การพัฒนาและทดสอบคุณภาพเครื่องออกกำลังกาย ข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3

The Development and Quality of Continuous Passive Ankle Exercise Device Version 3

โดย

กฤษณา วงค์เทพ

บวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ

ปทุมแก้ว เรืองไชย

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2567

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

การพัฒนาและทดสอบคุณภาพเครื่องออกกำลังกาย
ข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 3

The Development and Quality of Continuous Passive
Ankle Exercise Device Version 3

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
เพื่อประกอบการศึกษา
ระดับปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 12 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

กฤษณา วงค์เทพ	ณิชาภา พาราศิลป์
(นางสาวกฤษณา วงค์เทพ)	(ผศ.กภ.ณิชาภา พาราศิลป์)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษา
บวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ	จักรพงษ์ จำรูญ
(นางสาวบวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ)	(ผศ.ดร. จักรพงษ์ จำรูญ)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปทุมแก้ว เรืองไชย	
(นางสาวปทุมแก้ว เรืองไชย)	(อาจารย์ ดร. กัญญา รัตนะมงคลกุล)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

กฤษณา วงค์เทพ

บวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ

ปทุมแก้ว เรืองไชย

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง

การพัฒนาและทดสอบคุณภาพเครื่องออกกำลังกาย

ข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3

The Development and Quality of Continuous Passive Ankle

Exercise Device Version 3

เมื่อ วันที่ 12 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

.....

(ผศ.กภ.ณิชาภา พาราศิลป์)

ประธานกรรมการ

.....

(อาจารย์ กภ.มณฑินี วัฒนสุวกุล)

กรรมการ

.....

(ผศ.ดร.กภ.อรุณีย์ พรหมศรี)

กรรมการ

.....

(ผศ.ดร.กภ.วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา)

ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต

.....

(ผศ.ดร.กภ.พุทธิพงษ์ พลคำฮัก)

คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นางสาวกฤษณา วงค์เทพ
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Kridsana Wongthep
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 7 เดือนมกราคม พ.ศ. 2546
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	173 ม.6 ต.วังใต้ อ.วังเหนือ จ.ลำปาง 52140
	E-mail: 64130015@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2560
	โรงเรียนวังเหนือวิทยา จังหวัดลำปาง
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563
	โรงเรียนวังเหนือวิทยา จังหวัดลำปาง
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นางสาวบวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Bawornlak Sriprasert
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 5 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสาคร
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	27 หมู่ 1 ต.โรงเข้ อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร 74120
	E-mail: 64130161@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2560
	โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ สมุทรสาคร
	ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
	สยามบรมราชกุมารี จังหวัดสมุทรสาคร
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563
	โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ สมุทรสาคร
	ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
	สยามบรมราชกุมารี จังหวัดสมุทรสาคร
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นางสาวปทุมแก้ว เรืองไชย
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss.Pathumkaew Rueangchai
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 16 เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2545
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	40/1 หมู่ 1 ต.สงเปลือย อ.เขาวง จ.กาฬสินธุ์ 46160
	E-mail: 64130172@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2560
	โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563
	โรงเรียนบัวขาว จังหวัดกาฬสินธุ์
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.กก.ณิชาชาภา พาราศิลป์ อาจารย์ที่ ปรึกษาที่คอยให้คำปรึกษาแนวทางในการทำภาคนิพนธ์ แก้ไข ตรวจทาน และให้คำแนะนำ ตลอดจนดูแลเป็นอย่างดีจนทำให้ภาคนิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง ผศ.ดร.กภ. อรุณีย์ พรหมศรี และ อาจารย์ กภ.มณฑินี วัฒนสุวกุล ที่ร่วมเป็นคณะกรรมการการการภาคนิพนธ์ รวมทั้งให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจทาน ให้ภาคนิพนธ์สมบูรณ์ขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ผศ.ดร.จักรพงษ์ จำรูญ และอาจารย์ ดร. กัญญา รัตนะมงคลกุล อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่คอยให้คำปรึกษาเรื่องทางการผลิตการออกแบบรวมถึงวัสดุที่ใช้ในการผลิตรูปกรณ์ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่คอยตรวจสอบและประกอบอุปกรณ์ให้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ ผศ.ดร.สุธรรม อรุณ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์อาจารย์ ดร.กภ.สุพรรณิการ์ ลดาวัลย์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัดในระบบประสาท ผศ.ดร. ลออรัตน์ พัวพิทยาเลิศ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายวิภาคศาสตร์ ที่ร่วมเป็นผู้ประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาในอุปกรณ์ และให้คำแนะนำในการปรับปรุงพัฒนาตัวเครื่อง

ขอขอบคุณคณะบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำภาคนิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอบพระคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลครั้งนี้จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบชอบพระคุณมา ที่นี้

กฤษณา วงค์เทพ
บวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ
ปทุมแก้ว เรืองไชย
12 กันยายน 2567

คำรับรอง

ข้าพเจ้า นางสาวกกฤษณา วงค์เทพ นางสาวบวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ และนางสาวปทุมแก้ว เรืองไชย นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด ชั้นปีที่ 4 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่า ภาคนิพนธ์เรื่อง การพัฒนาและทดสอบคุณภาพเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 (The Development and Quality of Continuous Passive Ankle Exercise Device Version 3) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

กฤษณา วงค์เทพ
บวรลักษณ์ ศรีประเสริฐ
ปทุมแก้ว เรืองไชย
12 กันยายน 2567

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii–v
สารบัญรูป	Vi–viii
สารบัญตาราง	ix
สารบัญคำย่อ	X
บทคัดย่อภาษาไทย	xi
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	xii
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	
วัตถุประสงค์	4
สมมติฐาน	
ขอบเขตการศึกษา	
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	6
สาเหตุและพยาธิกำเนิด	
ความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง	8
การแบ่งประเภทของโรคหลอดเลือดสมอง	10
ลักษณะทางคลินิก	17
ปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดเฉียบพลัน	18
ปัญหาของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดดสมอง	19
กายวิภาคศาสตร์ของเข้าเท้า	23
ชีวกลศาสตร์ของข้อเท้า	30
ปัญหาเท้าตก (foot drop) ที่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิต	31
การรักษาปัญหาเท้าตก	32
เอกสารที่เกี่ยวข้อง	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา
ขอบเขตการวิจัย 45
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
วัสดุอุปกรณ์ 56
ขั้นตอนการศึกษา 57
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 64
บทที่ 4 ผลการศึกษา 65
ผลการศึกษาระยะที่ 1
ผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) 66
ผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) 69
ผลการศึกษาระยะที่ 2 71
การประเมินองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า 72
การประเมินกิจวัตรประจำวัน 73
การประเมินอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ 75
ความพึงพอใจต่อเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าของอาสาสมัคร
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา 77
วิจารณ์ผลการศึกษา ระยะที่ 1
วิจารณ์ผลการศึกษา ระยะที่ 2 78
ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ 81
สรุปผลการศึกษา 82
เอกสารอ้างอิง 83
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 88
ภาคผนวก ข 90
ภาคผนวก ค 93
ภาคผนวก ง 95
ภาคผนวก จ 97

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ฉ 100
ภาคผนวก ช 110

สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 2.1	ภาพแสดงแผนภูมิแท่งแสดงความชุกของโรคหลอดเลือดสมองในประเทศไทย จำแนกตามกลุ่มอายุปี 2566	8
รูปที่ 2.2	ภาพแสดงแผนภูมิแท่งแสดงความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามระดับตำบล ปี 2566	9
รูปที่ 2.3	ภาพแสดงแผนภูมิแท่งแสดงความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ. เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามกลุ่มอายุ ปี 2566	
รูปที่ 2.4	ภาพแสดงของหลอดเลือดสมอง	11
รูปที่ 2.5	ภาพแสดงของหลอดเลือด Middle cerebral artery (MCA)	12
รูปที่ 2.6	ภาพแสดงของหลอดเลือด Anterior cerebral artery (ACA)	13
รูปที่ 2.7	ภาพแสดงของหลอดเลือด Vertebral artery (VA) และ Basilar artery (BA)	14
รูปที่ 2.8	ภาพแสดงของหลอดเลือด Posterior cerebral artery (PCA)	
รูปที่ 2.9	ภาพแสดงของหลอดเลือด Superior cerebellar artery (SCA) Posterior inferior cerebellar artery (PICA) Anterior inferior cerebellar artery (AICA)	16
รูปที่ 2.10	ภาพแสดงของ Brodmann area ใน cerebral cortex	23
รูปที่ 2.11	ภาพแสดงของเท้าส่วนหน้า (forefoot)	
รูปที่ 2.12	ภาพแสดงของเท้าส่วนกลาง (midfoot)	24
รูปที่ 2.13	ภาพแสดงของจุดเกาะของเอ็นร้อยหวายและพังผืดฝ่าเท้า	
รูปที่ 2.14	ภาพแสดงของเท้าส่วนหลัง (hindfoot)	25
รูปที่ 2.15	ภาพแสดงของแกนหมุนของข้อเท้า (Axis of rotation of the ankle)	31
รูปที่ 2.16	ภาพแสดงของ Robot-driven continuous passive movement (CPM)	34
รูปที่ 2.17	ภาพแสดงของเครื่องยืดเหยียดอัตโนมัติ	35
รูปที่ 2.18	ภาพแสดงของการทำงานของอุปกรณ์เคลื่อนไหวของข้อเท้า	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 2.19	ภาพแสดงของ Ankle robot	37
รูปที่ 2.20	ภาพแสดงอุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้าช่วยผู้ป่วยภาวะข้อเท้าตก	38
รูปที่ 2.21	ภาพแสดงของอุปรณ์บริหารข้อเท้าป้องกันภาวะปลายเท้าตก	39
รูปที่ 2.22	ภาพแสดงของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่น 1	40
รูปที่ 2.23	ภาพแสดงของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่น 2	42
รูปที่ 2.24	ภาพแสดงของครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต่อ เนื่องตามท้องตลาด	44
รูปที่ 3.1	ภาพรวมของเครื่องกายภาพบำบัดที่ออกแบบ	49
รูปที่ 3.2	ภาพแสดงของชิ้นส่วนตัวเชื่อมระหว่างที่รองเท้ากับเพลามอเตอร์	
รูปที่ 3.3	ภาพแสดงของตำแหน่งกล่องสล็อตสี่เหลี่ยมสำหรับประกอบเข้ากับชิ้นส่วนตัวเชื่อม	50
รูปที่ 3.4	รูปแบบเครื่องที่พร้อมทำกายภาพบำบัดแบบกระดกเท้าขึ้น-ลง (Dorsiflexion-Plantar-flexion)	
รูปที่ 3.5	รูปแบบเครื่องที่พร้อมทำกายภาพบำบัดแบบบิดเท้าซ้าย-ขวา (Abduction-Adduction)	
รูปที่ 3.6	รูปแสดงทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle) ที่สามารถทำได้	51
รูปที่ 3.7	ภาพแสดงของการออกแบบ แบบที่ 1	
รูปที่ 3.8	ภาพแสดงของการออกแบบ แบบที่ 2	52
รูปที่ 3.9	ภาพแสดงของการออกแบบ แบบที่ 3	53
รูปที่ 3.10	ภาพแสดงของแสดงการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนเพื่ออำนวยตามสภาพร่างกายและการใช้งานของผู้ป่วย	
รูปที่ 3.11	ภาพแสดงของการกระดกเท้าขึ้นลงมากที่สุดโดย โดย θ_3 = 30°, 45° ตามลำดับ	54
รูปที่ 3.12	ภาพแสดงของการบิดเท้าซ้ายขวามากที่สุดโดย θ_4 = 30	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.13	ภาพแสดงของการจำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีบิดเท้าไปทางซ้ายสุดเมื่อ $\theta_2 = 35°, \theta_3 = 35°, \theta_4 = 30°$ และพิจารณาความเค้นมากที่สุดที่กระทำกับตัวเครื่องโดยรวม	54
รูปที่ 3.14	ภาพแสดงของการจำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีบิดเท้าไปทางซ้ายสุดเมื่อ $\theta_2 = 35°, \theta_3 = 35°, \theta_4 = 30°$และพิจารณาความเค้นมากที่จุดกระทำกับเพลามอเตอร์	55
รูปที่ 3.15	ภาพแสดงของการจำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีกระดกเท้าขึ้นสุดเมื่อ $\theta_2 = 35°, \theta_3 = 35°, \theta_4 = 30°$ และพิจารณาความเค้นมากที่สุดที่กระทำกับตัวเครื่องโดยรวม	
รูปที่ 3.16	ภาพแสดงของการจำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีเหยียดขาตรงท่านอนเมื่อ $\theta_2 = 35°, \theta_3 = 35°, \theta_4 = 30°$ และพิจารณาความเค้นมากที่สุดกระทำกับที่รองน่อง	56
รูปที่ 3.17	ภาพแสดงของการจำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีบิดเท้าไปทางซ้ายสุด	58
รูปที่ 3.18	ทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity)	60
รูปที่ 3.19	ทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (Intra-reliability)	
รูปที่ 3.20	ภาพแสดงของวิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า	61
รูปที่ 3.21	ภาพแสดงของวิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า	62
รูปที่ 4.1	ภาพแสดงของเครื่องออกกำลังข้อเท้ารุ่นที่ 3	66
รูปที่ 4.2	ภาพแสดงของการประเมินการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา	67
รูปที่ 4.3	ภาพแสดงของคณะผู้วิจัยทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพของอุปกรณ์	70
รูปที่ 4.4	ภาพแสดงขององศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดกข้อเท้าขึ้น (dorsiflexion) แบบ Passive movement	73

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงองศาการเคลื่อนไหวปกติของข้อเท้า	31
ตารางที่ 3.1	แสดงเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครในระยะที่ 1	46
ตารางที่ 3.2	แสดงเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครในระยะที่ 2	47
ตารางที่ 3.3	แสดงตารางแสดงทิศทางการเคลื่อนไหว	61
ตารางที่ 3.4	แสดงตารางที่แสดงทิศทางการเคลื่อนไหว	62
ตารางที่ 4.1	แสดงการกำหนดคุณสมบัติของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าและผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)	67
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (Intra-reliability) ทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อเท้า	70
ตารางที่ 4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือมาตรฐานในการวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (และมุมการเคลื่อนไหวของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า รุ่นที่ 3	71
ตารางที่ 4.4	แสดงแบบประเมินกิจวัตรประจ าวัน ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel Activities of Daily Living: ADL)	73
ตารางที่ 4.5	แสดงผลการประเมิน Modified Ashworth scale (MAS) ก่อนและหลังการ ใช้ เครื่องออก ก าลังกายข้อเท้า	75
ตารางที่ 4.6	แสดงความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ออกก าลังกายข้อเท้าของอาสาสมัคร	76

สารบัญคำย่อ

ADL	=	Activities of Daily Living
BI	=	Barthel Activities of Daily Living
CPM	=	Continuous Passive Motion
CVA	=	Cerebrovascular Accident
CVD	=	Cerebrovascular Disease
ICC	=	Intra Class Correlation Coefficient
IOC	=	Index of Item–Objective Congruence
MAS	=	Modified Ashworth Scale
ROM	=	Range of Motion
STREAM	=	Stroke Rehabilitation Assessment of Movement
TOR	=	Terms of Reference

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยฟื้นฟูช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและลดภาระของนักกายภาพบำบัด อย่างไรก็ตามเครื่องรุ่นที่ 2 ที่เคยผลิตแต่มีข้อจำกัดในการใช้งานกับผู้ป่วยที่เคลื่อนไหวข้อเท้าได้ไม่เต็มที่ จึงมีการพัฒนาเครื่องรุ่นที่ 3 เพื่อแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้และเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟูข้อเท้าของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ได้ตามคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดภายใต้หลักวิศวกรรมและหลักทางการแพทย์ ต่อการเคลื่อนไหวตามชีวศาสตร์ของข้อเท้า และทดสอบประสิทธิผล (Effective) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

วิธีการศึกษา: การศึกษานี้เป็นแบบรายงานกรณีศึกษา โดยอธิบายผลขององศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าก่อนและหลังใช้อุปกรณ์ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีการเคลื่อนไหวข้อเท้าไม่เต็มช่วง อุปกรณ์ถูกตั้งค่าให้ขยับข้อเท้ามากกว่ามุมที่วัดได้อย่างน้อย 50% และใช้เวลา 30 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้เทคนิค Passive movement และผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการเก็บข้อมูล

ผลการศึกษา: อาสาสมัครมีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าแบบ Passive movement ในท่า Dorsilexion มีองศาการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ผลการประเมิน Modified Ashworth Scale ไม่พบการเปลี่ยนแปลง และคะแนนการประเมินกิจวัตรประจำวันเพิ่มขึ้นแต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการรักษาของงานวิจัยนี้

สรุปผลการศึกษา: เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเที่ยงตรงเชิงสภาพดี เมื่อทดสอบการใช้งานในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง พบว่าสามารถคงความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและอาการเกร็งของกล้ามเนื้อน่องได้มและมีแนวโน้มจะเพิ่มตัวแปรดังกล่าวได้ หากมีการปรับปรุงของตัวเครื่อง และออกแบบการฝึกให้สอดคล้องกับการประเมิน

คำสำคัญ: การพัฒนาเครื่องออกกำลังกาย, ข้อเท้าตก, ฟื้นฟูข้อเท้า, โรคหลอดเลือดสมอง

Abstract

Background : The Ankle Continuous Passive Motion Device is equipment that helps rehabilitate the ankle's range of motion and reduces the workload of physical therapists. However, the second version of the device had limitations in treating patients with restricted ankle mobility. Therefore, the third version was developed to address these limitations and enhance its effectiveness in rehabilitating stroke patients' ankles.

Objective: To develop the third version (prototype) of the Ankle Continuous Passive Motion Device, following the specified characteristics based on engineering and medical principles related to ankle biomechanics. Additionally, to test the effectiveness of this third version in stroke patients.

Study Method: This study was a case report describing the ankle range of motion before and after using the device in stroke patients with limited ankle mobility. The device was set to move the ankle beyond the measured angle by at least 50%. It was used for 30 minutes per session, 3 times per week, for 6 weeks, utilizing passive movement techniques. Data collection was supervised by the researcher.

Results: The ankle CPM device showed improvement in passive dorsiflexion range of motion (ROM). However, the Modified Ashworth Scale results did not show any change, and the Barthel Activities of Daily Living (BI) scores increased. Nonetheless, this change is not related to the treatment program in our research.

Conclusion: In summary, the third version of the ankle CPM device demonstrated good content and construct validity. The device maintained ankle mobility and calf muscle spasticity. The incorporation of rehabilitation ankle CPM in intensive training could further enhance range of motion and activities of daily living of stroke patient.

Keywords: Development of exercise equipment, foot drop, ankle rehabilitation, stroke.

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) คือภาวะที่เลือดไม่สามารถไปเลี้ยงสมอง ได้เพียงพอ ส่งผลให้สมองไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] พบบ่อยในโรคทางระบบประสาท ซึ่งเกิดได้หลากหลายสาเหตุได้แก่ความเสื่อมของระบบต่างๆ ของร่างกายอายุที่เพิ่มมากขึ้น โรคประจำตัวโดยเฉพาะกลุ่มโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ตลอดจนพฤติกรรมการปฏิบัติตัวที่ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง เช่น การดื่มสุรา การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหารที่มีรสหวานมันเค็มเป็นประจำ [2] จากข้อมูลสถิติพบว่า ประชากรไทยป่วยเป็นโรคหลอดเลือดสมองเพิ่มมากขึ้นโดย จากรายงานผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2566 พบอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองมากที่สุดในช่วงอายุที่ 60 ปีขึ้นไป พบ 247,170 คน ช่วงอายุ 50–59 ปี จำนวน 63,088 คน ช่วงอายุ 40–49 ปี จำนวน 24,453 คน ช่วงอายุ 15–39 ปีจำนวน 14,965 คน และช่วงอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 ปี จำนวน 1,356 คน ตามลำดับ สำหรับพื้นที่จังหวัดพะเยาพบผู้ป่วยโรคหลอดสมอง จำแนกตามกลุ่มอายุ ปี พ.ศ. 2566 พบว่าอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองจะพบมากที่สุดคือช่วงอายุที่มากกว่า 60 ปี รองลงมาคือ อายุ 50–59 ปี ตามลำดับ [3]

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองมักมีการเคลื่อนไหวของร่างกายบกพร่อง เนื่องจากการควบคุมกล้ามเนื้อมีความผิดปกติ อันมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของระบบประสาทสั่งการส่วนกลาง เช่น มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแขนและขาครึ่งซีก ทำให้ไม่มีการขยับเคลื่อนไหวของแขนและขา เนื่องจากการอ่อนแรง เป็นผลทำให้เกิดภาวะกล้ามเนื้อหดรั้ง (Contracture) โดยระยะแรกจะเกิดขึ้นที่กล้ามเนื้อเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไปจะส่งผลทำให้ในส่วนของเอ็นและพังผืดเกิดการหดสั้น จนเกิดภาวะข้อติด (Joint stiffness) เป็นผลทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวเพิ่มมากกว่าปกติ พบได้บ่อยในรยางค์ส่วนปลาย โดยเฉพาะบริเวณข้อเท้า เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคต่อการเดิน [2] เช่น ในกรณีที่ผู้ป่วยมีภาวะข้อเท้าตก (foot drop) ด้านซ้าย เมื่อก้าวเท้าขวาไปข้างหน้า เท้าซ้ายจะไม่สามารถก้าวตามมาได้ เนื่องจากกล้ามเนื้อกระดกปลายเท้าอ่อนแรง ส่งผลให้ปลายนิ้วเท้าลากถูไปกับพื้น เดินสะดุด หกล้ม หรือในบางรายจะเกิดการชดเชยของร่างกายด้วยการเดินที่ผิดรูปแบบ เช่น มีการโน้มตัวไปด้านหน้า กางสะโพกซ้ายเล็กน้อย เพื่อเหวี่ยงสะโพกให้เท้าสามารถลอยพ้นพื้นได้ แต่การลงน้ำหนักเท้าซ้ายจะไม่ดี น้ำหนักจะตกลงปลายเท้ามากกว่าปกติ ส่งผลต่อการทรงตัว เดินไม่มั่นคง หากปล่อยให้ผู้ป่วย

เดินในท่าทางที่ผิดรูปแบบต่อไปจะส่งผลทำให้กล้ามเนื้อจะเกิดการหดรั้ง นำไปสู่การหดสั้นของกล้ามเนื้อ และเกิดข้อติดตามมา [3] ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและญาติ เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมของผู้ป่วยถูกจำกัดลง ดังนั้นการช่วยเหลือหรือแก้ปัญหาเท้าตกในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง จึงมีความสำคัญอย่างมาก ที่จะได้รับการดูแลและฟื้นฟูสภาพที่ถูกต้อง เหมาะสม เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน และส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

การรักษาภาวะเท้าตกสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในทางการแพทย์ สามารถทำได้โดยการผ่าตัด เช่น ผ่าตัดย้ายเส้นเอ็น หรือผ่าตัดเชื่อมกระดูกข้อเท้ากับกระดูกเท้าเข้าด้วยกัน การรักษาประคับประคองตามอาการ [4] การรักษาทางเวชศาสตร์ฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดสามารถทำได้ด้วยการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อที่ควบคุมข้อเท้า เช่น การยืดกล้ามเนื้อน่อง (Stretching exercise) การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้านหน้าขา (Strength training) การคงองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ [5] การกระตุ้นไฟฟ้าทางกายภาพบำบัด การฝึกก้าวเดิน ลงน้ำหนัก อย่างไรก็ตามการฝึกก้าวเดินจะเกิดอุปสรรคอย่างมากในผู้ป่วยที่มีภาวะปลายเท้าตก [3] ผู้ป่วยอาจต้องใช้อุปกรณ์กันปลายเท้าตก (Ankle foot orthosis; AFO) ร่วมกับการฝึกทั้งนี้ ซึ่งการดูแลรักษาและการฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอย่างต่อเนื่องจะช่วยทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน เช่น การขาดแคลนทุนทรัพย์ บุคคลากร อุปกรณ์การรักษาด้านเวชศาสตร์ฟื้นฟู รวมถึงข้อจำกัดในผู้ป่วยบางราย เช่น เศรษฐานะของผู้ป่วย ระยะทางในการเข้ารับการรักษาและฟื้นฟู ทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถรับการดูแลรักษาและการฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าผู้ป่วยบางรายจะได้รับการดูแลรักษาและฟื้นฟูในระยะแรก และผู้ดูแลได้รับการสอนการออกกำลังกายบริหารข้อเท้าเพื่อนำไปดูแลรักษาและฟื้นฟูผู้ป่วยต่อที่บ้าน อาจไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้ป่วยหรือผู้ดูแลไม่สามารถทำได้ถูกต้องและไม่สามารถทำได้ต่อเนื่องตามหลักการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัด เนื่องจากผู้ดูแลมีภาระหน้าที่มาก ทำให้ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเสียโอกาสในการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัด ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพในการรักษาจำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ และเพื่อลดภาระของผู้ดูแลในการช่วยออกกำลังกายขยับข้อเท้าให้แก่ผู้ป่วย จึงมีการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายสำหรับข้อเท้าขึ้นมา เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการบริหารข้อเท้าได้อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ โดยไม่ต้องอาศัยการออกกำลังกายบริหารข้อเท้าจากผู้ดูแล

จากการศึกษาของ ธิดารัตน์ เจือจาน, พรพิมล วรรณภักดี และสุพรรษา เทพปณะ (พ.ศ. 2562) ได้พัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า รุ่นที่ 1 ขึ้น โดยอุปกรณ์ทำจากไม้และมอเตอร์สามารถขยับข้อเท้าได้สองทิศทางได้แก่ กระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) และกระดกข้อ

เท้าลง (Plantar flexion) จากการศึกษาคุณภาพของอุปกรณ์พบว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาคือ พกพาสะดวก มีการแสดงผลช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเท้าโดยมีมุมกระดกข้อเท้าขึ้น 20 องศา และมุมถีบปลายเท้าลง 45 องศา สะดวกต่อการใช้งาน ใช้งบประมาณในการผลิตน้อย อุปกรณ์มีความมั่นคง รูปลักษณ์สวยงาม มีปุ่มกดหยุดเพื่อคงค้างในช่วงการเคลื่อนไหวองศานั้นๆ ที่ต้องการและมีปุ่มกดหยุดฉุกเฉินเพื่อป้องกันอันตราย ในระดับสูง (IOC=1) ยกเว้น น้ำหนักของอุปกรณ์ (IOC =–1) ในขณะที่อุปกรณ์มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง มีค่า ICC ของการกระดกข้อเท้าขึ้นเท่ากับ 0.922 และ ICC ของการกระดกข้อเท้าลงเท่ากับ 0.972 [6]

รัชนี ทองใบ พรณภา วันสูง มณีรัตน์ เผ่ากันทะ (พ.ศ. 2565) ศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้ารุ่นที่ 1 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจำนวน 2 คน พบว่า อาสาสมัครทั้งสองคนมีแนวโน้มที่ดีขึ้นในการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวขอข้อเท้า [7] ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาของอาจารย์นิดา วงศ์สวัสดิ์ (พ.ศ. 2555) ซึ่งศึกษาการใช้อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง พบว่า เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (Continuous passive movement) สามารถลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ลดภาวะแทรกซ้อน เช่น ข้อติด เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้า และเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีภาวะปลายเท้าตก [2]

อย่างไรก็ตามเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารุ่นที่ 1 ยังมีข้อจำกัดการใช้งานของอุปกรณ์ ได้แก่ ฐานของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า มีน้ำหนักที่มาก เสียงดัง เมื่อเพิ่มความเร็ว มีสายไฟที่ยากต่อการจัดเก็บ ตัวเครื่องมีขนาดใหญ่และหนัก ไม่มีค่าแสดงความเร็ว ปรับองศายาก ไม่ชัดเจนและขาดความแม่นยำ บุษริน กันทา, รมิตา ตั๊ววิชัย และภูริชญา เพียจันทร์ (พ.ศ. 2566) จึงได้พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต่อเนื่อง รุ่นที่ 2 โดยมีแนวคิด คือ พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 2 ที่มีความมั่นคง น้ำหนักเบา ง่ายต่อการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย ใช้งานง่ายและมีความแม่นยำสูง อย่างไรก็ตามยังพบข้อจำกัด กล่าวคือ ยากต่อการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย ขั้นตอนการใช้งานซับซ้อน ความแม่นยำในการปรับค่าองศาน้อย อุปกรณ์เคลื่อนไหวไม่ราบเรียบในทิศทางกระดกข้อเท้าขึ้น–ลงและเบนปลายเท้าซ้าย–ขวา ตัวเครื่องไม่สามารถบันทึกข้อมูล เช่น องศา และระยะเวลาออกกำลังของผู้ใช้แต่ละคนได้ [8]

ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้มองเห็นความสำคัญและสนใจพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ที่ใช้ง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย มีความแม่นยำในการปรับองศา การเคลื่อนไหวที่ราบเรียบ ตลอดจนทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ประเภทของการวิจัย

☐ วิจัยพื้นฐาน

☐ วิจัยประยุกต์

☑ การพัฒนาทดลอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ได้ตามคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดภายใต้หลักวิศวกรรมและหลักทางการแพทย์

2. เพื่อทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ต่อการเคลื่อนไหวตามชีวศาสตร์ของข้อเท้า

3. เพื่อทดสอบเชิงคุณภาพ (Qualitative) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ต่อการเคลื่อนไหวตามชีวกลศาสตร์ของข้อเท้า

4. เพื่อทดสอบประสิทธิผล (Effective) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) ที่มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่สุดช่วง เก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดพะเยาตั้งแต่เดือน พฤษภาคม–สิงหาคม พ.ศ. 2567

สมมติฐานการวิจัย

อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าสามารถเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Gastrocnemius muscle and Soleus muscle) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease, Stroke)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 สำหรับการบำบัดรักษาและฟื้นฟูสภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่สุดช่วง

2. ได้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity)

3. สามารถประยุกต์ใช้อุปกรณ์นี้กับผู้ป่วยทั้งในชุมชนและสถานการแพทย์ได้อย่างสะดวกปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

4. สามารถนำอุปกรณ์ไปพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ที่ใช้งานได้หลากหลาย หรือเคลื่อนไหวขยับข้อเท้าได้มากกว่า 2 ทิศทาง คือSagittal plane, Frontal plane

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

โรคหลอดเลือดสมอง (Stroke)

โรคหลอดเลือดสมอง หรือที่นิยมเรียกว่า Stroke มีชื่อเรียกอื่น คือ Cerebrovascular disease (CVD) หรือ Cerebrovascular accident (CVA) ชื่อที่นิยมเรียกกันในภาษาไทย คือ โรคอัมพาต ในกรณีที่มีการอ่อนแรงไม่มากหรือมีอาการเพียงชั่วคราว นิยมเรียกว่า โรคอัมพฤกษ์

องค์การอนามัยโลกได้ให้คำจำกัดความของ Stroke ว่าเป็นภาวะที่มีความผิดปกติของระบบหลอดเลือดสมอง เป็นเหตุให้สมองบางส่วนหรือทั้งหมดทำงานผิดปกติไป ก่อให้เกิดอาการและอาการแสดงซึ่งคงอยู่เกิน 24 ชั่วโมง หรือทำให้เสียชีวิต [9]

สาเหตุและพยาธิกำเนิด

สาเหตุของโรคหลอดเลือดสมองตีบและอุดตัน

1. ภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (Atherosclerosis) พบในผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือด เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง สูงอายุ สูบบุหรี่ โดยพบที่หลอดเลือดแดง Carotid นอกกะโหลกศีรษะ (Extracranial carotid arteries) หรือหลอดเลือดแดงในกะโหลกศีรษะ (Intracranial arteries) ทำให้หลอดเลือดตีบ หรือเกิดลิ่มเลือดมาจากคราบ Plaque แตกเป็นแผลในหลอดเลือดแดงที่ตีบแข็งแล้วลิ่มเลือดขยายขนาด หรือลิ่มเลือดลอยไปอุดตัน (Arterial to arterial emboli)

2. โรคหลอดเลือดสมองขนาดเล็ก (Small vessel disease) สาเหตุมาจากมีแรงดันในหลอดเลือดขนาดเล็กสูงซึ่งเป็น Penetrating artery ทำให้เกิด Hyaline degeneration ได้ง่าย โดยเฉพาะผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง เมื่อหลอดเลือดอุดตันจะเกิดเป็นรอยขาดเลือดขนาดเล็ก 0.5–1.5 ซม. (Lacunar infarction) จาก Lipohyalinosis หรือเกิดจากมี Microatherom

