้แรงที่กระทำที่ล้อทุกล้อมีค่าเท่ากัน $\frac{mg}{4}$ =18.469

พิจารณาที่ล้อ 1 และ 2 แรงเสียดทานที่กระทำจะมีค่าเท่ากับ $(2)\cos 80°$ (ในแนวแกน x)

จาก $\sum F = 0$

จะได้ $f_x = f_s \cdot \cos 80°$

$f_x = 5.54 \cos 80°$ N

$= 0.96$ N

พิจารณาที่ล้อ 3 และ 4 แรงเสียดทานที่กระทำจะมีค่าเท่ากับ $(2)\sin 80°$(ในแนวแกน y)

จาก $\sum F = 0$

จะได้ $f_y = f_s \cdot \sin 80°$

$f_y = 5.54 \sin 80°$ N

$= 5.45$ [N]

ค่าความเสียดทานรวมแกน X'และ Y'

$f_{total} = f_x + f_y$

$f_{total} = 0.96 + 5.45$

$f_{total} = 6.41$ N

ดังนั้นแรงเสียดทานที่ได้มีค่าเท่ากับ

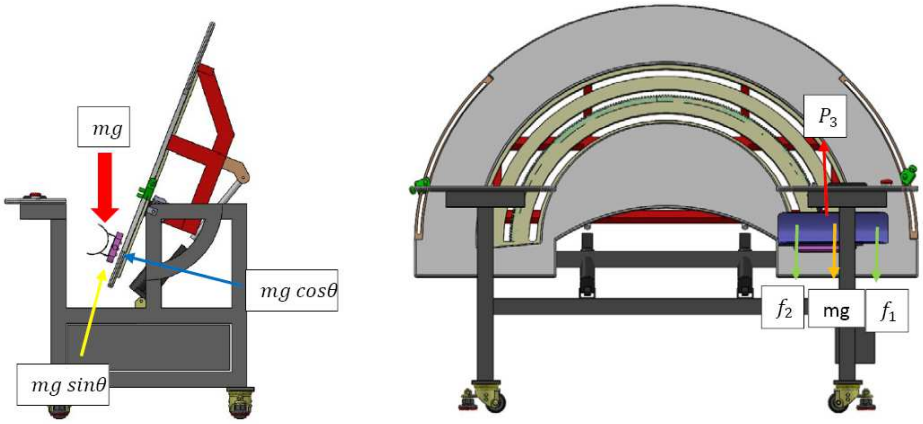
$P_2 = 4f_{total}$

$P_2 = 4 \times 6.41$

$= 25.64$ N

∴ ความเสียดทาน ณ ตำแหน่งความชันของโต๊ะที่ 80 องศา ที่ตำแหน่งสูงสุด P_2=25.64 N

- คำนวณหาความเสียดทาน ณ ตำแหน่งความชันของโต๊ะที่ 70 องศา ที่ตำแหน่งต่ำสุด



รูปที่ 3.24 แสดงแรงที่กระทำกับความชันของโต๊ะที่ 70 องศาที่ตำแหน่งต่ำสุด

กำหนดให้ $f_1 = f_2$

คำนวณหา f_1 ในแนวแกน X'

จาก $\sum F = 0$

จะได้ $f_{1x} = f_s \cos$

$f_{1x} = 5.54\cos 80°$

$= 0.96$ N

คำนวณหา f_2 ในแนวแกน Y'

จะได้ $f_{1y} = f_s \sin$

$f_{1y} = 5.54\sin 80°$

$= 5.45$ N

ดังนั้นค่าความเสียดทานรวมใน 2 ล้อคือ

$f_{2total} = 2(f_{1x} + f_{1y})$

$f_{2total} = 2(0.96 + 5.45)$

$= 12.82$ N

หาค่า P_3

จาก $\sum F = 0$

$P_3 = f_{2total} + mg\sin$

$P_3 = 12.82 + 73.88$

$= 85.58$ N

∴ ความเสียดทาน ณ ตำแหน่งความชันของโต๊ะที่ 70 องศา ที่ตำแหน่งต่ำสุด $P_3 = 85.58$ N

- **คำนวณหากำลังมอเตอร์ปรับองศาความชัน**



รูปที่ 3.25 แสดงแรงที่กระทำกับมอเตอร์ปรับองศาความชัน

จากสมการ $P = F \cdot V \cdot SF$

$F = mg = 15.56 \times 9.81 = 152.64$ N

$V = 20$ cm/20 s

$= \frac{0.2}{20} = 0.01$ m/s

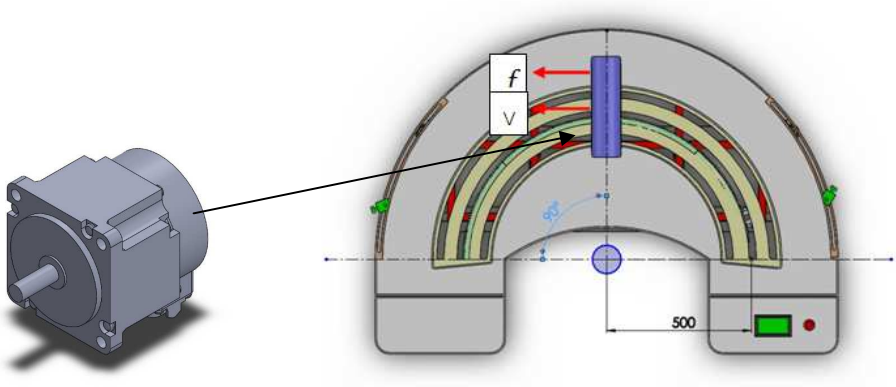
$V = 0.01$ m/s

กำหนด SF = 20 P = 152.64 × 0.01 × 20

$$P = \frac{30.528}{2} = 15.264 \text{ Watt}$$

ดังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ปรับความชันที่มีกำลังไม่น้อยกว่า 16 Watt

- **คำนวณหากำลังมอเตอร์ขับเคลื่อน arm support**



รูปที่ 3.26 แสดงมอเตอร์ขับเคลื่อน arm support และการเคลื่อนที่

จากสมการ $P = F \cdot V \cdot SF$

$$F_{total} = f_{arm+armsupport} + f_{friction}$$

$$F = 73.87 + 85.58 = 159.45 \text{ N}$$

V = 20 cm/20 s

$$= \frac{0.2}{20} = 0.01 \text{ m/s}$$

V = 0.01 m/s

กำหนด SF = 20 P = 159.45 × 0.01 × 20

P = 31.89 watt

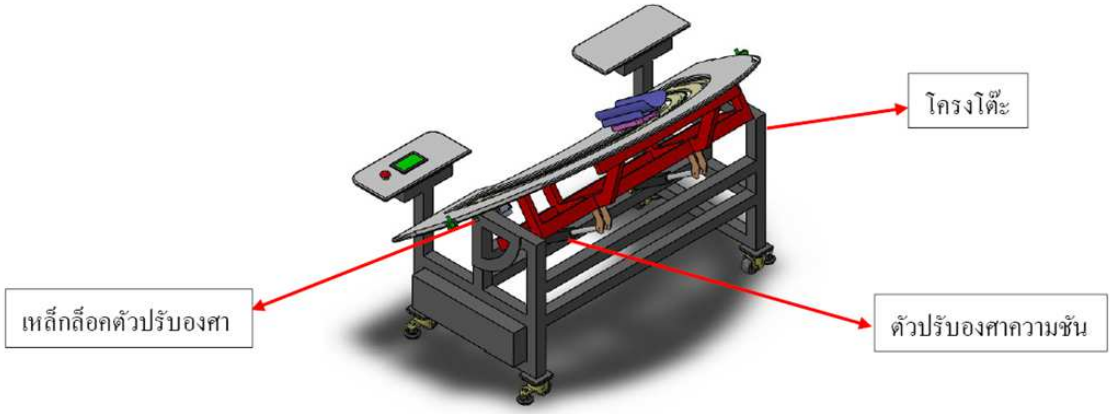
ดังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน *Arm support* ที่มีกำลังไม่น้อยกว่า 32 Watt

การวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยวิธี Finite Element

ในการแสดงผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง โดยวิธี Finite Element จะจำแนกผลเป็นหัวข้อหลักๆ คือ

- การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงโต๊ะ
- การวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวปรับองศาความชันพิจารณาที่จุดวิกฤต 45 องศา
- การวิเคราะห์ความแข็งแรงของสลักล็อคตัวปรับองศา

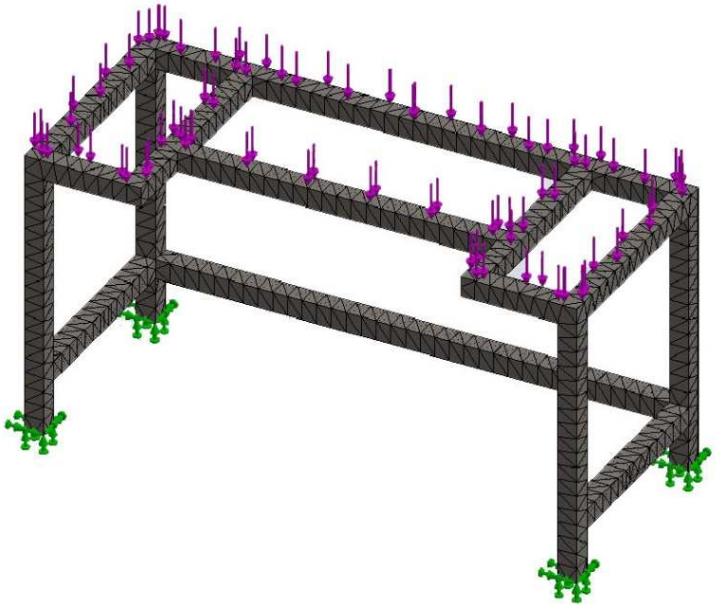
โดยรายละเอียดของการวิเคราะห์สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.27 แสดงรายละเอียดตำแหน่งที่ Simulation

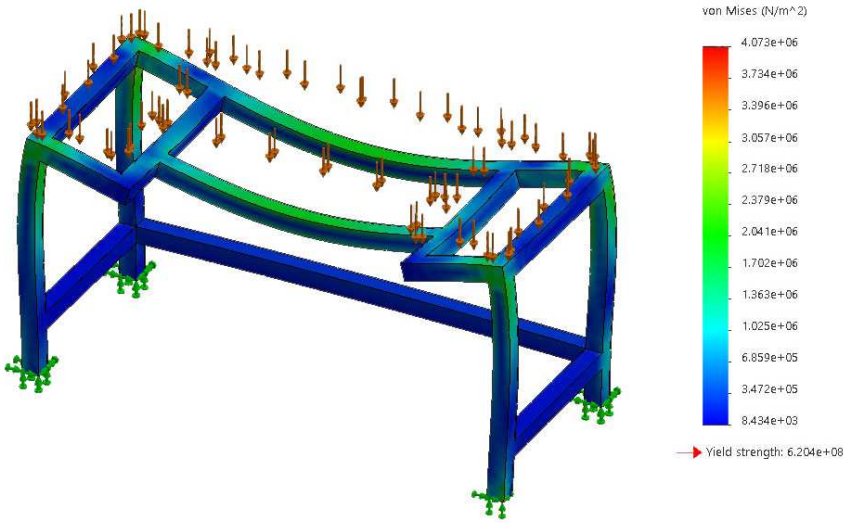
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงโต๊ะ

ในการวิเคราะห์โครงโต๊ะนี้ได้เลือกใช้เหล็กประเภท Steel (AISI 1020) โดยใส่แรงกระทำ คือ (16.71 x 2 x 9.81) = 327.85 N ที่บริเวณด้านบนของโครงโต๊ะเพื่อทำการทดสอบความแข็งแรงของโครงโต๊ะและได้ทำการบอกตำแหน่งที่แรงกระทำสูงสุด (Max) และต่ำสุด (Min) โดยจะทำการกำหนดจุดยึดบริเวณปลายสุดของขาโต๊ะ



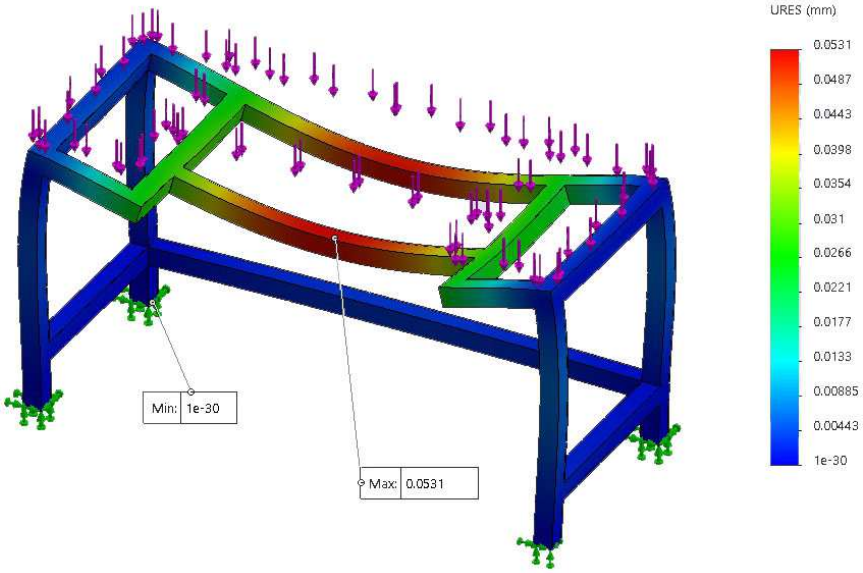
รูปที่ 3.28 แสดงแรงที่กระทำกับโครงโต๊ะและ mesh ของโครงโต๊ะ

ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงโต๊ะ



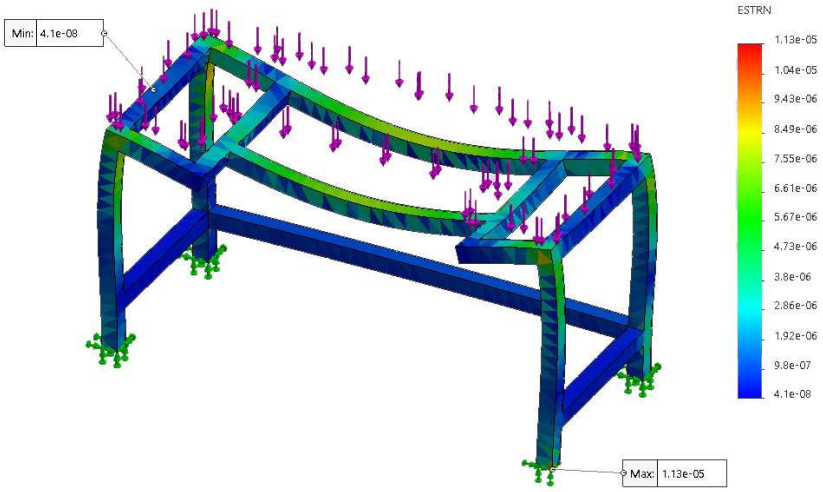
รูปที่ 3.29 แสดงค่าความเค้นของโครงโต๊ะ (Stress)

จากรูปที่ 3.29 จะแสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น (Stress Distribution) ภายในโครงโต๊ะ จะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้น (Von Mises) ที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณคานของโต๊ะ โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้น (Von Mises) มากที่สุดเท่ากับ 4.073×10^{6} N/m^{2} และค่าต่ำสุดคือ 8.434×10^{3} N/m^{2} เมื่อนำค่าความเค้นสูงสุดมาเปรียบกับค่า (Yield Strength) จะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าจะไม่ทำให้โครงโต๊ะดังกล่าวเกิดความเสียหายทางกลได้เลยสำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้น (Von Mises) ค่อนข้างสม่ำเสมอ



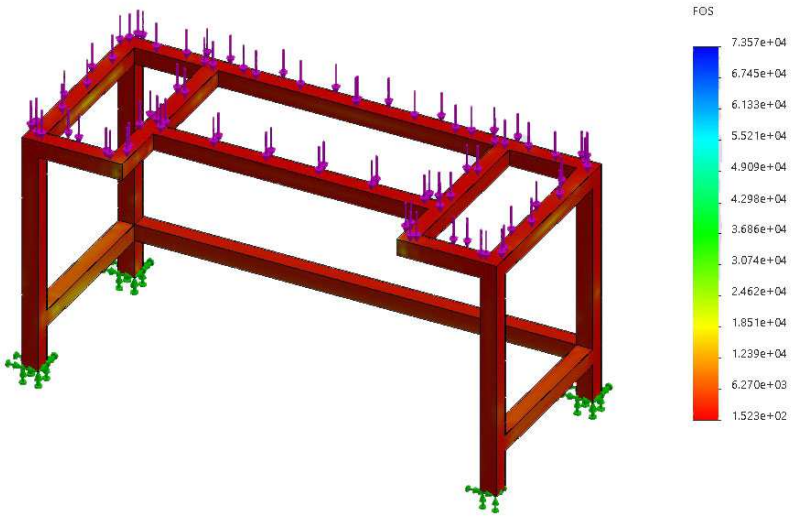
รูปที่ 3.30 แสดงค่าการกระจัดของโครงโต๊ะ (Displacement)

จากรูปที่ 3.30 จะแสดงผลการวิเคราะห์ระยะการโก่งงอ (Displacement) ของโครงโต๊ะนั้น จะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดของโครงโต๊ะนั้นจะมีระยะการเคลื่อนตัวมากที่สุดตรงบริเวณช่วงกลางคานของโครงโต๊ะ โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.0531 mm ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบโครงโต๊ะเพราะเมื่อระยะการโก่งงอของโครงโต๊ะ มีค่าที่น้อย แสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวค่อนข้างที่จะมีการเคลื่อนตัวน้อยหรือแข็งแรงมาก (Rigid and Solid)



รูปที่ 3.31 แสดงค่าความเครียดของโครงโต๊ะ (Strain)

จากรูปที่ 3.31 จะสังเกตได้ว่าค่าความเครียด (Strain) สูงสุดคือ 1.13×10^{-5} และต่ำสุดคือ 4.1×10^{-8} ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณกลางคานโครงโต๊ะ เช่นเดียวกับความเค้น

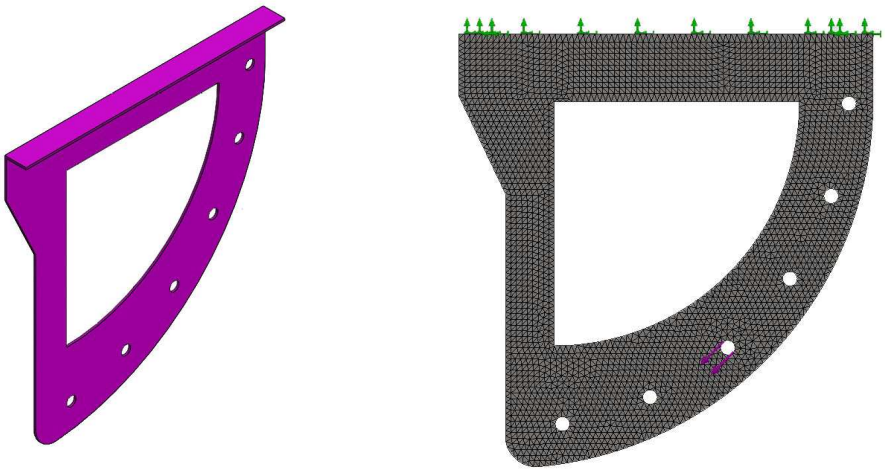


รูปที่ 3.32 แสดงค่าความปลอดภัยของโครงโต๊ะ (Factor of safety)

จากรูปที่ 3.32 จะเห็นว่าค่าความปลอดภัยของโครงโต๊ะ สามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 1.523×10^{2} ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยมากเกินพอ

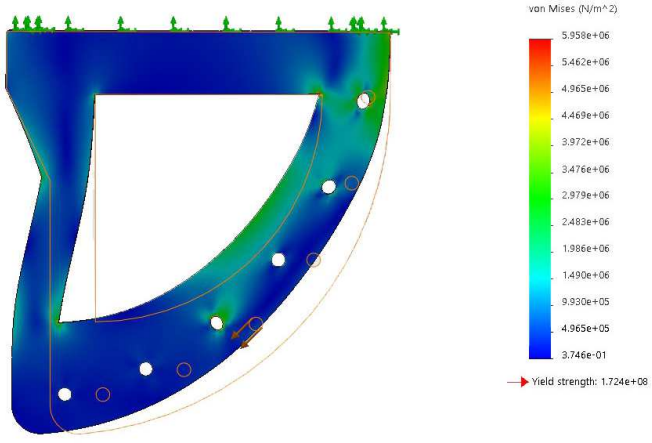
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวปรับองศาความชันพิจารณาที่จุดวิกฤต 45 องศา

ในการวิเคราะห์ตัวปรับองศาความชันนี้ได้เลือกใช้ Stainless steel ประเภท AISI 316 (ss) โดยใส่แรงกระทำ 163.93 N ที่บริเวณรูของตัวปรับองศาความชันโดยใช้ความชันที่ 45 องศา เพื่อทำการทดสอบความแข็งแรงของตัวปรับองศาความชันและได้ทำการบอกตำแหน่งที่แรงกระทำสูงสุด (Max) และต่ำสุด (Min) โดยจะทำการกำหนดจุด (fixtures) กับจุดยึดที่แผ่นโต๊ะ



รูปที่ 3.33 แสดงแรงที่กระทำและ mesh ของตัวปรับองศาความชัน

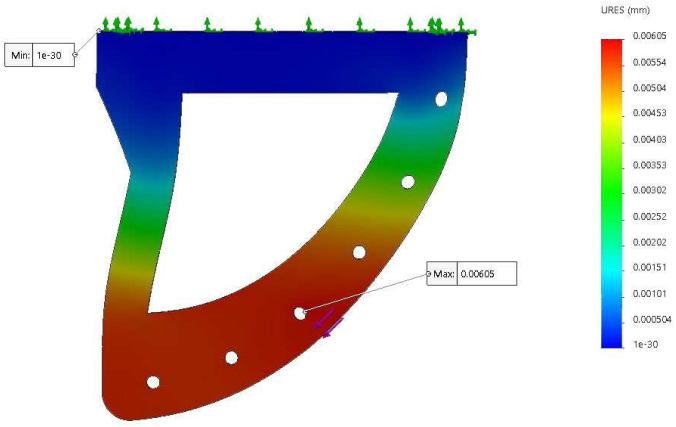
ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวปรับองศาความชันพิจารณาที่จุดวิกฤต 45 องศา



รูปที่ 3.34 แสดงค่าความเค้นของตัวปรับองศาความชัน (Stress)

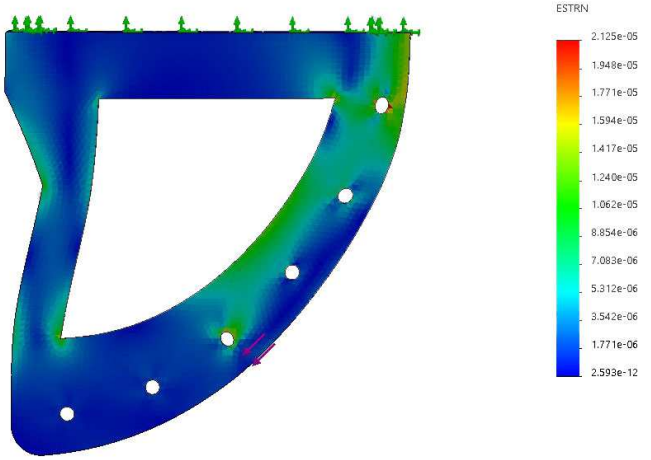
จากรูปที่ 3.34 จะแสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น (Stress Distribution) ภายในตัวปรับองศาความชัน จะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้น (Von Mises) ที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณรูที่ใช้พิจารณาโดยมีค่าองศาเท่ากับ 48 องศา โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้น (Von Mises) มากที่สุดเท่ากับ 5.958 x 10^{6} N/m^{2} และค่าต่ำสุดคือ 3.746 x 10^{-1} N/m^{2} เมื่อนำค่าความเค้นสูงสุดมาเปรียบกับค่า (Yield Strength) จะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าจะไม่ทำให้ตัวปรับองศาความชัน

ดังกล่าวเกิดความเสียหายทางกลได้เลย สำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้น (Von Mises) ไม่สม่ำเสมอดังรูปแต่ไม่เกิน (Yield Strength)



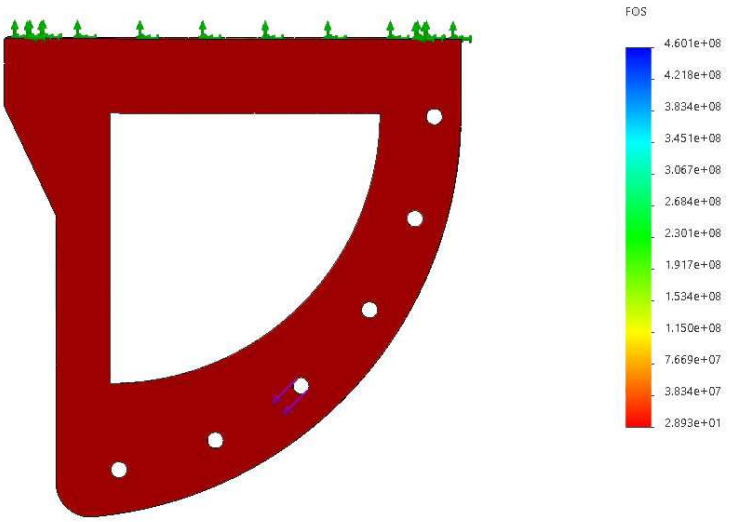
รูปที่ 3.35 แสดงค่าการกระจัดของตัวปรับองศาความชัน (Displacement)

จากรูปที่ 3.35 ผลการวิเคราะห์ระยะการโก่งงอ (Displacement) ของตัวปรับองศาความชันนั้นจะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดของตัวปรับองศาความชันนั้นจะมีระยะการเคลื่อนตัวมากที่สุดตรงบริเวณรูที่ใช้พิจารณาถึงช่วงปลายตัวปรับองศาความชัน โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.00605 mm. ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบตัวปรับองศาความชัน เพราะ เมื่อระยะการโก่งงอของตัวปรับองศาความชันมีค่าที่น้อยแสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวค่อนข้างที่จะมีการเคลื่อนตัวน้อยหรือแข็งแรง (Rigid and Solid)



รูปที่ 3.36 แสดงค่าความเครียดของตัวปรับองศาความชัน (Strain)

จากรูปที่ 3.36 สังเกตได้ว่าค่าความเครียด (Strain) สูงสุดคือ 2.125×10^{-5} และต่ำสุดคือ 2.593×10^{-12} ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณรูที่ใช้พิจารณาโดยมีค่าองศาเท่ากับ 48 องศาเช่นเดียวกับความเค้น

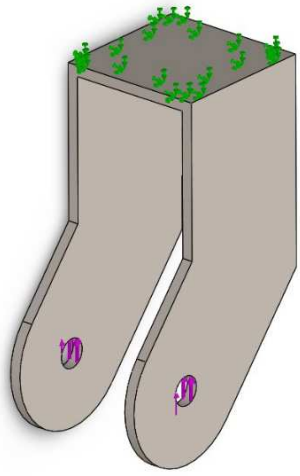


รูปที่ 3.37 แสดงค่าความปลอดภัยของตัวปรับองศาความชัน (Factor of safety)

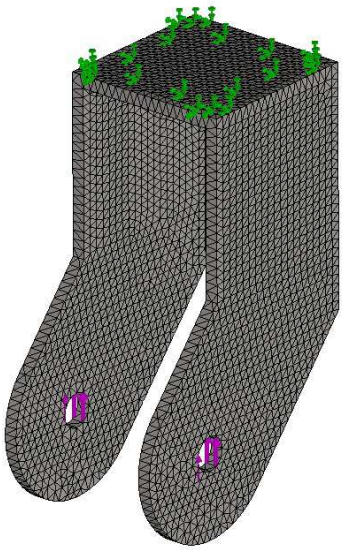
จากรูปที่ 3.37 จะเห็นว่าค่าความปลอดภัยของตัวปรับองศาความชัน สามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นบริเวณจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 28.93 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยเพียงพอ

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของที่ยึดจุดหมุน

การวิเคราะห์ที่ยึดนี้ได้เลือกใช้ Steel ประเภท AISI 316 (ss) โดยใส่แรงกระทำ คือ 152.64 N ที่บริเวณที่ยึดจุดหมุนเพื่อทำการทดสอบความแข็งแรงของที่ยึด และได้ทำการบอกตำแหน่งที่แรงกระทำสูงสุด (Max) และต่ำสุด (Min) โดยจะทำการกำหนดจุดยึด 2 จุดและแรงที่กระทำ

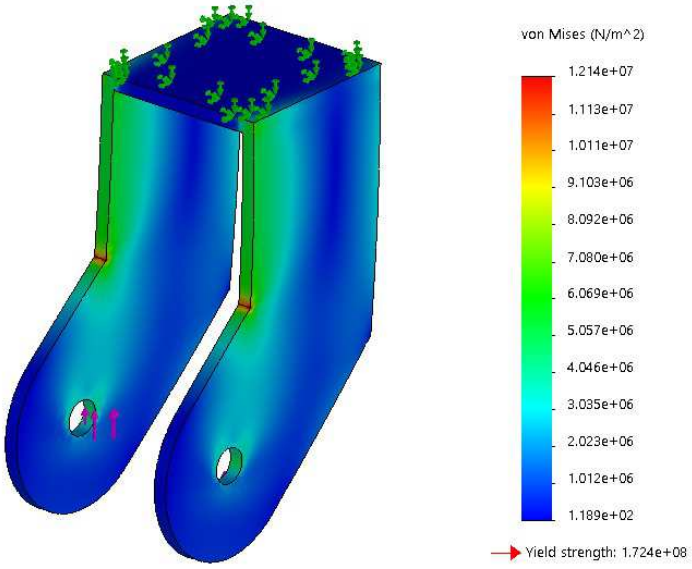


รูปที่ 3.38 แสดงลักษณะที่ยึดจุดหมุน



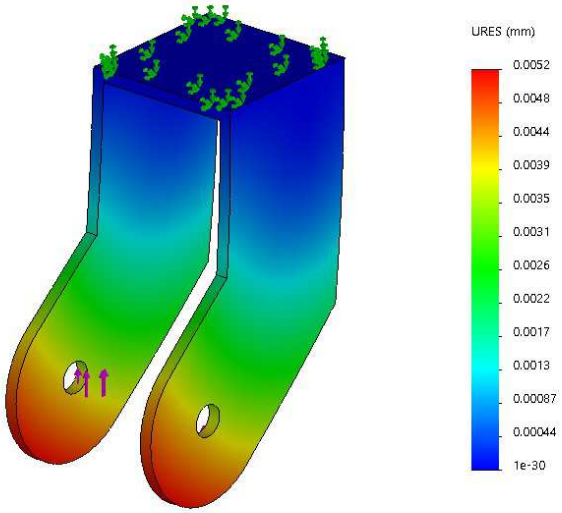
รูปที่ 3.39 แสดง mesh สลักล็อค ตำแหน่งจุดยึดและแรงที่กระทำ

ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของที่ยึดจุดหมุน



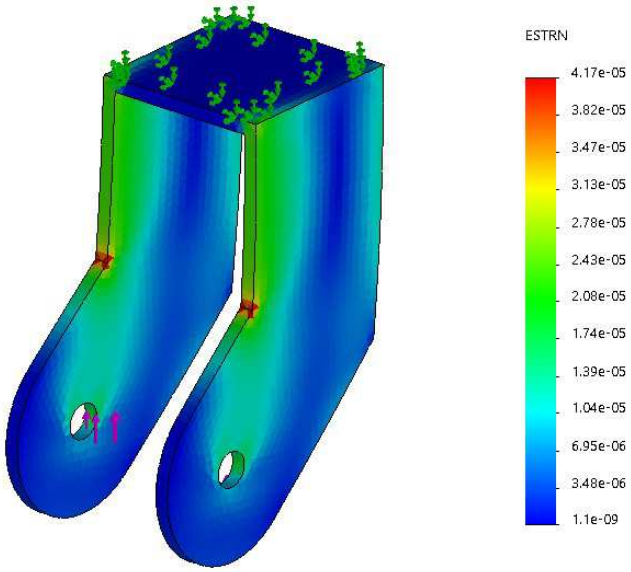
รูปที่ 3.40 แสดงค่าความเค้นของที่ยึดจุดหมุน (Stress)

จากรูปที่ 3.40 จะแสดงผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น (Stress Distribution) ภายในที่ยึดจุดหมุน จะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้น (Von Mises) ที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณจุด (Fixtures) โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้น (Von Mises) มากที่สุดเท่ากับ 1.214 x10^7 N/m^2 และค่าต่ำสุดคือ 1.189 x 10^2 N/m^2 เมื่อนำค่าความเค้นสูงสุดมาเปรียบกับค่า (Yield Strength) จะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าจะไม่ทำให้ที่ยึดจุดหมุน ดังกล่าวเกิดความเสียหายทางกลได้เลย สำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้น (Von Mises) ค่อนข้างสม่ำเสมอ



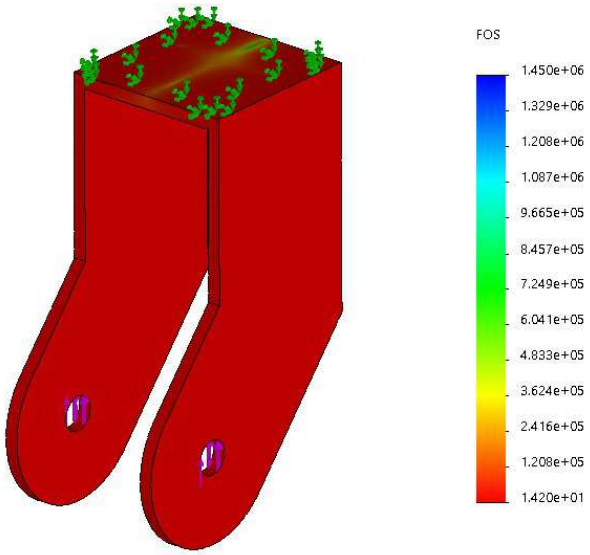
รูปที่ 3.41 แสดงค่าการกระจัดของที่ยึดจุดหมุน (Displacement)

จากรูปที่ 3.41 ผลการวิเคราะห์ระยะการโก่งงอ (Displacement) ของที่ยึดนั้นจะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดของที่ยึดจุดหมุนนั้นจะมีระยะการโก่งงอมากที่สุดตรงบริเวณช่วงขาที่ยึดจุดหมุน โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.0052 mm. ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบที่ยึดจุดหมุน เพราะเมื่อระยะการโก่งงอของที่ยึดจุดหมุนมีค่าที่น้อย แสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวค่อนข้างที่จะมีการเคลื่อนตัวน้อยหรือแข็งแรงมาก (Rigid and Solid)



รูปที่ 3.42 แสดงค่าความเครียดของเหล็กสลักล็อค (Strain)

จากรูปที่ 3.42 จะสังเกตได้ว่าค่าความเครียด (Strain) สูงสุดคือ 4.17×10^{-5} และต่ำสุดคือ 1.1×10^{-9} ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณจุด (Fixtures) เช่นเดียวกับความเค้น



รูปที่ 3.43 แสดงค่าความปลอดภัยของเหล็กสลักล็อค (Factor of safety)

จากรูปที่ 3.43 จะเห็นว่าค่าความปลอดภัยของที่ยึดจุดหมุนสามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นบริเวณจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 14.20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยมากเกินพอ

ตารางที่ 3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง

Component	Material	Yield strength (MPa)	Maximum Stress (MPa)	Maximum Displacement (mm)	Maximum Strain (μ)	Minimum Safety Factor
โครงโต๊ะ	AISI 1020	620.4	4.073	0.0531	0.113	152.3
ตัวปรับองศาความชัน	AISI 316	172.4	5.958	0.00605	0.2125	28.93
ที่ยึดจุดหมุน	AISI 316	172.4	12.14	0.0052	0.417	14.20

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบ Displacement ระหว่างวิธีการคำนวณกับวิธี Finite Element

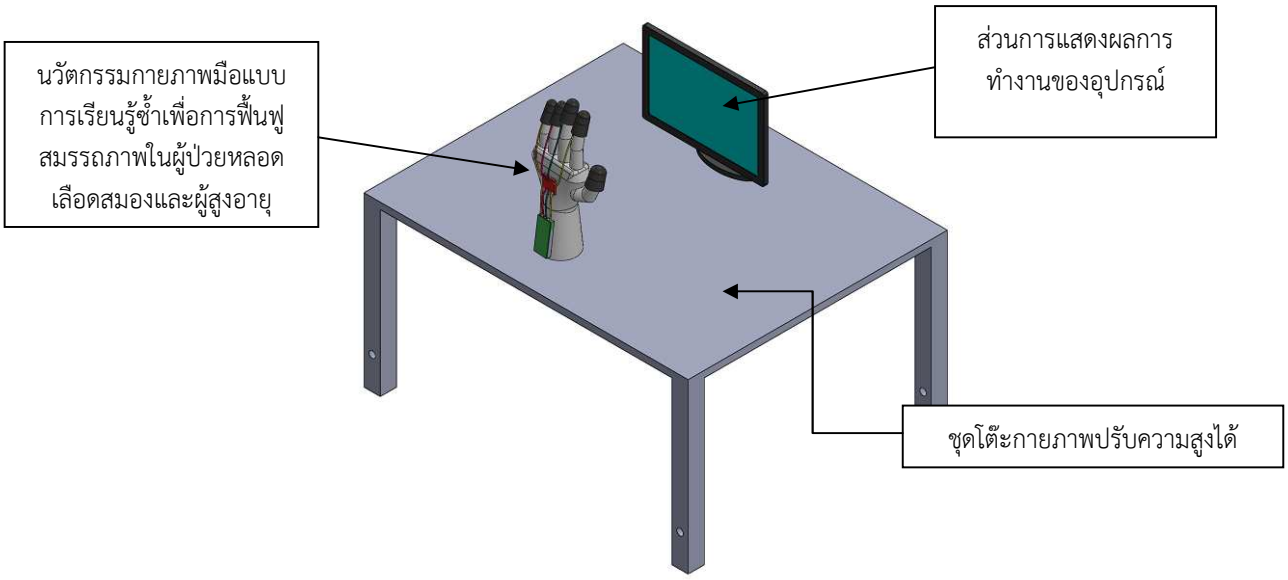
Component	การคำนวณ (mm)	วิธี Finite Element (mm)	% ความคลาดเคลื่อน (%)
คานโครงโต๊ะ	0.0704	0.0531	24.57
ขาโต๊ะ	0.0000599	0.0000489	18.36

2. การออกแบบนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

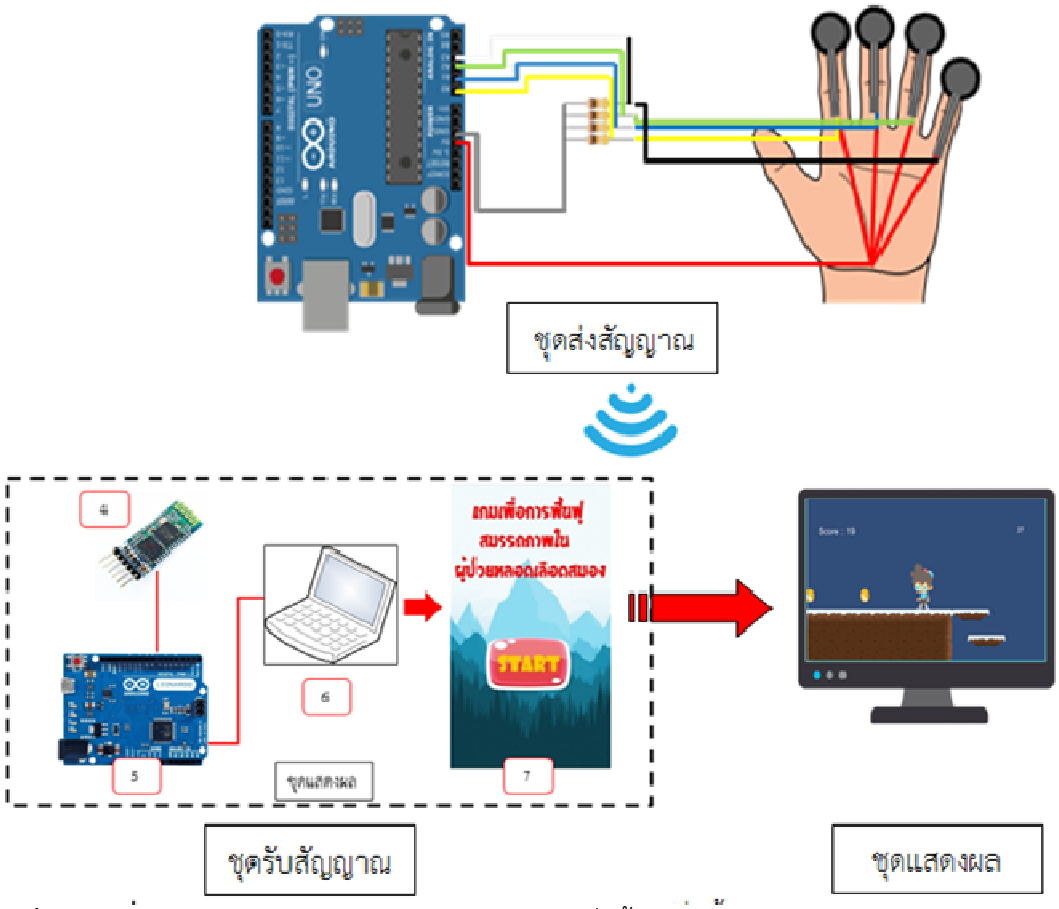
การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพบำบัดมือในการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งมีปัญหาเป็นอัมพาตครึ่งซีกหลังจากทำการรักษา โดยใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงอันเนื่องมาจากโรคหลอดเลือดในสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป (มือ ที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้) โดยมุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารนิ้วมือ (Finger Exercise) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยกายภาพนิ้วมือแบบเรียนรู้ซ้ำเพื่อเป็นการบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้นิ้วมือของผู้ป่วยให้ใช้งานได้คล่องขึ้น โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนตัวอุปกรณ์กายภาพนิ้วมือ (Hardware) และส่วนโปรแกรมการแสดงผล (Software) โดยจะมีการกำหนดฟังก์ชันการทำงานของนิ้วมือให้มีการใช้งานได้ครบทุกนิ้ว มีการเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในลักษณ์ที่เป็นเกม โดยแบ่งระดับความยากง่ายออกเป็น 4 ระดับ และสามารถแสดงผลทำการกายภาพบำบัดได้ เพื่อเป็นการเพิ่มความน่าสนใจ แรงจูงใจ ในการทำการภาพของผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง อีกทั้งมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยจอแสดงผลระหว่างผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุกับอุปกรณ์ เพื่อความปลอดภัยระหว่างการฝึกของผู้ป่วยอีกด้วย



รูปที่ 3.44 แสดงภาพรวมของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง



รูปที่ 3.45 แสดงภาพรวมของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง



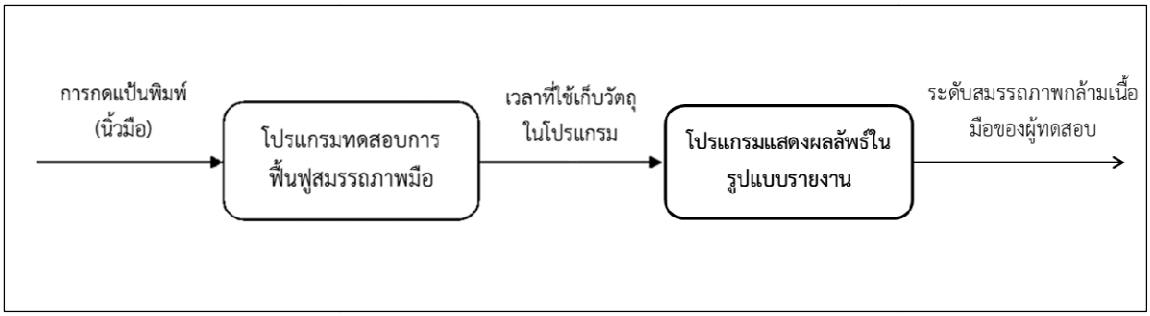
รูปที่ 3.46 แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดในการพัฒนานวัตกรรมกายภาพมือฯ

ลำดับ	อุปกรณ์ในปัจจุบัน	นวัตกรรมที่พัฒนา
1	ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือ ที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)	ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือ ที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)
2	เป็นอุปกรณ์กายภาพทั่วไปที่ไม่มีการต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับคอมพิวเตอร์	สามารถใช้คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window ในการทำงาน
3	ไม่มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้และอุปกรณ์กายภาพทำได้ตามระดับของอุปกรณ์เท่านั้น	- มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดผ่านทางแอปพลิเคชั่นหรือคอมพิวเตอร์ได้ - มีการให้คะแนนหลังทำการกายภาพได้ - มีการแสดงเวลาหลังทำการกายภาพได้ - สามารถเลือกระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้
4	เป็นอุปกรณ์กายภาพทั่วไปที่ไม่มีการต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับคอมพิวเตอร์	อุปกรณ์การทำงานเป็นแบบไร้สาย เพื่อสะดวกในการกายภาพและใช้งาน
5	สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	สามารถเคลื่อนย้ายและใช้งานได้สะดวก
6	วัสดุของอุปกรณ์เป็น ยาง ลูกปัด ลูกบอล เป็นต้น	วัสดุของอุปกรณ์เป็นวัสดุไร้สนิม (ผ้ายาง, อะคิลิค, อลูมิเนียม, พลาสติก) และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

หลักการทำงานของอุปกรณ์

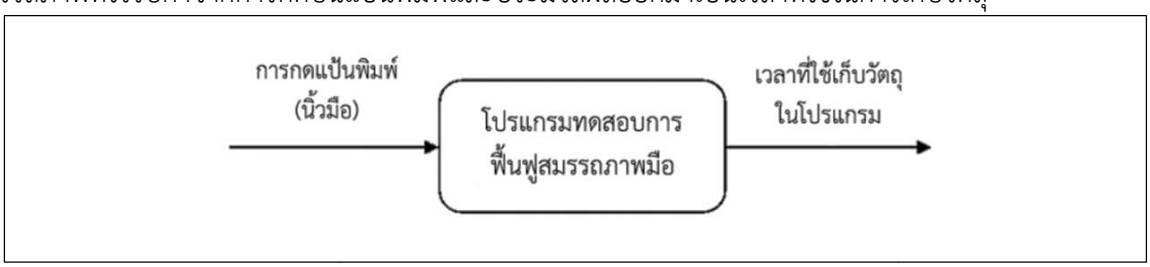
เชื่อมต่ออุปกรณ์การกายภาพเข้ากับคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window โดยอุปกรณ์กายภาพจะติดสวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) ไว้ที่นิ้วชี้ , นิ้วกลาง ,นิ้วนาง และนิ้วก้อย การทำงานของอุปกรณ์ เริ่มทำงานเมื่อผู้ป่วยกดสวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) เช่น นิ้วโป้งกดปุ่มกดกับนิ้วชี้ จะทำให้ไฟฟ้าครบวงจร หลังจากนั้นชุดส่งสัญญาณจะทำการส่งสัญญาณไร้สายไปที่คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window โปรแกรมทดสอบจะทำงานตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้ โดยแสดงผลการทำงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ การทำงานจะเปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนกดปุ่มกดที่นิ้วอื่น ๆ การเคลื่อนที่ของตัวละครก็จะเปลี่ยนตามคำสั่ง และผลการทำงานของอุปกรณ์จะแสดงผลผ่านผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.47 หลักการทำงานของระบบทั้งหมด

การพัฒนาโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

โปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ มี 2 ส่วนหลักที่ต้องออกแบบคือ 1) ตำแหน่งการออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์ เพื่อรับค่าจากผู้ทดสอบโดยการกดด้วยนิ้วมือ และ 2) โปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพที่ไว้รับค่าจากการกดบนแป้นพิมพ์และประมวลผลออกมาเป็นเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุ



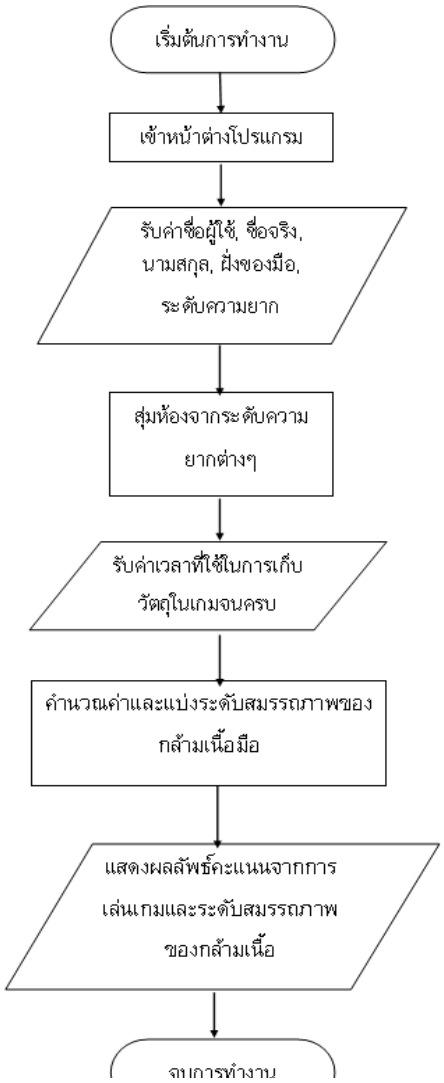
รูปที่ 3.48 หลักการออกแบบโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

การออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์จะนำหลักการในเรื่องของกล้ามเนื้อแขน ตำแหน่งของการกดมาจากท่ากายภาพบำบัดมือในบันทึกการรักษาพยาบาลโรคหลอดเลือดสมองของศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูและโครงสร้างมือของคนไทย เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์

ผังงานการทำงานของโปรแกรม

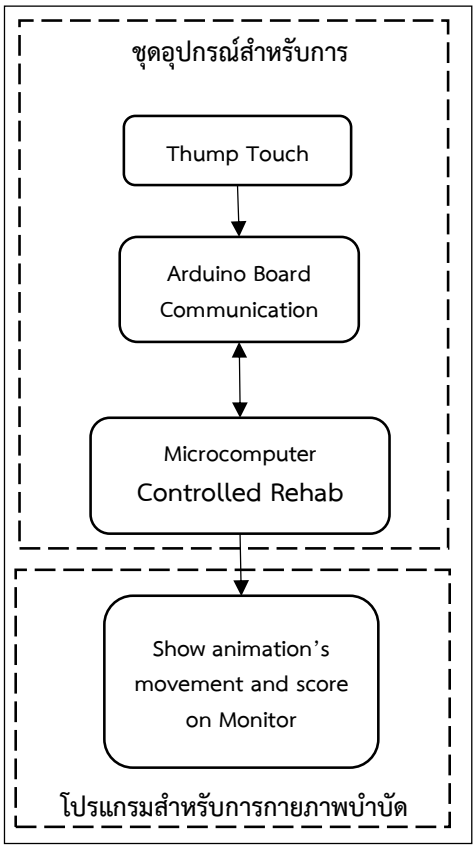
ภาพรวมการทำงานในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ขั้นตอนแรกให้ผู้ทดสอบป้อนชื่อผู้ใช้ ชื่อ-นามสกุล เมื่อบันทึกข้อมูลผู้ทดสอบเสร็จแล้ว โปรแกรมจะให้เลือกฝั่งของมือที่ต้องการใช้ในการกายภาพบำบัด จากนั้นโปรแกรมจะให้เลือกระดับความยากที่

ต้องการเล่น เริ่มสุ่มห้องที่ใช้ในการทำกายภาพ และบันทึกค่าเวลาการตอบสนองกล้ามเนื้อมือของผู้ทดสอบไว้ตามลำดับ เพื่อคำนวณเป็นคะแนนคร่าว ๆ ให้ผู้ทดสอบได้ทราบในโปรแกรมและนำมาคำนวณเวลาการตอบสนองกล้ามเนื้อมือของผู้ทดสอบเพื่อให้ข้อมูลกับนักกายภาพ โดยแบ่งเกณฑ์การตอบสนองกล้ามเนื้อมือแล้วแสดงผลลัพธ์ของผู้ทดสอบออกมาในแต่ละท่ากายภาพบำบัดและแต่ละระดับความยาก จึงจะจบการทำงานของโปรแกรม

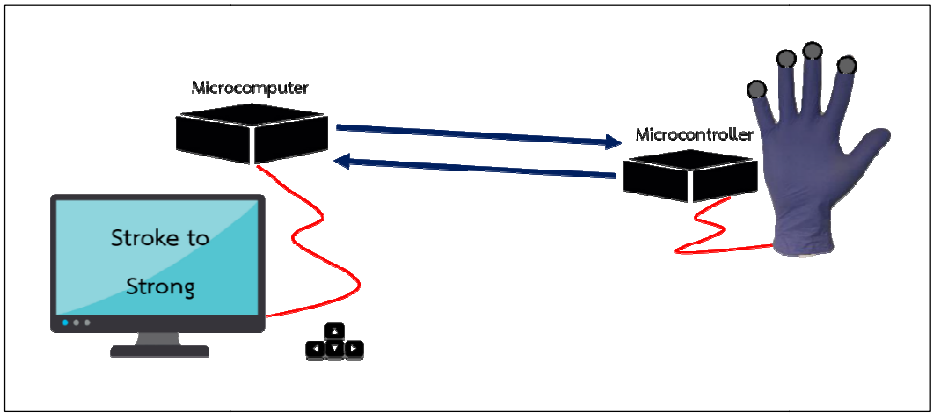


รูปที่ 3.49 ผังการทำงานของโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือมีความต้องการที่จะพัฒนาชุดอุปกรณ์นี้ให้เปรียบเสมือนผู้เชี่ยวชาญหรือ นักกายภาพบำบัดและช่วยให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทราบถึงพัฒนาการในทำการกายภาพของตนเองได้ในระดับเบื้องต้น ในขณะเดียวกันชุดอุปกรณ์เพื่อช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ มีโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัดที่มีลักษณะเป็นเกม ซึ่งสามารถลดความเบื่อหน่ายของการกายภาพแบบเดิมได้ โดยวิธีการดำเนินงานของโครงงานวิศวกรรมสามารถแบ่งการออกแบบได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) ถุงมือสำหรับการกายภาพบำบัด 2) โปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด



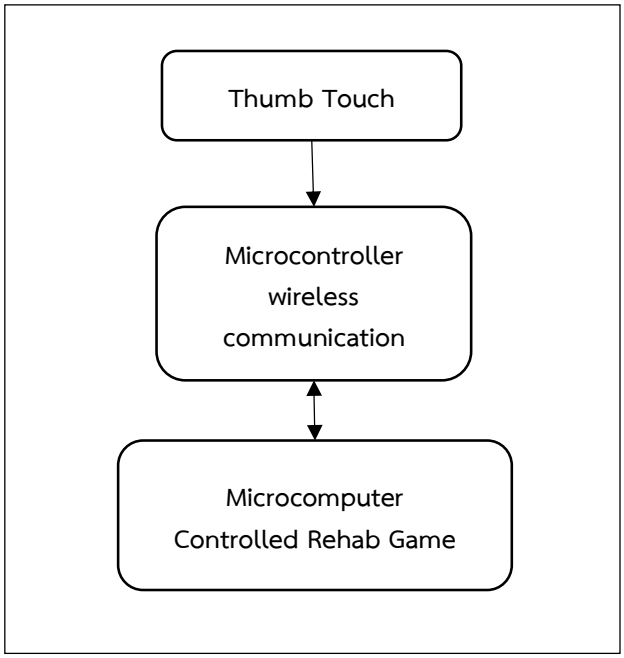
รูปที่ 3.50 หลักการทำงานของระบบทั้งหมด



รูปที่ 3.51 แสดงภาพรวมของอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง

ชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ

ชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ หรือชุดถุงมือ จะประกอบไปด้วย 1) เซนเซอร์รับแรงกด ที่ทำหน้าที่รับแรงกดจากการทำกายภาพโดยการจีบนิ้ว ซึ่งจะต้องติดตั้งไว้บริเวณปลายนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย 2) ส่วนรับและส่งสัญญาณ ที่จะทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างกัน โดยส่วนส่งสัญญาณจะรับค่าแรงกดจากเซนเซอร์จากการทำท่ากายภาพมือ จากนั้นจะส่งค่าแบบไร้สายผ่านมายังส่วนรับสัญญาณ เพื่อทำการประมวลผลว่าจะแสดงผลการควบคุมคีย์บอร์ดแบบใด และ 3) microcomputer ที่จะช่วยในการประมวลผลการควบคุมและแสดงผลโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัด



รูปที่ 3.52 หลักการทำงานของถุงมือสำหรับการกายภาพบำบัด

1. เซนเซอร์รับแรงกด (Thumb Touch)

ท่าการกายภาพนี้จะจัดอยู่ในหมวดการทำกายภาพที่เป็น Hand Exercise โดยองค์ประกอบหลักของส่วนนี้คือ Force Sensitive Resistance Sensor หรือ FSR Sensor ที่เป็นส่วนรับค่าแรงกดจากผู้ใช้งาน

หลักการทำงานของส่วนนี้ก็คือ เมื่อผู้ใช้งานจีบนิ้วแล้ว FSR Sensor จะให้ค่าแรงกดออกมาตามความหนัก-เบาของแรงที่กดลงไป ซึ่งค่าเอาต์พุตที่ได้จะเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ถูกแปลงจากค่า analog เป็นค่า digital มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1023

