การพัฒนาเครื่องต้นแบบอุปกรณ์ช่วยกำกับความถูกต้องในการออกกำลังกายท่าเสริมสร้างกล้ามเนื้อต้นขาหน้าแบบ 7 จังหวะ โดยใช้การรับรู้ทางสายตา

ณัฐวรรธน์ จิรสิทธิธำรง[1] , วรรษมน นาคขุนทด[1] และ สุมามาลย์ บรรเทิง[2*]

[1]โรงเรียนรุ่งอรุณ แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000
*buntoung_s@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

การออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างกล้ามเนื้อต้นขาหน้ามีความสำคัญต่อการรักษาสมรรถภาพทางกายและการป้องกันการบาดเจ็บของข้อเข่าในผู้สูงอายุ แต่การขาดการควบคุมท่าทางและจังหวะการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ "QUAD-Guide" สำหรับช่วยกำกับความถูกต้องในการออกกำลังกายท่าเสริมสร้างกล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะ โดยใช้การรับรู้ทางสายตา (2) ประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ในการกำหนดมุมการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม และ (3) ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบในด้านการควบคุมมุมและจังหวะ โดยงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นที่ใช้ประชากร 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มตัวอย่างอายุระหว่าง 40–50 ปี จำนวน 25 คน คัดเลือกโดยวิธีเจาะจง เพื่อเก็บข้อมูลทางกายภาพสำหรับออกแบบอุปกรณ์ กลุ่มที่ 2 เป็นอาสาสมัครจำนวน 4 คน คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบสะดวก เพื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยเครื่องต้นแบบ QUAD-Guide ที่พัฒนาขึ้น โกนิโอมิเตอร์สำหรับวัดมุมการยกขา และนาฬิกาจับเวลา ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการทดสอบพบว่าการใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide ช่วยให้กลุ่มตัวอย่างควบคุมมุมยกขาได้แม่นยำขึ้น โดยค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของมุมลดลงจาก 11.6 องศา เหลือ 3.7 องศา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นการลดลงร้อยละ 68.1 และเวลาที่ใช้ในการยกขาลดลงจาก 1.8 วินาที เหลือ 0.6 วินาที คิดเป็นการปรับปรุงร้อยละ 66.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบ QUAD-Guide มีศักยภาพในการส่งเสริมการออกกำลังกายและสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ส่งเสริมสุขภาพในชุมชนต่อไป อย่างไรก็ตาม การวิจัยในอนาคตควรขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างทดสอบในกลุ่มผู้สูงอายุและดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของอุปกรณ์ก่อนการนำไปใช้งานจริง

คำสำคัญ: เครื่องต้นแบบ การรับรู้ทางสายตา การออกกำลังกาย กล้ามเนื้อต้นขาหน้า การควบคุมการเคลื่อนไหว

Development of a Prototype Device for Guiding Accurate 7-Count Quadriceps Strengthening Exercises Using Visual Feedback

Nattawat Jirasithithamrong[1] , Watsamonn Nakkhunthod[1] and Sumaman Buntoung[2*]

[1]Roong Aroon School, Tha Kam, Bangkhuntien District, Bangkok, 10150
[2]Department of Physics, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000
*buntoung_s@silpakorn.edu

Abstract

Quadriceps strengthening exercise plays an important role in maintaining physical fitness and preventing knee joint injury, particularly in elderly. However, inadequate control of movement angle and exercise tempo may increase the risk of injury. This study therefore aimed to (1) design and develop a prototype device, "QUAD-Guide," to assist users in performing the seven-count quadriceps strengthening exercise with improved accuracy through visual guidance, (2) apply principles of physics and mathematics to determine the optimal movement angle, and (3) conduct a preliminary functional test of the prototype in terms of angle and tempo control. This study employed a preliminary experimental design using two sample groups. Group 1 consisted of 25 participants aged 40–50 years, selected by purposive sampling, for physical data collection to inform device design. Group 2 consisted of 4 volunteers, selected by convenience sampling, for preliminary device testing. Research instruments included the QUAD-Guide prototype, a goniometer for measuring leg-raise angle, and a stopwatch for recording movement time. Data were analyzed using descriptive statistics including mean, minimum, maximum, and standard deviation, and the Wilcoxon Signed-Rank Test was used to compare differences between device-assisted and unassisted conditions at a significance level of 0.05. Results indicated that the use of QUAD-Guide significantly improved users' ability to control leg-raise angle accuracy. The mean angular deviation decreased from 11.6 degrees to 3.7 degrees, representing a statistically significant reduction of approximately 68.1%. The mean time required to raise the leg to the target height also decreased from 1.8 seconds to 0.6 seconds, reflecting a statistically significant improvement of approximately 66.7%. These findings suggest that the QUAD-Guide prototype has potential for promoting exercise, and may serve as a foundation for future development of community-based health-supportive devices. However, future research should expand the sample size, conduct testing in older adult populations, and perform systematic instrument quality verification to confirm the device's effectiveness prior to practical implementation.