3. ลิ่มเลือดอุดตัน (Embolism)

3.1 ลิ่มเลือดอุดตันจากหัวใจ (Cardiac to arterial embol) ส่วนใหญ่พบในผู้ป่วยที่มีหัวใจเต้นผิดจังหวะ (atrial fibrillation) จากการศึกษาโดยผู้เขียนและคณะผู้วิจัยพบว่าภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ AF เป็นสาเหตุของการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในประเทศไทยร้อยละ 9.1 สาเหตุอื่นๆ ได้แก่ ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตายจากการขาดเลือด (Recent myocardial infarction น้อยกว่า 4 สัปดาห์) ลิ้นหัวใจเทียม (mechanical prosthetic valve) โรคลิ้นหัวใจรู

มาติก (Rheumatic valvular heart disease) โดย เฉพาะลิ้นไมทรัลตีบ (Mitral stenosis) ลิ่มเลือดในห้องหัวใจด้านบนซ้าย(Left atria/atrial appendage thrombus) ภาวะDilated cardiomyopathy โรคลิ้นหัวใจติดเชื้อ (Infective endocarditis), Atrial myxoma, Sick sinus syndrome, Patent foramen vale (ทำให้เกิด Paradoxical embolism) เป็นต้น

3.2 ภาวะลิ่มเลือดจากหลอดเลือดลอยมาอุดตัน (Arterial to arterial embolism) พบในผู้ป่วยหลอดเลือดแดง Carotid ตีบ ภาวะหลอดเลือดแดงแตกเซาะ (Dissection), Aortic plaque เป็นต้น

3.3 Embolism ชนิดอื่นได้แก่ Air embolism, Amniotic fluid embolism, Fat embolism, Tumor embolism

4. โรคหลอดเลือดจากสาเหตุอื่น ได้แก่ ภาวะหลอดเลือดแดงอักเสบ (Vasculitis), โรคซิฟิลิส การใช้สารเสพติด เช่น แอมเฟตามีน โคเคน หลอดเลือดผิดปกติแต่กำเนิด (AVM), โรค Moyamoya, หลอดเลือดถูกกดทับ หลอดเลือดหดเกร็ง (Vasospasm) การบาดเจ็บของหลอดเลือด การเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนเลือด เช่น ภาวะความดันโลหิตต่ำทำให้สมองบริเวณรอยต่อหลอดเลือดขาดเลือดไปเลี้ยง(Watershed infarction), Subclavian steal syndrome, โรคหลอดเลือดสมองทางพันธุกรรม เช่น Cerebral autosomal-dominant arteriopathy with subcortical infarcts and leukoencephalopathy (CADASIL), Fibromuscular dysplasia, โรคมะเร็งที่ผนังหลอดเลือด เช่น Choriocarcinoma, Endovascular lymphoma, ภาวะหลอดเลือดผิดปกติตามหลังการฉายรังสีรักษา (Radiation induced vasculopathy), Mitochondrial encephalopathy lactic acidosis and stroke (MELAS) เป็นต้น

5. ภาวะการแข็งตัวของเลือดมากกว่าปกติ (Hypercoagulable disorder) แบ่งเป็น

5.1 Primary hypercoagulable state ได้แก่ ภาวะขาด protein C, protein S, Antithrombin III, Factor V Leiden mutation, Prothrombin mutation เป็นต้น

5.2 Secondary hypercoagulable state จากโรคหรือภาวะอื่น ได้แก่ มะเร็ง การตั้งครรภ์ ยาคุมกำเนิดการใช้ Hormone therapy, Antiphospholipid syndrome, Hyperhomocysteine Polycythemia vera, Essential thrombocytopenia, Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria, Disseminated intravascular coagulation (DIC), Thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP), Cryoglobulinemia เป็นต้น

6. กลุ่มที่ไม่สามารถระบุสาเหตุได้แน่ชัด (Infarcts of undetermined cause) ผู้ป่วยจำนวนหนึ่งประมาณร้อยละ 15-35 หลังจากส่งตรวจเพิ่มเติมแล้วไม่พบสาเหตุของโรคหลอดเลือดสมอง ควรติดตามและอาจพิจารณาส่งตรวจเพิ่มเติมตามความเหมาะสมในภายหลังได้

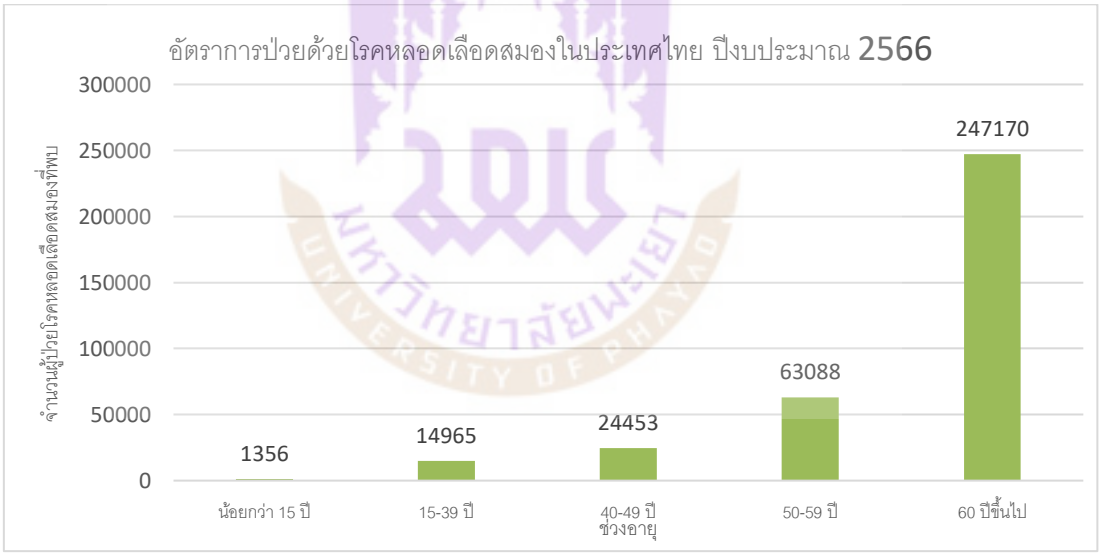
เมื่อมีการตีบหรืออุดตันของหลอดเลือดสมองเกิดขึ้น เนื้อสมองบริเวณที่ขาดเลือดไปเลี้ยงทำให้เนื้อสมองเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ เนื่องจากการขาดพลังงานและเกิดเนื้อสมองตายในที่สุด โดยสามารถแบ่งเนื้อสมองที่ขาดเลือดออกเป็น 2 ส่วน คือ

6.1 เนื้อสมองส่วนใจกลางที่เรียกว่า Ischemic core หรือ Infarct core คือบริเวณที่เกิดการขาดเลือดมากที่สุดและเกิดความเสียหายอย่างถาวร (Infarction)

6.2 เนื้อสมองบริเวณใกล้เคียงใจกลางจะมีการขาดเลือดไม่รุนแรงเท่าเรียกว่า Ischemic penumbra เนื้อสมองส่วนนี้จะมีเลือดไปเลี้ยงน้อยลงจึงไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการผิดปกติทางระบบประสาท เช่น อาการอ่อนแรง ปากเบี้ยว ชา เป็นต้น โดยเนื้อสมองส่วนนี้ยังสามารถฟื้นตัวได้ ถ้าได้รับเลือดมาเลี้ยงทันเวลา แต่ถ้าปริมาณเลือดลดลงมากหรือเป็นระยะเวลานานก็จะเกิดความเสียหายถาวรตามมาในที่สุด [9]

ความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง

ความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง ในประเทศไทย ปีงบประมาณ 2566



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแท่งแสดงความชุกของโรคหลอดเลือดสมองในประเทศไทย จำแนกตามกลุ่มอายุปี 2566 [10]

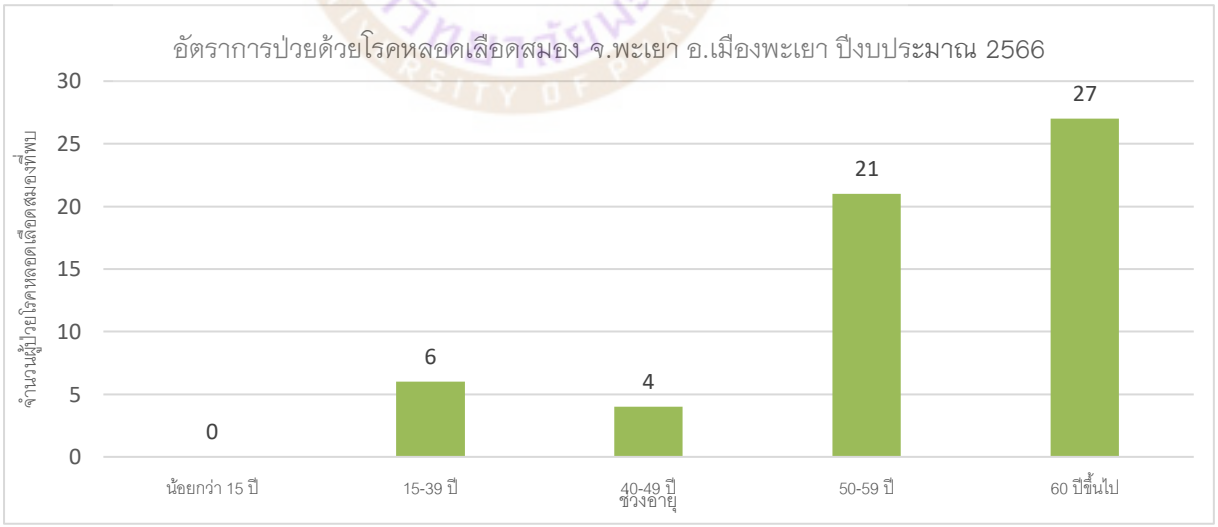
จากตารางความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามกลุ่มอายุ ปี 2566 ข้างต้น จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองจะพบมากที่สุดคือช่วงอายุที่มากกว่า 60ปี พบ 247,170 คน ช่วงอายุ 50–59 ปี จำนวน 63,088 คน ช่วงอายุ 40–40

ปี จำนวน 24,453 คน ช่วงอายุ 15–39 ปีจำนวน 14,965 คน และช่วงอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 ปี จำนวน 1,356 คน ตามลำดับ

ความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง จังหวัดพะเยา จำแนกตามกลุ่มอายุ ปี 2566

รูปที่ 2.2 แผนภูมิแท่งแสดงความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามระดับตำบลปี 2566 [10]

จากตารางความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามตำบลปี 2567 ข้างต้น จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองจะพบมากที่สุดคือ ตำบลบ้านต๋ำ คิดเป็นร้อยละ 0.67 และอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองที่น้อยที่สุดในระดับตำบลคือ ตำบลแม่ต๋ำ ตำบลบ้านสาง และตำบลสันป่าม่วง คิดเป็นร้อยละ 0.00



รูปที่ 2.3 แผนภูมิแท่งแสดงความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามกลุ่มอายุ ปี 2566 [10]

จากตารางความชุกของโรคหลอดเลือดสมอง อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา จำแนกตามกลุ่มอายุ ปี 2566ข้างต้น จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดสมองจะพบมากที่สุดคือช่วงอายุที่มากกว่า 60 ปี พบ 27 คน ช่วงอายุ 50–59 ปี จำนวน 21 คน ช่วงอายุ 15–39 ปี จำนวน 6 คน ช่วงอายุ 40–49 ปี จำนวน 4 คน และช่วงอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15 ปี จำนวน 0 คน ตามลำดับ

การแบ่งประเภทของโรคหลอดเลือดสมอง

1. ประเภทของโรคหลอดเลือดสมองแบ่งตามลักษณะของพยาธิสรีรวิทยา

1.1 โรคหลอดเลือดสมองที่เกิดจากการขาดเลือด (Ischemic stroke) เกิดจากลิ่มเลือดอุดกั้น (Thrombosis) ของหลอดเลือดขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และเกิดจากลิ่มเลือดที่หลุดจากหลอดเลือดส่วนอื่น (Embolism) ที่สำคัญได้แก่ ลิ่มเลือดที่เกิดบริเวณผนังของหัวใจหรือลิ้นหัวใจ เช่น ภาวะหลอดเลือดอักเสบ (Vasculitis) เป็นต้น การเกิดลิ่มเลือดอุดกั้นหลอดเลือดทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กสัมพันธ์กับภาวะผนังหลอดเลือดแข็งตัว (Atherosclerosis) และการมีความดันเลือดสูงเป็นเวลานาน นอกจากนี้ยังพบว่าสัมพันธ์กับการเกิดพยาธิสภาพของหลอดเลือดแดงกลุ่ม Perforating vassels ซึ่งเมื่ออุดกั้นแล้ว จะทำให้เนื้อสมองบริเวณนั้นตาย ที่เรียกว่า Lacunar infarction ทั้งนี้อาการและอาการแสดงทางระบบประสาทขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่อุดกั้น ระยะเวลาของการขาดเลือด อัตราการขาดเลือด และการได้รับเลือดชดเชยจากระบบหลอดเลือดใกล้เคียง

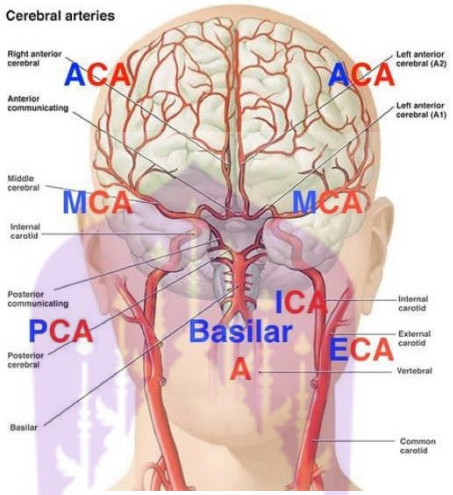
1.2 โรคหลอดเลือดสมองที่เกิดจากเลือดออก (Hemorrhagic stroke)

1.2.1 ภาวะเลือดออกในสมอง (Intracerebral hemorrhage) สาเหตุสำคัญ ได้แก่ ความดันเลือดสูงที่ควบคุมไม่ได้ พบร่วมกับผนังหลอดเลือดขนาดเล็กอ่อนแอลงจนในที่สุดเกิด Microaneurism ซึ่งไม่ใช่ Aneurism ที่แท้จริง แต่เป็นกระเปาะที่มีเลือดซึมขังอยู่บ่งบอกได้ว่าเคยมีการฉีกขาดของผนังหลอดเลือดมาก่อน ถ้ามีความดันเลือดสูงขึ้นจากเดิมอย่างกะทันหัน เช่น ตกใจหรือโกรธ Microaneurism ดังกล่าวจึงแตกออก

ตำแหน่งที่มีเลือดออกได้บ่อย ได้แก่ Basal ganglia, Thalamus, Cerebral hemisphere, Cerebrum and Pons ภาวะเลือดออกในสมองส่วน Cerebellum มักเกิดที่ซีกใดซีกหนึ่ง โดยเริ่มที่ตำแหน่ง Dentate nucleus ผู้ป่วยจะเสียการทรงตัว เดินเซ

1.2.2 ภาวะเลือดออกใต้เยื่อหุ้มชั้นสมอง Subarachanoid (Subarachanoid hemorrhage, SAH) มักเกิดจากการแตกของหลอดเลือดตรงตำแหน่งที่มี Aneurism [9]

2. ประเภทของโรคหลอดเลือดสมองแบ่งตามตำแหน่งของหลอดเลือดที่มีพยาธิสภาพ



รูปที่ 2.4 หลอดเลือดสมอง [11]

2.1 Internal carotid artery (ICA)

ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Fronton –parieto–temporal region (area ที่เลี้ยงโดย MCA+ACA) มีอาการแขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค (CL hemiplegia) แขนขาชาด้านตรงข้าม (CL hemianesthesia) ตามองไปด้านที่มีรอยโรค (Conjugate eye deviation toward the side of infraction) ตาสองข้างมองไม่เห็นภาพครึ่งซีกด้านตรงข้าม (CL homonymous hemianopia) ไม่พูดและไม่เข้าใจภาษา (Global aphasia ในกรณีรอยโรคอยู่ที่สมองด้านเด่น; dominant hemisphere) ไม่สนใจร่างกายด้านตรงข้าม (hemineglect) มักมีระดับความรู้สติลดลง (decrease level of consciousness) เนื่องจากรอยโรคขนาดใหญ่

2.2 Middle cerebral artery (MCA)

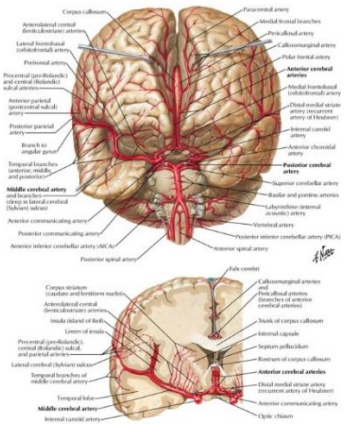
ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Fronto–parieto–temporal region Stem of MCA อุดตันที่ส่วนต้นของหลอดเลือด มีอาการแขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค (CL hemiplegia) แขนขาชาด้านตรงข้าม (CL hemianesthesia) ตามองไปด้านที่มีรอยโรค (conjugate eye

deviation toward the side of infarction) ตาสองข้างมองไม่เห็นภาพครึ่งซีกด้านตรงข้าม (CL homonymous heminopia) ไม่พูดและไม่เข้าใจภาษา (global aphasia ในกรณีรอยโรคอยู่ที่สมองด้านเด่น; dominant hemisphere) ไม่สนใจร่างกายด้านตรงข้าม (hemineglect) มักมีระดับความรู้สติลดลง (decrease level of consciousness) เนื่องจากรอยโรคขนาดใหญ่

Superior division of MCA อุดตันที่แขนงด้านบนของหลอดเลือด (เลี้ยงสมองส่วน fronto–parietal region) มีอาการแขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยอ่อนแรงใบหน้าและแขนมากกว่าขา (weakness of face and arm > leg) พูดไม่คล่องหรือไม่พูดแต่จะเข้าใจสิ่งที่ผู้อื่นพูด (motor aphasia หรือ Broca's aphasia ในกรณีรอยโรคอยู่ที่สมองด้านเด่น; dominant hemisphere) ตาสองข้างมองไม่เห็นเสี้ยวเดียวทางด้านล่างตรงข้ามกับรอยโรค (CL homenymous inferior quadrantanopia) กลุ่มอาการ Gerstmanm's syndrome (รอยโรคที่สมองส่วน parietal lobe ด้านเด่น มีอาการ 5 อาการ: คำนวณไม่ได้ (acalculia) อ่านไม่ออก (alexia) เขียนไม่ได้ (agraphia) ไม่รู้จักชื่อนิ้วมือ (inger agnosia) แยกซ้ายขวาไม่ได้ (ight–left disorientation))

Inferior division of MCA อุดตันที่แขนงด้านล่างของหลอดเลือด (เลี้ยงสมองส่วน parieto–temporal region) มีความผิดปกติการพูด โดยจะพูดได้แต่ฟังไม่เข้าใจ (sensory aphasia หรือ Wernicke's aphasia ในกรณีรอยโรคอยู่ที่สมองด้านเด่น; dominant hemisphere) มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลง (behavior disturbance ในกรณีรอยโรคอยู่ที่สมองด้านไม่เด่น; non–dominant hemisphere) ตาสองข้างมองไม่เห็นเสี้ยวเดียวด้านบนตรงข้ามกับรอยโรค (CL homonymous upper quadrantanopia)

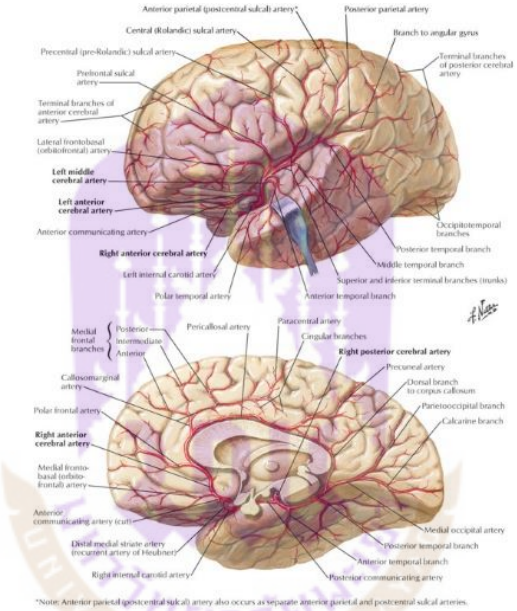
Lenticulostriate branch แขนงหลอดเลือดขนาดเล็กที่เลี้ยงเนื้อสมองส่วนลึก ได้แก่ internal capsule, corona radiata มีอาการของกลุ่ม lacunar คือ pure motor hemiparesis, sensory motor stroke (กรณีมีรอยโรคที่ thalamus ด้วย)



รูปที่ 2.5 หลอดเลือด Middle cerebral artery (MCA) [12]

2.3. Anterior cerebral artery (ACA)

ตำแหน่งที่สมองเลี้ยงส่วนใหญ่ Frontal lobe ส่วน medial มีอาการแขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยขาอ่อนแรงมากกว่าแขน (CL weakness of leg > arm), akinetic mutism (รอยโรคที่ bilateral mesiofrontal damage) ความจำแย่ลง (impaired memory) อารมณ์เปลี่ยนแปลง (emotional disturbance) ตามองไปด้านที่มีรอยโรค (deviation of head and eye toward the lesion) กล้ามเนื้อตึงตัวผิดปกติ (paratonia VA) กล้ามเนื้อหูรูดกลั้นไม่ได้ (sphincter incontinence)

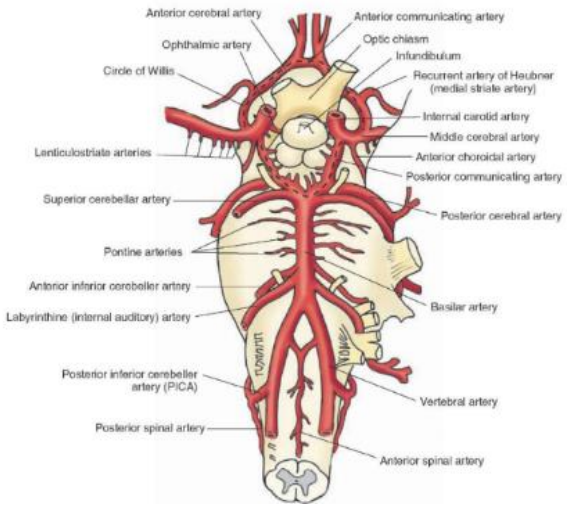


รูปที่ 2.6 หลอดเลือด Anterior cerebral artery (ACA) [12]

2.4 Vertebral artery (VA) และ Basilar artery (BA)

ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Brainstem และ Cerebellum ระดับความรู้สึกตัวลดลง (decrease level of consciousness) เส้นประสาทสมองผิดปกติ (cranial nerve palsy) ตรวจพบอาการ แสดงของสมองน้อย (cerebellar signs) เวียนศีรษะ (vertigo) ตากระตุก (nystagmus) กลุ่มอาการ Horner ด้านเดียวกับรอยโรค (IL Horner's syndrome) long tract signs

Penetrating branch Ves BA แขนงหลอดเลือดขนาดเล็กที่เลี้ยงเนื้อสมองส่วนลึก ได้แก่ basis pontis มีอาการของกลุ่ม lacunar คือ pure motor syndrome, ataxic hemiparesis, dysarthria clumsy hand syndrome

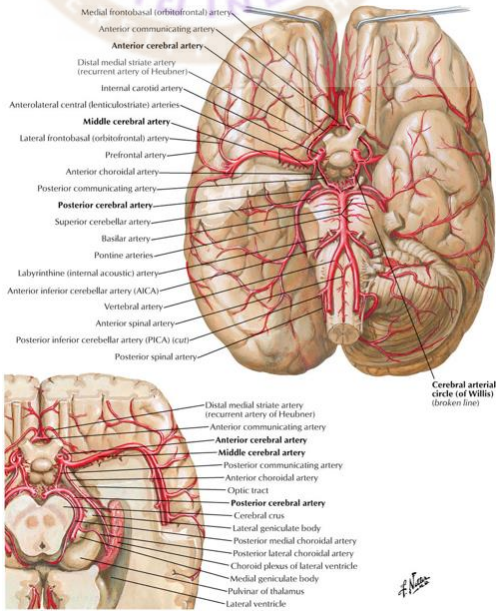


รูปที่ 2.7 หลอดเลือด Vertebral artery (VA) และ Basilar artery (BA) [13]

2.5 Posterior cerebral artery (PCA)

ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Midbrain, thalamus, tempero-occipital lobe มีอาการตาสองข้างมองไม่เห็นภาพครึ่งซีกด้านตรงข้ามกับรอยโรค (CL homonymous hemianopia, partial or complete macular sparing) กรณีอุดตัน PCA ทั้งสองข้าง จะทำให้เกิด cortical blindness (ผู้ป่วยตามองไม่เห็นทั้งสองข้างแต่รูม่านตาตอบสนองต่อแสงปกติ)

Penetrating branch แขนงหลอดเลือดขนาดเล็กที่เลี้ยงเนื้อสมองส่วนลึก ได้แก่ thalamus มีอาการของกลุ่ม lacunar คือ pure sensory syndrome



รูปที่ 2.8 หลอดเลือด Posterior cerebral artery (PCA) [12]

2.6 Superior cerebellar artery (SCA)

ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Dorsal cerebellum เวียนศีรษะ (vertigo) เดินเซด้านเดียวกับรอยโรค (IL ataxia) ตากระตุก (nystagmus) ตรวจพบอาการแสดงของสมองน้อย (IL cerebellar signs) กลุ่มอาการ Horner ด้านเดียวกับรอยโรค (IL Horner's syndrome) ชาร่างกายซีกตรงข้ามกับรอยโรค (CL trunk and extremity hypoesthesia)

2.7 Posterior inferior cerebellar artery (PICA)

ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Cerebellum และ medulla

2.7.1 Medial branch แขนงตรงกลาง (supply vermis, vestibulo–cereblum) มีอาการเวียนศีรษะมาก (prominent vertigo) เดินเซ (ataxia) ตากระตุก (nystagmus)

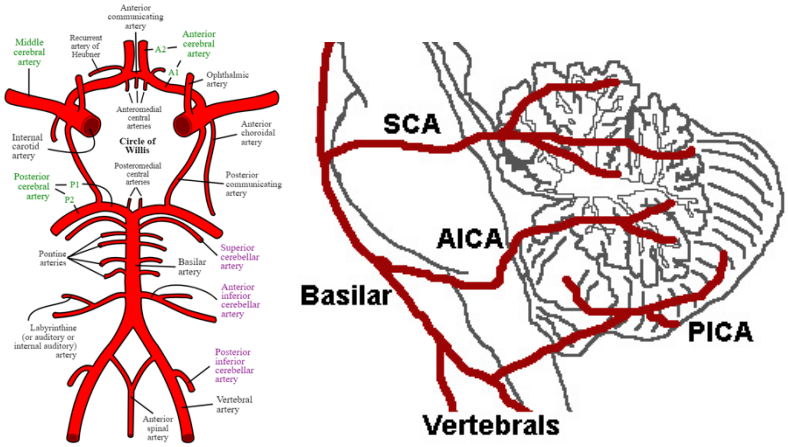
2.7.2 Lateral branch แขนงด้านข้าง (supply cerebellar hemisphere, pontomedullary) มีอาการเวียนศีรษะ (vertigo) เดินเซ (ataxia) เสียการกำหนดระยะ (limb dysmetria) คลื่นไส้อาเจียน มีปัญหาในการกลอกตา (conjugate or dysconjugate gaze palsies) รูม่านตาหด (miosis) พูดไม่ชัด (dysarthria)

2.7.3 Lateral medullary syndrome (Wallenberg's syndrome) กลุ่มอาการ Horner ด้านเดียวกับรอยโรค (IL Horner's syndrome; miosis, partial ptosis, anhidrosis, enopthalmos) เสียการรับความรู้สึกปวดและอุณภูมิที่ใบหน้าด้านเดียวกับรอยโรค (IL loss of pain & temp of face) มีอาการอ่อนแรงของเพดานปาก คอหอย สายเสียง ด้านเดียวกับรอยโรค (IL weakness of palate, pharynx, vocal cord) เดินเซด้านเดียวกับรอยโรค (IL cerebellar ataxia) ชาร่างกายซีกตรงข้ามกับรอยโรค (CL trunk and extremity hypoesthesia)

2.7.4 Medial medullary syndrome ลิ้นอ่อนแรงด้านเดียวกับรอยโรค (IL LMN paralysis of tongue) แขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค (CL paralysis of arm & leg)

2.8 Anterior inferior cerebellar artery (AICA)

ตำแหน่งสมองที่เลี้ยงส่วนใหญ่ คือ Ventral Cerebellum มีอาการเวียนศีรษะ (vertigo) คลื่นไส้ อาเจียน ตากระตุก (nystagmus) หูหนวกด้านเดียวกับรอยโรค (L deafness) กล้ามเนื้อใบหน้าอ่อนแรงด้านเดียวกับรอยโรค (IL facial paralysis) กลุ่มอาการ Horner ด้านเดียวกับรอยโรค (IL Horner's syndrome) ภาวะกล้ามเนื้อเสียสหการหรือเดินเซด้านเดียวกับรอยโรค (IL ataxia) ชาร่างกายซีกตรงข้ามกับรอยโรค (CL trunk and extremity hypoesthesia) [14]



รูปที่ 2.9 หลอดเลือด Superior cerebellar artery (SCA)Posterior inferior cerebellar artery (PICA) Anterior inferior cerebellar artery (AICA) [15]

3. ประเภทของโรคหลอดเลือดสมองแบ่งตามระยะเวลาการดำเนินโรค

3.1 Transient ischemic attack (TIA) คือปรากฏการณ์ของโรคหลอดเลือดสมองที่อาการและอาการแสดงเกิดขึ้นและหายไปภายใน 24 ชั่งโมง พบบ่อยในรายที่มี Carotid artery atherosclerosis

3.2 Reversible ischemic neurological deficit (RIND) พบได้ไม่บ่อยนัก อาการและอาการแสดงเกิดขึ้นและคงอยู่นานกว่า 24 ชั่วโมง แต่หายไปภายใน 2 สัปดาห์ เชื่อว่าเกิดจากเนื้อสมองขาดเลือดเพียงบริเวณเล็ก ๆ

3.3 Stroke in evolution ใช้ในช่วงที่อาการหรืออาการแสดงเป็นมากขึ้น มักเกิดจากลิ่มเลือดในหลอดเลือดแดงขนาดใหญ่กำลังขยายตัว อุดกั้นการไหลเวียนเลือดมากขึ้นเรื่อย ๆ

3.4 Complete stroke ใช้เมื่ออาการและอาการแสดงเกิดขึ้นเต็มที่ [9]

4. การแบ่งตามระยะเวลาการเกิดโรค (acuity of disease)

4.1. ระยะเฉียบพลันสุดขีด หมายถึง ภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงเนื้อสมอง 3 – 6 ชม. แรก

4.2 ระยะเฉียบพลัน หมายถึง ภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงเนื้อสมองตั้งแต่ 6 ชม. จนถึง 1 สัปดาห์

4.3 กึ่งเฉียบพลัน หมายถึง ภาวะขาดเลือดที่มีอาการตั้งแต่ 1 จนถึง 6 สัปดาห์ โดยระยะกึ่งเฉียบพลันช่วงแรก (early subacute) หมายถึงภายในสัปดาห์แรก และ ระยะกึ่งเฉียบพลันช่วงหลัง(Late subacute) หมายถึง ภายหลังสัปดาห์แรกจนถึง 6 สัปดาห์

4.4 ระยะเรื้อรัง หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่ 6 สัปดาห์ เป็นต้นไป [14]

ลักษณะทางคลินิก

1. หลอดเลือดสมองส่วนหน้าตีบหรืออุดตัน (anterior circulation stroke หรือ carotid หมายถึงระบบของหลอดเลือดแดง carotid ซึ่งเป็นระบบหลอดเลือดที่เลี้ยงสมองส่วนหน้า 2/3 อาการที่สำคัญได้แก่

1.1 แขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามกับรอยโรค (hemiparesis)

1.2 แขนขาชาด้านตรงข้ามกับรอยโรค (paresthesia)

2. หลอดเลือดสมองส่วนหลังตีบหรืออุดตัน (posterior circulation stroke หรือ vertebrobasilar system) หมายถึงระบบของหลอดเลือดแดง vertebrobasilar ซึ่งไปเลี้ยงสมองส่วนหลัง 1/3 (medial side ของ temporal lobe, occipital lobe, thalamus), ก้านสมอง (brainstem) และ สมองน้อย (cerebellum) อาการที่สำคัญ ได้แก่