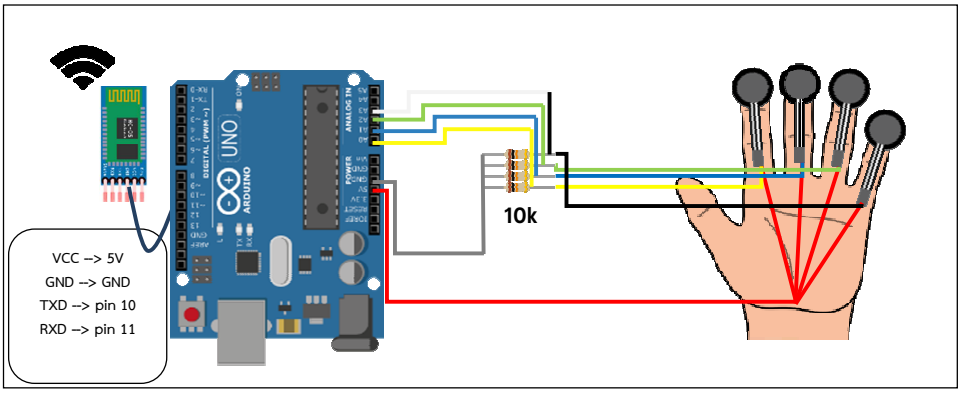


รูปที่ 3.53 ส่วนเซ็นเซอร์รับแรงกดของถุงมือสำหรับการกายภาพบำบัด

2. Microcontroller wireless communication

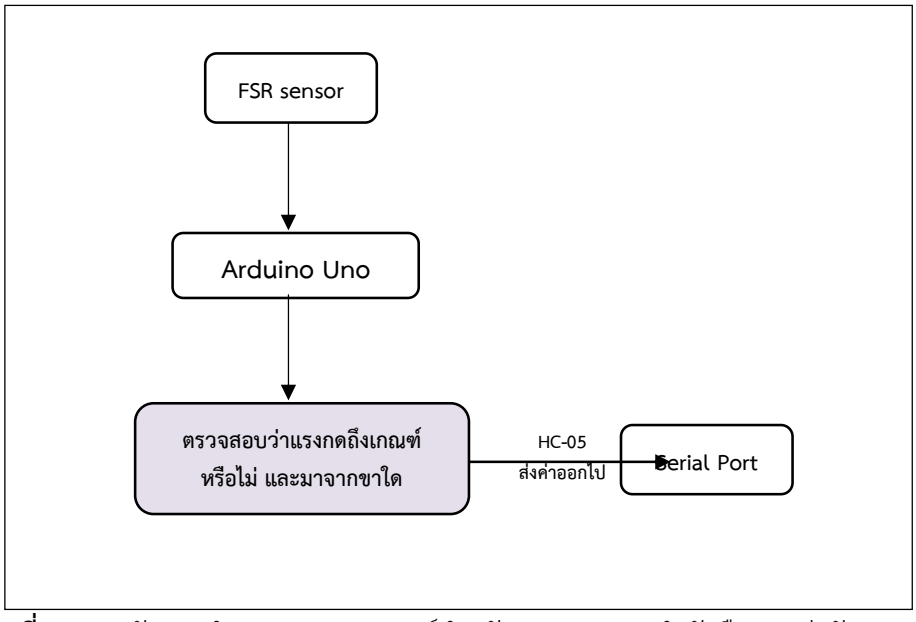
ส่วนของการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายของ Microcontroller ซึ่งบอร์ดที่นำมาใช้คือบอร์ด Arduino ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดส่งสัญญาณ และชุดรับสัญญาณ

- ชุดส่งสัญญาณ



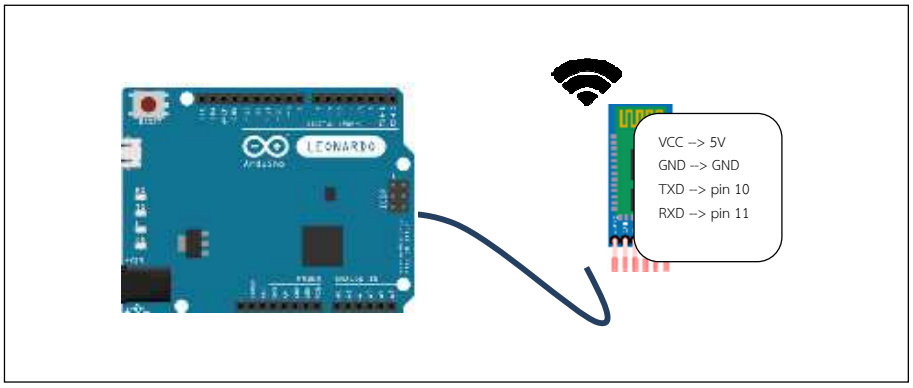
รูปที่ 3.54 ชุดส่งสัญญาณ

สำหรับส่วนส่งสัญญาณประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ ถุงมือที่มี FSR sensor ติดตั้งอยู่ , บอร์ด Arduino UNO และ HC-05 Bluetooth Module หลักการทำงานของส่วนนี้คือ เมื่อได้รับค่าจากเซ็นเซอร์เข้ามาจะต้องทำการตรวจสอบเงื่อนไขของแรงกดว่าถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้หรือไม่ หากตรงตามเกณฑ์ขั้นต่ำจะทำการส่งค่าผ่าน Bluetooth module ทาง Serial port ไปยังชุดรับสัญญาณต่อไป



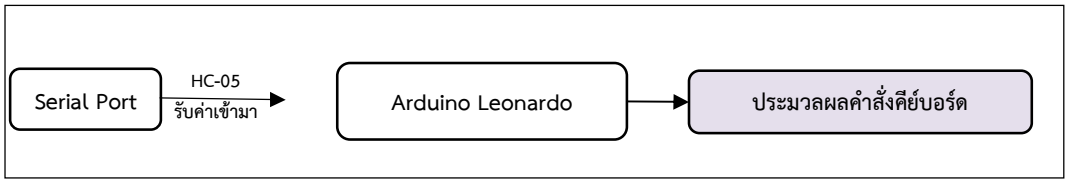
รูปที่ 3.55 หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ (ชุดส่งสัญญาณ)

- ชุดรับสัญญาณ



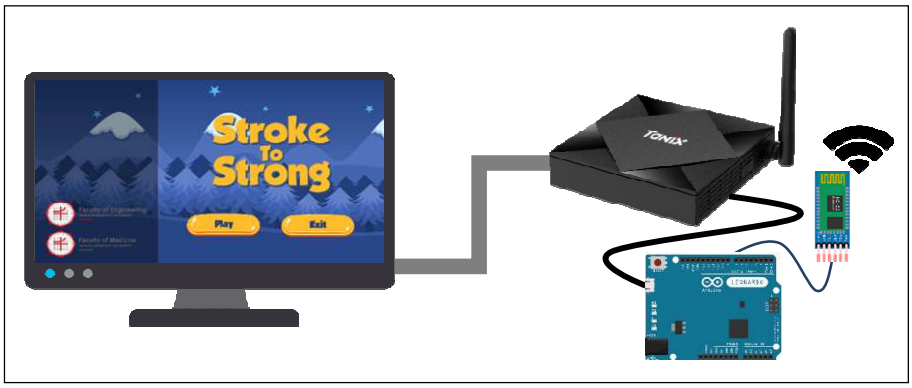
รูปที่ 3.56 ชุดรับสัญญาณ

สำหรับส่วนรับสัญญาณประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ บอร์ด Arduino Leonardo และ HC-05 Bluetooth Module หลักการทำงานของส่วนนี้คือ เมื่อ Bluetooth module รับค่าเข้ามาจากชุดส่งสัญญาณแล้วจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขว่าค่าที่รับมานั้นตรงกับเงื่อนไขใด จึงจะทำการพิมพ์ตัวอักษรในเงื่อนไขนั้น เช่น ค่าที่ได้รับมาเท่ากับ 1 จะทำการพิมพ์ตัวอักษร “d” เป็นต้น



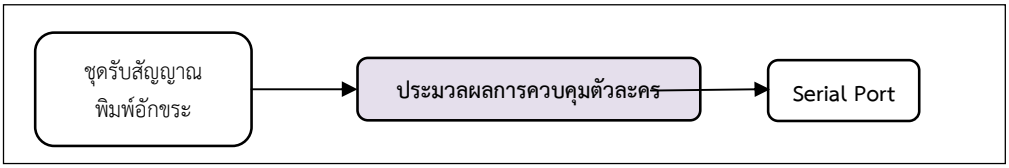
รูปที่ 3.57 หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์สำหรับการกายภาพบำบัดมือ (ชุดรับสัญญาณ)

3. Microcomputer Controlled Rehab Game



รูปที่ 3.58 Microcomputer (Tanix box) ที่เชื่อมต่อกับชุดรับสัญญาณ

สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลเพื่อควบคุมโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัดคือ กล่องแอนดรอยด์ Tanix TX6s ซึ่งจะถูกติดตั้งโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัดลงไป และแสดงผลการคุมควบโปรแกรมโดยการนำไปต่อกับจอแสดงผลที่มีพอร์ท HDMI หลักการทำงานของส่วนนี้คือ เมื่อชุดรับสัญญาณสามารถประมวลผลได้ว่าจะพิมพ์อักษรใดแล้ว จะถูกส่งต่อการควบคุมไปที่ไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะแสดงผลว่าควบคุมนั้นๆออกมาเป็น event action ของตัวละครบนโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัด เช่น เมื่อชุดรับสัญญาณพิมพ์ “d” ตัวละครจะเดินหน้า เป็นต้น

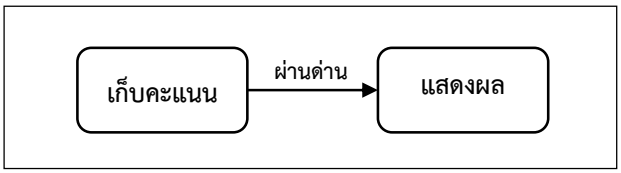


รูปที่ 3.59 หลักการทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์ในการคุมควบโปรแกรมสำหรับการกายภาพบำบัด

โปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด

เนื่องจากท่ากายภาพบำบัดมือ มีทั้งหมด 4 ท่า โดยเรียงตามลำดับการกายภาพ ได้แก่ 1) ท่างีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ 2) ท่างีบนิ้วโป้ง-นิ้วกลาง 3) ท่างีบนิ้วโป้ง-นิ้วนาง และ 4) ท่างีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย โปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด จึงออกแบบให้มี 4 ด่านเช่นเดียวกัน ซึ่งแต่ละท่ากายภาพบำบัดมือจะสอดคล้องกับตัวละครใน

โปรแกรมดังนี้ ตัวละครเคลื่อนที่ไปทางขวา, ทางซ้าย, กระโดดขึ้น และกระโดดลงตามลำดับของท่าการกายภาพข้างต้น ภายในโปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด มีส่วนประกอบดังนี้



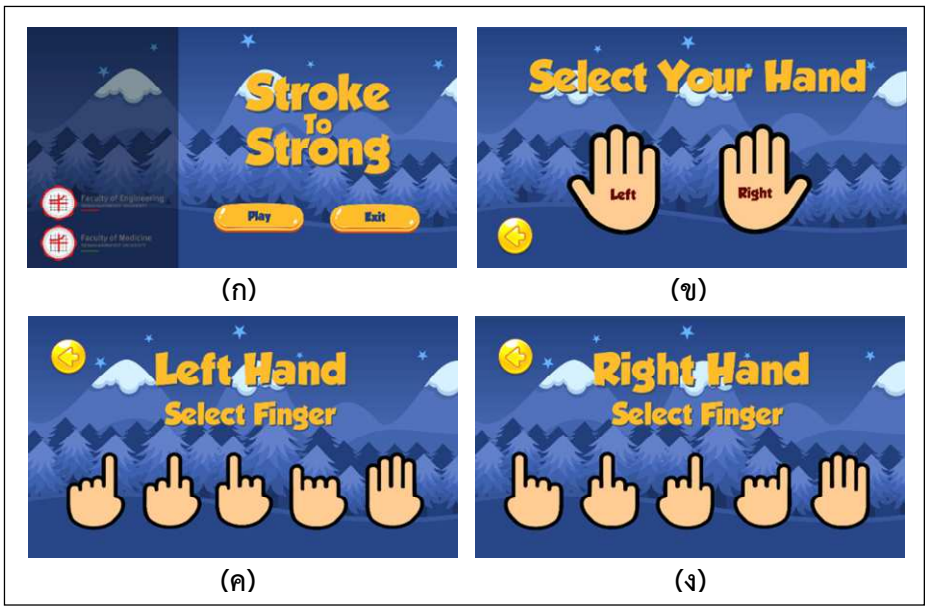
รูปที่ 3.60 ส่วนประกอบโปรแกรมหรือเกมสำหรับการกายภาพบำบัด

เก็บคะแนน

ส่วนของการเก็บคะแนน จะเป็นการเก็บวัตถุในเกมพร้อมกับการจับเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุ โดยแต่ละด่านเกิดจากการตอบสนองของกล้ามเนื้อมือแต่ละท่า ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ท่า คือ 1) การจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ 2) การจีบนิ้วโป้ง-นิ้วกลาง 3) การจีบนิ้วโป้ง-นิ้วนาง และ 4) การจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย โดยการออกแบบเกมจะคำนึงถึงลำดับในการกายภาพบำบัดนิ้วมือ โดยเริ่มต้นจาก นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ดังนั้นจึงออกแบบเกมให้อยู่ใน Platform Side-scrolling หรือเกมแพลตฟอร์มเคลื่อนที่ด้านข้าง ซึ่งฉากในเกมจะเลื่อนไปเรื่อยๆ เมื่อตัวละครเดินไป ตัวอย่างเช่น มาริโอ เป็นต้น และเมื่อเก็บวัตถุจนครบ จะถือเป็นการผ่านด่าน

- วิธีการใช้โปรแกรมก่อนเข้าเล่นเกม

ภาพที่ 3.62 (ก) จะเป็นหน้าแรกเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา และเมื่อคลิกที่ปุ่ม Start โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าเลือกข้างของมือดังรูปที่ 3.12 (ข) เมื่อเลือกข้างของมือแล้ว โปรแกรมจะพาไปสู่หน้าเลือกนิ้วมือของมือข้างที่เลือกดังรูปที่ 3.62 (ค) และ (ง) จากนั้นโปรแกรมจะพาเข้าสู่ด่านตามนิ้วมือที่เลือก โดยแนะนำให้เลือกเล่นจากนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อย ตามลำดับ

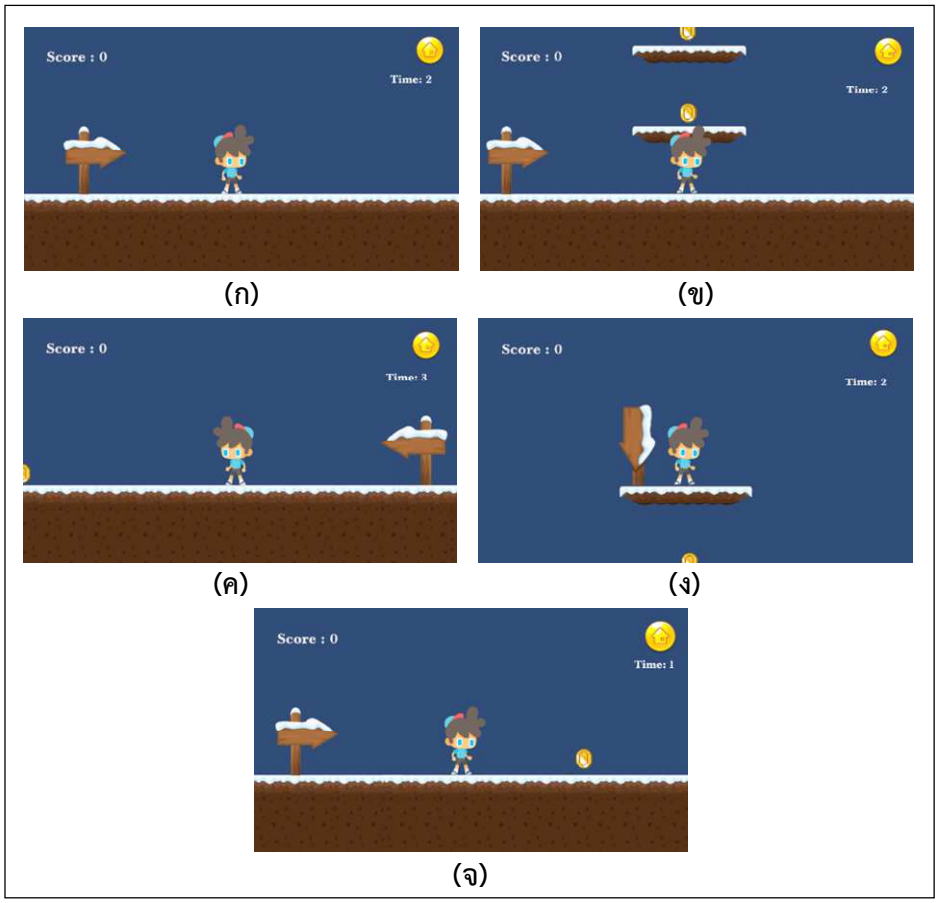


รูปที่ 3.61 (ก) ส่วนหน้าแสดงผลเพื่อเลือกเข้าโปรแกรม

(ข) ส่วนหน้าแสดงผลเพื่อให้ผู้ทดสอบเลือกฝั่งของมือที่จะใช้
(ค) ส่วนหน้าแสดงผลเพื่อให้ผู้ทดสอบเลือกนิ้วมือที่จะใช้จากมือฝั่งซ้าย
(ง) ส่วนหน้าแสดงผลเพื่อให้ผู้ทดสอบเลือกนิ้วมือที่จะใช้จากมือฝั่งขวา

- วิธีการเล่นเกมในแต่ละด่าน

วิธีการใช้โปรแกรมแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การเล่นด้วยมือฝั่งซ้ายและการเล่นด้วยมือฝั่งขวา โดยปกติแล้วผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในระยะฟื้นฟูที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือสามารถเกิดอาการอ่อนแรงได้ทั้งมือข้างซ้ายและมือข้างขวาซีกใดซีกหนึ่ง ดังนั้นโปรแกรมจึงมีตัวเลือกให้ผู้ทดสอบเลือกเล่นเพื่อให้เหมาะกับอาการที่เป็น ซึ่งการควบคุมตัวละครภายในโปรแกรมจะมี 4 ทิศทาง คือเดินซ้าย เดินขวา กระโดดขึ้น และ กระโดดลง เพื่อเก็บวัตถุในโปรแกรมจนครบ ตัวอย่างรูปแบบแต่ละระดับแสดงดังรูปที่ 3.62



รูปที่ 3.62 (ก) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่ตัวละครเดินไปทางขวา
(ข) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่ตัวละครกระโดดขึ้น
(ค) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่ตัวละครเดินไปทางซ้าย
(ง) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่ตัวละครกระโดดลง
(จ) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่ตัวละครเดินไปทางขวา, ซ้าย, ขึ้นและลง

ตารางที่ 3.5 แสดงความสอดคล้องการเคลื่อนไหวของตัวละครกับท่าทางกายภาพบำบัดมือ

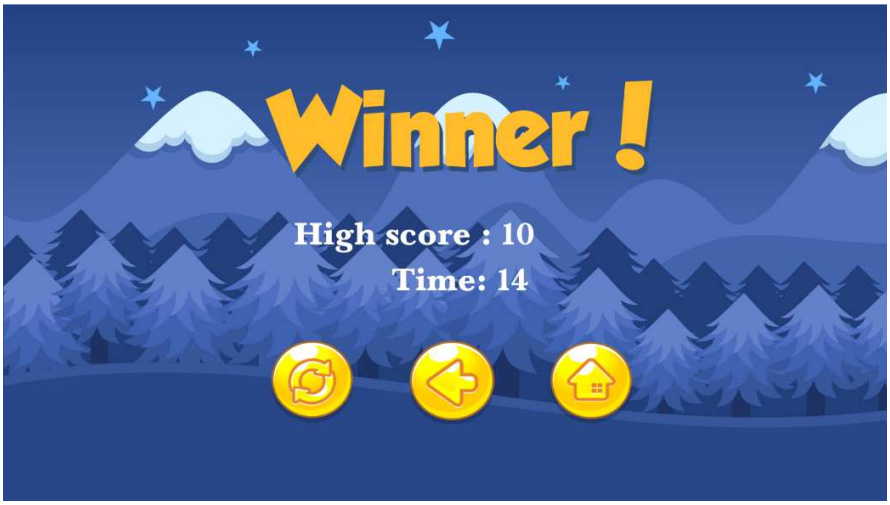
ปุ่มกดบนคีย์บอร์ด	ท่าทางการกายภาพบำบัดมือ	ลักษณะการเคลื่อนไหวของตัวละคร
D	นิ้วชี้จีบกับนิ้วหัวแม่มือ	ตัวละครเดินไปทางขวา
W	นิ้วกลางจีบกับนิ้วหัวแม่มือ	ตัวละครกระโดดขึ้นข้างบน
A	นิ้วนางจีบกับนิ้วหัวแม่มือ	ตัวละครเดินไปทางซ้าย
X	นิ้วก้อยจีบกับนิ้วหัวแม่มือ	ตัวละครกระโดดลงข้างล่าง

การแสดงผล

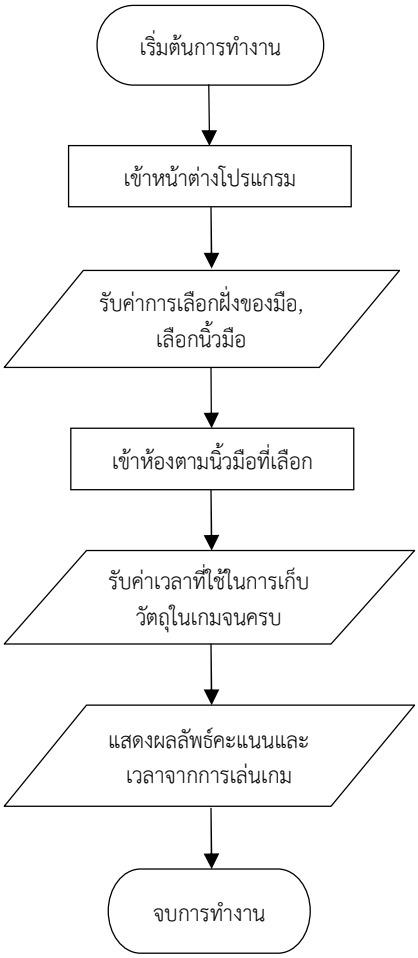
เมื่อผ่านด่านของส่วนของการเก็บคะแนนแล้ว ในส่วนของการแสดงผล จะเป็นการแสดงผลเพื่อให้ผู้ป่วยได้ทราบถึงคะแนนและเวลาที่เก็บวัตถุของเกมในด่านต่าง ๆ และให้นักกายภาพบำบัดนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ถึงสมรรถภาพการตอบสนองของกล้ามเนื้อมือแต่ละท่าของผู้ป่วยต่อไป

- หน้าแสดงผลลัพธ์ในโปรแกรม

เมื่อผู้ทดสอบผ่านกระบวนการใช้งานของโปรแกรมตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดแล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บค่าเวลาในการเก็บวัตถุในโปรแกรมจนครบของผู้ทดสอบไว้เพื่อคำนวณเป็นคะแนนเบื้องต้นให้ผู้ทดสอบได้ทราบภายในโปรแกรม ดังรูปที่ 3.63



รูปที่ 3.63 ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนน



รูปที่ 3.64 ผังการทำงานของโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

การทดสอบอุปกรณ์ กลุ่มเป้าหมายที่ทำศึกษา วิธีประเมินการทดสอบและสถานที่ทดสอบ

- **การทดสอบอุปกรณ์** จะเป็นการทดสอบการทำงาน ฟังก์ชันการทำงานและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ได้จัดทำขึ้น เป็นการทดสอบเชิงทดลอง โดยเป็นการใช้งานอุปกรณ์กับผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง
- **กลุ่มเป้าหมายที่ทำศึกษา** โดยกลุ่มเป้าหมายที่ทำศึกษาจะเป็นบุคคลทั่วไป ผู้สูงอายุ (ตัวแทนคนปรกติ) และผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่มารักษาตัวที่ ที่เข้ารับการรักษาในแผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จนครนายก. ซึ่งมีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้
    1. เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง
    2. มีอาการเป็นอัมพฤกษ์ครึ่งซีกขาวหรือครึ่งซีกซ้าย
    3. เป็นผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยว่ามีการฟื้นตัวของกำลังกล้ามเนื้อแขนและมือข้างอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 ขึ้นไป ตามการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยวิธี Manual Muscle Testing

4. ไม่มีภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็งอย่างรุนแรง
5. ผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงสามารถพูดหรือสื่อสารโต้ตอบกับผู้อื่นได้อย่างเข้าใจ
6. ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและญาติต้องสมัครใจเข้าร่วมศึกษา

- **สถานที่ทดสอบ** โดยจะทดสอบในสถานที่การทดสอบอุปกรณ์และกลุ่มเป้าหมาย
    1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก
    2. แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก
- **วิธีประเมินการทดสอบ** โดยจะใช้
    1. แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นแบบประเมินแล้วดูผลการประเมิน
    2. การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยวิธี Manual Muscle Testing [4] โดยแบ่งเกรดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อออกเป็น เกรด ดังนี้ 5

Grade	Term	Description
5	Normal	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงต้านสูงสุดได้
4	Good	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกและต้านแรงต้านจากผู้ประเมินได้ปานกลาง
3	Fair	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยสามารถต้านแรงโน้มถ่วงของโลกได้
2	Poor	กล้ามเนื้อมีการหดตัวและสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว โดยไม่มีแรงโน้มถ่วงของโลกมาเกี่ยวข้อง
1	Trace	ไม่มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่สามารถพบการหดตัวของกล้ามเนื้อ
0	Zero	ไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อ ไม่เกิดการเคลื่อนไหวของข้อต่อไม่ว่าจะสังเกตหรือคลายเอ็นของกล้ามเนื้อ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การเสนอผลและแปลความหมายจากข้อมูลดังนี้

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

% แทน ร้อยละ

$\bar{x}$ แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean)

S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน **(Standard Deviation: S.D.)** เป็นค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติ เพราะเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูลได้ดีกว่าค่าพิสัย และค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในกรณีข้อมูลมีการแจกแจงความถี่ สามารถคำนวณโดยหาค่าการวัดการกระจายแบบของกลุ่มข้อมูลนำไปใช้กับการแจกแจงความน่าจะเป็นของกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบ ตามสมการ (1)

$$S.D.= \sqrt{\frac{n\sum fx^2-\bar{x}^2}{n(n-1)}} \quad (1)$$

เมื่อ

S.D. = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation*)*

f = ค่าความถี่

x = จุดกึ่งกลางชั้น

$\bar{x}$ = ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean*)*

n = จำนวนข้อมูล

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองสามารถคำนวณโดยนำผลรวมของค่าเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองแต่ละสถานการณ์มาหารด้วยจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด ตามสมการ (2)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (2)$$

โดย $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของแต่ละท่าทาง

$\sum x$ คือ ผลรวมของค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละท่าทาง

n คือ จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างจากการออกแบบตำแหน่งปุ่มกดบนแป้นพิมพ์

การสร้างเกณฑ์ปกติ

การสร้างเกณฑ์ปกติ (Normal Curve Distribution) สามารถคำนวณจากแต่ละสถานการณ์ จะใช้สูตรตามสมการ (3)

$$Norm = \bar{X} \pm 0.5(S.D.) \quad (3)$$

โดย $Norm$ คือ เกณฑ์ปกติของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

$S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

บทที่ 4
ผลการวิจัย อภิปรายและวิจารณ์ผล

ผลการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง
2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

ในส่วนนี้จะทดสอบหาประสิทธิภาพและศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง ในหัวข้อต่างๆ



รูปที่ 4.1 เครื่องกายภาพบำบัดแขนของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

อุปกรณ์การทดสอบ

1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง



รูปที่ 4.2 โต๊ะกายภาพแขนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

2. นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 4.3 นาฬิกาจับเวลา

3. ตลับเมตร



รูปที่ 4.4 ตลับเมตร

4. ตัววัดองศา (Angle meters)



รูปที่ 4.5 ตัววัดองศา

5. อุปกรณ์วัดแรง (Digital Force Gauge Meter (SF-50N))



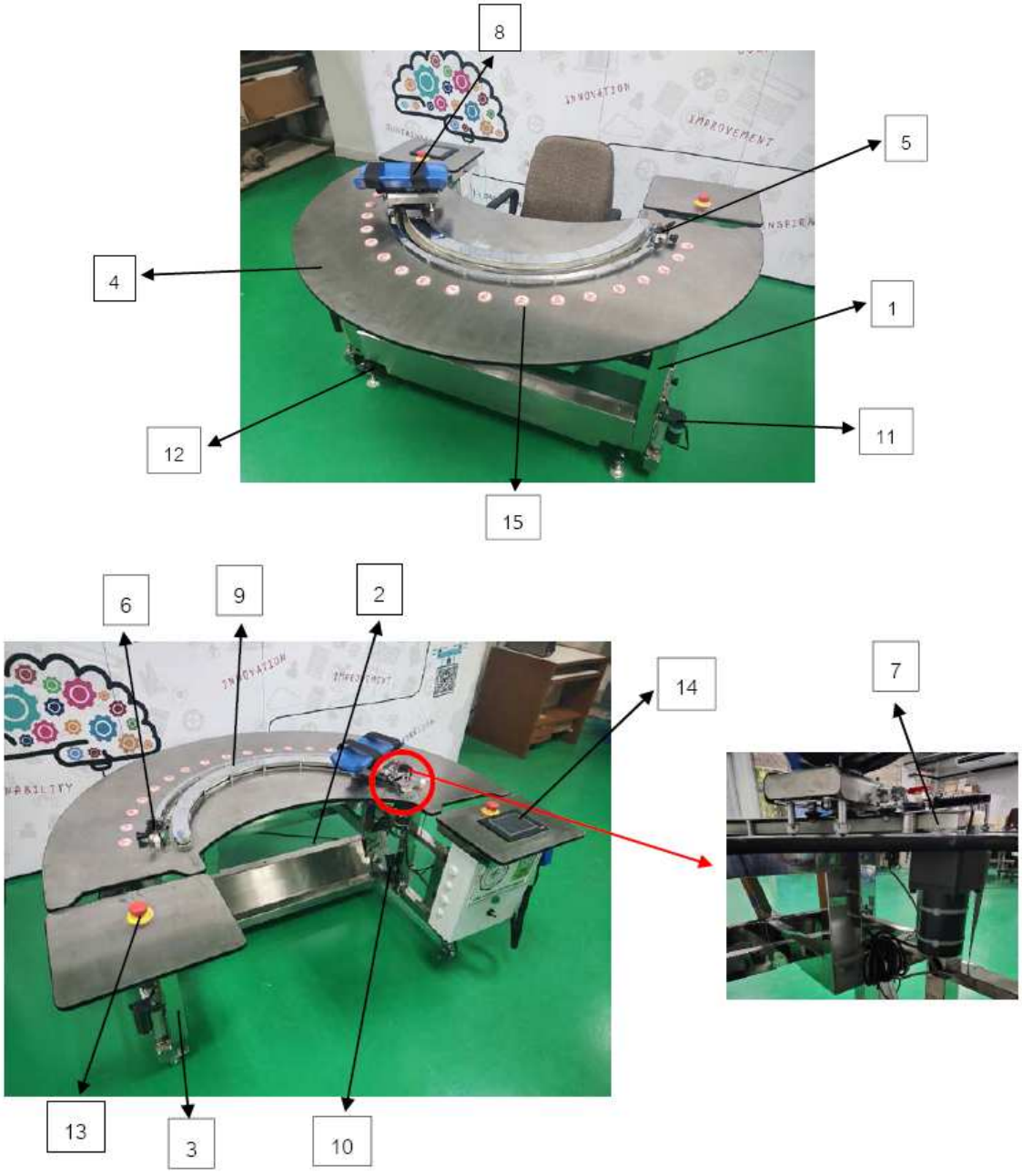
รูปที่ 4.6 ตัววัดแรง

6. อุปกรณ์วัดความเร็ว (Laser/Contact Tachometer (SM6236E))



รูปที่ 4.7 ตัววัดความเร็ว

ส่วนประกอบต่างๆ ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง



รูปที่ 4.8 ส่วนประกอบต่างๆ ของโต๊ะกายภาพบำบัดฯ

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบต่างๆโต๊ะกายภาพบำบัด

ลำดับ	ชื่อ	จำนวน
1	โครงสร้างหลัก	1
2	โครงตัวปรับองศา	1
3	ฐานรองรับอุปกรณ์	1
4	แผ่นรองรับการทำกิจกรรมกายภาพ	1
5	รางสไลด์เซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนไหว	1
6	เซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนไหว	2
7	ชุดสายพานขับเคลื่อน	2
8	ชุดรองรับแขนสไลด์	1
9	รางสำหรับชุดรองรับแขนสไลด์	1
10	มอเตอร์ปรับระดับองศาความชันอุปกรณ์	2
11	มอเตอร์ปรับความสูงอุปกรณ์	2
12	ชุดล้อสำหรับเคลื่อนย้ายอุปกรณ์	4
13	สวิตช์ฉุกเฉิน (emergency stop)	2
14	หน้าจอแสดงผลการทำงานแบบ LCD	1
15	ตำแหน่งแสดงองศาการเคลื่อนที่	19

หลักการทำงานของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

เมื่อเราให้ผู้ป่วยวางแขนบนตัวแขนกายภาพแล้วปรับความสูงของโต๊ะให้เหมาะกับผู้ป่วยจากนั้นให้ผู้ป่วยค่อยๆออกแรงกวาดแขนไปมาตามแกนหมุนของตัวเครื่องที่สามารถกวาดได้ถึง 180 องศา ให้ผู้ป่วยปรับมุมองศาตามแนวระนาบกับพื้นได้ตามที่ผู้ป่วยต้องการและมีกลไกการทำงานอัตโนมัติด้วยมอเตอร์ระบบสายพานที่สามารถเลื่อนแขนสไลด์ได้อัตโนมัติสามารถกวาดแขนได้ถึง 180 องศา ยังสามารถปรับองศาความชันโต๊ะได้ 0-70 องศา และปรับความสูงโต๊ะกายภาพได้ 0 -10 เซนติเมตร



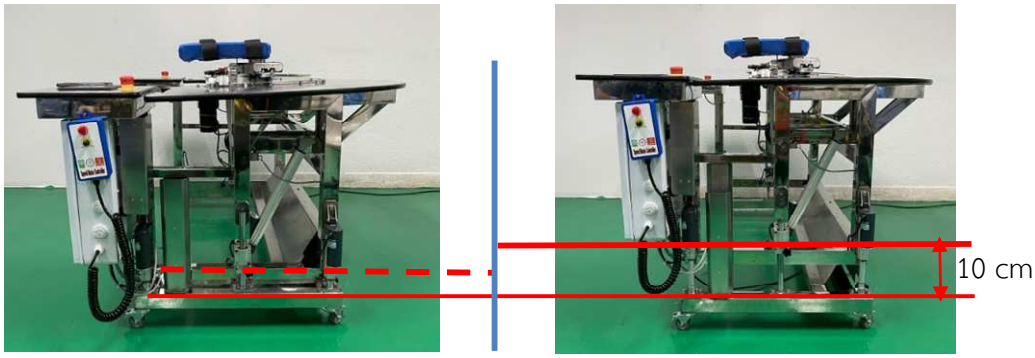
0° 90° 180°

รูปที่ 4.9 ลักษณะการกวาดของแขนกายภาพเป็น 0 - 180 องศา



0° 35° 70°

รูปที่ 4.10 ลักษณะการยกตัวปรับองศาความชันที่ 0 - 70 องศา

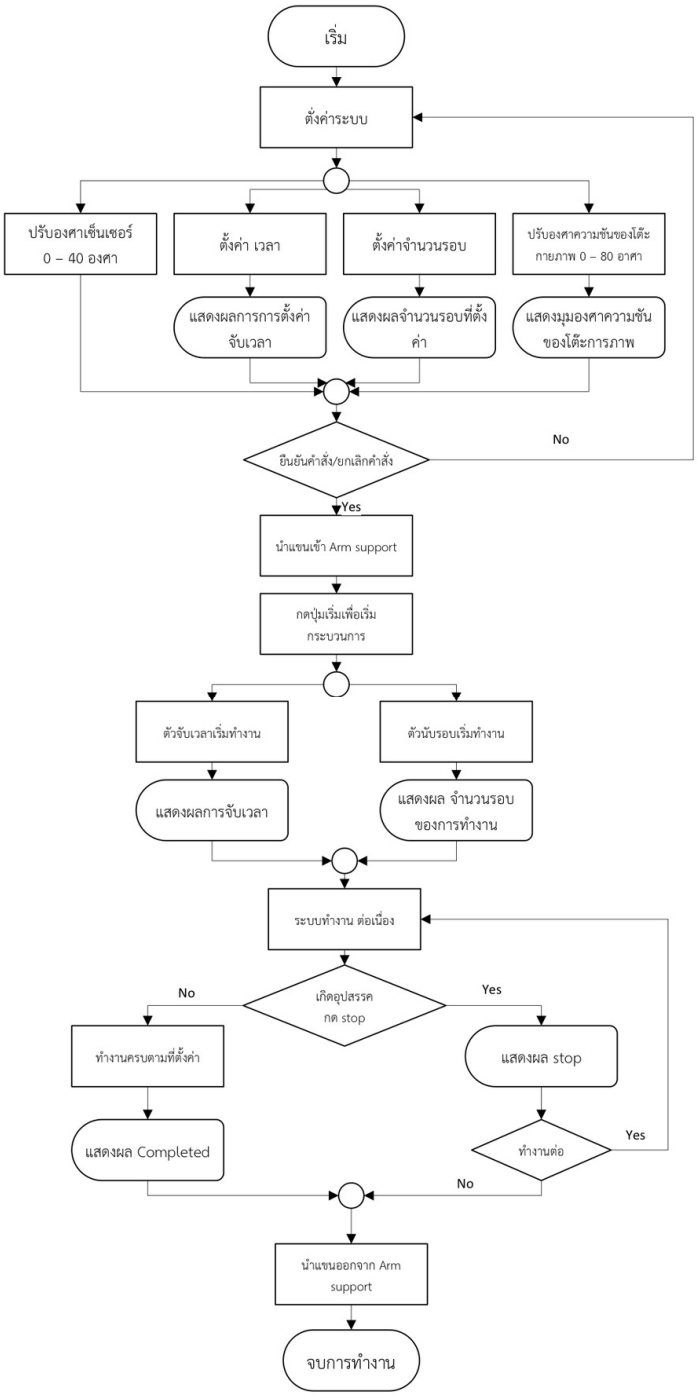


รูปที่ 4.11 แสดงความแตกต่างของเส้นระดับการปรับความสูงของโต๊ะกายภาพ



รูปที่ 4.12 มอเตอร์ขับเคลื่อนและสวิตช์ฉุกเฉิน (emergency stop)

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องกายภาพบำบัดช่วงแขน



รูป 4.13 ขั้นตอนการทำงานของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

การทดสอบนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง แบ่งหัวข้อเป็นดังนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์
2. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์
3. การทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับของอุปกรณ์
4. การทดสอบหาประสิทธิภาพการงานแบบ Passive ของอุปกรณ์
5. การทดสอบหาประสิทธิภาพการงานแบบ Active ของอุปกรณ์
6. การทดสอบความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพช่วงแขนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง

1. การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์

จะเป็นการทดสอบดูภาพรวมของอุปกรณ์ ในส่วนของส่วนประกอบต่างๆ โครงสร้างของอุปกรณ์ ระบบควบคุมการทำงานขออุปกรณ์และโปรแกรมการทำงานที่ได้ออกแบบมาทั้งหมด ว่าเป็นไปตามฟังก์ชันการทำงานและสามารถทำงานได้ปกติ ซึ่งผลการทดสอบเป็นดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลสรุปประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์

ระบบหลัก	ระบบย่อย	ได้	ไม่ได้	หมายเหตุ
สวิตซ์เปิด-ปิดเครื่อง	-	●		เครื่องทำงานตามปกติ
จอแสดงผล	-	●		จอแสดงผลได้ปกติ
Table setting	Table Angle	●		ปรับองศาได้ปกติ
	Table Level	●		ปรับความสูงได้ปกติ
Rehab setting	Rehab count	●		ใส่เลขระบุครั้งได้ปกติ
	Rehab timer	●		ตั้งเวลาทำกายภาพได้
Manual	Table Angle	●		ปรับองศาได้ปกติ
	Table Level	●		ปรับความสูงได้ปกติ
	Rehab	●		ปรับแขนสไลด์ได้ปกติ
Credit	-	●		มีเครดิตด้านหลัง
Emergency stop	-	●		หยุดการทำงานได้ปกติ
ปรับความเร็วแขนสไลด์	-	●		ปุ่มควบคุมการทำงานตอบสนองได้ปกติ
ขับเคลื่อนสายพาน	-	●		ขับเคลื่อนได้ไม่ขัดข้อง
Rehab setting Rehab count	Active	●		เซนเซอร์และระบบนับจำนวนครั้งทำงานได้ปกติ
	Passive	●		ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติทำงานได้ปกติ

วิจารณ์ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของอุปกรณ์ พบว่าโดยทั่วไปอุปกรณ์มีโครงสร้างแข็งแรงตามที่ได้ออกแบบไว้ และฟังก์ชันการทำงานต่างๆ สามารถทำงานได้ดีตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ สามารถทำงานได้ปกติตามฟังก์ชัน ไม่มีการขัดข้อง

2. **การทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์** แบ่งออกเป็นดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์

1. เข้าไปที่โหมด Manual Table Angle ทำการปรับองศาโต๊ะอยู่ตำแหน่งที่ 0 องศาในแนวราบ
2. นำตัววัดองศามาติดไว้ที่โต๊ะเพื่อดูองศาจาก0-70 องศาทั้งไปและกลับอย่างละ 5 ครั้ง
3. นำค่าที่ได้แล้วบันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดการทดสอบการเคลื่อนที่ตัวปรับองศา

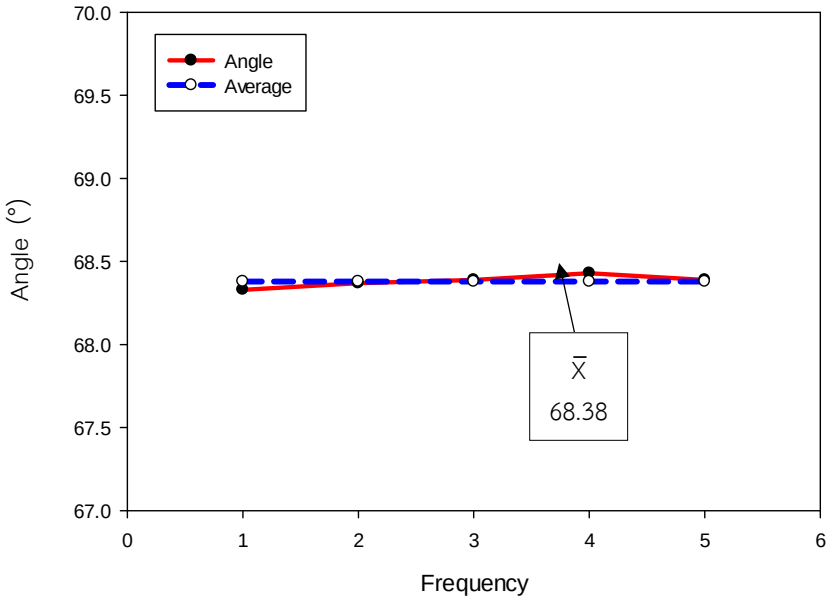
ขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการปรับองศาของของอุปกรณ์

1. เข้าไปที่โหมด Manual Table Angle ทำการปรับองศาโต๊ะอยู่ตำแหน่งที่ 0 องศาในแนวราบ
2. นำอุปกรณ์วัดองศามาติดตั้งไว้ที่ตัวโต๊ะ เพื่อใช้เก็บบันทึกองศาจาก 0-70 องศาทั้งไปและกลับอย่างละ 3 ครั้งและจับเวลา
3. นำเวลาที่จับไปคำนวณความเร็ว (°/s) บันทึกลงตารางการทดลองในการปรับองศา



รูปที่ 4.14 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์และการทดสอบหาความเร็วในการปรับองศาของของอุปกรณ์

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์

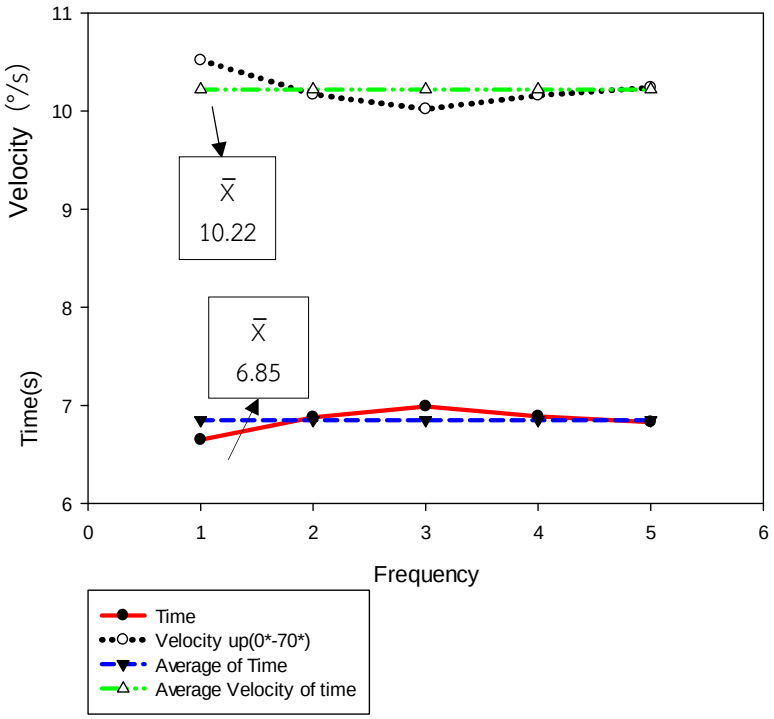


รูปที่ 4.15 แสดงกราฟทดสอบการเคลื่อนที่ตัวปรับองศาโต๊ะ

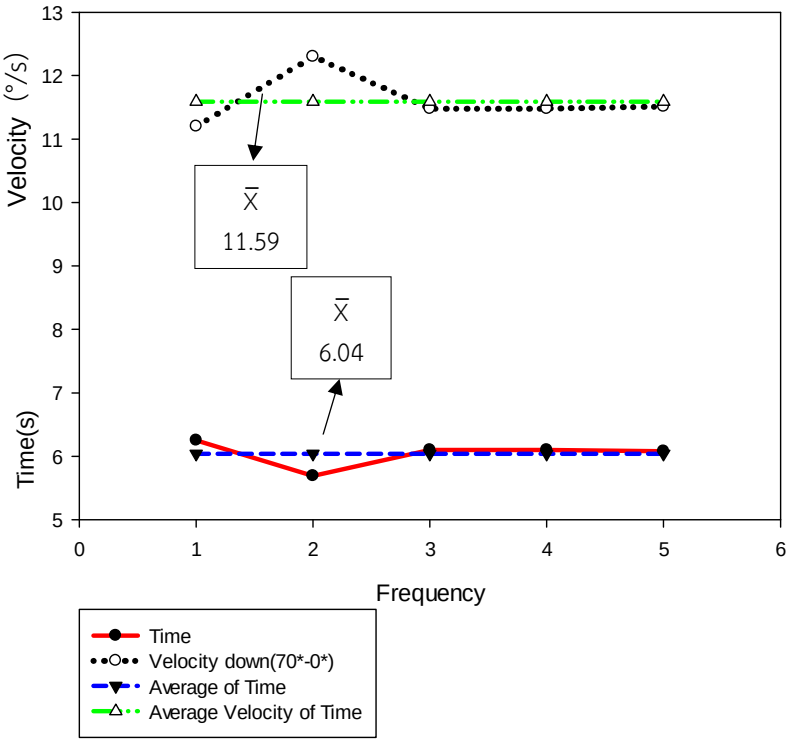
สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับองศาของอุปกรณ์

จากผลการทดสอบพบว่า สามารถปรับองศาของอุปกรณ์ได้สูงสุดเฉลี่ย 68.38° มีความคลาดเคลื่อนของการออกแบบ (70°) เท่ากับ 2.31 % ซึ่งเป็นค่าที่รับได้ โดยค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากระบบอุปกรณ์ปรับองศาโต๊ะไม่มี Decoder และ sensor ทำให้ไม่มีการตรวจจับและบอกค่ากลับมาจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น

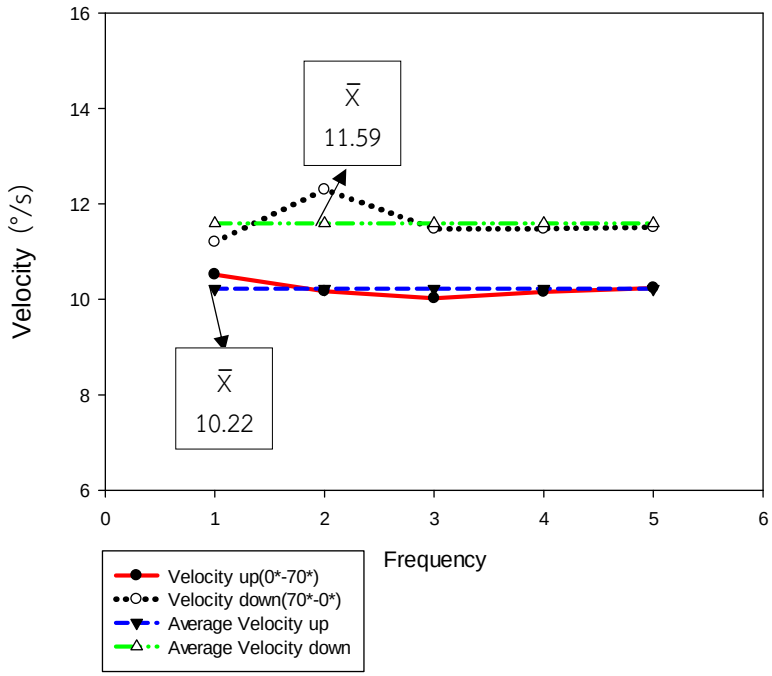
ผลการทดสอบความเร็วในการปรับองศาของโต๊ะ



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความเร็วและเวลาในการปรับองศาของอุปกรณ์ขาขึ้น



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความเร็วและเวลาในการปรับองศาของอุปกรณ์ขาลง



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความเร็วในการปรับองศาของอุปกรณ์ขาขึ้นและขาลง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบความเร็วในการปรับองศาของโต๊ะ

จากผลการทดสอบ พบว่าความเร็วในการปรับองศาขาลงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.59 °/s ซึ่งมีค่ามากกว่าความเร็วในการปรับองศาขาขึ้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.22 °/s โดยมีความต่างของความเร็วในการปรับองศาขาขึ้นและขาลงอยู่ที่ 1.37 mm/s หรือต่างกันอยู่ที่ 11.82 % เนื่องจากในขณะที่อุปกรณ์มีการปรับองศาขาลง น้ำหนักของอุปกรณ์จะมีผลช่วยเสริมให้ความเร็วขณะเคลื่อนที่ลง มีความเร็วมากขึ้น

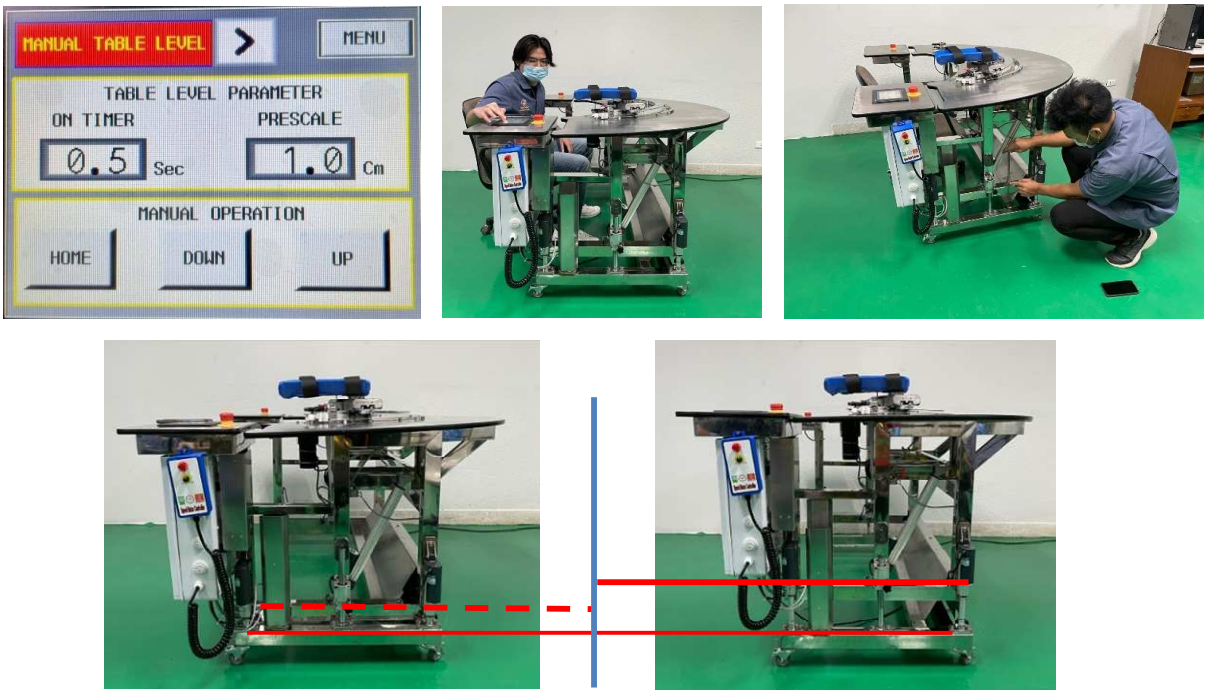
3. **การทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับของอุปกรณ์** แบ่งออกเป็นดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับของอุปกรณ์

1. เข้าไปที่โหมด Manual Table Level ทำการปรับความสูงโต๊ะไว้ที่จุดต่ำสุด
2. ทำการปรับความสูงโต๊ะจากจุดต่ำสุดไปจุดสูงสุดวัดค่าความสูง โดยใช้ตลับสายวัด
3. บันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดประสิทธิภาพตัวปรับความสูงของโต๊ะกายภาพฯ

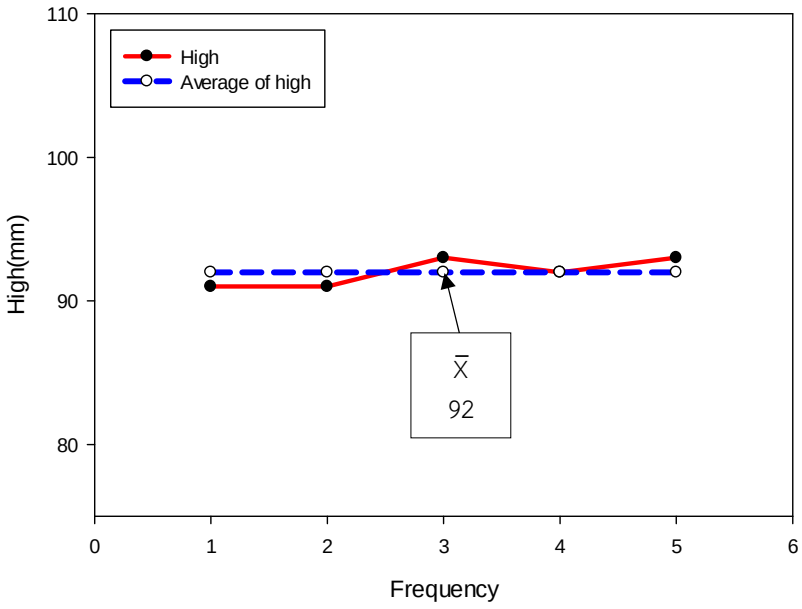
ขั้นตอนการทดสอบความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์

1. เข้าไปที่โหมด Manual Table Level ทำการปรับความสูงโต๊ะไว้ที่จุดต่ำสุด
2. ทำการจับเวลาตอนที่โต๊ะเคลื่อนที่จากจุดต่ำสุดถึงจุดสูงสุดทำไปและกลับ 5 ครั้ง
3. นำเวลาที่จับไปคำนวณความเร็ว (mm/s) บันทึกลงตารางการทดลองความเร็วในการ ปรับความสูงของโต๊ะกายภาพฯ



รูปที่ 4.19 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับและความเร็วการเคลื่อนที่ในการปรับระดับของอุปกรณ์

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับของอุปกรณ์

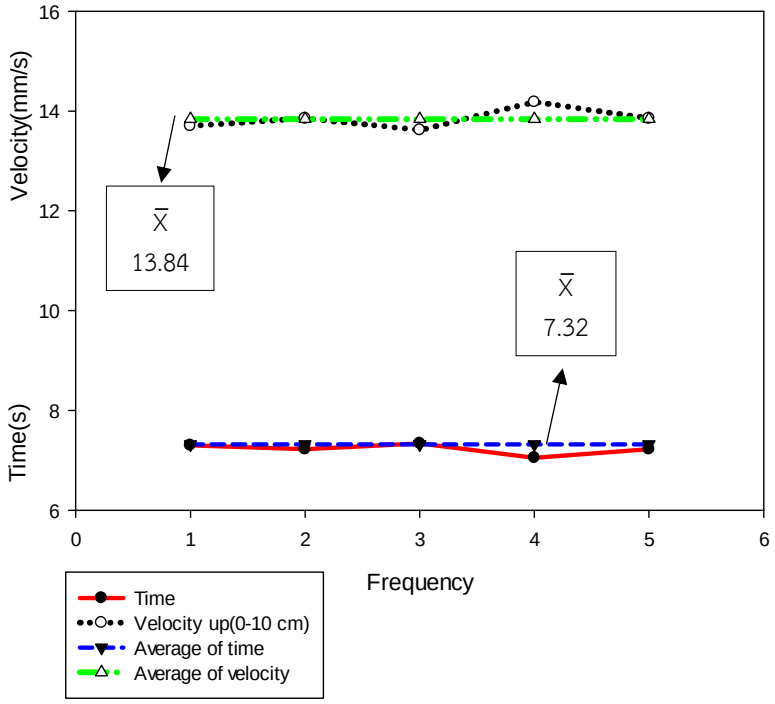


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการวัดการปรับความสูงโต๊ะกายภาพฯ

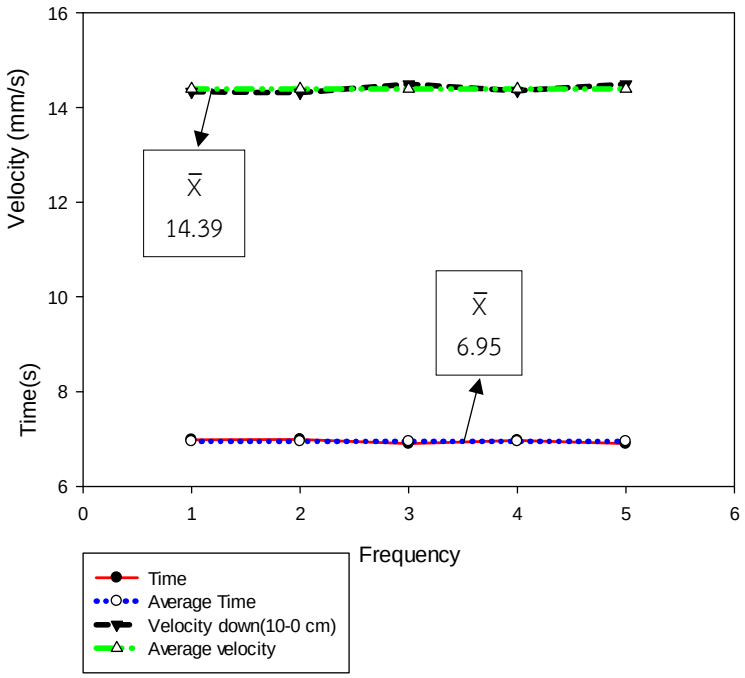
สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการปรับความระดับของอุปกรณ์

จากผลการทดสอบ พบว่าสามารถปรับความสูงของอุปกรณ์ได้สูงสุดเฉลี่ย 92 mm มีความคลาดเคลื่อนของการออกแบบ (10 mm) เท่ากับ 8% ซึ่งเป็นค่าที่รับได้ โดยค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากตัวเซนเซอร์ (ลิมิตสวิตช์) ที่ใช้ในการจับการเคลื่อนของอุปกรณ์ จึงทำให้เกิดความคลาดขึ้น