Keywords: Prototype device, Visual perception, Exercise, Quadriceps, Movement control

1. บทนำ

อาการปวดเข่าเป็นปัญหาสุขภาพที่พบได้บ่อย โดยเฉพาะในผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีการใช้งานข้อเข่าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมของข้อและลดคุณภาพชีวิตในระยะยาว ในปี ค.ศ. 2019 มีประชากรทั่วโลกประมาณ 528 ล้านคน ที่เป็นโรคข้อเสื่อม ซึ่งคิดเป็นการเพิ่มขึ้น 113% เทียบกับปี ค.ศ. 1990 [1] สำหรับประเทศไทย พบว่าผู้เป็นโรคข้อเข่าเสื่อมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยถือเป็นปัญหาสุขภาพ 1 ใน 5 ของผู้สูงอายุไทย รองจากโรคความดันโลหิตสูงและโรคเบาหวาน [2] หนึ่งแนวทางสำคัญในการป้องกันและบรรเทาอาการดังกล่าวคือการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หน้าต้นขา (Quadriceps) ซึ่งทำหน้าที่พยุงข้อเข่า พยุงน้ำหนักของร่างกาย และช่วยลดแรงกระทำต่อข้อต่อ [3, 4] ด้วยการออกกำลังกายแบบเกร็งกล้ามเนื้อค้างร่วมกับการยกขาตรง (Straight Leg Raise) ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ลดอาการปวด และเพิ่มสมรรถนะการทำงานของข้อเข่าได้ [5] ดังนั้น ท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะ (7-Count Quadriceps Strengthening Exercise) [6] ซึ่งเป็นท่าออกกำลังกายในท่านอนราบ เกร็งกล้ามเนื้อหน้าต้นขาพร้อมยกขาขึ้นจากพื้นจนทำมุมประมาณ 45 องศา กับพื้น [7, 8] แล้วค่อย ๆ ลดขาลงตามจังหวะที่กำหนด จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยควบคุมความเร็วและความต่อเนื่องของการเคลื่อนไหว ส่งผลให้กล้ามเนื้อทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้นกับข้อเข่า

อย่างไรก็ตาม ในการปฏิบัติจริงผู้ปฏิบัติมักพบปัญหาในการควบคุมทั้งมุมในการยกขาและจังหวะของการเคลื่อนไหวให้ถูกต้อง โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การออกกำลังกายที่ไม่ถูกต้องและเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ อาจนำไปสู่การอักเสบของข้อ และเร่งการเสื่อมสภาพของกระดูกอ่อนในระยะยาว นอกจากนี้ การเคลื่อนไหวของข้อที่ผิดปกติโดยไม่ได้รับการควบคุมยังอาจทำให้อาการของโรคข้อเข่าเสื่อมดำเนินไปอย่างรวดเร็วมากขึ้น [9, 10] งานวิจัยด้านเทคโนโลยีเพื่อการฟื้นฟู (Rehabilitation Technology) พบว่า การใช้การรับรู้ทางสายตา (Visual Feedback) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างชัดเจน โดยช่วยกำกับตำแหน่งการเคลื่อนไหวได้ดีกว่าการใช้เสียงหรือการสัมผัส และสามารถลดข้อผิดพลาดของท่าทางได้ทันที นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้เซนเซอร์และระบบย้อนกลับในการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างกล้ามเนื้อหน้าต้นขาในผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมยังแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่ดีขึ้นทั้งด้านความปวด พิสัยการเคลื่อนไหว และสมรรถภาพกล้ามเนื้อ [11, 12] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่มักใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น เซนเซอร์ระบบดิจิทัล หรือแอปพลิเคชัน ซึ่งมีต้นทุนสูงและการเข้าถึงทำได้ยากสำหรับผู้สูงอายุในชุมชน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอุปกรณ์ “QUAD-Guide” ช่วยกำกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อต้นขา 2) ประยุกต์ใช้หลักการทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ในการกำหนดมุมการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม และ 3) ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของเครื่องต้นแบบ QUAD-Guide ในด้านการควบคุมมุมและจังหวะ โดยนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้หลักการรับรู้ทางสายตา เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถมองเห็นและควบคุมมุม รวมถึงจังหวะของการเคลื่อนไหวได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้อง โดยมุ่งเน้นพัฒนานวัตกรรมดังนี้ 1) ใช้งานง่าย และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง 2) เน้นการออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design) ร่วมกับการรับรู้ทางสายตา เพื่อแก้ปัญหาการออกกำลังกายที่ไม่ถูกต้อง 3) ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบและปรับแก้ท่าทางได้ด้วยตนเองแบบทันที 4) ออกแบบตามหลักสรีรศาสตร์ (Ergonomics) เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ 5) สอดคล้องกับแนวคิดความยั่งยืน เนื่องจากมีต้นทุนต่ำและไม่ซับซ้อน นวัตกรรมนี้จึงสะท้อนแนวคิด “Low-technology but High impact” ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาอย่างเรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพ

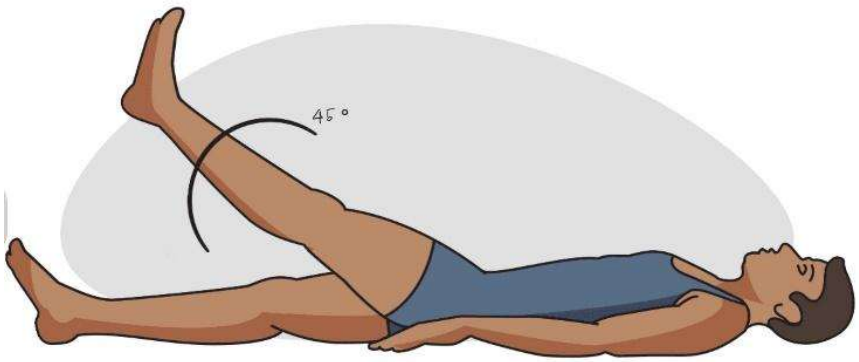
2. ทฤษฎี

ท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะ เป็นท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขาที่มุ่งเน้นการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกลุ่มควอดริเซ็บ ฟีเมอริส (Quadriceps femoris) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อหลักที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเข่า ท่านี้เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ประยุกต์จากแนวคิดการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก (Isometric) ร่วมกับการเคลื่อนไหวแบบควบคุมจังหวะ (Controlled Movement Exercise) โดยมีจังหวะ 1–7 ในแต่ละรอบของการเหยียดและเกร็งกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องและเพียงพอต่อการกระตุ้นความแข็งแรง ลักษณะการปฏิบัติของท่าบริหาร

กล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะ โดยทั่วไปจะเริ่มจากท่านั่งหรือท่านอนราบ เหยียดขาข้างหนึ่งตรง จากนั้นเกร็งกล้ามเนื้อหน้าต้นขาพร้อมยกปลายเท้าขึ้น แล้วค้างไว้ ก่อนคลายกล้ามเนื้อและกลับสู่ท่าเริ่มต้น การนับจังหวะช่วยให้ผู้ปฏิบัติควบคุมระยะเวลาในการเกร็งกล้ามเนื้อได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ กลไกการทำงานของท่านี้อาศัยหลักการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อกล้ามเนื้อถูกเกร็งค้างไว้จะเกิดแรงตึงภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการปรับตัวของกล้ามเนื้อในระยะยาว หากปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอจะช่วยเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ ความทนทาน และความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