2.1 แขนขาอ่อนแรงทั้งสองข้าง โดยอาจมีอาการอ่อนแรงไม่เท่ากันหรือมีอาการอ่อนแรงซีกเดียวด้านตรงข้ามกับรอยโรคก็ได้ (quadriparesis or hemiparesis) หรือแขนขาอ่อนแรงด้านตรงข้ามแต่มีอาการอ่อนแรงใบหน้าด้านเดียวกับรอยโรค (crossed hemiparesis)

2.2 แขนขาชาทั้งสองข้าง หรือแขนขาชาด้านตรงข้ามแต่มีชาใบหน้าด้านเดียวกับรอยโรค(crossed paresthesia)

2.3 ร่วมกับมีอาการกล้ามเนื้อเสียสหการหรือเดินเซ ทรงตัวลำบาก กล้ามเนื้อไม่ประสานงานกัน (ataxia or incoordination) เวียนศีรษะ (vertigo) มองเห็นภาพซ้อน (double vision) ตากระตุก (nystagmus) กลืนลำบาก (dysphagia) พูดไม่ชัด (slurred speech) ซึม

3. Lacunar infarction โรคหลอดเลือดขนาดเล็ก (small vessel disease) เกิดจากพยาธิสภาพของหลอดเลือดขนาดเล็กที่แยกจากหลอดเลือดใหญ่ (ทั้งจาก anterior circulation และ posterior circulation) เป็น penetrating artery ที่เป็น end–on artery เลี้ยงเนื้อสมองส่วนใต้เปลือก (subcortical area) กลุ่มอาการที่สำคัญ ได้แก่

3.1 Puremotorhemiparesis มาด้วยอาการอ่อนแรงแขนขาด้านตรงข้ามกับรอยโรคโดยรอยโรคอยู่ที่ internal capsule, basis pontis หรือ corona radiata

3.2 Pure sensory stroke มาด้วยอาการชาแขนขาลำตัวด้านตรงข้ามกับรอยโรคโดยรอยโรคอยู่ที่ ventral posterolateral nucleus ของ thalamus

3.4 Sensorymotorstrokeมาด้วยอาการอ่อนแรงร่วมกับอาการชาแขนขาและ

3.5 ลำตัดด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ posterior limb of internal capsule และ thalamus

3.6 Ataxic hemiparesis มาด้วยอาการเดินเซ(ตรวจพบมีincoordinationของแขน ขา)ร่วมกับอ่อนแรงแขนขาด้านตรงข้ามกับรอยโรค โดยรอยโรคอยู่ที่ posterior limb of internal capsule หรือ basis pontis [14]

ปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดเฉียบพลัน

1. ปัจจัยเสี่ยงที่ไม่สามารถแก้ไขได้ (non-modifable risk factors) ได้แก่

1.1 อายุ

อายุจัดเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ชัดเจนที่สุด โดยเป็นปัจจัยเสี่ยงของทั้งภาวะ hemorrhagic และ ischemic stroke จนเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นโรคของผู้สูงอายุ เมื่ออายุมากขึ้น อุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมองจะเพิ่มขึ้นแบบทวีคูณที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนได้แก่ตัวอย่างจากไต้หวัน ซึ่งพบว่าช่วงอายุที่มากกว่ากัน 20 ปี มีอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมองมากขึ้นเกือบ 20 เท่า กล่าวคือ ในประชากรช่วงอายุ 36-44 ปี พบผู้ป่วยใหม่ปีละ 26 ราย/ประชากร 100,000 คน ในขณะที่กลุ่มประชากรช่วงอายุ 55-64 ปี พบผู้ป่วยใหม่ปีละ 482 ราย/ประชากร 100,000 คนการสำรวจจากผู้ที่มีอายุมากกว่า 45 ปีในสหรัฐอเมริกาพบว่าระหว่างอายุ 45-85 ปี อุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมองที่ปรับตามช่วงอายุ (age-adjusted incidence rate) 20 จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าตามอายุที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 ปี

1.2 เชื้อชาติ

การศึกษาในสหรัฐอเมริกา พบอัตราการรับผู้ป่วยคนผิวดำที่เป็นโรคหลอดเลือดสมองมากกว่าคนผิวขาว ทั้งเพศชายและหญิง และคนผิวดำ คนพื้นเมือง คนเอเชีย คนเชื้อสาย Hispanic มีอัตราการเสียชีวิตสูงกว่าคนผิวขาว แต่ผลการศึกษาดังกล่าวไม่สามารถบอกได้ว่าความเสี่ยงและอัตราการเสียชีวิตที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากปัจจัยด้านกายภาพ ความแตกต่างด้านเศรษฐานะ หรือโอกาสในการเข้าถึงบริการทางการแพทย์เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงต่างๆ อย่างไรก็ตามปัจจัยเรื่องชาติพันธุ์คงไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรค เนื่องจากมีตัวอย่างว่าชนชาติญี่ปุ่นที่อาศัยอยู่ในประเทศญี่ปุ่นมีอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดสมอง ทั้ง ischemic stroke และhemorrhagic stroke สูงกว่าชาวญี่ปุ่นที่อาศัยในมลรัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกาประมาณ 3 เท่า ทั้ง ๆ ที่ปัจจัยเสี่ยงสำคัญได้แก่ความดันเลือดสูงและอายุนั้นไม่ได้แตกต่างกัน

1.3 เพศ

เกือบทุกช่วงอายุ เพศชายมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคหลอดเลือดสมองมากกว่าเพศหญิง นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพศชายสูงกว่าเพศหญิงเกือบทุกช่วงอายุเช่นกัน

1.4 พันธุกรรม

ข้อมูลจาก Framingham study พบว่าผู้ที่มีบิดาหรือมารดาเป็นโรคหลอดเลือดสมองมีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นโรคนี้มากกว่าคนปกติ โดยปัจจัยด้านบิดาทำให้มีความเสี่ยงสัมพัทธ์ (relative risk) เป็น2.4 เท่าของผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ ใกล้เคียงกัน ส่วนปัจจัยด้านมารดาทำให้มีความเสี่ยงสัมพัทธ์เป็น 1.4 เท่า

2. ปัจจัยเสี่ยงที่สามารถแก้ไขได้ (modifiable risk factors) ได้แก่เคยเป็นหลอดเลือดสมองชนิดขาดเลือดเฉียบพลันหรือชั่วคราวมาก่อนหลอดเลือดแดง carotid นอกกะโหลกศีรษะ (extracranial carotid artery stenosis) หัวใจเต้นผิดจังหวะ AF หัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดแดงส่วนปลาย ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ไขมันในเลือดสูง การสูบบุรี่ สาเหตุอื่นๆ เช่น การรับประทานยาคุมกำเนิด ภาวะ homocysteine สูง antiphospholipid syndrome เป็นต้น [9]

ปัญหาของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

โรคหลอดเลือดสมองทำให้เกิดความบกพร่อง (impairment) ในการใช้งานตามหน้าที่ของร่างกายหลายส่วน เช่น ระบบสั่งการ การรับความรู้สึก การพูด การกลืน และความผิดปกติด้านอารมณ์ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียหรือไร้ความสามารถ (disability) ในการทำกิจกรรมที่คนปกติทั่วไปทำได้ เช่น การเดิน การสื่อสาร และการทำกิจวัตรประจำวันต่างๆ รวมทั้งทำให้มีความด้อยโอกาสทางสังคม (handicap) ซึ่งเป็นความเสียเปรียบของบุคคล อันเป็นผลมาจากการมีข้อจำกัดในการกระทำกิจกรรมโรคหลอดเลือด

1. ข้อไหล่หลุด

ข้อไหล่หลุด หมายถึง ข้อไหล่ (glenohumeral joint) ที่มีช่องว่างระหว่างขอบล่างของ acromion process ของกระดูก scapular กับหัวกระดูก humerus กว้างกว่า 1 นิ้วมือจากการตรวจร่างกาย แต่เนื่องจากข้อไหล่เป็นส่วนหนึ่งของ shoulder joint complex เมื่อมีข้อไหล่หลุดจึงส่งผลต่อข้อต่ออื่นๆ ที่ประกอบกันเป็น shoulder joint complex ด้วย

ข้อไหล่ที่หลุดเป็นสาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้ที่เป็นอัมพาตจากโรคหลอดเลือดสมองมีอาการปวดไหล่เนื่องจากการดึงรั้งจนมีการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อนรอบข้อไหล่ อาการปวดไหล่จะจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการทำกิจวัตรประจำวัน

2. อาการปวดไหล่

อาการปวดไหล่มักจะทำให้การฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกมีปัญหามากขึ้น โดยจะเป็นอุปสรรคต่อการฝึกทำกิจวัตรประจำวัน การทรงตัว การเคลื่อนย้าย และการเคลื่อนที่ ทำให้ต้องใช้เวลาในการฟื้นฟูสมรรถภาพนานกว่าปกติ โดยผู้ป่วยมักมีอาการปวดมากขึ้นถ้ามีการขยับไหล่ อาจมีอาการปวดขณะพักร่วมด้วย บางรายมีอาการปวดเวลากลางคืนจนรบกวนการนอนหลับ อาการอื่นที่มักพบร่วมด้วยคือปวดร้าวไปถึงข้อศอกและมือ อาจมีการกดเจ็บที่เส้นเอ็น biceps brachii และ supraspinatus ร่วมด้วย บางรายพบว่ามีพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่าหมุนไหล่ออกด้านนอก

3. ภาวะมือบวม

ผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตจากโรคหลอดเลือดสมองมักมีปัญหามือบวม ซึ่งพบได้ตั้งแต่ช่วงที่กล้ามเนื้อเป็นอัมพาตแบบอ่อนปวกเปียก การบวมจะจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อนิ้วมือและข้อมือ บางรายมีอาการปวดเวลาขยับ อาการปวดและการบวมจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกร็งกระตุกมากขึ้นมบางรายอาจรู้สึกว่ามือและแขนเย็นด้วย การตรวจร่างกายจะพบการบวมที่ชัดเจนบริเวณหลังมือ ซึ่งจะทำให้รอยย่นที่ผิวหนังหายไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณข้อนิ้วมือและมองไม่เห็นเส้นเอ็นบริเวณหลังมือ ถ้าหากปล่อยให้มือบวมติดต่อกันเป็นเวลานาน ผิวหนังจะเสียความยืดหยุ่น และขยับข้อได้ยากขึ้นจนนำไปสู่ปัญหาข้อนิ้วมือและข้อมือยึดติดตามมา

4. Shoulder Hand Syndrome (SHS)

Shoulder hand syndrome (SHS) เป็นกลุ่มอาการย่อยของกลุ่มอาการ reflex sympathetic dystrophy (RSD) ซึ่งปัจจุบันเรียกว่า complex regional pain syndrome type I (CRPS type I) Lankford ให้คำนิยาม RSD ว่าเป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นกับรยางค์ของร่างกาย โดยมีอาการปวดอย่างรุนแรง มีข้อยึดติด ส่วนปลายของรยางค์นั้นจะบวมและมีการเปลี่ยนแปลงสีของผิวหนัง โดยที่อาการและอาการแสดงดังกล่าวเกิดขึ้นเฉพาะกับจ้อไหล่ ข้อมือ มือ และข้อนิ้วมือ แต่ไม่เกิดขึ้นกับข้อศอก ภาวะ SHS อาจจะก่อให้เกิดความเจ็บปวดและความพิการอย่างถาวร และทำให้การฟื้นตัวของแขนและมือช้าลง ส่งผลเสียต่อกระบวนการฟื้นฟูสมรรถภาพโดยรวม

5. สมองกับอาการข้อเข่าทรุด (Knee buckling)

การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อกลุ่ม knee extensors ทำให้เข่าพับลงในช่วงที่ลงน้ำหนัก ผู้ป่วยที่มีกำลังของกล้ามเนื้อกลุ่ม hip extensors และมีการทรงตัวดีพอจึงจะพิจารณาใช้กายอุปกรณ์ ช่วยในการเดินโดยทั่วไปมักแก้ปัญหาเข่าทรุดโดยใช้ AFO บังคับไม่ให้ข้อเท้ามี dorsiflexion ซึ่งเท่ากับยึดส่วนต้นของกระดูก tibia ไว้ไม่ให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ประกอบกับกล้ามเนื้อ hip extensors ดึงกระดูก femur มาทางด้านหลังจึงช่วยให้เข่าเหยียดได้

6. โรคหลอดเลือดสมองกับอาการข้อเข่าแอ่น (Genu recurvatum)

การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อกลุ่ม Knee Extensors จะทำให้ข้อเข่าแอ่นไปข้างหลังในขณะที่ลงน้ำหนัก ปัจจัยที่ส่งเสริมให้มีการแอ่นมากขึ้นคือข้อเท้ายึดติดในท่า plantar flexion การรักษาทำได้โดยการออกกำลังกล้ามเนื้อกลุ่ม knee extensors ให้แข็งแรง แก้ไขข้อเท้าที่ยึดติด และใช้การอุปกรณ์แบบ double-action หรือแบบ solid-ankle บังคับข้อเท้าไม่ให้กระดกทั้งขึ้นและลง

7. โรคหลอดเลือดสมองกับอาการเท้าตก (Foot-drop)

โรคหลอดเลือดสมองมักทำให้เสียสมดุลในการควบคุมข้อเท้าจึงมักมีเท้าตก เนื่องจากกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าอ่อนแรง ร่วมกับมีการเกร็งกระตุกของกล้ามเนื้อน่องร่วมด้วย ทำให้ก้าวเท้าไม่พ้นพื้นใน swing phase ผู้ป่วยต้องเหวี่ยงขาไปด้านข้างหรือยักตะโพกขึ้นแทนที่จะก้าวไปตรง ๆ ในกรณีที่มีเท้าตกอย่างเดียวและมีการเกร็งกระตุกไม่มากนัก ใช้ posterior leaf spring อย่างเดียวก็เพียงพอที่จะประดองเท้าให้ก้าวพ้นพื้นได้ แต่ในรายที่มีปัญหา mediolateral instability ร่วมด้วย อาจต้องใช้แบบ solid-ankle plastic orthosis หรือใช้ AFO ชนิดโลหะ ซึ่งจะเลือกข้อโลหะแบบ Kienzak หรือแบบ double-action ก็ได้ โดยใช้ควบคู่กับสายรัดต่างๆ

อย่างไรก็ตาม มีความกังวลว่าการใช้สปริงช่วยในการทำ dorsiflexion อาจกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกร็งกระตุกมากขึ้น แต่จากการศึกษาพบว่าไม่ค่อยเป็นปัญหามากนัก หากกล้ามเนื้อไม่เกร็งมากจนกระทั่งข้อเท้ากระดกขึ้นไม่ถึง 90 องศา [9]

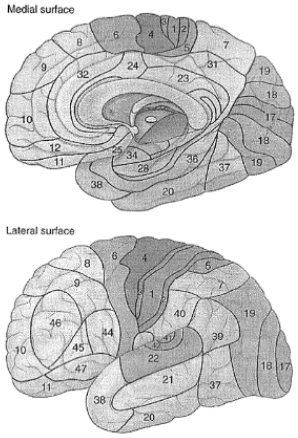
สาเหตุของภาวะข้อเท้าตกเกิดจาก Peroneal nerve ซึ่งอยู่บริเวณเข่าด้านนอกถูกกดทับ ทำให้เส้นประสาทได้รับความเสียหาย และเส้นประสาทบริเวณไขสันหลังถูกกดทับหรืออุบัติเหตุบริเวณเข่า เช่น กระดูกหัก ข้อเข่าเคลื่อนอาจทำให้เส้นประสาทได้รับบาดเจ็บได้ โรคประจำตัวอื่นๆ เช่น กระดูกสันหลังกดทับเส้นประสาท หรือโรคที่ทำให้ภาวะปลายประสาทมีปัญหา เช่น โรคเบาหวาน โรคทางพันธุกรรมบางอย่าง ข้อหลังแข็ง เป็นต้น และพบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง [16]

ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) จะพบว่าเส้นเลือด Middle cerebral artery (MCA)เป็นเส้นเลือดที่เกิดการแตกตีบหรือตันบ่อยที่สุดซึ่งจะไปเลี้ยงที่ด้านนอกของซีกสมองใหญ่ (cerebral) สมองใหญ่ส่วนหน้า (Frontal lobe)รวมทั้ง สมองใหญ่ส่วนข้าง (Parietal lobe) ที่เกิดการอาการแสดงคือด้านตรงข้ามด้านที่มีปัญหาผู้ป่วยจะสูญเสียการรับความรู้สึกกล้ามเนื้อใบอ่อนแรงกล้ามเนื้อแขนอ่อนแรงมากกว่าขา ปัญหาด้านการสื่อสาร (Aphasia) ด้านการการพูด (Apraxia) การมองเห็นภาพครึ่งซีก (Homonymous hemianopia) และเส้นเลือด

Anterior cerebral artery (ACA) ซึ่งจะไปเลี้ยงที่บริเวณ ด้านบนของสมองใหญ่ส่วนหน้า (frontal lobe) และ สมองใหญ่ส่วนขมับ (Temporal lobe) อาการแสดงคือด้านตรงข้ามด้านที่มีปัญหาผู้ป่วยจะมีอาการกล้ามเนื้อขาอ่อนแรง มากกว่าแขนสูญเสียการรับความรู้สึก (cortical sensory loss) ปัญหาด้านการสื่อสาร (Aphasia) ด้านการการพูด (Apraxia) ด้านความทรงจำ ด้านพฤติกรรม มีปัญหาด้านการกลั้นปัสสาวะ โดยสมองใหญ่ส่วนหน้า (Frontal lobe) จะแบ่งพื้นที่การรับผิดชอบ ที่เกี่ยวข้องคือ [17]

1. Motor (primary motor projection cortex, area 4 เรียก motor area นี้ว่า precentral gyrus มี neuron ส่ง motor impulse ไปควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลายของร่างกายซีกตรงข้ามโดยส่วนที่อยู่ล่างสุด ส่ง motor impulse ไปควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อสิ้น กล้ามเนื้อเกี่ยวกับการเคี้ยวอาหาร การกลืนการพูด การแสดงออกความรู้สึกที่ใบหน้า และกล้ามเนื้อคอส่วน ที่เหนือขึ้นไป ควบคุมการทำงานของ นิ้วมือ ไหล่ ลำตัวต้นขา ส่วนที่ควบคุมการทำงานของขาและ เท้าอยู่ที่ medial surface of paracentral lobule ส่วนที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อใบหน้า และนิ้วมือมีขนาดใหญ่เนื่องจากการทำงานที่ละเอียดและซับซ้อน และ หลายแบบต้องใช้เซลล์ ประสาทจำนวนมากในการทำงาน เซลล์ประสาท ให้ axon ส่งไปยังสมองส่วนล่าง และ ไขสัน หลังโดยผ่านทาง pyramidal tract (corticospinal tract และ corticobulbar tract) โดยที่ corticobulbar tract ไปสิ้นสุดที่ canial nerve nuclei ส่วน corticospinal tract ไปสิ้นสุดที่ anterior gray horn ของ spinal cord โดยเกิดการแยกกลุ่ม fiber ซึ่งพบว่าประมาณ 90% วิ่งไปฝั่ง ตรงข้าม กลายเป็น lateral corticospinal tract ส่วนที่เหลือ 10% วิ่งลงมาในฝั่งเดียวกัน เป็น anterior corticospinal tract

2. premotor cortex (area 6) อยู่ทางด้านหน้าของ motor area โดยมีบ้างส่วนอยู่ใน premotor gyrus ด้วย เมื่อกระตุ้นด้วยไฟฟ้าทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายเหมือนกับการกระตุ้นที่ area 4 แต่การเคลื่อนไหวช้ากว่า area 4 และส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมัดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับ area 4 ทั้ง area 4 และ area 6 เชื่อมโยงกันด้วย short association fibers Premotor area มีการติดต่อเชื่อมโยงกับ ventral anterior และ ventral lateral nuclei ของ thalamus โดยทั้งสองส่วนนี้เชื่อมโยงการทำงานกับ corpus striatium และ cerebellum หน้าที่ของ premotor area คือ จัดการ วางแผนจัดท่าทางสำหรับในการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ motor skill [17, 18]



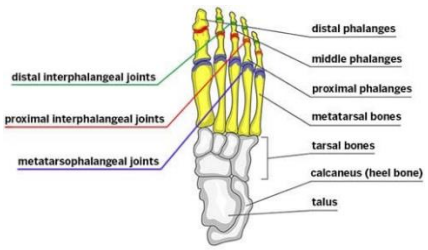
รูปที่ 2.10 Brodmann area ใน cerebral cortex [18]

กายวิภาคศาสตร์ของเท้าและข้อเท้า

เท้าและข้อเท้าเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญกับร่างกายอย่างมาก โดยทำหน้าที่รับน้ำหนักของร่างกาย รองรับการเคลื่อนไหว และสะท้อนการทำงานของอวัยวะอื่น ๆ ในร่างกาย กระดูกบริเวณเท้าประกอบด้วยกระดูกชิ้นเล็ก ๆ 26 ชิ้น กระดูกรอบข้อเท้าประกอบด้วยส่วนปลายของของกระดูกหน้าแข้งมีส่วนนูนของกระดูก เรียกว่า กระดูกตาตุ่มด้านใน (Medial Malleolus) และระดูกส่วนปลายของกระดูกน่อง มีส่วนนูนของกระดูกเรียกว่า กระดูกตาตุ่มด้านนอก (Lateral Malleolus) และกระดูกเท้า (Tarsal Bone) ซึ่งกระดูกส่วนต่าง ๆ และเส้นเอ็นรอบ ๆ ข้อเท้า ร่วมกันทำหน้าที่ของข้อเท้าในการขยับ เหยียด กระดก และหมุนข้อเท้า ช่วยในการทรงตัว ยืน เดิน และถ่ายรับน้ำหนักตัว [19]

1. กระดูกเท้า (Ankle bones) แบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ

1.1. เท้าส่วนหน้า (forefoot) กระดูกเท้าส่วนนี้ประกอบไปด้วย กระดูกฝ่าเท้า 5 ชิ้น (metatarsal bone) กระดูกนิ้วเท้าทั้ง 5 นิ้ว (phalanges) โดยแต่ละนิ้วจะประกอบไปด้วยกระดูก 3 ชิ้น ยกเว้นนิ้วหัวแม่เท้าจะมีกระดูก 2 ชิ้น รวมเป็น 14 ชิ้น



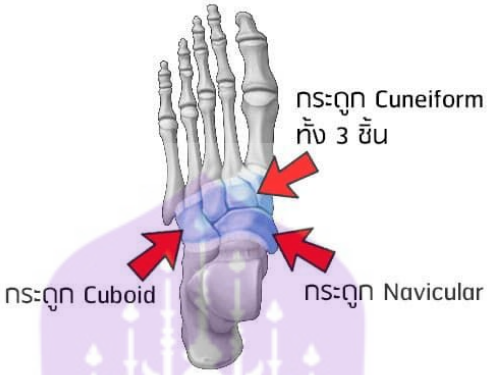
รูปที่ 2.11 เท้าส่วนหน้า (forefoot) [20]

1.2. เท้าส่วนกลาง (midfoot) กระดูกเท้าส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.2.1. กระดูก navicular

1.2.2. กระดูก cuneiform 3 ชิ้น (medial, middle และ lateral cuneiform)

1.2.3. กระดูก cuboid

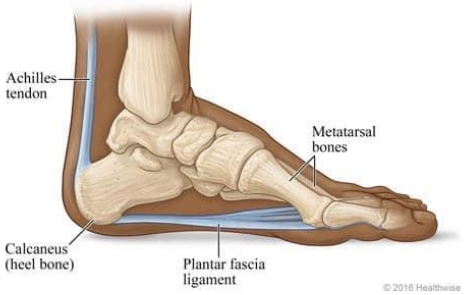


รูปที่ 2.12 เท้าส่วนกลาง (midfoot) [20]

1.3. เท้าส่วนหลัง (hindfoot) กระดูกเท้าส่วนนี้ประกอบไปด้วย

1.3.1. กระดูกส้นเท้า (calcaneus bone) จะเป็นกระดูกส่วนส้นเท้า เป็นจุดเกาะของเอ็นร้อยหวายและพังผืดฝ่าเท้า ทำหน้าที่รับน้ำหนักของเราขณะยืน เดิน วิ่ง

1.3.2. กระดูกข้อเท้า (talus bone) [20]



รูปที่ 2.13 จุดเกาะของเอ็นร้อยหวายและพังผืดฝ่าเท้า [20]

รูปที่ 2.14 เท้าส่วนหลัง (hindfoot) [20]

2. ข้อต่อของข้อเท้า (Joint of ankle foot) ประกอบด้วยข้อต่อสำคัญ 4 ข้อต่อ (Joints) ได้แก่

2.1. ข้อต่อกระดูกข้อเท้าและกระดูกส้นเท้า (subtalar joint)

กระดูกส้นเท้า (The calcaneus) เป็นกระดูกที่ใหญ่และแข็งแรงที่สุดในกระดูกเท้าทั้งหมด วางตัวอยู่ด้านหลังสุดของเท้า และล่างต่อกระดูกข้อเท้า (Talus) เป็นจุดเกาะของเอ็นร้อยหวาย การเชื่อมต่อกันของกระดูกสองชิ้นนี้ทำให้ เกิดการบิดข้อเท้าเข้าบิดข้อเท้าออกและช่วย ในการเคลื่อนไหวในทิศทางอื่นๆ อีกด้วยบริเวณผิวข้อของกระดูกสองชิ้นนี้ มีเอ็นยึดข้อที่สำคัญ มาเกาะ ได้แก่ interosseous talocalcaneal ligament เป็นเอ็นยึดที่หนาและ แข็งแรงเกาะจาก ผิวด้านล่าง ของกระดูกข้อเท้า (Talus) ไปยังผิวด้านบนของกระดูกส้นเท้า (Calcaneus) ส่วนเอ็นยึดอีกสองเส้น ได้แก่ the loteral talocalcaneal ligament และthe anterior talocalcaneal ligament ช่วยให้ความมั่นคงกับข้อต่อนี้แต่เป็นเอ็นที่ไม่ค่อยมีความแข็งแรง ข้อต่อ talocalcanea ยังได้รับการเสริมความมั่นคงจากโครงสร้างอื่น ๆ ร่วมด้วย ได้แก่ เอ็นของกล้ามเนื้อ peroneus longus, peroneus brevis, flexor hallucis longus, tibialis posterior, and flexor digitorum longus

2.2. ข้อต่อ The tibiotalar (Talocrural joint)

เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างปลายของกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) กระดูกน่อง (fibula) และกระดูกข้อเท้า (Talus)ส่วนที่รับน้ำหนักของข้อต่อนี้คือส่วนที่เชื่อมกัน ของกระดูกหน้าแข้งและกระดูกข้อเท้า ไม่มีส่วนของกล้ามเนื้อมาเกาะ การเชื่อมต่อของข้อต่อนี้มีลักษณะคล้ายบานพับ (hinge joint) การเคลื่อนที่ส่วนใหญ่ของข้อต่อนี้จะช่วยให้เกิดการถีบปลายเท้าลง (plantar flexion) และการกระดกข้อเท้าขึ้น (dorsiflexion) ของเท้า การที่กระดูกข้อเท้ามีด้านหน้าที่ กว้างทำให้ข้อต่อมั่นคงขึ้นในทิศทางการกระดกข้อเท้าขึ้น (dorsilexion)

ข้อต่อ tibiotalar จะทำให้เกิดความมั่นคงในท่ายืนเท้าสัมผัสพื้นในช่วงของการเดิน

(Stance phase) รูปทรงของข้อต่อสามารถต้านแรงการบิดข้อเท้าออก เนื่องจากความมั่นคงนั้นมาจากโครงสร้างของเนื้อเยื่ออ่อน ข้อต่อ tibiotalar เป็น diarthrosis และถูกปกคลุมด้วยแคปซูลบาง ๆ ที่ติดบนต่อกระดูกหน้าแข้งล่างต่อกระดูกข้อเท้า ได้รับการเสริมความมั่นคงของข้อต่อจากเอ็นยึด ข้อต่อสามกลุ่ม ได้แก่ The tibiofibular syndesmosis จะจำกัดการเคลื่อนไหวระหว่างกระดูกหน้า แข้ง และ กระดูกน่องขณะทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันทางด้าน medial ของข้อเท้าถูกสร้างความมั่นคงโดยเอ็นยึดที่ชื่อว่า medial collateral ligaments (deltoid ligaments)m ซึ่งเป็นแรงต้านที่ สำคัญต่อทิศทางการบิดข้อเท้าออก The lateral collateral ligaments ช่วยลดการเกิดการบิดเท้าเข้า ด้านใน จำกัด varus และลดการหมุน ประกอบด้วย anterior และ posterior talofibular ligaments และ the calcaneofibular ligament anterior และ posterior talofibular ligaments ทนต่อแรงดึงใต้ฝ่า เท้าและขณะกระดกข้อเท้าขึ้น

เอ็นเหล่านี้ให้ความมั่นคงกับข้อต่อ tibiotalar
ด้านข้างและได้รับการบาดเจ็บบ่อยครั้งในท่าเท้าบิดเข้า เช่น ข้อเท้าแพลง เอ็น calcaneofibular เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันโดยตรงระหว่าง tibiotalar และข้อต่อ subtalar

2.3. ข้อต่อ Inferior tibiofibular

ข้อต่อนี้มีความเกี่ยวข้องกับข้อต่อ tibiotalar ลักษณะของข้อต่อนี้ เป็นแกนของข้อต่อ tibiotalar แต่เป็นข้อต่อที่แตกต่างกัน เนื่องจากข้อต่อนี้ไม่ใช่ข้อต่อที่เป็นแบบ synovial articulating หน้าที่หลักของข้อต่อ Inferior tibiofibular คือให้ความมั่นคงกับเท้า และข้อเท้าขณะมีการเคลื่อนไหว อีกทั้งเอ็นยึด anterior และ posterior tibiofibular ligaments และ interosseous ligament อาจมีการบาดเจ็บของเอ็นยึดเหล่านี้ได้เมื่อเกิดการบาดเจ็บจากท่าทางการบิดข้อเท้าออกและการหักของข้อเท้า

2.4. ข้อต่อ Transverse tarsal (Chopart's)

เป็นข้อต่อที่เชื่อมต่อกันระหว่างกระดูก talus และ navicular โดยด้านหน้าของหัวกระดูก Talus จะเชื่อมกับด้านหลังของกระดูก navicular และข้อต่อ calcaneocuboid เป็นข้อต่อระหว่างกระดูกส้นเท้า (Calcaneus) กับกระดูกทรงลูกบาศก์ (Cuboid) ข้อต่อ transverse tarsal เป็นข้อต่อที่ทำงานร่วมกับข้อต่อ subtalar เนื่องจากใช้แกนการเคลื่อนไหวร่วมกัน อีกทั้งมีส่วนในการทำให้เกิดการบิดเท้าเข้าและบิดเท้าออกอีกด้วย

3. กล้ามเนื้อของข้อเท้า (Muscles of the ankle)

การเคลื่อนไหวหลักของเท้าและข้อเท้าอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ 12 มัด ที่มีจุดเกาะต้น (Origin) ที่กระดูกขาท่อนล่าง และมีจุดเกาะปลายบริเวณเท้า แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม

3.1. ส่วนด้านหน้า (anterior compartment) ประกอบด้วย 4 มัด ได้แก่

3.1.1. The tibialis anterior และ the extensor hallucis longus ทำให้เกิด dorsiflexion และ Inversion ของข้อเท้า

3.1.2. The extensor digitorum longus ทำให้เกิด dorsiflexion

3.1.3. The peroneoustertius ทำให้เกิด dorsiflexion และ eversion

3.2. ส่วนด้านข้างด้านนอก (lateral compartment) ประกอบด้วย 2 มัด ได้แก่

3.2.1. The peroneus longus และ The peroneus brevis ซึ่งทำให้เกิด plantarflexion และ eversion ของข้อเท้า

3.3. ส่วนด้านหลัง (posterior compartment) ประกอบด้วย 3 มัด ได้แก่

3.3.1. The gastrocnemius

3.3.2. The soleus

3.3.3. The plantaris ทั้ง 3 มัด ช่วยในการเคลื่อนไหวในลักษณะ plantar flexion

3.4. กล้ามเนื้อส่วนหลังชั้นลึก (Deep posterior compartment) ประกอบด้วย

3.4.1. The tibialis posterior

3.4.2. The flexor digitorum longus

3.4.3. The flexor hallucis longus ทั้ง 3 มัด ช่วยในการเคลื่อนไหวในลักษณะ plantar flexion และ inversion

4. เอ็นบริเวณข้อเท้า (Ligaments of ankle joint)