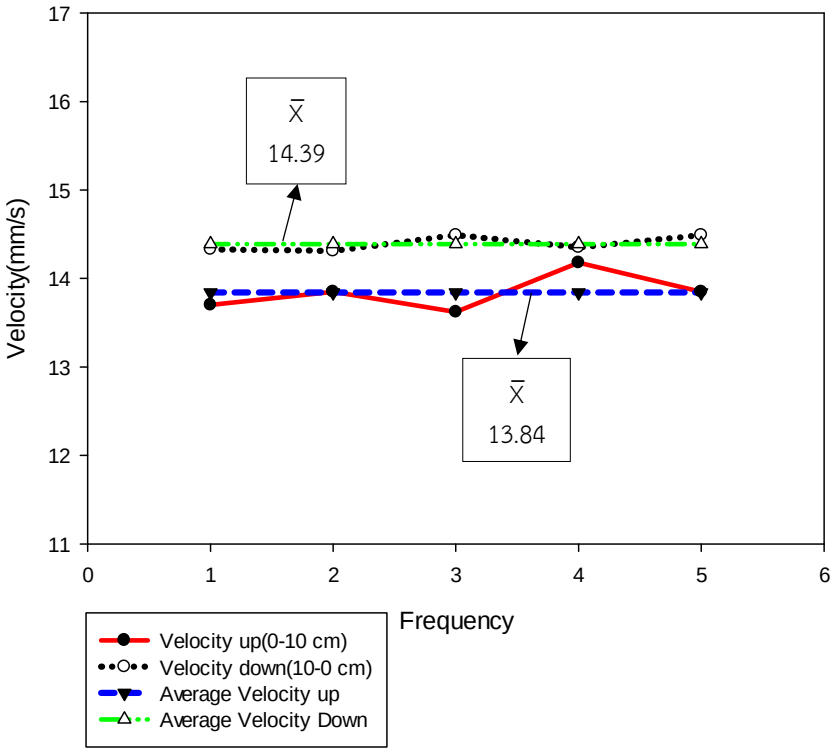
ผลการทดสอบความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาขึ้น



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาลง



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาขึ้นและขาลง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์

จากผลการทดสอบ พบว่าความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาลงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.39 mm/s ซึ่งมีค่ามากกว่าความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาขึ้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 mm/s โดยมีความต่างของความเร็วในการปรับระดับของอุปกรณ์ขาขึ้นและขาลงอยู่ที่ 0.55 mm/s หรือต่างกันอยู่ที่ 3.82 % เนื่องจากในขณะที่อุปกรณ์มีการเคลื่อนที่ลง น้ำหนักของอุปกรณ์จะมีผลช่วยเสริมให้ความเร็วขณะเคลื่อนที่ลง มีความเร็วมากขึ้น

4. **การทดสอบหาประสิทธิภาพการงานแบบ Passive ของอุปกรณ์** แบ่งออกเป็นดังนี้

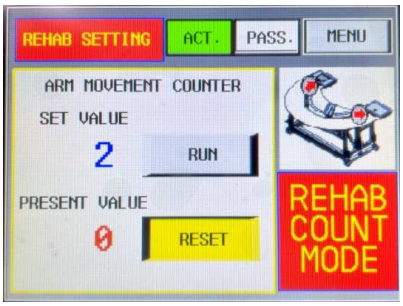
ขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive

1. ทำการล็อคชุดรองรับแขนกายภาพไว้กับตัวจับยึด เพื่อให้เคลื่อนที่ตามมอเตอร์โดยตำแหน่งจะอยู่ทางขวานับเป็น องศา 0
2. เข้าไปที่โหมด Manual Rehab เพื่อทำให้แขนกายภาพเคลื่อนที่โดยปรับความเร็ว 2 ระดับคือ half กับ max โดยทำไปและกลับอย่างละ ครั้ง 3 ครั้งละ 1 รอบ ตั้งแต่ องศา 180- 0 และทำการปรับองศาโต๊ะตั้งแต่ องศา 10องศาโดยเพิ่มขึ้นทีละ 70-0
3. บันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดความเร็วชุดรองรับแขนกายภาพ

ขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive โดยใช้ตัวปรับความฝืด

1. ทำการล็อคชุดรองรับแขนกายภาพไว้กับตัวจับยึด เพื่อให้เคลื่อนที่ตามมอเตอร์โดยตำแหน่งจะอยู่ทางขวานับเป็น องศา 0
2. เข้าไปที่โหมด Manual Rehab เพื่อทำให้แขนกายภาพเคลื่อนที่โดยปรับความเร็ว 2 ระดับคือ half กับ max ทำการปรับตัวปรับความฝืดของชุดรองรับแขนไปที่ระดับ1 , 2 และ 3 ที่ความชันของอุปกรณ์ 0 และ 7 0โดยทำไปและกลับอย่างละ ครั้ง 3 ครั้งละ รอบ 2
3. บันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดความเร็วชุดรองรับแขนกายภาพ

หมายเหตุ ระยะทางของรางสไลด์ตั้งแต่ 0 – 180 องศา มีระยะทางเท่ากับ 1,250 mm



หน้าจอควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนกายภาพ



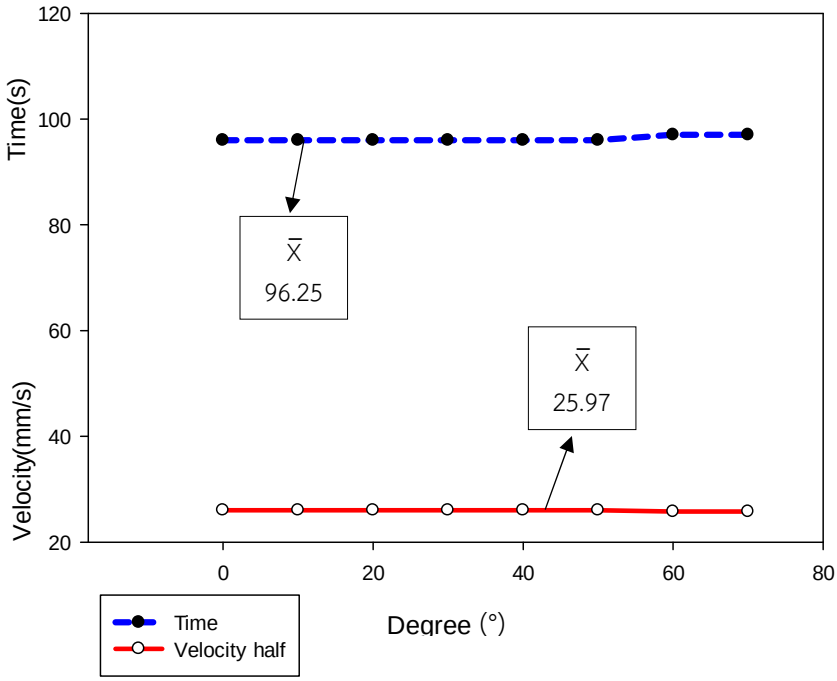




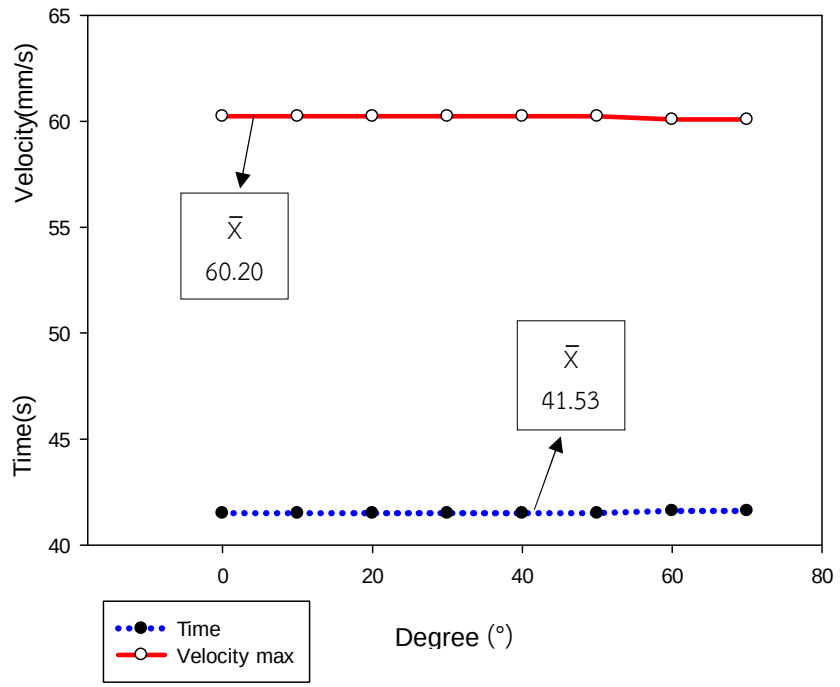
หน้าควบคุมความเร็วแบบ Half หน้าควบคุมความเร็วแบบ Max

รูปที่ 4.24 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive

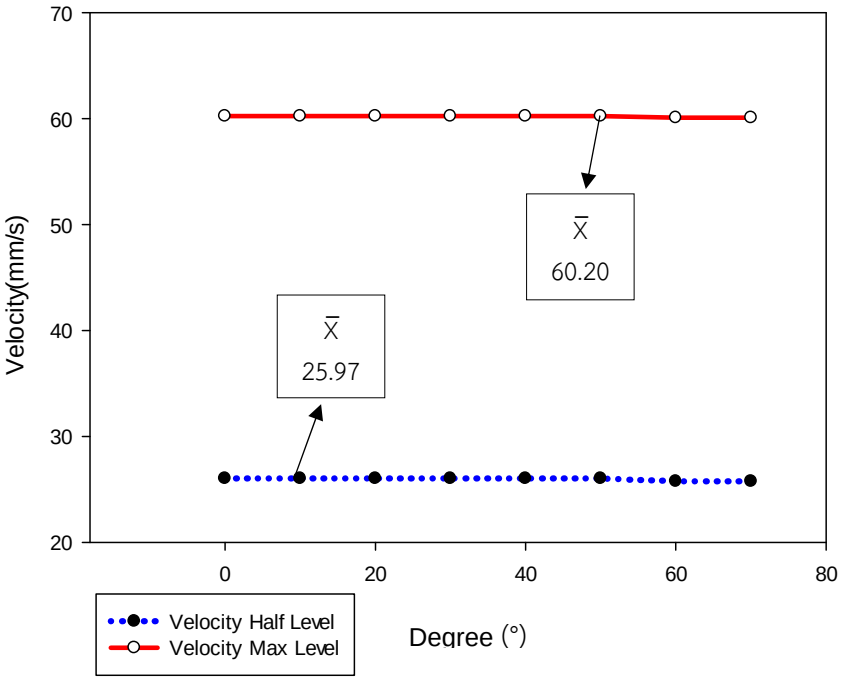
ผลการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความเร็วแขนกายภาพแบบ Passive โดยใช้ความเร็ว Half



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความเร็วแขนกายภาพแบบ Passive โดยใช้ความเร็ว Max

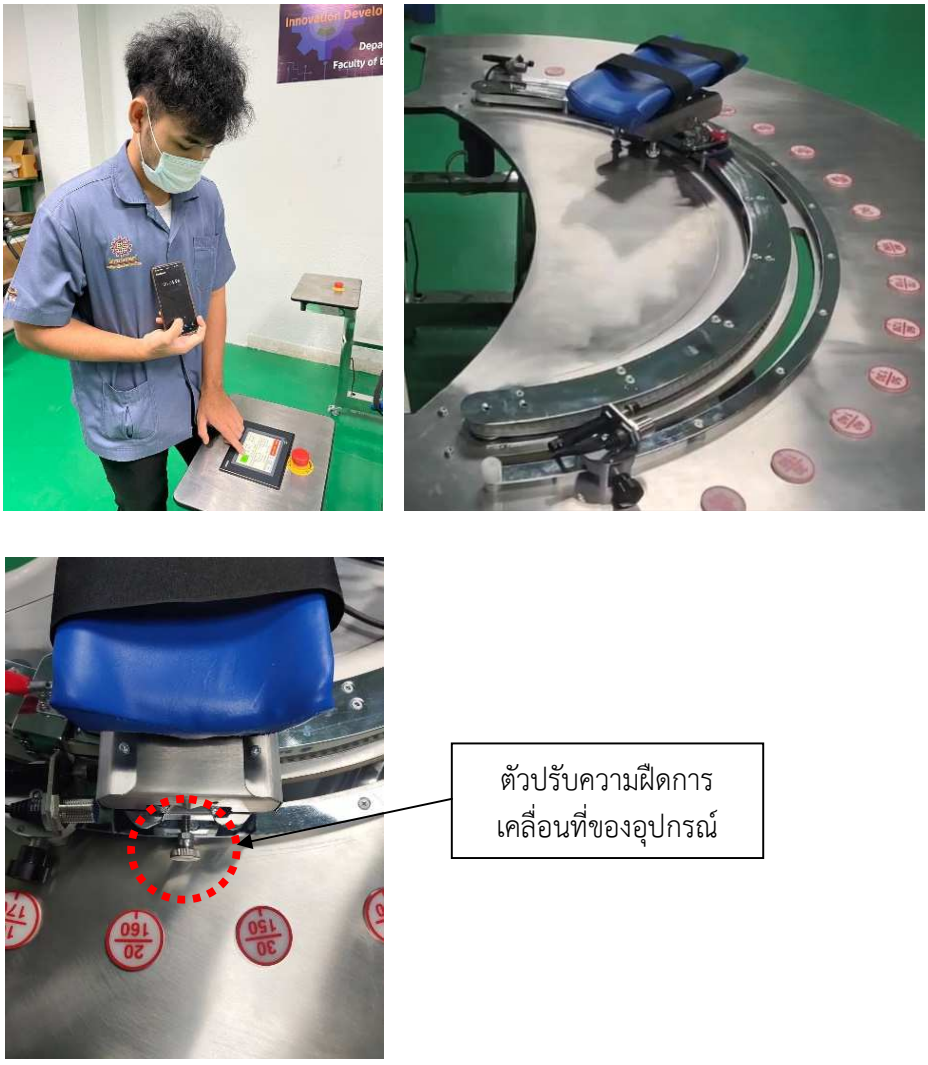


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความเร็วแขนกายภาพแบบ Passive โดยใช้ความเร็ว Half-Max

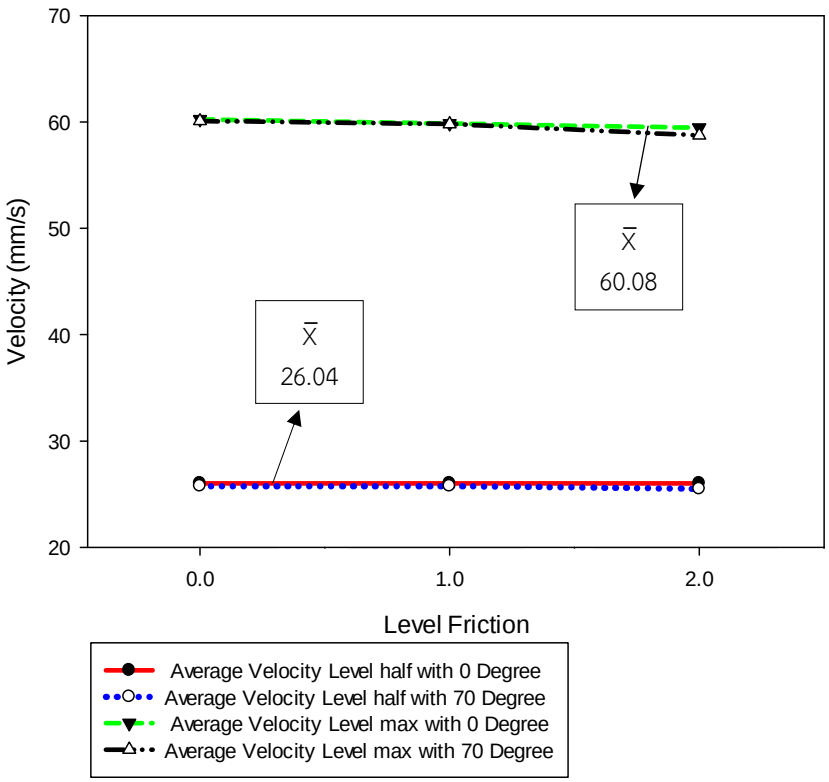
สรุปและวิจารณ์การทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive

จากผลการทดสอบ พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive แบบไม่ใส่น้ำหนักถ่วง ในโหมดความเร็ว Half มีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 25.97 mm/s ในทุกๆ ความชันของอุปกรณ์ และในโหมดความเร็ว Max มีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 60.20 mm/s ในทุกๆ ความชันของอุปกรณ์ หมายความว่าความชันของอุปกรณ์ไม่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive และความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive ในโหมดความเร็ว Max มีความเร็วเฉลี่ยมากกว่าโหมดความเร็ว Half อยู่ 34.23 mm/s หรือเพิ่มขึ้น 56.86 %

ผลการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive โดยใช้ตัวปรับความฝืด



รูปที่ 4.28 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive โดยใช้ตัวปรับความฝืด



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive แบบไม่ใส่น้ำหนักถ่วง โดยใช้ตัวปรับความฝืด

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดสอบหาความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive โดยใช้ตัวปรับความฝืด

จากผลการทดสอบ พบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive แบบไม่ใส่น้ำหนักถ่วง ในโหมดความเร็ว Half ที่ความชันของอุปกรณ์ 0 และ 70 องศา ที่ระดับความฝืด 0, 1 และ 2 มีความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกันเท่ากับ 26.04 mm/s และความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive แบบไม่ใส่น้ำหนักถ่วง ในโหมดความเร็ว Max ที่ความชันของอุปกรณ์ 0 และ 70 องศา ที่ระดับความฝืด 0, 1 และ 2 มีความเร็วเฉลี่ยใกล้เคียงกันเท่ากับ 60.08 mm/s หมายความว่าความชันของอุปกรณ์และตัวปรับความฝืดไม่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive เนื่องจากชุดมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนของชุดรองรับแขนมีกำลังมากพอและออกแบบได้เหมาะสม ทำให้ไม่มีผลต่อความเร็วของชุดรองรับแขน โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ชุดรองรับแขนแบบ Passive ในโหมดความเร็ว Max มีความเร็วเฉลี่ยมากกว่าโหมดความเร็ว Half อยู่ 34.23 mm/s หรือเพิ่มขึ้น 56.67 %

5. **การทดสอบหาประสิทธิภาพการงานแบบ Active ของอุปกรณ์** แบ่งออกเป็นดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบการหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน

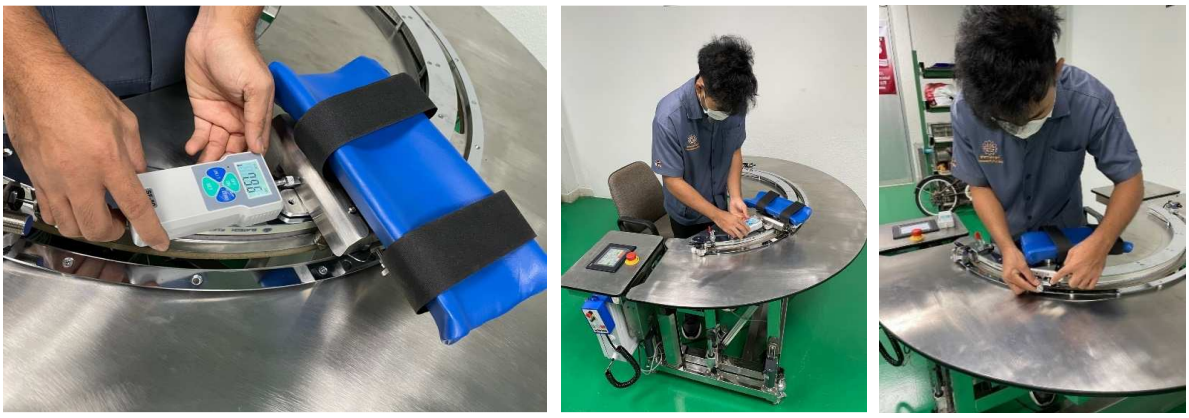
1. ทำการปลดล็อคแขนกายภาพออกจากที่ยึด
2. นำอุปกรณ์วัดแรง ไปทำการทดสอบโดยการดันแขนกายภาพให้เคลื่อนที่ ทำการทดสอบทั้งไปและกลับจาก องศา 180-0
3. ทำการปรับองศาโต๊ะตั้งแต่ 0-70 องศา โดยเพิ่มขึ้นทีละองศา 10 และปรับระดับความฝืดของของชุดรองรับแขนที่ระดับ 1, 2 และ 3
4. บันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดการทดสอบการวัดแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่แขนกายภาพ

ขั้นตอนการทดสอบการวัดความเร็วแขนกายภาพโดยคนปกติ

1. วัดระยะทางรางแขนสไลด์โดยใช้ตลับสายวัด
2. ทำการปลดล็อคแขนกายภาพออกจากที่ยึดที่ตำแหน่ง องศา 0
3. ให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบโดยการนำแขนไปไว้ที่แขนกายภาพและทำการทดสอบไปและกลับจาก 0 – 180 องศา 10 รอบ เป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน
4. บันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดความเร็วแขนกายภาพโดยคนปกติ

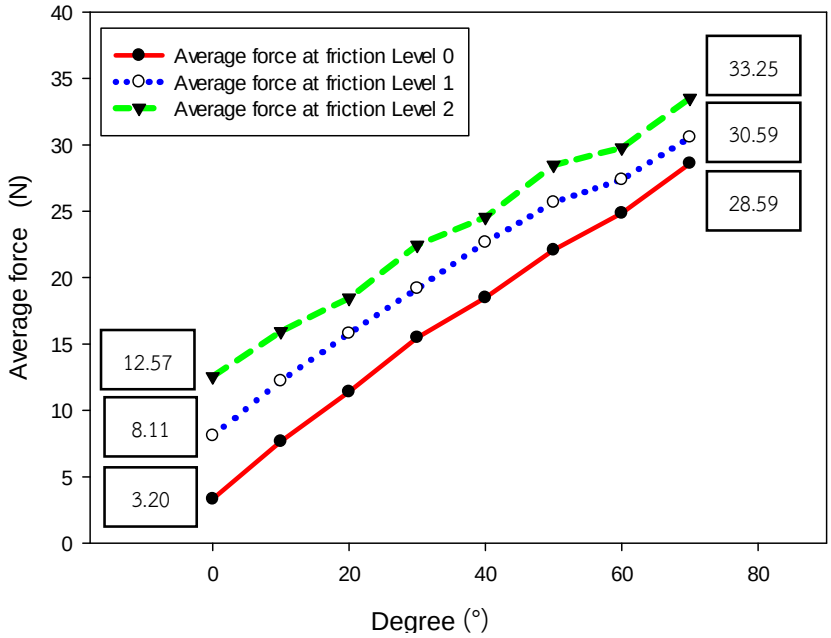
ขั้นตอนการทดสอบหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก

1. ทำการปลดล็อคแขนกายภาพออกจากที่ยึด
2. ใส่ตัวถ่วงน้ำหนักลงไปที่แขนสไลด์
3. นำอุปกรณ์วัดแรง ไปทำการทดสอบโดยการดันแขนกายภาพให้เคลื่อนที่ ทำการทดสอบทั้งไปและกลับจาก 180-0 องศา โดยทำการทดสอบที่แนวระนาบ 0 องศาเท่านั้น
4. บันทึกลงตารางบันทึกผลการวัดการทดสอบการวัดแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่แขนกายภาพ

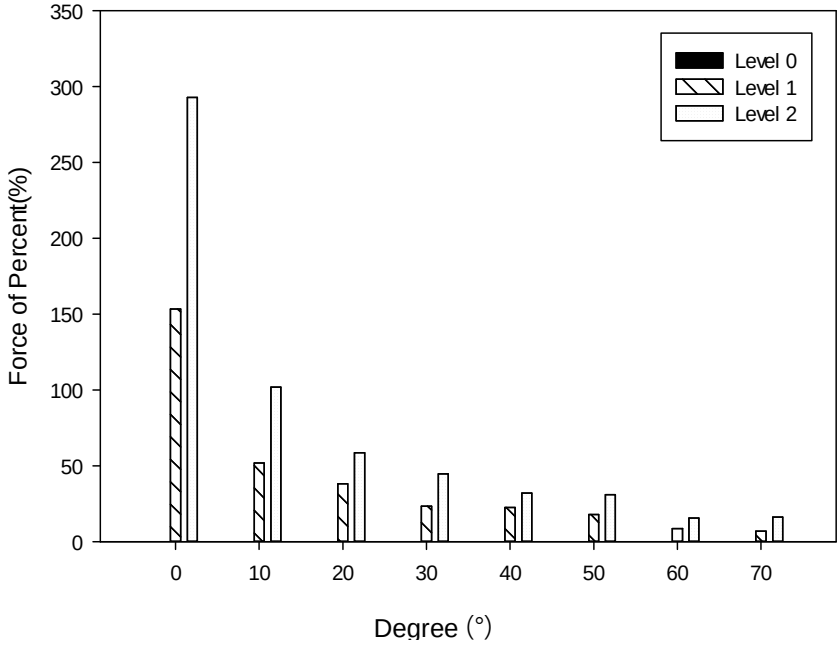


รูปที่ 4.30 แสดงขั้นตอนการทดสอบการหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน

ผลการทดสอบการหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่าแรงเฉลี่ยเทียบกับความชันต่างๆ ของอุปกรณ์ที่ระดับความฝืดต่างๆ ของชุดรองรับแขน



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงเปอร์เซ็นของแรงที่เพิ่มขึ้นเทียบกับความชันต่างๆ ของอุปกรณ์ที่ระดับความฝืดต่างๆ ของชุดรองรับแขน

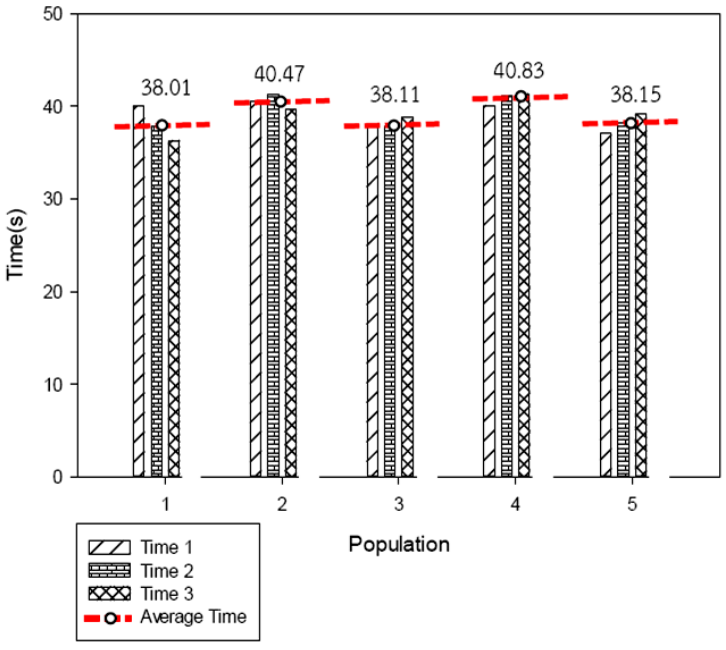
สรุปและวิจารณ์การทดสอบการหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน

จากผลการทดสอบ พบว่าเห็นได้ว่าการเพิ่มระดับความฝืดของชุดรองรับแขน มีผลทำให้แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นด้วย และการเพิ่มองศาความชันของอุปกรณ์ มีผลทำให้แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน โดยที่องศาความชันของอุปกรณ์ 0 องศา ที่ระดับความฝืดของชุดรองรับแขน 0 ได้ค่าแรงเฉลี่ยน้อยที่สุดสำหรับใช้ในการเคลื่อนที่เท่ากับ 3.20 นิวตัน (ประมาณ 0.32 กิโลกรัม) และที่องศาความชันของอุปกรณ์ 70 องศา ที่ระดับความฝืดของชุดรองรับแขน 2 ได้ค่าแรงเฉลี่ยมากที่สุดสำหรับใช้ในการเคลื่อนที่เท่ากับ 33.25 นิวตัน (ประมาณ 3.3 กิโลกรัม) หรือเพิ่มมากขึ้น 90.38 %

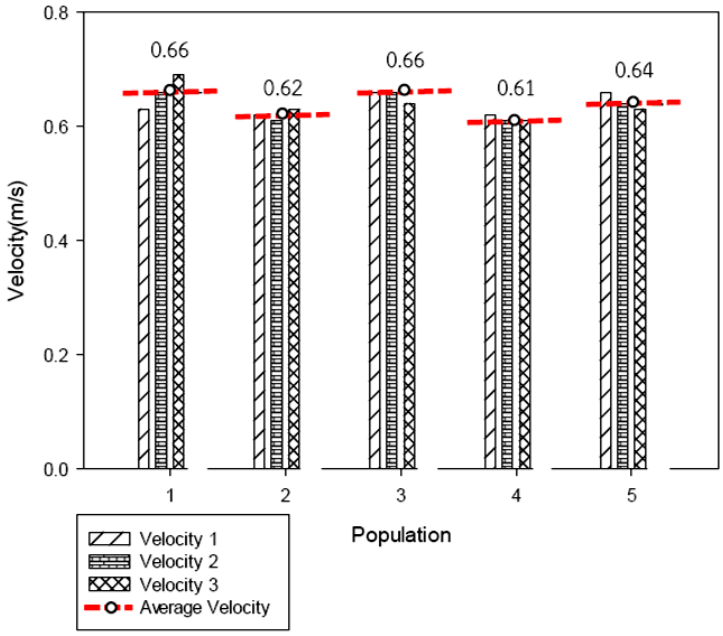
ผลการทดสอบการวัดความเร็วแขนกายภาพโดยคนปกติ



รูปที่ 4.33 แสดงขั้นตอนการทดสอบการวัดความเร็วแขนกายภาพโดยคนปกติ



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงเวลาเฉลี่ยในการทำกิจกรรมกายภาพของผู้ทดสอบ



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความเร็วเฉลี่ยในการทำกิจกรรมกายภาพของผู้ทดสอบ

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบวัดความเร็วแขนกายภาพโดยคนปกติ

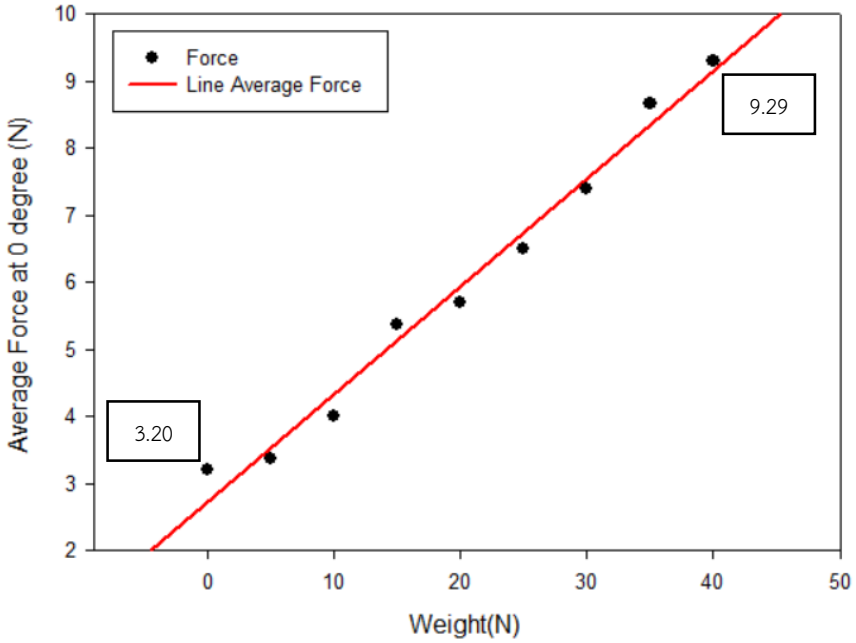
จากผลการทดสอบ พบว่าผู้ทดสอบ (ในสภาพปกติ) จำนวน 5 คน ใช้เวลาเฉลี่ยในการทำกิจกรรมกายภาพจาก 0 – 180 องศา จำนวน 10 รอบเท่ากับ 39.11 วินาที คิดเป็นความเร็วเฉลี่ยในการทำกิจกรรมกายภาพเท่ากับ 658.58 mm/s (0.66 m/s) โดยค่าที่ได้อาจมีความแตกต่างกันไป ทำให้เกิดคลาดเคลื่อนมาก เนื่องจากผู้สอบในแต่ละคนจะมีจังหวะหรือใช้ความเร็วในการทำกิจกรรมไม่เหมือนกัน แต่ยังเห็นได้ว่าจะมีค่าเวลาและความเร็วเฉลี่ยที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

ผลการทดสอบหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก



รูปที่ 4.36 แสดงขั้นตอนการทดสอบหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก

ผลการทดสอบหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก



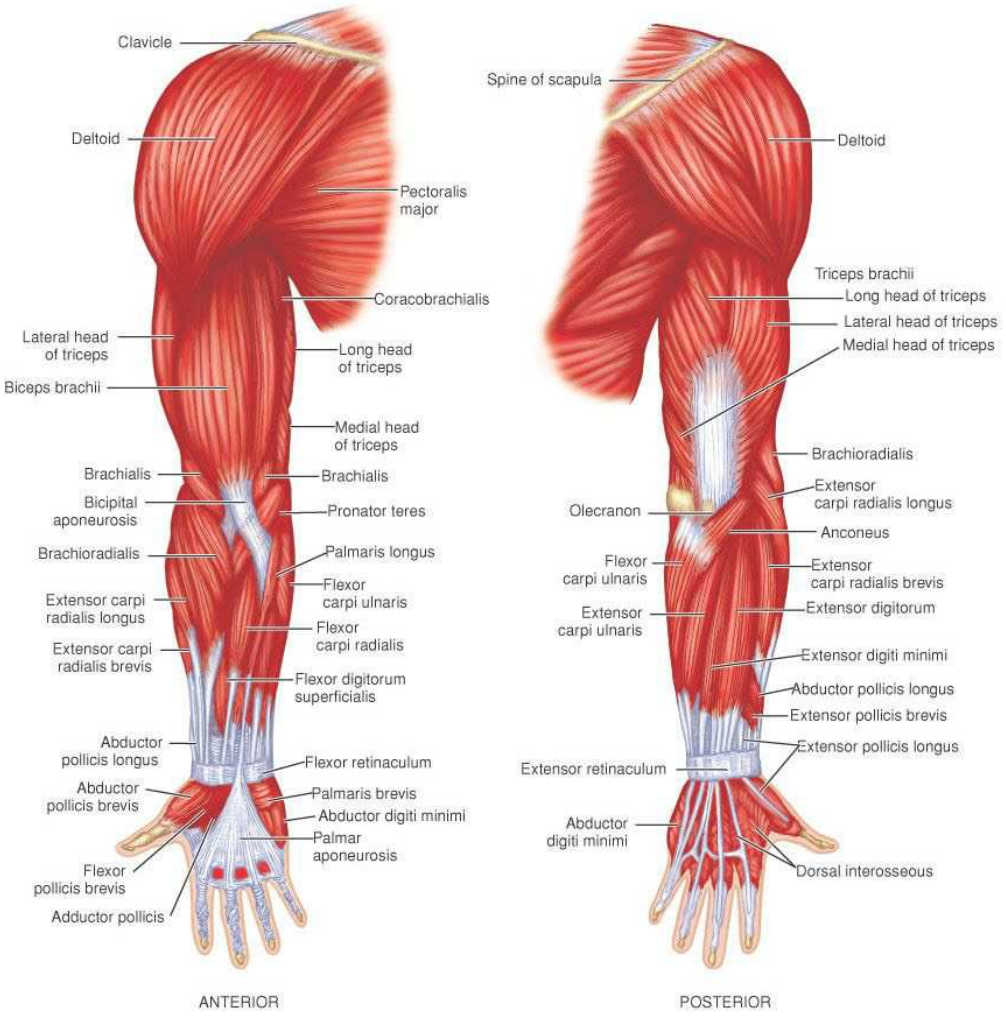
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนกับตัวถ่วงน้ำหนัก

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบหาแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน โดยใช้ตัวถ่วงน้ำหนัก

จากผลการทดสอบ พบว่าแรงเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนที่ความชัน 0 องศาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มตัวถ่วงน้ำหนักในชุดรองรับแขน โดยแรงเฉลี่ยที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนในกรณีที่ไม่เพิ่มตัวถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 3.20 นิวตัน และแรงเฉลี่ยเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนในกรณีที่ใส่ตัวถ่วงน้ำหนัก 40 นิวตัน (4 กิโลกรัม) เท่ากับ 9.29 นิตัน (ประมาณ 1 กิโลกรัม) คิดเป็น 65.55 % โดยจะเทียบได้กับการปรับความฝืดที่ระดับ 1.5 ที่ความชันอุปกรณ์ 0 องศา แสดงว่าผลของน้ำหนักที่กดลงบนชุดรองรับแขนมีผลต่อแรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขน

การทดสอบการบริหารกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องช่วงแขนโดยการทำกิจกรรมกายภาพ

ในการทำกิจกรรมกายภาพของผู้ทดสอบร่วมกับตัวอุปกรณ์กายภาพฯ โดยตัวอุปกรณ์จะส่งผลถึงทำงานในส่วนของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องบริเวณช่วงแขน ผู้ทดสอบจะต้องออกแรงให้ชุดรองรับแขนสไลด์เคลื่อนที่ไปตามองศาที่กำหนดในการทำกิจกรรมกายภาพ ทำให้กล้ามเนื้อช่วงแขนของผู้ทดสอบเกิดการทำงานและเกิดจำในกล้ามเนื้อหรือเรียกว่า Muscle memory โดยจะมีการพัฒนาการของกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้งานในช่วงแขน กล้ามเนื้อหลักๆที่เกี่ยวข้องในการทำกิจกรรมกายภาพจะได้แก่ Deltoid, Supraspinatus, Teres minor และ Teres major, Subscapularis, Biceps brachii และ Extensor carpi radialislongus



รูปที่ 4.38 แสดง Anatomy ช่วงแขน
ที่มา : https://mtresources.tripod.com/Muscles/muscles.htm

ผลการทดสอบการบริหารกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องช่วงแขนโดยการทำกิจกรรมกายภาพ

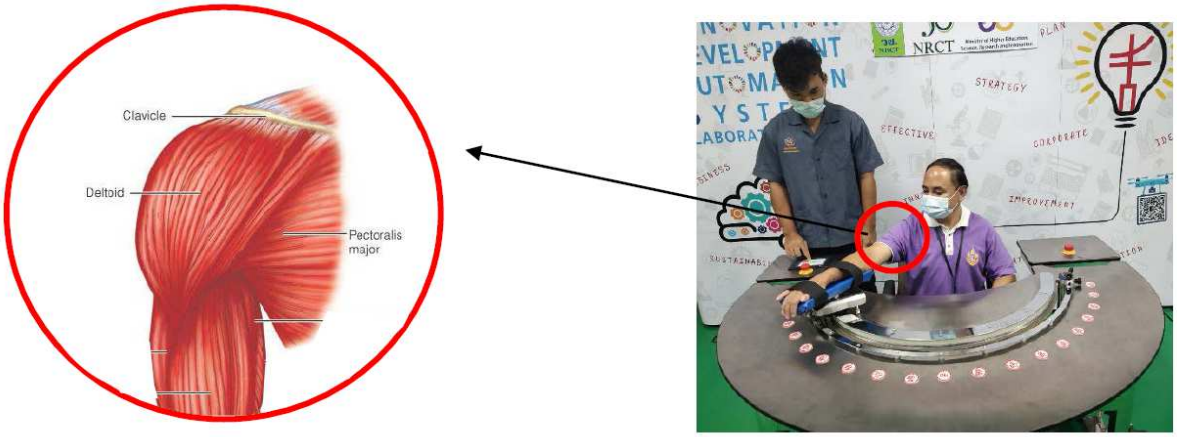
ในการทำกายภาพโดยการขยับแขนตั้งแต่ 0 – 180 องศา จะแบ่งช่วงการทำงานของกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วง 0 – 130 องศาและ ช่วง 130 -180 องศา

ช่วง 0-130 องศา เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนหัวไหล่โดยจะมีกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องคือ Deltoid, Pectoralis major และ Subscapularis

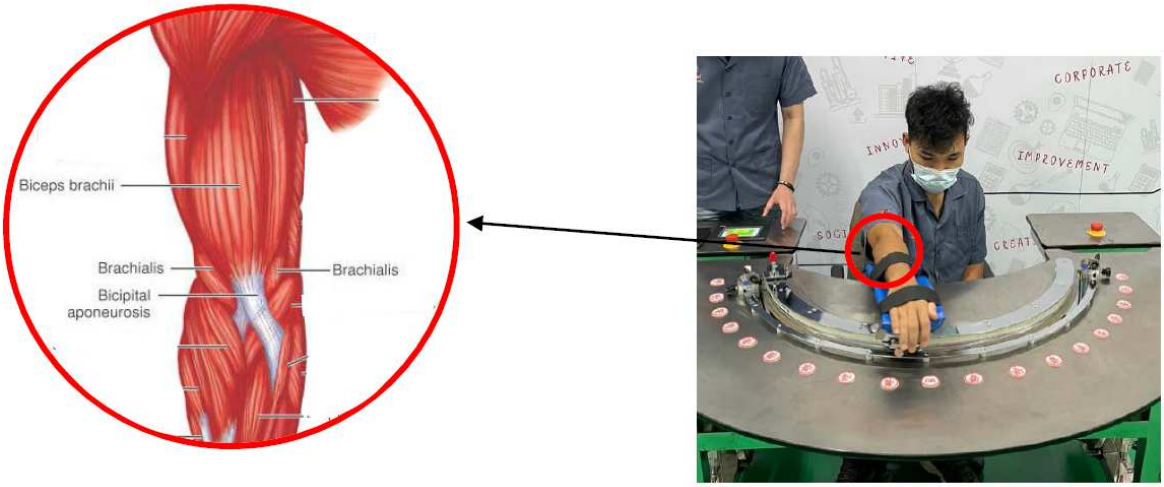
- Deltoid จะทำการหดตัวเพื่อทำให้แขนเคลื่อนที่จาก 130 องศาและคลายตัวตอนขากลับจาก 130- 0 –องศา 0
- Pectoralis major จะทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อ Deltoid เพื่อเอาชนะแรงต้านของแขนกายภาพโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อตอนขาไปและคลายตัวเมื่อขากลับ
- Subscapularis กล้ามเนื้อส่วนนี้เริ่มทำงานตอนแขนเคลื่อนที่มาอยู่ตำแหน่งที่ องศาโดยการหดตัว 0 ของกล้ามเนื้อละคลายตัวเมื่อขากลับ ซึ่งอยู่บริเวณกล้ามเนื้อชั้นใน

ช่วง 130 -180 องศา จะใช้กล้ามแขนส่วนตัวต้นเป็นหลักโดยจะเป็นการทำงานในลักษณะการงอข้อศอกเข้าโดยมีกล้ามเนื้อที่ทำงาน คือ Biceps brachii และ Brachialis

- Biceps brachii จะทำงานที่ตำแหน่งของแขนสไลด์อยู่ที่ องศาโดยกล้ามเนื้อส่วนนี้จะหดตัว 180-130 เพื่อแขนส่วนปลายเขาหาตัวและจะคลายตัวตอนขากลับ
- Brachialis กล้ามเนื้อส่วนนี้จะทำงานร่วมกับ Biceps brachii ในการงอข้อศอกและคลายตัวของกล้ามเนื้อ



รูปที่ 4.39 แสดง Anatomy ช่วงหัวไหล่ในการกายภาพที่ตำแหน่ง 0 องศา



รูปที่ 4.40 แสดง Anatomy ช่วงแขนส่วนต้นในการกายภาพที่ตำแหน่ง 90 องศา

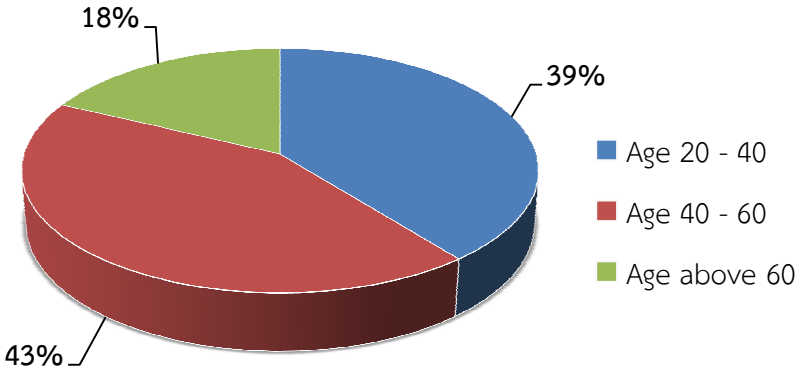
การทดสอบความพึงพอใจในการใช้นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

นำอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น มาทดสอบกับผู้ใช้งานจริงเพื่อนำผลการทดสอบมาปรับปรุงและพัฒนาต่อในอนาคต ซึ่งจะทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 28 คน ในช่วงอายุ 10-70 ปี โดยให้ทำการทดสอบการใช้นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและทำแบบสอบถามที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งได้ผลจากการทดสอบดังตารางที่ 4.3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ข้อมูลเบื้องต้นผู้ตอบแบบสอบถาม)

ตารางที่ 4.3 สถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

ประเภท	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
1. เพศชาย	20	71.4
2. เพศหญิง	8	28.6
รวม	**28**	**100**
ช่วงอายุ		
3. ช่วงอายุ 10-20 ปี	0	0
4. ช่วงอายุ 20-40 ปี	11	39.3
5. ช่วงอายุ 40-60 ปี	12 (ผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง 2 คน)	42.9
6. ช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป	5	17.9
รวม	**28**	**100**



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงร้อยละของจำนวนช่วงอายุของผู้ทดสอบอุปกรณ์

สรุปและวิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.41 การทดสอบความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพช่วงแขนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและตอบแบบสอบถาม พบว่าผู้ทดสอบจำนวนทั้งหมด 28 คน เป็นเพศชาย 20 คน คิดเป็นร้อยละ 71.40 และเพศหญิง 8 คน คิดเป็นร้อยละ 28.60 โดยช่วงอายุของผู้ทดสอบที่ตอบ

แบบสอบถามมากที่สุดคือ ช่วงอายุ 40-60 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 42.90 ช่วงอายุ 20-40 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 39.30 และช่วงอายุของผู้ทดสอบที่ตอบแบบสอบถามน้อยที่สุดคือ ช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 17.90

หมายเหตุ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้มีข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลจากผู้ทดสอบ

ตารางที่ 4.4 ผลระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ

รายการ	ระดับความพึงพอใจ (จำนวนคน)				
	มากที่สุด	มาก	พอใช้	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความสะดวกในการใช้งาน อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	15	13	0	0	0
2. ความเหมาะสมและสวยงามของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	17	10	1	0	0
3. ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	14	12	2	0	0
4. ความเหมาะสมของระดับความยากง่ายในการใช้งานของอุปกรณ์	20	8	0	0	0
5.อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัดนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	22	6	0	0	0
6.ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	21	6	1	0	0

ตารางที่ 4.5 ผลร้อยละของระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ

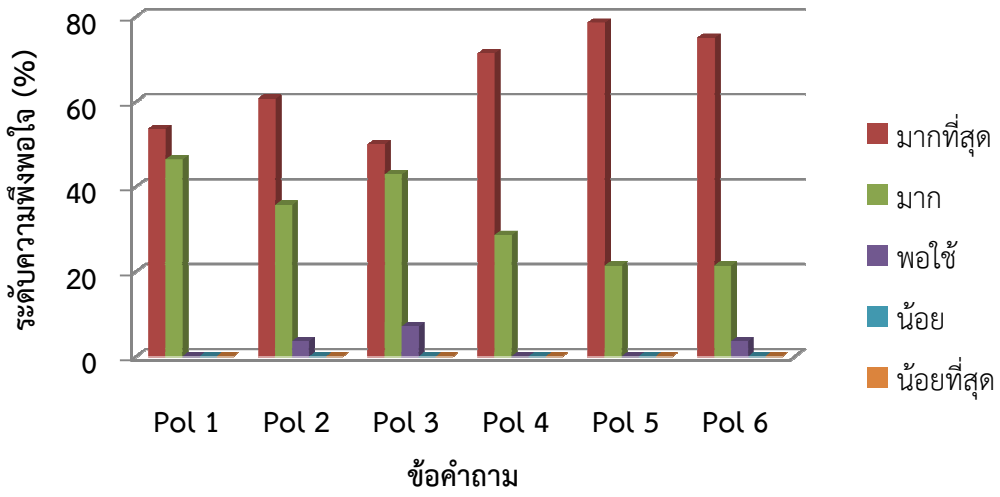
รายการ	ระดับความพึงพอใจ (%)				
	มากที่สุด	มาก	พอใช้	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความสะดวกในการใช้งาน อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	53.6	46.4	0	0	0
2. ความเหมาะสมและสวยงามของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	60.7	35.7	3.6	0	0
3. ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	50.0	42.9	7.1	0	0
4. ความเหมาะสมของระดับความยากง่ายในการใช้งานของอุปกรณ์	71.4	28.6	0	0	0
5.อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัดนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	78.6	21.4	0	0	0
6.ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	75.0	21.4	3.6	0	0

ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมช่วยในการแก้ไขการเรียนรู้และปัญหาของบทเรียนในแต่ละส่วนที่ได้จากแบบสอบถามเป็นไปดังตารางนี้

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ลำดับ	รายการ	ระดับความคิดเห็น		
		ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผลระดับความพึงพอใจ
1	ความสะดวกในการใช้งาน อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	4.54	0.51	พึงพอใจมากที่สุด
2	ความเหมาะสมและสวยงามของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	4.57	0.57	พึงพอใจมากที่สุด
3	ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	4.43	0.63	พึงพอใจมาก
4	ความเหมาะสมของระดับความยากง่ายในการใช้งานของอุปกรณ์	4.71	0.46	พึงพอใจมากที่สุด
5	อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัดนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.79	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
6	ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	4.71	0.54	พึงพอใจมากที่สุด
	เฉลี่ย	**4.63**	**0.52**	**พึงพอใจมากที่สุด**

จากตารางที่ 4.4 และข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถนำไปเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟแสดงร้อยละของระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อได้ดังนี้

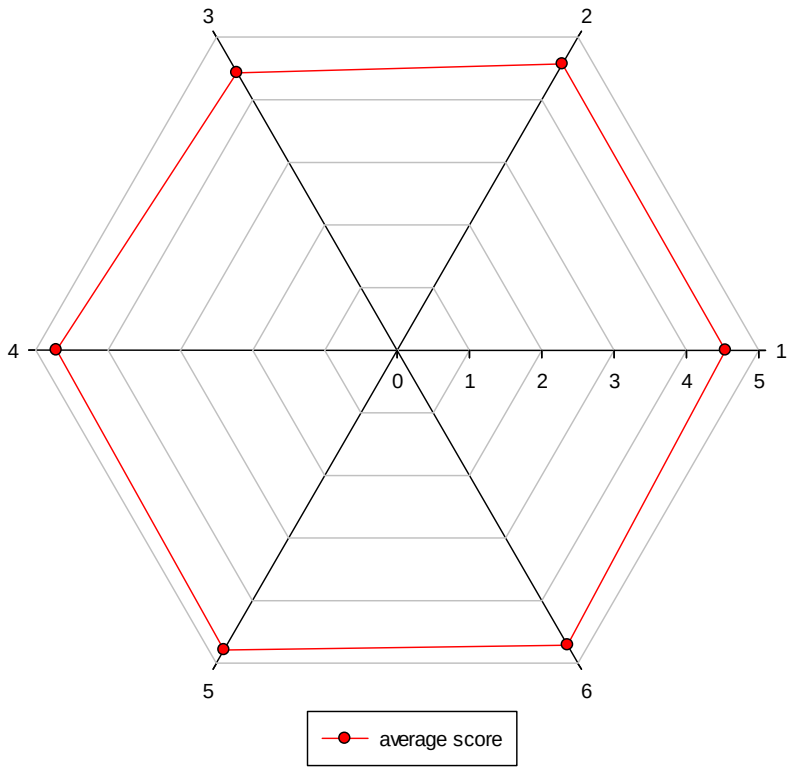


รูปที่ 4.42 กราฟแสดงระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมิน

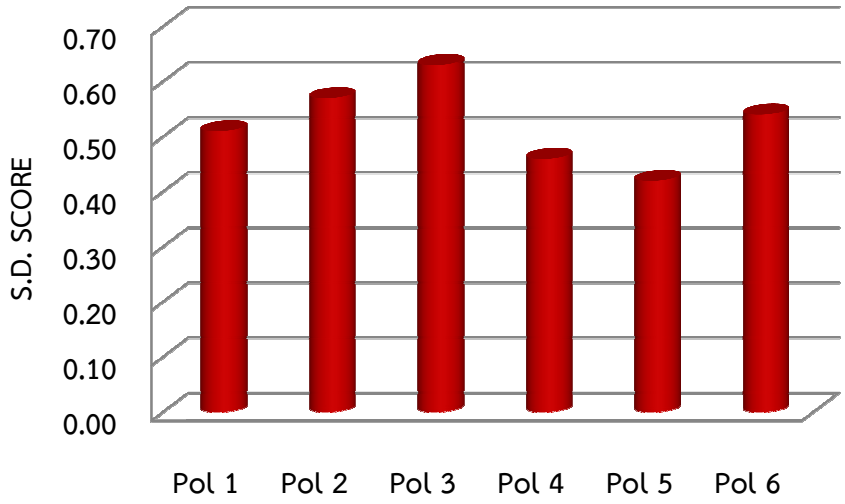
สรุปและวิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.42 แสดงค่าระดับของคะแนนความพึงพอใจจากการเข้าร่วมทดสอบ โดยพบว่าในคะแนนของทุกข้อในแบบสอบถามค่าระดับคะแนนจะอยู่ในระดับ “มากที่สุด” รองลงมาคือระดับ “มาก” และลำดับสุดท้ายคือ “พอใช้” ในส่วนของระดับ “น้อย” และ “น้อยที่สุด” ไม่มีการประเมิน โดยสามารถเรียงลำดับผลตอบแบบสอบถามของข้อในแบบสอบถามได้ดังนี้ ในระดับ “มากที่สุด” เรียงจากมากไปน้อยคือ ข้อ 5, ข้อ 6, ข้อ 4, ข้อ 2, ข้อ 1 และข้อ 3 ในระดับ “มาก” เรียงจากมากไปน้อยคือ ข้อ 1, ข้อ 3, ข้อ 2, ข้อ 4, ข้อ 5 และข้อ 5 ในระดับ “พอใช้” เรียงจากมากไปน้อยคือ ข้อ 3, ข้อ 2, และข้อ 6 และจากข้อมูลที่ได้จะพบว่าความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ “มากที่สุด”

จากตารางที่ 4.6 สามารถนำไปเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟแสดงค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ



รูปที่ 4.44 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ

สรุปและวิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.43 และรูปที่ 4.44 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดสอบอุปกรณ์มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ = 4.61 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.52 เมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่าผู้เข้าร่วมการทดสอบมีความพึงพอใจในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ ยกเว้นข้อที่ 3 ที่มีความพึงพอใจในระดับ “มาก” แสดงว่าตัวอุปกรณ์มีการทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี

หมายเหตุ : เกณฑ์การพิจารณาระดับความพึงพอใจ

การประเมินระดับความพึงพอใจจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยแบ่งจากระดับน้อยที่สุดให้เป็น 1 ไปจนถึงระดับมากที่สุดให้เป็น 5 แบ่งได้เป็นดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	มากที่สุด	(Very satisfied)
ระดับ 4	หมายถึง	มาก	(Satisfied)
ระดับ 3	หมายถึง	พอใช้	(Ok)
ระดับ 2	หมายถึง	น้อย	(dissatisfied)
ระดับ 1	หมายถึง	น้อยที่สุด	(Very dissatisfied)

โดยจะใช้การวิเคราะห์หรือการแปรความหมายของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ยที่ 4.51 – 5.0	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด	(Very satisfied)
ค่าเฉลี่ยที่ 3.51 – 4.50	หมายถึง	พึงพอใจมาก	(Satisfied)
ค่าเฉลี่ยที่ 2.51 – 3.50	หมายถึง	พึงพอใจพอใช้	(Ok)
ค่าเฉลี่ยที่ 1.51 – 2.50	หมายถึง	พึงพอใจน้อย	(dissatisfied)
ค่าเฉลี่ยที่ 0.00 – 1.50	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด	(Very dissatisfied)

ตารางที่ 4.7 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบที่มีต่อนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

ลำดับ	ปัญหาและข้อเสนอแนะ
1	มีความเหมาะสมและทันสมัยมาก ใช้งานได้สะดวก ควรเพิ่มความเร็วในแขนสไลด์ในโหมด Max อีกนิด ปรับปรุงความฝืดของแขนสไลด์
2	เครื่องมีความทันสมัยเข้าใจง่าย ฟังก์ชันการทำงานไม่ซับซ้อน
3	เครื่องนี้เป็นประโยชน์อย่างมากกับผู้ป่วย ควรมีการพัฒนาฟังก์ชันให้มีความหลากหลายมากขึ้น
4	อุปกรณ์ความซับซ้อนทำให้ผู้ใช้งานสับสนเบื้องต้น
5	มีการใช้งานที่ง่าย ไม่ยุ่งยาก อยากให้มีการพัฒนาขนาดอุปกรณ์ให้ขนาดเหมาะสมนำไปใช้ในสถานกายภาพ
6	เมื่อลองใช้งานแล้วอุปกรณ์มีความฝืดอยู่บ้าง
7	ต้องการให้ออกแบบความสวยงามของอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความสนใจในการใช้
8	ตัวแขนสไลด์มีความฝืดในการเคลื่อนที่แต่ไม่มาก
9	เครื่องใช้งานได้สะดวกและไม่ยุ่งยาก
10	อุปกรณ์มีความทันสมัยและใช้งานได้สะดวก
11	ปรับให้ชุดรองรับแขนมีความยาวเพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับในกรณีที่ผู้ใช้งานมีช่วงแขนที่ยาว

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

1. การประเมินราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์

การประเมินราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์จะประกอบไปด้วยส่วนหลัก 3 ส่วนคือ ค่าวัสดุ, ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งทั้ง 3 รายการนี้เป็นส่วนของการผลิตเท่านั้น ไม่รวมค่าดำเนินการอย่างอื่นเช่น เงินเดือน, ค่าแรงพนักงานขายหน้าร้าน, ค่าการตลาด, ค่าเช่าสำนักงาน, ค่าไฟฟ้าและน้ำประปาและค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด เป็นต้น โดยราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์จะมีงบประมาณในการดำเนินการเป็นดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.8 ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์

ส่วนที่	รายการ	ราคา (บาท)
ค่าวัสดุ	1. ชุดโครงสร้างของอุปกรณ์	95,000
	2. ชุดควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	80,000
	3.. ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์	45,000
ค่าแรงงาน	4. ค่าแรงงานคิดเป็น 25 - 30 % ของรายการสร้าง	100,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	5. เบ็ดเตล็ด (ค่าออกแบบโปรแกรม, ค่าเขียนแบบอุปกรณ์ เป็นต้น)	30,000
รวม		**350,000**