การยกขาขึ้นจากพื้นในท่าบริหารดังกล่าวเกี่ยวข้องกับหลักการของแรงบิด (Torque) [13] ซึ่งเกิดจากแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อน้ำหนักของขารอบจุดหมุนบริเวณข้อสะโพก เมื่อผู้ปฏิบัติยกขาตรงขึ้นประมาณ 45 องศา น้ำหนักของขาจะสร้างแรงบิดในทิศทางที่พยายามดึงขาให้กลับลงสู่พื้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อกลุ่มควอดริเซ็บ ฟีเมอริส และกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องต้องออกแรงต้านเพื่อยกและคงตำแหน่งของขาไว้ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของขาและระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับจุดศูนย์กลางมวลของขา ยิ่งขาถูกยกขึ้นจนเกิดระยะแขนของคานมากขึ้น กล้ามเนื้อก็จะยิ่งต้องสร้างแรงมากขึ้นตามไปด้วย จึงช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อและส่งเสริมการพัฒนาความแข็งแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกำหนดระดับความสูงของการยกขาให้เหมาะสมและคงที่จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การออกกำลังกายเกิดประสิทธิผลสูงสุดและสามารถเปรียบเทียบผลการฝึกในแต่ละครั้งได้อย่างเป็นมาตรฐาน

ข้อดีของท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะ คือเป็นท่าที่ทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ สามารถปฏิบัติได้ที่บ้านและมีความปลอดภัยเมื่อทำอย่างถูกวิธี อย่างไรก็ตาม ผู้ปฏิบัติควรหลีกเลี่ยงการกลั้นหายใจขณะเกร็งกล้ามเนื้อ และควรหยุดทันทีหากมีอาการปวดมากผิดปกติ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บเพิ่มเติม [7, 8]



ภาพที่ 1 ท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะ
ที่มา: [14]

ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยวัดระดับความสูงของการยกขาอย่างเป็นระบบ โดยประยุกต์ใช้ “เก้าอี้ยืด” ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยที่คุณตาแสวงได้คิดค้นขึ้น เก้าอี้ยืดสามารถกำหนดระยะยกขาที่ปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ โดยการประยุกต์ใช้นวัตกรรมพื้นบ้านดังกล่าวไม่เพียงทำให้ผู้สูงอายุสามารถปฏิบัติท่าออกกำลังกายได้อย่างถูกต้องมากขึ้นและประหยัดทรัพยากรบุคคล แต่ยังเป็นการต่อยอดภูมิปัญญาไทยเข้ากับการดูแลสุขภาพในบริบทของสังคมผู้สูงอายุด้วย

ดังนั้น การพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยกำหนดความสูงของการยกขาในการทำท่าบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขาแบบ 7 จังหวะจึงมีความสำคัญทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารกล้ามเนื้อหน้าต้นขา การป้องกันภาวะแทรกซ้อน และการลดอาการปวดเข่าในระยะยาว ซึ่งอาจส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุดีขึ้น

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Preliminary Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดซ้ำ (One-group Pretest-Posttest Design) แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ การเก็บข้อมูลทางกายภาพเพื่อออกแบบอุปกรณ์ การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ และการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เบื้องต้น

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับระยะที่ 1 ประชากร คือ บุคลากรโรงเรียนรุ่งอรุณ และกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรอายุระหว่าง 40–50 ปี จำนวน 25 คน คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์คัดเข้า ได้แก่ สามารถออกกำลังกายท่ายกขาตรงได้ด้วยตนเอง และไม่มีประวัติการบาดเจ็บหรือโรคที่เกี่ยวข้องกับข้อเข่า สะโพก หรือกระดูกสันหลัง การเลือกกลุ่มอายุ 40–50 ปี เนื่องจาก 1) มีสมรรถภาพร่างกายสม่ำเสมอช่วยลดความแปรปรวนจากตัวผู้ใช้งาน 2) เป็นกลุ่มเสี่ยงของโรคข้อเข่าเสื่อม และ 3) การทดสอบในกลุ่มที่มีสมรรถภาพดีก่อนนำไปทดสอบในผู้สูงอายุระยะต่อไป

ในระยะที่ 3 อาสาสมัครจำนวน 4 คน ซึ่งเป็นคนละกลุ่มกับระยะที่ 1 คัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบสะดวกจากบุคคลที่ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงได้และยินดีเข้าร่วมโดยสมัครใจ

3.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ต้นแบบ QUAD-Guide ที่พัฒนาขึ้น ทำจากไม้ยางพาราประสาน 2) โกนิโอมิเตอร์สำหรับวัดมุมการยกขา และ 3) นาฬิกาจับเวลาสำหรับจับเวลาการเคลื่อนไหวของขา

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะที่ 1 การเก็บข้อมูลทางกายภาพเพื่อออกแบบอุปกรณ์