Medial collateral ligament (deltoid ligament) มีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยมมี apex ยึดอยู่ที่ margins and tip of the medial malleolus มี base ยึดอยู่ที่กระดูก talus, navicular และ calcaneus ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงทางด้าน medial side of ankle joint และช่วยเสริม medial longitudinal arch ของ Lateral collateral ligament เป็นเอ็นที่แข็งแรงน้อยกว่าด้าน medial แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

4.1. Anteriortalofibular ligament มีรูปร่างเป็นแผ่นแบนแข็งแรงยึดระหว่าง lateral malleolus และ neck of talus

4.2. Posteriortalofibular ligament เป็นแถบหนา แข็งแรงปานกลาง ยึดระหว่าง lateral malleolus กับ lateral tubercle of the posterior process of the talus

4.3. Calcaneofibular ligament มีลักษณะเป็นแท่งกลมยึดจาก tip of lateral

malleolus กับ lateral surface of calcaneus ถูกทอดข้ามทางด้านนอกโดย tendons of peroneus longus and brevis

Ankle joint จะมีความมั่นคงมากที่สุดขณะอยู่ในท่า dorsiflexion เพราะเป็นท่าที่ได้รับการเสริมโดย ligaments, tendons ที่พาดผ่าน และความกระชับระหว่าง malleoi กับ trochlea of talus แต่ ankle joint ก็มักเกิดการบาดเจ็บได้ง่ายเช่นกัน โดยเฉพาะที่ lateral ligament เพราะแข็งแรงน้อยกว่า

5. เส้นประสาทของเท้า (Nerves of the plantar of foot)

Medial planter nerve เป็นแขนงของ tibial nerve ทอดเข้าสู่ฝ่าเท้าโดยผ่านลึกต่อกล้ามเนื้อ abductor halluces โดยทอดคู่ไปกับ medial plantar artery ให้ motor branches ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าได้แก่ abcuctor halluces, flexor digitorum brevis, flexor hallucis brevis และ medial lumbrical 1 มัด และให้ sensory branches รับความรู้สึกจากผิวหนังบริเวณ 3½ of medial toes

Lateral plantar nerve เป็นอีกหนึ่งแขนงของ tibial nerve ทอดคู่ไปกับ lateral plantar artery ให้ cutaneous branches รับความรู้สึกจากผิวหนังของนิ้วเท้าที่ 1½ ที่อยู่ทางด้าน lateral และให้ motor branches ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อของฝ่าเท้าทั้งหมดที่นอกเหนือจากที่ถูกเลี้ยงโดย medial plantar nerve

6. เส้นเลือดของเท้า (Arteries of the plantar of foot) Arterial suppies

ของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าได้มาจาก medial และ lateral planter arteries เป็นแขนงปลายของ posterior tibial artery

6.1. Medial plantar artery ทอดคู่ขนานกับ medial plantar nerve ไปเลี้ยงด้าน medial ของฝ่าเท้า

6.2. Lateral plantar artery ทอดคู่ขนาน lateral plantar nerve ทอดแทรกผ่านระหว่างกล้ามเนื้อ flexor digitorum brevis และ quadratus plantae ที่ ระดับ base of fifth metotarsal bone ทอดเฉียงไปทางด้าน medial และผ่านระหว่างกล้ามเนื้อฝ่าเท้าชิ้นที่ 3 และ 4 ไปสิ้นสุดที่ base of first metatarsal bone โดยไปเชื่อมต่อกับ deep plantar artery ซึ่งเป็นแขนงจาก dorsais pedis artery และทะลุลงมาจากบริเวณง่ามนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วชี้เพื่อประกอบเป็น plantar arterial arch

เลือดดำส่วนใหญ่จากเท้าจะผ่านขึ้นไปทาง deep vein ตั้งต้นจาก plantar digital veins ที่มีการรวมกันเป็น planter venous arch ที่ทอดคู่ไปกับ arterial arch ต่อขึ้นมาเป็น anterior และ posterior tibial veins

7. ส่วนโค้งของเท้า (Arches of the foot) กระดูกของเท้าเรียงตัวกันโดยมีความโค้งเล็กน้อย เพื่อเป็นตัวรับแรงกระแทก (shock absorbers) และเป็นตัวช่วยให้ก้าวไปข้างหน้า โครงสร้างของ arch of foot จะคล้ายกับสะพานโค้งที่ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 อย่าง ได้แก่

7.1. Shape of stones มีรูปร่างคล้ายลิ่ม เรียงแถวกันโดยด้าน แคบของลิ่มอยู่ด้านล่างกระดูกชิ้นที่สำคัญที่สุดซึ่งทำหน้าที่ยึดให้ส่วนโค้งคงอยู่ได้เรียกกระดูกชิ้นนี้ว่า Keystone

7.2. Inferior binder เป็นตัวล็อคทางด้านล่างของกระดูกชิ้นที่อยู่ติดกัน เพื่อกันกระดูกแยกออกหากมีน้ำหนักกดผ่านส่วนโค้งลงมา อาจเรียกว่า staples

7.3. Tie beams เป็นตัวขึงยึดฐานของส่วนโค้ง

7.4. Suspension เป็นตัวดึงส่วนโค้งในแนวดิ่ง ส่วนโค้งของเท้าแบ่งออกเป็น

7.4.1. Longitudinal arch ซึ่งแยกออกเป็น Medial longitudinal arch และ Lateral longitudinal arch

7.4.2. Transverse arch

Medial longitudinal arch เป็นส่วนโค้งตามแนวยาวด้าน media ของเท้าประกอบด้วยกระดูก calcaneus, talus, navicular, cuneiforms ทั้ง 3 ชิ้น, medial metatarsal bones 3 ชิ้นมี head of talus เป็น keystone ที่ด้านล่างมี spring (plantar calcaneonavicular) ligament รองรับเป็น inferior binder มี plantaraponeurosis ทำหน้าที่เป็น tie beams มี tibialis anterior และ tibialis posterior tendons ทำหน้าที่เป็น suspension

Lateral longitudinal arch เป็นส่วนโค้งตามแนวยาวด้าน lateral ของเท้าประกอบด้วยกระดูก calcaneus, cuboid และ lateral 2 metatarsal bones มี cuboid เป็น keystone ด้านล่างมี short plantar & long plantar ligaments เป็น inferior binder มี plantar aponeurosis ทำหน้าที่เป็น tie beams มี peroneus longus and brevis tendons ทำหน้าที่เป็น suspension

Transverse ach เป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวางโดยด้าน medial จะสูงกว่าด้าน lateral ประกอบขึ้นจากกระดูก cuboid, cuneiforms 3 ชิ้น, และ base of metatarsal bones มี plantar metatarsal ligament และ tarsometatarsal ligament เป็น inferior binder และมี peroneus longus tendon เป็น tie beams

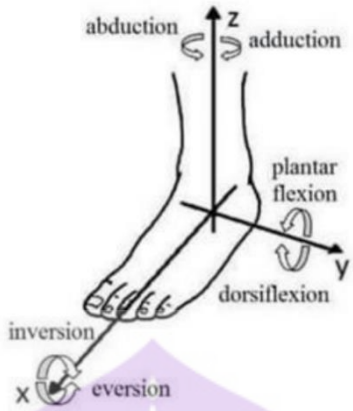
ชีวกลศาสตร์ของข้อเท้า (Biomechanics of the Ankle)

1. การเคลื่อนไหวของเท้าและข้อเท้า (Motion of the foot and ankle) การเคลื่อนไหวที่สำคัญของข้อเท้า คือ การถีบปลายเท้าลง (Plantar flexion) และกระดกข้อเท้าขึ้น (dorsi flexion) ซึ่งเกิดขึ้นในระนาบขึ้น–ลง (Sagittal plane) ส่วนการบิดเท้าเข้าด้านใน (inversion) และการบิดเท้าออกด้านนอก (eversion) เกิดขึ้นในระนาบ frontal plane การรวมกันของการเคลื่อนไหวเหล่านี้ทั้งข้อต่อ subtalar และ tibiotalar สร้างการ เคลื่อนไหวสามมิติที่เรียกว่า supination และ pronation

2. แกนหมุนของข้อเท้า (Axis of rotation of the ankle) ในขณะที่ผู้เขียนหลายคนคิดว่าข้อต่อข้อเท้า (tibiotalar joint) เป็นข้อต่อแบบบานพับที่เรียบง่าย แต่ก็มีข้อเสนอแนะว่า เป็นแบบหลายแกนเนื่องจากการหมุนภายใน (internal rotation) ที่เกิดขึ้นในช่วงกระดกข้อเท้าขึ้น (dorsifexion) และการหมุนภายนอก (external rotation) ที่เกิดขึ้นในช่วงถีบปลายเท้าลง (plantar fexion) อย่างไรก็ตามมีหลักฐานที่บ่งบอกว่าข้อต่อข้อเท้า (tibiotalar joint นั้นเป็นแกนเดียวแต่การเคลื่อนที่สังเกตพร้อมกันนั้นเกิดขึ้นจากแกนเอียง (oblique axis) แกนของการหมุนของข้อต่อข้อเท้าในระนาบขึ้น ลง (sagittal plane) เกิดขึ้นรอบ ๆ เส้นผ่านทะลุตาตุ่มทั้งสองข้าง (malledi) ที่อยู่ตรงกลางและด้านข้างเส้นประแกนระนาบการหมุนเกิดขึ้น รอบจุดตัดระหว่างตาตุ่มทั้งสองข้าง (malleoi) และแกนยาวของกระดูกหน้าแข้งในระนาบด้านหน้า แกนระนาบตามขวาง (transverse plane axis) ของการหมุนเกิดขึ้นรอบแกนยาว ของกระดูกหน้าแข้งตัดกับกึ่งกลางของเท้า

การศึกษากายวิภาคศาสตร์ของข้อเท้าได้เน้นถึงความแตกต่างของความโค้งในแนวรัศมีในด้านที่อยู่ตรงกลางและด้านข้าง ซึ่งระบุว่าแกนของการหมุนของข้อต่อข้อเท้าจะแตกต่างกันไปตามการเคลื่อนไหว ของการเคลื่อนไหว จากสิ่งนี้ผู้เขียนจำนวนหนึ่งได้เสนอการเคลื่อนที่ของข้อต่อหลายข้อในระหว่างกิจกรรมปกติ ตั้งแต่ปี 1950 ถูกเสนอมีแกน plantar flexion ซึ่งชี้ขึ้นไปทางด้านข้างของข้อต่อข้อเท้าและแกน dorsiflexion ซึ่งเอียงลงและด้านข้าง สิ่งเหล่านี้ขนานกันในระนาบแนวขวาง แต่สามารถแตกต่างกันได้มากถึง 30° ในระนาบหน้าหลัง (Coronal plane) การเคลื่อนที่เกี่ยวกับแกนเหล่านี้ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้และการเปลี่ยนระหว่างแกน ระหว่างการเคลื่อนไหวนั้นคาดว่าจะเกิดขึ้นใกล้กับตำแหน่งที่เป็นกลางของข้อต่อแกนของข้อต่อระหว่างกระดูกส้นเท้าและกระดูกข้อเท้า(subtalar joint) ยังเป็นแกนเฉียงที่วิ่งจากด้านหลังไปด้านหน้าสร้างมุมประมาณ 40° กับแกน anteroposterior ในระนาบทัลและสร้างมุม 23° กับกึ่งกลางของเท้าในระนาบตามขวาง

ในทำนองเดียวกันกับข้อต่อ tibiotalar ข้อต่อ subtalar สร้างการเคลื่อนไหวหลายครั้งในระหว่าง plantar และ dorsifexion ทำให้เกิด pronation และ supination [21]



รูปที่ 2.15 แกนหมุนของข้อเท้า (Axis of rotation of the ankle) [22]

ตารางที่ 2.1 องศาการเคลื่อนไหวปกติของข้อเท้า

Type of Motion	Max.Allowable Motion
Dorsiflextion	20.3° a 29.8°
Plantarflextion	37.6° a 45.8°
Inversion	14.5° a 22.0°
Eversion	10.0° a 17.0°
Abduction	15.4° a 25.9°
Adduction	22.0° a 36.0°

ปัญหาเท้าตก (foot drop) ที่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิต

ปัญหาเท้าตก(foot drop) ในการเดินเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งเกิดจากการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าทำให้ผู้ป่วยมีปัญหาทั้งในช่วงการก้าว (swing phase) และช่วงการยืน (stance phase) ในการเดิน โดยในช่วงการก้าวผู้ป่วยจะไม่สามารถกระดกเท้าขึ้นได้สูงพอที่จะก้าวเพื่อให้เท้าพ้นพื้น ทำให้ผู้ป่วยต้องหาวิธีในการชดเชยการเดิน เช่น การงอสะโพกหรือเข่ามากขึ้นและในช่วงของการยืน ผู้ป่วยมักจะมีปัญหาการควบคุมการวางเท้าโดยเฉพาะในช่วง initial contact ซึ่งทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถรับน้ำหนักของ

ร่างกายในเวลาขณะเดินได้ ดังนั้นการช่วยเหลือหรือแก้ปัญหาเรื่องเท้าตก(foot drop) จึงมีความสำคัญอย่างมากในการช่วยเดินซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีความสามารถในการเดินดีขึ้น

การรักษาปัญหาเท้าตก

1. การรักษาทางกายภาพบำบัด

ภาวะปลายเท้าตก (Foot drop) ซึ่งเกิดจากกล้ามเนื้อบริเวณหน้าแข้ง (Tibialis Anterior) ไม่หดตัวในจังหวะการก้าวเดินและกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้นมีการอ่อนแรงมากกว่า กล้ามเนื้อที่กระดกข้อเท้าลง ร่วมกับเบื้องต้น มีการเกร็งของกล้ามเนื้อร่วมด้วยทำให้ก้าวไม่พ้นพื้นในช่วงที่ผู้ป่วยยกขาจะก้าวไปทางด้านหน้า (Swing phase) ผู้ป่วยต้องเหวี่ยงขา และยันสะโพกขึ้นแทนการก้าวไปตรงๆ ทำให้มีการเคลื่อนไหวลำบากและมีความผิดปกติ ในการเดิน ผู้ป่วยจึงต้องการการรักษาตลอด จนการดูแลและการฝึกฝนทักษะการเคลื่อนไหว [23] ที่เหมาะสม จึงจะช่วยให้ผู้ป่วยกลับสู่สภาวะที่ใกล้เคียงปกติ และช่วยเหลือตัวเองได้มากที่สุดผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจะสูญเสียสมรรถภาพไม่สามารถ ทำกิจกรรมที่เคยทำได้จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนและใช้อุปกรณ์เครื่องช่วยในการฟื้นฟูระบบประสาทสั่งการและกล้ามเนื้อเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้ใกล้เคียงปกติที่สุดและป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นตามมาวิธีการรักษาคือกายภาพบำบัดเพื่อป้องกันไม่ ให้เป็นมากขึ้นและช่วยให้มีโอกาสกลับมากระดกข้อเท้าได้ดีขึ้น วิธีทางกายภาพบำบัดได้แก่

1.1. ยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง

1.2. ยืดเหยียดเอ็นร้อยหวาย

1.3. ออกกำลังกายเกร็งกล้ามเนื้อด้านขา [24]

1.4. กายอุปกรณ์เสริม เช่น Ankle foot orthosis (AFO), Ankle splint

1.5. กระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยกระแสไฟฟ้า (FES : Functional electrical stimulation)

2. การรักษาทางการแพทย์

แพทย์จะทำการรักษาโดยการให้ยาและผ่าตัดทั้งนี้การรักษาขึ้นอยู่กับดุลพินิจของแพทย์ในการรักษาผู้ป่วยแต่ละราย โดยมีข้อพิจารณาคือ ผู้ป่วยที่มีอาการเท้าตกอย่างรุนแรง ผู้ป่วยที่รักษามาแล้ว 1 ปีแล้วไม่ได้ผล [23]

3. การป้องกันภาวะเท้าตก

ผู้ป่วยควรหลีกเลี่ยงพฤติกรรมที่ทำให้มีการกดทับเส้นประสาท เช่น การนั่งไขว่ห้าง(Hip flexion,adduction,Exernal rotation) เป็นเวลานาน โดยไม่เปลี่ยนท่าการนอนทับร่างกายด้านใดด้านหนึ่งเป็นเวลานานโดยไม่เปลี่ยนท่า กรณีใส่เฝือกขาก็ต้องสังเกตว่ามีการกดทับเส้นประสาทหรือไม่โดยดูจากอาการชาเท้าอุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้า หรือออกกำลังกายข้อเท้า [24]

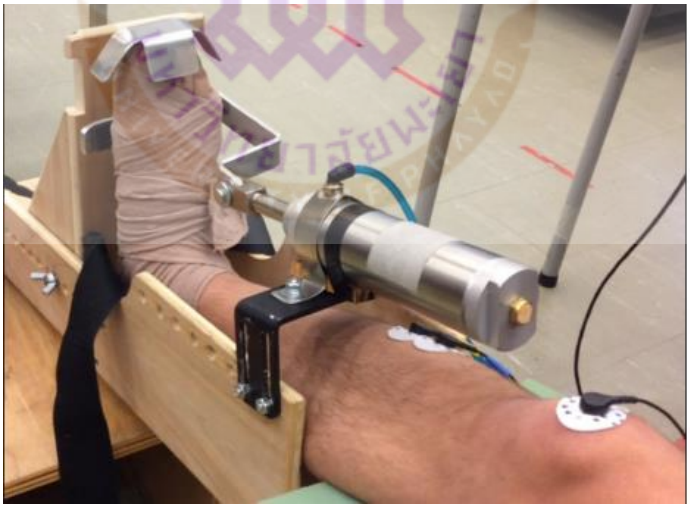
โรคหลอดเลือดสมองเป็นภาวะที่สมองขาดเลือดไปหล่อเลี้ยงซึ่งเกิดจากหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองตีบตันหรือแตก ส่งผลให้เซลล์สมองตายในที่สุด จากสถานการณ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ผู้ป่วยจากโรคนี้จะได้รับผลกระทบทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม ผู้ป่วยบางคนเกิดความพิการ จากการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากโรคหลอดเลือดสมองในหลายๆด้านซึ่งส่งผลให้ผู้ป่วยมีภาวะอัมพฤกษ์ อัมพาต เนื่องจากผู้ป่วยถูกจำกัดการเคลื่อนไหว เป็นเวลานานส่งผลให้เกิด ภาวะปลายเท้าตก (Foot drop) ไม่สามารถกระดกปลายเท้าขึ้นลงได้ เมื่อเกิดปัญหาปลายเท้าตกจึงส่งผล ให้มีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ ผู้ป่วยจะไม่สามารถควบคุมการกระดกปลายเท้าขึ้นได้ ส่งผลให้กล้ามเนื้อลีบลงหากปล่อยทิ้งไว้ร่างกายจะฟื้นฟูปัญหาดังกล่าวได้ยากและเกิดความพิการตามมา ดังนั้นในช่วงเวลาที่ฟื้นฟูมีความจำเป็นที่จะต้องรักษากล้ามเนื้อให้ดีอยู่เสมอ ดังนั้นในส่วนของการศึกษาในเชิงของการพัฒนานวัตกรรมในรายวิชาโครงการนวัตกรรมทางการพยาบาลผู้จัด

ทำจึงต้องการที่จะประดิษฐ์นวัตกรรมเครื่องบริหาร ป้องกันและฟื้นฟู ภาวะปลายเท้าตกขึ้นเพื่อให้ผู้ป่วยที่มีภาวะปลายเท้าตกได้รับการฟื้นฟูที่มีประสิทธิภาพและผู้ป่วยที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะปลายเท้าตก ได้รับการป้องกันที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป [25]

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Robot controlled, continuous passive movement of the ankle reduces spinal cord excitability in participants with spasticity: a pilot study

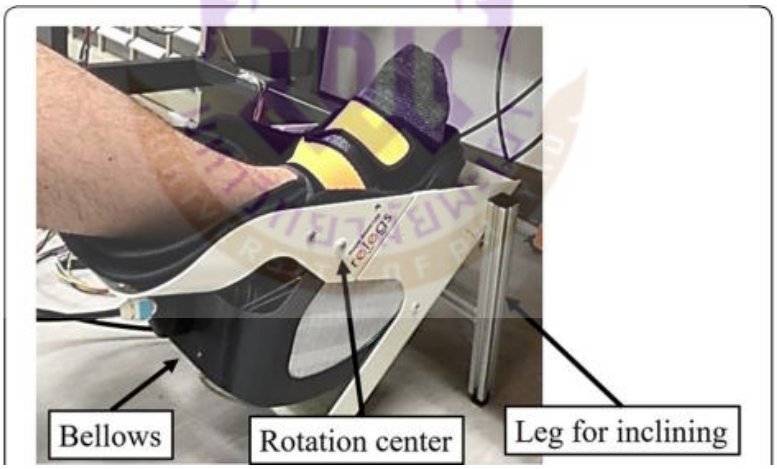
จากการทดลองของ Steven Noble, Gregory E. P. Pearcey, Caroline Quartly, E. Paul Zehr เกี่ยวกับอุปกรณ์ Robot-driven continuous passive movement (CPM) สำหรับลดอาการเกร็งของรยางค์ส่วนล่างซึ่งอาการเกร็งของข้อเท้าส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตโดยขัดขวางการเดินและกิจกรรมอื่นๆ ในชีวิตประจำวันแต่การทดลองนี้ไม่ทราบผลกระทบต่ออาการเกร็งกับความ สามารถในการเดิน และความสามารถในการส่งกระแสไฟฟ้าของไขสันหลัง วัตถุประสงค์ของการ ทดลองนี้ เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงเมื่อใช้ CPM ในข้อเท้าที่มีภาวะแข็งเกร็ง โดยปราศจาก ความบกพร่องทางระบบประสาท ผลการทดลองคือเมื่อใช้ CPM ในข้อเท้าข้างที่มีอาการเกร็ง อุปกรณ์สามารถปรับเปลี่ยน อาการเกร็งให้ลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ CPM จะไปลดความสามารถของไขสันหลัง ที่ส่งสัญญาณไปยังกล้ามเนื้อทำให้ลด H-Reflex ซึ่งเป็นปฏิกิริยา reflectory ของกล้ามเนื้อหลังจากได้รับการกระตุ้นไฟฟ้าของเส้นใยประสาท สัมผัสในเส้นประสาท [26]



รูปที่ 2.16 Robot-driven continuous passive movement (CPM) [26]

Pneumatically–driven stretching machine for ankle dorsifexion: safety concepts and efectiveness test involving healthy young subjects

จากการทดลองของ Yuma Shiraishi เกี่ยวกับการยืดเหยียดข้อเท้า ด้วยเครื่องยืดเหยียดอัตโนมัติโดยมีจุดประสงค์เพื่อออกกำลังกายข้อเท้าป้องกันความตึงตัวจากการไม่ได้ใช้งานในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โดยการขยับข้อเท้าในทิศทางเดิมติดต่อกันหลายครั้ง กลไกการทำงานของเครื่องขับเคลื่อนด้วยตัวกระตุ้นนิวเมติก (สูบลม) เมื่อได้รับแรงดัน จะทำให้เครื่องเคลื่อนไหวในทิศทาง Dorsiflexor เมื่อภายในความดันของเครื่องสูบลม ลดลงซึ่งจะเคลื่อนเท้าในทิศทาง plantarflexion ซึ่งทำการ ทดลองในบุคคลที่อยู่ในวัยหนุ่มสาวและ มีสุขภาพดี การทดลองนี้วัดผลก่อน และหลังการยืดของมุมองศาการเคลื่อนไหว ของข้อเท้าเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยผลการทดลอง พบว่าความต้านทานของกล้ามเนื้อลดลง จากการที่เครื่องทำการยืดกล้ามเนื้อของเท้าฝ่าเท้า และ เอ็นร้อยหวาย จากการทดลองผู้ทดลองได้มีข้อเสนอแนะคือต้องตรวจสอบผลกระทบ และ ความปลอดภัย ของเครื่องยืดอัตโนมัติโดยผ่านการทดลองทางคลีนิคที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจริง [27]

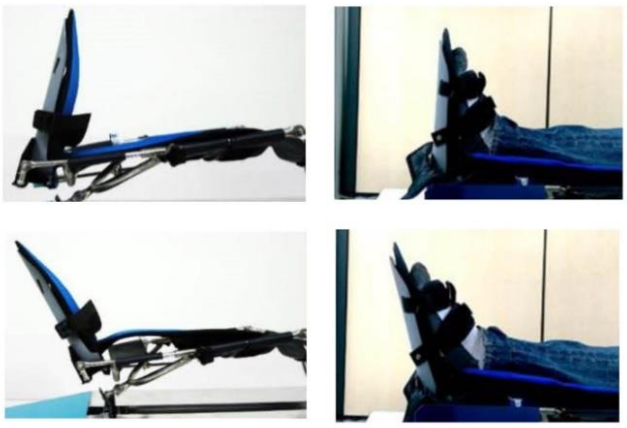


รูปที่ 2.17 เครื่องยืดเหยียดอัตโนมัติ [27]

การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเคลื่อนไหวส่วนข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก (Development of Mobility Aids in the Part of Ankle Joint Knee Joint and Hip Joint)

การศึกษาของ คมสัน มุ่ยสี กฤษณะ จันทสิทธิ์ ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ได้ศึกษาและประดิษฐ์เครื่องช่วยการเคลื่อนไหวข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อย่างต่อเนื่อง (Continuous Passive Motion ; CPM) ที่สามารถตั้งความเร็วในการเคลื่อนที่ องศาในการเคลื่อนไหว เวลาการรักษาในผู้ป่วยที่ได้เข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม ซึ่งหลังเปลี่ยนข้อเข่าทำให้กล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่า และ ความแข็งแรงกระดูกลดลงสาเหตุจากกระดูกเสื่อมตามธรรมชาติ ปัจจัยทางพันธุกรรม ผลต่อเนื่องจากการได้รับอุบัติเหตุ การติดเชื้อโรคข้ออักเสบเรื้อรัง และโรคเลือดบางชนิด เป็นต้น ผลการทดสอบการทำกายภาพบำบัดการการเคลื่อนไหวในส่วนของข้อเท้า พบว่าสามารถกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsal flexion) 20 องศาค้างไว้ 3 วินาที และกระดกข้อเท้าลง (Ankle Plantar flexion) 65 องศา ค้างไว้ 3 วินาที ที่ความเร็วสูงสุด 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ผลการทดสอบ การทำกายภาพบำบัดการเคลื่อนไหวในส่วนของข้อเข่า พบว่าจะค่อยๆ งอข้อเข่า (Knee flexion) 80 องศา ค้างไว้ 10 วินาที แล้วค่อยๆ เหยียดขา (Knee extension) ออกให้อยู่ในท่านอนราบ ที่ความเร็วสูงสุด 10 มิลลิเมตรต่อวินาที และผลการทดสอบการทำกายภาพบำบัด การการเคลื่อนไหวในส่วนของข้อสะโพก พบว่าสามารถค่อยๆ เลื่อนขาให้กางออกจากตัว (Hip abduction) 40 องศา ค้างไว้ 5 วินาที แล้วกลับมาที่เดิม (Hip adduction) ซึ่งเครื่องนี้สามารถ ป้องกันการยึดติดกันระหว่าง กล้ามเนื้อและผิวหนังบริเวณแผลผ่าตัด การเคลื่อนไหวข้อเข่า ข้อเท้า และข้อสะโพกสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้เร็วขึ้น ลดการบวม และป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือดดำ

จากเอกสารงานกวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นพบว่า อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าแบบขยับ ข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (Continuous passive movement) มีความสำคัญในการฟื้นฟู ข้อเท้าเหมาะสำหรับ กลุ่มผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับข้อเท้าที่มีช่วงการเคลื่อนไหวลด ลงจากปกติ เนื่องจากมีการบกพร่องทางระบบประสาทส่วนกลาง เช่น มีภาวะกล้ามเนื้อหดรั้ง (Contracture) กล้ามเนื้อหดเกร็ง (Spasticity) กล้ามเนื้อหดสั้น (Shortening) กล้ามเนื้ออ่อนแรง (Flaccidity) และกล้ามเนื้อตึงตัว (Tightness) เป็นต้น [28]



รูปที่ 2.18 การทำงานของอุปกรณ์เคลื่อนไหวของข้อเท้า [28]

Effects of Robot–Aided Rehabilitation on the Ankle Joint Properties and Balance Function in Stroke Survivors: A Randomized Controlled Trial

การศึกษาของ Xiaoxue Zhai, Qiong Wu, Xin Li, Quan Xu, Yanlin Zhang, Senchao Fan, Li–Qun Zhang and Yu Pan

ผู้ป่วยที่รอดชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองที่ไม่สามารถควบคุมข้อเท้าได้ส่งผลต่อการทรง ตัว และการเคลื่อนไหวซึ่งการยืดกล้ามเนื้อจะช่วยลดความตึงตัวของข้อเท้าและช่วยปรับการทรง ตัว โดยนักวิจัยได้พัฒนาหุ่นยนต์ขึ้นมาเพื่อช่วยลดความตึงตัวของข้อเท้าในผู้ป่วยหลอดเลือดสมองที่มีการตึงตัว ของข้อเท้าซึ่งทำการทดสอบกับผู้ป่วยทั้ง 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบ manual เพียงอย่างเดียว 20 นาที ทุกวันเป็นเวลา 2 สัปดาห์ กับกลุ่มทดลองที่ใช้หุ่นยนต์ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อแบบ manual ผลการทดสอบพบว่าการทดสอบทั้ง 2 กลุ่ม สามารถช่วยลดความตึงตัวได้คล้ายคลึงกันแต่กลุ่มทดลองที่ใช้หุ่นยนต์นอกจากจะช่วยลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อแล้วยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าได้อีกด้วย [29]

รูปที่ 2.19 Ankle robot [29]

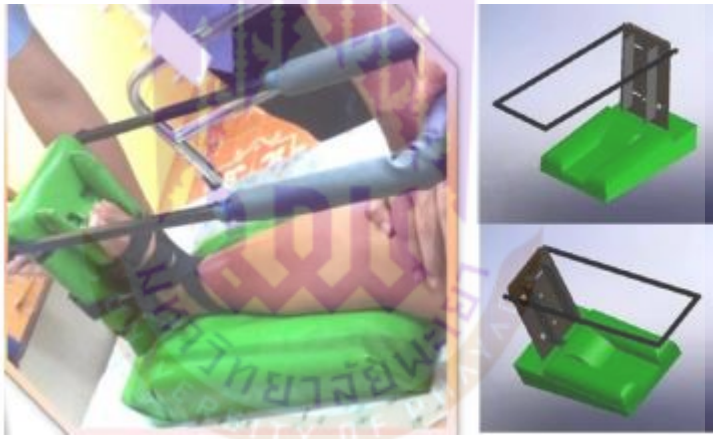
อุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้าช่วยผู้ป่วยภาวะข้อเท้าตก

เครื่องช่วยขยับข้อเท้าแบบต่อเนื่อง(Continuous passive movement)ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะข้อเท้าตกของน.ส.นิดา วงศ์สวัสดิ์ นักกายภาพบำบัด ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก ร่วมกับ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ผู้ประดิษฐ์อุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้าสำหรับผู้ที่มีภาวะข้อเท้าตก ผลงานสิทธิบัตรทุนสนับสนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล (มม.) จึงคิด ประดิษฐ์ เครื่องช่วย ขยับข้อเท้าแบบต่อเนื่องขึ้น เพื่อการฟื้นฟูและป้องกันภาวะแทรกซ้อน ภายหลังจากมีภาวะข้อเท้าตก เครื่องนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการ Passive movement ซึ่งอุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้านี้ใช้ข้อเท้าข้างที่แข็งแรงเป็นตัวช่วยขยับข้อเท้าข้างที่อ่อนแรง ทำให้ผู้ที่มีภาวะข้อเท้าตกช่วยขยับข้อเท้าด้วยตัวเองได้โดยไม่ต้องอาศัยผู้อื่นช่วยขยับข้อเท้า ให้โดยออกแบบให้ใช้ได้ง่าย สามารถนำอุปกรณ์ไปช่วยขยับข้อเท้าที่บ้านได้เพื่อการฟื้นฟูและป้องกัน ภาวะแทรกซ้อนที่ถูกต้องซึ่งทำได้ทุกวันอุปกรณ์นี้ปรับมุมการเคลื่อนไหวได้ตามความสามารถในการเคลื่อนไหวของผู้ที่มีภาวะข้อเท้าตกจริงในทุกๆ1องศาใช้ได้ทั้งในท่านั่ง และท่านอนในทุกสภาพแวดล้อม โดยเลือกการตอบสนองกลับในกรณีที่ช่วยขยับข้อเท้าถึงมุมที่กำหนดได้ 2 รูปแบบ ทั้งเสียงและแสง [2]