ราคาจำหน่ายตัวอุปกรณ์กายภาพฯ จะประเมินจากราคาต้นทุนการผลิตและต้องรวมต้นทุนซ่อมบำรุงดูแลรักษาในแต่ละปีๆ ละ 10% ของราคาต้นทุน เป็นจำนวน 3 ปี (ค่าการดูแลรักษาอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน, ค่าตรวจสอบระบบควบคุมและระบบไฟ) และรวมต้นทุนของค่าภาษี 7 % ของราคาต้นทุน สามารถสรุปราคาต้นทุนการจำหน่ายของอุปกรณ์ได้ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.9 สรุปราคาจำหน่ายอุปกรณ์กายภาพฯ

ลำดับที่	รายการ	ราคา (บาท)
1	ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์	350,000
2	ต้นทุนซ่อมบำรุงดูแลรักษา 3 ปีๆ ละ 35,000 บาท	105,000
3	ค่าภาษี 7 %	24,500
รวม		**479,500**

2. การประเมินค่าเสื่อมสภาพของอุปกรณ์

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) หมายถึงการปันส่วนมูลค่าเสื่อมสภาพของสินทรัพย์อย่างมีระบบตลอดอายุการใช้งานที่ได้ประมาณเอาไว้ การคิดค่าเสื่อมราคาคือการนำต้นทุนของสินทรัพย์มาจัดสรรเฉลี่ยเป็นค่าใช้จ่ายตามอายุการใช้งานไม่จำกัด การคิดค่าเสื่อมราคาจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยสำคัญ 3 อย่างด้วยกัน คือ ราคาทุนของสินทรัพย์ อายุการใช้งาน และราคาซาก (ที่มา : http://spj.co.th/เทคนิคการคิดค่าเสื่อมร/)

การคำนวณค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรงแบบเส้นตรงเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เพราะจะแบ่งราคาทุนหลักจากหักราคาซากของสินทรัพย์เป็นค่าเสื่อมราคาประจำทุกปีในจำนวนที่เท่าๆ กัน ตลอดอายุการใช้งานซึ่งมีสูตรการคิดคำนวณดังนี้

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = (มูลค่าสินทรัพย์ – มูลค่าซากสินทรัพย์) ÷ อายุการใช้งาน

กำหนดให้ราคาซากของอุปกรณ์ 50,000 บาท ประมาณอายุการใช้งานของอุปกรณ์ 10 ปี ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์สามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าเสื่อมราคา = (มูลค่าสินทรัพย์ – มูลค่าซากสินทรัพย์) ÷ อายุการใช้งาน
= (479,500 – 50,000) ÷ 10 ปี
ดังนั้น ค่าเสื่อมราคาต่อปี = 42,950 บาท

จากการคำนวณเมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี มูลค่าของอุปกรณ์จะลดลงปีละ 42,950 บาท และเมื่อเวลาผ่านไป 10 ปี ค่าเสื่อมราคาและมูลค่าของอุปกรณ์ เป็นไปดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.10 คิดค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ในระยะเวลา 10 ปี

ระยะเวลาสิ้นปีที่	มูลค่าสินทรัพย์	ค่าเสื่อมราคา	คงเหลือ
1	479,500	42,950	436,550
2	436,550	42,950	393,600
3	393,600	42,950	350,650
4	350,650	42,950	307,700
5	307,700	42,950	264,750
6	264,750	42,950	221,800
7	221,800	42,950	178,850
8	178,850	42,950	135,900
9	135,900	42,950	92,950
10	92,950	42,950	50,000

หมายเหตุ เมื่อเวลาผ่านไป 10 ปี มูลค่าของอุปกรณ์จาก 479,500 บาทจะเหลือแค่มูลค่าซาก 50,000 บาท

3. การประเมินความคุ้มทุนของอุปกรณ์กายภาพฯ

จากตารางที่ 4.19 จะได้ราคาจำหน่ายอุปกรณ์กายภาพฯ จะมีราคาเท่ากับ 479,500 บาท ค่าบริการการทำกายภาพบำบัด 1 ครั้งเท่ากับ 1,500 บาท/ชั่วโมง/คน (ที่มา : โปรแกรมการฟื้นฟูสรรถภาพร่างกาย โรงพยาบาลกรุงเทพพัทยา) กำหนดให้มีผู้ใช้บริการการการทำกายภาพบำบัดคนละ 1 ชั่วโมง/ครั้ง/วัน จำนวน 2 คน/วัน และจำนวนวันที่มีการใช้อุปกรณ์เท่ากับ 20 วันต่อเดือน จะได้รายได้จากการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือนเป็นดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.11 รายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ ใน 1 เดือน

รายการ	หน่วย	จำนวน
ค่าบริการการทำกายภาพบำบัด	บาท/ชั่วโมง/คน	1,500 บาท
ชั่วโมงการทำกายภาพบำบัด	ชั่วโมง/คน	1 ชั่วโมง
ผู้เข้ารับบริการการทำกายภาพบำบัด	คน	2 คน
วันที่มีการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือน	วัน	20 วัน
รวมเป็นรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ ใน 1 เดือน		**60,000**

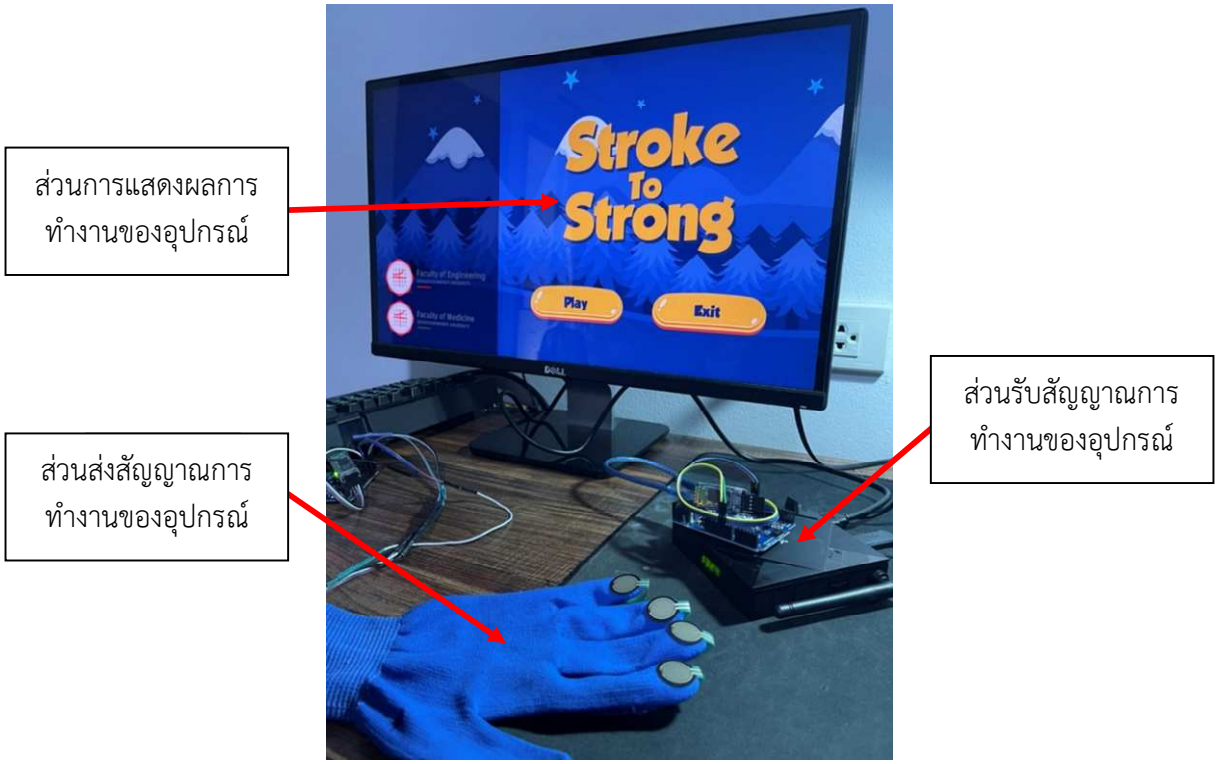
สรุปผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

จากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง จะได้ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เท่ากับ 350,000 บาท ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 479,500 บาท มีค่าเสื่อมมูลค่าของอุปกรณ์ปีละ 42,950 บาท และมีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ เท่ากับ 60,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 8 เดือน

2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

ส่วนประกอบต่างๆ ของนวัตกรรมฯ

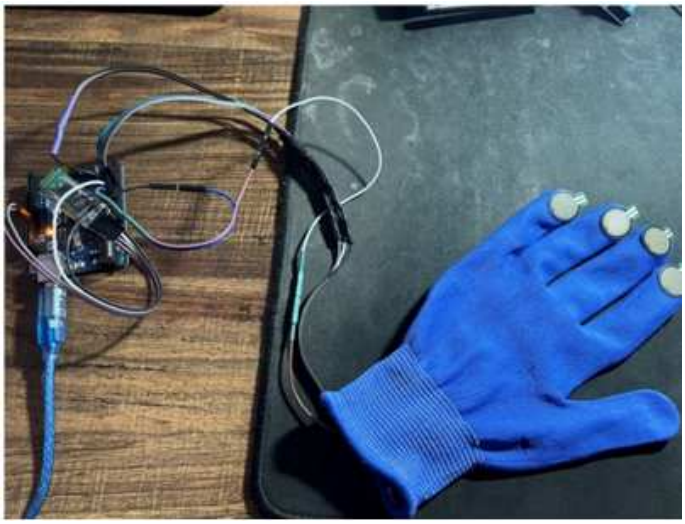
นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่ได้ออกแบบและดำเนินการจัดสร้างขึ้นเป็นดังรูปที่ 4.45



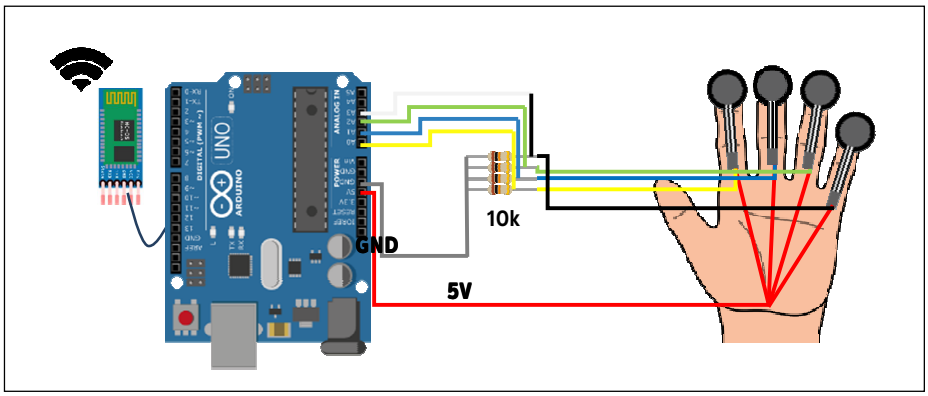
รูปที่ 4.45 ชุดอุปกรณ์กายภาพมือเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

การต่อใช้งานชุดอุปกรณ์นั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนส่งสัญญาณและส่วนรับสัญญาณ สำหรับส่วนส่งสัญญาณนั้นจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักคือ ถุงมือที่ติดตั้งเซนเซอร์รับแรงกดไว้ที่ปลายนิ้วและบอร์ดควบคุม (Arduino uno) ที่เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณไร้สาย (HC-05) โดยทั้งสองส่วนนี้จะถูกประกอบกันไว้อย่างสมบูรณ์แล้ว จากนั้นจึงมาเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับถุงมือ ดังแสดงในรูปที่ 4.46 และรายละเอียดการต่อวงจรของชุดส่งสัญญาณ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.47

หลักการทำงานของนวัตกรรมฯ

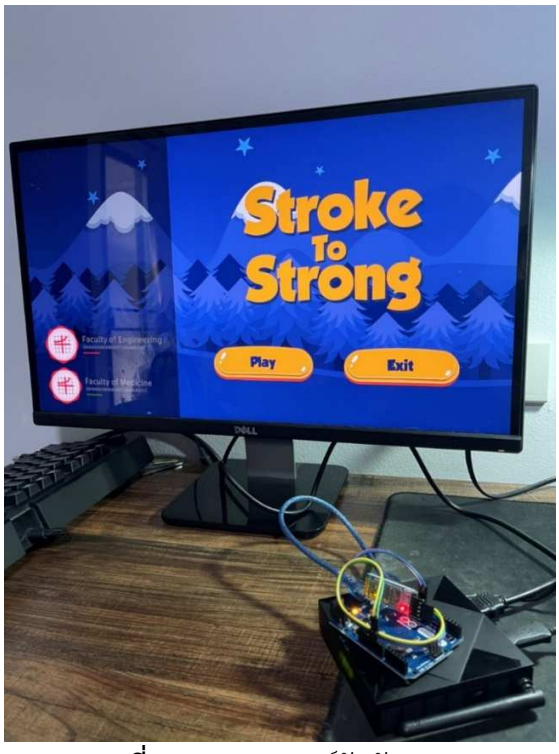


รูปที่ 4.46 ชุดอุปกรณ์ส่งสัญญาณ

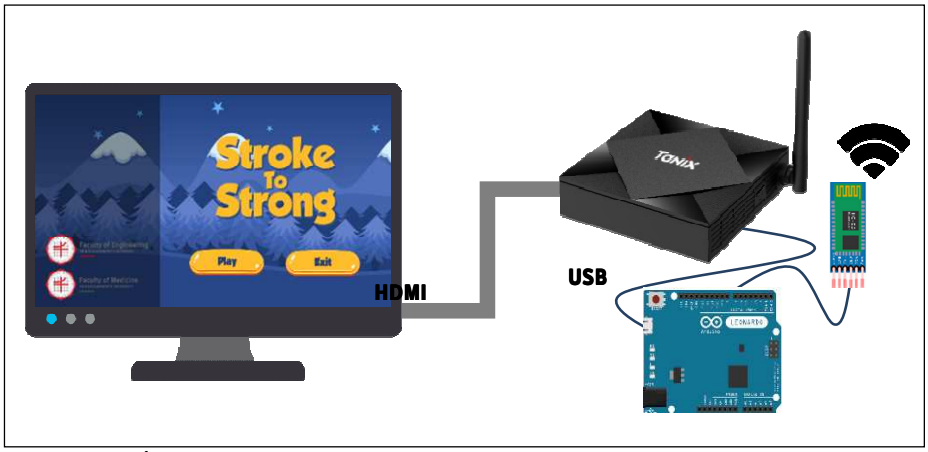


รูปที่ 4.47 แผนผังวงจรไฟฟ้าชุดส่งสัญญาณของอุปกรณ์กายภาพมือ

และสำหรับส่วนรับสัญญาณนั้นจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักคือ บอร์ดควบคุม Arduino Leonardo ที่เชื่อมต่อกับโมดูลรับสัญญาณไร้สาย (HC-05) และกล่อง Android โดยจะนำทั้งสองส่วนนี้เชื่อมต่อกันด้วยสาย micro USB จากนั้นจะนำกล่อง Android เชื่อมต่อกับจอแสดงผลด้วยสาย HDMI ดังแสดงในรูปที่ 4.48 และรายละเอียดการต่อวงจรของชุดรับสัญญาณสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.48 ชุดอุปกรณ์รับสัญญาณ



รูปที่ 4.49 แผนผังวงจรไฟฟ้าชุดรับสัญญาณของอุปกรณ์กายภาพมือ

การทดสอบนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง แบ่งหัวข้อเป็นดังนี้

1. การทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กายภาพมือ
2. การทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของโปรแกรม

1. การทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กายภาพมือ

1.1 แรงจากการจีบนิ้ว (Thump Touch Force)

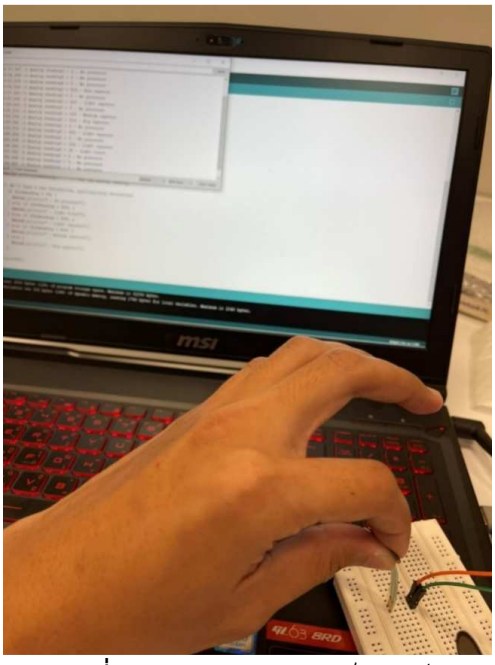
ทดสอบการตอบสนองต่อการจีบนิ้วที่ติดตั้ง FSR sensor ไว้ที่ปลายนิ้วแต่ละนิ้ว และเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด Arduino ซึ่ง FSR sensor เป็นเซ็นเซอร์วัดแรงกดที่มีช่วงการรับค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0 – 10 นิวตัน โดยจะให้เอาท์พุทเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 0-5 V และแสดงผลเป็นค่าแบบดิจิตอลที่ 0 -1023 ซึ่งจะมีการทดสอบทั้งหมด 2 แบบ ได้แก่ ทดสอบความถูกต้องในการทำงานของเซ็นเซอร์แรงกด เพื่อทดสอบว่าเซนเซอร์นั้นทำงานถูกต้องหรือไม่ และทดสอบหาค่ามาตรฐานของแรงกดนิ้วมือสำหรับผู้ใช้งานจริง เพื่อทดสอบว่าแรงกดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้กับผู้ใช้งานจริงนั้นมีค่าเท่าไหร่

- **การทดสอบความถูกต้องในการทำงานของเซ็นเซอร์แรงกด**

ทดสอบโดยการกดน้ำหนักเท่าเดิมค้างไว้แล้วให้แสดงผล 100 วินาที และอ่านค่าแรงกดจาก Arduino IDE ว่าจะแสดงค่าน้ำหนักคงที่มากน้อยเพียงใด โดยมีเงื่อนไขการแสดงผลดังนี้

- ค่าที่อ่างได้จากเซ็นเซอร์ < 10 จะแสดงผลเป็นข้อความ “No pressure”
- ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ <200 จะแสดงผลเป็นข้อความ “Light touch”
- ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ <500 จะแสดงผลเป็นข้อความ “Light squeeze”
- ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ <800 จะแสดงผลเป็นข้อความ “Medium squeeze”
- ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ >800 จะแสดงผลเป็นข้อความ “Big squeeze”

ซึ่งจะทดสอบด้วยการกดแรงลงไปบนเซนเซอร์ โดยการแสดงท่าทางการกด ดังรูปที่ 4.50

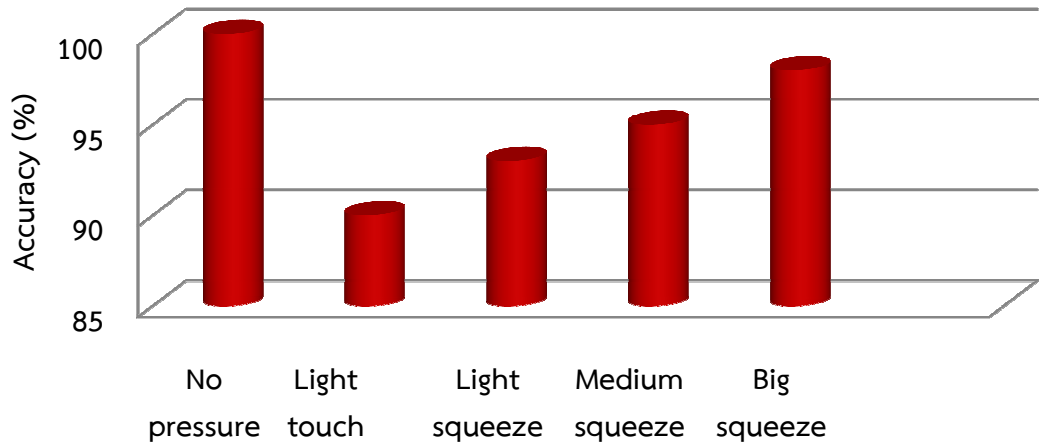


รูปที่ 4.50 การกดแรงบนเซ็นเซอร์

และสามารถสรุปผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของการตอบสนองต่อแรงกดจากการจีบนิ้วลงบนเซนเซอร์ได้ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบถูกต้องในการทำงานของเซ็นเซอร์แรงกด (FSR sensor)

ลำดับ	ชนิดของแรงกด	ค่าเริ่มต้น	ค่าที่ได้เฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน (%)
1	No pressure	<0	0	0
2	Light touch	<200	230	± 10
3	Light squeeze	<500	416	± 7
4	Medium squeeze	<800	740	± 5
5	Big squeeze	>800	983	± 2
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)				± 4.8



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงความแม่นยำในการทำงานของเซ็นเซอร์แรงกด

- **การทดสอบเพื่อหาค่ามาตรฐานของแรงกดนิ้วมือสำหรับผู้ใช้งานจริง**

การทดสอบนี้เพื่อหาค่าของแรงกดที่นิ้วมือในการนำไปใช้งานทดสอบกับผู้ใช้งานจริง โดยได้นำผู้ทดสอบทั้งหมด 20 คน ในช่วงอายุ 10 -60 ปี เพศชาย 10 คน เพศหญิง 10 คน ทำการทดสอบโดยการวัดค่าแรงกดนิ้วจากการจีบนิ้วทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ การจีบนิ้วชี้ การจีบนิ้วกลาง การจีบนิ้วนาง และการจีบนิ้วก้อย จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย พร้อมทั้งหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาช่วงของแรงที่เป็นไปได้ และเลือกส่วนที่เป็นค่าต่ำสุดของแต่ละช่วงมาเป็นค่ามาตรฐานในการนำไปทดสอบกับผู้ใช้งานจริง ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบเพื่อหาค่ามาตรฐานของแรงกดนิ้วมือสำหรับผู้ใช้งานจริง

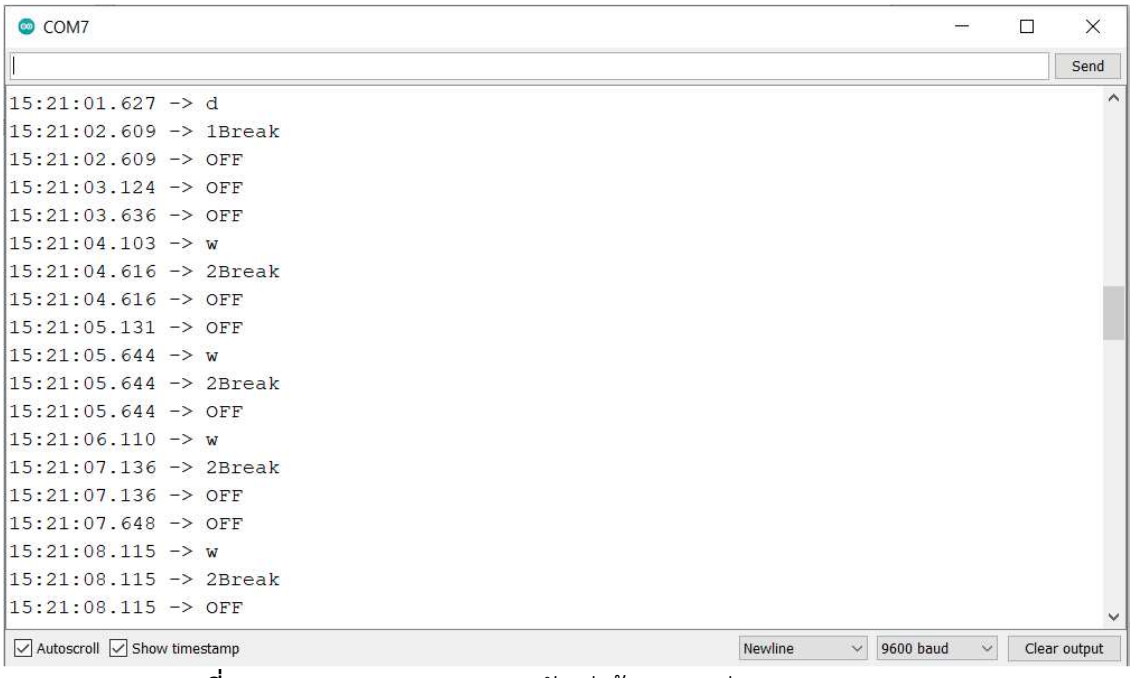
	Index Finger (N)	Middle Finger (N)	Ring Finger (N)	Little Finger (N)
avg.	4.1356	5.5728	5.9153	5.5513
S.D.	1.1569	1.1163	1.1485	1.2749
Standard force	**4.9787**	**5.4564**	**5.7668**	**5.2764**

1.2 การรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่าง Microcontroller

การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานของการรับและส่งค่าระหว่างบอร์ด Arduino ซึ่งจะมีการทดสอบทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ 1) การทดสอบความถูกต้องในการรับ-ส่งข้อมูล 2) การทดสอบความถูกต้องในการแสดงผลการควบคุมคีย์บอร์ด และ 3) ทดสอบค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยในการรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างอุปกรณ์ สำหรับรูปแบบการทดสอบจะรับและส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 0.5 วินาที ต่อการรับ-ส่ง 1 ครั้ง โดยจะอ่านค่าจาก Serial monitor ของ Arduino IDE

- **การทดสอบความถูกต้องในการรับ-ส่งข้อมูล**

ทดสอบโดยการกดส่งค่าจาก Arduino Uno มายัง Arduino Leonardo ซึ่งประกอบไปด้วยการจีบนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย เป็นจำนวนนิ้วละ 100 ครั้ง ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ดังรูปที่ 4.52



รูปที่ 4.52 ผลจากการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Microcontroller

และสามารถสรุปผลลัพธ์ความถูกต้องจากการทดสอบการรับและส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่าง Microcontroller ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบความถูกต้องในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Arduino Uno และ Arduino Leonardo

ลำดับ	การทดสอบ	ร้อยละความถูกต้อง
1	รับ-ส่งค่าด้วยการจีบนิ้วชี้	100%
2	รับ-ส่งค่าด้วยการจีบนิ้วกลาง	100%
3	รับ-ส่งค่าด้วยการจีบนิ้วนาง	100%
3	รับ-ส่งค่าด้วยการจีบนิ้วก้อย	100%

- **การทดสอบความถูกต้องในการแสดงผลการควบคุมคีย์บอร์ด**

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อวัดประสิทธิภาพในการแสดงผลการควบคุมคีย์บอร์ด ที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยมีรูปแบบในการควบคุม 2 รูปแบบ ได้แก่ การควบคุมโดยการกด-ปล่อยเซนเซอร์แบบฉับพลัน และการควบคุมโดยการกดค้างเพื่อทำการดีเลย์การกดคีร์บอร์ดไว้จนกว่าจะปล่อยนิ้วออกจากกันหรือเปลี่ยนการควบคุม ทั้งหมดนี้เพื่อนำไปควบคุมโปรแกรมเกมให้มีความเสมือนกับการควบคุมด้วยคีร์บอร์ดในขั้นต่อไป ซึ่งการควบคุมมีรูปแบบ ดังนี้

- กด D เมื่อทำการจีบนิ้วชี้ และหากจีบนิ้วชี้ค้างจะต้องทำการกด D ค้างจนกว่าจะคลายนิ้วจากการจีบนิ้วชี้ออกจากกัน



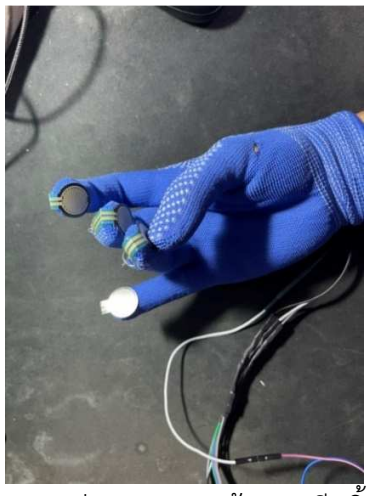
รูปที่ 4.53 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วชี้

- กด W เมื่อทำการจีบนิ้วกลาง และหากจีบนิ้วกลางค้างจะต้องทำการกด W ค้างจนกว่าจะคลายนิ้วจากการจีบนิ้วกลางออกจากกัน



รูปที่ 4.54 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วกลาง

- กด A เมื่อทำการจีบนิ้วนาง และหากจีบนิ้วนางค้างจะต้องทำการกด A ค้างจนกว่าจะคลายนิ้วจากการจีบนิ้วนางออกจากกัน



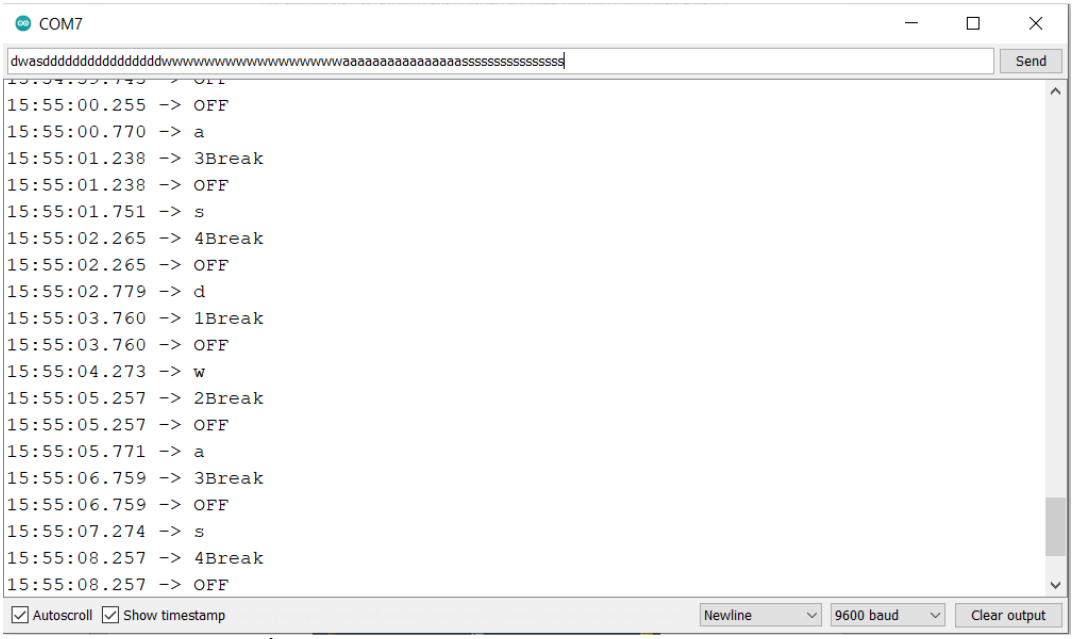
รูปที่ 4.55 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วนาง

- กด S เมื่อทำการจีบนิ้วกลาง และหากจีบนิ้วกลางค้างจะต้องทำการกด S ค้างจนกว่าจะคลายนิ้วจากการจีบนิ้วกลางออกจากกัน



รูปที่ 4.56 ท่าการควบคุมด้วยการจีบนิ้วก้อย

และเมื่อทำการเชื่อมต่อและส่งค่าด้วยท่าทางต่างๆข้างต้น จะได้ผลลัพธ์จะออกมาดังรูปที่ 4.57



รูปที่ 4.57 แสดงผลการควบคุมคีย์บอร์ดด้วย FSR sensor

และจากรูปข้างต้น จึงได้ทำการทดสอบเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการรับ-ส่งค่าโดยใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวควบคุมคีย์บอร์ด ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบการควบคุมคีย์บอร์ดด้วย FSR sensor

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	ส่งค่าจากเซ็นเซอร์ที่นิ้วชี้ และแสดงผลเสมือนการกดปุ่ม D บนคีบอร์ด	100%
2	ดีเลย์ด้วยการกดที่เซ็นเซอร์บนนิ้วชี้ค้างไว้	100%
3	ส่งค่าจากเซ็นเซอร์ที่นิ้วกลาง และแสดงผลเสมือนการกดปุ่ม W บนคีบอร์ด	100%
4	แสดงผลการกด W ซ้ำหลายๆครั้ง หากกดที่เซ็นเซอร์บนนิ้วกลางค้างไว้	98%
5	ส่งค่าจากเซ็นเซอร์ที่นิ้วนาง และแสดงผลเสมือนการกดปุ่ม A บนคีบอร์ด	100%
6	ดีเลย์ด้วยการกดที่เซ็นเซอร์บนนิ้วนางค้างไว้	100%
7	ส่งค่าจากเซ็นเซอร์ที่นิ้วก้อย และแสดงผลเสมือนการกดปุ่ม S บนคีบอร์ด	100%
8	แสดงผลการกด S ซ้ำหลายๆครั้ง หากกดที่เซ็นเซอร์บนนิ้วก้อยค้างไว้	100%
ความแม่นยำเฉลี่ย (%)		**99.75%**

-ทดสอบค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยในการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างอุปกรณ์-

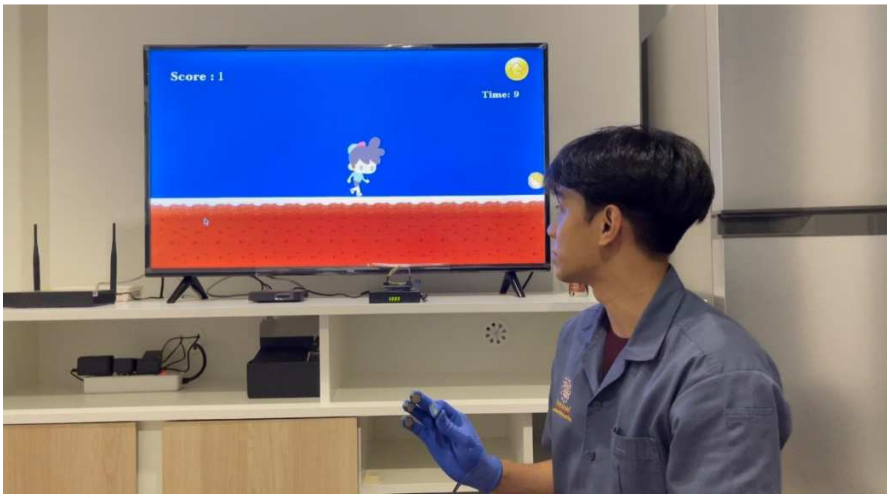
ในการควบคุมโปรแกรมด้วยอุปกรณ์นั้น สิ่งที่จะต้องคำนึงอย่างหนึ่งคือการตอบสนองของโปรแกรมที่มีต่ออุปกรณ์ ดังนั้นการทดสอบหาค่าหน่วงเวลาเฉลี่ยจึงทดสอบเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานควบคุมโปรแกรมสำหรับหายภาพมือต่อไป ซึ่งทดสอบโดยการนำค่าผลต่างเวลาที่ต่อเนื่องทั้งหมด 10 ช่วงเวลามาหาค่าเฉลี่ยเวลาในการตอบสนอง จึงได้ผลสรุปดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบการหน่วงเวลาโดยเฉลี่ยในการรับ - ส่งข้อมูลแบบไร้สายระหว่างอุปกรณ์

ลำดับ	รายการทดสอบ	ค่าเฉลี่ยเวลา (ms)		ค่าหน่วงเวลาโดยเฉลี่ย (ms)	ความคลาดเคลื่อน (%)
		จากการตั้งค่า	จากการทดสอบ		
1.	การตอบสนองของตัวรับค่า	500	500.2	0.2	0.04
2.	การตอบสนองของตัวส่งค่า	500	499.3	0.7	0.14
3.	การตอบสนองในการรับ-ส่งค่า	500	503.2	3.2	0.32
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (%)					**0.17**

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กายภาพมือ

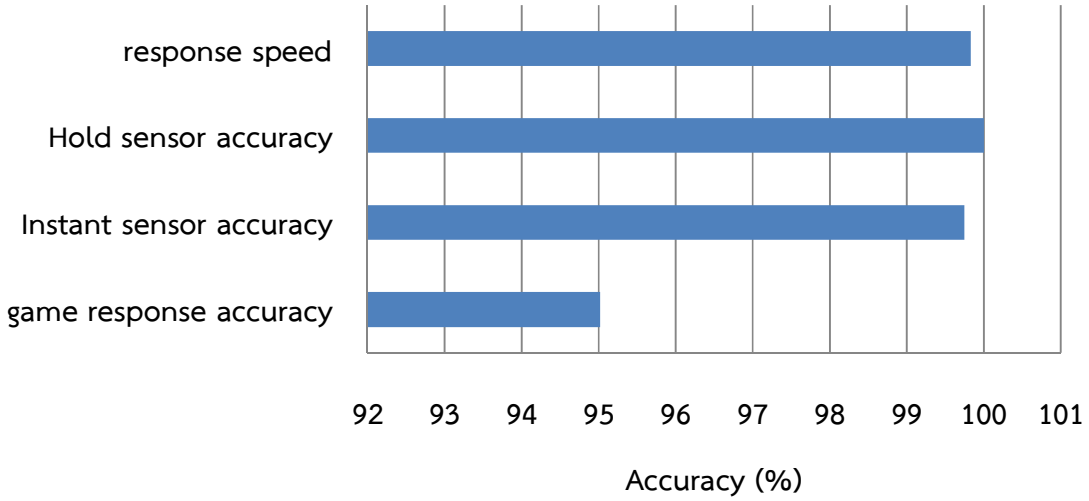
จากการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์กายภาพมือ โดยการทดสอบเป็นการนำผลจากการทดสอบข้างต้น มาเพื่อทดสอบการนำเอาอุปกรณ์กายภาพมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมเกมกายภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์กายภาพสามารถควบคุมเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และความไวในการตอบสนองเมื่อเปลี่ยนนิ้วกดแบบทันที พบว่าการตอบสนองและฟังก์ชันการทำงานมีประสิทธิภาพที่สูง (90% ขึ้นไป) และเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ โดยผลการทดสอบดังตารางที่ 4.27



รูปที่ 4.58 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำเมื่อนำอุปกรณ์การกายภาพมือมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมสำหรับการทำกายภาพมือ

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบเมื่อนำอุปกรณ์กายภาพมาใช้งานร่วมกับโปรแกรมเกมบน microcomputer

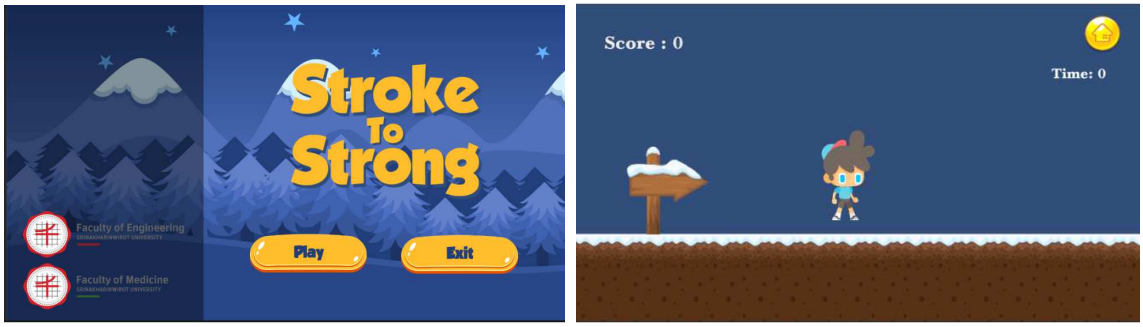
ลำดับ	การทดสอบ	ร้อยละความถูกต้องและแม่นยำ	หมายเหตุ
1	การทดสอบความถูกต้องในการตอบสนองของเกมที่มีต่ออุปกรณ์กายภาพ	95.02	ความผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการกด-ปล่อยเซนเซอร์ที่นิ้วกลาง
2	ความแม่นยำเมื่อกด - ปล่อยเซ็นเซอร์แบบทันที	99.75	ความผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่เซนเซอร์นิ้วกลาง (บางครั้งแสดงผลเหมือนกับการกดสองครั้ง)
3	ความแม่นยำเมื่อกดเซ็นเซอร์ค้าง โดยจะแสดงผลด้วยการเดินต่อเนื่องของตัวละคร	100	การทำงานของตำแหน่งการควบคุม (กด) ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้
4	ความรวดเร็วในการตอบสนอง	99.83	ความรวดเร็วในการตอบสนองเมื่อเปลี่ยนนิ้วกดแบบทันที



รูปที่ 4.59 กราฟแสดงความแม่นยำในการทำงานของอุปกรณ์

4.2 การทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของโปรแกรม

การทดสอบนี้เป็นให้ผู้ทดสอบทำการใช้อุปกรณ์จริง ในการเล่นเกมตามกำหนด เพื่อวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทั้งส่วนตัวอุปกรณ์และส่วนแสดงผล และเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของการเข้าถึงแต่ละส่วนของการใช้งานโปรแกรม โดยแสดงผลลัพธ์เป็นคะแนนและเวลาที่ใช้ในการเล่น และเก็บผลแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจสำหรับโปรแกรม โดยผลการทดสอบความแม่นยำจากการทดลองหน้าแสดงผลลัพธ์เป็นดังตารางที่ 4.28 และ 4.29



รูปที่ 4.60 หน้าต่างแสดงหน้าของโปรแกรม



รูปที่ 4.61 หน้าต่างแสดงการเลือกมือสำหรับการกายภาพ

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าแสดงผลลัพธ์

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	กดปุ่ม Play แสดงหน้าเลือกมือข้างที่ต้องการเล่นเกม	100%
2	กดปุ่ม Exit ออกจากเกม	100%
3	รับค่าคะแนน แสดงคะแนนจากการเล่นจบเกม	100%
4	รับค่าเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่นจนจบ	100%
5	กดปุ่ม Return แสดงหน้าเล่นเกมเดิมอีกครั้ง	100%
6	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเริ่มเกม	100%
7	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วมือในการเริ่มต้นเล่นเกมใหม่	100%

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเลือกนิ้วมือที่จะใช้จากมือฝั่งซ้ายและมือขวา

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	กดเลือกนิ้วชี้ แสดงหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วชี้	100%
2	กดเลือกนิ้วกลาง แสดงหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วกลาง	100%
3	กดเลือกนิ้วนาง แสดงหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วนาง	100%
4	กดเลือกนิ้วก้อย แสดงหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วก้อย	100%
5	กดเลือกทุกนิ้ว แสดงหน้าเล่นเกมสำหรับทุกนิ้ว	100%
6	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกมือในการเล่นเกม	100%

- **การทดสอบของโปรแกรมวิธีการเล่นเกมในแต่ละด่าน**

จะเป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวละคร และการแสดงการจับเวลาขณะเก็บวัตถุ โดยมีการทดสอบดังต่อไปนี้

ท่าที่ 1 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ ของมือซ้ายและมือขวา

รูปแบบการทดสอบของด่านที่ 1 โดย กดปุ่ม D บนแป้นพิมพ์ เพื่อให้ตัวละครเดินไปในทิศทางขวา โดยตัวละครนั้น ๆ จะต้องเก็บวัตถุจนครบจึงจะเก็บค่าเวลาการตอบสนองแล้วสามารถไปหน้าถัดไปได้



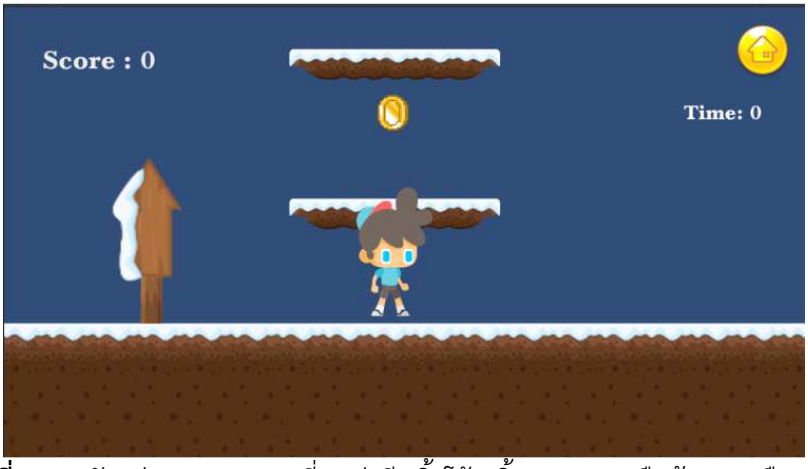
รูปที่ 4.62 ตัวอย่างการทดสอบท่าที่ 1 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ ของมือซ้ายและมือขวา

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วชี้

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	ทิศทางตัวละคร ตัวละครเดินไปทางขวา	100%
2	เก็บเหรียญ 10 เหรียญ ตัวละครชนเหรียญแล้วเหรียญหาย	100%
3	เก็บเหรียญที่ 10 แสดงหน้าแสดงผลคะแนน	100%
4	เก็บคะแนน แสดงคะแนนหลังจากตัวละครชนเหรียญ	100%
5	เก็บเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่น	100%
6	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วในการเล่น	100%
7	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเลือกมือในการเล่น	100%

ท่าที่ 2 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วกลาง ของมือซ้ายและมือขวา

รูปแบบการทดสอบของด่านที่ 2 โดย กดปุ่ม A บนแป้นพิมพ์ เพื่อให้ตัวละครเดินไปในทิศทางซ้าย โดยตัวละครนั้น ๆ จะต้องเก็บวัตถุจนครบจึงจะเก็บค่าเวลาการตอบสนองแล้วสามารถไปหน้าถัดไปได้



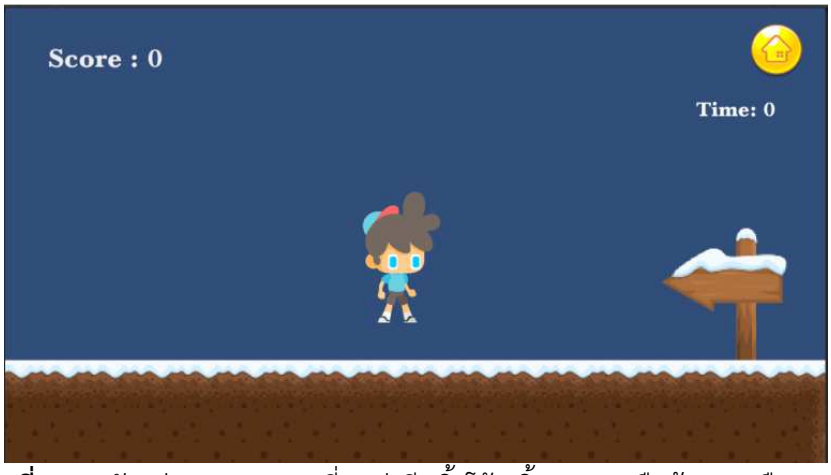
รูปที่ 4.63 ตัวอย่างการทดสอบที่ 2 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วกลาง ของมือซ้ายและมือขวา

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วกลาง

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	ทิศทางตัวละคร ตัวละครกระโดด	100%
2	เก็บเหรียญ 10 เหรียญ ตัวละครชนเหรียญแล้วเหรียญหาย	100%
3	เก็บเหรียญที่ 10 แสดงหน้าแสดงผลคะแนน	100%
4	เก็บคะแนน แสดงคะแนนหลังจากตัวละครชนเหรียญ	100%
5	เก็บเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่น	100%
6	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วในการเล่น	100%
7	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเลือกมือในการเล่น	100%

ท่าที่ 3 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วนางของมือซ้ายและมือขวา

รูปแบบการทดสอบของด่านที่ 3 โดย กดปุ่ม W บนแป้นพิมพ์ เพื่อให้ตัวละครกระโดดไปในทิศทางขึ้นข้างบน โดยตัวละครนั้น ๆ จะต้องเก็บวัตถุจนครบจึงจะเก็บค่าเวลาการตอบสนองแล้วสามารถไปหน้าถัดไปได้



รูปที่ 4.64 ตัวอย่างการทดสอบที่ 3 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วนางของมือซ้ายและมือขวา

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วนาง

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	ทิศทางตัวละคร ตัวละครเดินไปทางซ้าย	100%
2	เก็บเหรียญ 10 เหรียญ ตัวละครชนเหรียญแล้วเหรียญหาย	100%
3	เก็บเหรียญที่ 10 แสดงหน้าแสดงผลคะแนน	100%
4	เก็บคะแนน แสดงคะแนนหลังจากตัวละครชนเหรียญ	100%
5	เก็บเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่น	100%
6	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วในการเล่น	100%
7	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเลือกมือในการเล่น	100%

ท่าที่ 4 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อยของมือซ้ายและมือขวา

รูปแบบการทดสอบของด่านที่ 4 โดย กดปุ่ม S บนแป้นพิมพ์ เพื่อให้ตัวละครกระโดดไปในทิศทางลงข้างล่าง โดยตัวละครนั้น ๆ จะต้องเก็บวัตถุจนครบจึงจะเก็บค่าเวลาการตอบสนองแล้วสามารถไปหน้าถัดไปได้



รูปที่ 4.65 ตัวอย่างการทดสอบที่ 4 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อยของมือซ้ายและมือขวา

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับนิ้วก้อย

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	ทิศทางตัวละคร ตัวละครเดินกระโดดลง	100%
2	เก็บเหรียญ 10 เหรียญ ตัวละครชนเหรียญแล้วเหรียญหาย	100%
3	เก็บเหรียญที่ 10 แสดงหน้าแสดงผลคะแนน	100%
4	เก็บคะแนน แสดงคะแนนหลังจากตัวละครชนเหรียญ	100%
5	เก็บเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่น	100%
6	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วในการเล่น	100%
7	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเลือกมือในการเล่น	100%

ท่าที่ 5 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อยของมือซ้ายและมือขวา

รูปแบบการทดสอบของด่านที่ 5 โดย กดปุ่ม A, W, D, S บนแป้นพิมพ์ เพื่อให้ตัวละครเดินซ้าย เดินขวา กระโดดขึ้น กระโดดลง โดยตัวละครนั้น ๆ จะต้องเก็บวัตถุจนครบจึงจะเก็บค่าเวลาการตอบสนองแล้วสามารถไปหน้าถัดไปได้



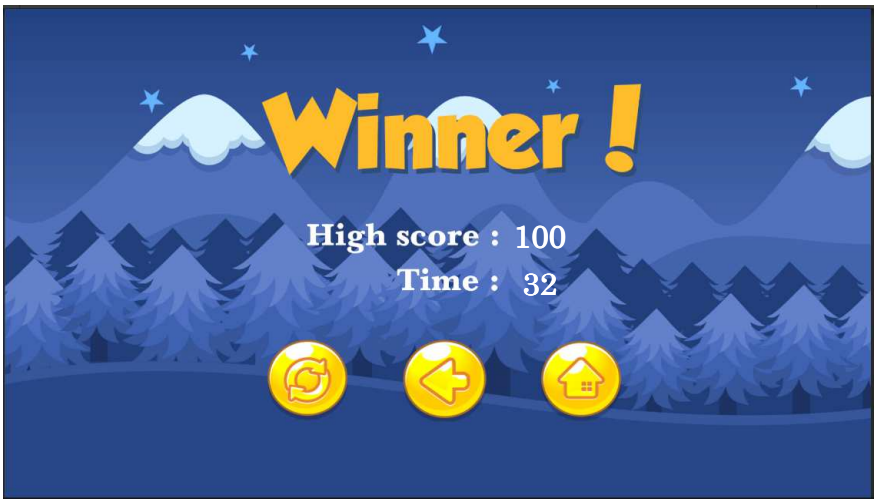
รูปที่ 4.66 ตัวอย่างการทดสอบที่ 5 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อยของมือซ้ายและมือขวา

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าเล่นเกมสำหรับทุกนิ้ว

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	ทิศทางตัวละคร ตัวละครเดินไปทางขวา ทางซ้าย กระโดดขึ้น กระโดดลง	100%
2	เก็บเหรียญ 10 เหรียญ ตัวละครชนเหรียญแล้วเหรียญหาย	100%
3	เก็บเหรียญที่ 10 แสดงหน้าแสดงผลคะแนน	100%
4	เก็บคะแนน แสดงคะแนนหลังจากตัวละครชนเหรียญ	100%
5	เก็บเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่น	100%
6	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วในการเล่น	100%
7	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเลือกมือในการเล่น	100%

- **การทดสอบของส่วนแสดงผลในโปรแกรม**

การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบการใช้อุปกรณ์แล้วดูส่วนการแสดงผลคะแนนและเวลา เมื่อสิ้นสุดการเล่นเกม (ผ่านด่าน) ในแต่ละด่าน โดยดูส่วนของการแสดงผลจะเป็นการแสดงผลคะแนนและเวลา เพื่อดูผลลัพธ์การแสดงผลที่ถูกต้องของตัวโปรแกรมที่ออกแบบไว้และเพื่อให้ผู้ป่วยหรือผู้ใช้งานได้ทราบถึงคะแนนและเวลาในเก็บวัตถุของเกมของแต่ละด่าน ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.35



รูปที่ 4.67 หน้าต่างแสดงผลลัพธ์เมื่อเล่นจนจบเกม

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าความแม่นยำจากการทดลองหน้าแสดงผลลัพธ์

ลำดับ	การทดลอง	ความแม่นยำ
1	รับค่าคะแนน แสดงสกอร์จากการเล่นจบเกม	100%
2	รับค่าเวลา แสดงเวลาที่ใช้ในการเล่นจนจบ	100%
3	กดปุ่ม Return แสดงหน้าเล่นเกมเดิมอีกครั้ง	100%
4	กดปุ่ม Home แสดงหน้าเริ่มเกม	100%
5	กดปุ่มย้อนกลับ แสดงหน้าเลือกนิ้วมือในการเริ่มต้นเล่นเกมใหม่	100%

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของโปรแกรม

จากการทดสอบของส่วนแสดงผลในโปรแกรม พบว่าตัวอุปกรณ์แสดงผลของคะแนนและผลของเวลา เมื่อสิ้นสุดการเล่นเกม (ผ่านด่าน) ในแต่ละด่านได้ถูกต้อง เป็นไปตามฟังก์ชันของโปรแกรมตามที่ออกแบบไว้

การทดสอบความพึงพอใจในการใช้นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

นำอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น มาทดสอบกับผู้ใช้งานจริงเพื่อนำผลการทดสอบมาปรับปรุงและพัฒนาต่อในอนาคต ซึ่งจะทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 22 คน ในช่วงอายุ 10-70 ปี โดยให้ทำการทดสอบการใช้งานชุดอุปกรณ์ด้วยการใช้ถุงมือกายภาพเล่นเกมที่ถูกติดตั้งไว้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Notebook) และทำแบบสอบถามที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งได้ผลจากการทดสอบดังตารางที่ 4.36

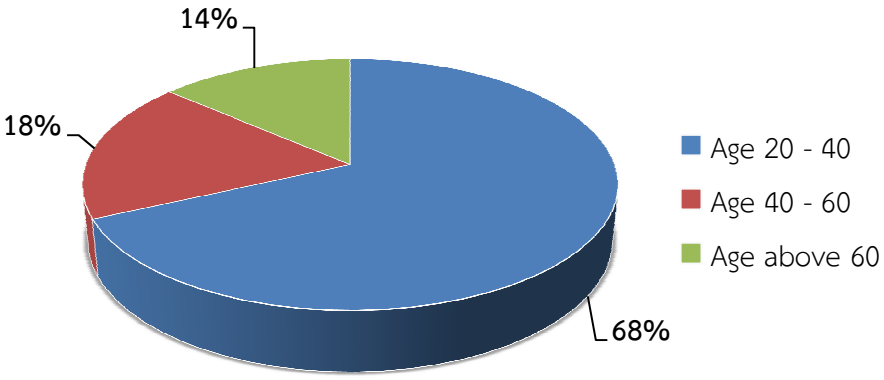


รูปที่ 4.47 รูปการทดสอบชุดอุปกรณ์กายภาพมือจากผู้ใช้งานจริง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ข้อมูลเบื้องต้นผู้ตอบแบบสอบถาม)

ตารางที่ 4.26 สถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

ประเภท	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
1. เพศชาย	18	81.82
2. เพศหญิง	4	18.18
รวม	**22**	**100**
ช่วงอายุ		
3. ช่วงอายุ 10-20 ปี	0	0
4. ช่วงอายุ 20-40 ปี	15	68.18
5. ช่วงอายุ 40-60 ปี	4 (ผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง 1คน)	18.18
6. ช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป	3	13.64
รวม	**22**	**100**



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงร้อยละของจำนวนช่วงอายุของผู้ทดสอบอุปกรณ์

สรุปและวิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.48 การทดสอบความพึงพอใจในการใช้อุปกรณ์กายภาพช่วงมือเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและตอบแบบสอบถาม พบว่าผู้ทดสอบจำนวนทั้งหมด 22 คน เป็นเพศชาย 18 คน คิดเป็นร้อยละ 81.82 และเพศหญิง 4 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 โดยช่วงอายุของผู้ทดสอบที่ตอบแบบสอบถามมากที่สุดคือ ช่วงอายุ 20-40 ปี จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 68.18 ช่วงอายุ 40-60 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 และช่วงอายุของผู้ทดสอบที่ตอบแบบสอบถามน้อยที่สุดคือ ช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.64

หมายเหตุ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้มีข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลจากผู้ทดสอบ

ตารางที่ 4.27 ผลระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ

รายการ	ระดับความพึงพอใจ (จำนวนคน)				
	มากที่สุด	มาก	พอใช้	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความสะดวกในการใช้งาน อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	14	8	0	0	0
2. ความเหมาะสมและสวยงามของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	12	6	4	0	0
3. ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	17	4	1	0	0
4. ความเหมาะสมของระดับความยากง่ายในการใช้งานของอุปกรณ์	19	3	0	0	0
5.อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัดนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	18	4	0	0	0
6.ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	16	3	3	0	0

ตารางที่ 4.28 ผลร้อยละของระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อ

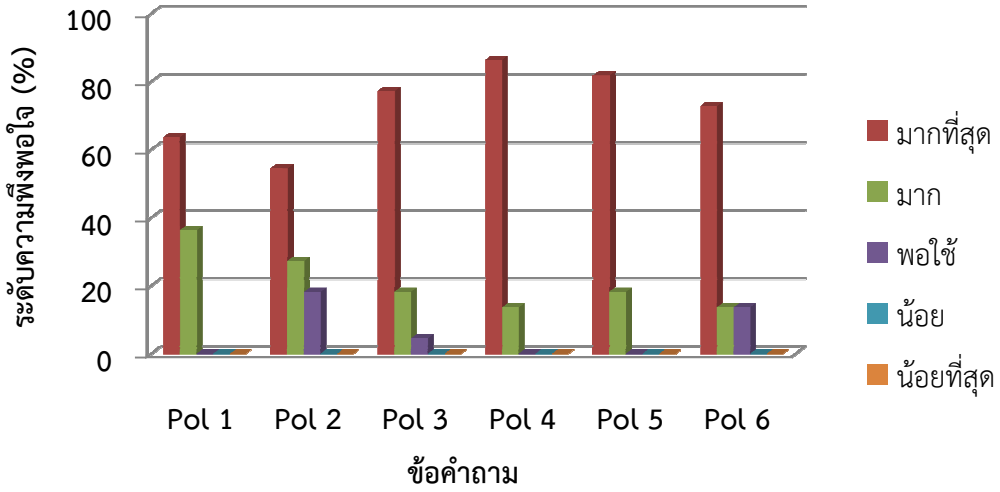
รายการ	ระดับความพึงพอใจ (%)				
	มากที่สุด	มาก	พอใช้	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความสะดวกในการใช้งาน อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	63.64	36.36	0.00	0	0
2. ความเหมาะสมและสวยงามของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	54.55	27.27	18.18	0	0
3. ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	77.27	18.18	4.55	0	0
4. ความเหมาะสมของระดับความยากง่ายในการใช้งานของอุปกรณ์	86.36	13.64	0.00	0	0
5.อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัดนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	81.82	18.18	0.00	0	0
6.ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	72.73	13.64	13.64	0	0

ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมช่วยในการแก้ไขการเรียนรู้และปัญหาของบทเรียนในแต่ละส่วนที่ได้จากแบบสอบถามเป็นไปดังตารางนี้

ตารางที่ 4.29 ผลการประเมินค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ลำดับ	รายการ	ระดับความคิดเห็น		
		ค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	แปลผลระดับความพึงพอใจ
1	ความสะดวกในการใช้งาน อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	4.64	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
2	ความเหมาะสมและสวยงามของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	4.36	0.77	พึงพอใจมาก
3	ประสิทธิภาพ/ความรวดเร็วในการตอบสนองของอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัด	4.73	0.54	พึงพอใจมากที่สุด
4	ความเหมาะสมของระดับความยากง่ายในการใช้งานของอุปกรณ์	4.86	0.34	พึงพอใจมากที่สุด
5	อุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำในการกายภาพบำบัดนี้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.82	0.39	พึงพอใจมากที่สุด
6	ความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมด	4.59	0.72	พึงพอใจมากที่สุด
	เฉลี่ย	**4.67**	**0.54**	**พึงพอใจมากที่สุด**

จากตารางที่ 4.37 และข้อมูลในตารางที่ 4.38 สามารถนำไปเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟแสดงร้อยละของระดับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมทดสอบในแต่ละหัวข้อได้ดังนี้

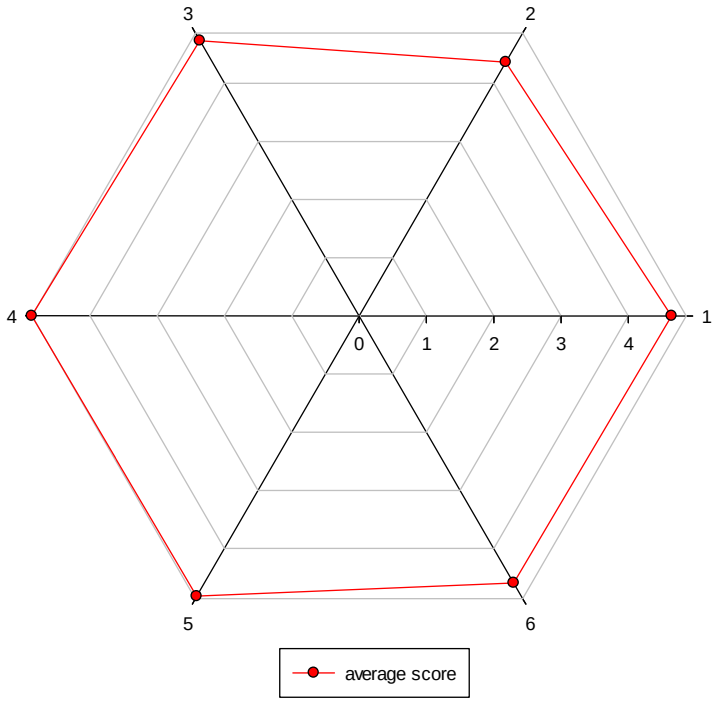


รูปที่ 4.49 กราฟแสดงระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมิน

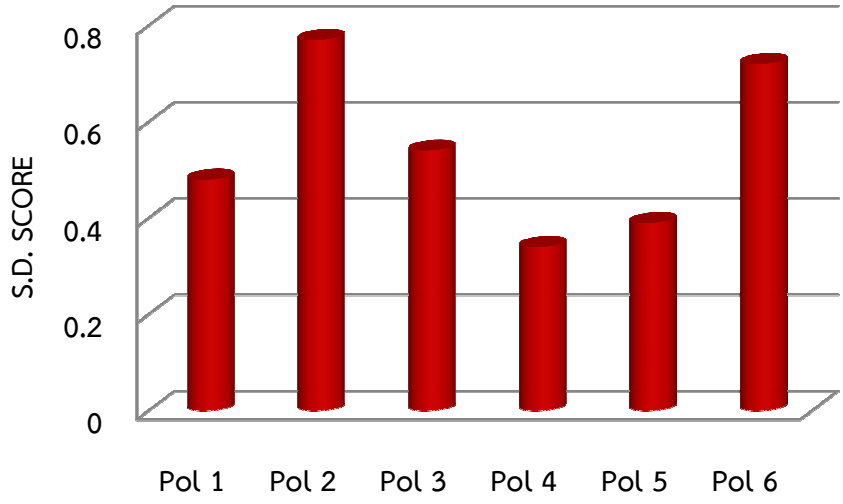
สรุปและวิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.49 แสดงค่าระดับของคะแนนความพึงพอใจจากการเข้าร่วมทดสอบ โดยพบว่าในคะแนนของทุกข้อในแบบสอบถามค่าระดับคะแนนจะอยู่ในระดับ “มากที่สุด” รองลงมาคือระดับ “มาก” และลำดับสุดท้ายคือ “พอใช้” ในส่วนของระดับ “น้อย” และ “น้อยที่สุด” ไม่มีการประเมิน โดยสามารถเรียงลำดับผลตอบแบบสอบถามของข้อในแบบสอบถามได้ดังนี้ ในระดับ “มากที่สุด” เรียงจากมากไปน้อยคือ ข้อ 4, ข้อ 5, ข้อ 3, ข้อ 6, ข้อ 1 และข้อ 2 ในระดับ “มาก” คือ ข้อ 1, ข้อ 2, ข้อ 3, ข้อ 5, ข้อ 4 และข้อ 6 ในระดับ “พอใช้” เรียงจากมากไปน้อยคือ ข้อ 2, ข้อ 6 และข้อ 3 และจากข้อมูลที่ได้จะพบว่าความพึงพอใจในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ “มากที่สุด”

จากตารางที่ 4.39 สามารถนำไปเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟแสดงค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ



รูปที่ 4.51 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของระดับความพึงพอใจของผู้ทำแบบประเมินในแต่ละข้อ

สรุปและวิเคราะห์ผล

จากตารางที่ 4.39 รูปที่ 4.50 และรูปที่ 4.51 พบว่า ผู้เข้าร่วมการทดสอบอุปกรณ์มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ = 4.67 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.54 เมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อพบว่าผู้เข้าร่วมการทดสอบมีความพึงพอใจในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ ยกเว้นข้อที่ 2 ที่มีความพึงพอใจในระดับ “มาก” แสดงว่าตัวอุปกรณ์มีการทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี

หมายเหตุ : เกณฑ์การพิจารณาระดับความพึงพอใจ

การประเมินระดับความพึงพอใจจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยแบ่งจากระดับน้อยที่สุดให้เป็น 1 ไปจนถึงระดับมากที่สุดให้เป็น 5 แบ่งได้เป็นดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด (Very satisfied)
ระดับ 4 หมายถึง มาก (Satisfied)
ระดับ 3 หมายถึง พอใช้ (Ok)
ระดับ 2 หมายถึง น้อย (dissatisfied)
ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด (Very dissatisfied)

โดยจะใช้การวิเคราะห์หรือการแปรความหมายของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ยที่ 4.51 – 5.0 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด (Very satisfied)
ค่าเฉลี่ยที่ 3.51 – 4.50 หมายถึง พึงพอใจมาก (Satisfied)
ค่าเฉลี่ยที่ 2.51 – 3.50 หมายถึง พึงพอใจพอใช้ (Ok)
ค่าเฉลี่ยที่ 1.51 – 2.50 หมายถึง พึงพอใจน้อย (dissatisfied)
ค่าเฉลี่ยที่ 0.00 – 1.50 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด (Very dissatisfied)

ตารางที่ 4.30 สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบที่มีต่อนวัตกรรมฯ

ผู้ทดสอบคนที่	ปัญหาและข้อเสนอแนะ
1	การตอบสนองของอุปกรณ์
2	ถือว่าดีเลยครับ สามารถพัฒนาต่อยอดและนำไปใช้งานกับผู้ป่วยได้
3	ความสะดวกของอุปกรณ์(ถุงมือ)ควรจะมีความสวยงาม
4	เกมควรจะมีเพลงประกอบการเล่นเพื่อความน่าสนใจกว่านี้ค่ะ
5	ควรมีคำแนะนำในการควบคุมอุปกรณ์ก่อนเริ่มเกม
6	ถุงมือยังไม่ค่อยเสถียร บางครั้งกดไม่ติด และเกมจบเร็วเกินไป
7	ควรมีด่านให้เลือกเล่นมากกว่านี้หรือมีด่านขยับตามเลเวลการทำ
8	เกมควรมีความหลากหลายมากกว่านี้หน่อย
9	Animation กระโดด / อยากให้มีสองข้าง
10	น่าสนใจมากค่ะ ควรพัฒนาต่อไปให้ใช้ประโยชน์กับผู้ป่วยได้จริงในอนาคต
11	ตัวอุปกรณ์ยังไม่ปลอดภัยเท่าไร ควรจะปรับปรุงให้ดีกว่านี้
12	ควรพัฒนาอุปกรณ์ ให้ใช้สะดวกขึ้นกว่านี้ แต่โดยรวมถือว่ามีประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วยและผู้สูงอายุ
13	ตัวอุปกรณ์ยังดูไม่น่าใช้งาน ส่วนตัวโปรแกรม เกม น่าสนใจและใช้งานได้ง่าย โดยรวมถือว่าดีและมีประโยชน์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

1. การประเมินราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์

การประเมินราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์จะประกอบไปด้วยส่วนหลัก 3 ส่วนคือ ค่าวัสดุ, ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งทั้ง 3 รายการนี้เป็นส่วนของการผลิตเท่านั้น ไม่รวมค่าดำเนินการอย่างอื่นเช่น เงินเดือน, ค่าแรงพนักงานขายหน้าร้าน, ค่าการตลาด, ค่าเช่าสำนักงาน, ค่าไฟฟ้าและน้ำประปาและค่าใช้จ่าย เบ็ดเตล็ด เป็นต้น โดยราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์จะมีงบประมาณในการดำเนินการเป็นดังตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.31 ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์

ส่วนที่	รายการ	ราคา (บาท)
ค่าวัสดุ	1. ชุดโครงสร้างหลักของอุปกรณ์	20,000
	2. ชุดควบคุมและแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์	90,000
	3. ระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์	20,000
	4. เบ็ดเตล็ด	10,000
ค่าแรงงาน	5. ค่าแรงงานคิดเป็น 25 - 30 % ของรายการสร้าง	65,000
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	6. ค่าพัฒนาโปรแกรมและค่าออกแบบวงจร	90,000
รวม		**295,000**

ราคาจำหน่ายตัวอุปกรณ์กายภาพฯ จะประเมินจากราคาต้นทุนการผลิตและต้องรวมต้นทุนซ่อมบำรุงดูแลรักษาในแต่ละปีๆ ละ 10% ของราคาต้นทุน เป็นจำนวน 3 ปี (ค่าการดูแลรักษาอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน, ค่าตรวจสอบระบบควบคุมและระบบไฟ) และรวมต้นทุนของค่าภาษี 7 % ของราคาต้นทุน สามารถสรุปราคาต้นทุนการจำหน่วยของอุปกรณ์ได้ดังตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.32 สรุปราคาจำหน่ายอุปกรณ์กายภาพฯ

ลำดับที่	รายการ	ราคา (บาท)
1	ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์	295,000
2	ต้นทุนซ่อมบำรุงดูแลรักษา 3 ปีๆ ละ 10,000 บาท	30,000
3	ค่าภาษี 7 %	22,750
รวม		**347,750**

2. การประเมินความคุ้มทุนของอุปกรณ์กายภาพฯ

จากตารางที่ 4.42 จะได้ราคาจำหน่ายอุปกรณ์กายภาพฯ จะมีราคาเท่ากับ 347,750 บาท ค่าบริการการทำกายภาพบำบัด 1 ครั้งเท่ากับ 1,500 บาท/ชั่วโมง/คน (ที่มา : โปรแกรมการฟื้นฟูสรรถภาพร่างกาย โรงพยาบาลกรุงเทพพัทยา) กำหนดให้มีผู้ใช้บริการการการทำกายภาพบำบัดคนละ 1 ชั่วโมง/ครั้ง/วัน จำนวน 2 คน/วัน และจำนวนวันที่มีการใช้อุปกรณ์เท่ากับ 20 วันต่อเดือน จะได้รายได้จากการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือนเป็นดังตารางที่ 4.43

ตารางที่ 4.33 รายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ ใน 1 เดือน

รายการ	หน่วย	จำนวน
ค่าบริการการทำกายภาพบำบัด	บาท/ชั่วโมง/คน	1,500 บาท
ชั่วโมงการทำกายภาพบำบัด	ชั่วโมง/คน	1 ชั่วโมง
ผู้เข้ารับบริการการทำกายภาพบำบัด	คน	2 คน
วันที่มีการใช้อุปกรณ์ใน 1 เดือน	วัน	20 วัน
รวมเป็นรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ ใน 1 เดือน		**60,000**

สรุปผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

จากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง จะได้ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เท่ากับ 295,000 บาท ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 347,750 บาท และมีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ เท่ากับ 60,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 6 เดือน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นที่จะออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำ เพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรงรวมถึงมีปัญหาทางการควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น ให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้และกลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือทางการแพทย์ ที่สามารถผลิตได้ตามมาตรฐาน เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและสามารถผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศไทย ลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย โดยทางทีมวิจัยได้มีการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง
- นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

สรุปผลการวิจัย

1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง



รูปที่ 5.1 แสดงนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและการทดสอบใช้งาน

นวัตกรรมนี้มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ โดยให้ฝึกขยับแขนบนชุดสเกตบอร์ดกายภาพรองรับแขนผู้ป่วย ไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศา พร้อมเซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนที่ มีตัวปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) และ Passive สำหรับกรณีแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ (มีฟังก์ชันที่สามารถช่วยในการขยับแขนของผู้ป่วยให้เคลื่อนที่ไปตามรางสไลด์) สามารถปรับองศาความชันของโต๊ะอุปกรณ์ได้ 0 – 80 องศา และสามารถเพิ่ม-ลดระดับความสูงของโต๊ะอุปกรณ์ได้ 0 - 10 เซนติเมตร โดยมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยหน้าจอแสดงผล แสดงถึงเวลาและจำนวนครั้งของการทำการกายภาพ เมื่อเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมจะมีเสียงเตือน เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยพร้อมสวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน ผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบ พบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันและโปรแกรมที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี มีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ = 4.61 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.52 และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ จะได้ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เท่ากับ

350,000 บาท ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 479,500 บาท มีค่าเสื่อมมูลค่าของอุปกรณ์ปีละ 42,950 บาท และมีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ เท่ากับ 60,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 8 เดือน

เป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals –SDGs) : บรรลุเป้าหมาย SDG 3 Good Health and well-being รองรับการมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ

สถานะของผลงานวิจัย Technology Readiness Level (TRL) : Level 6 System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environments. อุปกรณ์ต้นแบบต้นแบบภาคสนามที่ผ่านการทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง (การทดสอบในภาคสนาม) และพร้อมเป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

การร่วมวิจัยกับหน่วยงานอื่น : แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตารางที่ 5.1 สรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพแขนฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการ

ลำดับ	อุปกรณ์ในปัจจุบัน	นวัตกรรมที่พัฒนา
1	ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้เล็กน้อย แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)	ใช้กับผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงตั้งแต่ระดับ 0-3 (ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้จนถึงสามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้)
2	ทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) ได้อย่างเดียว	สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) และ Passive สำหรับกรณีแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ
3	สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา	สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา และสามารถปรับมุมการทำงานของอุปกรณ์ได้
4	ไม่สามารถปรับองศาความชันของอุปกรณ์ได้ (ใช้ในแนวระนาบเท่านั้น)	สามารถปรับองศาความชันของอุปกรณ์ได้ 0 - 70 องศา
5	ไม่สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้	สามารถปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ได้
6	ไม่สามารถปรับระดับความสูงได้	สามารถปรับระดับความสูงของอุปกรณ์ได้ 0 - 10 เซนติเมตร
7	ไม่มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้	มีหน่วยการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้
8	เป็นอุปกรณ์กายภาพบำบัดแบบสเกตบอร์ด	เป็นชุดโต๊ะกายภาพ ที่สามารถปรับความสูงของโต๊ะให้เข้ากับผู้ใช้งานได้

2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง



รูปที่ 5.2 แสดงนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงและการทดสอบใช้งาน

นวัตกรรมนี้มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงมือที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาชุดอุปกรณ์การฝึกบริหารการเคลื่อนไหวของมือและนิ้วมือ โดยทำกิจกรรมผ่านการเล่นเกมที่ได้ออกแบบไว้ โดยที่สามารถใช้ได้ทั้งมือขวาและซ้าย และสามารถเลือกระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้ตามเหมาะสมของผู้ป่วย มีการแสดงผลคะแนนและเวลาหลังทำการกายภาพได้ ผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์โดยผู้เข้าร่วมการทดสอบพบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานตามฟังก์ชันได้ถูกต้องและแม่นยำ ตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี มีผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ “มากที่สุด” เกือบทุกข้อ โดยมีค่าเฉลี่ย $(\bar{x})$ = 4.67 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) = 0.54 และจากผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ จะได้ราคาต้นทุนการผลิตของอุปกรณ์เท่ากับ 295,000 บาท ราคาจำหน่ายอุปกรณ์เท่ากับ 347,750 บาท และมีรายได้จากการใช้อุปกรณ์กายภาพฯ เท่ากับ 60,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 6 เดือน

เป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals –SDGs) : บรรลุเป้าหมาย SDG 3 Good Health and well-being รองรับการมีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ

สถานะของผลงานวิจัย Technology Readiness Level (TRL) : Level 5-6 Component and/or breadboard validation in relevant environments. อุปกรณ์ต้นแบบต้นแบบภาคสนามที่ผ่านการทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง (การทดสอบในภาคสนาม) และเป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่างๆ เรียบร้อยแล้ว

การร่วมวิจัยกับหน่วยงานอื่น : แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตารางที่ 5.2 สรุปความแตกต่างนวัตกรรมกายภาพมือฯ ระหว่างสิ่งที่มีอยู่ในปัจจุบันกับเทคโนโลยีใหม่ในโครงการ

ลำดับ	อุปกรณ์ในปัจจุบัน	นวัตกรรมที่พัฒนา
1	ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือ ที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)	ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือ ที่สามารถต้านแรงโน้มถ่วงได้ แต่ไม่สามารถต้านแรงของผู้ตรวจได้ (ตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป)
2	เป็นอุปกรณ์กายภาพทั่วไปที่ไม่มีการต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับคอมพิวเตอร์	สามารถใช้คอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window ในการทำงาน
3	ไม่มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดได้ และอุปกรณ์กายภาพทำได้ตามระดับของอุปกรณ์เท่านั้น	- มีการแสดงผลการทำงานของการกายภาพบำบัดผ่านทางแอปพลิแคชั่นหรือคอมพิวเตอร์ได้ - มีการให้คะแนนหลังทำการกายภาพได้ - มีการแสดงเวลาหลังทำการกายภาพได้ - สามารถเลือกระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้
4	เป็นอุปกรณ์กายภาพทั่วไปที่ไม่มีการต่อแอปพลิเคชั่นเข้ากับคอมพิวเตอร์	อุปกรณ์การทำงานเป็นแบบไร้สาย เพื่อสะดวกในการกายภาพและใช้งาน
5	สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	สามารถเคลื่อนย้ายและใช้งานได้สะดวก
6	วัสดุของอุปกรณ์เป็น ยาง ลูกปัด ลูกบอล เป็นต้น	วัสดุของอุปกรณ์เป็นวัสดุไร้สนิม (ผ้ายาง, อะคิลิค, อลูมิเนียม) และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

ประโยชน์ของงานวิจัย

ได้การพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้ว เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวและสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ สามารถกลับมาใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน รวมถึงบุคคลทั่วไปหรือนักกีฬาที่มีภาวะของข้อต่อบริเวณไหล่ติดขัด ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น โดยสรุปได้ดังนี้

1. ได้ผลงานนวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้อช่วงแขนและนิ้วมือที่อ่อนแรง ที่ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เป็นปรกติ
2. ผลของงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางและเป็นแหล่งเรียนรู้ของผู้ที่สนใจ นักศึกษาและผู้ที่ใช้เครื่องมือทางการแพทย์ในลักษณะเดียวกัน รวมถึงสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยใหม่ๆ ได้
3. มุ่งหวังให้ผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้อช่วงแขนและนิ้วมือที่อ่อนแรงมีพัฒนาทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น กลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงเพื่อช่วยเหลือตัวเองได้

4. ได้พัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือแพทย์ที่เหมาะสมขึ้นในใช้เองในประเทศไทย ที่ใช้งานได้จริง (ระดับภาคสนาม) และลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
5. ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทย ทำให้คุณภาพชีวิต/ความเป็นอยู่ของผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองดีขึ้น
6. ผลงานวิจัยนี้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับการยอมรับและมีคุณภาพระดับชาติหรือนานาชาติ ที่สามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติได้
7. ผลงานวิจัยนี้ได้จดสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร
8. สามารถพัฒนาถึงในระดับที่ดำเนินการในเชิงพาณิชย์ได้

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

ตารางที่ 5.3 สรุปข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป

รายการ	ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป
1. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	1.1 ปรับปรุงชุดรองรับแขนสไลด์ ให้สามารถรองรับช่วงแขนต่างๆ ของผู้ใช้งานได้
	1.2 ปรับปรุงชุดควบคุมเป็นแบบการควบคุมย้อนกลับ (Close loop) เพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีขึ้น
	1.3 เพิ่มระบบความปลอดภัย (Safety) เพื่อป้องกันกลไกตอนทำงานจากผู้คนภายนอก เช่น มีเสียงเตือนขณะที่อุปกรณ์กำลังทำงาน ติดเซ็นเซอร์จับการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ เป็นต้น
	1.4 พัฒนาระบบควบคุมและการใช้งานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง
	1.5 ทดสอบอุปกรณ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Product Safety) ตามมาตรฐาน PTEC
	1.6 ปรับปรุงรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ให้สวยงานและน่าใช้งาน
	1.7 เพิ่มการทดสอบเชิงทดลอง ในกลุ่มเป้าหมายที่ทำศึกษาเป็นผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง เพื่อประเมินและตรวจสมรรถภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strengths)
2. นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง	2.1 พัฒนาตัวอุปกรณ์ให้มีความสวยงาม ให้น่าใช้งานมากขึ้น และใช้เซ็นเซอร์รับแรง (Force Sensor) ที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำมากขึ้น
	2.2 พัฒนาโปรแกรมอัจฉริยะ โดยควบคุมด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ผ่านเซ็นเซอร์และแอนดรอยด์แอปพลิเคชันภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง
	2.3 พัฒนาระบบควบคุมและการใช้งานอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสิ่ง

บรรณานุกรม (Bibliography)

[1] วุฒิชัย กปิลกาญจน์. (2538). กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล, ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์กีฬา คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[2] Lukas Zimmerli and staff, 2012, “Validation of a mechanism to balance exercise difficulty in robot-assisted upper-extremity rehabilitation after stroke”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.

[3] Claudia Rudhe and staff, 2012, “Reliability of movement workspace measurements in a passive arm orthosis used in spinal cord injury rehabilitation”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.

[4] Daniel K Zondervan and staff, 2013, “The Resonating Arm Exerciser: design and pilot testing of a mechanically passive rehabilitation device that mimics robotic active assistance”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.

[5] Nurdiana Nordin, Sheng Quan Xie and Burkhard Wünsche, 2014, “Assessment of movement quality in robot- assisted upper limb rehabilitation after stroke: a review”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.

[6] Mohamed Bouri, Charles Baur and Reymond Clavel, 2013, ““Handreha”: A new Hand and Wrist Haptic Device for Hemiplegic Children”, ACHI 2013: The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions.

[7] Amanda Peattie, and staff, 2009, “Automated Variable Resistance System for Upper Limb Rehabilitation”, Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA), December 2-4, 2009, Sydney, Australia.

[8] สวิตา ธรรมวิถี. (2545). ประสิทธิผลของเทคนิคจำกัดการเคลื่อนไหวของแขนข้างที่ดีในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเรื้อรัง, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์.

[9] Shahrol Mohamaddan, 2015, “Development of Upper Limb Rehabilitation Robot Device for Home Setting” Procedia Computer Science 76, p 376 – 380.

[10] Author’s Biography, 2005, “Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities” Medical & Biological Engineering & Computing 2005, Vol. 43 Med. Biol. Eng. Comput. p 2-10.

[11] Domien Gijbels and staff, 2011, “The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis:a pilot study”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.

[12] D. J. Reinkensmeyer, L. E. Kahn, M. Averbuch, and A. Mckenna-cole, 2000, “Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury : Progress with the ARM guide”, J Rehabil Res Dev, vol. 37, no. 6,pp. 653-662.

[13] Rong Song, Kai-yu Tong, Xiaoling Hu and Wei Zhou, 2013, “Myoelectrically controlled wrist robot for stroke rehabilitation”, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation volume 10, Article number: 52.

[14] Luis I. Lugo–Villeda, Antonio Frisoli and Massimo Bergamasco Vicente Parra–Vega, 2009, “Robust Tracking of the Light–Exoskeleton for Arm Rehabilitation Tasks”, Volume 42, Issue 16, p 663-668.

[15] S. Coote, B. Murphy, W. Harwin, and E. Stokes, 2008, “The effect of the GENTLE/s robotmediated therapy system on arm function after stroke,” Clin Rehabil, vol. 22, no. 5, pp. 395-405.

[16] D. J. Reinkensmeyer, L. E. Kahn, M. Averbuch, and A. Mckenna-cole, 2000, “Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury : Progress with the ARM guide,”, J Rehabil Res Dev, vol. 37, no. 6,pp. 653-662.

[17] Yating Zhao , Changyong Liang , Zuozuo Gu , Yunjun Zheng and Qilin Wu, 2020, “A New Design Scheme for Intelligent Upper Limb Rehabilitation Training Robot”Int. J. Environ. Res. Public Health, 17, 2948.

[18] กู้เกียรติ ทุดปอ. (2563). กายวิภาคศาสตร์ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ, http://anyflip.com/xejpd/psty/basic, สืบค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2563.

[19] รภัทร เอกนิธิเศรษฐ์. (2562). ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular System), http://www.elfit.ssru.ac.th/, สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2563.

[20] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2544). รายงานการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายของคนไทย., http://e-book.ram.edu/e-book/a/AE313/ae313-supplement.pdf, สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2563

[21] http://www.pichithosp.net/pchweb/attachments/article/617/som.ppt, September 2020.

[22] https://thaihealthlife.com/, September 2019

[23] https://www.bangkokhospital.com/th/health-trend-tip/dizziness-in-the-elderly, September 2020.

[24] http://rehab2554.blogspot.com/p/blog-page_24.html, September 2020

[25] http://kpi.msu.ac.th/upload/ag_tor_ref_byval/ag__in_1.2.7_481().pdf, September 2020.

[26] http://kpi.msu.ac.th/upload/ag_tor_ref_byval/ag__in_1.2.7_481().pdf, September 2020.

[27] https://unity3d-thailand.blogspot.com/2014/12/what-is-unity-unity3d-thailand.htm, September 2020.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
สรุปผลงานวิจัย

สรุปผลงานวิจัย (สำหรับประชาสัมพันธ์)

1. ชื่อผลงาน/โครงการ การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Research and innovation development of a rehabilitation device for weakness muscular rehabilitation in the elderly and stroke patients.

2. ชื่อ - นามสกุล นักวิจัย

ลำดับ	ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)	ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)
1	รองศาสตราจารย์ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง*	Associate Professor Teerapath Limboonruang
2	รองศาสตราจารย์ นิตต์อลิน พันธุ์อภัย	Associate Professor Nittalin Phunapai
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ ศรีรมรื่น	Assistant Professor Dr.Parkpoom Sriromreun
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.วรพล อร่ามรัศมีกุล	Assistant Professor Dr.Woraphon Aramrussameekul
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์	Assistant Professor Dr.Pramual Choorat

* หัวหน้าโครงการวิจัย

3. ที่อยู่ที่ติดต่อได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
เบอร์โทรศัพท์ 081-7101105 **E-mail** teeerapath@g.swu.ac.th

4. ชื่อหน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการเสร็จ 2564

6. คำค้น keyword Rehabilitation Device, Rehabilitation, Stroke Patient, Elderly, Control System

7. อ้างอิง http://eng.swu.ac.th/

8. รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว (สามารถแยกไฟล์ หรือใส่รวมไว้ในเนื้อหาได้)

9. คำอธิบาย 1 หน้ากระดาษ A4

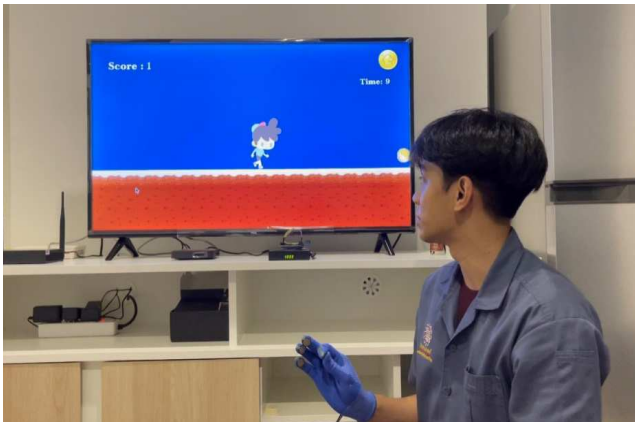
การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งมีอาการอัมพาตหรืออ่อนแรงครึ่งซีก หรืออาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อบริเวณแขนขา ส่งผลให้มีปัญหาในการควบคุมการทำงานมือในการหยิบจับ การรักษาด้วยการทำกายภาพบำบัดอย่างถูกวิธี ร่วมกับการใช้นวัตกรรมและความรู้ทางการแพทย์ จะช่วยให้ผู้ป่วยหายจากอาการเจ็บป่วยและกลับมาใช้ชีวิตได้ใกล้เคียงตามปกติหรืออาจเป็นปกติดังเดิม แต่เนื่องจากอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยฟื้นฟูอาการดังกล่าวมีอย่างจำกัดและราคาสูงมาก ทางทีมวิจัยจึงมุ่งมั่นวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้ว เพื่อช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยและผู้สูงอายุ ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวและสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ โดยทางทีมวิจัยได้มีการออกแบบและพัฒนานวัตกรรม อุปกรณ์กายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงทั้งในช่วงแขนและช่วงมือดังนี้

1.นวัตกรรมเพื่อใช้ฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขน ประกอบไปด้วย ชุดสเกตบอร์ดกายภาพรองรับแขนผู้ป่วย สามารถเคลื่อนที่ได้ 0 – 180 องศา ประกอบยึดกับรางสไลด์สำหรับการเคลื่อนที่ของสเกตบอร์ด ที่มีตัวปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ อีกทั้งสามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active และ Passive อีกด้วย มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนที่พร้อมทั้ง ชุดปรับองศาความชันของโต๊ะอุปกรณ์ 0 – 70 องศาและ ชุดปรับความสูงของโต๊ะอุปกรณ์ 0 - 10 เซนติเมตร มีชุดแสดงผลและควบคุมการทำงาน พร้อมสวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน นวัตกรรมนี้จะมุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้ช่วงแขนที่อ่อนแรงของผู้ป่วยให้ใช้งานได้คล่องขึ้น โดยการให้ผู้ป่วยสอดเข้าไปในที่วางแขนบนตัวสเกตบอร์ดกายภาพ หากผู้ป่วยมีแรงมากพอก็ให้ฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศา แต่หากแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ ตัวอุปกรณ์ก็มีฟังก์ชันที่สามารถช่วยในการขยับแขนของผู้ป่วยให้ขยับไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศาได้ โดยมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยหน้าจอแสดงผล แสดงถึงเวลาและจำนวนครั้งของการทำการกายภาพในระหว่างการใช้อุปกรณ์ เมื่อเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมจะมีเสียงเตือนเพื่อความสะดวกและความปลอดภัยของผู้ป่วย

2.นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือและนิ้ว โดยมุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ฝึกบริหารการเคลื่อนไหวของมือและนิ้วมือ โดยทำกิจกรรมผ่านการเล่นเกมที่ได้ออกแบบไว้ ที่สามารถใช้ได้ทั้งมือขวาและซ้าย โดยอุปกรณ์จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนส่งสัญญาณที่เป็นถุงมือติดตั้งเซนเซอร์รับแรงกดไว้ที่ปลายนิ้วและบอร์ดควบคุม Arduino uno ที่เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณไร้สายและส่วนรับสัญญาณ ที่ประกอบด้วยบอร์ดควบคุม Arduino Leonardo ที่เชื่อมต่อกับโมดูลรับสัญญาณไร้สายและอุปกรณ์สำหรับการแสดงผลที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผล สามารถเลือกระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้ตามเหมาะสมของผู้ป่วย มีการแสดงผลคะแนนและเวลาหลังทำการกายภาพได้

งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้ว เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวและสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ สามารถกลับมาใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน รวมถึงบุคคลทั่วไปหรือนักกีฬาที่มีภาวะของข้อต่อบริเวณไหล่ติดขัด ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น อีกทั้งเป็นแหล่งเรียนรู้ของผู้ที่สนใจ นักศึกษาและผู้ที่ใช้เครื่องมือทางการแพทย์ในลักษณะเดียวกัน ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยใหม่ๆ และได้พัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือแพทย์ที่เหมาะสมขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ





สรุปผลงานวิจัย

(สำหรับเผยแพร่ในระบบ EXPLORE ผ่านทางเว็บไซต์ www.thai-explore.net)

1. ชื่อผลงาน โครงการ/การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Research and innovation development of a rehabilitation device for weakness muscular rehabilitation in the elderly and stroke patients.

2. ชื่อ - นามสกุล นักวิจัย

ลำดับ	ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย)	ชื่อ – นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)
1	รองศาสตราจารย์ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง*	Associate Professor Teerapath Limboonruang
2	รองศาสตราจารย์ นิตต์อลิน พันธุ์อภัย	Associate Professor Nittalin Phunapai
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ ศรีรมรื่น	Assistant Professor Dr.Parkpoom Sriromreun
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.วรพล อร่ามรัศมีกุล	Assistant Professor Dr.Woraphon Aramrussameekul
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์	Assistant Professor Dr.Pramual Choorat

* หัวหน้าโครงการวิจัย

3. ที่อยู่ที่ติดต่อได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
เบอร์โทรศัพท์ 081-7101105 **E-mail** teeerapath@g.swu.ac.th

4. ชื่อหน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการเสร็จ 2564

6. คำค้น keyword Rehabilitation Device, Rehabilitation, Stroke Patient, Elderly, Control System

7. อ้างอิง http://eng.swu.ac.th/

8. รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว (สามารถแยกไฟล์ หรือใส่รวมไว้ในเนื้อหาได้)

9. คำอธิบาย 5 บรรทัด

งานวิจัยนี้ได้พัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้ว เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองหรือผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้อย่างปรกติ รวมถึงบุคคลทั่วไปหรือนักกีฬาที่มีภาวะของข้อต่อบริเวณไหล่ติดขัด ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้นและสามารถกลับมาใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องมือแพทย์ที่เหมาะสมขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

10. นำเข้าข้อมูลสรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 5 บรรทัด ในระบบ EXPLORE ผ่านทางเว็บไซต์

www.thai-explore.net

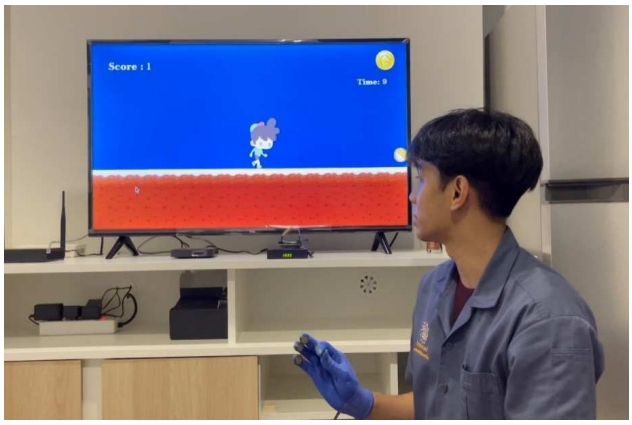

I-DAS LAB
INNOVATION
DEVELOPMENT
SWU
NRCT


NRCT
STRATEGY
EFFECTIVE
CORPORATE
IDEAS
IMPROVEMENT


I-DAS LAB
INNOVATION
SWU
NRCT


I-DAS LAB
INNOVATION
DEVELOPMENT
AUTOMATION
SYSTEM
SWU
STRATEGY
IMPROVEMENT




Score : 1
Time: 9

ภาคผนวก ข
สรุปงานวิจัยในรูปแบบ Info graphic

นวัตกรรมกายภาพแขนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุ และผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Teerapath Limboonruang[1*] Woraphon Aramrussameekul[2] Nittalin Phun-apai[1] Parkpoom Sriromreun[1] Pramual Choorat[1] and Khajohnsak Srikhongpan[1]
Faculty of Engineering1, Faculty of Medicine2, Srinakharinwirot University and National Research Council of Thailand (NRCT)



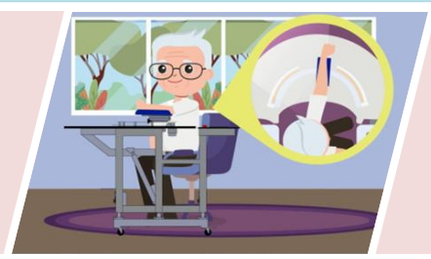
ที่มาและความสำคัญ ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งมีอาการอัมพาตหรืออ่อนแรงครึ่งซีก หรืออาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อบริเวณแขนขา ส่งผลให้มีปัญหาในการควบคุมการทำงานมือในการหยิบจับ การรักษาด้วยการทำกายภาพบำบัดอย่างถูกวิธี ร่วมกับการใช้นวัตกรรมและความรู้ทางการแพทย์ จะช่วยให้ผู้ป่วยหายจากอาการเจ็บป่วยและกลับมาใช้ชีวิตได้ใกล้เคียงตามปกติหรืออาจเป็นปกติดังเดิม



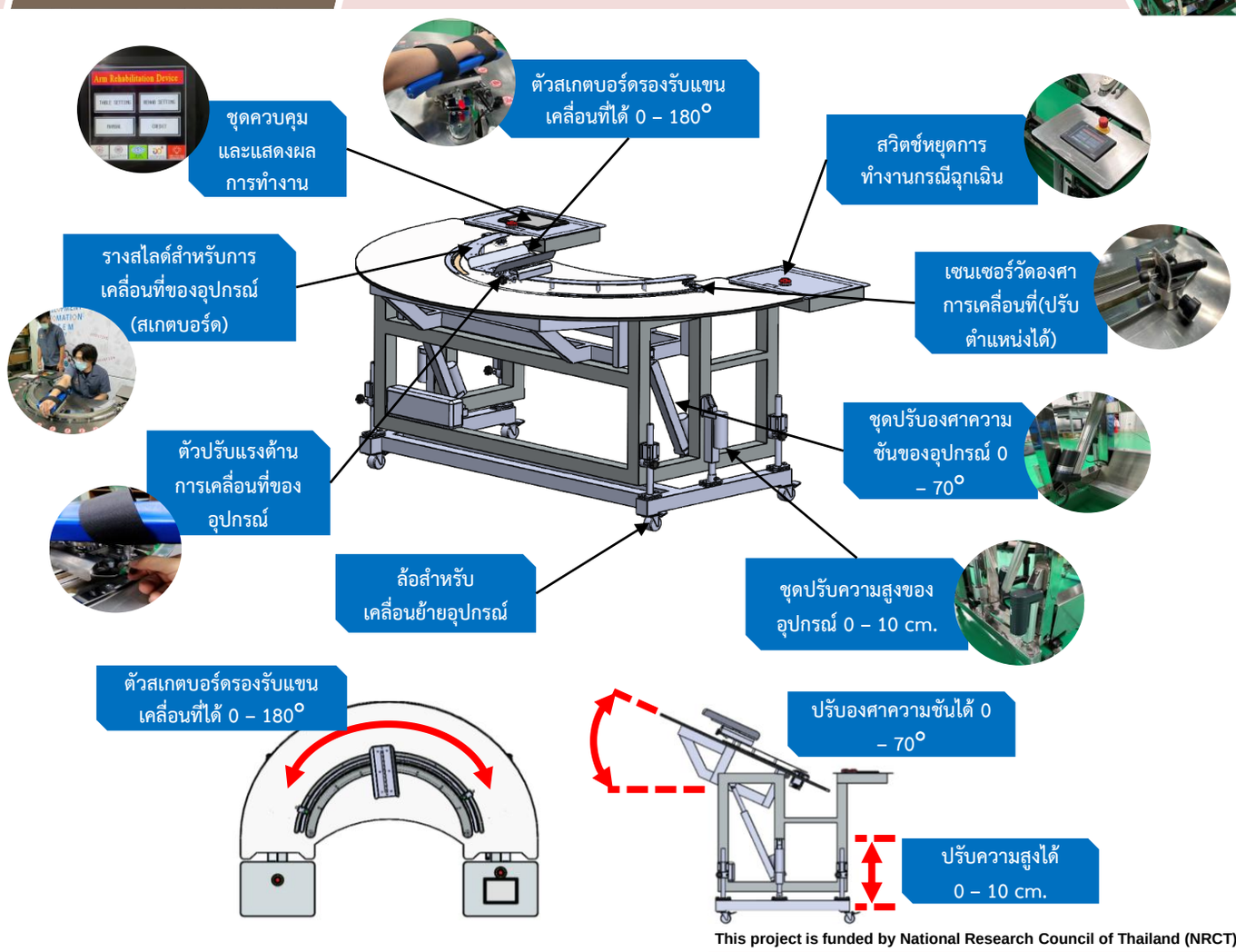
เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่ใช้ มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้ช่วงแขนที่อ่อนแรงของผู้ป่วยให้ใช้งานได้คล่องขึ้น โดยการให้ผู้ป่วยสอดเข้าไปในที่วางแขนบนตัวสเกตบอร์ดกายภาพ

คุณลักษณะที่โดดเด่น นวัตกรรมนี้มุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ โดยให้ฝึกขยับแขนบนชุดสเกตบอร์ดกายภาพไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศา มีตัวปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ สามารถทำงานได้ทั้งแบบ Active (ผู้ป่วยขยับแขนไปตามรางสไลด์เอง) และ Passive (ฟังก์ชันที่สามารถช่วยในการขยับแขนของผู้ป่วยให้เคลื่อนที่ไปตามรางสไลด์) โดยมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยหน้าจอแสดงผล แสดงถึงเวลาและจำนวนครั้งของการทำการกายภาพ เมื่อเสร็จสิ้นการทำกิจกรรมจะมีเสียงเตือนเพื่อความสะดวกและความปลอดภัย สามารถปรับองศาความชันของโต๊ะอุปกรณ์ได้ 0 – 80 องศา และสามารถเพิ่ม-ลดความสูงของโต๊ะอุปกรณ์ได้ 0 - 10 ซม





ประโยชน์ของเทคโนโลยี เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อแขนอ่อนแรงหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว ให้สามารถกลับมาใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน รวมถึงบุคคลทั่วไปหรือนักกีฬาที่มีภาวะของข้อต่อบริเวณไหล่ติดขัดให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น





This project is funded by National Research Council of Thailand (NRCT)

Innovation Development and Automation System Laboratory (I-DAS Laboratory)
Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok, 26120 Thailand
Tel.081-7101105, E-mail : teeerapath@g.swu.ac.th
Website : http://mech.eng.swu.ac.th/
Facebook page : I_DAS Laboratory

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation
NRCT

นวัตกรรมกายภาพช่วงมือและนิ้วเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุ และผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Teerapath Limboonruang[1*] Woraphon Aramrussameekul[2] Nittalin Phun-apai[1] Parkpoom Sriromreun[1] Pramual Choorat[1] and Khajohnsak Srikhongpan[1]
Faculty of Engineering1, Faculty of Medicine2, Srinakharinwirot University and National Research Council of Thailand (NRCT)



ที่มาและความสำคัญ ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งมีอาการอัมพาตหรืออ่อนแรงครึ่งซีก หรืออาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อบริเวณแขนขา ส่งผลให้มีปัญหาในการควบคุมการทำงานมือในการหยิบจับ การรักษาด้วยการทำกายภาพบำบัดอย่างถูกวิธี ร่วมกับการใช้นวัตกรรมและความรู้ทางการแพทย์ จะช่วยให้ผู้ป่วยหายจากอาการเจ็บป่วยและกลับมาใช้ชีวิตได้ใกล้เคียงตามปกติหรืออาจเป็นปกติดังเดิม

เทคโนโลยี/นวัตกรรมที่ใช้ มุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ฝึกบริหารการเคลื่อนไหวของมือและนิ้วมือที่มีอาการอ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้มือและนิ้วที่อ่อนแรงของผู้ป่วยให้ใช้งานได้คล่องโดยทำกิจกรรมผ่านการเล่นเกมที่ได้ออกแบบไว้ ที่สามารถใช้ได้ทั้งมือขวาและมือซ้าย



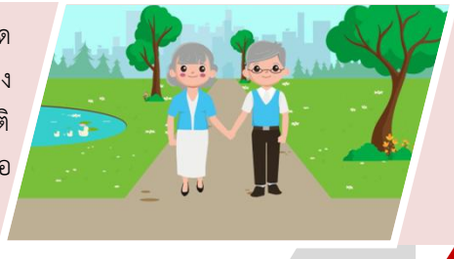


คุณลักษณะที่โดดเด่น นวัตกรรมนี้มุ่งเน้นการฝึกบริหารการเคลื่อนไหวของมือและนิ้วมือ โดยทำกิจกรรมผ่านการเล่นเกมที่ได้ออกแบบไว้ ที่สามารถใช้ได้ทั้งมือขวาและมือซ้าย ตัวอุปกรณ์จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกส่วนส่งสัญญาณที่เป็นถุงมือติดตั้งเซนเซอร์รับแรงกดไว้ที่ปลายนิ้วควบคุมด้วยบอร์ด Arduino uno ที่เชื่อมต่อกับโมดูลส่งสัญญาณไร้สาย และส่วนที่สอง ส่วนรับสัญญาณประกอบด้วยบอร์ดควบคุม Arduino Leonardo เชื่อมต่อกับโมดูลรับสัญญาณไร้สายและอุปกรณ์สำหรับการแสดงผลที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผล สามารถเลือกระดับความยากง่ายของการทำกิจกรรมกายภาพได้ตามเหมาะสมของผู้ป่วย มีการแสดงผลคะแนนและเวลาหลังทำการกายภาพ



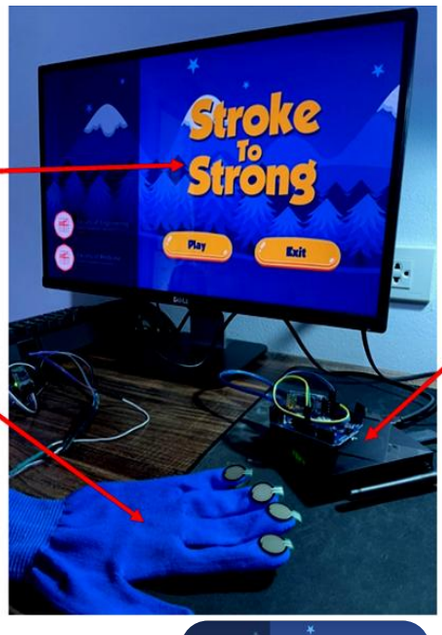


ประโยชน์ของเทคโนโลยี เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อของมือและนิ้วมือที่อ่อนแรงหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว ให้สามารถกลับมาใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน รวมถึงบุคคลทั่วไปหรือนักกีฬาที่มีภาวะของข้อต่อนิ้วที่ติดขัด ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น



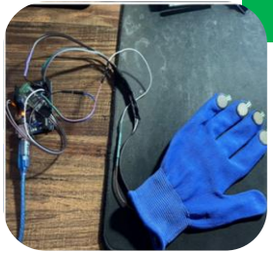


ส่วนการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์



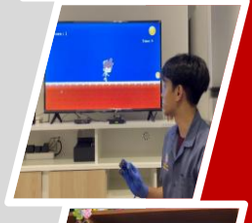
ส่วนรับสัญญาณการทำงานของอุปกรณ์

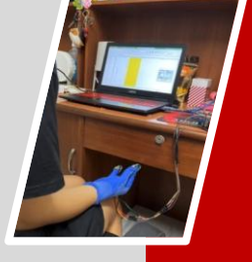
ส่วนส่งสัญญาณการทำงานของอุปกรณ์

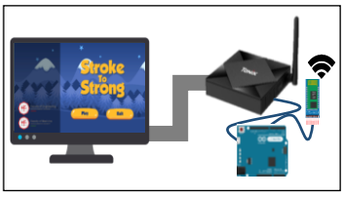


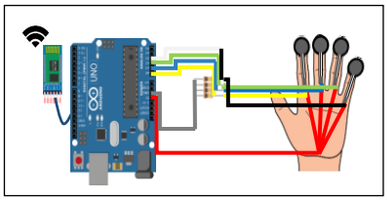




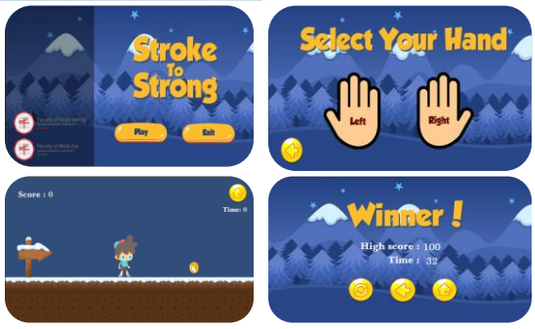








วงจรควบคุมของชุดส่งและรับสัญญาณของนวัตกรรมกายภาพช่วงมือและนิ้ว



แสดงหน้าเกมของนวัตกรรมกายภาพมือที่พัฒนา

This project is funded by National Research Council of Thailand (NRCT)

Innovation Development and Automation System Laboratory (I-DAS Laboratory)
Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok, 26120 Thailand
Tel.081-7101105, E-mail : teeerapath@g.swu.ac.th
Website : http://mech.eng.swu.ac.th/
Facebook page : I_DAS Laboratory

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation
NRCT
I-DAS LABORATORY

นวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Learning innovation for rehabilitation of the limb with muscle weakness

รศ.ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง ผศ.นพ.วรพล อร่ามรัศมีกุล* รศ.นิตต์อลิน พันธุ์อภัย ผศ.ดร.ภาคภูมิ ศรีรมรื่น ผศ.ดร.ประมวล ชูรัตน์ จักรกริช อิงคยุทธกิจ และ ณภัทร ฉายทองคำ

ห้องปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมและระบบอัตโนมัติ (Innovation Development and Automation System Laboratory)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์ จ.นครนายก ประเทศไทย

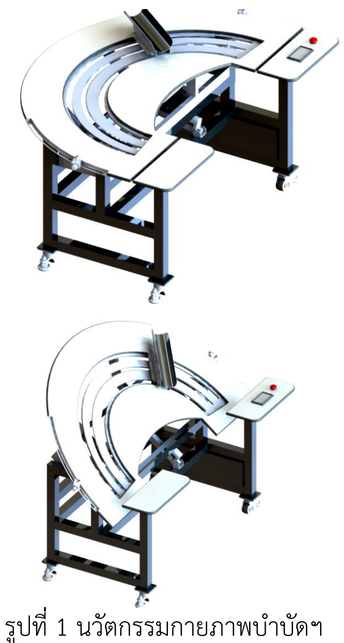
*แผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อ.องครักษ์ จ.นครนายก ประเทศไทย

บทนำ

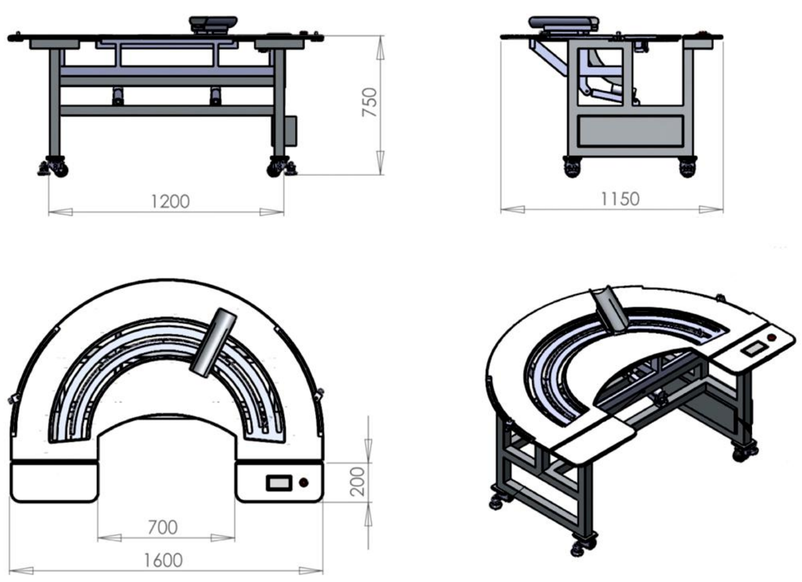
โรคหลอดเลือดสมอง(Stroke) หรือโรคอัมพฤกษอัมพาต เป็นโรคทางระบบประสาทที่พบบ่อยและเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศ โดยผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่บริเวณแขนขา การควบคุมมือในการหยิบจับที่ผิดปรกติ อันเกิดจากความผิดปกติของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงาน ซึ่งต้องได้รับการบำบัดรักษาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การบำบัดด้วยตนเอง การบำบัดโดยผู้ช่วย หรือการใช้อุปกรณ์ช่วยในการบำบัด ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยมีอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยรักษาและทำกายภาพอยู่อย่างจำกัดและราคาสูงมาก เนื่องจากไม่มีผู้ผลิตในประเทศและต้องนำเทคโนโลยีเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนอ่อนแรง ให้ผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น กลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือแพทย์เพื่อใช้ในฟื้นฟูสรรถภาพร่างกายที่สามารถผลิตได้ตามมาตรฐานและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

การออกแบบโต๊ะกายภาพ

การออกแบบอุปกรณ์กายภาพฯ จะใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อการออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของอุปกรณ์กายภาพฯ เพื่อหาค่าต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการพัฒนาต้นแบบต่อไป

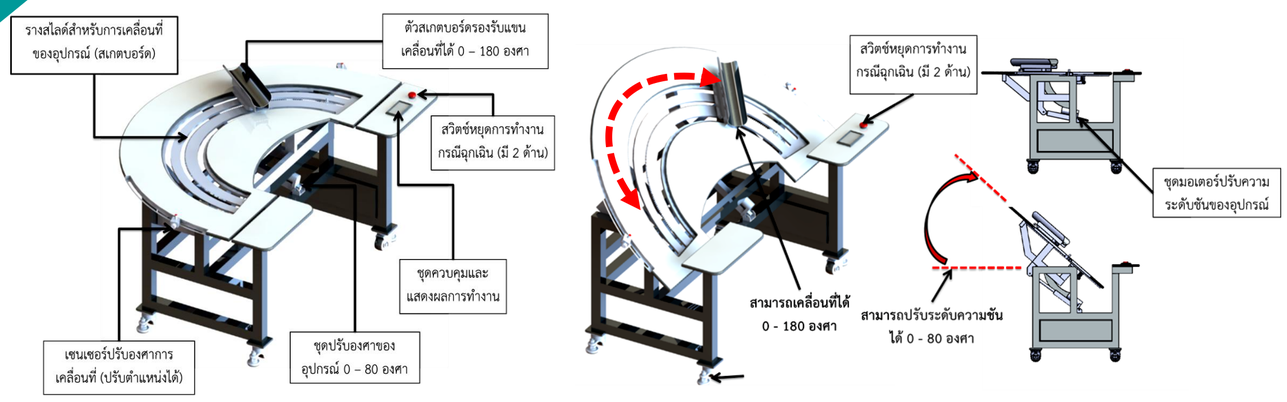


รูปที่ 1 นวัตกรรมกายภาพบำบัดฯ



รูปที่ 2 ขนาดโดยรวมของอุปกรณ์ (หน่วย : mm)

หลักการทำงาน

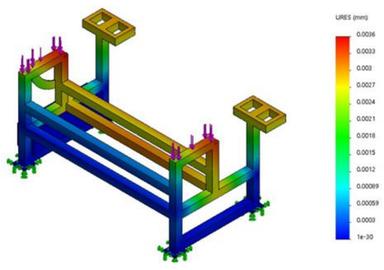


รูปที่ 3 ส่วนประกอบต่างๆ ของนวัตกรรมกายภาพฯ

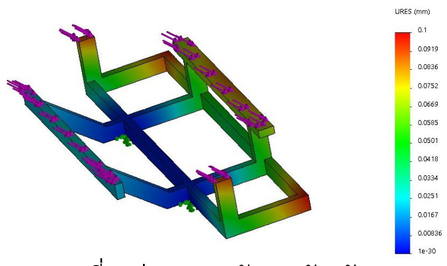


รูปที่ 4 ขั้นตอนการออกแบบนวัตกรรมกายภาพฯ

ผลการออกแบบและวิเคราะห์



รูปที่ 5 ค่าการกระจัดของโครงโต๊ะ

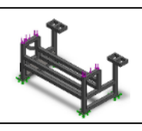
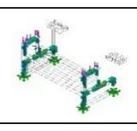
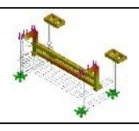
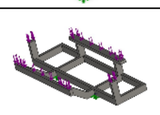
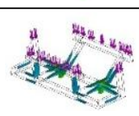
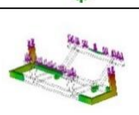
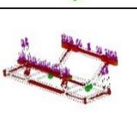
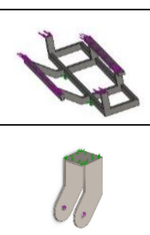
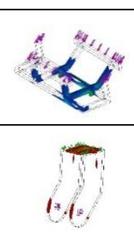
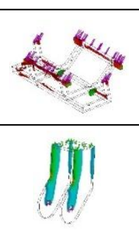
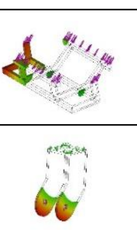


รูปที่ 7 ค่าการกระจัดของตัวปรับองศาความชันที่ 70 องศา

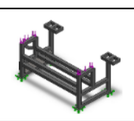
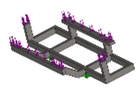
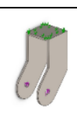
รูปที่ 6 ค่าการกระจัดของตัวปรับองศาความชันที่ 0 องศา