การเก็บข้อมูลนี้เป็นการวัดทางกายภาพเพื่อหาค่าความสูงของเข่าจากพื้นเมื่อยกขาที่มุม 45 องศา สำหรับนำไปกำหนดความสูงของอุปกรณ์ต้นแบบ ดำเนินการดังนี้

- ให้กลุ่มตัวอย่างนอนเหยียดขาให้ตรงและยกขาข้างหนึ่งทำมุมกับพื้น 45 องศา โดยใช้โกนิโอมิเตอร์ควบคุมมุม (ภาพที่ 2)
- วัดความสูงจากพื้นจนถึงบริเวณแอ่งเข่า
- ทำซ้ำ 3 ครั้งต่อคน บันทึกผล และคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปออกแบบอุปกรณ์



ภาพที่ 2 การวัดองศาในการยกขา
ที่มา: [สร้างโดย ChatGPT โดย ณัฐวรรธน์ จิรสิทธิธำรง, 2569]

ระยะที่ 2 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ QUAD-Guide

นำค่าเฉลี่ยความสูงที่ได้จากระยะที่ 1 มาใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ โดยดำเนินการดังนี้

- ออกแบบความสูงของอุปกรณ์จากข้อมูลที่ได้
- วาดแบบลงบนไม้ยางพาราประสานและตัดแต่ละชิ้นตามแบบ
- ประสานไม้แต่ละส่วนด้วยกาวและยึดด้วยแคลมป์รูปตัวซี
- ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน

ระยะที่ 3 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เบื้องต้น

จัดวางอุปกรณ์ QUAD-Guide ไว้ข้างลำตัวของอาสาสมัคร โดยหันฐานไปทางปลายเท้า เพื่อให้มองเห็นปลายยอดของอุปกรณ์ได้ชัดเจน ดำเนินการดังนี้

- ให้อาสาสมัครยกขาข้างที่อยู่ติดกับอุปกรณ์โดยใช้อุปกรณ์เป็นตัวอ้างอิง วัดมุมการยกขาด้วยโกนิโอมิเตอร์ และจับเวลาที่ใช้ในการยกขาจนได้ระดับที่กำหนดไว้ จำนวน 3 ครั้ง และบันทึกผล
- นำอุปกรณ์ออกและให้อาสาสมัครยกขาข้างเดิมให้ได้มุม 45 องศา ด้วยตนเอง จำนวน 3 ครั้ง บันทึกผลมุมและเวลาที่ใช้ในการยกขา

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test เปรียบเทียบความแตกต่างของมุมการยกขา (Angle Error) และความสม่ำเสมอของระยะเวลาการเคลื่อนไหว (Movement Time Consistency) ระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลความสูงในการยกขาของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน ที่มีอายุระหว่าง 40–50 ปี โดยทำการวัดทั้งหมด 3 ครั้งต่อคน รวม 75 การวัด ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า เมื่อกำหนดมุมในการยกขา 45 องศา ค่าความสูงจากพื้นถึงบริเวณแอ่งเข่ามีค่าเฉลี่ยของแต่ละคนเท่ากับ 40.0 เซนติเมตร โดยการวัดซ้ำภายในแต่ละคนมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.00–1.00 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมทั้งหมด พบว่ามีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 40.0 เซนติเมตร โดยมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของการวัดเท่ากับ 39.0 และ 41.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ แม้ว่าค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมทุกคนจะเท่ากัน ส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยระหว่างบุคคลมีค่าเป็นศูนย์ แต่การวัดซ้ำภายในแต่ละคนยังคงมีความแปรปรวนเพียงเล็กน้อย แสดงถึงความสม่ำเสมอของผลการวัด ดังนั้น จึงเลือกใช้ค่าความสูงเฉลี่ย 40.0 เซนติเมตร เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความสูงของอุปกรณ์ต้นแบบ QUAD-Guide

ตารางที่ 1 ข้อมูลความสูงในการยกขาของอาสาสมัคร (หน่วย : เซนติเมตร)

ลำดับที่	รหัส	อายุ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	S01	42	39.0	40.0	41.0	40.0
2	S02	45	39.0	40.0	41.0	40.0
3	S03	47	40.0	40.0	40.0	40.0
4	S04	44	40.0	40.0	40.0	40.0
5	S05	50	39.0	40.0	41.0	40.0
6	S06	43	40.0	40.0	40.0	40.0
7	S07	48	41.0	40.0	39.0	40.0