รูปที่ 2.20 อุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้าช่วยผู้ป่วยภาวะข้อเท้าตก **[30]**

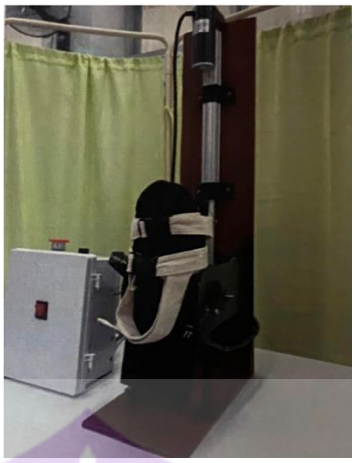
อุปกรณ์บริหารข้อเท้าป้องกันภาวะปลายเท้าตก

รองศาสตราจารย์เกษราวัลณ์ นิลวรางกูร และคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ทำการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารข้อเท้าป้องกันภาวะปลายเท้า ตกในกลุ่มผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง อาทิ เช่น อัมพฤกษ์ อัมพาตและภาวะแทรกซ้อน ส่วนใหญ่ของผู้ป่วยมักเกิดขึ้นใน ระยะหลัง ได้แก่ การเกิดแผลกดทับจากการนอนในท่าเดิมนานๆ การเกิดข้อผิดรูปจากการหดรั้งของกล้ามเนื้อเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิด "ภาวะปลายเท้าตก (Foot Drop) อันเกิดจากความตึงตัว ของกล้ามเนื้อที่ผิดปกติ และเกิดจาก กล้าม เนื้อในการกระดกข้อเท้าลงมีการยึดตึดแข็งสามารถป้องกันและแก้ไขได้หากผู้ป่วย ได้รับการดูแลที่ถูกต้อง และใช้อุปกรณ์ ในการช่วยบริหารข้อเท้า โดยสามารถบริหารข้อเท้าได้ 4 ทิศทาง คือ กดปลายเท้าลง กระดกปลายเท้าขึ้น หมุนฝ่าเท้าออกด้านนอก และหมุนฝ่าเท้าเข้า [31]



รูปที่ 2.21 อุปรณ์บริหารข้อเท้าป้องกันภาวะปลายเท้าตก [31]

เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่น 1



รูปที่ 2.22 เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่น 1 [7]

จากการศึกษารูปแบบของการเคลื่อนไหวของข้อเท้า พบว่าการเคลื่อนไหวที่สำคัญของข้อเท้าที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน เช่น การเดินคือการกระดกข้อเท้าลง (Plantar flexion) และการกระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsifexion) ซึ่งเกิดขึ้นในระนาบแนวดิ่ง (Sagittal plane) มักพบปัญหา การเคลื่อนไหวไม่สุดช่วงของข้อเท้า ซึ่งจะนำไปสู่ภาวะข้อติด (Joint sifiness) ใดในระยะยาวการใช้ อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าจึงเริ่มมีส่วนช่วยในการป้องกันและรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาดังกล่าว การศึกษาที่ผ่านมามีการพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าขึ้นโดยพัฒนาเครื่องมือการฟื้นฟูสมรรถภาพสำหรับป้องกันการหดตัวของข้อเท้า ซึ่งมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักเบาง่ายต่อการสวมใส่และการถอด ออกจากการที่ได้นำไปทดลองใช้พบว่าอุปกรณ์ชิ้นนี้สามารถทำการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมสำหรับการพักฟื้นที่ข้อเท้าได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอุปกรณ์ Ankle CPM ยังขาดองค์ประกอบบางส่วนที่ง่ายต่อ การใช้งาน เช่นตัวแสดงผลช่วงองศา การเคลื่อนไหวซึ่งถ้ามีตัวแสดงผลลองศาการเคลื่อนไหวนี้จะสามารถทำให้เคลื่อนไหวข้อเท้าได้ในองศาที่ถูกต้อง ลดการบาดเจ็บจากการใช้อุปกรณ์ได้ช่วงการ เคลื่อนไหว ที่ถูกต้องและแม่นยำ [7]

1. ข้อดีของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่นที่ 1

1.1. สามารถบอกค่าการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในระนาบแนวดิ่งได้ตรงตามเนื้อหาที่กำหนดในการเคลื่อนไหวของข้อเท้าทิศทางกระข้อเท้าขึ้น (Dorsi flexion) และกระดกข้อเท้าลง (Plantar flexion) คนปกติ

1.2. สามารถตั้งค่าการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในทิศทางและมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ที่ต้องการได้

1.3. อุปกรณ์สามารถเปิด–ปิดการใช้งานได้ง่าย

1.4. ไม่ซับซ้อนในการสวมใส่อุปกรณ์

1.5. อุปกรณ์ออกกำลังกายสามารถเคลื่อนไหวในระนาบแนวดิ่ง (Sagital plane)

1.6. การทำงานของเครื่องจะช่วยขยับข้อเท้าของผู้ป่วยโดยไม่ต้องออกแรงอย่างต่อเนื่อง (Continues passive movement)

2. ข้อจำกัดของอุปกรณ์ออกกำลังข้อเท้า

2.1. ฐานของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าไม่มั่นคงและมีน้ำหนักที่มาก

2.2. เครื่องออกกำลังข้อเท้ามีเสียงดัง เมื่อเพิ่มความเร็ว

2.3. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามีสายไปที่ยากต่อการจัดเก็บ

2.4. ตัวเครื่องมีขนาดใหญ่ ทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก

2.5. ปุ่มปรับความเร็วไม่มีค่าแสดงความเร็ว

2.6. สเกลการวัดองศาการเคลื่อนไหวข้อเท้าไม่ชัดเจนและแม่นยำ

2.7. มีความยากลำบากในการปรับค่าองศาการเคลื่อนไหวของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า

3. การพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์การออกกำลังกายข้อเท้าการพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์ควรมีการออกแบบอุปกรณ์ให้มีความแข็งแรงและมั่นคงมีอุปกรณ์รองรับขาเพื่อสะดวกต่อการจัดตำแหน่งของเท้าตัวเครื่องมีน้ำหนักเบากว่านี้เพื่องายต่อการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บมีความแมนยำสูงในการปรับคาองศาและการแสดงผลและนำอุปกรณ์ไปทดสอบประสิทธิภาพและสามารนำไปใช้งานกับกลุ่มผู้ป่วยที่มีปัญหาจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเพื่อส่งเสริมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าให้ดียิ่งขึ้น

เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่น 2

รูปที่ 2.23 เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่น 2 [8]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 2 ตามคุณลักษณะของเครื่องที่กำหนดภายใต้หลักวิศวกรรมและหลักทางการแพทย์โดยตัวเครื่องต้องมีความมั่นคง น้ำหนักเบา สะดวกต่อการจัดเก็บและเคลื่อนย้ายใช้งานง่ายด้วยหน้าจอดิจิตอล และ มีความแมนยำสูงในการปรับคาองศา ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนไหวในทิศทางกระดกข้อเท้าขึ้น ถีบปลายเท้าลง บิดหมุนปลายเท้าเข้าด้านใน และบิดหมุนปลายเท้าออกด้านนอกและเพื่อทดสอบ คุณภาพ เครื่อง ออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 2 ต่อการเคลื่อนไหวตามชีวกลศาสตร์ ของข้อเท้า ตลอดจนทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า รุ่นที่ 2 ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) ในการแสดงผลการวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า [8]

1. ข้อดีของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบรุ่นที่ 2

1.1. สามารถเพิ่มเร็วในรอบการเคลื่อนไหวได้และช่วงกว้างของมุมการหมุนเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการกายภาพผู้ป่วยแต่ละคน

1.2. น้ำหนักเบา

1.3. ไม่ซับซ้อนในการสวมใส่อุปกรณ์

1.4. การทำงานของเครื่องจะช่วยขยับข้อเท้าของผู้ป่วยโดยไม่ต้องออกแรงอย่างต่อเนื่อง (Continue passive movement)

1.5. สามารถตั้งค่าการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในทิศทางและมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่ต้องการได้

2. ข้อจำกัดของอุปกรณ์ออกกำลังข้อเท้า

2.1. ยากต่อการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย

2.2. ขั้นตอนการใช้งานซับซ้อน

2.3. ความแม่นยำในการปรับค่าองศาน้อย

2.4. อุปกรณ์ไม่สามารถเคลื่อนไหวในทิศทางต่างๆ ได้อย่างราบเรียบ

2.5. ตัวเครื่องไม่สามารถบันทึกข้อมูล เช่น องศา และระยะเวลาออกกำลังกายของผู้ใช้แต่ละคนได้

3. การพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์การออกกำลังกายข้อเท้า

หากมีการพัฒนาต่อยอดอุปกรณ์ควรมีการออกแบบอุปกรณ์ให้มีความมั่นคงและแข็งแรงเพื่อรองรับน้ำหนักขาที่แตกต่างกันของผู้ป่วยได้และมีที่รองรับสำหรับข้อเท้าขณะมีการเคลื่อนไหวปรับความสูงให้เหมาะสมกับผู้ป่วยในแต่ละรายได้ปรับระดับของความเร็วให้เหมาะสมต่อการฟื้นฟู ผู้ป่วยและมีการบอกมุมการเคลื่อนไหวขณะมีการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและมีการปรับความยาวของสายปุ่มฉุกเฉิน ให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์และส่งเสริมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าให้ดียิ่งขึ้น

เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต่อเนื่องตามท้องตลาด (CPM Ankle)

จากการสำรวจเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต่อเนื่องตามท้องตลาด (CPM Ankle) พบว่าเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องตามท้องตลาด (CPM Ankle) มีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

1. ข้อดีของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องตามท้องตลาด (CPM Ankle)

1.1 ตัวเครื่องสามารถบันทึกข้อมูลการรักษาของผู้ป่วยได้

1.2 ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนไหวได้ในทิศทางเบนซ้าย–ขวา (Ankle abduction and ankle adduction)

1.3 ตัวเครื่องสามารถวัดองศาการเคลื่อนไหว (Range of motion)ของข้อเท้าในทิศทางเบนซ้าย–ขวาได้ (Ankle abduction and ankle adduction)

2. ข้อเสียของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องตามท้องตลาด (CPM Ankle)

2.1. ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้ลำบาก เนื่องจากมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมาก

2.2. ตัวเครื่องยากต่อการจัดเก็บ

2.3. ตัวเครื่องเคลื่อนไหวได้ไม่ครบทุกระนาบการเคลื่อนไหว

2.4. ยากต่อการใช้งาน คือ ผู้ป่วยต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการใช้เครื่อง

2.5 มีราคาแพง

รูปที่ 2.24 เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าต่อเนื่องตามท้องตลาด [32, 33]

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 และประสิทธิผลของอุปกรณ์ต้นแบบในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) ที่มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่สุดช่วง เก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดพะเยา ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2567 โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 และตรวจสอบความอดคล้องของอุปกรณ์

ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

รูปแบบการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นรูปแบบการออกแบบและพัฒนา (Research and Development)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 และตรวจสอบความอดคล้องของอุปกรณ์

การคำนวณขนาดตัวอย่าง จากสูตร [34]

$$n = \frac{2(Z_\alpha + Z_\beta)^2}{d^2}$$

โดยกำหนดให้ d = 0.8

α = 0.05 $(Z_\alpha = 0.842)$

β = 0.5 $(Z_\beta = 1.645)$

แทนค่า $\frac{n}{\text{กลุ่ม}} = \frac{2(0.842+1.645)^2}{0.8^2}$

= 19.33

= 20

ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในระยะนี้ มีจำนวนทั้งสิ้น 20 คน

จากการคำนวณขนาดตัวอย่างใช้อาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยมีเกณฑ์การคัด เลือกอาสาสมัครดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์การคัดเลือกอาสมัครในระยะที่ 1

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)	เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)
1. อาสาสมัครเพศชายและหญิง 2. อายุ 20 ปีขึ้นไป 3. ไม่มีการบาดเจ็บของข้อเท้า 4. ไม่มีโรคประจำตัว 5. ไม่มีการรับประทานยาคลายกล้ามเนื้อในช่วง 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ	1. ผู้ที่มีความผิดปกติของข้อเท้า เช่น ข้อเท้าผิดรูป เท้าแบนที่มีการผิดรูปของข้อเท้า 2. ความบกพร่องหรือมีโรคที่เกี่ยวข้องกับผิวหนัง

เกณฑ์การถอนอาสาสมัคร (Withdrawal criteria)

1. อาสาสมัครที่เข้าร่วมการทดสอบขาดการนัดภายใน 24 ชั่วโมง

2. หากประเมินได้ว่าอาสาสมัครได้รับยาในกลุ่มยาคลายกล้ามเนื้อหรือยาออกฤทธิ์กดประสาทขณะเข้ารับการทดสอบ

ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

คำนวณขนาดตัวอย่าง จากสูตร [35]

$$n = 2 \times \left(\frac{\left(Z1-\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)+(Z1-\beta)}{\delta_0} \right)^2 \times s^2$$

กำหนดให้ α = 0.05

β = 0.20

δ_0 = 4 องศา [2]

s = 4.72 องศา [2]

แทนค่า $$n = 2 \times \left(\frac{\left(1.96-\left(\frac{0.05}{2}\right)\right)+(1.96-0.2)}{4} \right)^2 \times 4.72^2$$

n= 38.02

คำนวณได้อาสาสมัครกลุ่มละ 39 คน กำหนดให้ร้อยละการออกจากการวิจัยของอาสาสมัครคือ 20 ดังนั้นการศึกษาระยะที่ 2 นี้ ใช้จำนวนอาสมัครทั้งสิ้นประมาณ 47 คน ต่อกลุ่ม ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม รวมทั้งสิ้น 94 คน

จากการคำนวณขนาดตัวอย่างใช้อาสาสมัครจำนวน 47 รายต่อกลุ่ม โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครดังแสดงในตาราง 3.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การคัดเลือกอาสมัครในระยะที่ 2

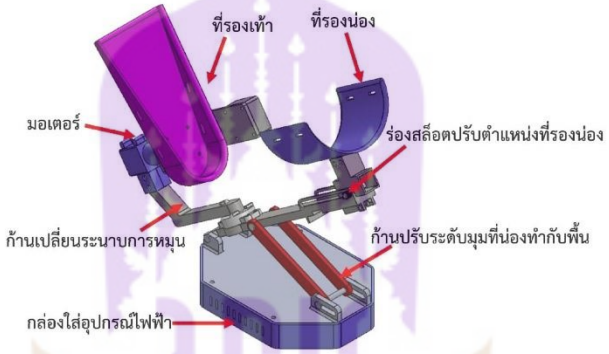
เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)	**เกณฑ์การคัดออก** (Exclusion criteria)	**เกณฑ์การถอนอาสาสมัครออกจากวิจัย** (Discontinuation Criteria)	**เกณฑ์การยุติของโครงการวิจัยทั้งหมด** (Terminal Criterig)
1. อาสาสมัครเพศชายและหญิง	1. ภาวะกล้ามเนื้อข้อเท้าหดรั้ง (Contracture)	1. อาสาสมัครที่เข้าร่วม การทดลองขาดการออกกำลังกายด้วยเครื่องอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าอย่างน้อย 80% ของวันทดลองทั้งหมด	1.เมื่อการดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นหรืออาสาสมัครถอนตัวออกจากการทดลองมากกว่า ร้อยละ 80
2. อายุ 50 ปีขึ้นไป	2. เคยผ่าตัดข้อเท้า	2. หากประเมินได้ว่าอาสาสมัครได้รับการทำหัตถการ เช่น การฝังเข็ม การนวดแผนไทยบริเวณข้อเท้า ที่อาจก่อให้เกิดอาการแย่ลงหรือดีขึ้น ขณะเข้ารับการทดลองด้วยเครื่องอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า	

3. ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองอย่างน้อย 2 เดือน	3. ได้รับการฉีดยาออกฤทธิ์กดประสาท (Neurolyticinjection) ที่ตำแหน่งข้อเท้า ได้แก่ กลุ่มยาฉีดลดปวดหรือฉีดยาออกฤทธิ์กดประสาท 2 วันก่อนการทดสอบ	3. อาสาสมัครที่เข้าร่วมการทดลองมีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลัน	
4.สามารถพูดคุยสื่อสารรู้เรื่อง	4. ความบกพร่อง หรือมีโรคที่เกี่ยวข้องกับผิวหนัง	4. หลังเข้าร่วมการทดลองแล้ว ตรวจสอบพบว่าไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้าเนื่องจากอาสาสมัครให้ข้อมูลผิดหรือผู้คัดกรองดำเนินการผิดพลาด	
5. มีปัญหากล้ามเนื้อข้อเท้าหดเกร็ง (Spasticity) โดยวัดจากแบบประเมินภาวะอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (Modified Ashworth scale) MAS ระดับที่ 1–3			
6. ไม่มีภาวะพึ่งพาหรือมีภาวะพึ่งพาระดับปานกลาง วัดค่าโดยใช้ Barthel Index และมีค่าน้อยกว่า 9 คะแนน			

7. ไม่มีการบาดเจ็บของข้อเท้า			

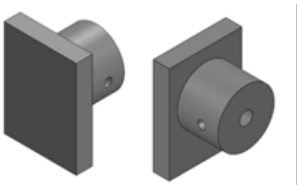
หลักการทำงานเบื้องต้นและชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่อง

การทำกายภาพบัดข้อเท้าจะสามารถเลือกทำได้ 2 ทิศทาง คือ กระดกเท้าขึ้น-ลง และบิดไป ทางซ้าย-ขวา โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมการเคลื่อนไหวเพียง 1 เครื่องที่รับคำสั่งการจากแผง ควบคุม Misentroller "Acduino" โดยจะใช้เทคนิคการถอด-ประกอบและการปรับตำแหน่งแบบ Manual ในการทำให้ตัวเครื่องมีขนาดกระทัดรัดและยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติการทำงานทุก ประการ โดยภาพรวมของตัวเครื่องแสดงดังรูปที่ 3.1

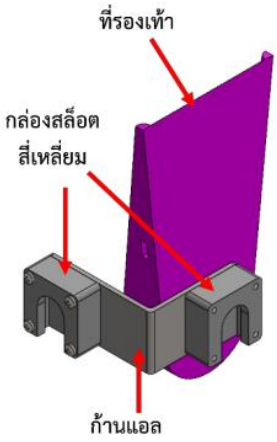


รูปที่ 3.1 ภาพรวมของเครื่องกายภาพบำบัดที่ออกแบบ [36]

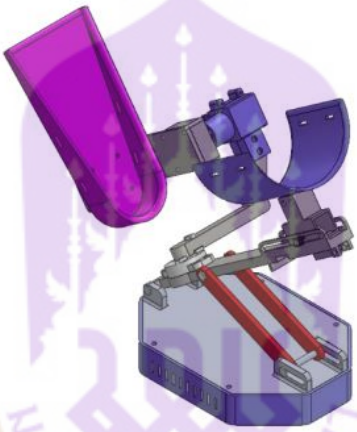
การเปลี่ยนทิศทางการทำกายภาพบำบัดสามารถทำได้โดยอาศัยการเปลี่ยนตำแหน่งของก้านเปลี่ยนระนาบการหมุนและการถอด-ประกอบชิ้นส่วนตัวเชื่อมระหว่างที่รองเท้ากับเพลามอเตอร์ออกจากกล่องสล็อตสี่เหลี่ยมตำแหน่งเดิมแล้วประกอบเข้ากับกล่องสล็อตตำแหน่งใหม่โดยชิ้นส่วนสำคัญดังกล่าวถูกแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3 ซึ่งเมื่อทำการถอด-ประกอบเสร็จชิ้นจะสามารถพร้อมทำการภาพบำบัดข้อเท้าได้ 2 ทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5



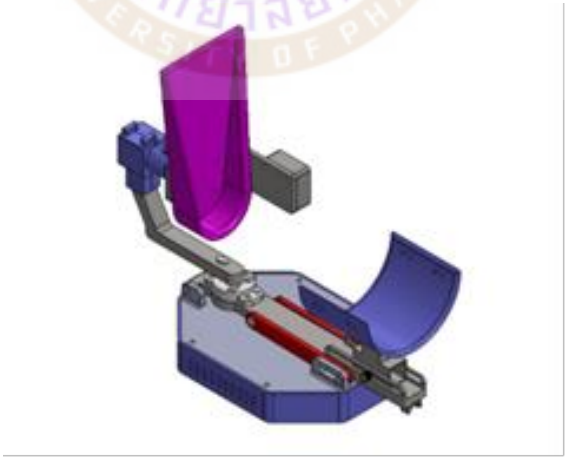
รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนตัวเชื่อมระหว่างที่รองเท้ากับเพลามอเตอร์



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งกล่องสล็อตสี่เหลี่ยมสำหรับประกอบเข้ากับชิ้นส่วนตัวเชื่อม



รูปที่ 3.4 รูปแบบเครื่องที่พร้อมทำกายภาพบำบัดแบบกระดกเท้าขึ้น-ลง (Dorsiflexion–Plantar flexion)



รูปที่ 3.5 รูปแบบเครื่องที่พร้อมทำกายภาพบำบัดแบบบิดเท้าซ้าย-ขวา (Abduction–Adduction)

รูปที่ 3.6 รูปแสดงทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle) ที่สามารถทำได้

จากรูปที่ 3.6 จะเห็นว่าในความเป็นจริงข้อเท้าสามารถเคลื่อนไหวได้สามทิศทางตามการหมุนรอบแกน แต่ตัวเครื่องที่ได้ออกแบบสามารถทำได้สองทิศทางดังแสดงในรูป 3.4 และ 3.5 ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของเครื่อง เพื่อแลกกับขนาดที่กะทัดรัด พกพาได้

ส่วนตัวเครื่องจะอำนวยการใช้งานแก่ผู้ป่วยที่มีสภาพทางร่างกายแตกต่างกันโดยการสามารถปรับระดับมุมที่น่องทำกับพื้นได้และปรับตำแหน่งที่รองน่องได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และจะมีพื้นที่ Interface สำหรับการใช้งานตั้งค่าคำสั่งให้แก่ Microcontroller และจอแสดงผลอยู่ ณ บริเวณส่วนฐานหรือกล่องใส่อุปกรณ์ไฟฟ้า

การทดลองเบื้องต้นเพื่อพิสูจน์แนวคิดในการแก้ปัญหา (Proof–of–Concept Experiment)

1. การออกแบบเครื่องกายภาพบำบัดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

เครื่องกายภาพบำบัดผ่านการออกแบบโดยโปรแกรม SolidWorks 2022 เป็นจำนวน 3 แบบ ได้แก่

1.1 การออกแบบแบบที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3.7

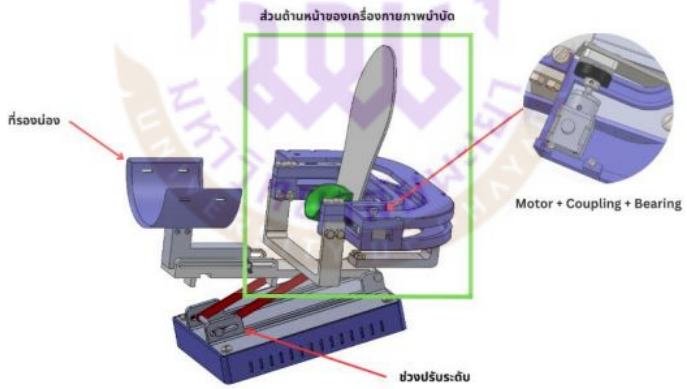
รูปที่ 3.7 การออกแบบ แบบที่ 1

ปัญหาที่พบ

- Mabuchi Motor ที่มีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก
- Mabuchi Motor สามารถทำความเร็วรอบได้ถึง 110 rpm ซึ่งเกินความจำเป็นสำหรับเครื่องกายภาพบำบัด
- มุมที่น่องของผู้ป่วยกระทำกับพื้นราบใช้ร่องเป็นตัวปรับระดับ ทำให้ไม่มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน
- ระหว่างชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกัน ส่วนใหญ่ใช้ข้อต่อที่มีน็อตสกรู ซึ่งชิ้นส่วนที่เชื่อมต่อกันบางชิ้นรับน้ำหนักมาก อาจทำให้ข้อต่อน็อตสกรูไม่สามารถรองรับน้ำหนักได้
- ที่รองน่องมีกลไกที่ค่อนข้างยุ่งยาก

1.2. การออกแบบ แบบที่ 2

จากปัญหาของการออกแบบ แบบที่ 1 ได้แก้ไขโดยการเปลี่ยน Mabuchi Motor เป็น Nema17 stepper Motor (17HS84015-PG27) เปลี่ยนร่องปรับระดับเป็นช่วงปรับระดับเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ในการใช้งาน เปลี่ยนกลไกของที่รองน่อง และปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเครื่องกายภาพบำบัด ดังรูปที่ 3.8



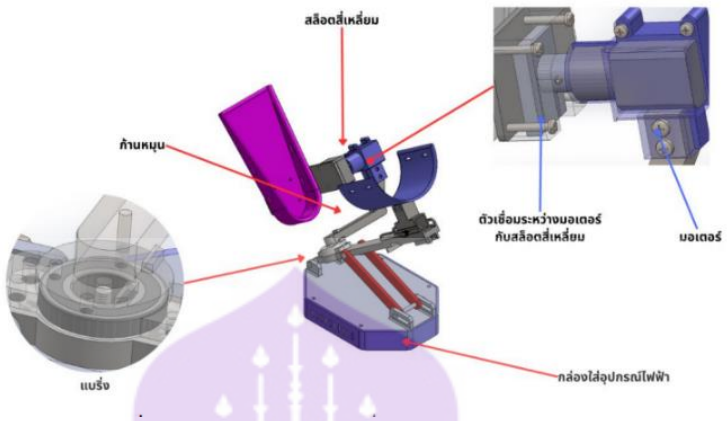
รูปที่ 3.8 การออกแบบ แบบที่ 2

ปัญหาที่พบ

- มีโครงสร้างที่ใหญ่ และมีน้ำหนักมาก ทำให้พกพาลำบาก
- สวมคัปปลิ้งในแบริ่ง ซึ่งเกิดช่องว่างประมาณ 1 มิลลิเมตร ทำให้การตั้งเส้นผ่านศูนย์กลางของแบริ่งเป็นไปได้ยาก และเพลาส่าย
- เกิดปัญหาการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในช่องสล็อต เพราะมอเตอร์สไลด์ผ่านมุมไม่ได้

1.3 การออกแบบ แบบที่ 3

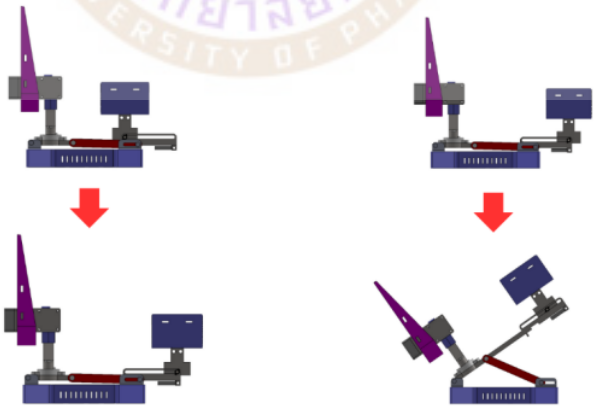
จากปัญหาของการออกแบบ แบบที่ 2 ได้แก้ไขโดยนำกลไกคัปปลิ้งที่สวบแบริ่ง สล็อต นำออกไปจากโครงสร้าง เปลี่ยนที่วางเท้า และปรับเปลี่ยนโครงสร้างส่วนด้านหน้าของเครื่องกายภาพบำบัดให้มีขนาดที่เล็กลง ดังรูปที่ 3.9



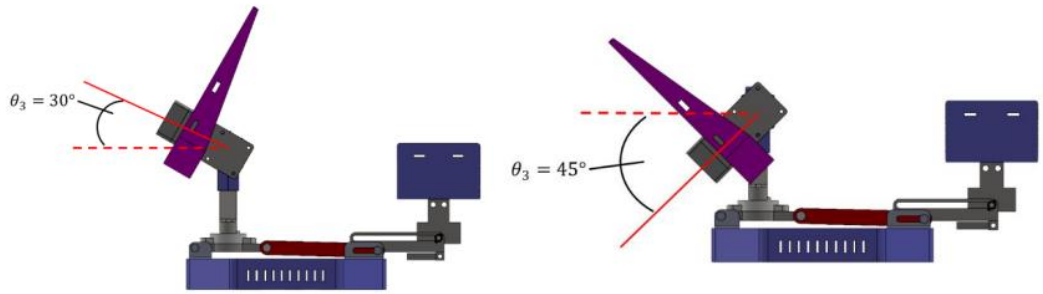
รูปที่ 3.9 การออกแบบ แบบที่ 3

2. การทดสอบการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกายภาพบำบัด

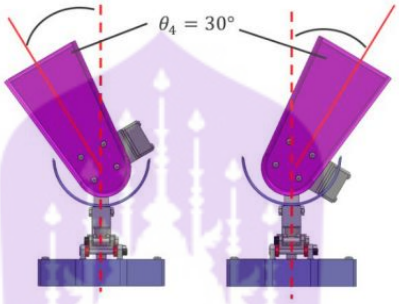
เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้จริงในการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนต่าง ๆ จึงทำการทดสอบขยับชิ้นส่วนเสมือนขณะใช้งานจริงโดยใช้โปรแกรม SolidWorks 2022 โดยแสดงผลลัพธ์ให้เห็นดังรูปที่ 3.10, 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.10 แสดงการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนเพื่ออำนวยตามสภาพร่างกาย และการใช้งานของผู้ป่วย



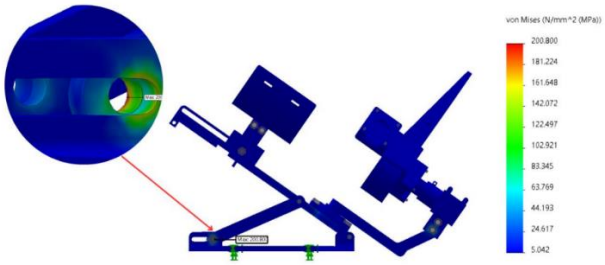
รูปที่ 3.11 การกระดกเท้าขึ้นลงมากที่สุดโดย θ_3 = 30°, 45° ตามลำดับ



รูปที่ 3.12 การบิดเท้าซ้ายขวามากที่สุดโดย θ_4 = 30

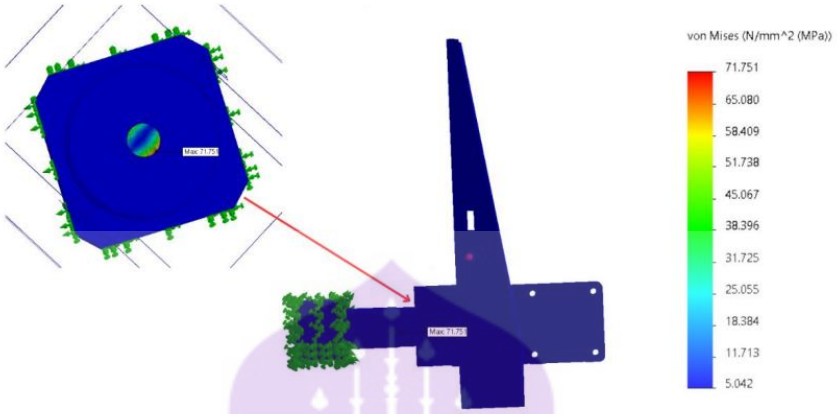
3. การทดลองความแข็งแรงของเครื่องกายภาพโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การจำลองความแข็งแรงของเครื่องกายภาพบำบัดเมื่อรับภาระขณะใช้งานที่มากสุดในกรณีบิดเท้าซ้ายขวา กระดกเท้าขึ้นลง และ ขาวางราบเรียบ ดังรูปที่ 3.13, 3.14, 3.15 และ 3.16 โดยใช้โปรแกรม SolidWorks 2022 ซึ่งใช้หลักการของ Distortion–Energy Theory หรือ von Mises Theory และเมื่อทราบ von Mises stress จะนำไปวิเคราะห์ความเสียหายตามสมการที่ 49 ต่อไป



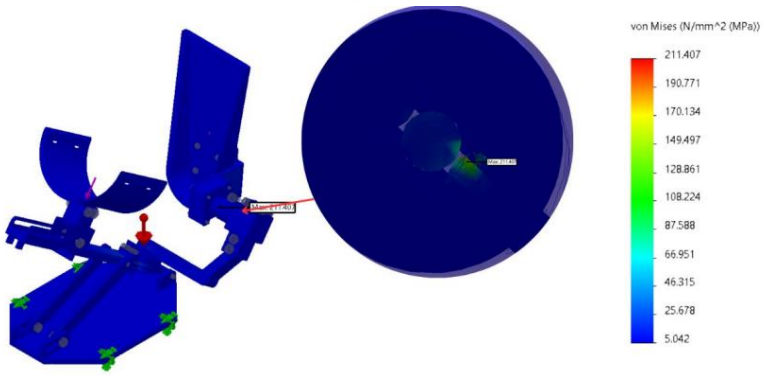
รูปที่ 3.13 จำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีบิดเท้าไปทางซ้ายสุดเมื่อ θ_2 = 35°, θ_3 = 35°, θ_4 = 30° และพิจารณาความเค้นมากที่สุดที่กระทำกับตัวเครื่องโดยรวม

จากรูปที่ 3.13 ทราบว่าจะเกิด Max von Mises stress (σ') = 200.800 MPa ณ รูน็อต ของ Linkage Bar ซึ่งเลือกใช้วัสดุเป็น AISI 1045 Steel, Cold Drawn ที่มี Yield strength (S_y) = 530 MPa เมื่อนำไปคิด Safety factor จะมีค่า = 2.640 ถือว่าไม่เกิดความเสียหาย



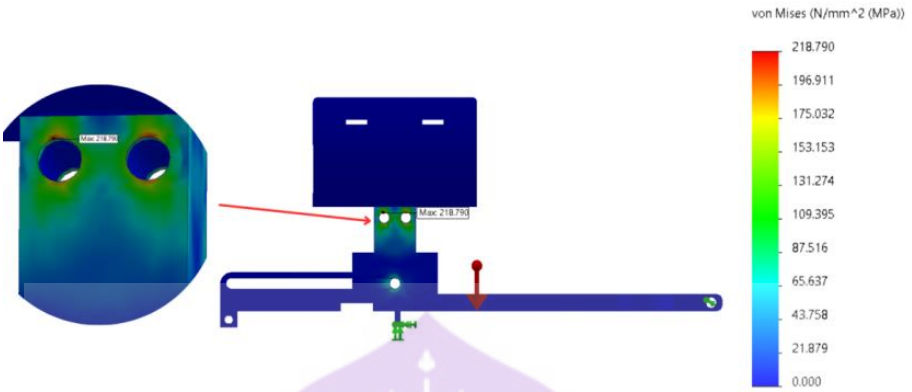
รูปที่ 3.14 จำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีบิดเท้าไปทางซ้ายสุดเมื่อ θ_2 = 35°, θ_3 = 35°, θ_4 = 30°และพิจารณาความเค้นมากที่จุดกระทำกับเพลามอเตอร์

จากรูปที่ 3.14 ทราบว่าจะเกิด Max Von Mises stress (σ') = 71.751 MPa ณ เพลามอเตอร์ซึ่งทำมาจากวัสดุ AISI 347 Annealed Stainless Steel ที่มี Yield strength (S_y) = 275 MPa เมื่อนำไปคิด Safety factor จะมีค่า = 3.833 ถือว่าไม่เกิดความเสียหาย



รูปที่ 3.15 จำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีกระดกเท้าขึ้นสุดเมื่อ θ_2 = 35°, θ_3 = 35°, θ_4 = 30° และพิจารณาความเค้นมากที่สุดที่กระทำกับตัวเครื่องโดยรวม

จากรูปที่ 3.15 ทราบว่าจะเกิด Max von Mises stress (σ') = 211.407 MPa ณ เพลามอเตอร์ซึ่งทำมาจากวัสดุ AISI 1020 Steel ที่มี Yield strength (S_y) = 351 MPa เมื่อนำไปคิด Safety factor จะมีค่า = 1.660 ถือว่าไม่เกิดความเสียหาย



รูปที่ 3.16 จำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีเหยียดขาตรง ท่านอนเมื่อ θ_2 = 35°, θ_3 = 35°,θ_4 = 30° และพิจารณาความเค้นมากที่สุดกระทำกับที่รองน่อง

จากรูปที่ 3.16 ทราบว่าจะเกิด Max von Mises stress (σ') = 218.790 MPa ณ รูน็อตของเหล็กกล่องซึ่งทำมาจากวัสดุ ASI 1045 Steel, Cold Drawn ที่มี Yield strength (S_y) = 530 MPa เมื่อนำไปคิด Safety factor จะมีค่า = 2.422 ถือว่าไม่เกิดความเสียหาย

เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

ระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 และตรวจสอบความสอดคล้องของอุปกรณ์

1.1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

1.1.1 มอเตอร์	1 เครื่อง
1.1.2 ที่รองเท้า	1 อัน
1.1.3 ที่รองน่อง	1 อัน
1.1.4 ร่องสล็อตปรับตำแหน่ง	2 อัน
1.1.5 ก้านเปลี่ยนระนาบการหมุน	1 ก้าน
1.1.6 ก้านปรับระดับมุมที่น่องทำพื้น	2 ก้าน
1.1.7 กล่องในอุปกรณ์ไฟฟ้า	1 กล่อง

1.2. เครื่องมือในการทดสอบคุณภาพ

โปรแกรม SolidWorks 2022 โดยใช้หลักการของ Distortion–Energy Theory หรือ Von Mises Theory

- เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบรุ่นที่ 3) 1 ชิ้น
- เตียงนอน 1 เตียง
- หมอน 1 ใบ
- ผ้าขนหนู 1 ผืน
- เบาะรองขา 1 ใบ
- Universal goniometer 1 ชิ้น
- เครื่องวัดความดันโลหิต 1 เครื่อง
- เครื่องวัด Oxygen Saturation Monitor Oximeter 1 เครื่อง
- เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกาย 1 เครื่อง
- แบบคัดกรองอาสาสมัคร
- แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร

ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นฉบับ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

2.1. แบบประเมิน Modified Ashworth Scale (MAS)

2.2. ใช้อุปกรณ์ในการทดสอบดังระยะที่ 1 ในข้อที่ 1–9

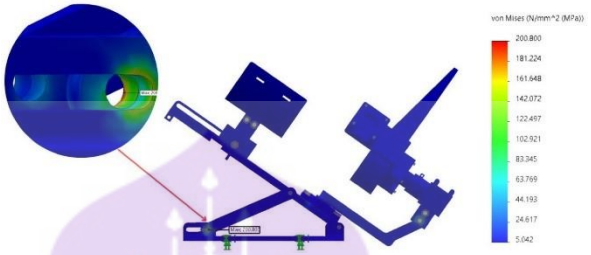
ขั้นตอนการศึกษา

การวิจัยฉบับนี้เป็นวิจัยรูปแบบการออกแบบและพัฒนา (Research and Development) โดยประเมินองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่สุดช่วง เพื่อเปรียบเทียบองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่สุดช่วง

โดยหลังจากทบทวนวรรณกรรม วางแผนการศึกษา จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และยื่นขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยจะดำเนินการ ดังนี้

ระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่3 และตรวจสอบความสอดคล้องของอุปกรณ์

ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ ได้แก่ ผศ.ดร.จักรพงษ์ จำรูญ และ ดร. กัญญา รัตนะมงคลกุล อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นฉบับ) รุ่นที่ 3 ภายใต้พื้นฐานความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยกำหนดให้อุปกรณ์มีความมั่นคง โดยการจำลองความแข็งแรงของเครื่องกายภาพบำบัด เมื่อรับภาระขณะใช้งานที่มากสุด ในกรณีบิดเท้าซ้ายขวา กระดกเท้าขึ้นลง และขาวางราบเรียบ ดังแสดงในรูปที่ 18 โดยโปรแกรม SolidWorks 2022 โดยใช้หลักการของ Distortion–Energy Theory หรือ Von Mises Theory



รูปที่ 3.17 จำลองความแข็งแรงของชิ้นส่วนกรณีบิดเท้าไปทางซ้ายสุด [36]

2. ทดสอบอุปกรณ์

2.1. ทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity)

2.1.1 กำหนด TOR ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมเป็นบรรทัดฐานในการ ประเมินคุณลักษณะของอุปกรณ์

1. ตัวเครื่องใช้สำหรับผู้ป่วยข้อเท้ายึด
2. ตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวกสามารถนำไปใช้บริหารข้อเท้าได้จริง
3. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถบริหารข้อเท้าได้ 2 ระนาบคือ กระดกเท้าขึ้นลง และบิดเท้าไปด้านซ้ายขวา
4. ครื่องออกกำลังกายข้อเท้า สามารถกำหนดและปรับช่วงมุมการบริหารข้อเท้าได้ดังนี้
   - กระดกเท้าขึ้นได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา
   - กระดกเท้าลงได้มากที่สุด 0 ถึง 45 องศา
   - บิดเท้าไปด้านซ้ายได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา
   - บิดเท้าไปด้านขวาได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา
5. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้า สามารถรองรับผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวสูงสุดได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม (น้ำหนักขาประมาณ 24 กิโลกรัม)

6. สามารถปรับระยะระหว่างที่รองเท้ากับที่รองน่องได้ 30 ถึง 45 เซนติเมตร

7. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าใช้มอเตอร์ 1 ตัว และส่วนฐานสามารถหมุนได้ 0 ถึง 90 องศา

8. ผู้ป่วยสามารถใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าได้ทั้งท่านอนและท่านั่ง โดยสามารถปรับระดับมุมที่น่องผู้ป่วยทำกับพื้นได้ 0 ถึง 35 องศา

9. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารองรับความยาวเท้าของผู้ป่วยได้ไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร และกว้างได้ไม่เกิน 12.5 เซนติเมตร

10. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ และเครื่องมือทางการแพทย์หรือ IEC 60601

11. ตัวเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามี Mechanical Stopper เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย

12. ชิ้นส่วนผ้าที่รองน่องและชิ้นส่วนรองเท้า สามารถแยกถอดออกจากตัวเครื่องเพื่อทำความสะอาดได้

13. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถทำงานโดยเชื่อมกับไฟฟ้าขนาด 200 V ความถี่ 50 Hz

2.1.2. กำหนดผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ในการประดิษฐ์/ใช้เครื่องมือจำนวน 3 ราย เพื่อประเมินวิเคราะห์อุปกรณ์ ให้ประเมินในแบบประเมินพร้อมกันทั้ง 3 คน โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ

คะแนน 1+ เนื้อหามีความสอดคล้อง

–1 เมื่อเนื้อหาไม่สอดคล้อง

0 ไม่แน่ใจ การกำหนดผู้เชี่ยวชาญได้ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่มีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างดีเยี่ยมเกี่ยวกับการประดิษฐ์อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าต้นแบบ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัดในระบบประสาท ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการฟื้นฟูผู้ป่วยทางระบบประสาท

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายวิภาคศาสตร์และการเคลื่อนไหวของข้อเท้า

รูปที่ 3.18 ทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity)

2.2.1. ทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ขยับข้อเท้าด้านการเคลื่อนไหว (เลือกมุมให้ตัวเครื่องทำงานแล้วใช้ goniometer วัดมุมนั้น ทำซ้ำ 3 ครั้ง)

2.2.2. ทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (Intra-reliability) โดยทดสอบความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ด้านการเคลื่อนไหวและทดสอบความน่าเชื่อถือ ภายในผู้ประเมินด้วยวิธี test-retest reliablity ในอาสาสมัครตามเกณฑ์คัดอาสาสมัครระยะที่ 1 จำนวน 20 คน โดยใช้ goniometer วัดมุมการกระดกข้อเท้าขึ้น ถีบปลายเท้าลง บิดปลายเท้าเข้าด้านในและบิดปลายเท้าออกด้านนอก (วิธีการวัดดังแสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4) ทำซ้ำท่าละ 3 ครั้ง จากนั้นทำการทดสอบซ้ำหลังจาก 24 ชั่วโมงของการทดสอบครั้งแรกในอาสาสมัครคนเดิม บันทึกข้อมูล

รูปที่ 3.19 ทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (Intra-reliability)

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงทิศทางการเคลื่อนไหว

ทิศทางการเคลื่อนไหว	**ท่าเริ่มต้น**	**การวางเครื่องมือ**	**วิธีการทดสอบ**
1. การกระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsi flexion)	นอนหงายหรือเหยียดขา ใช้หมอนรองใต้เข่าข้อเท้ายื่นจากปลายเตียง ตั้งฉาก 90 องศา	**Axis** : Lateral malleolus **Stationary arm** : ขนาน fibula **Moveable arm** : ขนาน 5th metatarsal ตั้งฉากกับ stationary arm	ให้ผู้ถูกทดสอบกระดกเท้าขึ้น (dorsiflexion) 0–20 องศา
2. การถีบปลายเท้าลง (Plantarflexion)	นอนหงายหรือเหยียดขา ใช้หมอนรองใต้เข่าข้อเท้ายื่นจากปลายเตียง ตั้งฉาก 90 องศา	**Axis** : Lateral malleolus **Stationary arm** : ขนาน fibula **Moveable arm** : ขนาน 5th metatarsal ตั้งฉากกับ stationary arm	ให้ผู้ถูกทดสอบถีบปลายเท้าลง (Ankle Plantar flexion) 0–50 องศา

Starting position Dorsiflexion Plantarflexion

รูปที่ 3.20 วิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า [37]

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงทิศทางการเคลื่อนไหว

3. การบิดปลายเท้าเข้าด้านใน (Inversion)	นั่งห้อยขาบนเตียง เท้าไม่สัมผัสพื้น	**Axis** : mid-point front of ankle **Stationary arm** : ขนาน tibia **Moveable arm** : ขนาน 2 metatarsal bone	ให้ผู้ถูกทดสอบบิดปลายเท้าเข้าด้านใน (Foot Inversion) 0-35 องศา
4. การบิดปลายเท้าออกด้านนอก (Eversion)	นั่งห้อยขาบนเตียง เท้าไม่สัมผัสพื้น	**Axis** : mid-point front of ankle **Stationary arm** : ขนาน tibia **Moveable arm** : ขนาน 2 metatarsal bone	ให้ผู้ถูกทดสอบบิดปลายเท้าออกด้านนอก (Foot Eversion) 0-20 องศา

Starting position Inversion Eversion

รูปที่ 3.21 วิธีการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า [37]

3.2.1. ทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ขยับข้อเท้าด้านการเคลื่อนไหว โดยผู้วิจัยจะทำการสุ่มทิศทางการเคลื่อนไหวและมุมการเคลื่อนไหว จากนั้นทำการเปิดเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า ให้เคลื่อนไปในทิศกระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsi flexion) หรือถีบปลายเท้าลง (Plantarflexion) ที่องศาที่สุมได้จากการจับฉลาก และกดปุ่มหยุดคงค้างมุมการเคลื่อนไหวนั้น โดยในการกำหนดมุมและทิศทางการเคลื่อนไหวของเครื่องนั้นจะต้องมีเพียงผู้วิจัยคนที่ 1 เท่านั้นที่รู้มุมองตาการเคลื่อนไหว เพื่อป้องกันความตลาดเคลื่อนในการวัด ผู้วิจัยคนที่ 3 อยู่ฝั่งตรงข้ามกับผู้วิจัยคนที่ 1 (ฝั่งที่ไม่มีสเกลการแสดงผลองศาการเคลื่อนไหว) ใช้ Universal goniometer วัดเทียบกับตัวเครื่องอุปกรณ์ต้นแบบ ทำการทดสอบซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง โดยไม่มีช่วงพักและบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในแบบบันทึกข้อมูล [6]

ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ตัวแปรที่วัด ได้แก่ องศาการเคลื่อนไหว (Range of motion) การประเมินภาวะอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (Modified Ashworth scale) การทดสอบการเดิน (Function test) แบบประเมินความสามารถในการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (STREAM)

ขั้นตอนการประเมินองศาการเคลื่อนไหว (Renge of motion)

โดยวิธีการประเมินให้ประเมินดังตารางแสดงทิศทางการเคลื่อนไหวที่ 3.18 และ 3.19

ขั้นตอนการประเมินภาวะอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (Modified Ashworth scale)

นักกายภาพบำบัดเคลื่อนไหวข้อเท้าในทิศทางกระดกข้อเท้าขึ้นลงทำด้วยความเร็วปกติ หากพบความตึงตัวมากขึ้น ให้ตรวจสอบด้วยการเพิ่มความเร็วของการเคลื่อนไหวของข้อเท้าให้มากขึ้น ทำต่อเนื่อง 3-5 ครั้ง มีการรายงานผล ดังนี้

0 = ความตึงตัวของกล้ามเนื้อปกติ

1 = ความตึงตัวของกล้ามเนื้อสูงขึ้นเอพาะพิสัยการเคลื่อนไหวแรกหรือสุดท้าย

1+ = ความตึงตัวของกล้ามเนื้อสูงขึ้นในพิสัยการเคลื่อนไหวแรก และยังมีความตึงตัวของกล้ามเนื้ออยู่เล็กน้อย แต่ไม่ถึงครึ่งของพิสัยการเคลื่อนไหว

2 = ความตึงตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มตลอดพิสัยการเคลื่อนไหว แต่สามารถเคลื่อนได้จนสุดพิสัยการเคลื่อนไหว

3 = ความตึงตัวของกล้ามเนื้อมากขึ้น และทำการเคลื่อนไหวได้ยาก แต่ยังสามารถเคลื่อนได้จนสุดพิสัยการเคลื่อนไหว

4 = แข็งเกร็งในท่างอ หรือเหยียด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1

1. ใช้สถิติสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item–Objective Congruence, Ioc) เพื่อ วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของอุปกรณ์

2. ใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันของสเปียร์แมน (spearman's correlation coefficient) ในกรณีที่ข้อมูลแจกแจงไม่ปกติ

3. ใช้สถิติ Intra class Correlation Coefficient (ICC) เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือในตัวผู้วัด

ระยะที่ 2

1. ใช้สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อพรรณนาข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการออกแบบและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ได้ตาม คุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดภายใต้หลักวิศวกรรมและหลักทางการแพทย์ 2) เพื่อทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และความเที่ยงตรง เชิงสภาพ (Concurrent validity) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบตอเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ต่อการเคลื่อนไหวตามชีวศาสตร์ของข้อเท้า 3) เพื่อทดสอบเชิงคุณภาพ (Qualitative) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ต่อการเคลื่อนไหวตามชีวกลศาสตร์ของข้อเท้า 4) เพื่อทดสอบประสิทธิผล (Effective) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง และประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โดยการศึกษานี้แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 และตรวจสอบความสอดคล้องของอุปกรณ์

ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

คณะผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติพื้นฐานของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารุ่นที่ 3 รายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และดำเนินการจัดทำพัฒนาโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับนิสิตได้จัดทำเครื่องตามคุณสมบัติดังตาราง แล้วเสร็จเมื่อเดือนเมษายน 2567

ผลการศึกษาระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 และตรวจสอบความสอดคล้องของอุปกรณ์

จากผลการทดสอบเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าในรุ่นที่ 1 และ 2 พบว่ามีแนวทางที่ควรแก้ไขและปรับปรุงเพื่อให้คุณภาพของตัวเครื่องมีประสิทธิภาพมากขึ้น ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดคุณสมบัติพื้นฐานของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารุ่นที่ 3 ขึ้น รายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง ต้นแบบรุ่น 3 ถูกออกแบบขึ้นภายใต้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ ดังรูปแสดง 4.1 ซึ่งตัวเครื่องสามารถใช้กับผู้ป่วยข้อเท้ายึด สามารถบริหารข้อเท้าได้ 2 ระนาบ คือ กระดกข้อเท้าขึ้นและถีบปลายเท้าลง และบิดเท้าไปด้านซ้ายขวา

สามารถกำหนดและปรับช่วงมุมการบริหารข้อเท้าได้ สามารถรองรับน้ำหนักตัวสูงสุดได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม สามารถปรับระยะระหว่างที่รองเท้ากับที่รองน่องได้ สามารถปรับระดับมุมที่น่องผู้ป่วยทำกับพื้นได้ สามารถรองรับความยาวเท้าของผู้ป่วยได้ไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร และกว้างได้ไม่เกิน 12.5 เซนติเมตร ตัวเครื่องมี Mechanical stopper ชิ้นส่วนที่รองเท้าและชิ้นส่วนรองน่อง สามารถถอดออกทำความสะอาดได้ และตัวเครื่องสามารถทำงานโดยเชื่อมกับไฟฟ้าขนาด 200 V ความถี่ 50 Hz

1. ผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

หลังจากกำหนดคุณสมบัติพื้นฐานของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารุ่นที่ 3 ขึ้นเรียบร้อยแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้ประสานงานกับสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อผลิตอุปกรณ์ต้นแบบขึ้น และดำเนินการแล้วเสร็จในเดือนเมษายน 2567 (ดังแสดงในรูปที่ 4.1)

รูปที่ 4.1 เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3

จากนั้นดำเนินการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ราย สำหรับการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3 ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายภาพบำบัดในระบบประสาทที่มีความรู้และประสบการณ์ในการฟื้นฟูผู้ป่วยทางระบบประสาท

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านกายวิภาคศาสตร์และการเคลื่อนไหวของข้อเท้าโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 ที่พัฒนาขึ้น ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.2 การประเมินการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ตารางที่ 4.1 การกำหนดคุณสมบัติของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า และผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

คุณสมบัติของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นแบบ) รุ่นที่ 3	**IOC**
1. ตัวเครื่องใช้สำหรับผู้ป่วยข้อเท้ายึด	0.66
2. ตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวก สามารถนำไปใช้บริหารข้อเท้าได้จริง	0.00
3. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถบริหารข้อเท้าได้ 2 ระนาบคือ กระดกเท้าขึ้นลง และบิดเท้าไปด้านซ้ายขวา	1.00
4. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้า สามารถกำหนดและปรับช่วงมุมการบริหารข้อเท้าได้ดังนี้	
4.1. กระดกเท้าขึ้นได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา	1.00
4.2. กระดกเท้าลงได้มากที่สุด 0 ถึง 45 องศา	1.00
4.3. เบนเท้าไปด้านซ้ายได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา	1.00
4.4. เบนเท้าไปด้านขวาได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา	1.00
5. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถรองรับผู้ป่วย ที่มีน้ำหนักตัว สูงสุดได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม (น้ำหนักขาประมาณ 24 กิโลกรัม)	1.00
6. สามารถปรับระยะระหว่างที่รองเท้ากับที่รองน่องได้ 30 ถึง 45 เซนติเมตร	1.00
7. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าใช้มอเตอร์ 1 ตัว และส่วนฐานสามารถหมุนได้ 0 ถึง 90 องศา	1.00

8. ผู้ป่วยสามารถใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าได้ทั้งท่านอนและท่านั่ง โดยสามารถปรับระดับมุมที่น่องผู้ป่วยทำกับพื้นได้ 0 ถึง 35 องศา	1.00
9. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารองรับความยาวเท้าของผู้ป่วยได้ไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร และกว้างได้ไม่เกิน 12.5 เซนติเมตร	0.66
10. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ และเครื่องมือทางการแพทย์หรือ IEC 60601	0.00
11. ตัวเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามี Mechanical Stopper เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย	1.00
12. ชิ้นส่วนผ้าที่รองน่องและชิ้นส่วนรองเท้า สามารถแยกถอดออกจากตัวเครื่องเพื่อทำความสะอาดได้	1.00
13. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถทำงานโดยเชื่อมกับไฟฟ้าขนาด 200 V ความถี่ 50 Hz	1.00

ใช้สถิติ Index of term–Objective Congruence (IOC) ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในระดับดีเยี่ยม สำหรับหัวข้อคุณลักษณะหลักของอุปกรณ์ คือ สามารถนำไปใช้บริหารข้อเท้าได้จริง สามารถบริหารข้อเท้าได้ 2 ระนาบ คือ กระดกเท้าขึ้นลง และเอียงปลายเท้าไปด้านซ้ายขวา เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถกำหนดและปรับช่วงมุมการบริหารข้อเท้าได้ตามคุณสมบัติที่คณะผู้วิจัยกำหนดไว้ ตัวเครื่องสามารถรองรับผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัวสูงสุดได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม (น้ำหนักขาประมาณ 24 กิโลกรัม) สามารถปรับใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าได้ทั้งท่านอนและท่านั่ง โดยสามารถปรับระดับมุมที่น่องผู้ป่วยทำกับพื้นได้ 0 ถึง 35 องศา ตัวเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามี Mechanical Stopper เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย ชิ้นส่วนที่รองน่องและชิ้นส่วนรองเท้า สามารถแยกถอดออกจากตัวเครื่องเพื่อทำความสะอาดได้ และเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถทำงานโดยเชื่อมกับไฟฟ้าขนาด 200 V ความถี่ 50 Hz โดยมีค่า IOC เท่ากับ 1.00

เมื่อพิจารณาคุณลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ “ตัวเครื่องใช้สำหรับผู้ป่วยข้อเท้ายึด” และ “เครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารองรับความยาวเท้าของผู้ป่วยได้ไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร และกว้างได้ไม่เกิน 12.5เซนติเมตร” พบว่ามีค่า IOC เท่ากับ 0.67 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 แสดงถึงตัวเครื่องยังมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี

ในขณะที่คุณลักษณะ “เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ และเครื่องมือทางการแพทย์หรือ IEC 60601” พบค่า

IOC เท่ากับ 0 แสดงถึงตัวเครื่องไม่มีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาในระดับที่ต้องปรับปรุง โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านได้มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

1. display ควรมีปุ่มแสดงการทำงานของเครื่อง เช่น เริ่ม (start), หยุด (stop), หยุดชั่วคราว(pause)

2. ปุ่มหยุดฉุกเฉินควรมีสายแยกออกจากสายไฟที่เสียบปลั๊ก และมีลักษณะที่เป็นด้ามเพื่อกดได้ถนัดมือและปลั๊กไฟควรมีสายดิน (3 ขา) เพื่อความปลอดภัย

4. การเคลื่อนไหวในแต่ละทิศทางยังไม่ราบเรียบ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเคลื่อนไหวเครื่องจะมีการกระตุกเล็กน้อย อาจกระตุ้นภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง (spasticity) ของผู้ป่วยได้

5. ควรมีระบบป้องกันการเปลี่ยนองศาที่มากเกินไป โดยใช้แรงต้านกล้ามเนื้อเป็นตัวตัดสินใจในการหยุดการทำงาน เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากผู้ป่วย

6. การทำ Passive range of motion (PROM) จะเหมาะสมกับผู้ป่วยที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เนื่องจากอ่อนแรง แต่หากมีการยึดติดของข้อต่อ การคงการเคลื่อนไหวในช่วงท้าย (Stretching) จะช่วยแก้ไขหรือลดปัญหาให้ผู้ป่วยได้ยิ่งขึ้น

7. การพัฒนารูปแบบการเคลื่อนไหวของเครื่องในทิศทางบิดไปทางซ้ายและขวาให้เหมือน Inversion และ Eversion จะทำให้ได้รูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมือนการเคลื่อนไหวของข้อเท้ามากยิ่งขึ้น

8. ความสูงของแท่นรองน่องและแท่นรองเท้า ควรปรับความสูงได้ตามความสูงของต้นขา (thigh) ในขณะที่นอนราบ

9. ส่วนที่รองเท้าควรมีวัสดุที่นุ่มเพื่อรองรับการกดทับที่บริเวณส้นเท้า

10. เครื่องออกกำลังกายเคลื่อนย้ายลำบาก ควรมีกล่องที่เหมาะสมและมีล้อเลื่อน เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้นอกสถานที่หรือตึกผู้ป่วยต่างๆ

2. ผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity)

เมื่อทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 3 เรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (concurrent validity) โดยเทียบความสามารถในการเคลื่อนไหวของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าที่พัฒนาขึ้นเทียบกับอุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่ โกนิโอมิเตอร์ (goniometer) เพื่อให้เกิดความแม่นยำของผู้ใช้โกนิโอมิเตอร์ คณะผู้วิจัยจึงทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้วิจัยทั้งสิ้น 3 คน (Intra-reliability) ด้วยวิธี test-retest reliability ในกลุ่มอาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 20 ราย พบว่า ผู้วิจัยคนที่ 3 มีค่า ICC เข้าใกล้ 1 มากที่สุดในทุกๆ

ทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อเท้า แสดงถึงมีความแม่นยำในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในทิศทางต่างๆ มากที่สุด (โดยมีค่า ICC เท่ากับ 0.6 0.6 0.7 และ 0.5 ในท่ากระดกข้อเท้าขึ้นในและถีบปลายเท้าลงในด้านซ้าย และในท่ากระดกข้อเท้าขึ้นในและถีบปลายเท้าลงในด้านขวา ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (Intra-reliability) ทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อเท้า

ด้าน	ทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อเท้า	ICC		
		ผู้วิจัยคนที่ 1	ผู้วิจัยคนที่ 2	ผู้วิจัยคนที่ 3
ด้านซ้าย	กระดกข้อเท้าขึ้น	0.72	0.8	0.6
	ถีบปลายเท้าลง	0.75	0.6	0.6
ด้านขวา	กระดกข้อเท้าขึ้น	0.47	0.7	0.7
	ถีบปลายเท้าลง	0.4	0.35	0.5

ใช้สถิติ Intraclass Correlation Coefficient (ICC)

จากนั้นผู้วิจัยคนที่ 3 เป็นผู้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (concurrent validity) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า รุ่นที่ 3 โดยการวัดองศาการเคลื่อนไหวที่ตัวเครื่องทำงานในทิศทางต่างๆ (กระดกขึ้น และถีบปลายเท้าลง) เทียบกับอุปกรณ์มาตรฐาน (รูปที่ 4.3) ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.3 คณะผู้วิจัยทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพของอุปกรณ์

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือมาตรฐานในการวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (และมุมการเคลื่อนไหวของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า รุ่นที่ 3

ทิศทางการเคลื่อนไหว	**สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)**	***p-value***
ถีบข้อเท้าลง (forward)	0.81	0.01
กระดกข้อเท้าขึ้น (backward)	0.83	0.01

ใช้สถิติ Spearman's correlation coefficient ในการวิเคราะห์ข้อมูล (กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.01)

จากตารางข้างต้นพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ที่พัฒนากับอุปกรณ์วัดองศาการเคลื่อนไหวที่เป็นมาตรฐานในทิศทางกระดกปลายเท้าขึ้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.83 (p-value < 0.001) เช่นเดียวกับทิศทางการถีบปลายเท้าลงที่พบความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.81 (p-value < 0.001) แสดงถึงเครื่องมือมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพในระดับสูง

ผลการศึกษาระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านห้วยเคียนและบ้านแม่กาห้วยเคียน และบ้านแม่กาโหกหวาก อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา จำนวน 24 คน อายุเฉลี่ย 65.04 ±7.05 ปี จากการคัดกรองอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก พบว่า มีอาสาสมัครที่ผ่านมีจำนวน 2 คน (เพศหญิง 1 คน อายุ 62 ปี เพศชาย 1 คน อายุ 52 ปี) อาสาสมัครได้รับการเชิญเข้าร่วมการศึกษา ตลอดจนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการรศึกษา เช่น วิธีการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับ เป็นต้น อาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมลงนามแสดงความยินยอมในแบบฟอร์ม HREC-UP_HSST 1.3/024/67

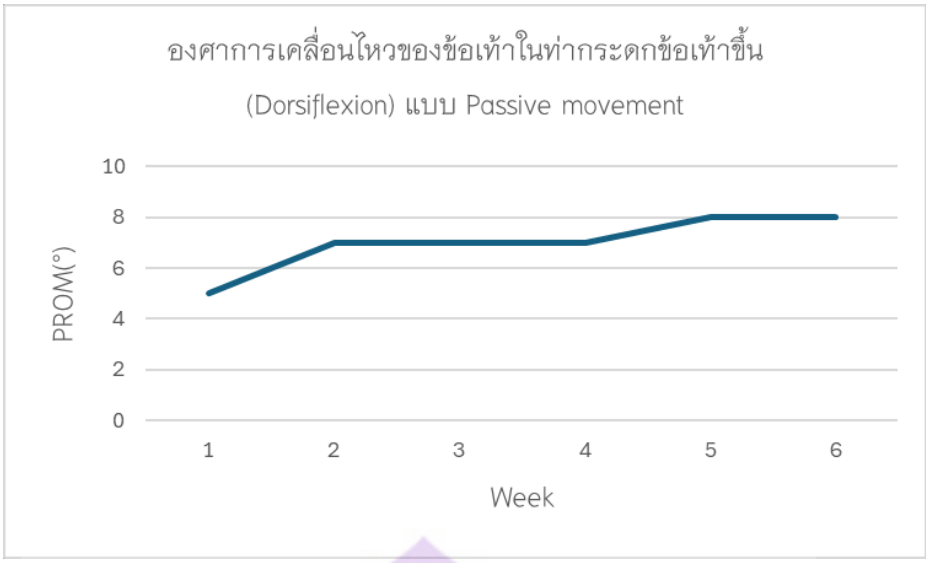
เมื่อให้การรักษาด้วยเครื่องออกกำลังกายข้อเท้านาน 30 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีอาสาสมัครเพียง 1 ราย ที่สามารถเข้าร่วมการศึกษาได้ครบตามกำหนด และมีอาสาสมัคร 1 ราย (เพศหญิง) ขอออกจากการศึกษาเนื่องจากไม่ยินยอมรับการรักษาต่อ ดังนั้นการศึกษานี้จึงรายงานผลการใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้า ในผู้ป่วยสมองพิการ 1 ราย ซึ่งมีประวัติดังนี้

อาสาสมัครชายไทยอายุ 52 ปี มีอาการอ่อนแรงซีกซ้ายเป็นมา 7 เดือน 15 พ.ย.66 ผู้ป่วยมีอาการเวียนศีรษะ ร่างกายซีกซ้ายอ่อนแรง ญาติจึงนำตัวส่งโรงพยาบาลพะเยา แพทย์วินิจฉัยว่าเป็น CVA Thrombosis with Lt. Hemiplegia ทำการผ่าตัดสมอง และพักฟื้นประมาณ 1 เดือน หลังจากนั้นประมาณ 3-6 เดือน มีนักกายภาพบำบัดจากโรงพยาบาลพะเยามาให้รักษาประมาณ 20 ครั้ง จากนั้นผู้ป่วยมีอาการอ่อนแรงเพิ่มขึ้น ญาติจึงพาไปรักษาที่คลินิกหมอเกรียงศักดิ์ ได้รับการรักษาโดยการฉีดยาฟื้นฟูสมอง ปัจจุบันเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลพะเยาโดยการฝังเข็มทุกวันจันทร์ โรคประจำตัวคือ ความดันสูง ตรวจร่างกาย Essential components of Upper and lower extremities พบ การเคลื่อนไหว พบ การเคลื่อนไหวข้างซ้ายอยู่ในระดับไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย (loss) ยกเว้นการทดสอบ Grasp & release ที่อยู่ในระดับสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้บางส่วน (Poor) Functional mobility task พบว่าผู้ป่วยช่วยเหลือตัวเองได้ต้องอาศัยความช่วยเหลือมากที่สุด (maximum assistance)

สรุปปัญหาสำคัญ อาสาสมัครไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้เองต้องได้รับการช่วยเหลือจากผู้ดูแล เช่น การแต่งตัว การอาบน้ำ การเข้าห้องน้ำ การยืนและเดิน เนื่องจากมีปัญหาการอ่อนแรงซีกซ้าย อาสาสมัครได้ประสงค์เข้าร่วมวิจัยและเซ็นยินยอมตามแบบฟอร์มของแบบฟอร์มของจริยธรรม ในมนุษย์และได้รับการออกกำลังข้อเท้าด้วยเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 3 เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (รายละเอียดการตรวจร่างกายทางระบบประสาท ภาคผนวก ช)

การประเมินองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า

เมื่อประเมินตัวแปรองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในอาสาสมัคร แบบเคลื่อนไหวให้อาสาสมัคร (passive range of motion) พบว่า ข้อเท้าข้างที่มีพยาธิสภาพวัดการเคลื่อนไหวในท่ากระดกข้อเท้าขึ้นได้ 5 องศา เมื่อให้การรักษาครบ 2 สัปดาห์ พบว่ามีองศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นเป็น 7 องศา และเมื่อรักษาครบ 6 สัปดาห์ พบว่ามีองศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นเป็น 8 ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดกข้อเท้าขึ้น (dorsiflexion) เคลื่อนไหวแบบ Passive movement

การประเมินกิจวัตรประจำวัน

การประเมินกิจวัตรประจำวันของอาสาสมัครโดยแบบประเมินกิจวัตรประจำวัน ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel Activities of Daily Living: ADL) พบว่า คะแนนก่อนการออกกำลังกายโดยใช้เครื่อง คือ 3 คะแนน หลังการออกกำลังกายโดยใช้เครื่อง พบว่าอาสาสมัครมีคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 4 โดยมีการเปลี่ยนแปลงในข้อที่ 1 คือ รับประทานอาหารเมื่อเตรียมสำรับไว้ให้เรียบร้อยต่อหน้า โดยการประเมินก่อนการออกกำลังกายโดยใช้เครื่องพบว่าคะแนนเท่ากับ 1 คือ ตักอาหารเองได้ แต่ต้องมีคนช่วย เช่น ช่วยใช้ช้อนตักเตรียมให้/ตัดเป็นชิ้นเล็กๆให้ และการประเมินหลังการออกกำลังกายโดยใช้เครื่อง พบว่าคะแนนเท่ากับ 2 คือ สามารถตักอาหารและช่วยตัวเองได้เป็นปกติ จากตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แบบประเมินกิจวัตรประจำวัน ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel Activities of Daily Living: ADL

การประเมินกิจวัตรประจำวัน	Pre-test	Post-test
	23/6/67	18/8/67
(1) รับประทานอาหารเมื่อเตรียมสำรับไว้ให้เรียบร้อยต่อหน้า	1	2
0 ไม่สามารถตักอาหารเข้าปากได้ 1 ตักอาหารเองได้ แต่ต้องมีคนช่วย เช่น ช่วยใช้ช้อนตักเตรียมให้/ตัดเป็นชิ้นเล็กๆให้ 2 ตักอาหารและช่วยตัวเองได้เป็นปกติ		
(2) การล้างหน้า หวีผม แปรงฟัน โกนหนวดในระยะเวลา 24-48 ชั่วโมงที่ผ่านมา	1	1

0 ต้องการความช่วยเหลือ 1 ทำได้เอง (รวมทั้งที่ทำได้เองถ้าเตรียมอุปกรณ์ไว้ให้)		
(3) ลุกนั่งจากที่นอน หรือจากเตียงไปยังเก้าอี้	1	1
0 ไม่สามารถนั่งได้ (นั่งแล้วจะล้มเสมอ) หรือต้องใช้คน 2 คนช่วยกันยกขึ้น 1 ต้องใช้คนแข็งแรงหรือมีทักษะ 1 คน/ใช้คนทั่วไป 2 คนพยุงดันขึ้นมาจึงจะนั่งอยู่ได้ 2 ต้องการความช่วยเหลือบ้าง เช่น ช่วยพยุงเล็กน้อย/ ต้องมีคนดูแลเพื่อความปลอดภัย 3 ทำได้เอง		
(4) การใช้ห้องน้ำ	0	0
0 ช่วยตัวเองไม่ได้ 1 ทำเองได้บ้าง ต้องการความช่วยเหลือในบางสิ่ง 2 ช่วยเหลือตัวเองได้ดี		
(5) การเคลื่อนที่ภายในห้องหรือบ้าน	0	0
0 เคลื่อนที่ไปไหนไม่ได้ 1 ใช้รถเข็นช่วยให้เคลื่อนที่ได้เอง (ไม่ต้องมีคนเข็นรถเข็นให้) เข้าออกมุมห้องหรือประตูได้ 2 เดินหรือเคลื่อนที่โดยมีคนช่วย เช่น พยุง 3 เดินหรือเคลื่อนที่ได้เอง		
(6) การสวมใส่เสื้อผ้า	0	0
0 ต้องมีคนสวมใส่ให้ ช่วยตัวเองแทบไม่ได้หรือได้น้อย 1 ช่วยตัวเองได้ประมาณร้อยละ 50 ที่เหลือต้องมีคนช่วย 2 ช่วยตัวเองได้ดี (รวมทั้งการติดกระดุม รูดซิป ใส่เสื้อผ้าที่ดัดแปลงให้เหมาะสมก็ได้)		
(7) การขึ้นลงบันได 1 ชั้น	0	0
0 ไม่สามารถทำได้ ต้องการคนช่วย 1 ขึ้นลงได้เอง (ถ้าต้องใช้เครื่องช่วยเดิน เช่น Walker จะต้องเอาขึ้นลงได้ด้วย)		
(8) การอาบน้ำ	0	0
0 ต้องมีคนช่วยเหลือหรือทำให้ 1 อาบได้เอง		
(9) การกลั้นถ่ายอุจจาระใน 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา	0	0
0 กลั้นไม่ได้ หรือต้องการการสวนอุจจาระอยู่เสมอ 1 กลั้นไม่ได้บางครั้ง (ไม่เกิน 1 ครั้งต่อสัปดาห์) 2 กลั้นได้เป็นปกติ		
(9) การกลั้นถ่ายปัสสาวะในระยะ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา	0	0
0 กลั้นไม่ได้ หรือใส่สายสวนปัสสาวะ แต่ไม่สามารถดูแลเองได้ 1 กลั้นไม่ได้บางครั้ง (ไม่เกิน 1 ครั้ง) 2 กลั้นได้เป็นปกติ		
รวมคะแนน	3/20	4/20

การประเมินอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ

การประเมินอาการเกร็งของกล้ามเนื้อโดย Modified Ashworth scale (MAS) ก่อนและหลังใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้า ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Soleus muscle และ Gastrocnemius muscle (ดังแสดงในตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมิน Modified Ashworth scale (MAS) ก่อนและหลังการใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้า

กล้ามเนื้อ	**แบบประเมิน Modified Ashworth scale (MAS)**	
	ก่อนใช้อุปกรณ์ออกกำลังกาย ข้อเท้า	**หลังใช้อุปกรณ์ออกกำลังกาย ข้อเท้า**
Soleus muscle (งอเข่า โดยมีหมอนรองใต้เข่า)	Grade 1+	Grade 1+
Gastrocnemius muscle (เหยียดเข่า ไม่มีหมอนรองใต้เข่า)	Grade 1+	Grade 1+

ความพึงพอใจต่อเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าของอาสาสมัคร

หลังจากอาสาสมัครได้ทดลองใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ อาสาสมัครจะได้รับแบบประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า ตามส่วนประกอบของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า ได้แก่ รูปทรง น้ำหนัก ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ความปลอดภัย ความทนทาน ประโยชน์ และความพึงพอใจต่อภาพรวมของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า โดยแบบสอบถามนี้ แบ่งระดับคะแนนความคิดเห็นเป็น 5 ระดับ คือ ระดับที่ 5 เป็นระดับความเห็นด้วยมากที่สุด ระดับที่ 4 เป็นระดับความเห็นด้วยมาก ระดับที่ 3 เป็นระดับความเห็นด้วยปานกลาง ระดับที่ 2 เป็นระดับความเห็นด้วยน้อย และระดับที่ 1 เป็นระดับความเห็นด้วยน้อยที่สุด โดยอ้างอิงมาจากแบบประเมินความพึงพอใจของ นิดา วงศ์สวัสดิ์ (พ.ศ.2555) ซึ่งความพึงพอใจของอาสาสมัคร [2] มีดังนี้

ตารางที่ 4.6 ความพึงพอใจต่อเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3

อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า	**คะแนนความพึงพอใจ**
รูปทรง	4
น้ำหนัก	3
ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4
ความปลอดภัย	4
ความทนทาน	5
ใช้แล้วได้ประโยชน์	4
ความพึงพอใจต่อภาพรวมของอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า	5

(5 = พึงพอใจมากที่สุด 4 = พึงพอใจมาก 3 = พึงพอใจปานกลาง 2 = พึงพอใจน้อย 1 = พึงพอใจน้อยที่สุด)

จากตารางที่ 4.6 พบว่า อาสาสมัครมีความพึงพอใจที่มากที่สุดในด้านความปลอดภัยและภาพรวมของอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า รองลงมามีความพึงพอใจมากต่อด้านรูปทรง ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ความปลอดภัย และประโยชน์ ตามลำดับ รองลงมามีความพึงพอใจปานกลางต่อด้านน้ำหนัก

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการศึกษา

วิจารณ์ผลการศึกษา ระยะที่ 1 พัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 และตรวจสอบความสอดคล้องของอุปกรณ์

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า

จากผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า พบว่าเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความสอดคล้องตามคุณสมบัติ แสดงถึง เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 3 มีคุณสมบัติตรงตามคุณสมบัติพื้นฐานที่กำหนด และสามารถนำไปใช้บริหารข้อเท้าในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีภาวะข้อเท้าตก (Foot drop) ได้จริง เนื่องจากการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าตัวเครื่องสามารถเคลื่อนไหวได้ในทิศทางกระดกข้อเท้าขึ้นลง และเบนปลายเท้าในทิศทางซ้ายและขวาได้ สามารถกำหนดและปรับองศาการเคลื่อนไหวได้ มีความทนทานและแข็งแรง สามารถปรับได้ทั้งท่านอนและท่านั่ง สามารถปรับระดับมุมที่น่องผู้ป่วยได้ มี Mechanical Stopper เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย ชิ้นส่วนที่รองน่องและชิ้นส่วนรองเท้า สามารถแยกถอดออกจากตัวเครื่องเพื่อทำความสะอาดได้ และตัวเครื่องสามารถเชื่อมกับไฟฟ้าขนาด 200 V ความถี่ 50 Hz ได้

เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าที่พัฒนาขึ้นนั้น ยังมีข้อปรับปรุงในเรื่องของ ตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด สามารถพกพาได้สะดวก เนื่องจากตัวเครื่องยังไม่มีที่จัดเก็บ ทำให้การพกพาไม่สะดวก และในเรื่องของตัวเครื่องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยด้านไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ หรือ IEC 60601 เนื่องจากตัวเครื่องยังไม่มีคู่มือที่แสดงถึงผลการทดสอบ IEC 60601 ที่ชัดเจน

ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรออกแบบและพัฒนาตัวเครื่องและอุปกรณ์ในการจัดเก็บ ให้มีความสะดวกในจัดเก็บและพกพาได้ และควรเพิ่มเกณฑ์การทดสอบมาตรฐานความปลอดภัยด้านไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ หรือ IEC 60601 และแสดงคู่มือของผลการทดสอบให้ชัดเจน

ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า

จากผลการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง พบว่า เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าที่พัฒนาขึ้น มีความแม่นยำต่อการวัดในแต่ละครั้ง โดยทำการประเมินโดยให้ผู้วิจัยคนที่ 1 สุ่มทิศทางการเคลื่อนไหวและองศาที่ต่างกัน 60 ครั้ง และผู้วิจัยคนที่ 3 ซึ่งไม่ทราบค่าองศาที่กำหนด โดยใช้อุปกรณ์วัดการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่ โกนิโอมิเตอร์ (goniometer) ซึ่งค่าที่วัดได้พบว่า ทิศทางและมุมที่วัดได้จากเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามีค่าใกล้เคียง เมื่อเทียบกับค่ามุมที่วัดจากโกนิโอมิเตอร์ (goniometer) ที่เป็นเครื่องมือมาตรฐานสากลที่ใช้วัดมุมและทิศทางการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ จากผลดังกล่าวทำให้มั่นใจว่า หากกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกายตามทิศทางและมุมที่ต้องการด้วยเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า รุ่นที่ 3 ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพและคงองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคตได้

วิจารณ์ผลการศึกษา ระยะที่ 2 ทดสอบประสิทธิผลของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องรุ่นที่ 3 ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

การศึกษาระยะนี้เป็นการวิจัยเชิงคลินิกรูปแบบการรายงานผู้ป่วย (Case report) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 โดยเปรียบเทียบองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในผู้ป่วยชายไทย อายุ 52 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคหลอดเลือดสมอง ระยะเรื้อรัง (Chronic) ที่มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าข้างที่มีพยาธิสภาพ (ข้างซ้าย) ไม่สุดช่วง หลังการออกกำลังกายข้อเท้าด้วยเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 ในท่ากระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) ตั้งค่าการเคลื่อนไหวของเครื่องที่ ร้อยละ 50 ของการเคลื่อนไหวแบบเคลื่อนไหวให้ (Passive range of motion) ทำครั้งละ 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ นาน 6 สัปดาห์ พบว่า อาสาสมัครมีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าแบบ Passive movement ในท่ากระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) มีองศาเพิ่มขึ้นจาก 5 องศา เป็น 8 องศา (เพิ่มขึ้น 3 องศา) ถึงแม้การเปลี่ยนแปลงจะไม่มาก แต่มีแนวโน้มที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้นนี้กับค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดของการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่มีนัยสำคัญทางคลินิก (minimal clinically importance difference, MCID) คือ 5 องศา [38] พบว่ายังไม่มากพอที่จะส่งผลต่อผู้ป่วยในทางคลินิก อาจเนื่องมาจากระยะการดำเนินโรคของอาสาสมัครอยู่ในระยะเรื้อรัง (chronic) ซึ่งภายหลัง 6

เดือนหลังจากเป็นโรคหลอดเลือดสมอง โดยระยะเรื้อรังนี้ ผู้ป่วยจะมีอัตราเร็วของการฟื้นตัวและการซ่อมแซมของระบบประสาท (neural plasticity) ลดลง ส่งผลให้การฟื้นฟูสมรรถภาพในระยะนี้ช้ากว่าการฟื้นตัวในระยะ 6 เดือนแรก (ระยะเฉียบพลัน และระยะกึ่งเฉียบพลัน) [39] จึงทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงขององศาการเคลื่อนไหวเพียงเล็กน้อยในอาสาสมัครรายนี้ สอดคล้องกับการศึกษา ของ Stefano Paolucci และคณะ (ค.ศ. 2003) กล่าวว่าปัจจัยส่วนบุคคล (Personal factors) ได้แก่ ระยะการดำเนินโรค ความรุนแรงของโรค อายุ ระยะเฉียบพลันของอาการ ล้วนมีผลต่อความสามารถในการฟื้นตัวของผู้ป่วย โดยระยะกึ่งเฉียบพลัน (sub-acute) เป็นระยะการดำเนินโรคที่ผู้ป่วยสามารถเริ่มทำการฟื้นฟูสมรรถภาพได้เร็วที่สุด [40] กล่าวคือ ในระยะกึ่งเฉียบพลัน (Sub-acute) เป็นช่วงที่มีการฟื้นตัว เกิดกระบวนการซ่อมแซมและการฟื้นฟูของระบบประสาททำให้สมองมีการฟื้นตัว สามารถกลับมาทำงานและสั่งการได้อย่างรวดเร็ว [41] สอดคล้องกับการศึกษาของ Zahra-Sadat Hosseini และคณะ ซึ่งศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบช่วยขยับข้อต่อให้ผู้ป่วยตั้งแต่ระยะแรก พบว่าสามารถช่วยกระตุ้นเส้นประสาทที่ทำหน้าที่ในการสั่งการกล้ามเนื้อให้เกิดการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนบนและรยางค์ส่วนล่าง (Motor function) ได้ดีในช่วง 1-3 เดือนแรกของการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง [42]

อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายโดยใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่องนั้นสามารถคงความสามารถด้านการเคลื่อนไหวของข้อเท้าได้ โดยไม่ทำให้ข้อเท้าของอาสาสมัครยึดติด

นอกจากนี้การฟื้นฟูสมรรถภาพขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการฝึก การฝึกซ้ำ การฝึกอย่างเฉพาะเจาะจง จากการศึกษาของ Qingfang Zhang และคณะ การศึกษาของ Waldman Genna และคณะ และการศึกษาของ Donghwan Park และคณะ กล่าวว่าการฟื้นฟูสมรรถภาพแบบช่วยขยับข้อต่อให้ผู้ป่วย (Passive training) จะสามารถลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tension) เพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Muscle elasticity and muscle flexibility) และส่งเสริมความสัมพันธ์ของระบบประสาทและระบบกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) ได้ [43, 44, 45]

การประเมินอาการเกร็งของกล้ามเนื้อน่อง (Soleus muscle และ Gastrocnemius muscle) ด้วย Modified Ashworth Scale พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอาการเกร็งตัวของ

กล้ามเนื้อ อาจเนื่องจากการออกกำลังกายด้วยเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 เป็นรูปแบบ Passive range of motion อาจยังไม่ส่งเสริมการรักษาอาการเกร็งของกล้ามเนื้อโดยตรงได้ ในการศึกษาครั้งต่อไป ผู้วิจัยเสนอความคิดเห็นให้ออกแบบและพัฒนาเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง ให้เป็นรูปแบบ Passive range of motion ร่วมกับ Prolong passive stretching เพื่อให้สามารถส่งเสริมการรักษาอาการเกร็งของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ [46] ดังการศึกษาของ Xiaoxue Zhai และขณะที่ได้ศึกษาในเรื่องของการใช้อุปกรณ์ช่วยในการยืดกล้ามเนื้อ (Robot-aided stretching device) พบว่า อุปกร์สามารถช่วยส่งเสริมองศาการเคลื่อนไหวขอข้อเท้าในท่ากระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) ส่งเสริมการทรงตัว (Balance) และคงความตึงตัวของกล้ามเนื้อที่จะพัฒนาไปสู่การเกิดกล้ามเนื้อหดรั้งโดยช้าที่สุด [47]

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีการวัดประเมินความเกร็งตัวของกล้ามเนื้อโดยใช้ MAS หากมีการวัดตัวแปรอื่นที่สามารถบอกค่าเป็นตัวเลข อาจจะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เมื่อออกกำลังกายข้อเท้าแบบ Passive movement โดยใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 นาน 6 สัปดาห์ พบว่ากิจวัตรประจำวันของอาสาสมัครเมื่อประเมินด้วยแบบประเมินกิจวัตรประจำวัน ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel Activities of Daily Living: ADL) มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 3 เป็น 4 คะแนน จากกิจกรรมรับประทานอาหารเมื่อเตรียมสำรับไว้ให้เรียบร้อยต่อหน้า อาจเนื่องจากในการประเมินครั้งแรกอาสาสมัครถูกจำกัดความสามารถ โดยผู้ดูแลมีภาระหน้าที่อื่นๆ ที่ต้องปฏิบัติร่วมกับดูแลอาสาสมัคร ทำให้ผู้ดูแลต้องลดภาระหน้าที่ด้วยการจัดการด้วยตนเอง ภายหลังการประเมินครั้งสุดท้าย ผู้ดูแลให้อาสาสมัครมีการช่วยเหลือตนเองและคอยดูแลอย่างใกล้ชิด ทำให้อาสาสมัครมีความมั่นใจในการทำกิจกรรมเอง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นยังไม่มากพอที่จะเปลี่ยนแปลงภาวะพึ่งพาโดยสมบูรณ์ของผู้ป่วยได้ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับโปรแกรมการรักษาของงานวิจัยนี้

หลังจากการทดลองใช้เครื่องออกกลังกายข้อเท้าอาสาสมัครจะได้รับแบบสอบถามแสดงความพึงพอใจต่อเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า ตามส่วนประกอบของตัวเครื่องได้แก่ รูปทรง น้ำหนัก ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ความปลอดภัย ความทนทาน ประโยชน์

และความพึงพอใจต่อภาพรวมของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า พบว่าด้านความทนทานของเครื่อง และความพึงพอใจต่อภาพรวม ของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้า อาสาสมัครมีความพึงพอใจสูงสุด รองลงมามีความพึงพอใจมากต่อด้านรูปทรง ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ประโยชน์หลังใช้อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า โดยความพึงพอใจด้านน้ำหนักมีเพียงระดับปานกลาง

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าถือเป็นข้อมูล ให้ผู้เกี่ยวข้องหรือสนใจนำไปใช้ในการปรับปรุงหรือพัฒนาต่อไปได้ ดังนี้

1. ปรับรูปแบบการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องกำลังกายข้อเท้าจาก Case report ไปเป็นการศึกษาในรูปแบบ Randomized Controlled Trial

2. ควรมีการเพิ่มกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม เพื่อให้ผลการวิจัยมีประสิทธิภาพ

3. ควรมีการปรับปรุงเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการ ทำงานของเครื่อง ดังนี้

3.1 รูปแบบการทำงานของเครื่องออกกำลังกายมีเพียง passive movement

เพียงอย่างเดียว จึงควรเพิ่มรูปแบบการทำงานในรูปแบบ prolong passive stretching เพื่อแก้ไขปัญหาของความตึงตัวของกล้ามเนื้อได้ตรงประเด็นมากขึ้น

3.2 เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถเคลื่อนไหวได้เพียง 2 ระนาบจึงควรเพิ่มการเคลื่อนไหวแบบ combine movement เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวในทิศทางบิดปลายเท้าเข้าด้านใน และบิดปลายเท้าออกด้านนอก

3.2 เนื่องจากเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามีขนาดใหญ่ ไม่มีกล่องเก็บเฉพาะทำให้เคลื่อนย้ายได้ยาก จึงควรปรับปรุงให้มีกล่องเก็บเฉพาะที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

3.3 แผงวงจรควบคุมยากต่อการใช้งาน อาสาสมัครหรือญาติไม่สามารถ ใช้งานได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยต้องเป็นผู้ควบคุมในทุกครั้งที่ใช้งาน จึงควรออกแบบให้มีการใบ้งานได้ง่ายขึ้น เพื่อให้อาสาสมัครหรือญาติสามารถใช้งานได้เอง พบว่า ยังมีบางคุณสมบัติที่ควรปรับปรุง ดังรายละเอียดดังภาคผนวก ช

สรุปผลการศึกษา

เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 3 มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเที่ยงตรงเชิงสภาพดี เมื่อทดสอบการใช้งานในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง พบว่าสามารถคงความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและอาการเกร็งของกล้ามเนื้อน่องได้ และมีแนวโน้มจะเพิ่มตัวแปรดังกล่าวได้ หากมีการปรับปรุงตัวเครื่อง และออกแบบการฝึกให้สอดคล้องกับการประเมิน

เอกสารอ้างอิง

1. Senior C. **ปัญหาที่พบของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง และมีวิธีการดูแลอย่างใกล้ชิดอย่างไร** [ออนไลน์] 2022 [28 มกราคม 2567]. Available from: https://shorturl.asia/p00Mq

2. นิดา วงศ์สวัสดิ์, เบญจพร ศักดิ์ศิร. **วารสารวิทยาลัยราชสุดา เพื่อการวิจัยและพัฒนาคนพิการ. Journal of Ratchasuda College for Research and Development of Persons With Disabilities**. 2555;8.

3. firstphysioclinics. **ปลายเท้าตกต้องทำอย่างไร** [ออนไลน์] 2661 [28 มกราคม 2667]. Available from: https://shorturl.asia/OGdP8

4. เทียมเก่า ส. **ภาวะเท้าตก (Foot drop)** [ออนไลน์] 2557 [28 มกราคม 2567]. Available from: https://shorturl.asia/jNpz5

5. ReBRAIN. **รู้หรือไม่ทำไมผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจึงมีอาการ เท้าตก (Foot–drop)** [ออนไลน์] 2021 [28 มกราคม 2667]. Available from: https://shorturl.asia/YItNf

6. ธิดารัตน์ เจือจาน, พรพิมล วรรณภักดี, สุพรรษา เทพปณะ. **การพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า.**[วิทยานิพน์ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต]. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา; 2562.

7. รัชนี ทองใบ, พรณภา วันสูง, มณีรัตน์ เผ่ากันทะ. **การศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้า.**[วิทยานิพน์ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต]. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา; 2565.

8. บุษริน กันทา, รมิตา ต๊ะวิชัย, เพียงจันทร์. ภ. **การพัฒนาและทดสอบคุณภาพเครื่องออกกำลังกายข้อเท้าแบบต่อเนื่อง รุ่นที่ 2** .[วิทยานิพน์ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต]. พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา; 2566.

9. กิ่งแก้ว ปาจรีย์ . **การฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น.พี.เพรส; 2550.

10. สุรัคเมธ มหาศิริมงคล, สาโรจน์ บุญเกิด, จันทิพย์ ภูริทัตกุล, ปลื้มกมล ตั้งวัฒนกุลชัย, ทานตะวัน ปรือปรัก, ศักดิ์ดา ศิริรักษ์, และคณะ. **อัตราการป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมอง** [ออนไลน์] 2567 [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://shorturl.asia/jGLUu

11. Triukose S. **หลอดเลือดสมองมีหน้าที่ในการนำเลือดจากหัวใจมาเลี้ยงสมอง** [ออนไลน์] 2022 [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://shorturl.asia/vnP6s.

12. Frank H, Netter, Carlos M. **Netter's Clinical Anatom** 2014 [30 ธันวาคม 2666]. Available from: https://www.angiocalc.com/image_library.php.

13. Publishing T-C. **Blood Supply of the Central Nervous System (Gross Anatomy of the Brain) Part 1** [ออนไลน์] 2012 [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://shorturl.asia/2cMRl

14. กรรณิการ์ คงบุญเกียรย์, นรงฤทธิ์ เกษมทรัพย์, เทียมเก่า. ส. **การรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในเวชปฏิบัติ Management of Stroke Patient in clinical Practice**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เมือง ขอนแก่น: หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา; 2561.

15. Lexicon R. **Superior cerebellar artery** [ออนไลน์] 2014 [28 ธันวาคม 2566]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Superior_cerebellar_artery.

16. ReBRAIN. **ภาวะข้อเท้าตก กับโรคหลอดเลือดสมอง**[ออนไลน์] 2021 [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://shorturl.asia/tBWb3.

17. เอกลักษณ์ สิทธิพรวรกุล. **หลอดเลือดในสมอง** [ออนไลน์] 2564 [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://shorturl.asia/kdRlj.

18. นฤวรรณ เสาวคนธ์. **เอกสารประมวลสาระรายวิชาระดับปริญญาตรี รายวิชา 110205:ประสาทกายวิภาคศาสตร์** [ออนไลน์] 2555 [30 ธันวาคม 2566]. Available from: http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/4910.

19. สุทร บวรรัตนเวช, อภิสรรค์ จินานุวัฒนา, เอกจิต ศิขริน**กุล. Reboot your step รักษ์เท้าเพื่อก้าวที่มั่นคง** [ออนไลน์] 2565 [29 กุมภาพันธ์ 2567]. Available from: https://shorturl.asia/8InCZ.

20. ศุภโชค รัศมีมงคล. **กระดูกเท้า** [ออนไลน์] 2565 [29 กุมภาพันธ์ 2567]. Available from: https://shorturl.asia/YZox6.

21. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the angcle. **Orthop Trauma**. 2016;3(30):232-8.

22. Tsoi Y-H, Xie SQ, Design AE. **Modeling and Control of an Ankle Rehabilitation Robot.** Berlin ,Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009.

23. วิโรจน์ ตันติโกสุม. **อัมพาต เท้าตก รักษาได้ไหม** [ออนไลน์] 2565; [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://www.chewa.co.th/?p=12632.

24. ทรงสุดา รุ่งใสวัฒนา . **ภาวะข้อเท้าตก กับความยากลำบากในการชีวิต** [ออนไลน์] 2561; [30 ธันวาคม 2566].

Available from: https://www.rama.mahidol.ac.th/ramachannel/article/20029/.

25. อุดม สุทธิพนไพศาล . **โรคหลอดเลือดสมอง หรือ สโตรก (Stroke)** [ออนไลน์] 2020 [30 ธันวาคม 2666]. Available from: https://shorturl.asia/FPlN7.

26. Noble S, Pearcey GEP, Quartly C, Zehr EP. Robot controlled, continuous passive movement of the ankle reduces spinal cord excitability in participants with spasticity: a pilot study. **Exp Brain Res**. 2019;237(12):3207–20.

27. Yuma Shiraishi, Shogo Okamoto, Naomi Yamada, Koki Inoue, Yasuhiro Akiyama , Yamada Y. Pneumatically–driven stretching machine for ankle dorsiflexion: safety concepts and effectiveness test involving healthy young subjects. **ROBOMECH Journal** 2020;7.

28. คมสัน มุ่ยสี, กฤษณะ จันทรสิทธิ์, ศรายุทธ์ จิตรพัฒนากุล. การพัฒนาอุปกรณ์ช่วยเคลื่อนไหวส่วนข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก. **advaned Science Journal**. 2562;20.

29. Zhai X, Wu Q, Li X, Xu Q, Zhang Y, Fan S, et al. Effects of Robot–Aided Rehabilitation on the Ankle Joint Properties and Balance Function in Stroke Survivors: A Randomized Controlled Trial. **Front Neurol**. 2021;12:719305.

30. นางสาวนิดา วงศ์สวัสดิ์, นายกิตติชัย ทราวดีพิมุข, นายสิทธิชัย เอี่ยมเพ็ชร, เตี๋ยวงษ์ สุวรรณ์ น. **อุปกรณ์ช่วยขยับข้อเท้าช่วยผู้ป่วยภาวะข้อเท้าตก ม.มหิดล พื้นฟูกล้ามเนื้อข้อเท้า ใช้ง่าย ติดตั้งได้ที่บ้าน** 2556; [30 ธันวาคม 2566]. Available from: https://shorturl.asia/ZmaXc

31. เกษราวัลณ์ นิลวรางกูร . **อุปกรณ์บริหารข้อเท้าป้องกันภาวะปลายเท้าตก** 2558. [29 กุมภาพันธ์ 2567]. Available from: https://me–qr.com/lezeiBY2

32. Yeecon. **Isokinetic Training Equipment A8** 2021 [29 กุมภาพันธ์ 2567]. Available from: https://www.yikangmedical.com/isokinetic–training–equipment.html.

33. Medical supples. **Chattanooga OptiFlex Ankle CPM Unit** [29 กุมภาพันธ์ 2567]. Available from: https://shorturl.asia/g2iln

34. Boonsita Suwannakul. **กระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ2** 2023.

35. ธนันยภัทร กัลยากูล, สิทธิเกียรติ ปักเขตานัง, อุทุมพร โดมทอง. **การกำหนดขนาดตัวอย่างในการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม**: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2560 [1 กุมภาพันธ์ 2667]. Available from: https://shorturl.asia/7Lsun.

36. วชิรวิทย์ วงค์คม, วรพล ทิตย์สุรินทร์, วศารัตย์ สุวรรณ**เวช. การออกแบบและสร้างเครื่องกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยข้อเท้ายืด.**[วิทยานิพน์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต] เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2566.

37. แก้วจอหอ ช. **เอกสารการสอนรายวิชาการประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้อและช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ** 2563.

38. สุภาพร กิติหล้า, ธีระวุธ ธรรมกุล, วรางคณา จันทร์คง. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชีวิตผู้บ่วยโรคหลอดเลือดสมองของสถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทำงานการแพทย์แห่งชาติ**. วารสารศูนย์การศึกษาแพทยศาสตร์คลินิก โรงพยาบาลพระปกเกล้า. 2562;2(36): 105–14.

39. กภ. อนุชัย พึ่งพระรัตนตรัย. **ผู้ป่วย Stroke กับ Golden period ตอนที่ 2 เลยเวลาทองไปแล้ว ฟื้นฟูไม่ได้ จริงหรือ?[ออนไลน์]**. 2021[4 กันยายน 2567].from: ผู้ป่วย Stroke กับ Golden period ตอนที่ 2 เลยเวลาทองไปแล้ว ฟื้นฟูไม่ได้ จริงหรือ? – ศูนย์กายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล (mahidol.ac.th)

40.Stefano Paolucci M, Gabriella Antonucci, PhD, Maria Grazia Grasso,. **Functional Outcome of Ischemic and Hemorrhagic Stroke Patients After Inpatient Rehabilitation**.2003;34(12):2861–5.

41. Ling–Fung Yeung, Cathy C. Y. Lau, Charles W. K. Lai, Yannie O. Y. Soo, Man–Lok Chan, Raymond K. Y. Tong. **Efects of wearable ankle robotics for stair and over–ground training on sub–acute stroke: a randomized controlled trial.** 2021;18:19:2.

42. Zahra–Sadat Hosseini, Hamid Peyrovi, Mahmoodreza Gohari.**Efects of wearable ankle robotics for stair and over–ground training on sub–acute stroke: a randomized controlled trial**.2019;8(1):39–44.

43.Qingfang Zhanga,b, Yulong Wanga, Mingchao Zhoua, Dongxia Lia, Jie Yanb, Quanquan Liua, et al.**Ankle rehabilitation robot training for stroke patients with foot drop: Optimizing intensity and frequency.**2023:567–76.

44.Waldman, Gennaa; b,Yang, Chung–Yonga; c, Ren, Yupeng, Liu, Linb;d, Guo, Xina; e, Harvey, Richard L.a; b, et al.**Effects of robot–guided passive stretching and active movement training of ankle and mobility impairments in stroke.**2013;32(3):625–34.

45.Donghwan Park Heon–Seock Cynn ID, Chunghwi Yi ID, Woochol Joseph Choi Jae–Hun Shim & Duck–Won Oh.**Four–week training involving self–ankle mobilization with movement versus calf muscle stretching in patients with chronic stroke: a randomized controlled study.**2019:296–304.

46.**ชนันท์วัลย์ วุฒิธนโภคิน, ปาริชาติ อ้นองอาจ*, ภาวิณี บำเพ็ญ, ฐิติกร จันทาทร, ชลิตา หลิมวานิช, วุฒิพงษ์ แก้วมณ.ผลการรักษาด้วยเทคนิค Prolonged passive stretching ตามด้วยเทคนิค Repeated Contractions ต่อการใช้พลังงานในการเดินในเด็กสมองพิการประเภท Spastic diplegia ที่มีรูปแบบการเดิน Crouch gait ร่วมกับ Apparent equinus.**เม.ย.–มิ.ย.2562;25(2).

47.Xiaoxue Zhai, Qiong Wu, Xin Li, Quan Xu, Yanlin Zhang, Senchao Fan, et al.**Effects of Robot–Aided Rehabilitation on the Ankle Joint Properties and Balance Function in Stroke Survivors: A Randomized Controlled Trial.**2021.

ภาคผนวก ก

แบบคัดกรองอาสาสมัครระยะที่ 1 ตามเกณฑ์การคัดเลือก

แบบคัดกรองอาสาสมัครระยะที่ 1 ที่ตรงตามเกณฑ์การคัดเลือก

รหัสอาสาสมัคร..... อายุ.....ปี เพศ.....

น้ำหนัก..... กก. ส่วนสูง.....ซม. BMI.....Kg/m^2

โรคประจำตัว.....

กรุณากรอกข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงจากการสัมภาษณ์หรือการตรวจประเมินหรือทำเครื่องหมาย ในช่องลว่างที่กำหนดให้

1. อายุ 20 ปีขึ้นไป

☐ ใช่ ☐ ไม่

2. ไม่มีโรคประจำตัว

☐ ใช่ ☐ ไม่

3. ไม่มีการบาดเจ็บของข้อเท้า

☐ ใช่ ☐ ไม่

4. ไม่มีการรับประทานยาคลายกล้ามเนื้อ ในช่วง 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ

☐ ใช่ ☐ ไม่

*ถ้า "ใช่"ทั้ง 4 ข้อข้างต้นแสดงว่าตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. ผู้ที่มีความผิดปกติของข้อเท้า เช่น ข้อเท้าผิดรูป เท้าแบนที่มีการผิดรูปของข้อเท้า

☐ ใช่ ☐ ไม่

6. เคยได้รับการผ่าตัดข้อเท้า

☐ ใช่ ☐ ไม่

7. ความบกพร่อง หรือมีโรคที่เกี่ยวข้องกับผิวหนัง

☐ ใช่ ☐ ไม่

8. ไม่ให้ความร่วมมือในการทดสอบ

☐ ใช่ ☐ ไม่

*ถ้ามีข้อที่ "ใช่" อย่างน้อย 1 ข้อ ในข้อที่ 5–8 แสดงว่าไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

ภาคผนวก ข

แบบคัดกรองอาสาสมัครระยะที่ 2 ที่ตรงตามเกณฑ์การคัดเลือก

แบบคัดกรองอาสาสมัครระยะที่ 2 ที่ตรงตามเกณฑ์การคัดเลือก

รหัสอาสาสมัคร..... อายุ.....ปี เพศ.....

น้ำหนัก..... กก. ส่วนสูง.....ซม. BMI.....Kg/m^2

โรคประจำตัว.....

กรุณากรอกข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงจากการสัมภาษณ์หรือการตรวจประเมินหรือทำเครื่องหมาย ☐ ในช่องลว่างที่กำหนดให้

1. อายุ 50 ปีขึ้นไป

☐ ใช่ ☐ ไม่

2. ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองอย่างน้อย 2 เดือน

☐ ใช่ ☐ ไม่

3. พูดคุยสื่อสารรู้เรื่อง

☐ ใช่ ☐ ไม่

4. มีปัญหากล้ามเนื้อข้อเท้าหดเกร็ง (Spasticity) ระดับที่ 1-3

☐ ใช่ ☐ ไม่

5. ไม่มีภาวะพึ่งพาหรือมีภาวะพึ่งพาระดับปานกลาง วัดค่าโดยใช้ Barthel Index และมีค่าน้อยกว่า 9 คะแนน

☐ ใช่ ☐ ไม่

6.ไม่มีการบาดเจ็บชองข้องเท้า

☐ ใช่ ☐ ไม่

*ถ้า "ใช่" ทั้ง 6 ข้อข้างต้นแสดงว่าตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

7. ผู้ที่มีภาววะกล้ามเนื้อข้อเท้าหดรั้ง (Contracture)

☐ ใช่ ☐ ไม่

8. เคยได้รับการผ่าตัดข้อเท้า

☐ ใช่ ☐ ไม่

9. ความบกพร่อง หรือมีโรคที่เกี่ยวข้องกับผิวหนัง

☐ ใช่ ☐ ไม่

10.ได้รับการฉีดยาออกฤทธิ์กดประสาท (Neurolytic injection) ที่ตำแหน่งข้อเท้า ได้แก่ กลุ่มยาฉีดลดปวด หรือฉีดยาออกฤทธิ์กดประสาท 2 วันก่อนการทดสอบ

☐ ใช่ ☐ ไม่

11. ไม่ให้ความร่วมมือในการทดสอบ

☐ ใช่ ☐ ไม่

*ถ้ามีข้อที่ "ใช่" อย่างน้อย 1 ข้อ ในข้อที่ 8–12 แสดงว่าไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

ภาคผนวก ค

แบบประเมินกิจวัตรประจำวัน ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล

แบบประเมินกิจวัตรประจำวัน ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel Activities of Daily Living : ADL)

การประเมินกิจวัตรประจำวัน	โรงพยาบาล วันที่	เยี่ยมบ้าน๑ วันที่	เยี่ยมบ้าน๒ วันที่ .....
(๑) รับประทานอาหารเมื่อเตรียมสำรับไว้ให้เรียบร้อยต่อหน้า ๐ ไม่สามารถตักอาหารเข้าปากได้ ๑ ตักอาหารเองได้ แต่ต้องมีคนช่วย เช่น ช่วยใช้ช้อนตักเตรียมไห้/ตัดเป็นชิ้นเล็กๆให้ ๒ ตักอาหารและช่วยตัวเองได้เป็นปกติ			
(๒) การล้างหน้า หวีผม แปรงฟัน โกนหนวดในระยะเวลา ๒๔-๔๘ ชั่วโมงที่ผ่านมา ๐ ต้องการความช่วยเหลือ ๑ ทำได้เอง (รวมทั้งที่ทำได้เองถ้าเตรียมอุปกรณ์ไว้ให้)			
(๓) ลุกนั่งจากที่นอน หรือจากเตียงไปยังเก้าอี้ ๐ ไม่สามารถนั่งได้ (นั่งแล้วจะล้มเสมอ) หรือต้องใช้คน ๒ คนช่วยกันยกขึ้น ๑ ต้องใช้คนแข็งแรงหรือมีทักษะ ๑ คน/ใช้คนทั่วไป ๒ คนพยุงดันขึ้นมาจึงจะนั่งอยู่ได้ ๒ ต้องการความช่วยเหลือบ้าง เช่นช่วยพยุงเล็กน้อย/ต้องมีคนดูแลเพื่อความปลอดภัย ๓ ทำได้เอง			
(๔) การใช้ห้องน้ำ ๐ ช่วยตัวเองไม่ได้ ๑ ทำเองได้บ้าง ต้องการความช่วยเหลือในบางสิ่ง ๒ ช่วยเหลือตัวเองได้ดี			
(๕) การเคลื่อนที่ภายในห้องหรือบ้าน ๐ เคลื่อนที่ไปไหนไม่ได้ ๑ ใช้รถเข็นช่วยให้เคลื่อนที่ได้เอง (ไม่ต้องมีคนเข็นให้) เข้าออกมุมห้องหรือประตูได้ ๒ เดินหรือเคลื่อนที่โดยมีคนช่วย เช่น พยุง ๓ เดินหรือเคลื่อนที่ได้เอง			
(๖) การสวมใส่เสื้อผ้า ๐ ต้องมีคนสวมใสให้ ช่วยตัวเองแทบไม่ได้หรือได้น้อย ๑ ช่วยตัวเองได้ประมาณร้อยละ ๕๐ ที่เหลือต้องมีคนช่วย ๒ ช่วยตัวเองได้ดี (รวมทั้งการติดกระดุม รูดซิป ใส่เสื้อผ้าที่ดัดแปลงให้เหมาะสมก็ได้)			
(๗) การขึ้นลงบันได ๑ ชั้น ๐ ไม่สามารถทำได้๑ ต้องการคนช่วย ๒ ขึ้นลงได้เอง (ถ้าต้องใช้เครื่องช่วยเดิน เช่น Walker จะต้องเอาขึ้นลงได้ด้วย)			
(๘) การอาบน้ำ ๐ ต้องมีคนช่วยหรือทำให้ ๑ อาบน้ำได้เอง			
(๙) การกลั้นการถ่ายอุจจาระ ใน ๑ สัปดาห์ที่ผ่านมา ๐ กลั้นไม่ได้ หรือต้องการการสวนอุจจาระอยู่เสมอ ๑ กลั้นไม่ได้บางครั้ง (ไม่เกิน ๑ ครั้งต่อสัปดาห์) ๒ กลั้นได้เป็นปกติ			
(๑๐) การกลั้นปัสสาวะในระยะ ๑ สัปดาห์ที่ผ่านมา ๐ กลั้นไม่ได้ หรือใส่สายสวนปัสสาวะ แต่ไม่สามารถดูแลเองได้ ๑ กลั้นไม่ได้บางครั้ง (ไม่เกินวันละ ๑ ครั้ง) ๒ กลั้นได้เป็นปกติ			
รวมคะแนน			

ผลการประเมิน

คะแนนรวม ADL ๒๐ คะแนน	แปลผล
๐ – ๔ คะแนน	ภาวะพึ่งพาโดยสมบูรณ์ : very low initial score, total dependence
๕ - ๘ คะแนน	ภาวะพึ่งพารุนแรง : low initial score, severe dependence
๙ - ๑๑ คะแนน	ภาวะพึ่งพาปานกลาง : intermediate initial score, moderately severs dependence
๑๒ - ๒๐ คะแนน	ไม่เป็นการพึ่งพา : intermediate high, mildly severs dependence, consideration of discharging home

Barthel Activities of Daily Living : ADL ( ) เพิ่มขึ้น ( ) ลดลง ( ) เท่าเดิม

ภาคผนวก ง
แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร

แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร

รหัสอาสาสมัคร	

รายการ	**ข้อมูลอาสาสมัคร**
อายุ	
เพศ	
โรคประจำตัว	
น้ำหนัก	
ส่วนสูง	
BMI	

การเคลื่อนไหวของข้อเท้า	**จำนวนการวัด**	**เก็บข้อมูล ครั้งที่ 1**	**เก็บข้อมูล ครั้งที่ 2**	**เก็บข้อมูล ครั้งที่ 3**
Dorsiflexion	ครั้งที่ 1			
	ครั้งที่ 2			
	ครั้งที่ 3			
	ค่าเฉลี่ย			
Plantar flexion	ครั้งที่ 1			
	ครั้งที่ 2			
	ครั้งที่ 3			
	ค่าเฉลี่ย			
Inversion	ครั้งที่ 1			
	ครั้งที่ 2			
	ครั้งที่ 3			
	ค่าเฉลี่ย			
Eversion	ครั้งที่ 1			
	ครั้งที่ 2			
	ครั้งที่ 3			
	ค่าเฉลี่ย			
บันทึกข้อมูลครั้งที่ 1 เมื่อวันที่				
บันทึกข้อมูลครั้งที่ 2 เมื่อวันที่				
บันทึกข้อมูลครั้งที่ 3 เมื่อวันที่				

ผู้ประเมิน.....

(.....)

ภาคผนวก จ
แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาการพัฒนาทดสอบ

แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาการพัฒนาทดสอบ

คำชี้แจง : แบบสอบถามนี้จัดขึ้นเพื่อใช้ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาการพัฒนาทดสอบอุปกรณ์ของโครงการวิจัย เรื่องการพัฒนาและทดสอบคุณภาพเครื่องออกกำลังข้อเท้าแบบต่อเนื่อง (ต้นฉบับ) รุ่นที่ 3 โดยขอความกรุณาผู้ตอบแบบสอบถามให้คำตอบตามความเป็นจริงโดย เติมเครื่องหมาย / ในแต่ละข้อของการประเมิน

1+ หมายถึง เนื้อหามีความสอดคล้อง

–1 หมายถึง เมื่อเนื้อหาไม่สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

	1+	–1	0
1. ตัวเครื่องใช้สำหรับผู้ป่วยข้อเท้ายึด			
2. ตัวเครื่องมีขนาดกะทัดรัด พกพาสะดวก สามารถนำไปใช้บริหารข้อเท้าได้จริง			
3. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถบริหารข้อเท้าได้ 2 ระนาบคือ กระดกเท้าขึ้นลง และบิดเท้าไปด้านซ้ายขวา			
4. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้า สามารถกำหนดและปรับช่วงมุมการบริหารข้อเท้าได้ดังนี้ – กระดกเท้าขึ้นได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา – กระดกเท้าลงได้มากที่สุด 0 ถึง 45 องศา – บิดเท้าไปด้านซ้ายได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา – บิดเท้าไปด้านขวาได้มากที่สุด 0 ถึง 30 องศา			
5. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถรองรับผู้ป่วยที่มีน้ำหนักตัว สูงสุดได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม (น้ำหนักขาประมาณ 24 กิโลกรัม)			
6. สามารถปรับระยะระหว่างที่รองเท้ากับที่รองน่องได้ 30 ถึง 45 เซนติเมตร			
7. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าใช้มอเตอร์ 1 ตัว และส่วนฐานสามารถหมุนได้ 0 ถึง 90 องศา			

8. ผู้ป่วยสามารถใช้เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าได้ทั้งท่านอนและท่านั่ง โดยสามารถปรับระดับมุมที่น่องผู้ป่วยทำกับพื้นได้ 0 ถึง 35 องศา			
9. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้ารองรับความยาวเท้าของผู้ป่วยได้ไม่เกิน 30.5 เซนติเมตร และกว้างได้ไม่เกิน 12.5 เซนติเมตร			
10. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ และเครื่องมือทางการแพทย์หรือ IEC 60601			
11. ตัวเครื่องออกกำลังกายข้อเท้ามี Mechanical Stopper เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย			
12. ชิ้นส่วนผ้าที่รองน่องและชิ้นส่วนรองเท้า สามารถแยกถอดออกจากตัวเครื่องเพื่อทำความสะอาดได้			
13. เครื่องออกกำลังกายข้อเท้าสามารถทำงานโดยเชื่อมกับไฟฟ้าขนาด 200 V ความถี่ 50 Hz			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ
ข้อมูลการตรวจร่างกาย

แบบรายงานผู้ป่วยทางระบบประสาท (พยาธิสภาพที่สมอง)

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

<u>Personal data:</u>

Name: ผู้ป่วยชายไทย **Age:** 52 ปี **Gender:** ชาย

Occupation: เกษตรกร **Status:** สมรส **In/Out patient:** Out patient

Weight: 50 kg **Height:** 160 cm. **BMI:** สมส่วน

Address: อ.เมือง จ.พะเยา

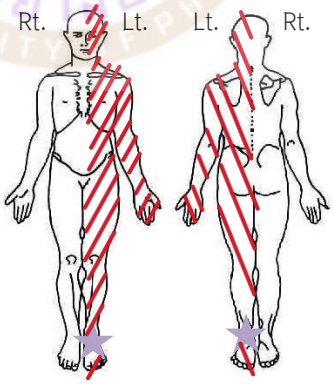
Chief complaint: มีอาการอ่อนแรงของแขนและขาซีกซ้าย มาเป็นระยะเวลา 7 เดือน

Medical diagnosis: CVA thrombosis with left hemiplegia

Precaution: Postural hypertension

PT diagnosis: Left hemiplegia cause by hemorrhagic stroke

<u>Subjective examination:</u>



= muscle weakness

= foot drop

Present history:

15 พฤศจิกายน 2566 ผู้ป่วยมีอาการเวียนหัวขณะนั่งดูทีวี ร่างกายซีกซ้ายอ่อนแรง ภรรยาพบเห็นจึงเรียกรถเทศบาลไปส่งโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยพะเยา แพทย์พบเลือดออกในสมองซีกขวา จึงส่งไปยังโรงพยาบาลพะเยา ทำการผ่าตัดสมอง อยู่ ICU 23 วัน จากนั้นย้ายแผนก อยู่ต่อประมาณ 1 เดือนครึ่ง แพทย์ปรับยาความดันตามอาการของผู้ป่วยระหว่างที่อยู่โรงพยาบาลไม่ได้เข้ารับการรักษาทางกายภาพบำบัด

13 ธันวาคม 2566 ผู้ป่วยกลับบ้าน มีอาการเกร็ง ขามีแรงเล็กน้อย หลังจากนั้นประมาณ 3-6 เดือน มีนักกายภาพบำบัดจากโรงพยาบาลพะเยามาให้รักษาประมาณ 20 ครั้ง จากนั้นผู้ป่วยมีอาการอ่อนแรงเพิ่มขึ้น ญาติจึง พาไปรักษาที่คลินิกหมอเกรียงศักดิ์ ได้รับการรักษาโดยการฉีดยาฟื้นฟูสมอง ปัจจุบันเข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลพะเยาโดยการฝังเข็มทุกวันจันทร์

Past history:

- ปี 2563 เริ่มมีภาวะความดันโลหิตสูง ได้ยามารับประทานแต่รับประทานยาไม่สม่ำเสมอ
- เมษายน 2566 กลับจากทำงาน ผู้ป่วยมีอาการอ่อนเพลีย นอนหลับ เมื่อตื่นขึ้นมาพบว่ามีปากเบี้ยวด้านขวา ภรรยาและลูกชายจึงนำตัวผู้ป่วยส่งโรงพยาบาลพะเยา เมื่อถึงโรงพยาบาล แพทย์พบลิ่มเลือดอุดตันในสมองซีกซ้าย จึงให้ยาละลายลิ่มเลือด และกลับบ้าน หลังจากนั้นก็ทานยาความดันไม่สม่ำเสมอ
- ดื่มสุราทุกวัน ตั้งแต่วัยรุ่น
- เคยสูบบุหรี่ และเลิกสูบตอนอายุ 20 ปี
- ปฏิเสธการประสบอุบัติเหตุ
- ปฏิเสธการแพ้ยา

Socio-economic:

-บัตรคนพิการ 800 บาท

-สิทธิ์บัตรทอง

Family status:

-ผู้ป่วยอาศัยอยู่กับภรรยาและลูกชาย (ภรรยาเป็นผู้ดูแลหลัก)

-ลักษณะบ้าน เป็นบ้านปูน 2 ชั้น ผู้ป่วยอาศัยอยู่ชั้นล่าง

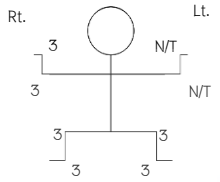
Objective examination:

1. **General observation:**
   - Thin body built
   - Normal skin color
   - Asymmetry of shoulder level in sitting position (Lt. > Rt.)
   - Asymmetry weight bearing (Rt. > Lt.)
   - ผู้ป่วยไม่สามารถพูดสื่อสารได้
   - ผู้ป่วยสามารถทำตามคำสั่งได้เป็นบางครั้ง
   - ผู้ป่วยใส่ finger support Lt. side
2. **Mental status:** Drowsiness conscious
3. **Physical examination:**
   - **Palpation:**
     - No shoulder subluxation
     - No edema
     - Thoracic hyper kyphosis
     - Lumbar hypolordosis
   - **Sensory assessment:**

Sensations	UE		LE	
	Left	Right	Left	Right
Superficial sense				
Light touch	N/T	Intact	N/T	Intact
Pin prick	N/T	Intact	N/T	Intact
Pressure	N/T	N/T	N/T	N/T
Temperature	N/T	N/T	N/T	N/T
Deep sense				
Proprioception (position sense)	N/T	N/T	N/T	N/T
Kinesthesia (movement sense)	N/T	N/T	N/T	N/T
Cortical sensations (เลือกตรวจอย่างน้อย 1 วิธี)				

Sensations	UE		LE	
	Left	Right	Left	Right
Stereognosis, Two-point discrimination, Tactile localization	N/T	N/T	N/T	N/T

- **Coordination assessment:** N/T
- **Deep tendon reflex:**



Interpletation: Rt. Biceps tendon reflex, triceps tendon reflex, quadriceps tendon reflex and achilles tendon reflex มีการตอบสนองแบบ Hyperactive response

Lt. Quadriceps tendon reflex and achilles tendon reflex มีการตอบสนองแบบ Hyperactive response

- **Babinski's sign:** N/T
- **Passive movement test:** (Supine position)

Direction (Lt. side)	1. Muscle tone	2. Range of motion	3. Muscle length	4. Pain on movement
Shoulder				
-Flexion	1	Full ROM	Normal muscle length	Pain at outer range
-Extention	1	Full ROM	Normal muscle length	Pain at outer range
-Abduction	1	Full ROM	Normal muscle length	Pain at outer range
-Adduction	1	Full ROM	Normal muscle length	Pain at outer range
-Internal rotation	N/T	N/T	N/T	N/T

–External rotation	N/T	N/T	N/T	N/T
Elbow				
–Flexion	3	Full ROM	Tightness	Pain at inner range
–Extention	3	Full ROM	Tightness	Pain at inner range
–Supination	N/T	N/T	N/T	N/T
–Pronation	N/T	N/T	N/T	N/T
Wrist				
–Flexion	3	Full ROM	Tightness	No pain
–Extention	4	Limit ROM at outer range	Shortening	Pain at inner range
–Radial deviation	N/T	N/T	N/T	N/T
–Ulnar deviation	N/T	N/T	N/T	N/T
Finger				
–Flexion	3	Full ROM	Tightness	No pain
–Extention	4	Limit ROM at outer range	Shortening	Pain at inner range
–Abduction	N/T	N/T	N/T	N/T
–Adduction	N/T	N/T	N/T	N/T
Hip				
–Flexion	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Extention	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Abduction	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Adduction	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
Knee				

–Flexion	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Extention	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
Ankle				
–Dorsiflexion	1+	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Plantar flexion	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Inversion	N/T	N/T	N/T	N/T
–Eversion	N/T	N/T	N/T	N/T
Toe				
–Flexion	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Extention	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Abduction	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain
–Adduction	0	Full ROM	Normal muscle length	No pain

- **Essential components of Upper and lower extremities**

	Level of quality of movement	**Missing component/Trick or Compensate movement**
Upper extremity		
1. Scapular protraction	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย

2. Shoulder flexion and extension	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย
3. Shoulder abduction and adduction	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย
4. Shoulder flexion with elbow extension	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย
5. Elbow flexion and extension	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย
Trunk		
1. Abdominal	Loss	ไม่สามารถเกร็งหน้าท้องและยกศีรษะ
2. Back	N/T	–
Hand function		
1. Grasp & release	poor	สามารถเคลื่อนไหวได้ยางส่วน
2. Wrist extension	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย ติดอยู่ในท่า wrist flexion
3. Radial deviation	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลย ติดอยู่ในท่า wrist flexion
4. Supination	loss	ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้เลยติดอยู่ในท่า wrist flexion
5. Combined arm movement	N/T	–
Lower extremity		
Stance phase component		
1. Hip extension	N/T	–
2. Knee control by quadriceps inner range	N/T	–
Swing phase components		

1. Knee flexion with hip extension	N/T	–
2. Hip flexion with knee flexion	N/T	–
3. Knee extension with hip flexion and ankle dorsiflexion	N/T	–
4. Pelvic forward rotation	N/T	–
5. Ankle dorsiflexion	N/T	–

- **Function mobility tasks:**

	Level of assistance	Missing component/Trick or Compensate movement
Bed mobility		
1. Move up	Dependent	maximum assistance
2. Move down	Dependent	maximum assistance
3. Move to left	Dependent	maximum assistance
4. Move to right	Dependent	maximum assistance
Gross motor functions		
1. Turn on to the Rt. side	Dependent	maximum assistance
2. Turn on to the Lt. side	Dependent	maximum assistance
3. Sitting up over side of bed (From the Rt. side)	Dependent	maximum assistance
4. Sitting up over side of bed (From the Lt. side)	Dependent	maximum assistance
5. Lying down from sitting (From the Rt. side)	Dependent	maximum assistance
6. Lying down from sitting (From the Lt. side)	Dependent	maximum assistance
7. Sitting position	Dependent	maximum assistance ผู้ป่วยมีการใช้แขนขวาจับราวช่วยพยุง
8. Sitting to standing	Dependent	maximum assistance

	Level of assistance	Missing component/Trick or Compensate movement
9. Sitting down	Dependent	maximum assistance
10. Standing position	Dependent	maximum assistance ผู้ไม่สามารถควบคุมข้อเข่าได้ มีสามารภครบคุมการทรงท่าได้
11. Walking	N/T	–
Transferring		
1. Bed to chair/wheelchair	N/T	–
2. Chair/wheelchair to bed	N/T	–

- **Balance assessment:**

1. Sitting balance			
Static (posture)	**Dynamic**		
	Directions	**Self – initiated action**	**Balance reaction**
Poor	–Forward	N/T	N/T
	–Backward	N/T	N/T
	–Lt.side way	N/T	N/T
	–Rt.side way	N/T	N/T
2. Standing balance			
Static (posture)	**Dynamic**		
	Directions	**Self – initiated action**	**Balance reaction**
N/T	–Forward	N/T	N/T
	–Backward	N/T	N/T
	–Lt.side way	N/T	N/T
	–Rt.side way	N/T	N/T

ภาคผนวก ช
ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุง

ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุง

หัวข้อ	รายละเอียด
1.รูปลักษณ์	1.1. ปุ่มหยุดฉุกเฉิน เหมาะกับการกดได้ในระยะใกล้และไกล แต่ไม่มีการแยกสายระหว่างสายไฟเสียบใช้งานกับสายไว้สำหรับกดปุ่มฉุกเฉิน 1.2. ตัวเครื่องเป็นโลหะซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงแต่เป็นวัสดุที่นำไฟฟ้า อาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย 1.3. ตัวตีกลับเซนเซอร์ ที่ต่อกับแกนหมุนจากมอเตอร์ มีขนาดเล็กเลี่ยงต่อการการหักง่าย 1.4. สายไฟยากต่อการจัดเก็บ 1.5. ฐานไม่มีกันลื่นทำให้ขณะใช้งานตัวเครื่องมีการเคลื่อนออก เท้าอาสาสมัครมีการหลุดออกจากที่รองเท้า 1.6. ความสูงของแท่นรองน่องและที่วางเท้า ควรปรับระดับได้ 1.7. วัสดุที่รองเท้าและรองน่องควรเป็นวัสดุที่มีความนุ่มเพื่อรองรับการกดทับ
2.ความเสถียร	2.1. ตัวเครื่องเกิดการถีบขณะที่อุปกรณ์ออกกำลังกายข้อเท้าทำงาน ทำให้องศาที่ตั้งไว้ตอนแรกเปลี่ยนแปลง 2.2. เครื่องไม่สามารถ Calibration ตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ได้ 2.3. พัดลมระบายความร้อนของแผงวงจรระบบทำงานไม่เสถียร 2.4. เครื่องไม่สามารถต้านแรงจากอาสาสมัคร 2.5. เมื่อเครื่องทำงานไประยะเวลานานทำให้ตัวเครื่องเคลื่อนไหวไม่ราบเรียบ 2.6. แผงวงควบคุมใช้ได้ยาก ผู้ดูแลหรืออาสาไม่สามารถใช่งานได้ 2.7. ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนไหวได้ 2 ระนาบคือ กระดกข้อเท้าขึ้นถีบปลายเท้าลง เบนปลายเท้าออกด้านนอก เบนปลายเท้าเข้าด้านใน แต่ยังไม่มีการเคลื่อนไหวแบบ combine movement เช่น บิดปลายเท้าเข้าด้านใน และบิดปลายเท้าออกด้านนอก

	2.8. ตัวเครื่องมีการทำงานรูปแบบ Continuous passive movement เพียงอย่างเดียว ควรเพิ่มการทำงานรูปแบบ Prolong stretching ในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหวเพื่อเป็นการเพิ่มความก้าวหน้า 2.9. ตัวเครื่องสามารถใช้งานได้ในท่านอนและท่านั่ง จึงควรพัฒนาการทำงานในท่านั่งให้สามารถทำงานได้ดีมากขึ้น
3.การเคลื่อนย้าย	3.1. ตัวเครื่องยังไม่มีกล่องเก็บที่เฉพาะทำให้ยากต่อการเคลื่อนย้าย