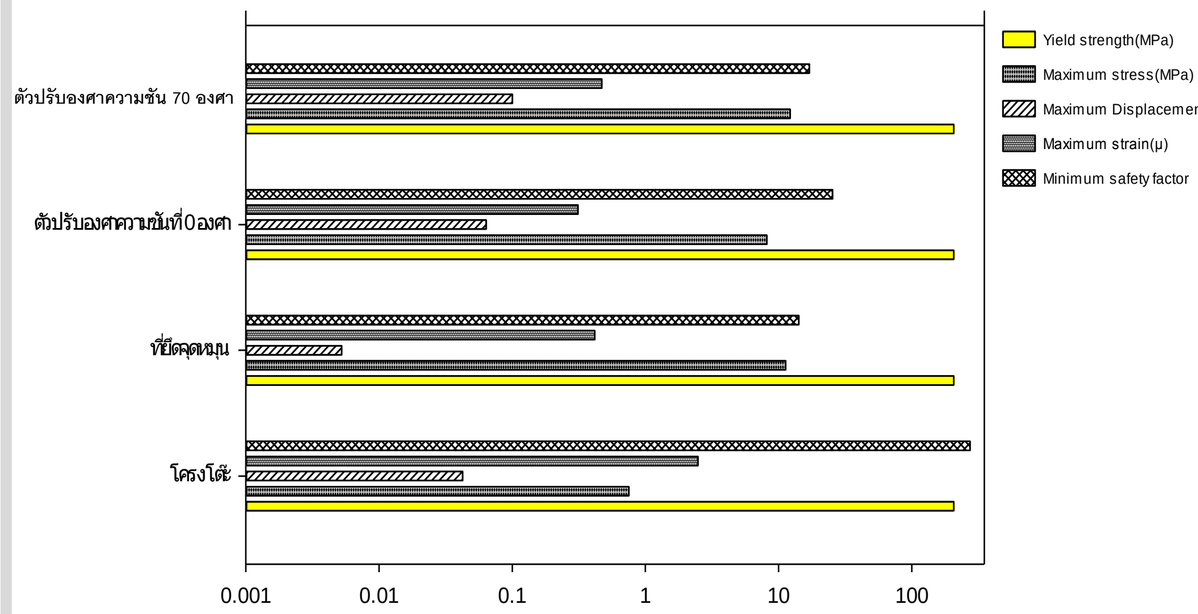
รูปที่ 8 ค่าการกระจัดของที่ยึดจุดหมุน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ ความเค้นสูงสุด ระยะยืดตัวและปัจจัยด้านความปลอดภัยขั้นต่ำของต้นแบบนวัตกรรมกายภาพฯ

Force Direction	Maximum Stress (MPa)	Displacement (mm)	Safety Factor
			
			
			

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ของนวัตกรรมกายภาพฯ

Force Direction	Maximum Stress (MPa)	Displacement (mm)	Safety Factor
	0.75	0.0424	273.80
	8.15	0.0636	25.38
	12.20	0.10	17.00
	11.30	0.0053	14.20



รูปที่ 9 กราฟแสดงค่าต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้มีมุ่งหมายที่จะวิจัยและพัฒนานวัตกรรมกายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง เป็นการออกแบบและวิเคราะห์ส่วนต่างๆ อยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดทางวิศวกรรม ในด้านโครงสร้าง ความแข็งแรงของอุปกรณ์ การพัฒนาระบบกลไกการทำงาน การออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ และระบบควบคุมการทำงาน เพื่อนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์ต้นแบบมาใช้งาน จากผลการออกแบบและวิเคราะห์พบว่าโครงสร้างและฟังก์ชันการทำงานเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งาน มีความแข็งแรงเพียงพอ สามารถรับแรงกระทำต่างๆ กับตัวนวัตกรรมได้เป็นอย่างดี โดยมีค่า ความเค้นสูงสุดเท่ากับ 0.75 MPa มีค่าความเครียดสูงสุดเท่ากับ 2.48×10^{-6} มีค่าระยะการเสียรูปสูงสุดเท่ากับ 0.0424 mm และมีค่าความปลอดภัยต่ำสุดเท่ากับ 14.20

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณแผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

รศ.ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง

ผศ.นพ.วรพล อร่ามรัศมีกุล

ผศ.ดร.ภาคภูมิ ศรีรมรื่น

รศ.นิตต์อลิน พันธุ์อภัย

ผศ.ดร.ประมวล ชูรัตน์

นายจักกริช อิงคยุทธกิจ

นายณภัทร ฉายทองคำ

Innovation Development and Automation System Laboratory (I-DAS Laboratory)

Department of Mechanical Engineering,Faculty of Engineering,

Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok, 26120 Thailand

Tel.081-7101105, E-mail : teeerapath@g.swu.ac.th

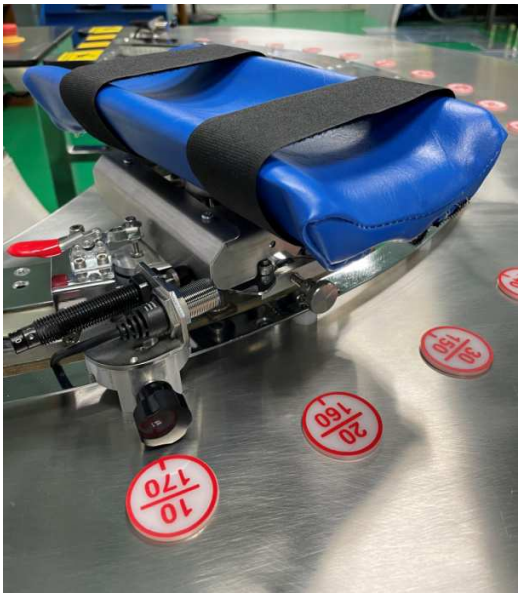
Website : http://mech.eng.swu.ac.th/Default.aspx?tabid=20383

Facebook page : I_DAS Laboratory

ภาคผนวก ค
ภาพโดยรวมของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น






รูปภาคผนวก ค1 แสดงส่วนต่างๆ ของนวัตกรรมกายภาพแขนที่พัฒนา













รูปภาคผนวก ค2 แสดงการทดสอบของนวัตกรรมกายภาพแขนที่พัฒนา



รูปภาคผนวก ค3 แสดงส่วนต่างๆ และการทดสอบของนวัตกรรมกายภาพมือที่พัฒนา

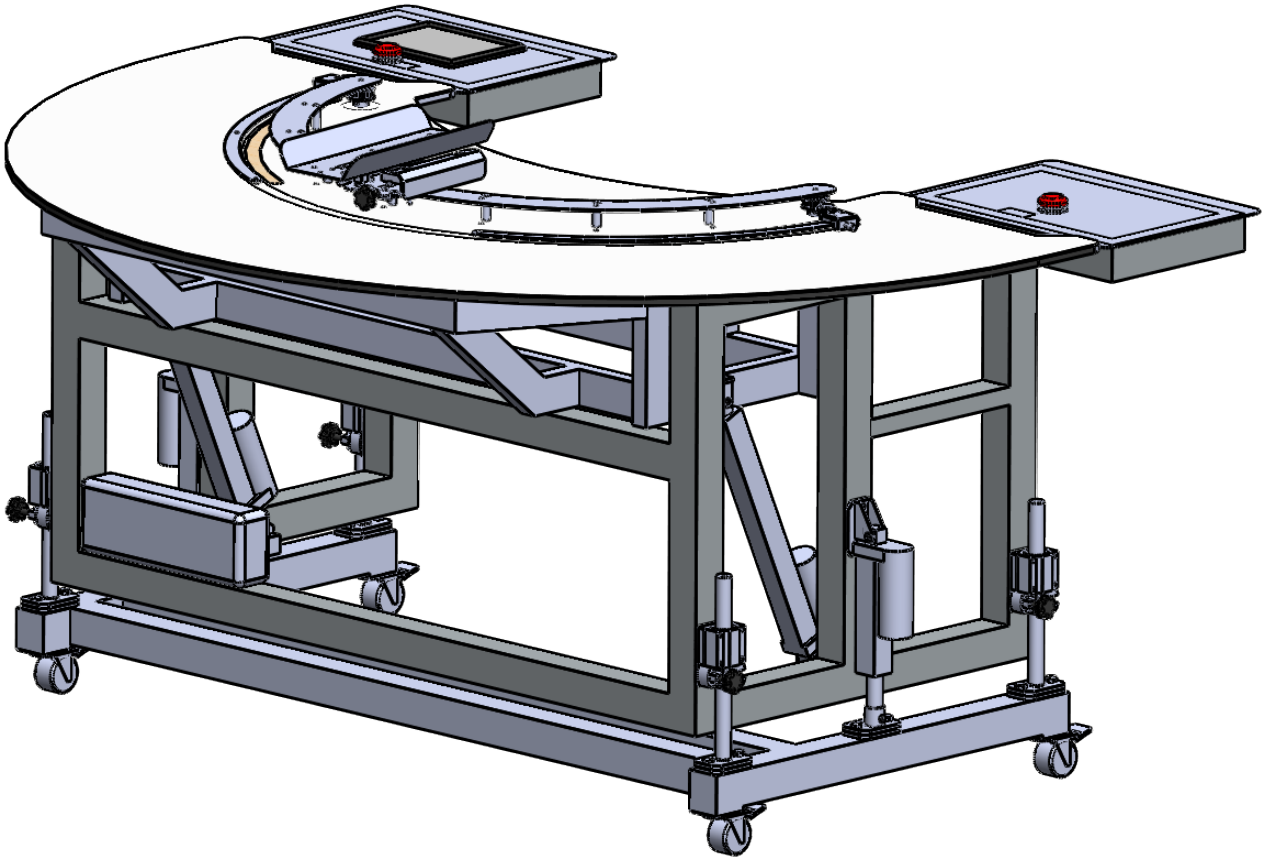


รูปภาคผนวก ค4 แสดงหน้าเกมตัวอย่างของนวัตกรรมกายภาพมือที่พัฒนา



รูปภาคผนวก ค5 แสดงผู้มีส่วนในการพัฒนานวัตกรรมที่พัฒนา

ภาคผนวก ง
แบบขนาดโดยรวมของนวัตกรรมกายภาพที่พัฒนาขึ้น



	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

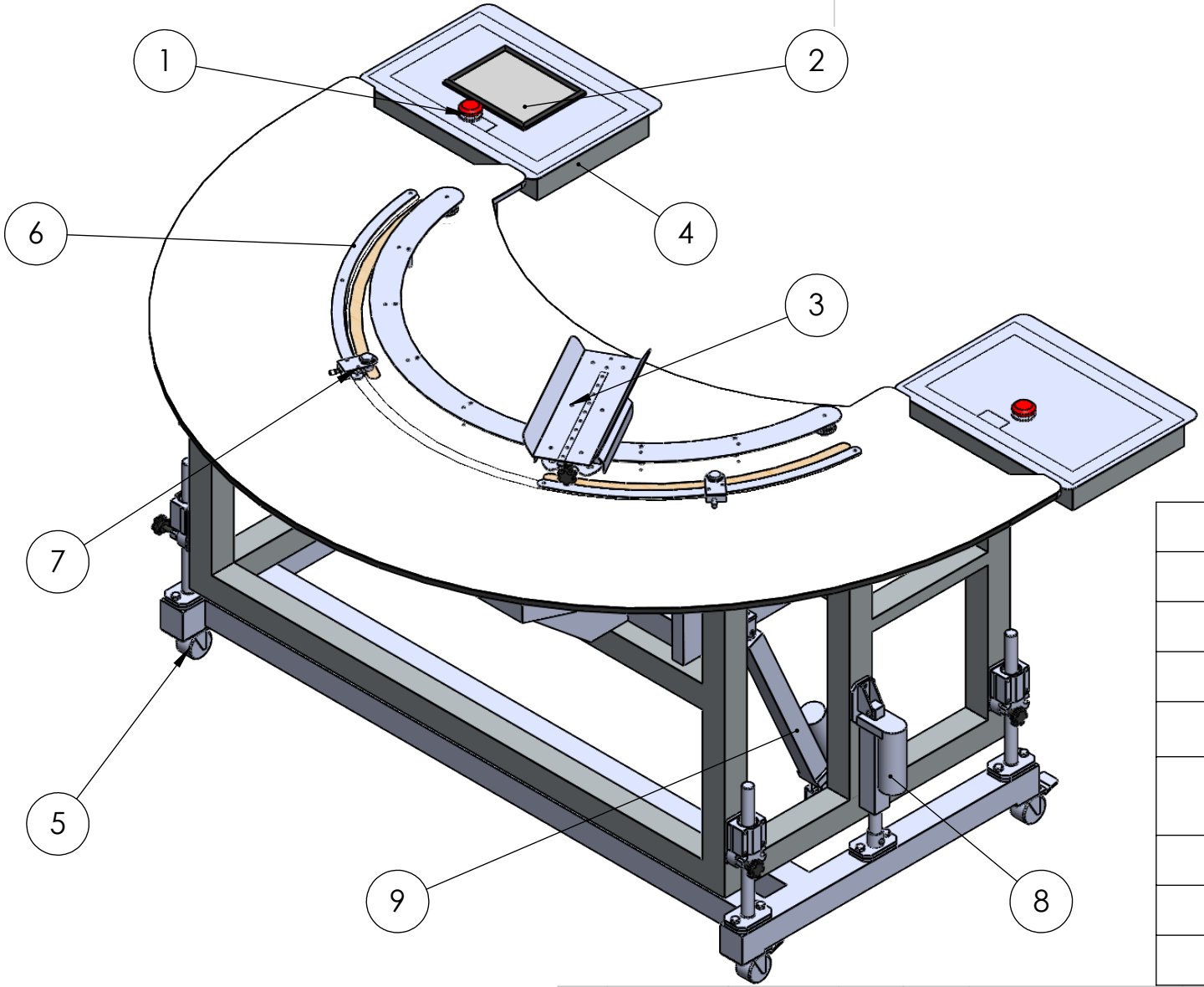
DWG NO. REHAB 01

A4

Unit : mm

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1



1	Emergency stop
2	Touch screen
3	Arm support
4	Control box
5	Wheel & Footting
6	Linear motor for abjust angle
7	Position sensor
8	Motor 1
9	Motpr 2

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

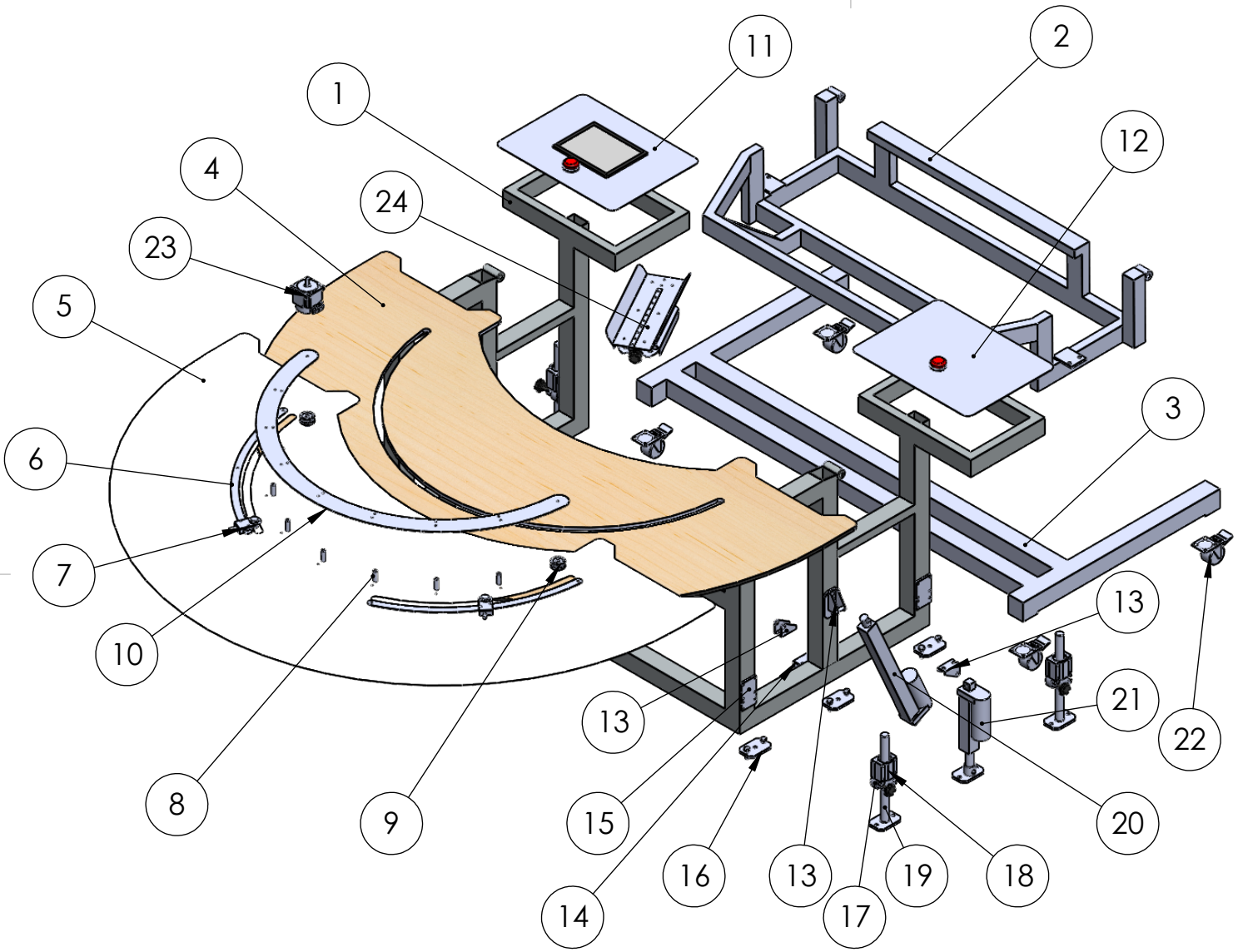
DWG NO. REHAB 00

A4

Unit : mm

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	AT 01	1
2	AT 02	1
3	AT 03	1
4	AT 04	1
5	AT 05	1
6	AT 06	2
7	AT 07	2
8	AT 08	7
9	AT 09	2
10	AT 10	1
11	AT 11	1
12	AT 12	1
13	AT 13	6
14	AT 14	2
15	AT 15	4
16	AT 16	14
17	AT 17	4
18	AT 18	4
19	AT 19	4
20	AT 20	2
21	AT 21	2
22	AT 22	4
23	AT 23	1
24	REHAB 02	1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

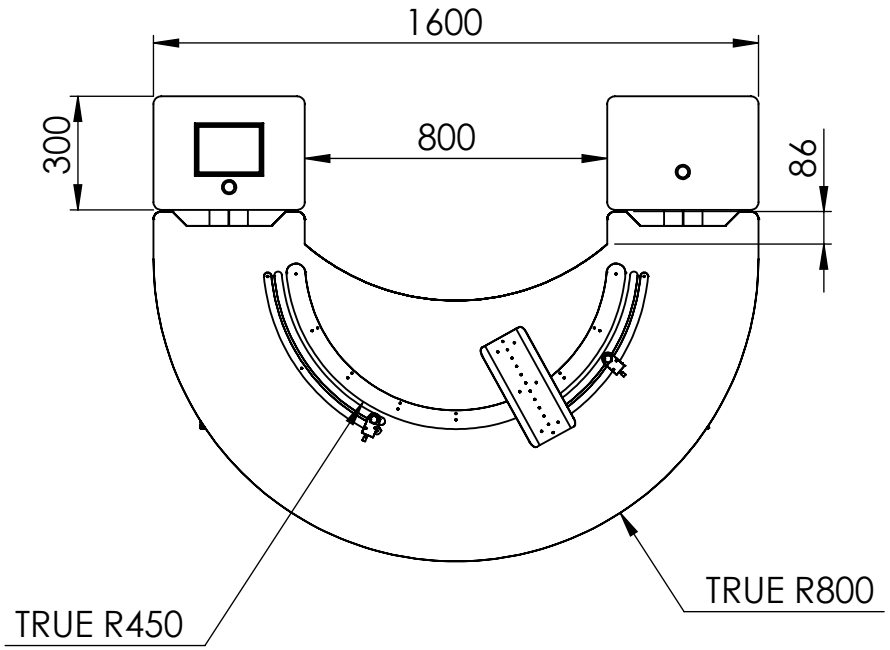
DWG NO. REHAB 01

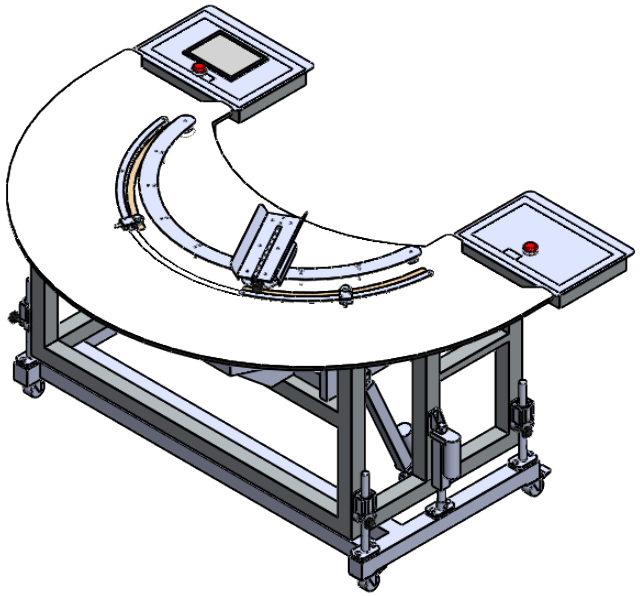
A4

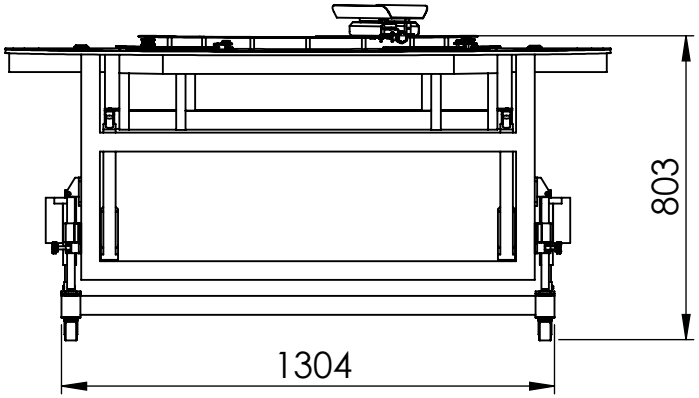
Unit : mm

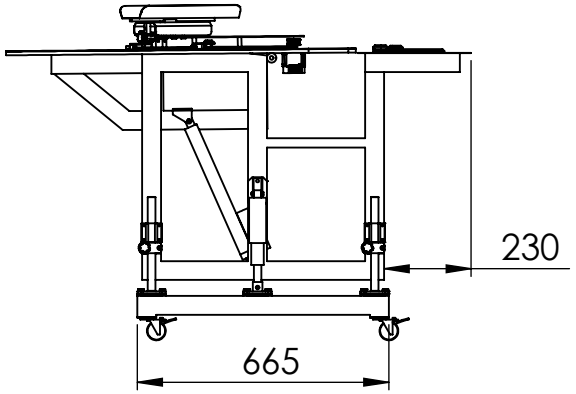
SCALE: 1:15

SHEET 1 OF 1









	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

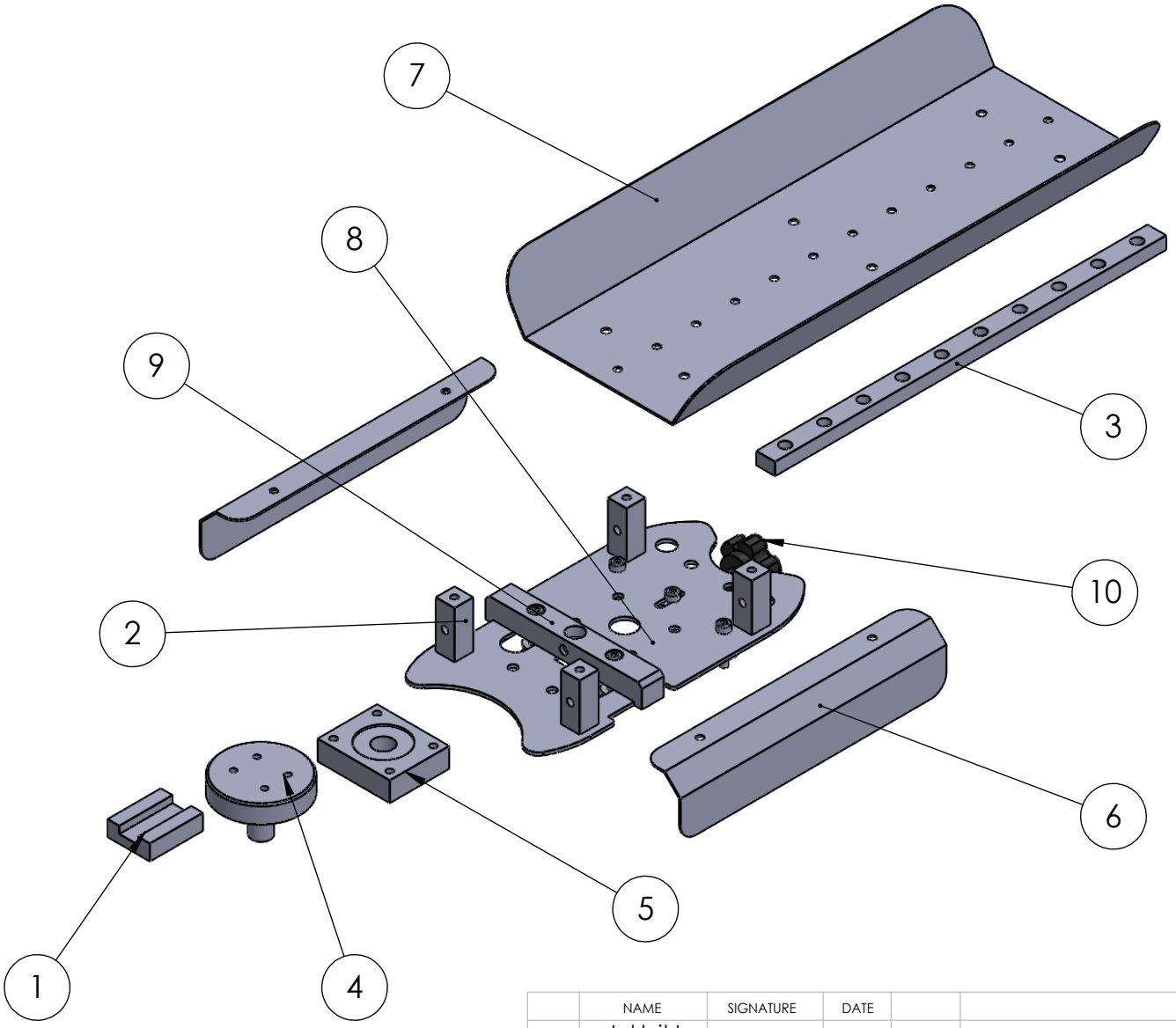
DWG NO. REHAB 01

A4

Unit : mm

SCALE: 1:20

SHEET 1 OF 1



I TEM NO.	PART NUMBER	QTY
1	BT 01	1
2	BT 02	4
3	BT 03	1
4	BT 04	1
5	BT 05	1
6	BT 06	2
7	BT 07	1
8	BT 08	1
9	BT 09	1
10	BT 10	1

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL: Stainless steel

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

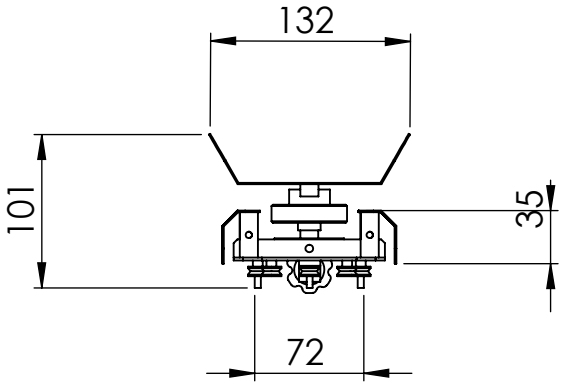
DWG NO. REHAB 02

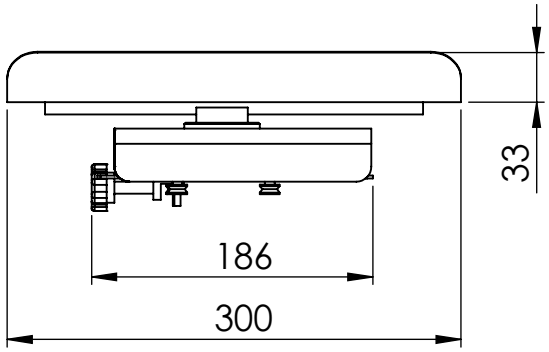
A4

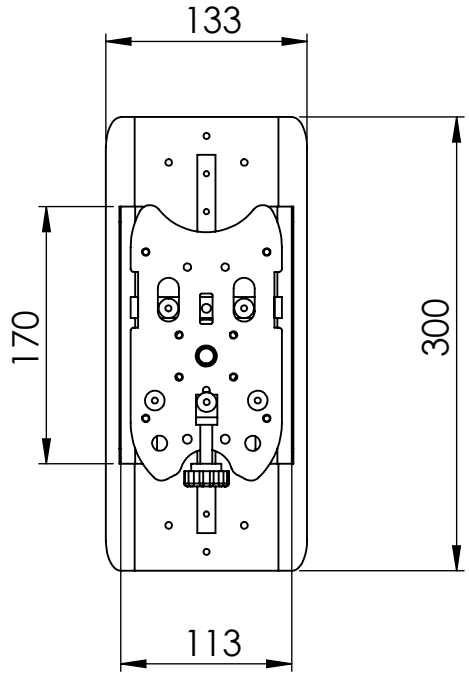
Unit : mm

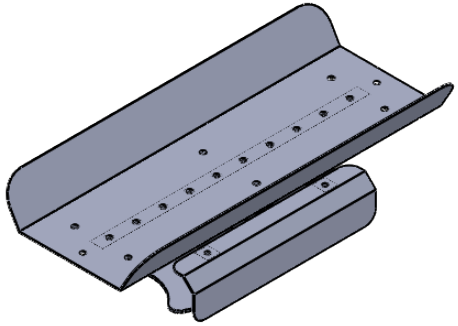
SCALE: 1:3

SHEET 1 OF 1









	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL: Stainless steel

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

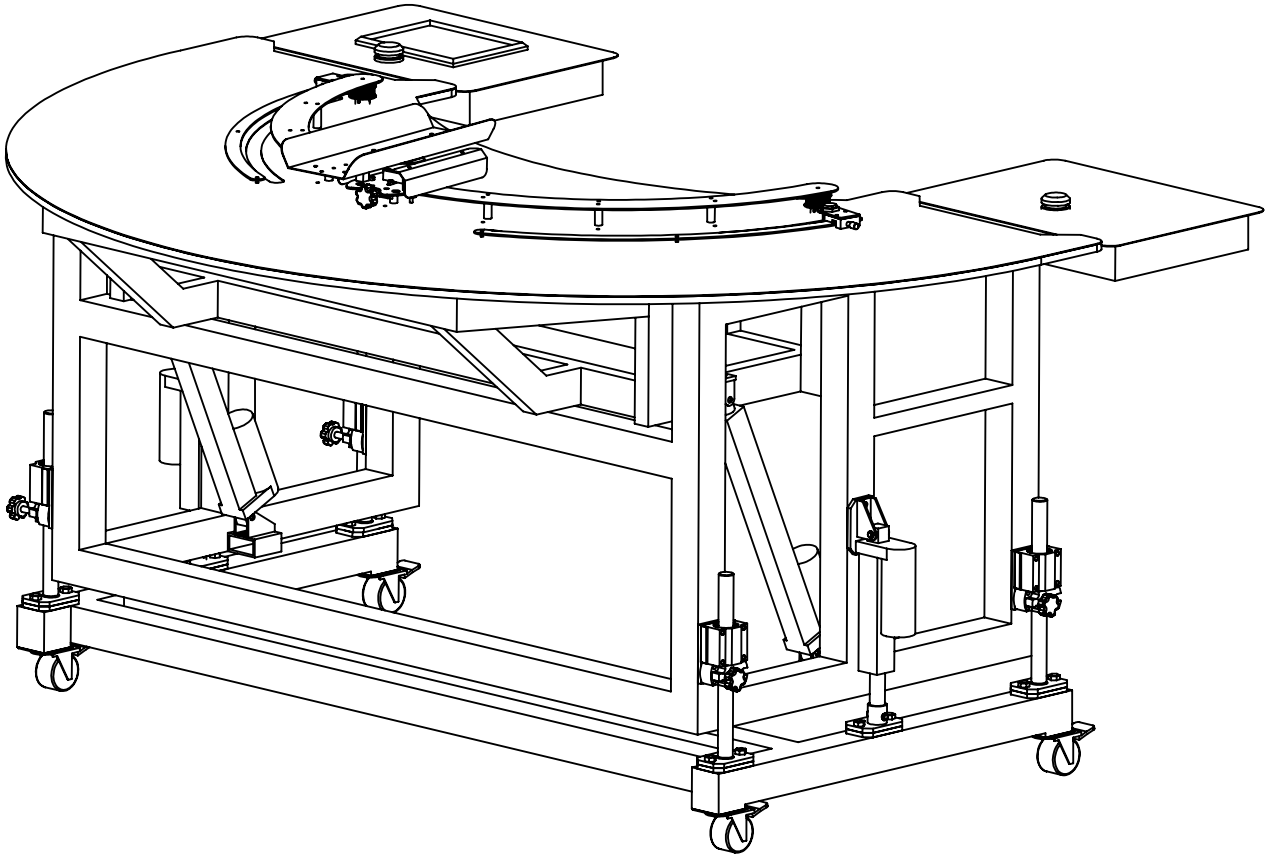
DWG NO. REHAB 02

A4

Unit : mm

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Jakkrit I.				
CHK'D	Napat C.				
APPV'D	Teerapath L.				
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

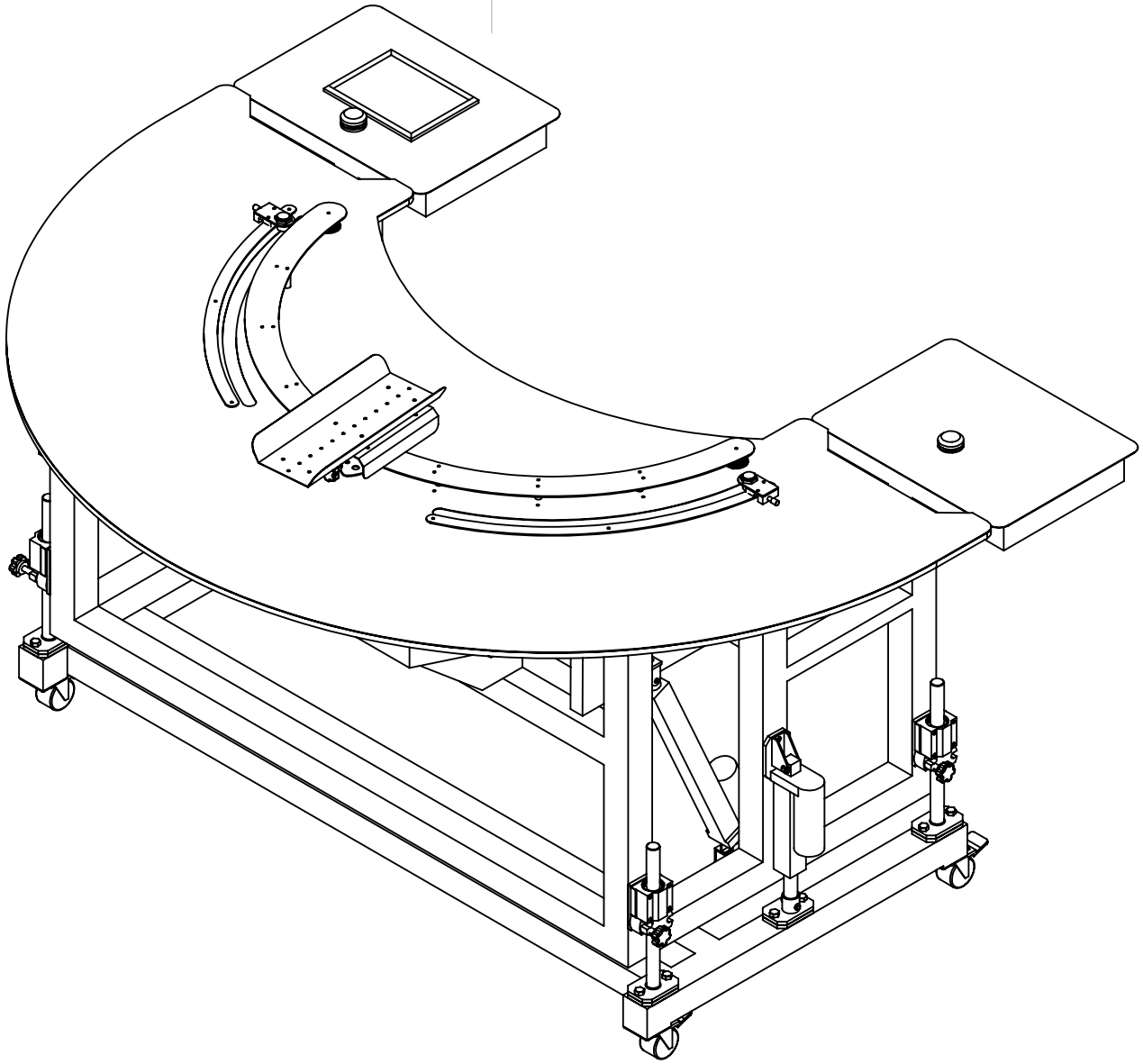
DWG NO. REHAB 01

A4

Unit : mm

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1



	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Jakkrit I.				
CHK'D	Napat C.				
APPV'D	Teerapath L.				
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

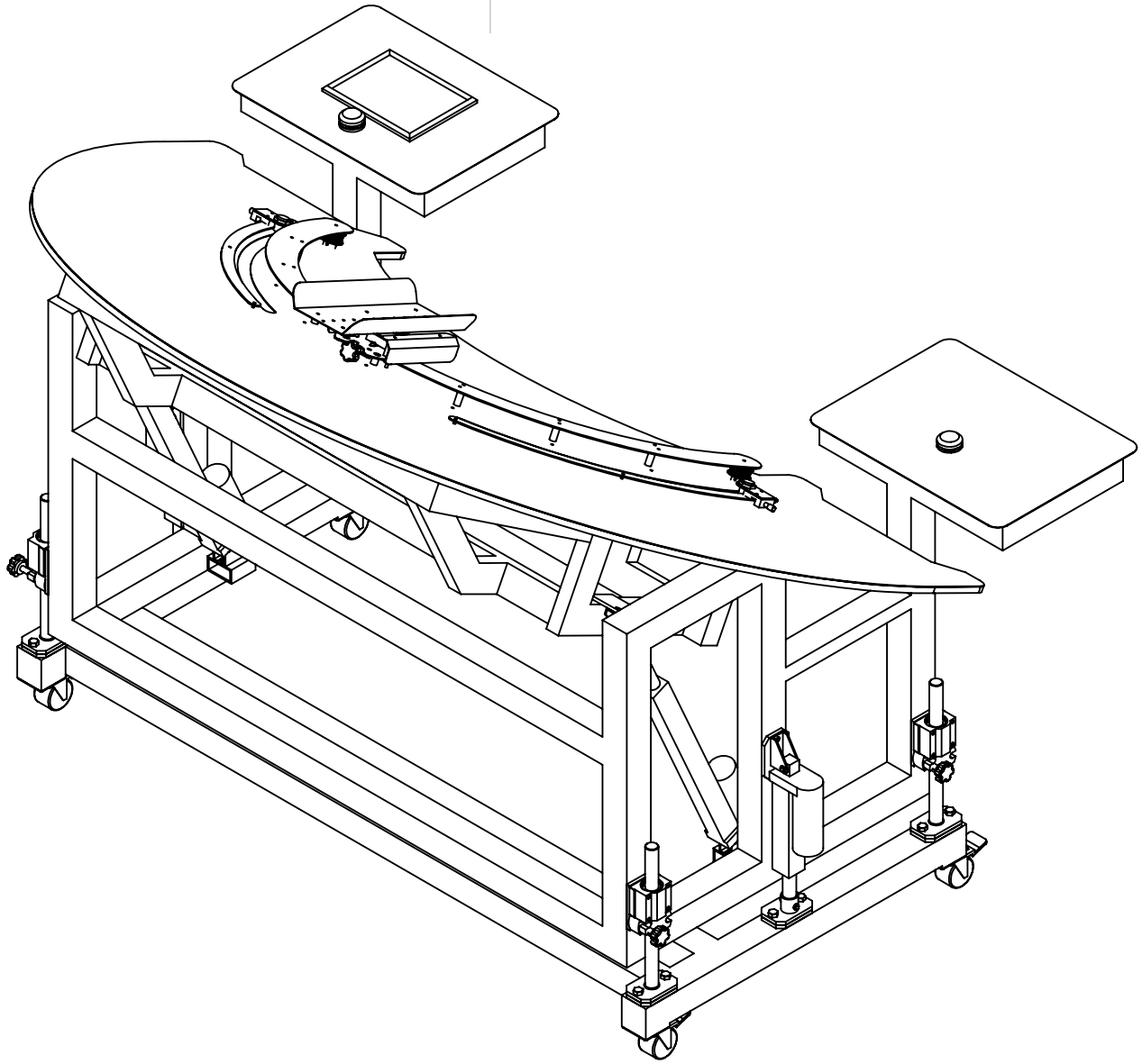
DWG NO. REHAB 01

A4

Unit : mm

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1



	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Jakkrit I.		
CHK'D	Napat C.		
APPV'D	Teerapath L.		
MFG			
Q.A			

MATERIAL:

WEIGHT:

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

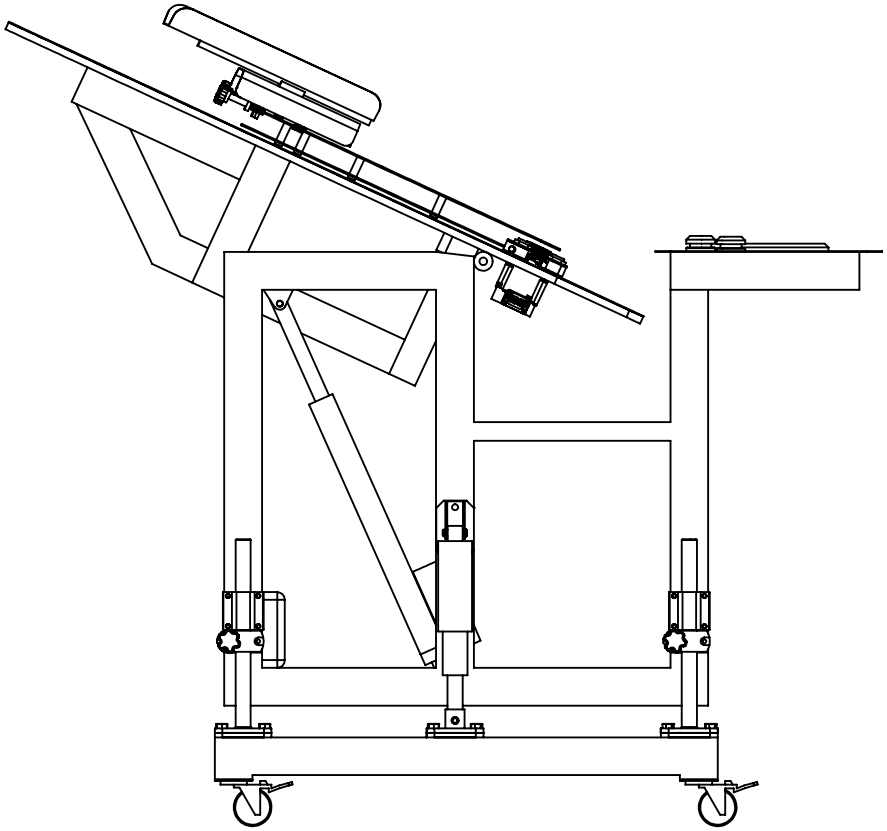
DWG NO. REHAB 01

A4

Unit : mm

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1



	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Jakkrit I.				
CHK'D	Napat C.				
APPV'D	Teerapath L.				
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

National Research Council of Thailand (NRCT)

Srinakharinwirot University (SWU)

DWG NO. REHAB 01

A4

Unit : mm

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1

ภาคผนวก จ
สิทธิบัตร, Manuscript

เอกสารขอยื่นจดสิทธิบัตรจากกรมทรัพย์สินทางปัญญา

“The device for weakness muscular rehabilitation in the elderly and stroke patients Device for stroke rehabilitation”, Thailand Patent: No. 2101004130 (Pending)

สำเนา



คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☑ การประดิษฐ์
☐ การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้
ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535
และ พระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่	
วันรับคำขอ 12 ก.ค. 2564	เลขที่คำขอ 2101004130
วันยื่นคำขอ 12 ก.ค. 2564	
สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	
ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์ ประเภทผลิตภัณฑ์	
วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่	

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ โต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่ _____
ในจำนวน _____ คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ บุคคลธรรมดา ☑ นิติบุคคล ☐ หน่วยงานรัฐ ☐ มูลนิธิ ☐ อื่นๆ _____
ชื่อ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ 114 ซอยสุขุมวิท 23
ตำบล/แขวง คลองเตยเหนือ อำเภอ/เขต วัฒนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10110 ประเทศ ไทย
อีเมล _____
☐ เลขประจำตัวประชาชน ☑ เลขทะเบียนนิติบุคคล ☐ เลขประจำตัวผู้เสียภาษีอากร 0 9 9 4 0 0 0 0 1 5 8 1 8 1 ☐ เพิ่มเติม (ดังแนบ)
ในกรณีที่กรมฯ สื่อสารกับท่าน ท่านสะดวกใช้ทาง ☐ อีเมลผู้ขอ ☑ อีเมลตัวแทน

3.1 สัญชาติ ไทย
3.2 โทรศัพท์ 0-26495000 ต่อ11015,11081
3.3 โทรสาร 0-2259-1822

ยกเว้นค่าธรรมเนียม
ตามกฎกระทรวง ... ว่าด้วยอัตราค่าธรรมเนียมและการยกเว้นค่าธรรมเนียม
สำหรับสิทธิบัตรหรือสิ่งประดิษฐ์ และประกาศคณะกรรมการสิทธิบัตร

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☑ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี)
ชื่อ นางสาวนิยดา รุ่งเรืองผล
ที่อยู่ 114 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซอยสุขุมวิท 23
ตำบล/แขวง คลองเตยเหนือ อำเภอ/เขต วัฒนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10110 ประเทศ ไทย
อีเมล niyada76@gmail.com
เลขประจำตัวประชาชน 3 2 2 0 1 0 0 2 9 0 9 1 7 ☐ เพิ่มเติม (ดังแนบ)

5.1 ตัวแทนเลขที่ 2454
5.2 โทรศัพท์ 0-26495000 ต่อ11015,11081
5.3 โทรสาร 0-2259-1822

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ ☐ ชื่อและที่อยู่เดียวกันกับผู้ขอ
ชื่อ นายธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง
ที่อยู่ 6/40 ม.1
ตำบล/แขวง สวนดอกไม้ อำเภอ/เขต เสาไห้ จังหวัด สระบุรี รหัสไปรษณีย์ 18160 ประเทศ ไทย
อีเมล teeerapath@g.swu.ac.th
เลขประจำตัวประชาชน 3 1 1 0 4 0 0 7 4 1 1 0 9 ☑ เพิ่มเติม (ดังแนบ)

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตร
เลขที่ _____ วันยื่น _____ เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

สำหรับเจ้าหน้าที่

จำแนกประเภทสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

☐ กลุ่มวิศวกรรม
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (วิศวกรรม)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ไฟฟ้า)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ฟิสิกส์)

☐ กลุ่มเคมี
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เคมีเทคนิค)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (ปิโตรเคมี)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เทคโนโลยีชีวภาพ)
สิทธิบัตรการประดิษฐ์ (เภสัชภัณฑ์)

สิทธิบัตรการออกแบบ
☐ สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 1)
☐ สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 2)
☐ สิทธิบัตรการออกแบบ (ออกแบบผลิตภัณฑ์ 3)

อนุสิทธิบัตร
☐ อนุสิทธิบัตร (วิศวกรรม)
☐ อนุสิทธิบัตร (เคมี)

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร ☐ PCT ☐ เพิ่มเติม (ต้องแบบ)

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรกโดย
☐ ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ☐ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง _____ วันเปิดงานแสดง _____ ผู้จัด _____

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ/ประเทศ

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้ และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้
โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่นๆ _____

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอให้อธิบดีประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียน และประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ _____
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข _____ ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย
ก. แบบพิมพ์คำขอ ____3____ หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์
หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์ ____4____ หน้า
ค. ข้อถือสิทธิ ____1____ หน้า
ง. รูปเขียน ____2____ รูป ____1____ หน้า
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์
☐ รูปเขียน _____ รูป _____ หน้า
☐ ภาพถ่าย _____ รูป _____ หน้า
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์ ____1____ หน้า

14. เอกสารประกอบคำขอ
☑ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
☑ หนังสือมอบอำนาจ
☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
☐ เอกสารการขอนับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
☐ เอกสารขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ
☑ เอกสารอื่นๆ

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
☑ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน
☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก _____

16. ลายมือชื่อ
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☑ ตัวแทน
(นางสาวนิยตา รุ่งเรืองผล)

หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยการแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหกเดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

ใบต่อแนบท้าย แบบ สป/สผ/อสป/001-ก

เพิ่มเติมข้อ 6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์

2. นายวรพล อร่ามรัศมีกุล
หน่วยงานต้นสังกัด คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ 68/154 ม.ดิสคอฟเวอร์รี บางหลีกา ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150 ประเทศไทย

เลขบัตรประชาชน 3-1017-00516-471

3. นางสาวนิตต์อลิน พันธุ์อภัย
หน่วยงานต้นสังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ 6/40 ม.1 ต.สวนดอกไม้ อ.เสาไห้ จ.สระบุรี 18160 ประเทศไทย

เลขบัตรประชาชน 3-1910-00123-212

4. นายภาคภูมิ ศรีรมรื่น
หน่วยงานต้นสังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ 96/23 ม.1 ต.บึงน้ำรักษ์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 ประเทศไทย

เลขบัตรประชาชน 3-1009-03699-16-1

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

โต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

แพทยศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ กายภาพบำบัดและสุขภาพ วิศวกรรมเครื่องกล กลศาสตร์ประยุกต์ วิศวกรรมการออกแบบผลิตภัณฑ์

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) หรือโรคอัมพฤกษ์อัมพาตเป็นโรคทางระบบประสาทที่พบบ่อยและเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศและโลก โดยทาง World Stroke Organization (WSO) ได้รายงานสาเหตุการตายจากโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการตายอันดับ 2 ในคนอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป และเป็นสาเหตุการตายอันดับ 5 ของคนอายุระหว่าง 15 - 69 ปี โดยในแต่ละปีมีประมาณ 6 ล้านคนทั่วโลกเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมอง ปัจจุบันในประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาการส่วนใหญ่จะเป็นแบบอัมพาตหรืออ่อนแรงครึ่งซีก โดยผู้ป่วยจะมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่บริเวณแขนขา การควบคุมมือในการหยิบจับที่ผิดปรกติ อันเกิดจากความผิดปกติของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงาน และจะต้องได้รับการบำบัดรักษาด้วยวิธีการที่แตกต่างกันไป เช่น การบำบัดด้วยตนเอง การบำบัดโดยผู้ช่วย หรือการใช้อุปกรณ์ช่วยในการบำบัด ซึ่งผลที่ออกมาพบว่า การมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการบำบัดผู้ป่วย จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการบำบัดด้วยตนเอง โดยใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูสภาพร่างกายให้ดีขึ้นเหมือนปกติเป็นตัวกำหนด จากที่กล่าวมาข้างต้นในการที่ผู้ป่วยหลอดเลือดสมองจะหายจากอาการอ่อนแรงและกลับมาใช้ชีวิตได้ตามปกตินั้น จำเป็นจะต้องมีการรักษาและกายภาพอย่างถูกวิธีและต่อเนื่อง ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีและความรู้ทางการแพทย์มาช่วยในการพัฒนาสมองที่ถูกทำลาย แต่ปัจจุบันในประเทศไทยนั้นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยรักษาและทำกายภาพอยู่มีอย่างจำกัดและราคาค่อนข้างสูงมาก เนื่องจากไม่มีผู้ผลิตในประเทศ ดังนั้นอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีทางการแพทย์จำนวนมากต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งราคาค่อนข้างแพงทำให้เสียงบประมาณในการจัดซื้อค่อนข้างสูง

เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทางผู้ประดิษฐ์จึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนท่อนแขนอ่อนแรงที่ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ดังใจ ให้ผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวที่ดีขึ้น กลับมาสามารถใช้ชีวิตเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน หากกรณีที่ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยมีอาการรุนแรงอย่างน้อยการบำบัดจะช่วยให้ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยสามารถช่วยเหลือตัวเองได้และไม่เป็นภาระแก่ผู้ดูแลมากจนเกินไป อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือแพทย์เพื่อใช้ในฟื้นฟูสรรถภาพช่วงแขนที่

มีประสิทธิภาพได้มาตรฐานต่อการนำไปใช้งาน เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เป็นการประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนากลไกการทำงานอุปกรณ์กายภาพช่วงแขนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง แบบการเรียนรู้ซ้ำมาช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงของช่วงแขน โครงสร้างของอุปกรณ์ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ชุดโต๊ะกายภาพบำบัดช่วงแขน ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่และชุดควบคุมการทำงาน หลักการทำงานจะมีออกแบบให้เป็นการกายภาพแบบเรียนรู้ซ้ำ เป็นการให้ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยฝึกการเคลื่อนที่ของช่วงแขนให้มีลักษณะการกวาดแขนไป-มาเป็นครึ่งวงกลมซ้ำไปซ้ำมา โดยมีชุดเบาะสำหรับรองรับช่วงแขนของผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยพร้อมสายรัดแขนผู้ป่วยกับอุปกรณ์ เพื่อกันไม่ให้แขนผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยตกจากอุปกรณ์ระหว่างการใช้งาน ที่ชุดรองรับแขนผู้ป่วยมีเบาะกันกระแทกรองรับที่แขนผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยเพื่อกันไม่ให้เกิดการบาดเจ็บจากการกายภาพ ชุดรองรับแขนสามารถเลื่อนปรับความยาวได้ตามความเหมาะสมของช่วงแขนผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยแต่ละคน อุปกรณ์กายภาพช่วงแขนสามารถเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ตั้งแต่ 0 – 180 องศาตามแนวราบของโต๊ะได้ทั้งแบบอิสระที่ใช้แรงของผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยเอง หรือเป็นแบบสามารถใช้มอเตอร์เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ได้ในกรณีที่ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยไม่สามารถออกแรงบังคับแขนได้เลย ที่ชุดรองรับแขนมีตัวปรับเพิ่ม-ลดความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของตัวอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์กายภาพช่วงแขนมีความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ ทำให้แขนเหมือนได้ออกแรงมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มกำลังและกล้ามเนื้อของแขนผู้ป่วย ตัวโต๊ะสามารถปรับองศาความชันได้ตั้งแต่ 0 – 80 องศาตามแนวดิ่ง เพื่อให้แขนมีการเคลื่อนที่ในทิศทางหลากหลายและให้มีลักษณะใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่จริงของแขนที่มีความชันแตกต่างกันไป มีเซนเซอร์จับการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์กายภาพช่วงแขนในแต่ละรอบของการเคลื่อนที่และจะแสดงจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ผ่านจอแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล เพื่อช่วยนับจำนวนครั้งในการเคลื่อนไหวในการทำกายภาพแต่ละครั้ง ในส่วนของการเคลื่อนย้ายสามารถทำได้โดยง่ายเพราะออกแบบให้มีล้อเลื่อนสำหรับการเคลื่อนย้ายไปใช้งานในที่ต่างๆ อีกด้วย

ความมุ่งหมายของสิ่งประดิษฐ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์กายภาพช่วงแขนเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่สามารถใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพพร้อมใช้งาน ได้มาตรฐานและเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้จริง (ระดับภาคสนาม) เพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนอ่อนแรง ให้ผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น กลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือแพทย์เพื่อใช้ในฟื้นฟูสรรถภาพร่างกายที่สามารถผลิตได้ตามมาตรฐานและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศ

ไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ เป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

โต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองดังแสดงตามรูปที่ 1 และรูปที่ 2 โครงสร้างของอุปกรณ์ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) และชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ประกอบด้วยแผ่นรองรับแขนขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบหุ้มด้วยเบาะรองรับแขนสำหรับกันกระแทก มีสายรัดแขนผู้ป่วย(2) เข้ากับชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ทำจากวัสดุแบบยืดหดได้เพื่อกันไม่ให้แขนผู้ป่วยหลุดจากชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ขณะใช้งาน มีตัวปรับเพิ่ม-ลดความต้านทานต่อการเคลื่อนที่(3) อยู่ด้านหน้าของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) สำหรับปรับความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ได้ ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ถูกติดตั้งอยู่บนรางสไลด์ครึ่งวงกลม(4) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ สำหรับให้ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระไปตามรางสไลด์ครึ่งวงกลม(4) ในลักษณะเคลื่อนที่เป็นครึ่งวงกลมตั้งแต่ 0 – 180 องศาตามแนวราบของโต๊ะ มีมอเตอร์ขับเคลื่อน(19) ติดตั้งอยู่กับชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) สำหรับใช้ควบคุมการเคลื่อนของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) แบบบังคับไปตามรางสไลด์ครึ่งวงกลม(4) ในกรณีที่ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยไม่สามารถออกแรงบังคับแขนได้เลย มีชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) สำหรับตรวจจับการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) เพื่อนับรอบการทำกายภาพในแต่ละรอบของการเคลื่อนที่ ชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) ถูกติดตั้งอยู่บนรางสไลด์โค้ง(6) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ สำหรับให้ชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) ปรับองศาไปตามรางสไลด์นี้ได้ เมื่อชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) เคลื่อนที่ผ่านชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) จะส่งสัญญาณเซนเซอร์แสดงจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) โดยแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล ทั้งหมดถูกติดตั้งอยู่บนชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยแผ่นไยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเคลือบสารกันน้ำตามแบบ ที่ถูกติดตั้งอยู่บนชุดโครงสร้างหลัก(9) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ สำหรับรองรับชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) และอุปกรณ์ทั้งหมด ชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) สามารถปรับองศาความชันได้ตั้งแต่ 0 – 80 องศาตามแนวดิ่ง โดยใช้ชุดปรับความชัน(10) ที่มีมอเตอร์ปรับความชัน(11) สำหรับใช้ปรับองศาความชันของชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) มีชุดปรับความสูง(12) ที่ติดตั้งอยู่กับชุดโครงสร้างหลัก(9) สำหรับใช้ปรับความสูงต่ำของชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) โดยมีมอเตอร์ปรับความสูง(13) ที่ใช้ปรับความสูงของชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) มีชุดสไลด์ตามแนวดิ่งพร้อมตัวล็อก(14) ที่ติดตั้งอยู่กับชุดโครงสร้างหลัก(9) ทั้ง 4 ด้าน สำหรับใช้ในการบังคับให้เคลื่อนที่ตามแนวดิ่งระหว่างการปรับความสูงต่ำของชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ที่ติดตั้งอยู่บนชุดรองรับ(15) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ สำหรับรองรับอุปกรณ์ทั้งหมดของโต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มี

อาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มีชุดล้อเลื่อน(16) ถูกติดตั้งอยู่กับชุดรองรับ(15) ทั้ง 4 ด้าน สำหรับการเคลื่อนย้ายไปใช้งานในที่ต่างๆ ได้สะดวก การควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) ที่ถูกติดตั้งอยู่บนชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าจะได้มาจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อไปยังตู้ควบคุมไฟฟ้า(17) สำหรับส่งพลังงานไฟฟ้าให้กับชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) มีสวิตช์ตัดไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉิน(18) ที่ถูกติดตั้งอยู่บนชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ทั้งสองด้านเพื่อตัดวงจรไฟฟ้าทั้งระบบในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินและความปลอดภัยระหว่างการใช้งาน

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงภาพโดยรวมโต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

รูปที่ 2 แสดงภาพด้านข้างโต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

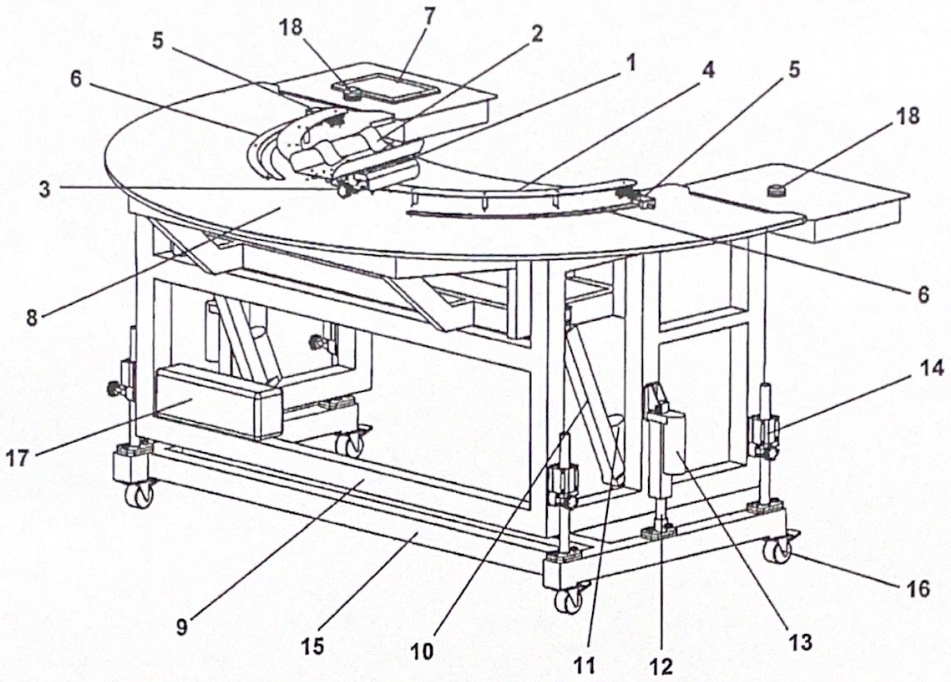
เหมือนกับที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถือสิทธิ

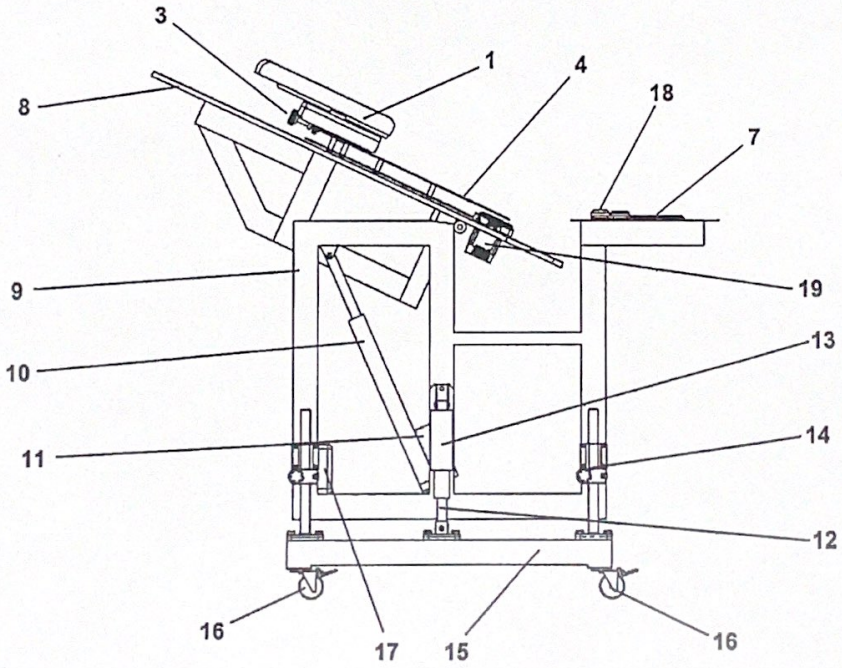
1. โต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) และชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ประกอบด้วยแผ่นรองรับแขนขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบหุ้มด้วยเบาะรองรับแขนพร้อมด้วยสายรัดแขนผู้ป่วย(2) ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ถูกติดตั้งอยู่บนรางสไลด์ครึ่งวงกลม(4) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ สำหรับให้ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระไปตามรางสไลด์ครึ่งวงกลม(4) ในลักษณะเคลื่อนที่เป็นครึ่งวงกลมตั้งแต่ 0 – 180 องศาตามแนวราบ มีชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) สำหรับตรวจจับการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ถูกติดตั้งอยู่บนรางสไลด์โค้ง(6) ที่ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ สำหรับให้ชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) ปรับองศาไปตามรางสไลด์นี้ได้ ชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่(5) จะส่งสัญญาณเซนเซอร์แสดงจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) โดยแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล ทั้งหมดถูกติดตั้งอยู่บนชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยแผ่นไยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเคลือบสารกันน้ำตามแบบ ถูกติดตั้งอยู่บนชุดโครงสร้างหลัก(9) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบ มีชุดปรับความชัน(10) ที่มีมอเตอร์ปรับความชัน(11) สำหรับปรับองศาความชันของชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ตั้งแต่ 0 - 80 องศาตามแนวดิ่ง ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) ชุดรองรับ(15) ขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมตามแบบสำหรับรองรับอุปกรณ์ทั้งหมด มีชุดล้อเลื่อน(16) ถูกติดตั้งอยู่กับชุดรองรับ(15) อุปกรณ์ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) ที่ติดตั้งอยู่บนชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) พลังงานไฟฟ้าได้มาจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อไปยังตู้ควบคุมไฟฟ้า(17) และส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7) มีสวิตช์ตัดไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉิน(18) ที่ถูกติดตั้งอยู่บนชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8)

ที่มีลักษณะพิเศษคือ มีตัวปรับเพิ่ม-ลดความต้านทานต่อการเคลื่อนที่(3) อยู่ด้านหน้าของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) สำหรับปรับเพิ่ม-ลดความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) และมีมอเตอร์ขับเคลื่อน(19) ติดตั้งอยู่กับชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) สำหรับใช้ควบคุมการเคลื่อนของชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่(1) ไปตามรางสไลด์ครึ่งวงกลม(4)

2. โต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตามข้อถือสิทธิ 1 ยังประกอบเพิ่มเติมด้วยชุดปรับความสูง(12) ที่มีมอเตอร์ปรับความสูง(13) สำหรับปรับความสูงต่ำของชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน(8) ไปตามชุดสไลด์ตามแนวดิ่งพร้อมตัวล็อก(14) ที่ติดตั้งอยู่กับชุดโครงสร้างหลัก(9) ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล(7)


18
7
5
2
6
1
4
5
18
3
6
8
14
17
16
9
15
10
11
12
13

รูปที่ 1


3
1
4
8
18
7
19
9
13
10
14
11
12
16
17
15
16

รูปที่ 2

บทสรุปการประดิษฐ์

โต๊ะกายภาพบำบัดสำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเป็นงานประดิษฐ์เพื่อช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนอ่อนแรง ให้ได้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวกลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ชุดโต๊ะกายภาพช่วงแขน ชุดรองรับแขนแบบเคลื่อนที่และชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล ตัวอุปกรณ์กายภาพช่วงแขนจะเคลื่อนที่เป็นครึ่งวงกลมได้ตั้งแต่ 0 – 180 องศาตามแนวราบของโต๊ะ ได้ทั้งแบบอิสระพร้อมตัวปรับเพิ่ม-ลดความต้านทานการเคลื่อนที่ หรือแบบบังคับโดยใช้มอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ในกรณีที่ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยไม่สามารถออกแรงบังคับแขนได้ มีเซนเซอร์ตรวจจับการทำงานและแสดงผลผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล สามารถปรับองศาความชันของชุดโต๊ะกายภาพได้ตั้งแต่ 0 - 80 องศาตามแนวดิ่ง มีชุดปรับความสูงต่ำของตัวโต๊ะกายภาพบำบัดตามแนวดิ่งพร้อมตัวล็อก มีชุดล้อเลื่อนสำหรับการเคลื่อนย้ายไปใช้งานในที่ต่างๆ ได้สะดวก การควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ถูกควบคุมผ่านชุดควบคุมการทำงานและแสดงผลพร้อมสวิตช์ตัดไฟฟ้าฉุกเฉินสำหรับตัดวงจรไฟฟ้าทั้งระบบในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินและความปลอดภัยระหว่างการใช้งาน พลังงานไฟฟ้าได้มาจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ต่อไปยังตู้ควบคุมไฟฟ้าสำหรับส่งพลังงานไฟฟ้าให้กับชุดควบคุมการทำงานและแสดงผล

เอกสาร Manuscript สำหรับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. “Research and development of arm physical therapy innovation in the elderly and stroke patients.”

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเพื่อใช้ฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนในผู้สูงอายุ และผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง

Research and development of arm physical therapy innovation in the elderly and stroke patients.

ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง[1*] วรพล อร่ามรัศมีกุล[2] นิตต์อลิน พันธุ์อภัย[1] ภาคภูมิ ศรีรมรื่น[1] และ ประมวล ชูรัตน์[1]
ห้องปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมและระบบอัตโนมัติ (Innovation Development and Automation System Laboratory)
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120
[2]คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120
*Corresponding author Email: teeerapath@g.swu.ac.th
Teerapath Limboonruang[1*] Woraphon Aramrussameekul[2] Nittalin Phun-apai[1] Parkpoom Sriromreun[1] and Pramual Choorat[1]
Innovation Development and Automation System Laboratory (I-DAS Laboratory),
[1]Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhornayok 26120
[2]Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhornayok 26120
*Corresponding author Email: teeerapath@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมกายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำ เพื่อช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง รวมถึงปัญหาทางการควบคุมการเคลื่อนไหว ให้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น สามารถช่วยเหลือตัวเองและกลับเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อน อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยฟื้นฟูอาการดังกล่าวที่มีอย่างจำกัดและราคาสูง ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถผลิตได้เองและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ รวมถึงเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทย โดยนวัตกรรมมุ่งเน้นไปที่การกายภาพแบบบริหารช่วงแขนที่อ่อนแรงแบบเรียนรู้ซ้ำ เพื่อบำบัดและฟื้นฟูสมรรถภาพการใช้ช่วงแขนที่อ่อนแรงของผู้ป่วย โดยการให้ผู้ป่วยสอดแขนเข้าไปที่ชุดสเกตบอร์ดกายภาพรองรับแขนที่มีตัวปรับแรงต้านการเคลื่อนที่ หากผู้ป่วยมีแรงมากพอก็ให้ฝึกขยับแขนไปตามรางสไลด์เป็นรูปครึ่งวงกลม 0 -180 องศาที่มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดองศาการเคลื่อนที่ แต่หากแขนของผู้ป่วยยังไม่มีแรงมากพอ ตัวอุปกรณ์มีฟังก์ชันที่สามารถช่วยในการขยับแขนของผู้ป่วยให้เคลื่อนที่ไปตามรางสไลด์ได้ ตัวอุปกรณ์สามารถปรับองศาความชันได้ 0 – 70 องศา และสามารถปรับความสูงนวัตกรรมได้ 0 - 10 เซนติเมตร โดยมีการวัดและการแสดงผลการทำงานด้วยหน้าจอแสดงผล แสดงถึงเวลาและจำนวนครั้งของการทำการกายภาพในระหว่างการใช้อุปกรณ์ มีเสียงเตือนเมื่อทำกิจกรรมเสร็จสิ้น พร้อมสวิตช์หยุดการทำงานกรณีฉุกเฉิน เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยของผู้ป่วย โดยผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็นหัวข้อใหญ่ๆ คือ ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Stress) ระยะการเสียรูป (Displacement)) ค่าความเครียดสูงสุด(Maximum Strain) และค่าความปลอดภัย (Safety Factor) จากการวิเคราะห์พบว่าเกิดค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 0.75MPa ค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 2.48 x 10-6 ค่าระยะการเสียรูปสูงสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 0.0424mm และค่าความปลอดภัยต่ำสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 273.8 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าโครงโต๊ะกายภาพมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นที่กระทำกับตัวโครงโต๊ะได้เป็นอย่างดี โครงสร้างทั้งหมดมีความแข็งแรง ไม่เกิดความเสียหาย มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ได้ ผลจากการออกแบบและวิเคราะห์สามารถนำมาสร้างโต๊ะกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง ได้จริง

คำสำคัญ: อุปกรณ์กายภาพบำบัด, เวชศาสตร์ฟื้นฟู, โรคหลอดเลือดสมอง, โรคอัมพาตครึ่งซีก, ผู้สูงอายุ, ระบบควบคุม

1. บทนำ

ปัจจุบันมีผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งอาการก็จะแตกต่างกันไปตามระดับของผู้ป่วย แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นอัมพาตครึ่งซีกซึ่งอาการอ่อนแรงเกิดจากความผิดปกติของระบบประสาทอย่างหนึ่งที่พบได้บ่อยครั้ง ผู้ป่วยที่มีอาการอ่อนแรงจะไม่สามารถใช้งานหรือควบคุมกล้ามเนื้อได้ตามปกติ เช่น หากผู้ป่วยมีอาการอ่อนแรงของแขน ผู้ป่วยจะไม่สามารถยับแขนขึ้นลงได้ตามปกติ คนทั่วไปมักเรียกอาการเหล่านี้ว่า “อาการอัมพาต” อาการอ่อนแรง เกิดขึ้นจากความผิดปกติของระบบประสาทสั่งการหรือระบบสั่งการ สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย การมีรอยโรคในส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบสั่งการนั้น พบว่ามีลักษณะอาการแตกต่างกันออกไป แพทย์จึงสามารถวินิจฉัยได้ว่าผู้ป่วยมีรอยโรคอยู่บริเวณส่วนใดของระบบสั่งการและจะต้องได้รับการบำบัดรักษาด้วยวิธีการที่แตกต่างกันไป [1-7] เช่นการบำบัดด้วยตนเอง(กายบริหาร)หรือการใช้อุปกรณ์ช่วยในการบำบัด ซึ่งผลที่ออกมาพบว่าการมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการบำบัดผู้ป่วยมีประสิทธิภาพมากกว่าการบำบัดด้วยตนเองโดยใช้ระยะเวลาในการฟื้นฟูสภาพร่างกายให้ดีขึ้นเหมือนปกติเป็นตัวกำหนด อย่างไรก็ตามการบำบัดรักษาก็จะต้องมีผู้ช่วยหรือคนคอยดูแลอย่างใกล้ชิดจนกว่าผู้ป่วยจะช่วยเหลือตัวเองได้ [8-20] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์กายภาพในส่วนของช่วงท่อนแขนไปจนถึงช่วงมือและนิ้วมือแบบการเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองและผู้สูงอายุที่มีอาการกล้ามเนื้อในส่วนแขนและมืออ่อนแรง ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ดังใจ ให้ผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้มีพัฒนาการทางด้านการเคลื่อนไหวดีขึ้น กลับมาเป็นปรกติหรือใกล้เคียงอย่างแต่ก่อนเพื่อให้สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ อีกทั้งเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องมือแพทย์เพื่อใช้ในฟื้นฟูสรรถภาพร่างกายที่สามารถผลิตได้ตามมาตรฐานและเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมและผลิตขึ้นในใช้เองในประเทศไทยเพื่อลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ อีกทั้งเป็นการส่งเสริมและขยายโอกาสในการเข้าถึงการรักษาที่มีประสิทธิภาพในประเทศไทยอีกด้วย

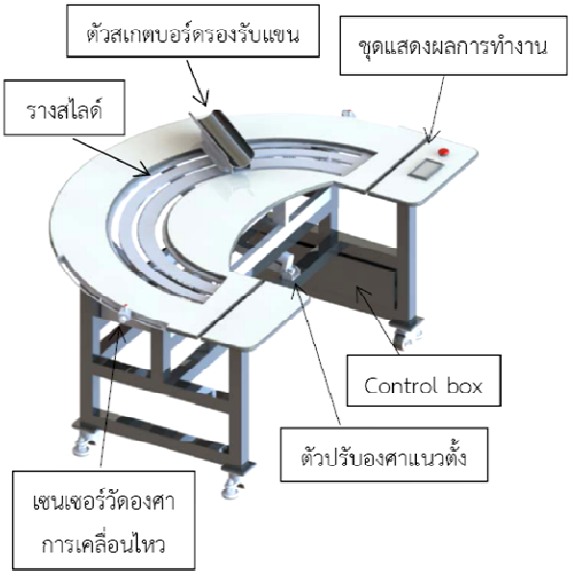
2. การคำนวณและการออกแบบ

2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของโต๊ะกายภาพบำบัด

โต๊ะกายภาพบำบัดแขนสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองออกแบบเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อแขนของผู้ป่วยที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงให้สามารถกลับมาใช้แขนได้ปกติหรือกลับมาใช้งานได้ใกล้เคียงเดิมมากที่สุดโดยมีขอบเขตดังนี้

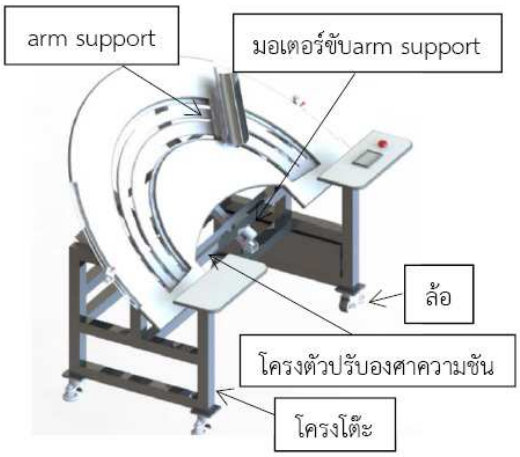
- สร้างอุปกรณ์ที่ควบคุมการเรียนรู้ซ้ำเพื่อใช้ฟื้นฟูสมรรถภาพของแขนในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง
- สามารถกวาดแขนได้ 0 – 180 องศา
- สามารถปรับองศาความชันของเครื่องกายภาพบำบัดได้ 0 - 70 องศา
- สามารถนับจำนวนรอบของการกายภาพบำบัดได้

มีโครงสร้างและส่วนประกอบดังรูปที่ 1 และขนาดโดยรวมดังรูปที่ 3

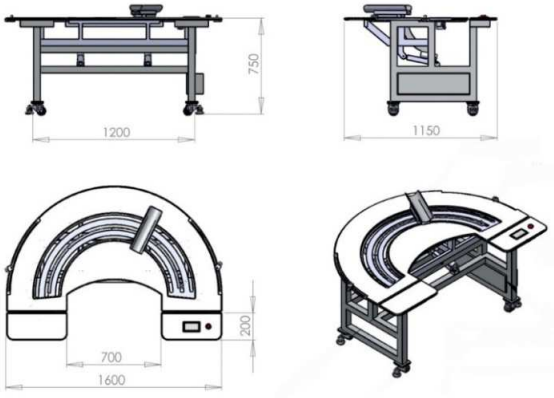


รูปที่ 1 ส่วนประกอบโดยรวมอุปกรณ์

ในส่วนของการวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างจะใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ในการวิเคราะห์ จะใช้แบบจำลองโครงสร้างโต๊ะกายภาพบำบัด ส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 2 และมีรายละเอียดวัสดุดังตารางที่ 1

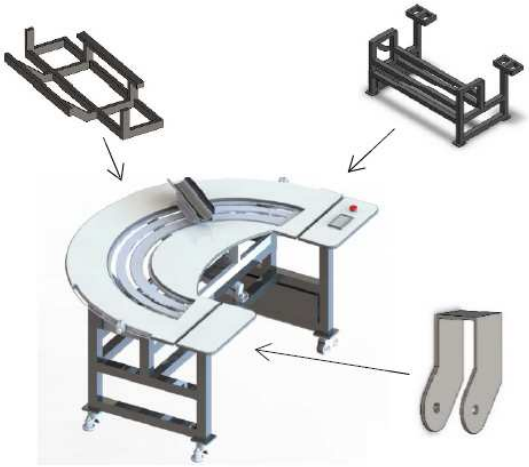


รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบหลัก



รูปที่ 3 ขนาดโดยรวมของอุปกรณ์ (หน่วย : mm)

การตั้งค่าคุณสมบัติวัสดุของแต่ละส่วนประกอบคุณสมบัติของวัสดุโต๊ะกายภาพตามสภาพการทำงานจะแสดงอยู่ในตารางที่ 1



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของโต๊ะกายภาพที่นำมาวิเคราะห์

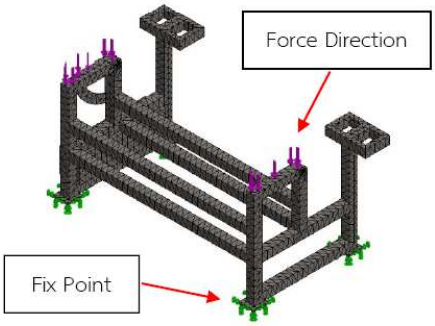
2.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพบำบัด

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพบำบัดด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรมSolidWorks Simulation โดยวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วน ผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อใหญ่ ๆ คือ ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Stress) ระยะการเสียรูป (Displacement) ค่าความเครียดสูงสุด (Maximum Strain) และค่าความปลอดภัย (Safety Factor) โดยกำหนดให้ค่าความปลอดภัยเทียบกับค่าความเค้นที่จุดคราก (Yield strength) ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.5

ชิ้นส่วน	วัสดุ	Elastic modulus(GPa)	Poisson ratio	Yield strength(MPa)
โครงโต๊ะ	AISI 304	190	0.29	206
โครงตัวปรับองศา	AISI 304	190	0.29	206
ที่ยึดจุดหมุน	AISI 304	190	0.29	206

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของโครงสร้าง

คำจำกัดความของเงื่อนไขขอบเขตคำจำกัดความของเงื่อนไขขอบเขตที่ฐานของชุดประกอบด้านล่าง เป็นการจำรองแรงที่เกิดขึ้นในโครงของตัวโต๊ะกายภาพ โดยเอกสารนี้จะเป็นการนำเสนอการวิเคราะห์การทำงานที่จุดวิกฤติ (มุม 0 ° และมุมเงย 80°) ภายใต้ภาระแรงวิกฤตที่เกิดจากน้ำหนักแขน+น้ำหนักอุปกรณ์ที่กระทำกับโครงโต๊ะ+น้ำหนักตัวปรับระดับ ดังนั้น W_{net} = 464.15 N โดยให้แรงโน้มถ่วง g = 9.81 m/s^2, SF=2 (มวลของตัวโต๊ะโดยรวมคือ 23.16 กก.) แสดงในรูปที่ 5 mesh เป็นขั้นตอนสำคัญในการออกแบบและวิเคราะห์แรงโดยถูกแบ่งออกเป็น element และคำนวณด้วยวิธีการ Finite แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แบบจำลององค์ประกอบ

เกณฑ์ความเครียด "Von-Mises" นั้นขึ้นอยู่กับทฤษฎี "Mises-Hencky" หรือที่เรียกว่า ทฤษฎีพลังงานเฉือนหรือพลังงานการเปลี่ยนรูปสูงสุดทางทฤษฎีตามความเครียดหลักของσ_1, σ_2และσ_3ความเครียด von-Mises จะได้สูตรคำนวณตามดังนี้

$$\sigma_{vonMiscs}=\{[(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_1-\sigma_3)^2\ ]/2\}^{\frac{1}{2}}$$

ทฤษฎีนี้แสดงให้เห็นว่าผลผลิตของวัสดุที่เกิดขึ้นภายใต้การกระทำของความเครียด Von-Mises เทียบเท่ากับความเครียดสูงสุดจะได้สูตรคำนวณดังนี้

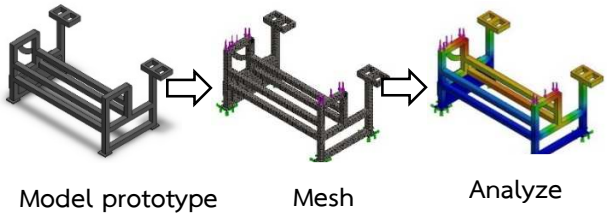
$$FOS = \sigma_{limit} / \sigma_{vonMises}$$

2.3 ขอบเขตและเงื่อนไขการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์และสมมุติฐานไว้ดังนี้

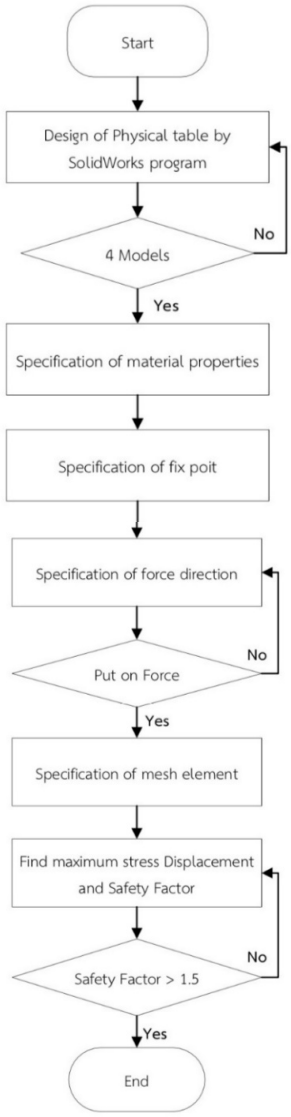
- วัสดุของแบบจำลองโครงสร้างหลักเป็นเนื้อเดียวกันและมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง
- การวิเคราะห์เป็นแบบสถิตศาสตร์
- ไม่คิดความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นหลังจากการผลิต
- กำหนดภาระโหลดตามขอบเขตและคุณสมบัติทางกลของวัสดุตามคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้
- กำหนดโครงตาข่ายเป็นแบบ 3D Mesh

เริ่มต้นด้วยการออกแบบโต๊ะกายภาพบำบัดบนโปรแกรม SolidWorks เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพและรวมแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ในโปรแกรม SolidWorks COSMOSWorks เพื่อหาค่าต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับโต๊ะกายภาพ ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการออกแบบของโต๊ะกายภาพบำบัด

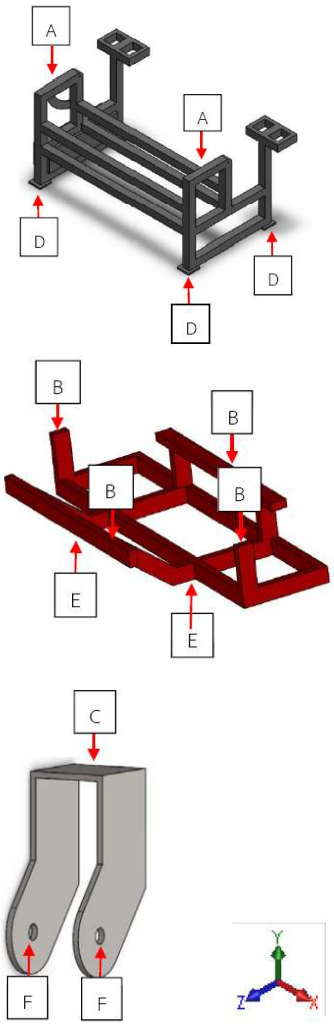
แบ่งการออกแบบและการวิเคราะห์ออกเป็น 4 หัวข้อซึ่งได้แก่ ความเครียดสูงสุด ระยะการเสียรูป ค่าความเครียดสูงสุด และปัจจัยด้านความปลอดภัยโดยการตั้งค่าปัจจัยความปลอดภัยเทียบกับความเครียดที่ความแข็งแรงของผลผลิตด้วยเหตุนี้จึงแสดงให้เห็นว่าโมดูลัสของ Yield strength เท่ากับ 206 MPa ตามลำดับซึ่งกำหนดขนาดของแรงที่กระทำในทิศทางมีค่าเท่ากับ 464.15 N (ประมาณ 47.31kg) ขั้นตอนของการหาความเครียด, การกระจัดและปัจจัยด้านความปลอดภัยตามที่แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 The chart of analytical process

2.4 การกำหนดจุดยึดและภาระโหลดกระทำ

ภาระโหลดที่กระทำต่อโต๊ะกายภาพบำบัด พิจารณาจากน้ำหนักของโครงสร้างและของผู้ที่ไต่หน้าผา (ตามขอบเขตที่กำหนด) ได้แสดงดังรูปที่ 7 และ ตารางที่ 2



รูปที่ 8 แสดงตำแหน่งของภาระโหลดที่กระทำโครงสร้าง

ตารางที่ 2 ภาระโหลดที่กระทำ ณ ตำแหน่งต่างๆ (N)

ตำแหน่ง	แกน X	แกน Y	แกน Z	หมายเหตุ
A	0	464.15	0	-
B	0	327.85	0	-
C	0	152.64	0	-
D	0	0	0	Fix point
E	0	0	0	Fix point
F	0	0	0	Fix point

2.5 สมการคำนวณหา Displacement ระยะการโก่งงอของเสา

$$Y_{max} = e\left[\sec\left(\sqrt{\frac{PL}{EI2}}\right)-1\right]$$

สูตรคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อย

$$I = \frac{1}{12}(a_0^4-a_1^4)$$

เมื่อ Y_{max} คือ ระยะการโก่งงอของเสาสูงสุด,m

e คือ ระยะของด้านเสาหาร 2 , m

P คือ โหลดที่กระทำ , N

L คือ ความยาวของเสา , m

E คือ Elastic modulus , Pa

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย , m^4

a_0 คือ ขนาดด้านเสาวงนอก , m

a_1 คือ ขนาดด้านเสาวงใน , m

2.6 สมการคำนวณหาความโก่งงอของคานโครงโต๊ะกายภาพบำบัด

$$y = \frac{5WL^4}{384EI}$$

เมื่อ y คือ ความโก่งงอของคานโครงโต๊ะ , m

W คือ โหลดที่กระทำ , N

L คือ ระยะความยาวของคาน , m

E คือ Elastic modulus , Pa

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย , m^4

2.7 สมการคำนวณหากำลังของมอเตอร์(ปรับองศาความชัน/มอเตอร์ขับเคลื่อน armsupport)

$$P = F \cdot V \cdot SF$$

เมื่อ P คือ กำลังของมอเตอร์ , Watt

F คือ น้ำหนักที่มากระทำ(mg) , N

V คือ ความเร็วเชิงเส้นในการขับเคลื่อน , m/s

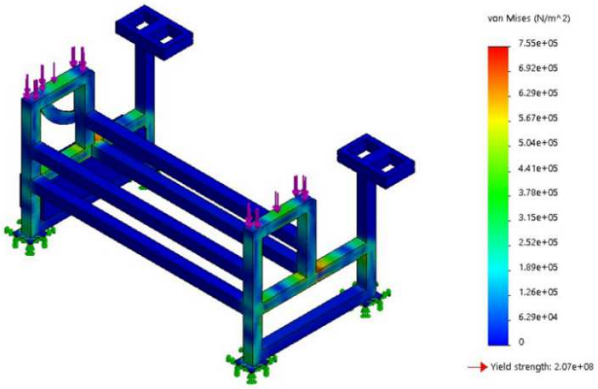
SF คือ ค่าความปลอดภัย

3. ผลการวิเคราะห์และทดสอบ

3.1 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงโต๊ะ

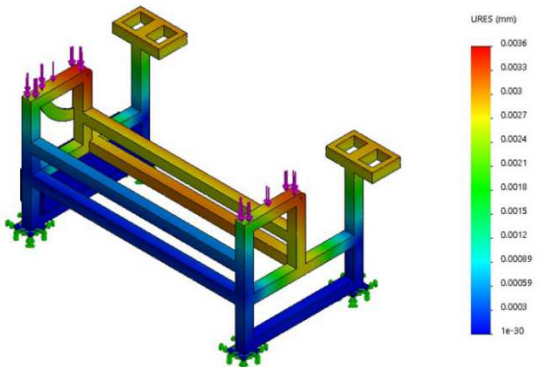
ผลการวิเคราะห์จะแสดงในส่วนของโครงโต๊ะและตัวปรับองศาความชัน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญของโต๊ะกายภาพบำบัด ผลการวิเคราะห์ในชิ้นส่วนอื่น ๆ ได้แสดงดังตารางที่ 3

ในส่วนของโครงโต๊ะจะขึ้นรูปด้วยเหล็กกล่องขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้วขนาด50.8 x 46.8 x2 mmผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น (Stress Distribution) ภายในโครงโต๊ะ จะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้นที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณคานของโต๊ะ โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้นมากที่สุดเท่ากับ 7.55 x 10^5 N/m^2 และค่าต่ำสุดคือ 6.29 x 10^4 N/m^2 ดังรูปที่ 8 พบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าโครงโต๊ะรับภาระโหลดที่กระทำได้สำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้นค่อนข้างสม่ำเสมอ



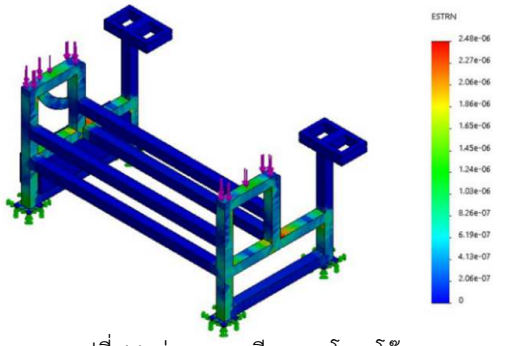
รูปที่ 9 ค่าความเค้นของโครงโต๊ะ

ผลการวิเคราะห์ระยะโก่งงอ(Displacement) ของโครงโต๊ะนั้น จะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดของโครงโต๊ะนั้นจะมีระยะการเคลื่อนตัวมากที่สุดตรงบริเวณช่วงกลางคานของโครงโต๊ะ โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.0036 mm ดังรูปที่ 9 ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบโครงโต๊ะเพราะเมื่อระยะการโก่งงอของโครงโต๊ะ มีค่าที่น้อย แสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวค่อนข้างที่จะมีการเคลื่อนตัวน้อยหรือแข็งแรงมาก (Rigid and Solid)



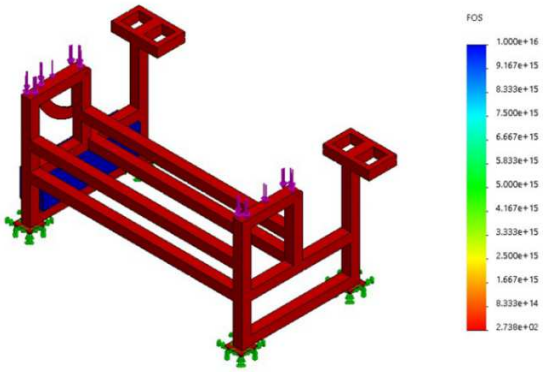
รูปที่ 10 ค่าการกระจัดของโครงโต๊ะ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเครียด(Strain)สูงสุดคือ 2.48 x 10^{-6} และต่ำสุดคือ 2.06 x 10^{-7} ดังรูปที่ 10 ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณกลางคานโครงโต๊ะเช่นเดียวกับความเค้น



รูปที่ 11 ค่าความเครียดของโครงโต๊ะ

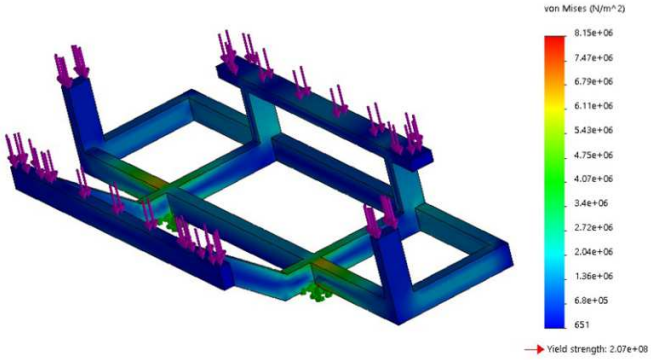
ค่าความปลอดภัยของโครงโต๊ะสามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 2.738 x 10^2 ดังรูปที่ 11 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยมากเกินพอ



รูปที่ 12 ค่าความปลอดภัยของโครงโต๊ะ

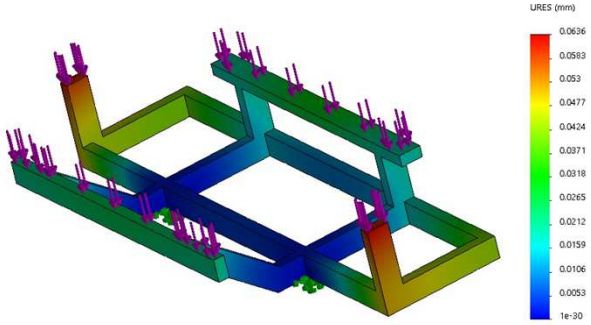
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวปรับองศาความชันที่ 0 องศา

ผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น(Stress Distribution) ภายในตัวปรับองศาความชันจะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้น ที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณช่วงโครงของจุดยึด โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้นมากที่สุดเท่ากับ 8.15 x 10^6 N/m^2 และค่าต่ำสุดคือ 6.8 x 10^5 N/m^2 ดังรูปที่ 12 จะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าตัวปรับองศารับภาระโหลดที่กระทำได้สำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้นค่อนข้างสม่ำเสมอ



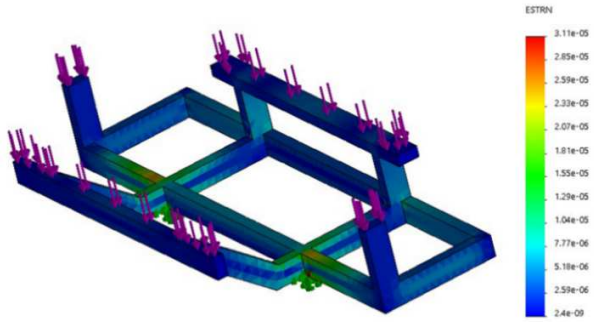
รูปที่ 13 ค่าความเค้นของตัวปรับองศาความชัน

ผลการวิเคราะห์ระยะการโก่งงอ (Displacement) ของตัวปรับองศาความชันนั้นจะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดมากที่สุดตรงบริเวณคานตัวปรับองศาความชัน โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.0636 mm. ดังรูปที่13 ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบตัวปรับองศาความชัน แสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวแข็งแรง



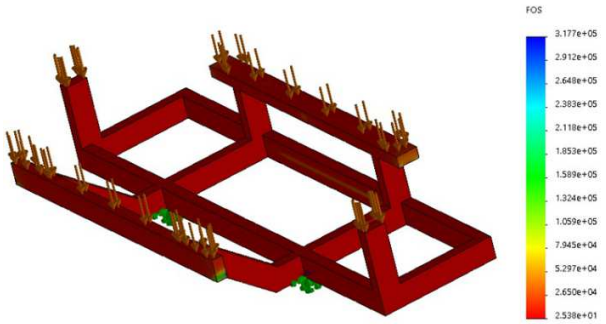
รูปที่ 14 ค่าการกระจัดของตัวปรับองศาความชัน

ผลการวิเคราะห์ค่าความเครียด (Strain) สูงสุดคือ 3.11 $\times 10^{-5}$และต่ำสุดคือ 2.4 $\times$ 10^{-9} ดังรูปที่ 14 ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณช่วงโครงของจุดยึดเช่นเดียวกับความเค้น



รูปที่ 15 ค่าความเครียดของตัวปรับองศาความชัน

ค่าความปลอดภัยของตัวปรับองศาความชันสามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นบริเวณจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 25.38 ดังรูปที่ 15 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยเพียงพอ

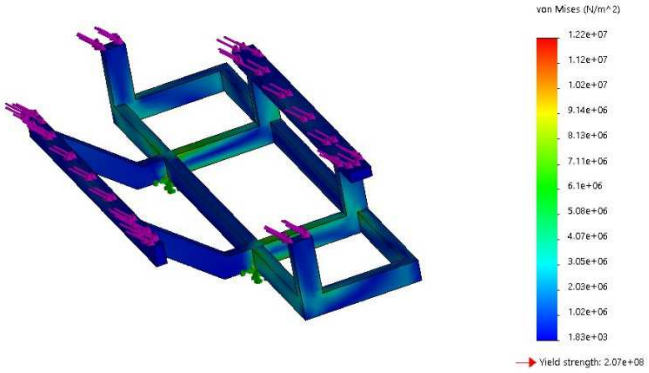


รูปที่ 16 ค่าความปลอดภัยตัวปรับองศาความชัน

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของตัวปรับองศาความชันที่ 80 องศา

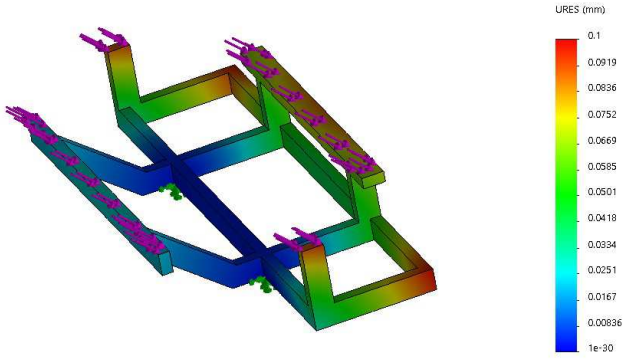
ผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น(Stress Distribution) ภายในตัวปรับองศาความชัน จะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้นที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณช่วงโครงของจุดยึด โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้นมากที่สุดเท่ากับ 1.22 x 10^7 N/m^2 และค่าต่ำสุดคือ 1.83 x 10^3 N/m^2 จะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าตัวปรับองศารับภาระโหลดที่

กระทำได้สำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้นค่อนข้างสม่ำเสมอ



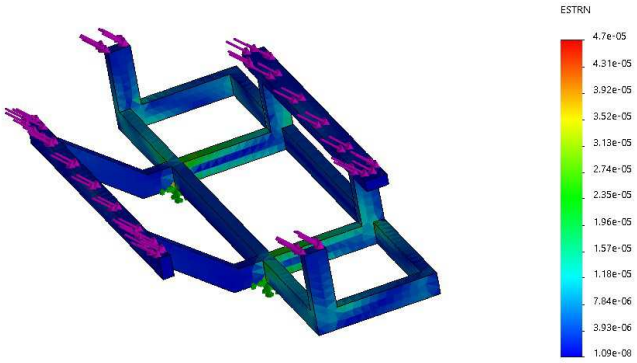
รูปที่ 17 ค่าความเค้นของตัวปรับองศาความชัน

ผลการวิเคราะห์ระยะการโก่งงอ(Displacement) ของตัวปรับองศาความชันนั้นจะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดของตัวปรับองศาความชันนั้นจะมีระยะการเคลื่อนตัวมากที่สุดตรงบริเวณคานตัวปรับองศาความชัน โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.1 mm. ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก แสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวแข็งแรง



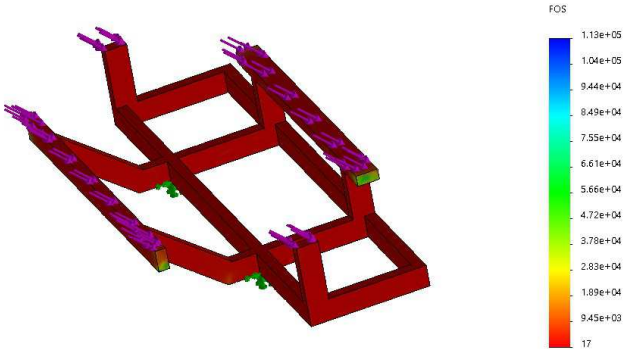
รูปที่ 18 ค่าการกระจัดของตัวปรับองศาความชัน

ผลการวิเคราะห์ค่าความเครียด (Strain) สูงสุดคือ 4.7×10^{-5} และต่ำสุดคือ 1.09×10^{-8} ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณช่วงโครงของจุดยึดเช่นเดียวกับความเค้น



รูปที่ 19 ค่าความเครียดของตัวปรับองศาความชัน

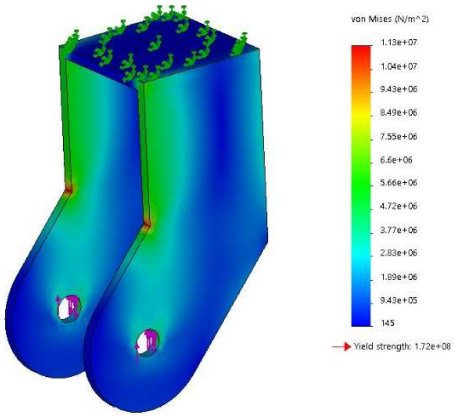
ค่าความปลอดภัยของตัวปรับองศาความชัน สามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นบริเวณจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 17 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยเพียงพอ



รูปที่ 20 ค่าความปลอดภัยตัวปรับองศาความชัน

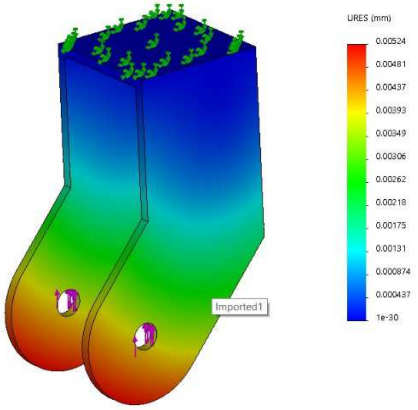
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของที่ยึดจุดหมุน

ผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้น (Stress Distribution) ภายในที่ยึดจุดหมุน จะเห็นได้ว่าการกระจายของความเค้นที่มีค่ามากนั้น คือ บริเวณจุด (Fixtures) โดยบริเวณดังกล่าวนี้จะมีค่าของความเค้น มากที่สุดเท่ากับ 1.13×10^{7} N/m^2 และค่าต่ำสุดคือ 145 N/m^2 จะพบว่าค่าความเค้นสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่า (Yield Strength) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าจะไม่ทำให้ที่ยึดจุดหมุนดังกล่าวเกิดความเสียหายทางกลได้เลย สำหรับในส่วนบริเวณอื่นๆ จะมีการกระจายของความเค้นค่อนข้างสม่ำเสมอ



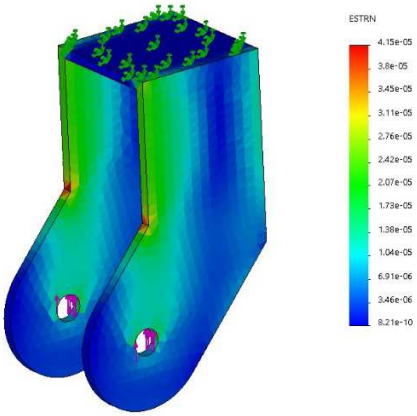
รูปที่ 21 ค่าความเค้นของที่ยึดจุดหมุน

ผลวิเคราะห์ระยะการโก่งงอ (Displacement) ของที่ยึดนั้นจะเห็นได้ว่าระยะการโก่งงอสูงสุดของที่ยึดจุดหมุนนั้นจะมีระยะการโก่งงอมากที่สุดตรงบริเวณช่วงขาที่ยึดจุดหมุน โดยมีระยะการโก่งงออยู่ที่ 0.00524 mm. ซึ่งถือได้ว่ามีค่าค่อนข้างน้อยมาก ซึ่งเป็นผลดีต่อการออกแบบที่ยึดจุดหมุน เพราะเมื่อระยะการโก่งงอของที่ยึดจุดหมุนมีค่าที่น้อย แสดงว่าโครงสร้างดังกล่าวแข็งแรง



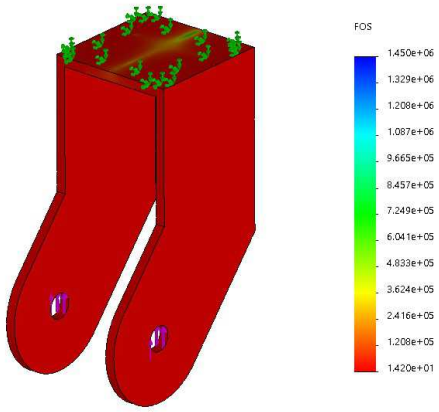
รูปที่ 22 ค่าการกระจัดของที่ยึดจุดหมุน

ผลการวิเคราะห์ค่าความเครียด (Strain) ค่าความเครียด (Strain) สูงสุดคือ 4.15 $\times 10^{-5}$ และต่ำสุดคือ 8.21 $\times$ 10^{-10} ซึ่งค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณจุด (Fixtures) เช่นเดียวกับความเค้น



รูปที่ 23 ค่าความเครียดของที่ยึดจุดหมุน

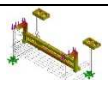
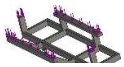
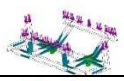
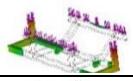
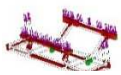
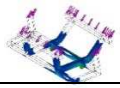
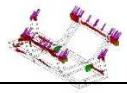
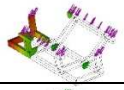
ค่าความปลอดภัยของที่ยึดจุดหมุนสามารถตรวจสอบความปลอดภัยในการออกแบบโดยพบว่ามีค่าความปลอดภัยน้อยที่สุดที่เกิดขึ้นบริเวณจุด (Fixtures) มีค่าเท่ากับ 14.20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยมากเกินพอ



รูปที่ 24 ค่าความปลอดภัยที่ยึดจุดหมุน

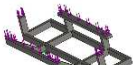
ผลการวิเคราะห์ของการแจกแจงต่างๆบน โต๊ะกายภาพตัวอย่างเช่นความเค้นสูงสุดการกระจัดสูงสุดและปัจจัยด้านความปลอดภัยสามารถแสดงได้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์โดยที่ความเค้นสูงสุดการลดลงสูงสุดและปัจจัยด้านความปลอดภัยขั้นต่ำของแบบจำลองโต๊ะกายภาพ

Force Direction	MaximumStress (MPa)	Displacement (mm)	Safety Factor
			
			
			
			

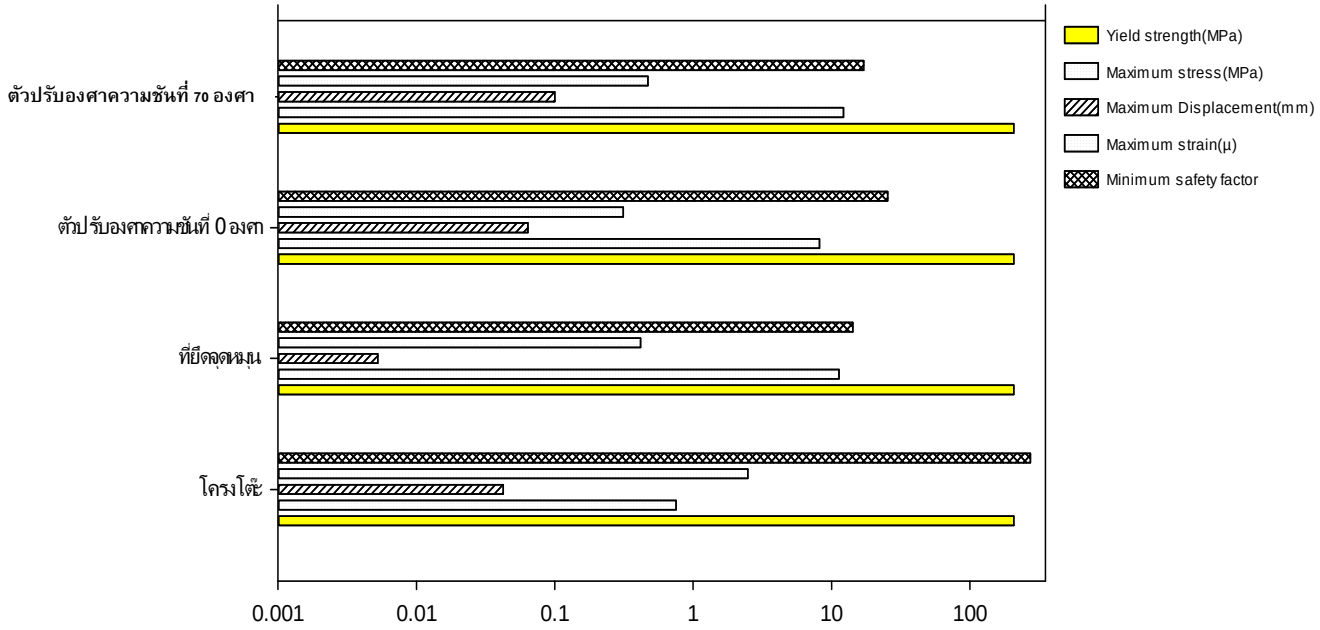
ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพนี้สามารถสรุปได้เป็นตารางซึ่งรวมถึงความเค้นสูงสุดการเคลื่อนที่และปัจจัยด้านความปลอดภัย

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ของโต๊ะกายภาพ

Force Direction	MaximumStress (MPa)	Displacement (mm)	Safety Factor
	0.75	0.0424	273.8
	8.15	0.0636	25.38
	12.2	0.1	17
	11.3	0.00524	14.20

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโต๊ะกายภาพบำบัดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธี Finite Element

Component	Material	Yield strength (MPa)	MaximumStress (MPa)	Maximum Displacement (mm)	MaximumStrain (μ)	Minimum Safety Factor
โครงโต๊ะ	AISI 304	206.807	0.75	0.0424	2.48	273.8
ที่ยึดจุดหมุน	AISI 304	206.807	11.3	0.00524	0.415	14.20
ตัวปรับองศาความชันที่ 0 องศา	AISI 304	206.807	8.15	0.0636	0.311	25.38
ตัวปรับองศาความชันที่ 70 องศา	AISI 304	206.807	12.2	0.1	0.47	17



รูปที่ 25 กราฟแสดงค่าต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์

3.2 ผลการสร้างต้นแบบจากการวิเคราะห์

เมื่อนำผลจากการออกแบบและวิเคราะห์มาสร้างจริง พบว่าโครงสร้างทั้งหมดมีความแข็งแรง ไม่เกิดความเสียหาย มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ภายใต้ขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 16 ได้แสดงโต๊ะกายภาพ



รูปที่ 26 โต๊ะกายภาพบำบัดที่พัฒนาขึ้นมา

4. สรุปผลการทดลอง

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมแบบการเรียนรู้ซ้ำ ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายการออกแบบกลไกและวิเคราะห์โครงสร้างโต๊ะกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง เพื่อใช้ฝึกทักษะการขยับแขนในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองหรือผู้ที่มีอาการกล้มเนื้ออ่อนแรง เครื่องต้นแบบสามารถปรับองศาความชันได้ เพื่อให้มีมุมขององศาความชันที่แตกต่างและเหมาะสมกับการกายภาพ การวิเคราะห์แบบจำลองอยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด โดยมีชิ้นส่วนหลักที่นำมาวิเคราะห์ คือ โครงโต๊ะกายภาพ, โครงที่ปรับองศาความชัน และตังยึดโครงโต๊ะกับมอเตอร์ โดยผลการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็นหัวข้อใหญ่ๆ คือ ค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Stress) ระยะการเสียรูป (Displacement)) ค่าความเครียดสูงสุด (Maximum Strain) และค่าความปลอดภัย (Safety Factor) จากการวิเคราะห์พบว่าเกิดค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 0.75MPa ค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 2.48×10^{-6} ค่าระยะการเสียรูปสูงสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 0.0424mm และค่าความปลอดภัยต่ำสุดเกิดขึ้นที่โครงโต๊ะกายภาพ มีค่าเท่ากับ 273.8 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าโครงโต๊ะกายภาพมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นที่กระทำกับตัวโครงโต๊ะได้เป็นอย่าดี โครงสร้างทั้งหมดมีความแข็งแรง ไม่เกิดความเสียหาย มีความเหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ได้ ผลจากการออกแบบและวิเคราะห์สามารถนำมาสร้างโต๊ะกายภาพเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงแขนที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง ได้จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณแผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Thaihealthlife. (2552). การแตกของหลอดเลือดในสมอง. วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2563 จาก Thaihealthlife. เว็บไซต์: http://thaihealthlife.com.

[2] นิติภรณ์ แจวจันทึก. (2559). ประเภทโรคหลอดเลือด. วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2563 จากบทความแมคคอร์มิค เว็บไซต์: http://mccormickhospital.blogspot.com

[3] หลินจือ พลัส ชิตาเกะ. (2560). การอุดตันของเลือดในสมอง. วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2563 จาก หลินจือ พลัส ชิตาเกะ. เว็บไซต์: http://lingzhiplusshiitake.com

[4] Thaided. (2560). บรรเทาอาการปวดหัว. วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2563 จาก Upyim. เว็บไซต์: https://thaided.com/2641

[5] Songyeon Choi, Kyeongmin Kim, Myeounghoon การควบคุม Glial ในเยื่อหุ้มสมองชั้นนอกช่วย บรรเทาอาการปวดประสาทที่เกิดจากการบาดเจ็บของเส้นประสาท วันที่ค้นข้อมูล 18 มกราคม 2564 จาก Cha, Bae Hwan Lee Yonsei University College of Medicine เว็บไซต์: https://doi.org/10.1016/j.ibror.2019.07.898

[6] Jongsook Sanguantrakul, Nattawat Soontreekulpong,ThanawinTrakoolwilaiwan,Yodchanan Wongsawat การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของร่างกายโดยใช้คลื่นไฟฟ้าสมองในการทำงานของผู้ป่วยอัมพาต วันที่ค้นข้อมูล 18 มกราคม 2564 จาก Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University, Nakhon Pathom,Thailand เว็บไซต์:https://doi.org/*10.1016/*j.ibror.2019.07.897

[7] Kyeongmin Kim, Songyeon Choi, Myeounghoon ฤทธิ์บรรเทาความเจ็บปวดของสารยับยั้ง mTOR ในเยื่อหุ้มสมองชั้นนอกของหนูที่มีระบบประสาท วันที่ค้นข้อมูล 18 มกราคม 2564 จาก Cha, Bae Hwan Lee Yonsei University, Seoul, Republic of Korea เว็บไซต์: https://doi.org/10.1016/j.ibror.2019.07.899

[8] พงศกร บำรุงไทย. (2558). การฟื้นฟูการควบคุมแขนสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยใช้อุปกรณ์ตรวจรู้ความลึกร่วมกับเกม. ม.ป.ท.: ม.ป.พ. เว็บไซต์: http://www.sci.rmutt.ac.th

[9] S. D. Horn, G. DeJong, R. J. Smout, J. Gassaway, R. James, and B. Conroy,"Stroke rehabilitation patients, practice, and outcomes: is earlier and more aggressive therapy better?," Arch Phys Med Rehabil, vol. 86,no. 12 Suppl 2, p. S101-S114, Dec. 2005.