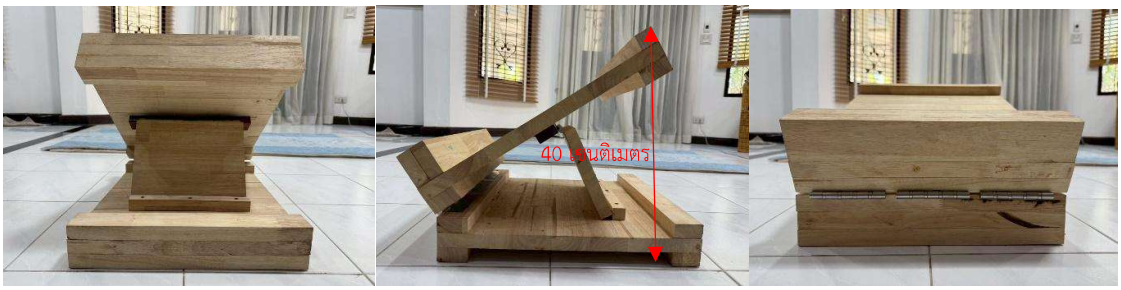
ตารางที่ 1 ข้อมูลความสูงในการยกขาของอาสาสมัคร (หน่วย : เซนติเมตร) (ต่อ)

ลำดับที่	รหัส	อายุ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
8	S08	46	40.0	40.0	40.0	40.0
9	S09	41	39.0	40.0	41.0	40.0
10	S10	49	40.0	40.0	40.0	40.0
11	S11	45	39.0	40.0	41.0	40.0
12	S12	44	40.0	40.0	40.0	40.0
13	S13	47	41.0	40.0	39.0	40.0
14	S14	43	40.0	40.0	40.0	40.0
15	S15	50	39.0	40.0	41.0	40.0
16	S16	46	40.0	40.0	40.0	40.0
17	S17	48	41.0	40.0	39.0	40.0
18	S18	42	40.0	40.0	40.0	40.0
19	S19	44	39.0	40.0	41.0	40.0
20	S20	49	40.0	40.0	40.0	40.0
21	S21	43	39.0	40.0	41.0	40.0
22	S22	45	40.0	40.0	40.0	40.0
23	S23	47	41.0	40.0	39.0	40.0
24	S24	46	40.0	40.0	40.0	40.0
25	S25	48	39.0	40.0	41.0	40.0

ผู้วิจัยจึงได้นำค่าเฉลี่ยของความสูงที่ได้นี้ไปสร้างชุดอุปกรณ์ QUAD-Guide โดยใช้ความสูงของอุปกรณ์เท่ากับ 40.0 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) สำหรับเครื่องต้นแบบอุปกรณ์ QUAD-Guide ที่พัฒนาขึ้นแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ต้นแบบ QUAD-Guide



ภาพที่ 4 ต้นแบบอุปกรณ์ QUAD-Guide ที่สร้างขึ้น

เมื่อได้ต้นแบบอุปกรณ์ QUAD-Guide ผู้วิจัยได้นำต้นแบบดังกล่าวไปทดสอบใช้กับอาสาสมัครจำนวน 4 คน ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 5 ผลที่ได้จากการวัดมุมในการยกขากรณีที่ใช้อุปกรณ์และไม่ใช้อุปกรณ์ โดยแสดงเป็นค่าความคลาดเคลื่อนของมุมการยกขาดังตารางที่ 2 และภาพที่ 6 จากการทดลองของอาสาสมัครทั้ง 4 คน พบว่าการใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนของมุมได้อย่างชัดเจน โดยค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนของมุมในกรณีไม่ใช้อุปกรณ์เท่ากับ 11.6 องศา (ค่าต่ำสุดเท่ากับ 9.8 องศา และค่าสูงสุดเท่ากับ 13.7 องศา) และลดลงเหลือ 3.7 องศา (ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.0 องศา และค่าสูงสุดเท่ากับ 4.2 องศา) เมื่อใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide คิดเป็นการลดลงร้อยละ 68.1 ผลการทดสอบด้วยสถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test พบว่าความคลาดเคลื่อนของมุมการยกขาระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

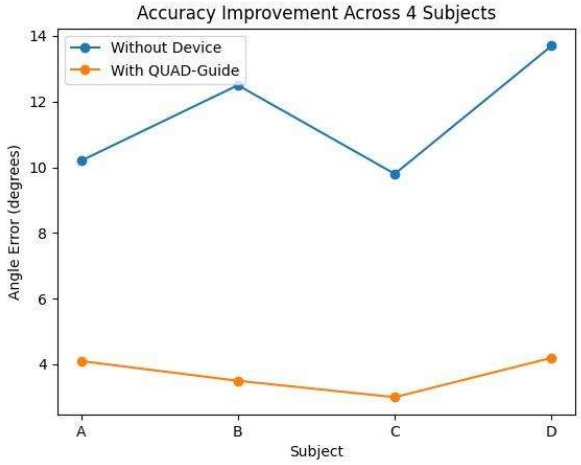
สำหรับการวัดความสม่ำเสมอของเวลาที่ใช้ในการยกขา ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าเวลาที่ใช้ในการยกขาให้ได้ความสูงตามที่ต้องการมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide โดยค่าเฉลี่ยของเวลาลดลงจาก 1.8 วินาที (ค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.6 วินาที และค่าสูงสุดเท่ากับ 2.0 วินาที) เหลือ 0.6 วินาที (ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.5 วินาที และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.7 วินาที) คิดเป็นการปรับปรุงร้อยละ 66.7 โดยพบว่าเวลาที่ใช้ในการยกขาระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 5 การทดสอบใช้งานอุปกรณ์ QUAD-Guide

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของมุมในการยกขาระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide

ลำดับที่	รหัส	ความคลาดเคลื่อนของมุมในการยกขา (องศา)	
		ไม่ใช้อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์
1	A	10.2	4.1
2	B	12.5	3.5
3	C	9.8	3.0
4	D	13.7	4.2
	ค่าเฉลี่ย	11.6	3.7



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของมุมในการยกขา

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการยกขาระหว่างการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide

ลำดับที่	รหัส	เวลาในการยกขา (วินาที)	
		ไม่ใช้อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์
1	A	1.7	0.6
2	B	1.9	0.7
3	C	1.6	0.5
4	D	2.0	0.6
	ค่าเฉลี่ย	1.8	0.6

5. อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ QUAD-Guide ที่พัฒนาต่อยอดจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและร่วมกับหลักการทางฟิสิกส์และการใช้การรับรู้ทางสายตา โดยใช้วัสดุที่ใช้หาได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ มีแนวโน้มประสิทธิภาพในการช่วยควบคุมมุมการเคลื่อนไหวให้มีความแม่นยำมากขึ้น และช่วยให้การเคลื่อนไหวมีความเสถียรและสม่ำเสมอมากขึ้น จากผลการทดสอบพบว่าการใช้อุปกรณ์ QUAD-Guide ช่วยลดความคลาดเคลื่อนของมุมการยกขาจาก 11.6 องศา เหลือ 3.7 องศา (ร้อยละ 68.1) และลดเวลาในการยกขาจาก 1.8 วินาที เหลือ 0.6 วินาที (ร้อยละ 66.7) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้การรับรู้ทางสายตาผ่านอุปกรณ์ QUAD-Guide มีส่วนช่วยในการพัฒนาการควบคุมการ

เคลื่อนไหว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Motor Learning) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการป้อนข้อมูลย้อนกลับแบบทันที อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีขนาดตัวอย่างจำกัด (n = 4) และกลุ่มตัวอย่างยังไม่ใช่ผู้สูงอายุซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก ผลที่ได้จึงเป็นเพียงแนวโน้มเบื้องต้นเท่านั้น และควรมีการศึกษาต่อยอดโดยเพิ่มจำนวนอาสาสมัครและทดสอบในกลุ่มผู้สูงอายุจริงเพื่อยืนยันผลในเชิงสถิติต่อไป

6. สรุป

งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาเครื่องต้นแบบอุปกรณ์ QUAD-Guide ที่ใช้หลักการทางฟิสิกส์และการรับรู้ทางสายตาร่วมกันได้สำเร็จ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพในอนาคต อุปกรณ์ QUAD-Guide ในฐานะเครื่องมือต้นแบบ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการช่วยปรับปรุงคุณภาพของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อหน้าต้นขา โดยเฉพาะในด้านการควบคุมมุมและจังหวะการเคลื่อนไหว ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใช้การรับรู้ทางสายตาสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานปรับท่าทางได้อย่างถูกต้อง เพิ่มความสม่ำเสมอของการเคลื่อนไหว และลดข้อผิดพลาดในการออกกำลังกาย แม้ว่าการศึกษานี้จะมีข้อจำกัดในด้านขนาดตัวอย่าง แต่อุปกรณ์ดังกล่าวมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้งานจริง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีปัญหาข้อเข่า ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อยืนยันประสิทธิภาพ โดยการศึกษาค่ามุมในการยกขาที่เหมาะสมในเชิงลึก และการทดลองกับกลุ่มผู้ใช้งานจริง

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์นายแพทย์ประกฤต สุวรรณปราโมทย์ โรงพยาบาลรามาธิบดี ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัยและการจัดทำบทความวิจัยฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Long, H., Liu, Q., Yin, H., Wang, K., Diao, N., Zhang, Y., Lin, J., & Guo, A. (2022). Prevalence trends of site-specific Osteoarthritis from 1990 to 2019: Findings from the global burden of disease study 2019. *Arthritis & Rheumatology*, 74, 1172-1183. https://doi.org/10.1002/art.42089

[2] Apichantramethakul, K., Sroisong, S., & Eiu-Seeyok, B. (2018). Nursing for Clients with Knee Osteoarthritis Undergoing Knee Replacement Surgery. *Journal of Phrapokklao Nursing College*. 29(1), 223-238. (In Thai)

[3] Alnahdi, A. H., Zeni, J. A., & Snyder-Mackler, L. (2012). Muscle impairments in patients with knee osteoarthritis. *Sports Health*. 4(4), 284-292. doi:10.1177/1941738112445726.

[4] Sroisong, S., Rueankon, A., Fuongtong, P., & Srathong, P. (2019). Nursing Care for Elderly People with Knee Osteoarthritis. *Region 11 Medical Journal*. 33(2), 197-210. (In Thai)

[5] Anwer, S., & Alghadir, A. (2014). Effect of isometric quadriceps exercise on muscle strength, pain, and function in patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled study. *Journal of Physical Therapy Science*. 26(5), 745–748.

[6] Timothy Weber. (2026, 22 January). *Orthoindy Bone Joint Spine Muscle*. https://www.orthoindy.com/wp-content/uploads/Quadricep-Exercises3.pdf

[7] Ramkhamhaeng Hospital. (2026, 22 January). *7 Doctor-Recommended Back Exercises for Pain Relief*. https://www.ram-hosp.co.th/th/news_detail/1106

[8] Department of Rehabilitation Medicine. Ramathibodi Hospital. (2026, 22 January). *Rehabilitation medicine skills for 5th-year medical students*. (In Thai)

https://www.rama.mahidol.ac.th/rehabmed/sites/default/files/public/img/news/Student.pdf

[9] Oka, Y., Murata, K., Kano, T., Ozone, K., Arakawa, K., Kokubun, T., & Kanemura, N. (2021). Impact of controlling abnormal joint movement on the effectiveness of subsequent exercise intervention in Mouse Models of early knee osteoarthritis. *Cartilage*, 13(2), 1334S–1344S. https://doi.org/10.1177/1947603519885007

[10] Du, J., Sun, X., Ao, L., Zhou, X., Shi, H., Yong, Q., Zhang, X., & Guan, T. (2025). Impact of abnormal mechanical stress on chondrocyte death in osteoarthritis. Medical science monitor. *International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 31, e948290. https://doi.org/10.12659/ MSM.948290

[11] Wang, C. Q. S., Wang, K., Sun, L., Lio, S. Q., & Luo, J. (2025). The effect of visual feedback on balance rehabilitation in people with impaired ankle instability: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 17, 77. https://doi.org/10.1186/s13102-024-01041-x

[12] Sanford, S., Liu, M., Selvaggi, T., & Nataraj, R. (2020). Effects of visual feedback complexity on the performance of a movement task for rehabilitation. *Journal of Motor Behavior*. 53(2), 243-257. 10.1080/00222895.2020.1770670.

[13] Serway, R. A., & Jewett J. Wr. (2014). *Physics for scientists and engineers with modern physics.* (9th ed.). Brooks/Cole, Cengage Learning.

[14] Fisio Master. (2026, 22 January). *Manovra di Lasegue: a cosa serve?* https://www.fisiomaster.it/manovra-di-lasegue