[10] P. S. Lum, C. G. Burgar, M. V. D. Loos, P. C. Shor, M. Majmundar, and R. Yap,"MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study," J Rehabil Res Dev,vol. 43, no. 5, p. 631, 2006.

[11] S. Coote, B. Murphy, W. Harwin, and E. Stokes, "The effect of the GENTLE/s robotmediated therapy system on arm function after stroke," Clin Rehabil, vol. 22, no. 5, pp. 395-405, May. 2008

[12] D. J. Reinkensmeyer, L. E. Kahn, M. Averbuch, and A. Mckenna-cole, "Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury : Progress with the ARM guide," J Rehabil Res Dev, vol. 37, no. 6,pp. 653-662, 2000.

[13] Domien Gijbels and staff, 2011, "The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis:a pilot study", Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation

[14] Lukas Zimmerli and staff, 2012, "Validation of a mechanism to balance exercise difficulty in robot-assisted upper-extremity rehabilitation after stroke",Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation

[15] Mohamed Bouri, Charles Baur and Reymond Clavel, 2013, "Handreha":A new Hand and Wrist Haptic Device for Hemiplegic Children", ACHI 2013:The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions.

[16] Author's Biography "Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities" Medical & Biological Engineering & Computing 2005, Vol. 43 Med. Biol. Eng. Comput.,2005,43,2-10

[17] Shahrol Mohamaddan "Development of Upper Limb Rehabilitation Robot Device for Home Setting" Procedia Computer Science 76 (2015) 376 – 380

[18] Rong Song, Kai-yu Tong, Xiaoling Hu and Wei Zhou"Myoelectrically controlled wrist robot for stroke rehabilitation"Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation volume 10, Article number: 52 (2013)

[19] Yating Zhao , Changyong Liang , Zuozuo Gu , Yunjun Zheng and Qilin Wu"A New Design Scheme for Intelligent Upper Limb Rehabilitation Training Robot"Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17,2948

[20] Luis I. Lugo–Villeda, Antonio Frisoli and Massimo Bergamasco Vicente Parra–Vega"Robust Tracking of the Light–Exoskeleton for Arm Rehabilitation Tasks" Volume 42, Issue 16, 2009, Pages

เอกสาร Manuscript สำหรับการตีพิมพ์เผยแพร่

2. “นวัตกรรมเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพช่วงมือที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุและผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง”

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการกายภาพมือแบบเรียนรู้ซ้ำเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง: กรณีศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ตำแหน่งของแป้นพิมพ์ในการฝึกทำกิจกรรมของกล้ามเนื้อแขนและกล้ามเนื้อมือ

Development of an Iterative Learning of Hand Program for Stroke Rehabilitation: The Feasibility Study case

ประมวล ชูรัตน์[1] วรพล อร่ามรัศมีกุล[2] นิตต์อลิน พันธุ์อภัย[1] เกศินี สิทธิสา[1] เปรมมณี อวยศิลป์[1] และ ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง[1*]
ห้องปฏิบัติการพัฒนานวัตกรรมและระบบอัตโนมัติ (Innovation Development and Automation System Laboratory)
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120
[2]คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ นครนายก 26120
*Corresponding author Email: teeerapath@g.swu.ac.th
Pramual Choorat[1] Woraphon Aramrussameekul[2] Nittalin Phun-apai[1] Kasinee Sittisa[1] Premmanee Auysin[1] and Teerapath Limboonruang[1*]
Innovation Development and Automation System Laboratory (I-DAS Laboratory),
[1]Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhornayok 26120
[2]Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhornayok 26120
*Corresponding author Email: teeerapath@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมสำหรับฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือและช่วยนักกายภาพบำบัดประเมินสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือได้ในเบื้องต้น ซึ่งการทำงานของตัวโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกันคือ 1) โปรแกรมกายภาพบำบัดกล้ามเนื้อมือที่มีลักษณะการทำงานอยู่ในรูปแบบของเกมที่ต้องทำการรับค่ามาจากแป้นพิมพ์ซึ่งอาศัยหลักการของกล้ามเนื้อแขนและขนาดโครงสร้างมือของคนไทยมาใช้ในการออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์ โดยทำการทดสอบรวมกันทั้งหมด 5 ท่า และโปรแกรมจะให้ผลลัพธ์ค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุในโปรแกรมจนครบ และ 2) โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน ซึ่งเป็นการนำผลลัพธ์ของค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุจากโปรแกรมกายภาพบำบัดมาป้อนข้อมูลเพื่อแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน จากการทดลองโดยการเปรียบเทียบระหว่างกายภาพบำบัดแบบปกติกับกายภาพบำบัดแบบกดบนแป้นพิมพ์ พบว่าการออกแบบกายภาพบำบัดมือด้วยตำแหน่งการกดปุ่มแป้นพิมพ์ใกล้เคียงกับการกายภาพบำบัดมือแบบปกติ ซึ่งท่าที่ทำให้กล้ามเนื้อตอบสนองได้ดีมากที่สุดคือท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย โดยค่าความถูกต้องของปฏิกิริยาการตอบสนองของกล้ามเนื้ออยู่ที่ร้อยละ 56.32 และค่าเฉลี่ยของทุกท่าอยู่ที่ร้อยละ 49.58 ค่าที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าการกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ส่งผลต่อกล้ามเนื้อปลายแขนกลุ่ม ECRL จากผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของแป้นพิมพ์และเกมคอมพิวเตอร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการการฝึกทำกิจกรรมของกล้ามเนื้อแขนและกล้ามเนื้อมือในเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การกายภาพบำบัดมือ การประเมินสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ABSTRACT

This paper is aim to develop a hand rehabilitation program for stroke patients who have muscle weakness in the fingers. Besides, the program desires to support the physiotherapists for obtaining the results of stroke patients during stroke rehab in everywhere. Our process is divided into two parts. First, a hand rehabilitation program is that run by a level of the game format. The keyboard is an input of the program. The physical structure of arm muscles and basic hand size of Thai population are applied to design the distance of the button on the keyboard in the games. The results of this part for collecting objects are showed in the time unit. Second, a report program is that

can be stored a result from hand rehabilitation programs. Then, a program show results in a report format. In the experiment, it's a comparison between normal hand physiotherapy and hand physiotherapy in the game. The results revealed that design a button on keyboard for hand physiotherapy in game is similar to normal hand physiotherapy. The position that makes the muscles respond most well is the movement of thumb - little finger. The accuracy of the muscles respond was 56.32% and the accuracy of all position was 49.58%. The results of these analyses showed that ECRL muscle has been responding while button pressed by tester. Finally, from this information can be used to develop for a hand rehabilitation of stroke patients.
Keyword: Hand physiotherapy, Results of stroke patients during stroke rehab.

1. บทนำ

โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) เป็นภาวะที่สมองขาดเลือดไปหล่อเลี้ยง ซึ่งเกิดจากหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองตีบ ตัน หรือแตก ส่งผลให้เซลล์สมองตายในที่สุด ถือเป็นโรคทางระบบประสาทที่มีความรุนแรงทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิต จากสถิติขององค์การอัมพาตโลก (World Stroke Organization: WSO) [1] พบว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิต ทั่วโลกมีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมองจำนวน 80 ล้านคน และพิการจากโรคหลอดเลือดสมองจำนวน 50 ล้านคน สำหรับในประเทศไทย จากรายงานสถิติสาธารณสุขกระทรวงสาธารณสุขพบว่าอัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองต่อประชากรแสนคน ปี 2555-2559 และมีแนวโน้มว่าจำนวนผู้เสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดสมองจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่า ในอนาคต และจากรายงานภาระโรคและการบาดเจ็บของประชาชนไทย พ.ศ. 2557 พบว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุของการสูญเสียปีสุขภาวะจากการตายก่อนวัยอันควรเป็นอันดับ 2 ในเพศชายและอันดับ 1 ในเพศหญิง

โดยภายหลังการเจ็บป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมองนั้น ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีความพิการที่เรียกว่า “อัมพาต” มีการสูญเสียการทรงตัวตามปกติ เคลื่อนไหวลำบาก ตาพร่ามัว ชาที่ใบหน้า สูญเสียการรับรู้ความรู้สึกของร่างกายในส่วนที่เป็นอัมพาต [2] เกิดความพิการหรือข้อจำกัดในการทำหน้าที่ของอวัยวะในร่างกาย เช่น แขน ขา เป็นต้น จากข้อมูลบันทึกการรักษาโรคหลอดเลือดสมองของศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูได้ระบุไว้ว่าการกายภาพบำบัดกรณีที่ผู้ป่วยทำโดยลำพังในช่วงแรก (1-2 สัปดาห์) ของระยะฟื้นฟู ผู้ป่วยมีพัฒนาการในการใช้มืออยู่ในระดับที่ดีกว่าการใช้ขา โดยการฟื้นฟูสมรรถภาพซึ่งการกายภาพบำบัดขานั้น จำเป็นต้องมีผู้ช่วยเหลือ ไม่สามารถทำด้วยตนเองได้ดีเท่าการใช้มือ เพราะฉะนั้นการกายภาพบำบัดมือจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้อย่างชัดเจนและทำให้แพทย์หรือนักกายภาพสามารถประเมินสมรรถภาพของผู้ป่วยเพื่อทำการรักษาในระยะต่อไปได้

การกายภาพบำบัดเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจะเป็นลักษณะของการฝึกกล้ามเนื้อมือและแขน เช่น การนอนยกแขน การกระดกข้อมือ กำมือ แบมือ การงอเหยียดข้อศอก การจีบหรือขยับแยกนิ้วแต่ละนิ้ว เป็นต้น โดยการเคลื่อนไหวหรือท่าทางที่ใช้ในการกายภาพบำบัดจะเป็นไปตามพัฒนาการของผู้ป่วยที่แพทย์หรือนักกายภาพวินิจฉัยไว้ ซึ่งการกายภาพบำบัดนั้นจะเป็นไปในทิศทางของการทำซ้ำ ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของผู้ป่วยแต่ละคน จนบางครั้งทำให้ผู้ป่วยเกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายกับการทำท่าทางที่ซ้ำไปซ้ำมาและไม่ทราบผลลัพธ์ที่ชัดเจนว่าจะมีอาการที่ดีขึ้นในเวลาอันรวดเร็วหรือไม่ จากสถิติพบว่าผู้ป่วยกว่า 70% มักไม่ค่อยยอมทำกายภาพบำบัดตามที่แพทย์หรือนักกายภาพสั่ง ทำให้การรักษาใช้ระยะเวลานานขึ้น

ด้วยเหตุนี้จึงมีเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว เช่น MIRA เป็นโปรแกรมสำหรับผู้ป่วยเพื่อการกายภาพบำบัด โปรแกรมดังกล่าวประกอบด้วยมินิเกมหลายรูปแบบที่ผนวกการทำกายภาพบำบัดท่าทางต่าง ๆ เข้าไปในเกม โดยใช้อุปกรณ์เสริม Kinect ที่มีเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้เล่น หลังจากเล่นเกมเสร็จโปรแกรมจะแสดงผลคะแนนต่าง ๆ ออกมา ซึ่งผลคะแนนนี้นอกจากจะช่วยให้ผู้เล่นเห็นความก้าวหน้าการทำกายภาพบำบัดของตนเองแล้วแพทย์หรือนักกายภาพที่ดูแลผู้ป่วยก็สามารถใช้เพื่อตรวจสอบสถานะต่าง ๆ และปรับเปลี่ยนรูปแบบการรักษาให้เหมาะสมได้ในระยะต่อไป [3] แต่ MIRA มีข้อจำกัด คือ ในขณะเล่นเกมจะต้องตรวจจับอวัยวะร่างกายตั้งแต่หัว

จรดเท้า อาจสร้างความลำบากในการเล่นเกมให้กับผู้ป่วย เนื่องจากอาการของผู้ป่วยโรคนี้มีการเคลื่อนไหวที่ไม่สะดวกนัก และอีกงานวิจัยหนึ่งที่สามารถนำเข้ามาแก้ไขปัญหาได้ คือ Domien Gijbels และคณะ [4] มุ่งวิจัยในเรื่องการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายส่วนบนที่ทำงานผิดปกติอันเนื่องมาจากภาวะเส้นเลือดในสมอง โดยโครงการต้นแบบของงานวิจัยนี้ได้ให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทดลองใช้กลไกผสมผสานกับโปรแกรมช่วยฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายของผู้ป่วยโดยเน้นความแข็งแรงที่กล้ามเนื้อช่วงบน ซึ่งในการฝึกจะให้ผู้ป่วยทดลองใช้อุปกรณ์ช่วยจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ช่วงเวลาการฝึก 30 นาที จากผลการทดลอง Lukas Zimmerli และคณะ [5] ได้ศึกษาสาเหตุของความยากลำบากในการรักษาสมดุลของแขนกลไกของหุ่นยนต์ขณะที่ผู้ป่วยออกกำลังกาย พบว่าส่วนสำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ไม่สามารถแสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่ จะเห็นได้ว่ากลไกของระบบนี้มีข้อจำกัดในเรื่องความซับซ้อนและยากต่อการเคลื่อนย้ายสำหรับผู้ป่วยที่ต้องนำเครื่องไปทำกายภาพบำบัดที่บ้าน

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ตำแหน่งปุ่มกดบนแป้นพิมพ์และเกมส์คอมพิวเตอร์ในการช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและเพื่อเป็นการช่วยลดอาการเบื่อหน่ายจากการทำกายภาพบำบัดแบบปกติของผู้ป่วยและทำให้สามารถทำการกายภาพบำบัดได้สะดวกมากยิ่งขึ้นในสถานที่ต่าง ๆ

2. แนวคิดเบื้องต้นของงานวิจัย

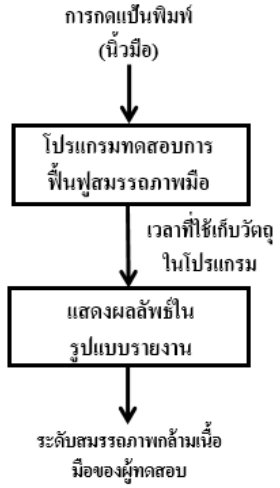
เนื่องด้วยพัฒนาการของผู้ป่วยในการรักษาจะถูกวินิจฉัยจากการเคลื่อนไหวหรือท่าทางที่ใช้ในการกายภาพบำบัดซึ่งจะเป็นไปในทิศทางของการทำซ้ำ ๆ จึงทำให้เกิดปัญหาผู้ป่วยรู้สึกเบื่อหน่ายกับการทำท่าทางที่ซ้ำไปซ้ำมาและไม่ทราบผลลัพธ์ที่ชัดเจนว่าจะมีอาการที่ดีขึ้นในเวลาอันรวดเร็วหรือไม่ ทำให้ผู้ป่วยมักไม่ค่อยยอมทำกายภาพบำบัดตามที่แพทย์หรือนักกายภาพสั่งและทำให้การรักษาใช้ระยะเวลานานขึ้น

การฝึกกล้ามเนื้อมัดเล็กหรือฝึกมือสำหรับใช้ในการรักษาทางกายภาพบำบัดในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยส่วนใหญ่คือ 1) การออกกำลังกายยืดเหยียดกล้ามเนื้อแขน 2) การออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและมือ ตั้งแต่กล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อมือ 3) การฝึกลงน้ำหนักเพื่อกระตุ้นการรับรู้ของข้อต่อ ทั้งข้อมือ ข้อศอก และข้อไหล่ 4) การฝึกทำกิจกรรมของกล้ามเนื้อแขนและกล้ามเนื้อมือโดยแยกออกเป็น การกำ (Grasp) การหยิบด้วยปลายนิ้ว (Pinch) การหยิบด้วยนิ้วชี้และนิ้วโป้ง (Finger pinch) และการจีบหรือขยับแยกนิ้วแต่ละนิ้ว [6]

โปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวหรือท่าทางที่ใช้ในการกายภาพบำบัดในรูปแบบของการเล่นเกมจึงได้นำตำแหน่งของแป้นพิมพ์ที่สอดคล้องกับระยะห่างของขนาดโครงสร้างสรีระนิ้วมือมาใช้ในการฝึกกล้ามเนื้อมัดเล็กหรือฝึกมือผเพื่อทำให้ผู้ป่วยลดสภาวะความเครียดและความเบื่อหน่ายในการรักษา

3. วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือมีความต้องการที่จะช่วยประเมินสมรรถภาพของผู้ป่วยออกมาเป็นตัวเลขในหน่วยของเวลา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ช่วยให้นักกายภาพบำบัดทราบระดับอาการกล้ามเนื้อมือของผู้ป่วยได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพนิ้วมือที่มีลักษณะคล้ายเกมยังช่วยลดความเบื่อหน่ายของการกายภาพแบบเดิมด้วย โดยการดำเนินงานของงานวิจัยนี้สามารถแบ่งการออกแบบได้ 2 ส่วนหลัก คือ 1) โปรแกรมกายภาพบำบัด 2) การแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการการทำงานของวิธีการที่นำเสนอ

3.1 โปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

โปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ การออกแบบตำแหน่งปุ่ม

ต้นแบบบนแป้นพิมพ์เพื่อใช้ในการรับค่าจากผู้ทดสอบโดยการกดด้วยนิ้วมือ และโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพที่ใช้สำหรับรับค่าจากการกดบนแป้นพิมพ์และประมวลผลออกมาเป็นเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุ โดยการออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์จะนำหลักการในเรื่องของกล้ามเนื้อแขน ตำแหน่งของการกดมาจากท่ากายภาพบำบัดมือในบันทึกการรักษาพยาบาลโรคหลอดเลือดสมองของศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูและโครงสร้างมือของคนไทย เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์

3.1.1 ท่ากายภาพบำบัดที่ช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพนิ้วมือ

ท่ากายภาพบำบัดที่ช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพนิ้วมือ ในส่วนการใช้มือและแขน สามารถนำท่ากายภาพบำบัดที่ช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพนิ้วมือ ดังนี้

1) จีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ การกายภาพบำบัดแบบจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้ออินเตอร์รอซซิไอ และกล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ ดิจิทอรุม โพรฟันดัส

2) จีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย การกายภาพบำบัดแบบจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้อไฮโปทีนาร์ และกล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ ดิจิทอรุม โพรฟันดัส

3) ขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ การกายภาพบำบัดแบบขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้ออินเตอร์รอซซิไอ และกล้ามเนื้อแอปดักเตอร์ พอลิซิส

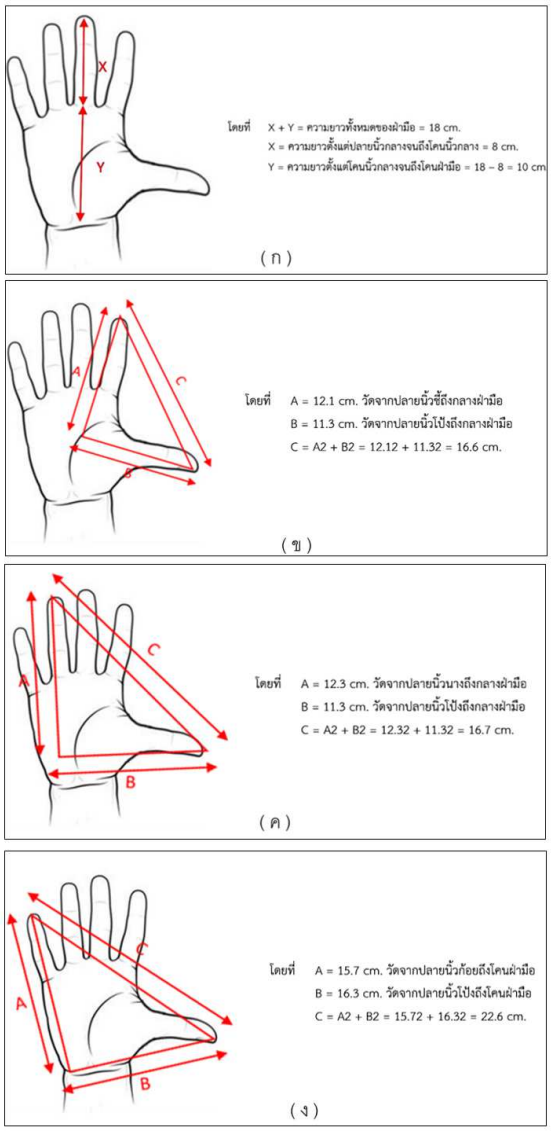
4) ขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง การกายภาพบำบัดแบบขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้อแอปดักเตอร์ พอลิซิส และกล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์ ดิจิทอรุม ลองกัส

5) ขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย การกายภาพบำบัดแบบขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้อไฮโปทีนาร์ และกล้ามเนื้อแอปดักเตอร์ พอลิซิส

การทดสอบกายภาพมือ แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การฟื้นฟูสมรรถภาพมือฝั่งซ้าย และการฟื้นฟูสมรรถภาพมือฝั่งขวา โดยการออกแบบโปรแกรมสำหรับการวางตำแหน่งนิ้วมือบนแป้นพิมพ์จะมีทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งการกำหนดตำแหน่งการกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ต้องมีความเหมาะสมกับสัดส่วนของโครงสร้างของความยาวนิ้วมือและระยะห่างระหว่างแต่ละนิ้วมือด้วย

3.1.2 การคำนวณหาตำแหน่งนิ้วมือบนแป้นพิมพ์

การออกแบบตำแหน่งปุ่มที่กดบนแป้นพิมพ์จะใช้ข้อมูลรายงานการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายของคนไทย [7] สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความกว้างของแต่ละนิ้วดังรูปที่ 2 จากนั้นจะนำค่าที่หามาได้นี้ไประบุตำแหน่งการกดของแป้นพิมพ์ในท่าต่าง ๆ

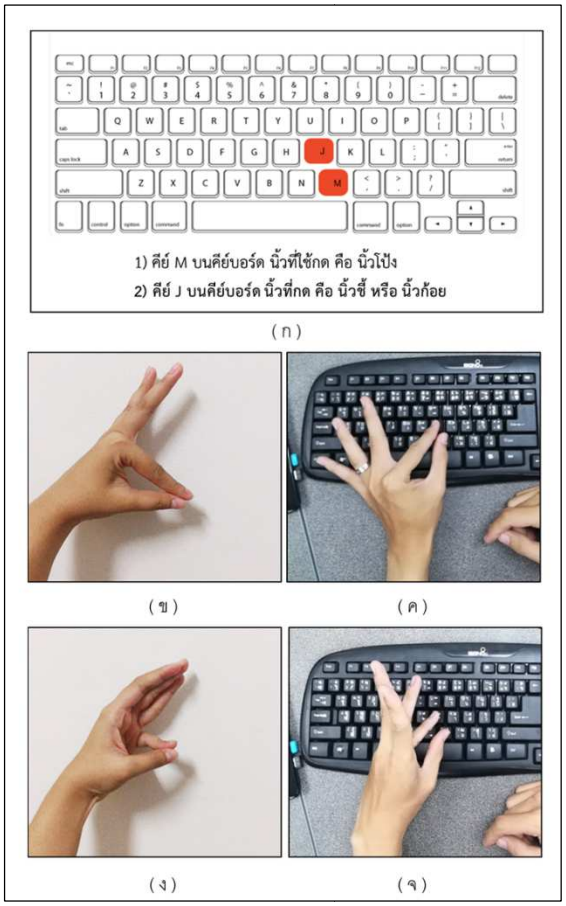


รูปที่ 2 สัดส่วนความยาวระหว่างนิ้ว (ก) สัดส่วนความยาวระหว่างโคนนิ้ว-โคนฝ่ามือ (ข) สัดส่วนโครงสร้างร่างกายระหว่างนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ (ค) สัดส่วนโครงสร้างร่างกายระหว่างนิ้วโป้ง-นิ้วนาง (ง) สัดส่วนโครงสร้างร่างกายระหว่างนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย

3.1.3 การฟื้นฟูสมรรถภาพมือฝั่งซ้าย

การฟื้นฟูสมรรถภาพมือฝั่งซ้ายสำหรับกรณีผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกฝั่งซ้าย จากการคำนวณหาตำแหน่งนิ้วมือบนแป้นพิมพ์ ผู้ทดสอบสามารถกดปุ่มต่าง ๆ ดังนี้

1) การจีบนิ้ว แบ่งเป็น การจีบโป้ง-นิ้วชี้ และการจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อยดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 (ก) รายละเอียดโครงสร้างแป้นพิมพ์ในการรับค่าจีบนิ้วมือฝั่งซ้าย (ข) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบปกติ (ค) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบกดบนแป้นพิมพ์ (ง) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบปกติ (จ) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบกดบนแป้นพิมพ์

2) การขยับแยกนิ้วแบ่งเป็น การขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ การขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง และการขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย ดังรูปที่ 5

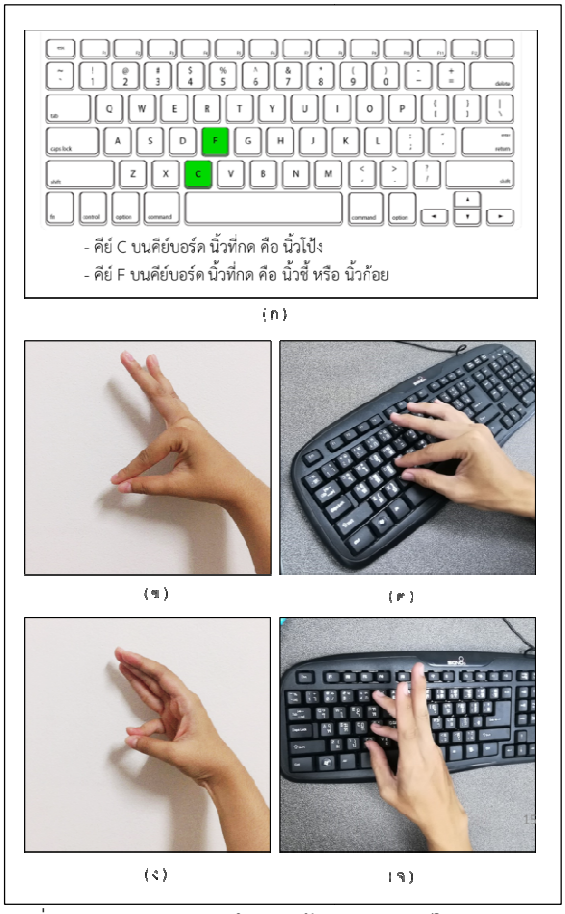


รูปที่ 4 (ก) รายละเอียดโครงสร้างแป้นพิมพ์ในการรับค่าขยับแยกนิ้วมือฝั่งซ้ายระดับง่ายและยาก (ข) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบปกติ(ค) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง แบบปกติ (ง) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบปกติ (จ) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบกดบนแป้นพิมพ์ (ฉ) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง แบบกดบนแป้นพิมพ์ (ช) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งซ้ายท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบกดบนแป้นพิมพ์

3.1.4 การฟื้นฟูสมรรถภาพมือฝั่งขวา

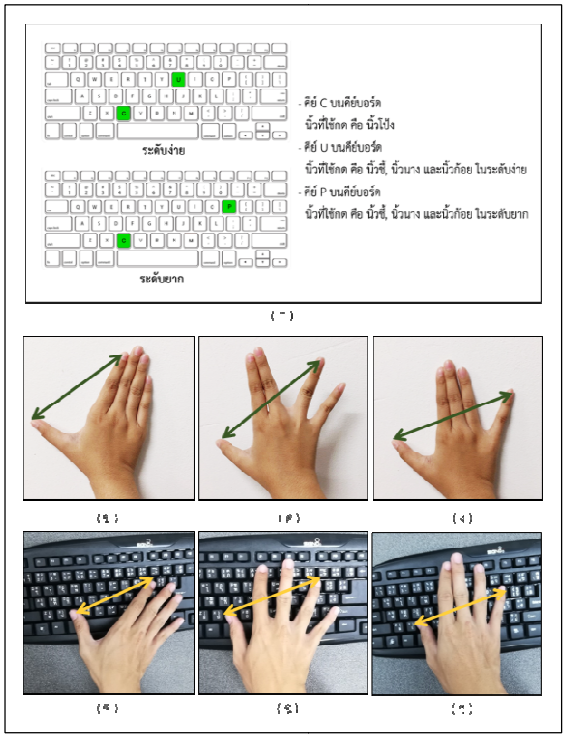
การฟื้นฟูสมรรถภาพมือฝั่งขวาสำหรับกรณีผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกฝั่งขวา จากการคำนวณหาตำแหน่งนิ้วมือบนแป้นพิมพ์ ผู้ทดสอบสามารถกดปุ่มต่าง ๆ ดังนี้

1) การจีบนิ้ว แบ่งเป็น การจีบโป้ง-นิ้วชี้ และการจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อยดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 (ก) รายละเอียดโครงสร้างแป้นพิมพ์ในการรับค่าจีบนิ้วมือฝั่งขวา (ข) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบปกติ (ค) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบกดบนแป้นพิมพ์ (ง) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบปกติ (จ) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบกดบนแป้นพิมพ์

2) การขยับแยกนิ้วแบ่งเป็นการขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ การขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง และการขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย โดยการขยับแยกนิ้วนั้นจะมี 2 ระดับ คือ ระดับง่ายและระดับยาก ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 (ก) รายละเอียดโครงสร้างแป้นพิมพ์ในการรับค่าขยับแยกนิ้วมือฝั่งขวาระดับง่ายและยาก (ข) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบปกติ (ค) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง แบบปกติ (ง) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบปกติ (จ) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ แบบกดบนแป้นพิมพ์ (ฉ) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง แบบกดบนแป้นพิมพ์ (ช) ลักษณะการกายภาพมือฝั่งขวาท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย แบบกดบนแป้นพิมพ์

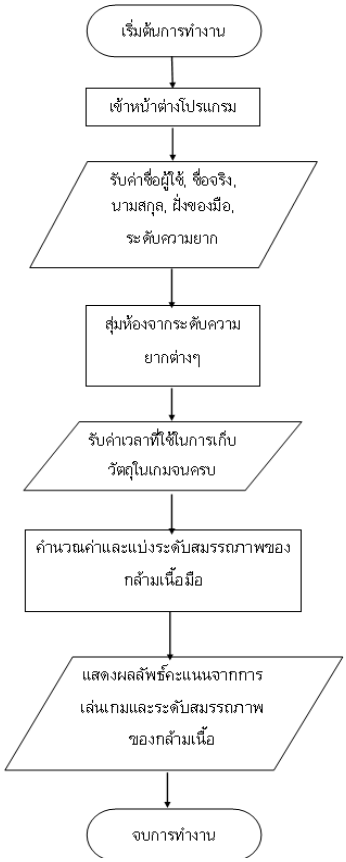
3.1.5 การออกแบบโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

โปรแกรมที่นำมาฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือจะถูกออกแบบให้มีลักษณะคล้ายเกม โดยผู้ทดสอบจะใช้นิ้วกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นโปรแกรมจะให้เอาท์พุตค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุในโปรแกรมจนครบ ซึ่งเอาท์พุตนี้สามารถแสดงถึงการตอบสนองของกล้ามเนื้อมือท่าต่าง ๆ ที่ผู้ทดสอบได้ทดสอบในโปรแกรมแต่ละด่าน ในการออกแบบโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือมีกระบวนการทำงานของโปรแกรม 3 ส่วน คือ กระบวนการในการรับค่า กระบวนการดำเนินการ และส่วนของผลลัพธ์ โดยในส่วนของการรับค่าจะทำการเก็บค่าเวลาการตอบสนองของกล้ามเนื้อมือแต่ละท่าออกเป็น 5 ลักษณะ คือ 1) การจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ 2) การจีบนิ้วโป้ง-

นิ้วก้อย 3) การขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ 4) การขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง และ 5) การขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย จากนั้นกระบวนการดำเนินการจะนำค่าเวลาตอบสนองของกล้ามเนื้อมือแต่ละท่าที่ได้มาประมวลผลสมรรถภาพมือของผู้ทดสอบในเบื้องต้น และการแสดงเพื่อให้ผู้ป่วยได้ทราบถึงคะแนนที่ได้จากการเล่นเกมในด่านต่าง ๆ และให้นักกายภาพบำบัดได้ทราบถึงสมรรถภาพการตอบสนองของกล้ามเนื้อมือแต่ละท่าของผู้ป่วย

3.1.6 ผังงานการทำงานของโปรแกรม

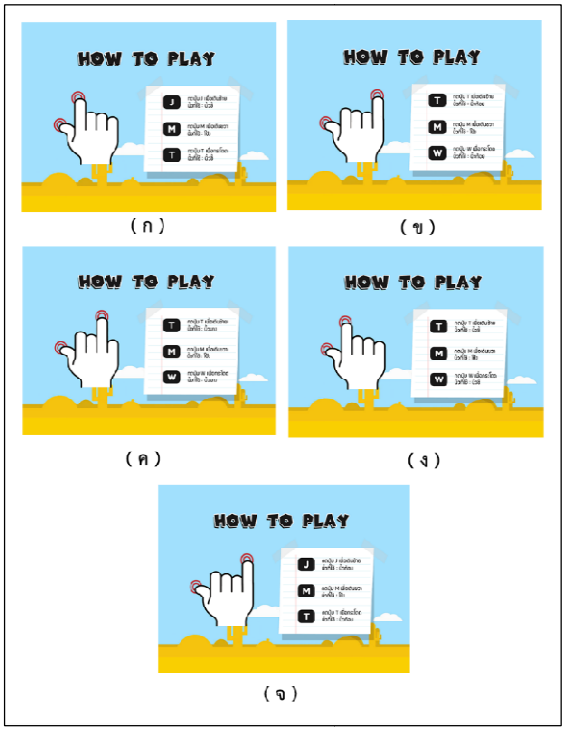
ภาพรวมการทำงานในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ขั้นตอนแรกให้ผู้ทดสอบป้อนชื่อผู้ใช้ ชื่อ-นามสกุล เมื่อบันทึกข้อมูลผู้ทดสอบเสร็จแล้ว โปรแกรมจะให้เลือกฝั่งของมือที่ต้องการใช้ในการกายภาพบำบัด จากนั้นโปรแกรมจะให้เลือกระดับความยากที่ต้องการเล่น เริ่มสุ่มห้องที่ใช้ในการทำกายภาพ และบันทึกค่าเวลาการตอบสนองกล้ามเนื้อมือของผู้ทดสอบไว้ตามลำดับ เพื่อคำนวณเป็นคะแนนคร่าว ๆ ให้ผู้ทดสอบได้ทราบในโปรแกรมและนำมาคำนวณเวลาการตอบสนองกล้ามเนื้อมือของผู้ทดสอบเพื่อให้ข้อมูลกับนักกายภาพ โดยแบ่งเกณฑ์การตอบสนองกล้ามเนื้อมือแล้วแสดงผลลัพธ์ของผู้ทดสอบออกมาในแต่ละท่ากายภาพบำบัดและแต่ละระดับความยาก จึงจะจบการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 7



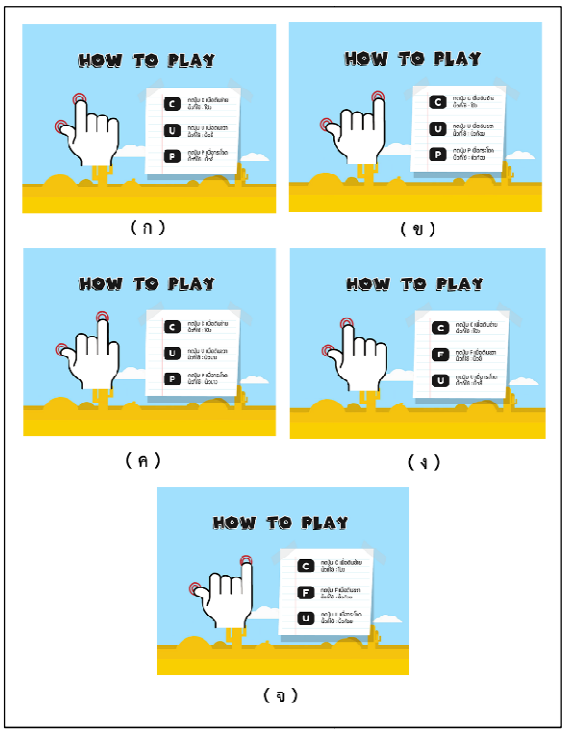
รูปที่ 7 ผังการทำงานของโปรแกรมทดสอบการฟื้นฟูสมรรถภาพมือ

3.1.7 วิธีการเล่นเกมในแต่ละระดับ

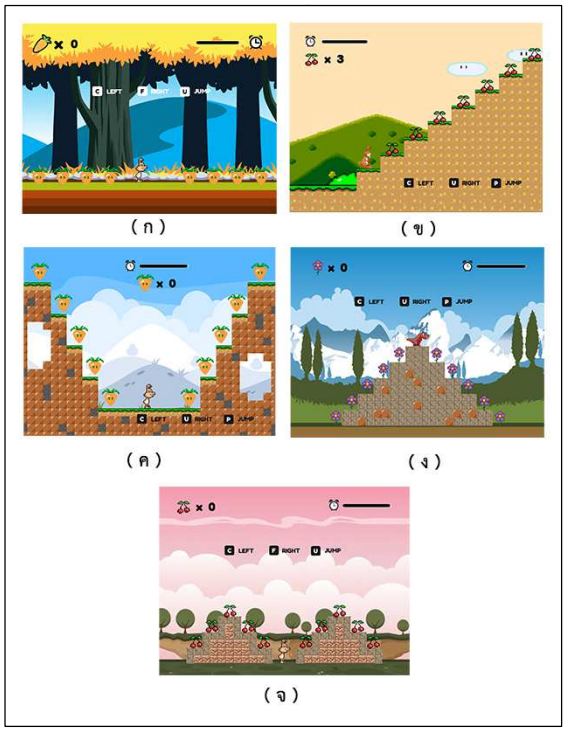
วิธีการใช้โปรแกรมแบ่งเป็น 2 แบบหลัก ประกอบไปด้วยการเล่นด้วยมือฝั่งซ้ายและการเล่นด้วยมือฝั่งขวา โดยปกติแล้วผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในระยะฟื้นฟูที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือสามารถเกิดอาการอ่อนแรงได้ทั้งมือข้างซ้ายและมือข้างขวาซีกใดซีกหนึ่ง ดังนั้นโปรแกรมจึงมีตัวเลือกให้ผู้ทดสอบเลือกเล่นเพื่อให้เหมาะกับอาการที่เป็น ส่วนวิธีการเล่นด้วยมือฝั่งซ้ายจะแสดงดังรูปที่ 8 และวิธีการเล่นด้วยมือฝั่งขวาจะแสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งการควบคุมตัวละครภายในโปรแกรมจะมี 3 ทิศทาง คือ เดินซ้าย เดินขวา และกระโดด เพื่อเก็บวัตถุในโปรแกรมจนครบ ตัวอย่างรูปแบบแต่ละระดับแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 8 (ก) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งซ้ายระดับที่ 1 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ (ข) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งซ้ายระดับที่ 2 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย (ค) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งซ้ายระดับที่ 3 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง (ง) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งซ้ายระดับที่ 4 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ (จ) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งซ้ายระดับที่ 5 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย



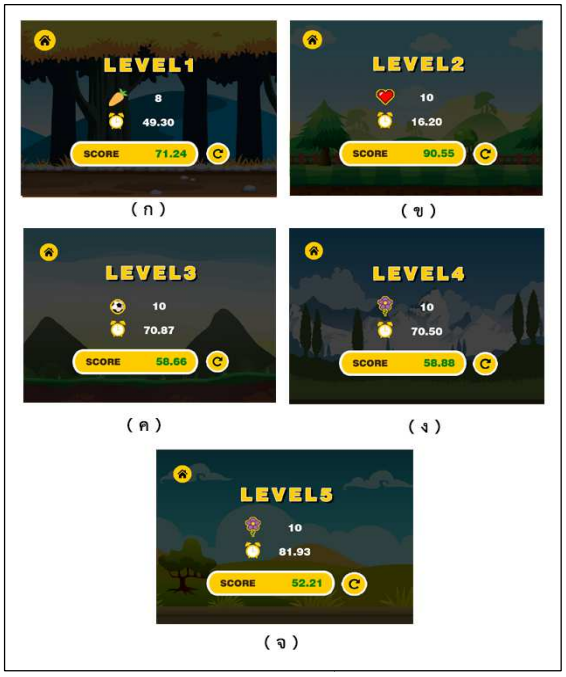
รูปที่ 9 (ก) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งขวาระดับที่ 1 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ (ข) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งขวาระดับที่ 2 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย (ค) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งขวาระดับที่ 3 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนาง (ง) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งขวาระดับที่ 4 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ (จ) วิธีการใช้โปรแกรมด้วยมือฝั่งขวาระดับที่ 5 ท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย



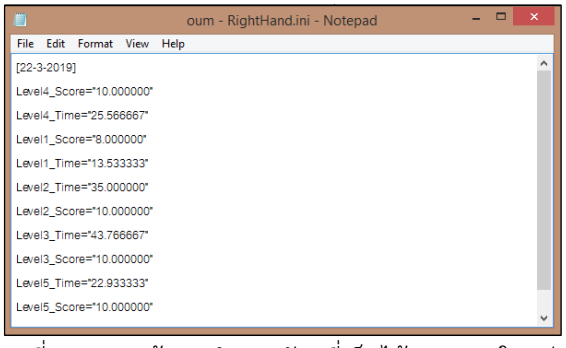
รูปที่ 10 (ก) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่สุ่มได้จากระดับที่ 1 (ข) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่สุ่มได้จากระดับที่ 2 (ค) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่สุ่มได้จากระดับที่ 3 (ง) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่สุ่มได้จากระดับที่ 4 (จ) ตัวอย่างห้องของโปรแกรมที่สุ่มได้จากระดับที่ 5

3.1.8 การแสดงผลลัพธ์จากโปรแกรม

เมื่อผู้ทดสอบผ่านกระบวนการใช้งานของโปรแกรมตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดแล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บค่าเวลาการตอบสนองกล้ามเนื้อมือของผู้ทดสอบไว้เพื่อคำนวณเป็นคะแนนเบื้องต้นให้ผู้ทดสอบได้ทราบภายในโปรแกรม ดังรูปที่ 11 จากนั้นเมื่อผู้ทดสอบผ่านกระบวนการใช้งานจนถึงส่วนของการแสดงผลคะแนนของโปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บค่าจากการอินพุตทั้งหมดและวันที่เล่นของผู้ทดสอบให้อยู่ในรูป INI File ดังรูปที่ 12 จากนั้นจะนำข้อมูลจาก INI File ป้อนเข้าสู่โปรแกรมแสดงผลคะแนนในรูปแบบรายงาน



รูปที่ 11 (ก) ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนนที่สุ่มได้จากระดับที่ 1 (ข) ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนนที่สุ่มได้จากระดับที่ 2 (ค) ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนนที่สุ่มได้จากระดับที่ 3 (ง) ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนนที่สุ่มได้จากระดับที่ 4 (จ) ตัวอย่างส่วนแสดงผลคะแนนที่สุ่มได้จากระดับที่ 5



รูปที่ 12 แสดงข้อมูลจำนวนวัตถุที่เก็บได้และเวลาในแต่ละด่านของผู้ทดสอบในรูปแบบ INI File

3.2 การแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของรายงาน

การประมวลผลในรูปแบบรายงานจะนำค่าเวลาที่ใช้เก็บวัตถุในโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมาประมวลผลและทำการคำนวณเกณฑ์ของผู้ทดสอบจากสูตรค่าเกณฑ์ปกติ ยิ่งใช้เวลาในการทดสอบน้อยเท่าไหร่ จะทำให้ปฏิกิริยาการตอบสนองต่อกล้ามเนื้อในหน่วยเวลาอยู่ช่วงเกณฑ์ที่ดีมากขึ้น โดยเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการประมวลผลนั้นขึ้นอยู่กับฝั่งมือและรูปแบบท่าทางที่ใช้ในการทดสอบแต่ละด่าน จากนั้นโปรแกรมจะทำการประมวลผลและแสดงผลข้อมูลของผู้ทดสอบออกมาในรูปแบบของรายงาน

3.2.1 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองสามารถคำนวณโดยนำผลรวมของค่าเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองแต่ละสถานการณ์มาหารด้วยจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด ตามสมการ (1)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \qquad (1)$$

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของแต่ละท่าทาง $\sum x$ คือ ผลรวมของค่าเฉลี่ยของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละท่าทาง n คือ จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างจากการออกแบบตำแหน่ง ปุ่มกดบนแป้นพิมพ์

3.2.2 การคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

การคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองสามารถคำนวณโดยหาค่าการวัดการกระจายแบบของกลุ่มข้อมูล นำไปใช้กับการแจกแจงความน่าจะเป็นของกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบ ดังสมการที่ (2)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \qquad (2)$$

โดยที่ $S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง $\sum x$ คือ ผลรวมของค่าเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองแต่ละสถานการณ์ n คือ จำนวนสถานการณ์ทั้งหมด

3.2.3 การสร้างเกณฑ์ปกติ

การสร้างเกณฑ์ปกติ (Normal Curve Distribution) สามารถคำนวณจากแต่ละสถานการณ์ ดังสมการที่ (3)

$$Norm = \bar{X} \pm 0.5(S.D.) \qquad (3)$$

โดยที่ $Norm$ คือ เกณฑ์ปกติของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง $S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

3.2.4 การแบ่งเกณฑ์และวิเคราะห์ผลลัพธ์

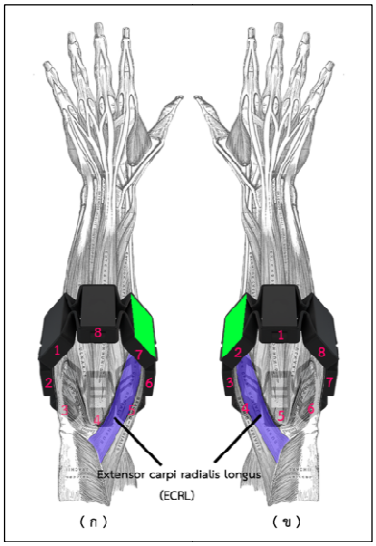
การแบ่งเกณฑ์จากการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนองสามารถแบ่งเกณฑ์ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รหัสตัวเลขของภาพท่าทางในแต่ละอาการที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล

เกณฑ์	วิธีการคำนวณ
น้อย	มากกว่าค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง + ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง
ปกติ	ช่วงค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง ± ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง
มาก	น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง – ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาปฏิกิริยาการตอบสนอง

4. ผลการดำเนินงาน

การวัดประสิทธิภาพการทำกายภาพบำบัดจากการกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ทั้ง 5 ท่าที่ออกแบบไว้ว่ามีความใกล้เคียงกับการทำกายภาพแบบปกติหรือไม่ โดยเราจะทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วย MYO Armband [9] ทั้งในขณะทำกายภาพแบบปกติและขณะทำกายภาพจากการกดบนแป้นพิมพ์ที่ออกแบบไว้ จากนั้นนำค่าไฟฟ้าที่ได้มาเฉลี่ยตามจำนวนคน และเปรียบเทียบกันเพื่อคำนวณหาร้อยละความถูกต้องที่แสดงถึงประสิทธิภาพของอินพุตจากแป้นพิมพ์ที่ออกแบบตำแหน่งของปุ่ม โดยใช้ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของท่ากายภาพปกติเป็นตัวเทียบ บริเวณกล้ามเนื้อที่ใช้จะเป็นเอกซ์เทนเซอร์ คาร์ไพ เรเดียลิส ลองกัส (Extensor carpi radialis longus: ECRL) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อเหยียดที่ข้อมือ ทำหน้าที่กางมือที่ข้อมือควบคุมข้อมือเพื่อเคลื่อนมือไปด้านนิ้วหัวแม่มือและออกจากด้านฝ่ามือ เป็นกล้ามเนื้อชั้นตื้น ซึ่งง่ายต่อการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในระดับพื้นผิว และเป็นส่วนที่ตรวจจับได้ชัดเจนที่สุดเมื่อสวม MYO armband สำหรับการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ กลุ่มกล้ามเนื้อ ECRL นี้จะอยู่บริเวณ Pod ที่ 7 ของเครื่องเมื่อสวมที่แขนข้างซ้ายและอยู่ที่ Pod ที่ 2 ของเครื่องเมื่อสวมที่แขนข้างขวา ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 (ก) ตำแหน่งของกล้ามเนื้อกลุ่ม ECRL เมื่อสวม MYO Armband ที่แขนข้างซ้าย (ข) ตำแหน่งของกล้ามเนื้อกลุ่ม ECRL เมื่อสวม MYO Armband ที่แขนข้างขวา

การทดสอบประสิทธิภาพของอินพุตจากแป้นพิมพ์ ทำโดยการหาค่าเฉลี่ยจากค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 4 กลุ่มคือ วัยรุ่นเพศชาย วัยรุ่นเพศหญิง วัยกลางคนถึงผู้สูงอายุเพศชาย และวัยกลางคนถึงผู้สูงอายุเพศหญิง ซึ่งแต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยท่ากายภาพทั้งหมด 5 ท่าจากมือข้างขวาและมือข้างซ้าย สำหรับการทดสอบหาค่าร้อยละความถูกต้องของรูปแบบการทดสอบ หาโดยการนำกลุ่มตัวอย่างเพศชายอาการปกติจำนวน 27 คน และเพศหญิงอาการปกติจำนวน 23 คน รวมกันเป็น 50 คน มาทำการทดสอบได้ผลลัพธ์ดังนี้

การทดสอบระดับที่ 1 การทดสอบท่าจีบนิ้วโป้ง-นิ้วชี้ เป็นการทดสอบสมรรถภาพของนิ้วโป้งกับนิ้วชี้ในท่าจีบสอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้ออินเตอร์รอชชิไอ และกล้ามเนื้อเฟลกเชอร์ ดิจิทอรุม โพรฟันดัส

การทดสอบระดับที่ 2 การทดสอบท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย เป็นการทดสอบสมรรถภาพของนิ้วโป้งกับนิ้วก้อยในท่าขยับแยก สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้อไฮโปทีนาร์ และกล้ามเนื้อแอปดักเตอร์ พอลิซิส

การทดสอบระดับที่ 3 การทดสอบท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วนางเป็นการทดสอบสมรรถภาพของนิ้วโป้งกับนิ้วนางในท่าขยับแยก สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้อแอปดัก

เตอร์ พอลิซิส และกล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์ ดิจิทอรุม ลองกัส

การทดสอบระดับที่ 4 ท่าขยับแยกนิ้วโป้ง-นิ้วชี้เป็นการทดสอบสมรรถภาพของนิ้วโป้งกับนิ้วชี้ในท่าขยับแยก สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้ออินเตอร์รอซซิไอ และกล้ามเนื้อแอปดักเตอร์ พอลิซิส

การทดสอบระดับที่ 5 ท่าขยับจีบนิ้วโป้ง-นิ้วก้อย เป็นการทดสอบสมรรถภาพของนิ้วโป้งกับนิ้วก้อยในท่าขยับแยก สอดคล้องกับการบริหารกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อทีนาร์ กล้ามเนื้อไฮโปทีนาร์ และกล้ามเนื้อเฟลกเซอร์ดิจิทอรุม โพรฟันดัส

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอินพุตจากค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะกดบนแป้นพิมพ์ที่ออกแบบไว้เทียบกับค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้จากการทำท่ากายภาพแบบปกติ จะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าร้อยละประสิทธิภาพของอินพุตจากค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

รูปแบบการทดสอบ	มือฝั่งซ้าย	มือฝั่งขวา	ค่าเฉลี่ย
ท่าที่ 1	51.89%	43.23%	47.56%
ท่าที่ 2	53.28%	48.59%	50.93%
ท่าที่ 3	49.13%	51.41%	50.63%
ท่าที่ 4	30.42%	55.21%	42.81%
ท่าที่ 5	59.42%	53.22%	56.32%
ค่าเฉลี่ยรวม	48.83%	50.33%	49.58%

จากตารางที่ 2 ค่าร้อยละประสิทธิภาพอินพุตจากค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของทุกท่า จากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน พบว่า ท่าที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 47.56 ท่าที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 50.93 ท่าที่ 3 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 50.63 ท่าที่ 4 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 42.81 ท่าที่ 5 มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องร้อยละ 56.32 และค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวมของทุกรูปแบบการทดสอบพบว่า มีค่าเท่ากับ 49.58

5. อภิปรายและสรุปผล

การพัฒนาโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพมือสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมสำหรับฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือและช่วยนักกายภาพบำบัดประเมินสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่นิ้วมือได้ในเบื้องต้น โดยการทำงานของโปรแกรมสามารถแบ่งการออกแบบได้ 2 ส่วนหลัก คือ 1) โปรแกรมกายภาพบำบัด ซึ่งเป็นการนำหลักการในเรื่องกล้ามเนื้อแขนและขนาดโครงสร้างมือของคนไทยเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบตำแหน่งปุ่มบนแป้นพิมพ์เพื่อใช้ในการทำกายภาพบำบัดผ่านโปรแกรมที่มีลักษณะในรูปแบบของเกม ซึ่งโปรแกรมกายภาพบำบัดได้ทำการทดสอบรวมทั้งหมด 5 ท่า จากนั้นโปรแกรมจะให้เอาต์พุตค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุในโปรแกรมจนครบ และ 2) ส่วนแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน ซึ่งเป็นการนำเอาต์พุตค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บวัตถุในโปรแกรมกายภาพบำบัดมาป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของทุกท่าระหว่างการกายภาพบำบัดแบบปกติกับการกายภาพบำบัดแบบกดบนแป้นพิมพ์ พบว่าการกายภาพบำบัดแบบกดบนแป้นพิมพ์สามารถนำมาช่วยในการฟื้นฟูสมรรถภาพนิ้วมือได้ในระดับทีน่าพอใช้เมื่อเทียบเคียงกับการกายภาพบำบัดแบบปกติ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 และขอขอบคุณแผนกสาขาวิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยให้คำแนะนำต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงสาธารณสุข. (2562). จำนวนและอัตราการเจ็บป่วย ด้วยโรคสำคัญ ปี พ.ศ. 2555 - 2560. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, จาก http://social.nesdb.go.th/SocialStat/StatLineChart_Final.aspx?reportid=226&template=2R1C&yeartype=M&subcatid=17

[2] กู้เกียรติ ทุดปอ. (2562). กายวิภาคศาสตร์ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2562, http://kpi.msu.ac.th/upload/ag_tor_ref_byval/ag__in_1.2.7_481().pdf

[3] ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล. (2552). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ การคัดเลือกลักษณะเด่นของสัญญาณไฟฟ้า

กล้ามเนื้อ เพื่อระบุท่าทางการเคลื่อนไหวของมือ. สืบค้นเมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2562, http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/7340/1/339976.pdf

[4] ปณรรยา แก้วพิลา; และคนอื่นๆ. (2561). ชุดทดสอบประสิทธิภาพปฏิกิริยาการตอบสนองของการมองเห็นและการได้ยิน. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา

[5] ผกามาศ. (2556). รวมบทความการใช้งาน Game Maker 8.0. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2562, http://www.pakamasblog.com/2013/01/Articles-Game-Maker-8.html?

[6] มหาวิทยาลัยบูรพา. (2561). ความหมายของโรคหลอดเลือดสมอง. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files//49923904/chapter2.pdf?

[7] รภัทร เอกนิธิเศรษฐ์. (2562). ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular System). สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2562, http://www.elfit.ssru.ac.th/rapat_ek/pluginfile.php/63/เรื่อง-กล้ามเนื้อ.pdf

[8] ศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู. (2561). บันทึกผู้ป่วยโรคเส้นเลือดสมอง. สืบค้นเมื่อ 13 กันยายน 2561, จาก https://rehab2554.blogspot.com/p/blog-page_24.html

[9] ศุภวรรณ มโนสุนทร. (2557). รายงานการพยากรณ์โรคหลอดเลือดสมอง. สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2561, http://www.interfetpthailand.net/forecast/files/report_2014/report_2014_no20.pdf

[10] เสาวลี นิจอภัย. (2560, กันยายน-ธันวาคม). การพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตีบ (Ischemic stroke) ในชุมชน: กรณีศึกษา. วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย. 7(3). สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561, https://www.tci-thaijo.org/index.php/JPMAT/article/download/129603/97365/

[11] สุริสา โกชา. (2550). เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อลำตัวระหว่างการออกกำลังกายด้วยม้านั่งและลูกบอล. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2562, http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Spo_Coa/Surisa_K.pdf

[12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2544). รายงานการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายของคนไทย. สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2561, http://e-book.ram.edu/e-book/a/AE313/ae313-supplement.pdf

[13] Cary Louis. (2019). How to Make Objects Jump in “Game Maker 8”. Retrieved January 19, 2019, https://www.techwalla.com/articles/how-to-make-objects-jump-in-gamemaker-8?

[14] dashayushman. (2016). Pewter-Data acquisition and visualization tool for Myo. Retrieved March 1,2019, https://github.com/Neural-Space/pewter

[15] MYO. (2018). MYO diagnostics. Retrieved January 21,2019, from diagnostics.myo.com/

[16] North. (2018). Myo connect, SDK, and firmware downloads. Retrieved March 1,2019, https://support.getmyo.com/hc/en-us/articles/360018409792

[17] YOYO Game Ltd. (2019). Game Maker Studio. Retrieved January 21,2019, from https://docs.yoyogames.com/source/dadiospice/index.html

คณะผู้จัดทำวิจัย



1. ชื่อ-สกุล รองศาสตราจารย์ ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง — หัวหน้าโครงการวิจัย
สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 ประเทศไทย
โทรศัพท์ 081-710-1105
e-mail teeerapath@g.swu.ac.th



2. ชื่อ-สกุล รองศาสตราจารย์ นิตต์อลิน พันธุ์อภัย — ผู้ร่วมโครงการวิจัย
สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 ประเทศไทย
โทรศัพท์ 087-713-2284
e-mail nittalin@g.swu.ac.th



3. ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ ศรีรมรื่น — ผู้ร่วมโครงการวิจัย
สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 ประเทศไทย
โทรศัพท์ 081-296-8748
e-mail prakpum@g.swu.ac.th



4. ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.วรพล อร่ามรัศมีกุล — ผู้ร่วมโครงการวิจัย
สังกัด ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู
คณะแพทยศาสตร์
ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพฯ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 ประเทศไทย
โทรศัพท์ 081-689-4343
e-mail voraphol@g.swu.ac.th



5. ชื่อ-สกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์ ผู้ร่วมโครงการวิจัย
สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 ประเทศไทย
โทรศัพท์ 086-645-5029
e-mail pramual@g.swu.ac.th


วช.
NRCT

Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation