

Chulalongkorn University

## Chula Digital Collections

---

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

---

2022

### พลของการฝักฝักจะร่วมกับการฝักฝักระดับระบับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง

อากิตย์ งามชื่น

คณะ แพทยศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>

---

#### Recommended Citation

งามชื่น, อากิตย์, "พลของการฝักฝักจะร่วมกับการฝักฝักระดับระบับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง" (2022). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 6131.  
<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6131>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact [ChulaDC@car.chula.ac.th](mailto:ChulaDC@car.chula.ac.th).

ผลของการฝึกละร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศ  
หญิง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา  
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The combined effect of yoga and vestibular stimulating exercise on balance in  
elderly women



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Sports Medicine

FACULTY OF MEDICINE

Chulalongkorn University

Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง
โดย	นายอาทิตย์ งามชื่น
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉันทชาย สิทธิพันธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์ภาสกร วัฒนธาดา)  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์)  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล)  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บวรลักษณ์ ทองทวี)

อาทิตย์ งามชื่น : ผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวใน  
ผู้สูงอายุเพศหญิง. ( The combined effect of yoga and vestibular stimulating exercise on  
balance in elderly women) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. นพ.  
สมพล สงวนรังศิริกุล

จากการศึกษาที่ผ่านมา ไม่ได้มีเพียงแค่การฝึกเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกายเท่านั้นที่ส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการทรงตัว แต่ยังพบว่าการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน เพื่อให้ครอบคลุมถึงกลไกการควบคุมการทรงตัว ผู้วิจัยจึงสนใจการฝึกกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทสั่งการ vestibulo-ocular reflex pathway โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (YOGA+VSE) และ การฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว (YOGA) ต่อความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง ผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม YOGA+VSE (n=19) และ กลุ่ม YOGA (n=15) ทั้งสองกลุ่มจะได้รับการฝึกออกกำลังกาย 3 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบ Berg Balance Score, Time Up and Go, การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure) ขณะยืน และการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกาย (center of gravity) ขณะเดิน ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ผลจากการศึกษา ภายหลังจากการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ พบว่าการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายขณะยืนกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (YOGA+VSE) มีค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว (YOGA) และภายหลังจากการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ พบว่าการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle และขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของทั้งสองกลุ่มมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลจากการฝึกออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวขณะทำกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกายได้จากค่าคะแนน Berg Balance Score ที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาการทดสอบ Time Up and Go ที่ลดลง สรุปผลการวิจัย กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายขณะยืนลึบตาบนพื้นเรียบดีกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม การฝึกออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบให้ผลไม่แตกต่างกันในการฝึกเพื่อเพิ่มความมั่นคงของร่างกายจากการควบคุมการทรงตัวขณะยืนและขณะเคลื่อนไหวร่างกาย ช่วยส่งเสริมความสามารถในการทรงตัวขณะทำกิจกรรมต่างๆ อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาและป้องกันความเสี่ยงจากการหกล้มในผู้สูงอายุเพศหญิงได้

สาขาวิชา      เวชศาสตร์การกีฬา  
ปีการศึกษา      2565

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....  
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 6174035030 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORD: balance, yoga, vestibular exercise, falling

Arthit Ngamchuen : The combined effect of yoga and vestibular stimulating exercise on balance in elderly women. Advisor: Assoc. Prof. PONGSAK YUKTANANDANA, M.D.  
Co-advisor: Assoc. Prof. SOMPOL SAGUANRUNGSIRIKUL, M.D.

The previous studies showed that were not only strength training but also vestibular stimulating exercise can improved balance in elderly. This point should be considered for covering balance control mechanisms. The researcher is therefore interested in training on the activation of the cognitive system of vestibulo-ocular reflex pathway. The aim of this study was to investigate the combined effect of yoga and vestibular stimulating exercise on balance in elderly women. All participants were randomized into 2 groups assigned to the YOGA+VSE group (n=19) and YOGA group (n=15). All participants performed exercise 3 days/week for 8 weeks. All participants measured the Berg Balance Score (BBS), Time Up and Go (TUG), center of pressure (COP) and center of gravity (COG) before and after 4, 8 weeks of performing exercise. The results of this study demonstrated after post-intervention, center of pressure (COP) speed on hard surface during static balance assessment significantly improved postural balance of elderly women in the YOGA+VSE group compared to the YOGA group. In spite of these exercise adaptations, both groups showed similar improvements in total distance of center of gravity on 1 gait cycle and total distance of center of gravity on single limb stance phase. Moreover, both exercises can produce similar improvement in Berg Balance Score (BBS) and Time Up and Go (TUG). In conclusion, YOGA+VSE group was more effective than YOGA group in reducing center of pressure (COP) speed on hard surface with eyes open. However, YOGA+VSE group was as effective as YOGA group can improve postural stability, static and dynamic balance and could lead to an improvement in balance capacity and to a decrease in the risk of falling in elderly women.

Field of Study: Sports Medicine

Academic Year: 2022

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก รศ.นพ. พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่สละเวลาให้คำปรึกษาและคำแนะนำช่วยเหลือตลอดจนดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งช่วยแก้ไขปัญหาลุप्तบรรคที่พบในงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นพ. ภาสกร วัฒนธาดา ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. บวรลักษณ์ ทองทวี กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำปรึกษาแก้ไขปรับปรุงและให้ข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ระหว่างดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณหัวหน้างานคลินิกฟื้นฟูผู้สูงอายุก้าวหน้า อาคาร ส.ธ. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สภากาชาดไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่เก็บข้อมูลงานวิจัย และขอขอบคุณ คุณฐิติชญา สร้อยทอง เจ้าหน้าที่ประจำคลินิกฟื้นฟูผู้สูงอายุก้าวหน้าในการช่วยเหลืออุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณ คุณวสันต์ ปัญญาแสง ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในการเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย ขอขอบคุณ คุณนุชนาถ พรชัย เจ้าหน้าที่ธุรการ หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา ที่ให้การช่วยเหลือในขั้นตอนการทำเอกสารต่างๆ และขอขอบคุณ คุณกิตติกร สีหาบุตร เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เสียสละเวลาและแรงกายมาเข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยจะไม่สามารถสำเร็จได้หากขาดบุคคลเหล่านี้ขอขอบคุณเพื่อน พี่และน้องเวชศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดีตั้งแต่แรกจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินชีวิต บิดามารดาและญาติพี่น้องที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา ซึ่งผู้วิจัยรู้ซึ่งในความกรุณาของทุกท่าน จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

อาทิตย์ งามชื่น

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่ 1      บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (background and rationale).....	1
1.2 คำถามงานวิจัย (research questions).....	3
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย (objectives).....	4
1.4 กรอบแนวความคิดในการทำวิจัย (conceptual framework).....	4
1.5 สมมติฐานงานวิจัย (hypothesis).....	5
1.6 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.7 คำสำคัญ (keywords) .....	5
1.8 คำนิยามเชิงปฏิบัติที่ใช้ในการวิจัย (operational definition).....	6
1.9 ข้อจำกัดในการวิจัย (limitation) .....	6
1.10 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (expected benefits and application) .....	7
1.11 อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการวิจัยและแนวทางในการแก้ไข (obstacle and strategies to solve the problem) .....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	8
2.1 ผู้สูงอายุ .....	8



2.2 การล้ม .....	8
2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการล้ม .....	9
2.4 การทรงตัว .....	9
2.5 ปฏิกริยาตอบสนองอัตโนมัติต่อการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์ถ่วงร่างกาย.....	11
2.6 การควบคุมการทรงตัว .....	14
2.7 การทดสอบความสามารถในการทรงตัว .....	19
2.8 การฝึกโยคะต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ.....	22
2.9 การฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ .....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
3.1 รูปแบบการวิจัย (research design).....	30
3.2 ตัวแปรต้น (independent variable) .....	30
3.3 ตัวแปรตาม (dependent variable).....	30
3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (population and sample).....	31
3.5 เกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการศึกษา (inclusion criteria).....	31
3.6 เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (exclusion criteria) .....	32
3.7 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	32
3.8 การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง.....	33
3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือ .....	34
3.10 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	36
3.11 โปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย .....	43
3.12 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) .....	50
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	52
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว.....	55

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์.....	56
ตอนที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ .....	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ .....	75
สรุปผลการวิจัย.....	75
อภิปรายผลการวิจัย .....	77
สรุปผลการศึกษา .....	86
จุดเด่นของการศึกษาวิจัย.....	86
ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย .....	87
บรรณานุกรม.....	89
ภาคผนวก.....	94
ประวัติผู้เขียน .....	107

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยจำแนกตามกลุ่ม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	55
ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของคะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (score) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	56
ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (sec) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	56
ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	57
ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	57
ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	58
ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	59
ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	59
ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	60

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่น โฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	60
ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	61
ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้ม ถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	61
ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้ม ถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของ ขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	62
ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของคะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (score) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	63
ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (sec) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	64
ตารางที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดัน ร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	65
ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	66
ตารางที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัด แรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	67
ตารางที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	68

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดัน ร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	69
ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	70
ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่น โฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) .....	71
ตารางที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลาง แรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	72
ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้ม ถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	73
ตารางที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้ม ถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของ ขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	74

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดในการทำวิจัย .....	4
ภาพที่ 2 แสดงขอบเขตความมั่นคงในทำยีนนิ่ง ทำเดิน และทำนั่ง .....	11
ภาพที่ 3 แสดงความมั่นคงในทำยีน โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงฐานรองรับน้ำหนัก .....	11
ภาพที่ 4 แสดงการควบคุมของข้อเท้า (ankle strategy) .....	12
ภาพที่ 5 แสดงการควบคุมของข้อสะโพก (hip strategy) .....	13
ภาพที่ 6 แสดงการควบคุมการก้าวเท้าไปด้านหน้า (stepping strategy).....	13
ภาพที่ 7 แสดงอวัยวะที่ควบคุมการทรงตัวภายในหูชั้นใน .....	17
ภาพที่ 8 แสดงวงจรและกลไกการควบคุมการทรงตัวของร่างกายจากอวัยวะรับรู้ความรู้สึก .....	18
ภาพที่ 9 แสดงการทดสอบ Time Up and Go .....	20
ภาพที่ 10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตัวตรวจจับ และทำการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนพื้นโฟม .....	40
ภาพที่ 11 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืน .....	41
ภาพที่ 12 แสดงเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และตำแหน่งชุดกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง .....	42
ภาพที่ 13 รูปแบบลักษณะโครงสร้างของคลาสการฝึกโยคะ 60 นาที .....	43
ภาพที่ 14 แสดงชุดอาสนะท่าไหว้พระอาทิตย์ ชุด A .....	44
ภาพที่ 15 แสดงสถานที่สำหรับฝึกและผู้เข้าร่วมวิจัยขณะเข้าร่วมคลาสการฝึกโยคะ .....	46
ภาพที่ 16 แสดงจำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าร่วมการศึกษาวิจัย.....	53

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา (background and rationale)

การทรงตัว คือ ความสามารถของร่างกายในการควบคุมจุดศูนย์กลางร่างกายให้อยู่บนขอบเขตของฐานรองรับน้ำหนัก (1) ซึ่งต้องอาศัยการรับ-ส่งข้อมูลจากอวัยวะรับรู้ความรู้สึกในการเชื่อมโยงประสานกันตลอดเวลาเพื่อรักษาสมดุลและความมั่นคงของร่างกายเพื่อให้คนเราสามารถทรงตัวอยู่ได้ (2) การทรงตัวมีความสำคัญมากกับทุกๆ ช่วงอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยสูงอายุ หากมีการสูญเสียความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุจะทำให้เพิ่มโอกาสความเสี่ยงจากการล้มได้ การล้มนำไปสู่อาการบาดเจ็บได้ตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงระดับรุนแรง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งด้านร่างกายและจิตใจ อีกทั้งการล้มนยังสามารถเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการเกิดภาวะกระดูกหักรวมถึงภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ ตามมา และอาจส่งผลกระทบต่อผู้สูงอายุขาดการเคลื่อนไหวเป็นระยะเวลานานและอาจเสียชีวิตได้ในที่สุด (3) จากรายงานการศึกษาก่อนหน้านี้อัตราการล้มและการบาดเจ็บจากการล้มพบว่าเพศหญิงสูงมากกว่าเพศชาย (4, 5) การล้มส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นขณะที่มีการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน (6, 7) อัตราการล้มจะเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงอายุ พบว่า ช่วงอายุ 65-74 ปี อัตราการล้มร้อยละ 26.7 ช่วงอายุ 75-84 ปี อัตราการล้มร้อยละ 29.8 และช่วงอายุ 85 ปีขึ้นไป อัตราการล้มเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 36.5 (8) จากข้อมูลสถิติการพลัดตกหกล้มทั่วโลกประมาณ 4 แสนคนต่อปี หรือเฉลี่ยวันละ 1,000 คน ข้อมูลจากประเทศไทย ปี พ.ศ.2562 จำนวนผู้สูงอายุที่บาดเจ็บจากการพลัดตกหกล้มมาด้วยระบบการแพทย์ฉุกเฉินทั้งหมด 24,364 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10,745 คน และเพศหญิง 10,981 คน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการล้มในผู้สูงอายุ แบ่งเป็น ปัจจัยภายใน เช่น เพศ อายุ อาการก้ำกัลด้านความไม่มั่นใจ ความเสื่อมร่างกาย ความผิดปกติจากการมองเห็น และปัจจัยภายนอก เช่น สภาพแวดล้อม แสงสว่างที่ไม่เพียงพอ ลักษณะของรองเท้า ยาที่ส่งผลให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ลักษณะของพื้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวล้วนเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการล้มของผู้สูงอายุ (9) แม้ว่าผู้สูงอายุจะเข้าสู่ภาวะถดถอยและพบความเสี่ยงของร่างกาย เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในทุกๆ ด้าน ส่งผลให้การทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ในร่างกายบกพร่อง (10) การฝึกออกกำลังกายถือเป็นวิธีการหนึ่งในการชะลอความเสี่ยงของร่างกาย ทำให้การทำงานของระบบร่างกายและอวัยวะต่างๆ มีประสิทธิภาพดีขึ้น ผลของการฝึกออกกำลังกายสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความมั่นคงให้ร่างกาย ส่งเสริมความสามารถในการเดิน ลดอาการก้ำกัลด้าน และเพิ่มคุณภาพในการใช้

ชีวิตดีขึ้น (11) สำหรับการฝึกพัฒนาความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุ มีการใช้รูปแบบและเทคนิคการฝึกออกกำลังกายต่างๆ อาทิ การฝึกปรับลดฐานรองรับน้ำหนัก การฝึกกับอุปกรณ์ต่างๆ การฝึกลดการมองเห็น เป็นต้น ซึ่งทำให้ความสามารถในการทรงตัวและความมั่นคงของร่างกายในผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นได้ ปัจจุบันการฝึกออกกำลังกายสำหรับการฝึกพัฒนาความสามารถในการทรงตัวที่ยังคงได้รับความนิยมอย่างมาก และเหมาะสมกับผู้สูงอายุ ได้แก่ โยคะ (12) ไทชิ (13) ฯลฯ จุดเด่นและรูปแบบของการฝึกออกกำลังกายลักษณะนี้มุ่งเน้นการฝึกเคลื่อนไหวร่างกายให้สัมพันธ์กับลมหายใจ ตลอดจนการเคลื่อนไหวร่างกาย ขณะทำการฝึกจะอาศัยจังหวะการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างช้าๆ ทำให้รูปแบบการฝึกออกกำลังกายดังกล่าวถือว่ามีความเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุในการฝึกออกกำลังกาย

โยคะ รูปแบบการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมอย่างมากมาตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน ถือเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่เก่าแก่ที่สุดของชาวอินเดียถูกนำมาใช้สำหรับการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับร่างกาย นักบวชชาวอินเดีย ปตัญจลี (Patanjali) ผู้ที่รวบรวมทำการฝึกโยคะทั้งหมดเพื่อให้มีรูปแบบที่เหมาะสม และได้รับความนิยมสูงสุด ในชื่อ โยคะสูตร (yogasutra) การฝึกออกกำลังกายด้วยโยคะถือว่ามีความเหมาะสมกับทุกช่วงอายุ โดยเฉพาะวัยสูงอายุ การฝึกโยคะจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกาย เพิ่มความยืดหยุ่นและความอ่อนตัว ลดอาการตึงตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้จิตใจมั่นคง เพิ่มสมาธิและลดความเครียดได้ จุดเด่นและลักษณะการฝึกโยคะจะมุ่งเน้นการฝึกไปที่การเคลื่อนไหวร่างกายอย่างช้าๆ ควบคู่กับลมหายใจให้สัมพันธ์กับท่าอาสนะนั้นๆ ขณะอยู่ในท่าอาสนะต่างๆ ผู้ฝึกจะต้องหาความพอดี และหาความสมดุลของร่างกาย จากการศึกษาที่ผ่านมา การฝึกออกกำลังกายด้วยโยคะในรูปแบบต่างๆ ช่วยส่งเสริมความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ (12, 14-18)

นอกจากนี้ยังพบการศึกษาผลของการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะ ตำแหน่งของร่างกาย ในขณะที่ร่างกายอยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหวและขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายท่าทางต่างๆ เมื่อมีการขยับตัวหรือการเคลื่อนไหวร่างกาย อวัยวะดังกล่าวจะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเร่งเชิงมุมและความเร่งเชิงเส้น ซึ่งจะสัมพันธ์ไปกับลักษณะของการเคลื่อนไหวร่างกาย ในผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงบริเวณภายในโครงสร้างหูชั้นใน พบว่าจำนวนเซลล์ขนรับรู้สีกลดลง ทำให้การทำงานและการส่งสัญญาณกระแสประสาทลดลงเมื่อเทียบกับช่วงวัยอื่นๆ เมื่อการทำงานของอวัยวะรับรู้สีกของระบบดังกล่าวบกพร่องหรือไม่ปกติทำให้ความสามารถในการทรงตัวและความมั่นคงของร่างกายของผู้สูงอายุลดลง กระพบบกับการดำเนินชีวิตประจำวัน และเพิ่มโอกาสเสี่ยงจากการล้ม



รวมถึงการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นตามมา (19-21) จากการศึกษาที่ผ่านมา การฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ (22-29)

จะเห็นได้ว่า เมื่อคนเราอายุมากขึ้นร่างกายเริ่มเข้าสู่ภาวะถดถอย ความเสื่อมของระบบต่างๆ ในร่างกายมากขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัว และเพิ่มความเสี่ยงจากการหกล้มในผู้สูงอายุ การฝึกออกกำลังกายถือเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดความเสี่ยงของร่างกาย และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่างๆ ได้ จากการศึกษาที่ผ่านมา การฝึกออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทรงตัว ไม่ได้มีเพียงการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกายเท่านั้น แต่ยังพบว่าการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน เพื่อให้ครอบคลุมถึงกลไกการควบคุมการทรงตัว ผู้วิจัยจึงสนใจนำโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายโยคะ และโปรแกรมการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง หวังว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษา รวมถึงใช้เป็นแนวทางในการฝึกออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความสามารถในการทรงตัว และลดปัญหาความเสี่ยงจากการหกล้มในผู้สูงอายุต่อไป

## 1.2 คำถามงานวิจัย (research questions)

### คำถามงานวิจัยหลัก

1. การฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวส่งผลต่อการทรงตัวขณะยืนแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

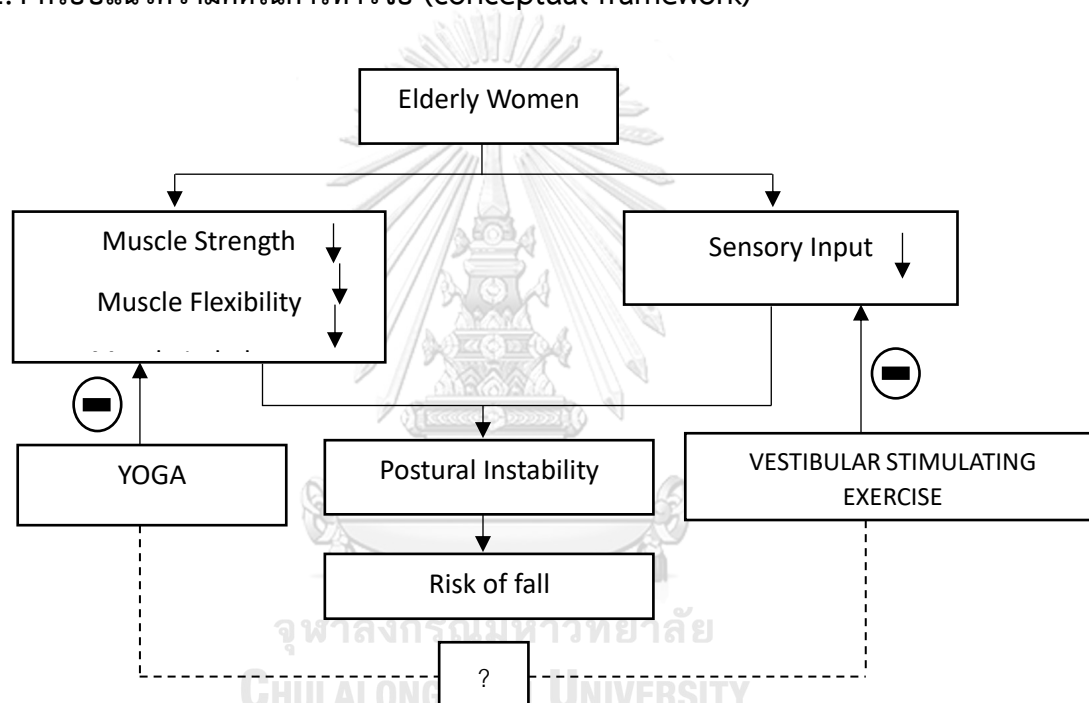
### คำถามงานวิจัยรอง

2. การฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวส่งผลต่อการทรงตัวขณะเดินแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

### 1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย (objectives)

1. เพื่อศึกษาผลการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวขณะยืนในผู้สูงอายุเพศหญิง
2. เพื่อศึกษาผลการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวขณะเดินในผู้สูงอายุเพศหญิง

### 1.4 กรอบแนวความคิดในการทำวิจัย (conceptual framework)



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดในการทำวิจัย

## 1.5 สมมติฐานงานวิจัย (hypothesis)

### สมมติฐานหลัก

การฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวส่งผลต่อการทรงตัวขณะยืนแตกต่างกัน

### สมมติฐานรอง

การฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวส่งผลต่อการทรงตัวขณะเดินแตกต่างกัน

## 1.6 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (experimental study) ในผู้สูงอายุเพศหญิงช่วงอายุ 65 ปีขึ้นไป ที่ผ่านเกณฑ์การเข้าร่วมวิจัยและยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA no. 130/2021. เนื่องจากงานวิจัยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นมนุษย์ ดังนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับทราบถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับจากงานวิจัยและเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้ซักถามความต้องการก่อนที่จะลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร และผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถขอยกเลิกและถอนตัวตลอดการเข้าร่วมโครงการช่วงใดก็ได้ ไม่ว่าด้วยเหตุผลใดก็ตาม

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจเทียบเครื่องมือ (calibration) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัยทุกครั้งก่อนทำการเก็บข้อมูลวิจัยจริง

## 1.7 คำสำคัญ (keywords)

balance

yoga

vestibular exercise

falling

### 1.8 คำนิยามเชิงปฏิบัติที่ใช้ในการวิจัย (operational definition)

- การทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืน หมายถึง การทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางร่างกายจากการยืนบนแผ่นวัดแรงดัน (force platform) และแผ่นโฟม (foam pad) โดยทำการทดสอบทั้งในเงื่อนไขลิ้มตาและหลับตา โดยทดสอบครั้งละ 30 วินาที ทำการทดสอบทั้งหมด 3 รอบ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าต่างๆ ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทรงตัว

- การทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน หมายถึงการทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการเดิน โดยคำนวณจากการติดวัตถุสะท้อนแสง 19 ตำแหน่ง ตามปุ่มกระดูกร่างกาย เพื่อมาคำนวณหาจุดศูนย์กลางร่างกาย และมาคำนวณค่าต่างๆ ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการทรงตัว

- โยคะ หมายถึง hatha vinyasa yoga รูปแบบหนึ่งของโยคะ การฝึกจะเน้นการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างต่อเนื่องให้สัมพันธ์กับลมหายใจ มีการคงค้างท่าฝึกให้อยู่กับลมหายใจเข้า-ออก ประมาณ 4 ลมหายใจ เพื่อให้กล้ามเนื้อทำงานได้อย่างเต็มที่ เน้นการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอเป็นหลัก การฝึกจะต้องอาศัยการเรียนรู้และการสังเกตร่างกายในการเคลื่อนไหว

- ระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน หมายถึง อวัยวะรับรู้ความรู้สึกภายในโครงสร้างของหูชั้นในทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลตำแหน่งศีรษะขณะที่มีความเร่งเชิงมุมและเชิงเส้น เพื่อให้การเคลื่อนไหวมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม โดยการฝึกเน้นการเคลื่อนไหวศีรษะและเคลื่อนไหวดวงตาไปในทิศทางต่างๆ เพื่อกระตุ้นอวัยวะรับรู้ความรู้สึกที่อยู่ภายในโครงสร้างในหูชั้นใน

### 1.9 ข้อจำกัดในการวิจัย (limitation)

- การศึกษาในครั้งนี้ คัดเลือกอาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุเพศหญิงที่มีช่วงอายุ 65-75 ปี ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกตามที่กำหนดในงานวิจัย ดังนั้นผลการศึกษานี้ไม่สามารถอ้างอิงไปยังกลุ่มอื่นๆ นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ได้

- การศึกษาในครั้งนี้ นอกเหนือจากช่วงเวลาขณะที่ทำการฝึก ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมต่างๆ ของอาสาสมัครที่เข้าร่วมวิจัยได้

### 1.10 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (expected benefits and application)

1. เพื่อให้ทราบถึงผลของการฝึกกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในและกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวต่อการทรงตัวขณะยืนและขณะเดินในผู้สูงอายุเพศหญิงเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม

2. เพื่อทราบถึงความแตกต่างในการตอบสนองของร่างกายต่อการทรงตัวจากโปรแกรมการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในและการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต เกี่ยวกับการพัฒนาและประยุกต์รูปแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการล้มในกลุ่มผู้สูงอายุ

### 1.11 อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการวิจัยและแนวทางในการแก้ไข (obstacle and strategies to solve the problem)

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยอาจจะยังไม่คุ้นเคยกับท่าทางการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในและท่าการฝึกโยคะ อาจจะต้องใช้เวลาสักระยะในการปรับตัว ในการฝึกช่วงแรกผู้ฝึกอาจจะเน้นจังหวะให้ช้ารับรู้เรื่องลมหายใจและสมาธิจดจ่อและเข้าใจท่าทางก่อน ขณะที่ฝึกบางท่าอาจจะใช้ความสามารถในการจำรายละเอียดค่อนข้างเยอะ และแต่ละท่าขณะที่ปฏิบัติอาจส่งผลต่ออาการเวียนศีรษะ บ้านหมุน รวมถึงท่าที่ต้องใช้ความสามารถของการทรงตัวเยอะ อาจจะมีความเสี่ยงต่อการล้มได้ ดังนั้นจึงมีการอธิบายท่าทางและสาธิตวิธีทำการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบเข้าใจวิธีการปฏิบัติ และคุ้นเคยกับท่า รวมถึงมีผู้ช่วยในการคอยดูแลหากเกิดอุบัติเหตุระหว่างการเก็บวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ผู้สูงอายุ

คือ บุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป ตามคำนิยามขององค์การอนามัยโลก (world health organization : WHO) และ องค์การสหประชาชาติ (united nations : UN) พบการเปลี่ยนแปลงของสภาพร่างกายที่เสื่อมถอยทุกระบบ โดยสามารถจำแนกผู้สูงอายุเป็น 3 ช่วงอายุ ดังนี้

1. ผู้สูงอายุตอนต้น คือ เพศชาย เพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 60-69 ปี
2. ผู้สูงอายุตอนกลาง คือ เพศชาย เพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 70-79 ปี
3. ผู้สูงอายุตอนปลาย คือ เพศชาย เพศหญิง ตั้งแต่ช่วงอายุ 80 ปีขึ้นไป

#### 2.2 การล้ม

การสูญเสียความสามารถของร่างกายในการรักษาสมดุลและการทรงตัว ร่างกายถูกรบกวน และเกิดการเสียสมดุลจากปัจจัยภายในหรือปัจจัยภายนอก ร่างกายไม่สามารถที่จะควบคุมจุดศูนย์กลางร่างกาย (center of mass) ให้อยู่ในขอบเขตฐานรองรับน้ำหนัก (base of support) ได้ ส่งผลให้อวัยวะร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งล้มลงสัมผัสกับพื้น การล้มนำไปสู่การเกิดอาการบาดเจ็บได้ ตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงระดับรุนแรงซึ่งส่งผลต่อทางด้านร่างกายและด้านจิตใจ และเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกหักและภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ และอาจทำให้ผู้สูงอายุขาดการเคลื่อนไหวเป็นระยะเวลานานและอาจเสียชีวิตในที่สุด

## 2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการล้ม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวและเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการล้มของผู้สูงอายุ แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก (9)

1. ปัจจัยภายใน (intrinsic factors) เช่น เพศ อายุ การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สภาพด้านจิตใจ ภาวะซึมเศร้า ภาวะก้ำกึ่งการล้ม โรคทางระบบประสาท อาการเวียนศีรษะ ความดันโลหิตต่ำ ผู้ที่ปัญหาเกี่ยวกับการมองเห็นและการรับรู้ของหูชั้นใน ผู้ที่มีประวัติการล้มมาก่อน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความบกพร่องทางปัญญา

2. ปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) เช่น การตอบสนองของร่างกายต่อสภาวะแวดล้อม แสงสว่างที่ไม่เพียงพอ ความลื่นไถลของพื้นผิว รองเท้าหรือแผ่นรองเท้าที่ไม่เหมาะสม สภาวะแวดล้อมที่อยู่อาศัย ยาที่มีผลต่อระบบประสาท เป็นต้น

การล้ม คือ ปัญหาอันดับต้นๆ ที่ค่อนข้างพบเจอได้บ่อยในผู้สูงอายุและยากที่หลีกเลี่ยงได้ สิ่งสำคัญที่จะทำให้การล้มในผู้สูงอายุลดลง คือการควบคุมและลดปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อการล้ม หากสามารถควบคุมและลดปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อการล้มดังกล่าวได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จะทำให้อัตราการล้มในผู้สูงอายุลดลงได้ สิ่งสำคัญอีกหนึ่งอย่างในการช่วยลดความเสี่ยงต่อการล้ม คือ การออกกำลังกายส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถของร่างกาย ชะลอความเสื่อมของระบบต่างๆ รวมถึงช่วยส่งเสริมความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## 2.4 การทรงตัว

การทรงตัว คือ ความสามารถของร่างกายในการควบคุมจุดศูนย์กลางของร่างกาย (center of mass) ให้อยู่บนฐานรองรับน้ำหนัก (base of support) ทั้งในช่วงขณะที่ร่างกายอยู่นิ่งและขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว รวมทั้งในขณะที่มีแรงจากภายนอกมากระทำต่อร่างกาย (1)

จุดศูนย์กลางร่างกาย (center of mass : COM) คือ จุดกึ่งกลางหรือจุดสมมาตรของร่างกาย ระหว่างขนาดร่างกายส่วนบน-ส่วนล่างและร่างกายซีกขวา-ซีกซ้าย คนทั่วไปโดยปกติจะพบว่า ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางร่างกายจะอยู่บริเวณของสะดือ ในขณะที่ยืนตัวตรงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางร่างกายจะอยู่บนฐานรองรับน้ำหนักในแนวระนาบเดียวกัน ส่งผลให้ร่างกายมีความมั่นคงสูง แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางร่างกายให้ออกไปอยู่นอกเหนือขอบเขตของฐานรองรับน้ำหนัก

จะทำให้เกิดจุดศูนย์กลางร่างกายกับฐานรองรับน้ำหนักมีระยะที่ต่างกัน ดังนั้นร่างกายจะใช้ความสามารถในการควบคุมท่าทางการทรงตัวที่มากขึ้นในการรักษาสมดุลร่างกายเพื่อให้ร่างกายนั้นสามารถทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ทำให้เกิดการล้ม ในการควบคุมการทรงตัวของร่างกายจะมีการดึงจุดศูนย์กลางร่างกายกลับมาให้อยู่แนวเดียวกันกับฐานรองรับน้ำหนักโดยอัตโนมัติเช่นสภาวะปกติ

ฐานรองรับน้ำหนัก (base of support) คือ บริเวณพื้นผิวหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายที่มีการแตะหรือสัมผัสกับพื้น เพื่อช่วยให้ร่างกายสามารถตั้งตรงอยู่ได้ ประโยชน์ของฐานรองรับน้ำหนักคือ ช่วยเพิ่มความมั่นคงและรักษาสมดุลร่างกายในการควบคุมการทรงตัว เช่น หากขนาดของฐานรองรับน้ำหนักมีความกว้างจะช่วยเพิ่มพื้นที่ในการรองรับน้ำหนักร่างกายเพื่อใช้ในการควบคุมท่าทางมากขึ้น ทำให้จุดศูนย์กลางร่างกายอยู่ต่ำ ความมั่นคงในการทรงตัวสูง ร่างกายสามารถทรงตัวได้ดี หรือ หากขนาดของฐานรองรับน้ำหนักมีความกว้างที่ลดลงหรือส่วนที่สัมผัสกับพื้นผิวน้อยลง ร่างกายจะใช้ความสามารถในการควบคุมการทรงตัวที่มากขึ้น ทำให้จุดศูนย์กลางร่างกายอยู่สูง ความมั่นคงในการทรงตัวน้อย จากฐานรองรับน้ำหนักที่มีขนาดลดลงร่างกายจะต้องรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความมั่นคงในการทรงตัวลดลง

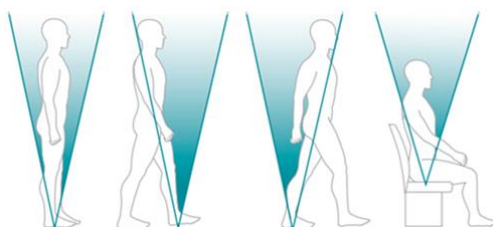
การทรงตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ (30)

1. การทรงตัวขณะร่างกายอยู่นิ่ง (static balance) คือ ความสามารถของร่างกายในการควบคุมและรักษาสมดุลขณะที่ร่างกายอยู่นิ่งไม่มีการเคลื่อนไหว อาศัยการทำงานร่วมกันของระบบอวัยวะรับรู้ความรู้สึก ได้แก่ ระบบการมองเห็น ระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และระบบรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อ

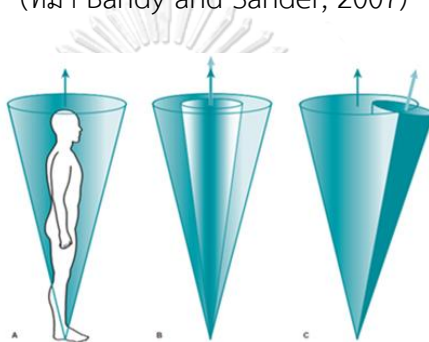
2. การทรงตัวขณะเคลื่อนไหวร่างกาย (dynamic balance) คือ ความสามารถของร่างกายในการควบคุมและรักษาสมดุล จากการเคลื่อนไหวร่างกายโดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ เช่น การเดิน การวิ่ง เป็นต้น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงท่าทางการเคลื่อนไหวในอิริยาบถต่างๆ เช่น การลุก-นั่ง เป็นต้น โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบอวัยวะรับรู้ความรู้สึก ได้แก่ ระบบการมองเห็น ระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ระบบการรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อ ซึ่งการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวร่างกายจะมีขั้นตอนและการทำงานที่ซับซ้อนมากกว่าการทรงตัวขณะร่างกายอยู่นิ่ง ร่างกายจะต้องอาศัยการควบคุมการทำงานจากหลายๆส่วน รวมถึงระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว-คลายตัว (muscle contraction) ในการหดตัว-



คล้ายตัวของกล้ามเนื้อจะตอบสนองเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะท่าทางที่ในการเคลื่อนไหวทำให้การเคลื่อนไหวนั้นมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่



ภาพที่ 2 แสดงขอบเขตความมั่นคงในท่ายืนนิ่ง ท่าเดิน และท่านั่ง  
(ที่มา Bandy and Sander, 2007)



ภาพที่ 3 แสดงความมั่นคงในท่ายืน โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงฐานรองรับน้ำหนัก  
(ที่มา Bandy and Sander, 2007)

## 2.5 ปฏิกริยาตอบสนองอัตโนมัติต่อการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางร่างกาย

ในการเปลี่ยนแปลงหรือการรบกวนจุดศูนย์กลางร่างกาย ในการทรงตัวขณะยืนแม้จะดูเหมือนว่าไม่มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น แต่ปฏิกริยาตอบสนองอัตโนมัติของข้อเท้าจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทั้งแนวด้านหน้า-หลัง (anterior-posterior : AP) และแนวด้านข้างใน-นอก (medial-lateral : ML) นอกจากนี้หากมีแรงจากภายนอกมากระทำต่อร่างกายหรือมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงหรือมีการรบกวนจุดศูนย์กลางร่างกาย เพื่อให้ร่างกายสามารถที่จะทรงตัวอยู่ได้ ต้องอาศัยการตอบสนองของร่างกายรวมถึงความสามารถของร่างกายจากการดึงให้จุดศูนย์กลางร่างกายกลับมาอยู่บนฐานรองรับน้ำหนัก เพื่อเพิ่มความมั่นคงให้ร่างกายและทำให้ร่างกายสามารถทรงตัวอยู่ได้โดยไม่มีการล้มเกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้ (30, 31)

### 1. การควบคุมของข้อเท้า (ankle strategy)

เมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายเกิดขึ้น ไม่ว่าแรงนั้นเป็นแรงจากภายในหรือเป็นแรงจากภายนอกที่มากระทำก็ตาม หากแรงนั้นมีน้ำหนักเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงหรือการรบกวนจุดศูนย์กลางร่างกายจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และปฏิกิริยาตอบสนองต่อการรบกวนสมดุลจะการใช้การควบคุมของข้อเท้าเป็นหลัก โดยมีการปรับตัวอยู่ตลอดเวลาในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อให้ร่างกายสามารถทรงตัวอยู่ได้โดยไม่มีการล้มเกิดขึ้น เพื่อให้ร่างกายกลับมาอยู่ในสภาวะปกติ



ภาพที่ 4 แสดงการควบคุมของข้อเท้า (ankle strategy)  
(ที่มา Bandy and Sander, 2007)

### 2. การควบคุมของข้อสะโพก (hip strategy)

เมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการถูกรบกวนสมดุลของร่างกายจากแรงภายนอกที่มากระทำหรือมีการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางร่างกายขณะเคลื่อนไหวโดยที่ฐานรองรับน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง หากแรงนั้นมีน้ำหนักที่มากและเกินความสามารถในการควบคุมของข้อเท้า ในการควบคุมความสามารถในการทรงตัว จะใช้การควบคุมของข้อสะโพก โดยที่ร่างกายจะมีการเคลื่อนไหวข้อสะโพกอย่างรวดเร็ว อาทิ การงอสะโพก การเหยียดสะโพก เพื่อรักษาความมั่นคงของร่างกายและรักษาแนวจุดศูนย์กลางของร่างกายให้อยู่บนขอบเขตของฐานรองรับน้ำหนักตามปกติ โดยการปรับตัวและการตอบสนองของข้อสะโพกจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางของร่างกาย



ภาพที่ 5 แสดงการควบคุมของข้อสะโพก (hip strategy)

(ที่มา Bandy and Sander, 2007)

### 3. การควบคุมการก้าวเท้าไปด้านหน้า (stepping strategy)

เมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จากแรงภายนอกจำนวนมากที่มากระทำ หรือมีการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางร่างกายขณะเคลื่อนไหวจนจุดศูนย์กลางร่างกายเกินขอบเขตของฐานรองรับน้ำหนัก และเกินความสามารถจากการควบคุมของข้อเท้าและการควบคุมข้อสะโพก ทำให้ไม่สามารถรักษาสสมดุลร่างกายและสูญเสียความสามารถในการทรงตัว ร่างกายจะมีการควบคุมการก้าวเท้าไปด้านหน้า เพื่อเพิ่มฐานรองรับน้ำหนักใหม่ให้มีขนาดที่กว้างขึ้น ทำให้เพิ่มความมั่นคงของร่างกาย และป้องกันความเสี่ยงจากการล้มที่จะเกิดขึ้น



ภาพที่ 6 แสดงการควบคุมการก้าวเท้าไปด้านหน้า (stepping strategy)

(ที่มา Bandy and Sander, 2007)

## 2.6 การควบคุมการทรงตัว

ในสภาวะปกติร่างกายคนเราอาศัยการทำงานของระบบต่างๆ ในการเชื่อมโยงประสานกันตลอดเวลา เพื่อรักษาสมดุลของร่างกายให้สามารถทรงตัวได้ทั้งขณะร่างกายอยู่นิ่งและขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย ประกอบด้วย 3 ระบบ ดังนี้ (2, 30, 31)

1. ระบบอวัยวะรับความรู้สึก (sensory system)
2. ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system: CNS)
3. ระบบควบคุมการเคลื่อนไหว (motor control)

### 1. ระบบอวัยวะรับความรู้สึก (sensory system)

คือ ช่องทางการรับความรู้สึกที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัว ได้แก่ ระบบรับภาพและการมองเห็น (visual system) ระบบรับรู้การเคลื่อนไหวและความรู้สึกของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อ (proprioceptive system) ระบบรับความรู้สึกที่เกี่ยวกับการทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) เพื่อรับรู้ความสมดุลของร่างกายที่เปลี่ยนไปก่อนการส่งสัญญาณกระแสประสาทไปยังระบบประสาทส่วนกลาง

- ระบบรับภาพและการมองเห็น (visual system) คือ การรับ-ส่งข้อมูลจากภาพหรือสิ่งที่สายตารามองเห็น การทำงานของระบบการมองเห็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหวร่างกายไปตามสภาพแวดล้อม ณ ขณะนั้น เพื่อให้เราตัดสินใจและสามารถวางแผนการเคลื่อนไหวได้ การมองเห็นสามารถบ่งบอกตำแหน่งของร่างกายได้จากการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม จากนั้นระบบประสาทรับความรู้สึกจะทำการส่งข้อมูลมายังระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล ทำให้เกิดรูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างเหมาะสม หากมีการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างรวดเร็วรวมถึงการหลับตา จะทำให้การมองเห็นลดลง ร่างกายสูญเสียความสามารถในการทรงตัวทันที ในผู้สูงอายุพบว่า มีการเสื่อมของดวงตา การรับแสงของดวงตาไปที่เรตินาลดลง การมองเห็นภาพโดยรวมและวิสัยทัศน์การมองเห็นลดลง ภาพที่เห็นมีความไม่ชัดเจน เนื่องจากการรับความคมชัดและรายละเอียดของภาพรวมถึงความตื้น-ความลึกของภาพลดลง ส่งผลให้การเคลื่อนไหวร่างกายหรือการการเคลื่อนไหวขณะทำกิจกรรมต่างๆ มีประสิทธิภาพลดลง

- ระบบรับรู้การเคลื่อนไหวและความรู้สึกของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อ (proprioception system) คือ การรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกาย จากข้อต่อ เอ็น และกล้ามเนื้อ ในผู้สูงอายุพบว่า การ

ทำงานของระบบรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกายลดลง ได้แก่ การรับรู้เกี่ยวกับการสัมผัส (tactile) การรับรู้แรงกดของกล้ามเนื้อ (pressure) การรับรู้การสั่น (vibration) และการรับรู้การเคลื่อนไหวในข้อ (proprioceptor) จำนวนเซลล์ตัวรับความรู้สึกลดลง (receptors) รวมถึงเส้นใยประสาทส่งสัญญาณ (sensory fibers) มีจำนวนลดลง เซลล์ตัวรับความรู้สึกจากประสาทส่วนปลายมีหลายชนิด ประกอบด้วย

muscle spindle มีลักษณะเป็นรูปร่างคล้ายกระสวย ทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึกและตรวจจับความยาวจากการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ ก่อนที่จะส่งข้อมูลไปยังระบบประสาทส่วนกลาง

golgi tendon กล้ามเนื้อยึดอยู่กับ tendon ภายในประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจนจำนวนมาก เส้นใยดังกล่าวจะถูกพันกับแอกซอน (axon) เมื่อมีการหดตัว-คลายตัวของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อจะถูกยืดออก ทำให้แอกซอนถูกเส้นใยคอลลาเจนไปหนีบ เกิดการกระตุ้นและการส่งสัญญาณกระแสไฟฟ้า รับรู้ว่าเอ็นกล้ามเนื้อถูกยืดยาวออก เมื่อมีการรับรู้ความรู้สึกของแรงตึงในกล้ามเนื้อเกิดขึ้น ส่งผลต่อ Tendon ด้วย

joint receptors ตัวรับความรู้สึกบริเวณผิวข้อ ทำหน้าที่ รับความรู้สึกจากแรงที่มากระทำกับผิวข้อ

cutaneous Receptors ตัวรับความรู้สึกบริเวณผิวหนัง ทำหน้าที่ รับความรู้สึกจากแรงที่มากระทำบริเวณผิวหนัง

- ระบบรับรู้ความรู้สึกที่เกี่ยวกับการทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) ทำหน้าที่ ประมวลผลการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งศีรษะ ตำแหน่งร่างกาย ในขณะที่ร่างกายอยู่นิ่งไม่มีการเคลื่อนไหวและขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายท่าทางต่างๆ เมื่อมีการขยับตัวหรือการเคลื่อนไหวร่างกาย อวัยวะดังกล่าวจะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความเร่งเชิงมุมและความเร่งเชิงเส้น ซึ่งจะสัมพันธ์ไปกับลักษณะของการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยระบบนี้มีความสำคัญต่อระบบประสาท ในผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงบริเวณภายในโครงสร้างหูชั้นใน พบว่าจำนวนเซลล์รับความรู้สึกลดลง (hair cells) และเซลล์ประสาท (nerve cells) ลดลง ทำให้การทำงานและการส่งสัญญาณกระแสประสาทลดลงเมื่อเทียบกับช่วงวัยอื่นๆ

### ตัวรับความรู้สึกที่ส่งผลต่อการทรงตัวของหูชั้นใน (vestibular apparatus)

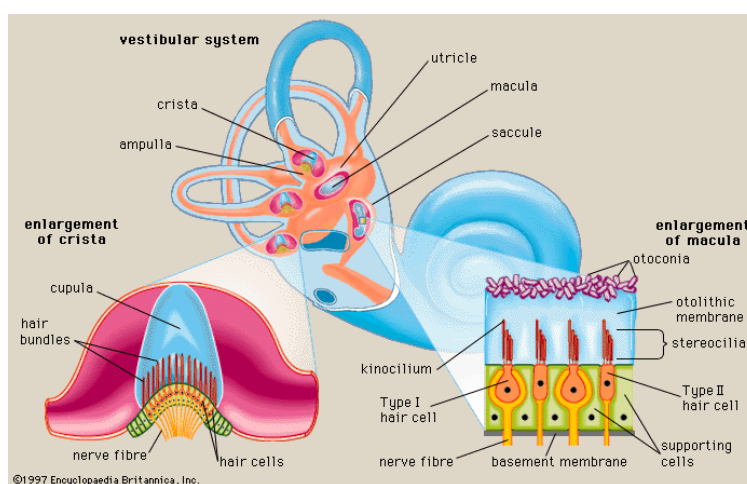
ตัวรับความรู้สึกที่ส่งผลต่อการทรงตัวของหูชั้นใน (vestibular apparatus) ประกอบด้วย

1. crista ampullaris คือ ตัวรับความรู้สึกพิเศษ ที่อยู่ภายในท่อครึ่งวงกลม (semicircular canal) จะถูกกระตุ้นเมื่อเกิดการเคลื่อนไหวศีรษะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความเร่งทั้งเชิงมุมและเชิงเส้น เซลล์ขน (hair cells) ทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูล จากนั้นข้อมูลที่ได้รับจะถูกแปลผลแล้วนำส่งไปยังระบบประสาทตามเส้นประสาท vestibular และเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 ตามลำดับ และถูกส่งต่อไปที่ก้านสมอง และนำเข้าสู่สมองส่วนซีเบลลัม เพื่อให้เกิดการประมวลผลการตอบสนองที่ถูกต้องและรวดเร็ว และสื่อสารไปยังการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว หากมีการเดินที่ผิดปกติ เช่น การเดินเซ ร่างกายจะตอบสนองโดยการก้าวเท้าไปข้างหน้า เพื่อเพิ่มฐานรองรับน้ำหนัก ทำให้ร่างกายสามารถทรงตัวอยู่ได้และไม่มีการล้มเกิดขึ้น ท่อครึ่งวงกลม (semicircular canal) มีลักษณะเป็นท่อครึ่งวงกลม 3 วง ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ได้แก่ superior, posterior และ lateral จะทำหน้าที่ รับรู้การเปลี่ยนแปลงความเร่งจากการหมุนของศีรษะหรือการเคลื่อนไหวร่างกาย ภายในท่อครึ่งวงกลมจะมี endolymph มีลักษณะเป็นของเหลว เมื่อมีการเคลื่อนไหวศีรษะจะมีการไหลของเหลว endolymph เกิดขึ้น ที่บริเวณส่วนปลายของท่อครึ่งวงกลมจะมีลักษณะพองออกเป็นกระเปาะ ภายในเป็นที่อยู่ของตัวรับความรู้สึกพิเศษ crista ampullaris

2. macula คือ เยื่อผิวรับความรู้สึกที่อยู่ใน ยูตริเคิล (utricle) และแซคคูล (sacculle) macula ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือ เซลล์ขน (hair cells) และเซลล์ค้ำจุน (supporting cells) ถูกฝังตัวอยู่ใน otolithic membrane ซึ่งมีลักษณะคล้ายวุ้น ซึ่งใน otolithic membrane มีผลึกหินปูนจำนวนมาก (calcium carbonate crystals) คือ otoconia หรือ statolith ยูตริเคิล (utricle) จะถูกกระตุ้นหากมีการก้มหน้าหรือเงยศีรษะ ส่วนแซคคูล (Saccule) จะถูกกระตุ้นเมื่อมีการเอียงศีรษะไปทางด้านขวาหรือด้านซ้าย ของเหลวที่อยู่ภายในจะถูกเคลื่อนที่ไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก หรือสวนทางกันกับแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อมีการเคลื่อนไหวศีรษะจะทำให้ตัวรับความรู้สึกถูกกระตุ้น เซลล์ขนซีเลียที่อยู่ด้านในจะทำหน้าที่รับความรู้สึก และเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าที่เซลล์ขนเป็นสัญญาณกระแสประสาท และถูกส่งผ่านเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 เข้าสู่ก้านสมองส่วนซีเบลลัม ซึ่งทำหน้าที่ ในการควบคุมการทรงตัวของร่างกาย

อวัยวะรับความรู้สึกทั้งหมดจะทำหน้าที่ร่วมกันในการประมวลผลจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของร่างกาย และมีส่วนช่วยในการควบคุมการทรงตัวของร่างกายผ่าน vestibulospinal

tract เกิดการหดเกร็งของกล้ามเนื้อในฝั่งตรงข้ามกับ ampullae เพื่อเป็นการปรับสมดุลให้ร่างกายซึ่งมีส่วนสำคัญในการควบคุมและชดเชยการทรงตัว เมื่อร่างกายได้รับข้อมูลจากอวัยวะรับความรู้สึกทั้งหมดจะทำการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดการตอบสนองได้อย่างเหมาะสม หากมีการบกพร่องหรือพบความผิดปกติของส่วนใดส่วนหนึ่งอาจทำให้เกิดการรบกวนสมดุลและส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทรงตัว



ภาพที่ 7 แสดงอวัยวะที่ควบคุมการทรงตัวภายในหูชั้นใน

(ที่มา <https://www.britannica.com/science/human-nervous-system/The-vestibular-system>)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## 2. ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system: CNS)

ประกอบด้วย สมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่ รับข้อมูลจากระบบอวัยวะรับความรู้สึกทั้งหมด ได้แก่ ระบบรับภาพและการมองเห็น (visual system) ระบบรับรู้การเคลื่อนไหวและความรู้สึกของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อ (proprioceptive system) ระบบรับรู้ความรู้สึกที่เกี่ยวกับการทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) หลังจากที่ได้รับข้อมูลต่างๆ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำการเปรียบเทียบ คัดเลือกรวบรวม ประมวลผล และตัดสินใจ เพื่อสั่งการไปยังระบบควบคุมการเคลื่อนไหว เพื่อให้เกิดการตอบสนองอย่างเหมาะสม

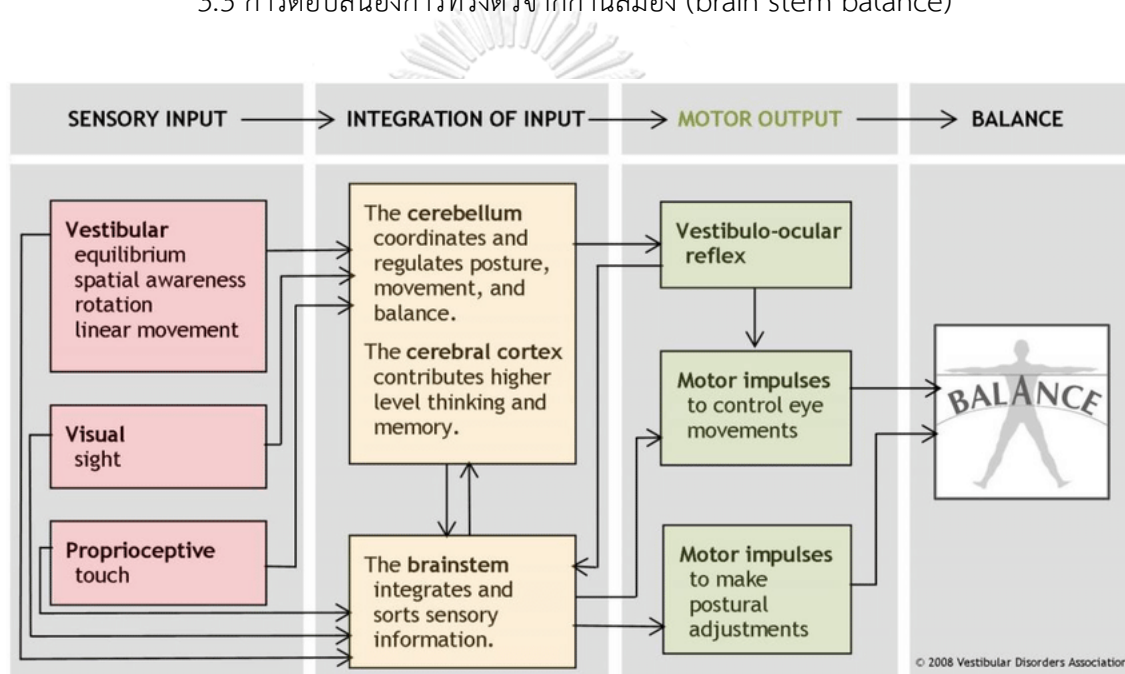
### 3. ระบบควบคุมการเคลื่อนไหว (motor control)

ทำหน้าที่ ตอบสนองต่อข้อมูลที่รับจากระบบประสาทส่วนกลางออกมาเป็นรูปแบบท่าทาง และการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยอาศัยการหดตัว-คลายตัวของกล้ามเนื้อ โดยจำแนกลักษณะของการตอบสนองดังนี้

#### 3.1 การตอบสนองแบบฉับพลันจากส่วนไขสันหลัง (spinal reflexes)

#### 3.2 การตอบสนองอย่างมีระบบแบบแผน (cognitive programming)

#### 3.3 การตอบสนองการทรงตัวจากก้านสมอง (brain stem balance)



ภาพที่ 8 แสดงวงจรและกลไกการควบคุมการทรงตัวของร่างกายจากอวัยวะรับรู้

(ที่มา [https://www.researchgate.net/figure/The-human-balance-system-Courtesy-of-the-Vestibular-Disorders-Association\\_fig3\\_322288753](https://www.researchgate.net/figure/The-human-balance-system-Courtesy-of-the-Vestibular-Disorders-Association_fig3_322288753))



## 2.7 การทดสอบความสามารถในการทรงตัว

### การทดสอบ Berg Balance Score (32)

แบบทดสอบการทรงตัวด้วยแบบประเมินของเบิร์ก (berg balance score : BBS) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุ ประกอบด้วยกิจกรรมที่มีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวทั้งหมด 14 กิจกรรม ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 20 นาที เมื่อทำการทดสอบในคนที่มีประวัติการล้มมาก่อนแบบประเมินนี้มีความไว (sensitivity) สูงถึง 92% และเมื่อทำการทดสอบในคนปกติแบบประเมินนี้มีความไว (sensitivity) 53% พบว่า intrarater และ intrarater reliability เท่ากับ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ โดยรูปแบบของกิจกรรมมีดังต่อไปนี้

1. เปลี่ยนจากท่านั่งเป็นลุกขึ้นยืน	8. ยืนตรงเอื้อมเหยียดแขนไปข้างหน้าไม่ยกส้นเท้า
2. ยืนตรงเป็นระยะเวลา 2 นาที	9. ยืนตรงแล้วก้มเก็บของจากพื้น
3. นั่งตัวตรงหลังไม่พิงพนักพิง 2 นาที	10. ยืนตรงแล้วบิดตัวหันไปมองข้างหลัง
4. เปลี่ยนจากทำยืนตรงเป็นนั่งลงเก้าอี้	11. ยืนหมุนตัว 360 องศา ไป-กลับ 1 รอบ(จับเวลา)
5. เปลี่ยนจากนั่งเก้าอี้ที่มีที่พักแขนไปแบบไม่มีที่พัก	12. ยืนตรงก้าวเท้าสลับกันแตะบนม้านั่งเตี้ย
6. ยืนตรงหลับตาเป็นระยะเวลา 1 นาที	13. ยืนทรงตัวปลายเท้าต่อส้นเท้า
7. ยืนตรงขอบเท้าด้านในชิดกัน	14. ยืนทรงตัวด้วยขาข้างเดียว

เกณฑ์สำหรับการประเมินหรือการให้คะแนน ในแต่ละกิจกรรมคะแนนสูงสุด คือ 4 คะแนน โดยคะแนนจะเริ่มตั้งแต่ 0 คะแนน คือ ไม่สามารถทำกิจกรรมนั้นได้ และคะแนนสูงสุด 4 คะแนน คือ สามารถทำกิจกรรมนั้นได้เองและปลอดภัย โดยคะแนนจะขึ้นอยู่กับความสามารถ หรือระยะเวลาที่ใช้ ในแต่ละกิจกรรมตามรายการทดสอบของผู้ทดสอบ คะแนนรวมสูงสุด คือ 56 คะแนน

#### การประเมินผล

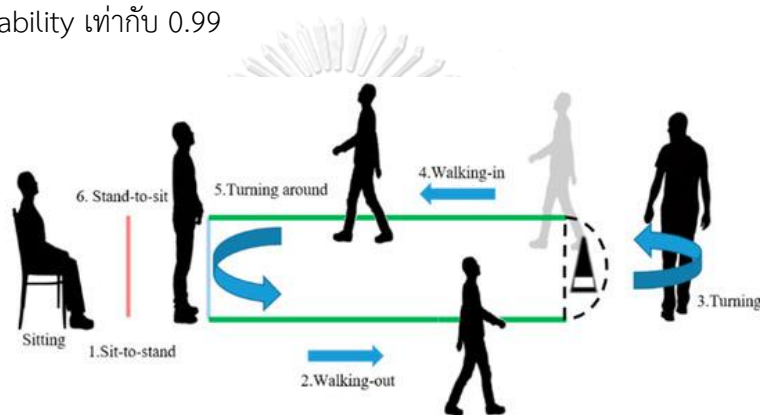
ช่วงคะแนน 45 คะแนนขึ้นไป หมายความว่า ความสามารถในการทรงตัวดีและมีความเสี่ยงต่อการล้มน้อย

ช่วงคะแนน 35-44 คะแนน หมายความว่า ความบกพร่องด้านการทรงตัวมีเล็กน้อยและเสี่ยงต่อการล้มปานกลาง

ช่วงคะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 34 คะแนน ความบกพร่องด้านการทรงตัวสูงและมีความเสี่ยงต่อการล้มมาก

การทดสอบ Time Up and Go (33, 34)

วิธีการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวขณะทำกิจกรรมต่างๆ โดยทำการทดสอบวัดความเร็วจากการทำกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของการเปลี่ยนท่าทาง การทดสอบเริ่มต้นจากการเปลี่ยนท่านั่งเป็นท่ายืน และเปลี่ยนท่ายืนเป็นท่าการเดิน การเปลี่ยนท่าการหมุนกลับตัว และการเปลี่ยนท่ายืนเป็นท่านั่ง การทดสอบพบความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ทดสอบและการทดสอบโดยการวัดซ้ำอยู่ในเกณฑ์ดีมาก พบว่าสามารถนำเอาการทดสอบนี้ไปใช้ในการทดสอบการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ เนื่องจากการทดสอบนี้มีความไว 87% และความจำเพาะ 87% ถือว่าค่อนข้างสูง มี interrater และ intrarater reliability เท่ากับ 0.99



ภาพที่ 9 แสดงการทดสอบ Time Up and Go  
(ที่มา <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/21/6302>)

วิธีการทดสอบ

1. อาสาสมัครลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ที่มีพนักพิงและความสูงจากพื้น 45 เซนติเมตร
2. เดินตรงไปทางด้านหน้าระยะทาง 3 เมตร ด้วยความเร็วที่ใช้ในการเดิน จนถึงกรวยที่ตั้งไว้
3. จากนั้นเดินเลี้ยวรอบกรวยที่ตั้งไว้ แล้วเดินตรงกลับมานั่งเก้าอี้อีกครั้ง
4. ผู้ทดสอบทำการบันทึกเวลาทั้งหมดที่อาสาสมัครใช้ตั้งแต่เริ่มลุกขึ้นยืนจากท่านั่งจนกลับมา นั่งเก้าอี้อีกครั้ง

## การประเมินผล

ระยเวลาน้อยกว่า 10 วินาที หมายความว่า ความสามารถในการทรงตัวดี

ระยะเวลาระหว่าง 11-20 วินาที หมายความว่า พบปัญหาเกี่ยวกับการทรงตัวระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง

ระยะเวลามากกว่า 20 วินาที หมายความว่า พบปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการทรงตัวค่อนข้างมาก

การทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure : COP) ขณะยืน

ในการทดสอบการทรงตัวขณะยืนโดยใช้แผ่นวัดแรงดัน (force platform) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์สำหรับการทดสอบการควบคุมการแกว่งของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในขณะยืน ซึ่งใช้ในทางวิจัยเพื่อตรวจสอบและประเมินคุณภาพในการทรงตัว โดยอาศัยแรงกดของร่างกายจากการยืนบนแผ่นวัดแรง ซึ่งแผ่นวัดแรงจะแสดงค่า ground reaction force มาหนึ่งแรงโดยแรงดังกล่าวบ่งบอกถึงจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure : COP)

จุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure : COP) คือ จุดที่บ่งบอกและแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งที่มีแรงเกิดขึ้นจากการทดสอบความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย เช่น การยืน ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวจะเกิดขึ้นภายใต้ขอบเขตของฐานรองรับน้ำหนัก (base of support) คือ หากมีการยืนด้วยขาสองข้างบนแผ่นวัดแรงกด จะมีจุดศูนย์กลางแรงดันเกิดขึ้นอยู่ในตำแหน่งระหว่างขาทั้งสองข้าง หรือ หากมีการยืนทรงตัวด้วยขาข้างเดียวบนแผ่นวัดแรงกด จะมีจุดศูนย์กลางแรงดันเกิดขึ้นอยู่ในตำแหน่งของขาข้างที่ยืนทดสอบ จุดศูนย์กลางแรงดันดังกล่าวจะสัมพันธ์กับลักษณะของการยืน ขณะที่ยืนทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแรงดัน และเมื่อก้ามเนื้อใต้ฝ่าเท้าเกิดการทำงานโดยการหดตัว-คลายตัวเกิดขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระยะทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ทำให้มีการแกว่งของจุดศูนย์กลางร่างกาย โดยส่วนมากการทดสอบความสามารถในการทรงตัวจะทดสอบโดยการดูระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันเป็นหลัก ซึ่งจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure : COP) สามารถใช้ในการประเมินความสามารถในการทรงตัวได้ (1)

การทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกาย (center of gravity : COG) ขณะเดิน

การทดสอบการทรงตัวขณะเดินโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) ซึ่งประกอบด้วยชุดกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง วัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งถือเป็นเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ที่ใช้สำหรับการทดสอบเพื่อหาการแกว่งของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายในขณะเดิน ซึ่งถูกนำมาใช้ในทางวิจัยเพื่อตรวจสอบและประเมินคุณภาพในการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยอาศัยจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการเดินหรือการเคลื่อนไหว ซึ่งชุดกล้องอินฟราเรดความเร็วสูงจะทำงานสัมพันธ์กับวัตถุสะท้อนซึ่งจะแสดงค่าจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกาย (center of gravity : COG)

จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกาย (center of gravity : COG) คือ จุดที่บ่งบอกและแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของร่างกายที่ถูกแรงโน้มถ่วงมากระทำ จุดดังกล่าวได้มาจากการคำนวณ body segment parameter (winter, 1990) เพื่อหาจุดกึ่งกลางร่างกาย หรือ จุดศูนย์กลางมวล (center of mass : COM) จากการติดวัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) ในกรณีที่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย เกิดขึ้นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของการเคลื่อนไหว เมื่อจุดศูนย์กลางมวลมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงตามจุดศูนย์กลางมวลเช่นกัน ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงสามารถบอกระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของร่างกายขณะที่มีการเคลื่อนไหวได้เช่นกัน (1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 2.8 การฝึกโยคะต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ

โยคะ รูปแบบการออกกำลังกายชนิดหนึ่งถูกนำมาใช้สำหรับการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับร่างกายรวมถึง การฝึกทางด้านจิตใจ ถือเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่เก่าแก่ที่สุดของชาวอินเดีย โยคะมีต้นกำเนิดมาจากนักบวชชาวอินเดีย ซึ่งได้ถ่ายทอดความรู้และมีการบอกต่อ เมื่อมีการบอกต่อเยอะขึ้นจึงทำให้วิธีการฝึกมีการคลาดเคลื่อนและไม่เหมือนกับการฝึกดั้งเดิม หลังจากนั้นได้มีฤๅษีชื่อ ปตัญจาลี (Rishi Patanjari) เป็นผู้รวบรวมวิธีการฝึกให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสม และได้รับความนิยมสูงสุด ในชื่อ โยคะสูตรา (yogasutra) ซึ่งได้รวบรวมท่าการฝึกโยคะจากประสบการณ์การฝึกของตนเองควบคู่กับตำราฐานข้อมูลพระสูตรโยคะไว้อย่างครอบคลุม การฝึกโยคะเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มีความเหมาะสมกับทุกเพศ ทุกช่วงอายุ โดยเฉพาะกับผู้สูงอายุ เนื่องจากโยคะเป็นรูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างช้าๆด้วยท่าอาสนะต่อเนื่อง ที่สัมพันธ์กับลมหายใจ ประโยชน์และผลของการ

ฝึกโยคะให้ผลดีทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ การฝึกโยคะผู้ฝึกจะต้องมีสมาธิจดจ่ออยู่กับการเคลื่อนไหวร่างกายของตนเองให้สัมพันธ์กับลมหายใจตามท่าอาสนะต่างๆ ในขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายจะเป็นการฝึกเสริมสร้างสมรรถภาพของร่างกายและเรียนรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวจากร่างกายตัวเอง

ในปี ค.ศ. 2010 Schmid AA และคณะ มีการศึกษานำร่องผลของการฝึกโยคะ 12 สัปดาห์ที่มีผลต่อการทรงตัวและการก้ำกักรล้มในผู้สูงอายุ ทำการศึกษาในผู้สูงอายุที่มีอายุ 65 ปี ขึ้นไป จำนวน 14 คน โดยทำการฝึกโยคะ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ในการฝึกโยคะมีการฝึกเรื่องของการหายใจและการปรับท่าทางทั้งท่านั่งและท่านยืน โดยการก้ำกักรล้มใช้ตัววัด Berg balance score ความยืดหยุ่นของร่างกายส่วนบนและส่วนล่างใช้ Back Scratch test และ Chair sit & reach test พบว่าการก้ำกักรล้มลดลง 6% การทรงตัวขณะอยู่นิ่งเพิ่มขึ้น 4% และ ความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้น 34% ผลของการฝึกโยคะสามารถลดการก้ำกักรล้มและสามารถเพิ่มการทรงตัวได้ในผู้สูงอายุ รวมถึงช่วยลดความเสี่ยงจากการล้มได้ (14)

ในปี ค.ศ. 2013 Hainsworth KR และคณะ ทำการศึกษานำร่องเรื่อง การฝึกโยคะไอเณการ์ (Iyengar Yoga) 12 สัปดาห์ เพิ่มการทรงตัวและการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุ ทำการศึกษาในผู้สูงอายุ 54 คน ที่ไม่มีประสบการณ์ฝึกโยคะและไทชิ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะไอเณการ์ (ใช้อุปกรณ์เสื่อโยคะ, strap, blanket และ block เพื่อเพิ่มความมั่นคงและความปลอดภัย และท่าอาสนะจะถูกค้างไว้เป็นระยะเวลา 30-60 วินาที ขึ้นกับความสามารถของแต่ละบุคคล โฟกัสการทำงานของกล้ามเนื้อและข้อต่อ) และ กลุ่มควบคุม โดยกลุ่มที่ฝึกโยคะทำการฝึก ครั้งละ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยทดสอบการทรงตัวขณะอยู่นิ่งด้วย Single-leg Stance time และ timed sit to stance test, time-4m walk, single leg stance with eyes closed และ Falls efficacy scale-international พบว่า ในกลุ่มที่ฝึกโยคะไอเณการ์สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (โดยค่าเฉลี่ยของการเข้าร่วมคลาส คิดเป็น 83% เข้าร่วม 20 ครั้ง จากทั้งหมด 24 ครั้ง) ในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นประโยชน์หลังจากการฝึกโยคะ ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการเคลื่อนไหวในผู้สูงอายุได้ (15)

ในปี ค.ศ. 2014 Kelley KK และคณะ ทำการศึกษาลงมือของการฝึกโยคะบำบัดต่อความมั่นคงในการทรงตัวการเคลื่อนไหวและความเร็วในการเดินในผู้สูงอายุ โดยทำการศึกษาลงมือของการฝึกโยคะ 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที ศึกษาในผู้สูงอายุจำนวน 13 คน (หญิง 12 คน ชาย 1

คน) เปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก โดยใช้ Mini-BESTest :MBT, Time up & go test, Gait speed (normal & fast) ผลการศึกษาจากการเข้าร่วมฝึกโยคะ 19 ครั้ง ใน 24 ครั้ง (คิดเป็น 80% ของการฝึก) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบ MBT, TUG, Gait speed เพิ่มขึ้น ผลของการเข้าคลาสฝึกโยคะทั้งทำนั่ง ทำยืน และทำนอน สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัว การเคลื่อนไหวร่างกาย และความเร็วในการเดิน รวมถึงการลดความเสี่ยงต่อการล้มในผู้สูงอายุได้ (16)

ในปี ค.ศ. 2014 Nicholson VP และคณะ ทำการศึกษาผลของการฝึก BodyBalance เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์เพิ่มการทรงตัวและการทำกิจกรรมในวัยกลางคนและวัยสูงอายุ ศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดีอายุ 55 ปีขึ้นไป (อายุเฉลี่ย 66 ปี) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองฝึก BodyBalance โปรแกรมออกกำลังกายสำเร็จรูปของ Less mill โดยการรวมรูปแบบการออกกำลังกาย 3 ชนิด ได้แก่ โยคะ ไทชิ และพิลาทิส) ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมให้คงกิจกรรมดั้งเดิม พบว่า หลังโปรแกรมการฝึก 12 สัปดาห์ ความสามารถในการทรงตัวในกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นในตัววัด TUG, 30sec chair stand test, COP และไม่พบความแตกต่างของการกลั้วการล้มและแบบประเมินคุณภาพชีวิต ผลของการฝึก BodyBalance สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ (17)

ในปี ค.ศ. 2015 Nick N และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกโยคะต่อความสามารถในการทรงตัวและการกลั้วการล้มในผู้สูงอายุ ทำการศึกษาในผู้สูงอายุจำนวน 40 คน (ชาย 17 คน หญิง 23 คน) อายุระหว่าง 60-74 ปี ที่ได้คะแนน Modified Falls efficacy Scale :MFES น้อยกว่า 8 คะแนน และ Berg Balance Scale น้อยกว่า 45 คะแนน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกโยคะสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมให้คงกิจกรรมดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มทดลองพบความแตกต่างใน MFES, BBS เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าผลของการฝึกโยคะเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์สามารถลดการกลั้วการล้มและเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ในผู้สูงอายุ (12)

ในปี ค.ศ. 2016 Kadachha D และคณะ ทำการศึกษาผลของการฝึกโยคะอาสนะต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ ทำการศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดี อายุ 60 ปีขึ้นไป แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะอาสนะ และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน กลุ่มที่ฝึกโยคะอาสนะ ทำการฝึก 6 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทดสอบความสามารถในการทรงตัวโดยใช้ berg balance scale, Time up & Go test ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก ในกลุ่มทดลองหลังจากฝึกโยคะ

ระยะเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มการทรงตัวในผู้สูงอายุในทั้ง 2 ตัวชี้วัด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้น การฝึกโยคะอาสนะเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ (18)

ในปี ค.ศ. 2018 Wooten SV และคณะ มีการศึกษาผลของการฝึกโยคะภวานาต่อการรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อต่อและการทรงตัวในผู้สูงอายุ 50-85 ปีที่มีประวัติการล้ม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะภวานา (Yoga Meditation) (ให้นั่งสมาธิหลับตา สำนวญตัวเอง ทำความรู้จักร่างกายตัวเองเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นฝึกโยคะทั้งหมด 18 ท่า โดยตระหนักถึงการเคลื่อนไหวร่างกายตัวเองอย่างมีสติ) และกลุ่มที่ฝึกการรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อ (Proprioception) ทำการฝึกครั้งละ 45 นาที สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้ Balance Error Score System :BESS, Tinetti balance and gait assessment, Dynamic posturography, Joint position sense, joint kinesthesia และ Leg extensor power พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าความสามารถในการทรงตัวเพิ่มขึ้น และพบว่าในกลุ่มที่ฝึกโยคะภวานามีค่าความสามารถในการทรงตัวที่ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกการรับรู้การเคลื่อนไหวของข้อ(proprioception) (35)

จากหลายๆ การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายโยคะส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการทรงตัว ส่งเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกาย รวมถึงการฝึกจดจ่อลมหายใจ สมาธิ และจิตใจให้อยู่กับสภาวะปัจจุบัน เรียนรู้ร่างกายตนเองผ่านลักษณะการเคลื่อนไหว ในผู้สูงอายุการฝึกออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกายมีส่วนสำคัญอย่างมาก ผู้วิจัยจึงได้เลือกนำโปรแกรมการฝึกโยคะมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โปรแกรมการฝึกโยคะมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับการออกกำลังกับผู้สูงอายุ ลักษณะการฝึกทำให้ผู้สูงอายุได้เรียนรู้และฝึกการสังเกตการเคลื่อนไหวภายใต้ชุดท่าฝึกโยคะอาสนะ จดจ่อกับปัจจุบัน อีกทั้งการฝึกโยคะยังช่วยป้องกันและช่วยลดปัจจัยเสี่ยงโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บขณะทำการฝึกได้

## 2.9 การฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ

ระบบรับรู้ความรู้สึกและการทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) ทำหน้าที่ ในการประมวลผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะ ตำแหน่งของร่างกาย ในขณะที่ร่างกายอยู่นิ่ง ไม่มีการเคลื่อนไหวและขณะที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายท่าทางต่างๆ เมื่อมีการขยับตัวหรือการเคลื่อนไหวร่างกายเกิดขึ้น อวัยวะดังกล่าวจะทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ความเร่งเชิงมุมและความเร่งเชิงเส้น ซึ่งจะสัมพันธ์ไปกับลักษณะของการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยระบบนี้มีความสำคัญต่อระบบประสาท ซึ่งจะบอกถึงตำแหน่งของร่างกาย ในผู้สูงอายุพบว่าการทำงานของ เซลล์ขน (hair cells) และเซลล์ประสาท (nerve cells) ลดลง

ในปี ค.ศ. 2005 Ribeiro Ados และคณะ ทำการศึกษาการทรงตัวและความเสี่ยงของการล้ม หลังจากการฝึกโปรแกรม Cawthorne & Cooksey exercise ทำการศึกษาในผู้สูงอายุจำนวน 15 คน อายุ 60-69 ปี ฝึกออกกำลังกายด้วยโปรแกรม Cawthorne & Cooksey exercise โดยฝึกครั้งละ 60 นาที 3 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน ทดสอบการทรงตัวโดยใช้ Berg balance scale และ Possibility of fall ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก พบว่า ความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นจากแบบทดสอบการทรงตัว Berg balance scale และ Possibility of fall ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การฝึกโปรแกรม Cawthorne & Cooksey exercise เป็นระยะเวลา 3 เดือน สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในกลุ่มผู้สูงอายุได้ (22)

ในปี ค.ศ. 2014 Khanna T และคณะ ทำการศึกษารายการฝึกออกกำลังกายโดยใช้สายตา (Gaze Stability exercise :GSE) ต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกการทรงตัวร่วมกับการฝึกใช้สายตา(กลุ่มA) กลุ่มที่ฝึกการทรงตัว(กลุ่มB) และกลุ่มควบคุม(กลุ่มC) โดยใช้ Berg Balance Scale, Dynamic Gait index, Activities-balance confidence scale (ABC) พบว่า ในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม หลังจากสิ้นสุดการฝึก 6 สัปดาห์ ทั้ง 3 ตัวชี้วัดดีขึ้น ส่วนในกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่างทั้งก่อนและหลังการฝึก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกลุ่ม A และกลุ่ม B ไม่พบความแตกต่างในการเพิ่มขึ้นของการทรงตัวและความเสี่ยงในการล้มเมื่อเปรียบเทียบกัน (23)

ในปี ค.ศ. 2015 Bhardwaj V และคณะ ทำการศึกษารายการออกกำลังกายโดยการฝึกใช้สายตา (Gaze Stability exercise: GSE) ต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุสุขภาพดี ทำการศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดี จำนวน 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ฝึกการใช้สายตา (GSE) (เป็นการฝึกใช้สายตาและเป็นการปรับตัวของระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน เพื่อตอบสนององขณะที่ศีรษะมีการเคลื่อนไหว) จำนวน



15 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน ฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ วันละ 3 ครั้งต่อวัน โดยใช้ Berg Balance Scale, Activities-balance confidence scale (ABC) พบว่าช่วงก่อนฝึกระหว่างกลุ่มไม่พบความแตกต่างกันในอายุ เพศ และค่าตัวชี้วัดทั้ง 2 ชนิด และหลังจากการฝึกในกลุ่มที่ฝึกการใช้สายตา (GSE) มีการเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ตัวชี้วัดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในโดยการฝึกการใช้สายตา (GSE) สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและเพิ่มความมั่นใจในการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันโดยการทำงานและการปรับตัวของ vestibule-ocular reflex : VOR ในผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีได้ (24)

ในปี ค.ศ. 2015 Wiszomirska I และคณะ ทำการศึกษาการออกกำลังกายโดยการกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวของหูชั้นในต่อความมั่นคงในการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิงอายุมากกว่า 60 ปี กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุสุขภาพดีเพศหญิงอายุ 60-76 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวของหูชั้นใน จำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน ทำการฝึกครั้งละ 45 นาที 2 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการฝึก โดยใช้ Stabilogram เป็นแผนรับแรงกดวัดการแกว่งของจุดศูนย์กลางร่างกาย พบการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการทรงตัวหลังจากการฝึกในกลุ่มทดลองดีขึ้น และไม่พบความแตกต่างในกลุ่มควบคุม ผลของการฝึกพบว่าการฝึกออกกำลังกายโดยการกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทรงตัว สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ในผู้สูงอายุได้ (25)

ในปี ค.ศ. 2016 Ricci NA และคณะ ทำการศึกษาผลของการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการควบคุมการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีการเวียนศีรษะเรื้อรัง โดยศึกษาในผู้สูงอายุ จำนวน 82 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Conventional Cawthorne & Cooksey (40 คน) และ กลุ่ม Multimodel Cawthorne & Cooksey (40 คน) เครื่องมือที่ใช้วัด Dynamic Gait index, fall history, hand grip strength, time up & go test, Sit to stand test, multidirectional reach, และ static balance test พบว่า fall history, forward functional reach, unipedal R/L leg eyes closed และ Sensorial Romberg eyes open, และทุกตัววัด เพิ่มขึ้นหลังการฝึก แสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 กลุ่ม สามารถเพิ่มการทรงตัวได้ในผู้สูงอายุได้ โดยกลุ่ม Multimodel Cawthorne & Cooksey ให้ผลกับ Static balance ที่ดีกว่า (26)

ในปี ค.ศ. 2017 Rossi-Izquierdo M และคณะ ทำการศึกษารายผลของการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ในผู้สูงอายุที่มีความไม่มั่นคงต่อการทรงตัว ทำการศึกษาในผู้สูงอายุ 139 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มComputer Dynamic Posturography : CDP, กลุ่มOptokinetic, กลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายที่บ้าน และกลุ่มควบคุม ผลพบความแตกต่างในกลุ่มทดลองเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าในผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการล้มควรฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายหรือการบาดเจ็บที่รุนแรงจากการล้ม (27)

ในปี ค.ศ. 2018 Abarghuei AF และคณะ ทำการศึกษารายผลของการฝึก Cawthorne & Cooksey Exercise (เน้นการเคลื่อนไหวศีรษะและตา ศีรษะและร่างกาย และการออกกำลังกายในท่านั่งและท่านยืน) ต่อการทรงตัวและคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุ 60-80 ปี ทำการศึกษาในผู้สูงอายุจำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที เป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยใช้ Berg Balance Scale และแบบสอบถามคุณภาพชีวิตSF36 พบว่าหลังสิ้นสุดการฝึก Cawthorne & Cooksey Exercise สามารถเพิ่มคุณภาพชีวิตและเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุช่วง 60-80 ปี สรุปได้ว่าผลการฝึก Cawthorne & Cooksey Exercise สามารถเพิ่มการทรงตัวและลดความเสี่ยงต่อการล้มในคนที่ปัญหาด้านการทรงตัวได้ (28)

ในปี ค.ศ. 2020 Soto-Varela A และคณะ ทำการศึกษารายผลของการฝึกกระตุ้นระบบการรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในโดยการใช้เครื่องทดสอบ Posturographic ในผู้สูงอายุที่มีความไม่มั่นคงในการทรงตัว สามารถลดจำนวนครั้งการฝึกได้จริงหรือไม่ โดยทำการศึกษาความแตกต่างของ protocol การฝึก (10 ครั้ง และ 5 ครั้ง) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ทำการฝึก 3 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป จำนวน 40 คน ที่มีความไม่มั่นคงในการทรงตัว โดยทดสอบการทรงตัวโดยใช้ Computer Dynamic Posturography (CDP), Time up and Go(TUG), Dynamic Handicaps Inventory (DHI), Short FESI จากการศึกษพบว่าทั้ง 2 กลุ่มมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทรงตัวจากการทดสอบ Posturographic ส่วนการทดสอบ TUG และคะแนนจากแบบสอบถามไม่พบความแตกต่างในทั้ง 2 กลุ่ม แสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งการฝึกอย่างน้อย 5 ครั้ง สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีความไม่มั่นคงได้ แต่อย่างไรก็ตามการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนครั้งของการฝึกขึ้นอยู่กับความแตกต่างและเงื่อนไขของแต่ละบุคคล (29)

จากหลายๆ การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า เมื่อคนเราเข้าสู่วัยสูงอายุ ระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทรงตัวเริ่มเสื่อมลง จากการลดลงของจำนวนเซลล์รับความรู้สึกที่อยู่ภายในโครงสร้างในหูชั้นใน การส่งสัญญาณกระแสประสาทที่ลดลงมีส่วนทำให้ระบบดังกล่าวบกพร่องหรือทำงานไม่ปกติ ทำให้การประมวลผลขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งศีรษะ และตำแหน่งร่างกายในท่าทางต่างๆ ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อทำให้ความสามารถในการทรงตัวและความมั่นคงของร่างกายในผู้สูงอายุลดลง กระทั่งการดำเนินชีวิตประจำวัน และเพิ่มโอกาสเสี่ยงจากการล้มรวมถึงการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นตามมา หากผู้สูงอายุได้รับการฝึกออกกำลังกายโดยการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในนี้ จะช่วยเพิ่มการส่งสัญญาณกระแสประสาทได้ ทำให้ความสามารถในการทรงตัวเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน จึงได้นำมาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในครั้งนี้ หลายๆ การศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผู้สูงอายุมีความสามารถในการทรงตัวเพิ่มมากขึ้นจากการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน

### สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมจะเห็นได้ว่า เมื่อคนเราอายุเพิ่มขึ้น ความเสื่อมของร่างกายและระบบต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น ระบบกล้ามเนื้อ ระบบอวัยวะรับความรู้สึก ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทรงตัว ความมั่นคงของร่างกาย และเพิ่มโอกาสเสี่ยงในการล้ม การฝึกออกกำลังกายถือเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยชะลอความเสื่อมและส่งเสริมประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายและระบบต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความสามารถในการทรงตัวจะเห็นได้ว่า ไม่ได้มีเพียงแค่การฝึกเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกายเท่านั้นที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัว แต่ยังพบว่าการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในสามารถเพิ่มการทรงตัวในผู้สูงอายุได้เช่นกัน เพื่อให้ครอบคลุมถึงกลไกการควบคุมการทรงตัว ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญและความน่าสนใจของลักษณะการฝึกออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบ จึงได้นำโปรแกรมการฝึกโยคะ และโปรแกรมการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกออกกำลังกายระหว่างการฝึกโยคะ ร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว เพื่อดูผลของการฝึกออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบว่าส่งผลต่อการทรงตัวแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษา และช่วยพัฒนารูปแบบการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวในอนาคตต่อไป

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 รูปแบบการวิจัย (research design)

การศึกษาในครั้งนี้เป็นรูปแบบการทดลอง ซึ่งจะทำการประเมินก่อนการเข้าร่วมการฝึกและหลังการเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบต่อความสามารถในการทรงตัวก่อนการเข้าร่วมการฝึก หลังการเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

#### 3.2 ตัวแปรต้น (independent variable)

1. โปรแกรมการฝึกโยคะ (YOGA)
2. โปรแกรมการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular stimulating exercise : VSE)

#### 3.3 ตัวแปรตาม (dependent variable)

1. คะแนนความสามารถจากการทดสอบ Berg Balance Score
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go
3. ค่าความสามารถในการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายขณะยืน (center of pressure : COP)
4. ค่าความสามารถในการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน (center of gravity : COG)

### 3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (population and sample)

ประชากรเป้าหมาย (target population) คือ ผู้สูงอายุเพศหญิง อายุระหว่าง 65-75 ปี

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (study population) คือ ผู้สูงอายุเพศหญิง อายุระหว่าง 65-75 ปี ที่ผ่านเกณฑ์การศึกษาวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง (sample) คือ ผู้สูงอายุเพศหญิง อายุระหว่าง 65-75 ปี ที่ผ่านเกณฑ์ในการคัดเลือกเข้าร่วมวิจัย และยินยอมเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

### 3.5 เกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมการศึกษา (inclusion criteria)

1. ผู้สูงอายุเพศหญิง วัยหมดประจำเดือน ช่วงอายุระหว่าง 65-75 ปี
2. ไม่มีโรคประจำตัวหรือโรคที่เป็นอุปสรรคกับการออกกำลังกายแบบโยคะ เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคพาร์กินสัน หรือโรคข้ออักเสบ
3. สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ไม่ใช้เครื่องพยุงช่วยเดินหรือไม้เท้า
4. ไม่ได้ออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวมากกว่าหรือเท่ากับ 6 เดือน
5. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บหรือการผ่าตัดเกี่ยวกับรยางค์ส่วนล่าง เช่น การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า กระดูกหักหรือกระดูกแตกร้าว
6. ผ่านการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายโดยใช้แบบประเมินสุขภาพก่อนการออกกำลังกาย (2019-PAR-Q+)
7. อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย โดยการลงชื่อรับรองการเข้าร่วมวิจัยในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

### 3.6 เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (exclusion criteria)

1. มีปัญหาเกี่ยวกับสายตาที่บดบังวิสัยทัศน์ เช่น ต้อกระจก ต้อหิน
2. มีความดันโลหิตขณะพักสูงกว่า 140/90 มิลลิเมตรปรอท
3. มีปัญหาด้านการได้ยินและการสื่อสารซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการวิจัย
4. มีปัญหาหรือข้อจำกัดเกี่ยวกับสุขภาพหรือแพทย์ไม่แนะนำให้ออกกำลังกาย
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยขอถอนตัวออกจากการวิจัยไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม
6. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเข้าร่วมได้จนครบระยะเวลาสิ้นสุดโปรแกรม หรือเข้าร่วมน้อยกว่าร้อยละ 80 ของจำนวนการฝึกทั้งหมดตามที่ผู้วิจัยกำหนด จะทำการคัดออกจากการศึกษา โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องทำการฝึกอย่างน้อย 20 ครั้ง จากจำนวนการฝึกทั้งหมด 24 ครั้ง

### 3.7 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมวิจัยโดยความสมัครใจของอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัย หลังจากนั้นอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัยจะได้รับการสุ่มอย่างง่ายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว โดยทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก ดังนี้

กำหนดให้สัดส่วน คือ 1 : 1

โดย กลุ่มที่ 1 แทนตัวอักษร A และกลุ่มที่ 2 แทนตัวอักษร B ดังนี้ AB-BA-AB-AB-BA-.....

- กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (YOGA+VSE)

- กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว (YOGA)

### 3.8 การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง อ้างอิงจากงานศึกษาก่อนหน้าในปี ค.ศ. 2016 ทำการศึกษาผลของการฝึกโยคะอาสนะต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ ศึกษาในผู้สูงอายุสุขภาพดีจำนวน 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน โดยวัด Berg Balance Score ก่อนและหลังการฝึก พบว่า ผลการศึกษาในกลุ่มทดลองก่อนและหลังการฝึกมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 4.54 และกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย 0.17 ซึ่งสามารถนำไปคำนวณเพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

$$\text{กำหนดค่า} \quad \text{Alpha}(\alpha) = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = 1.96 \text{ (Two tail)}$$

$$\text{Beta}(\beta) = 0.10$$

$$Z_{\beta} = 0.84$$

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างต่อกลุ่ม

$$\text{จากสูตร } n/\text{group} = \frac{2(z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{(x_1 - x_2)^2}$$

$$= \frac{2(1.96 + 0.84)^2 10.35^2}{(10.19 - (-1.16))^2}$$

$$= \frac{15.68 \times 107.12}{128.82}$$

$$= \frac{1679.64}{128.82}$$

$$= 13.04 \approx 13 \text{ คน}$$

กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 13 คน ผู้วิจัยมีการคำนวณสัดส่วน Drop out 20% เพื่อป้องกันการขาดหายของอาสาสมัครหลังจากเข้าร่วมวิจัยตลอดจนสิ้นสุดโปรแกรม

$$= \frac{13 \times 20}{100} \approx 2.6 = 3 \text{ คน}$$

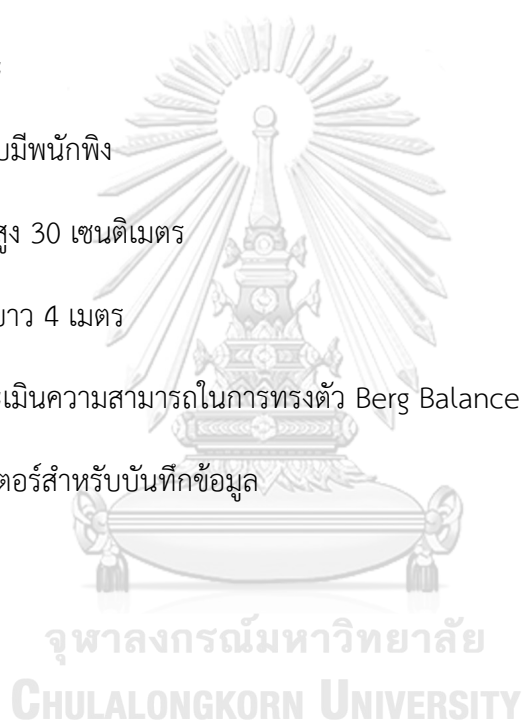
ดังนั้น จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ต่อกลุ่ม คือ กลุ่มละ 13 คน เพื่อสัดส่วน Drop out 20% กลุ่มละ 3 คน รวมจำนวนอาสาสมัครต่อกลุ่มจำนวน 16 คน ดังนั้นอาสาสมัครมีจำนวนทั้งสิ้น 32 คน

### 3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือ

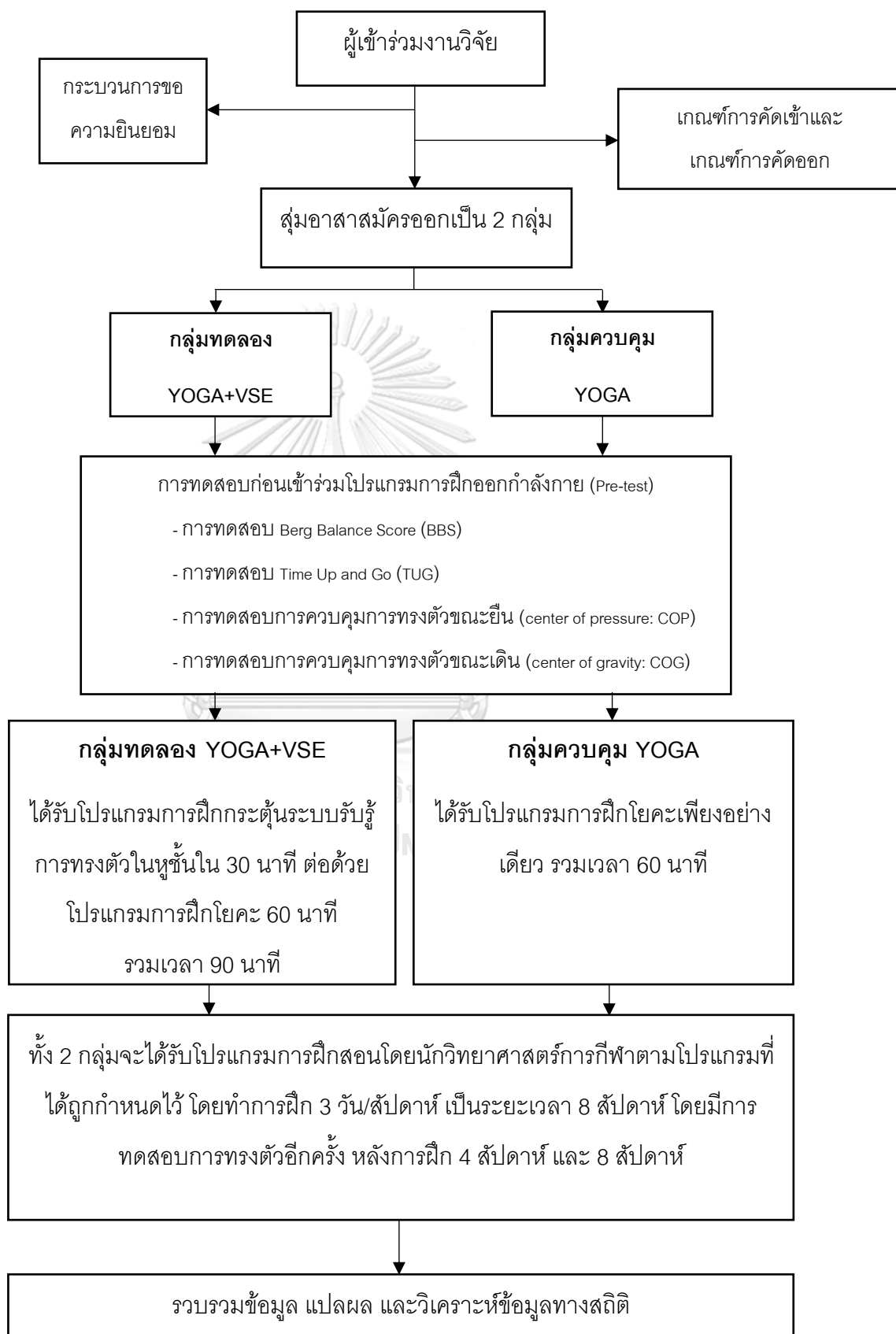
1. แบบคัดกรองอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัย
2. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย 2019-PAR-Q+
3. แบบบันทึกข้อมูล
4. เครื่องชั่งน้ำหนักและที่วัดส่วนสูง
5. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย bioelectrical impedance analysis (inbody770, korea)
6. เครื่องวัดความดันโลหิตยี่ห้อ (OMRON HEM 7130, OMRON Healthcare Co.,Ltd., Japan)
7. แผ่นวัดแรงดัน (force platform) และแผ่นโฟม (foam pad)
8. โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) โดยการใช้ 3 dimensional motion capture system
9. ชุดกล้องอินฟราเรดความเร็วสูงจำนวน 10 ตัว
10. วัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) จำนวน 19 ชิ้น



11. กระดาษขาว 2 หน้า
12. แอลกอฮอล์
13. สำลี
14. กรรไกร
15. กรวย
16. นาฬิกาจับเวลา
17. เสื่อโยคะ
18. แก้วน้ำแบบมีพนักพิง
19. กล้องไม้สูง 30 เซนติเมตร
20. ทางเดินยาว 4 เมตร
21. แบบประเมินความสามารถในการทรงตัว Berg Balance Score
22. คอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล



### 3.10 วิธีการดำเนินงานวิจัย



## รายละเอียดในการดำเนินงาน

### การเข้าถึงอาสาสมัคร

ผู้วิจัยติดประกาศพร้อมชี้แจงข้อมูลและรายละเอียด รวมถึงช่องทางการติดต่อสำหรับผู้สนใจ ที่จะเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครงานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการทางเวชศาสตร์การกีฬา ชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และห้องฝึกออกกำลังกาย ชั้น 6 อาคาร สร. โรงพยาบาล จุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย และประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางสื่อออนไลน์ เช่น Facebook LINE เป็นต้น

### การขอความยินยอมจากอาสาสมัคร

ในวันนัดทำการคัดกรอง ผู้วิจัยนัดพบอาสาสมัครที่ห้องปฏิบัติการทางเวชศาสตร์การกีฬา ชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยอธิบายข้อมูลและรายละเอียด รวมถึงวิธีการปฏิบัติต่ออาสาสมัคร รวมถึงตอบข้อสงสัยจนอาสาสมัครเข้าใจ และให้เวลาการตัดสินใจ อย่างอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความสมัครใจ

### การคัดกรองอาสาสมัคร

1. ก่อนวันนัดทำการคัดกรอง 1 วัน ผู้วิจัยติดต่ออาสาสมัครทางโทรศัพท์เพื่อสอบถามความ สะดวกในการเดินทางและยืนยันวันนัดหมายทำการคัดกรอง และในวันทำการคัดกรองผู้วิจัยจะ อธิบายขั้นตอนการวิจัยรวมถึงตอบข้อซักถามของอาสาสมัครทั้งหมดอย่างละเอียด โดยผู้วิจัยจะ สอบถามถึงกิจวัตรประจำวัน ประวัติการออกกำลังกาย ประวัติการเจ็บป่วยและโรคประจำตัวเพื่อคัด กรองอาสาสมัครเบื้องต้น

2. อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดกรองเบื้องต้นจากแบบสอบถาม จะได้รับการนัดพบเพื่อตรวจ คัดกรองทางห้องปฏิบัติการทางเวชศาสตร์การกีฬาเพิ่มเติมในลำดับต่อไป

3. หลังจากผ่านเกณฑ์เข้าร่วมวิจัย อาสาสมัครจะได้ทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือที่ใช้ในการ ทดสอบทางด้านการทรงตัวในแต่ละรายการตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ เพื่อให้อาสาสมัครมีความเข้าใจใน การใช้เครื่องมือมากขึ้น

4. เปิดโอกาสให้อาสาสมัครได้ซักถามเพื่อไขข้อข้องใจและทำความเข้าใจในขั้นตอนการ ดำเนินงาน

### ขั้นตอนการวิจัย

1. อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาจะได้รับทราบถึงจุดประสงค์ วิธีการทดสอบ และประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัย จากเอกสารคู่มือแนะนำการวิจัย อาสาสมัครที่จะเข้าร่วมการวิจัยจะต้องลงชื่อยินยอมเป็นผู้เข้าร่วมวิจัย พร้อมกรอกแบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้น รวมถึงแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย 2019-PAR-Q+

2. หลังจากทีอาสาสมัครตัดสินใจลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัยด้วยความสมัครใจ ผู้วิจัยจะทำการสุ่มแบ่งกลุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก โดยกลุ่มที่ 1 แทนตัวอักษร A คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ 2 แทนตัวอักษร B คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาสาสมัครทุกคนมีโอกาสที่จะถูกสุ่มให้อยู่ในกลุ่มที่ 1 หรือ กลุ่มที่ 2 อย่างละเท่าๆ กัน

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยเมื่อมาถึงจะต้องวัดความดันโลหิตเพื่อประเมินค่าความดันโลหิตก่อนทุกครั้ง จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง bioelectrical impedance analysis (inbody770, Korea)

4. ทำการทดสอบความสามารถในการทรงตัวให้กับผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนเข้าร่วมการฝึก (Pre-test) โดยเจ้าหน้าที่ประจำหน่วยศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว และนักปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา ประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 การทดสอบ Berg Balance Score (BBS)

วิธีการทดสอบ ผู้ทดสอบจะได้รับการทดสอบเกี่ยวกับกิจกรรมที่มีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวทั้งหมด 14 กิจกรรม เพื่อทดสอบความสามารถในการทรงตัว โดยคะแนนจะขึ้นอยู่กับความสามารถ หรือระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมตามรายการทดสอบของผู้ทดสอบ คะแนนรวมสูงสุด คือ 56 คะแนน โดยมีรายละเอียดการทดสอบ ดังนี้

1. เปลี่ยนจากท่านั่งเป็นลุกขึ้นยืน	8. ยืนตัวตรงเอื้อมมือเหยียดแขนไปข้างหน้าไม่ยกส้นเท้า
2. ยืนตรงเป็นระยะเวลา 2 นาที	9. ยืนตรงแล้วก้มเก็บของจากพื้น
3. นั่งตัวตรงหลังไม่พิงพนักพิง 2 นาที	10. ยืนตรงแล้วบิดตัวหันไปมองข้างหลัง
4. เปลี่ยนจากทำยืนตรงเป็นนั่งลงเก้าอี้	11. ยืนหมุนตัว 360 องศา ไป-กลับ 1 รอบ (จับเวลา)
5. เปลี่ยนการนั่งเก้าอี้ที่มีที่พักแขนไปนั่งเก้าอี้ไม่มีที่พักแขน	12. ยืนตรงก้าวเท้าสลับกันแตะบนม้านั่งเดียว
6. ยืนตรงหลับตาเป็นระยะเวลา 1 นาที	13. ยืนทรงตัวปลายเท้าต่อส้นเท้า
7. ยืนตรงขอบเท้าด้านในชิดกัน	14. ยืนทรงตัวด้วยขาข้างเดียว

#### 4.2 การทดสอบ Time Up and Go (TUG)

ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ที่พนักพิงที่มีความสูงจากพื้น 45 เซนติเมตร จากนั้นเดินตรงไปทางด้านหน้าระยะทาง 3 เมตร ด้วยความเร็วที่ใช้ในการเดิน จนถึงกรวยที่ตั้งไว้ จากนั้นเดินเลี้ยวรอบกรวยที่ตั้งไว้ แล้วเดินตรงกลับมานั่งเก้าอี้อีกครั้ง ผู้ทดสอบทำการบันทึกเวลาทั้งหมดที่อาสาสมัครใช้ตั้งแต่เริ่มลุกขึ้นยืนจากท่านั่งจนกลับมานั่งเก้าอี้อีกครั้ง โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 รอบ จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

#### 4.3 การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure : COP) ขณะยืน

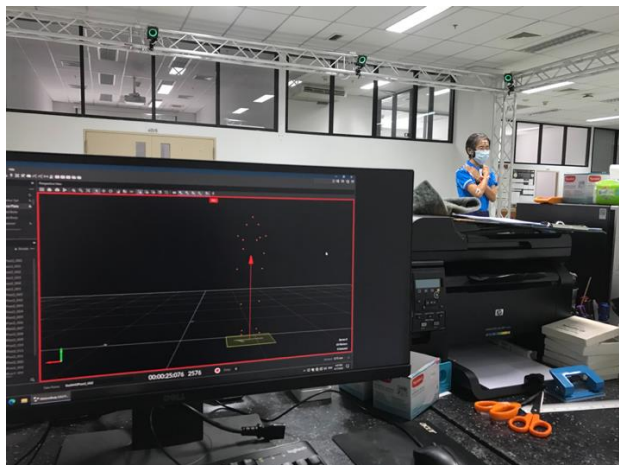
ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องทำการประเมินความสามารถในการทรงตัวของร่างกายจากการยืนด้วยเท้าเปล่าบนแผ่นรับแรงดัน (force platform) ใน 4 เงื่อนไข ดังนี้

1. ยืนลิ้มตาบนแผ่นวัดแรง (double leg stance on hard surface with eyes open)
2. ยืนหลับตาบนแผ่นวัดแรง (double leg stance on hard surface with eyes closed)
3. ยืนลิ้มตาบนพื้นโฟม (double leg stance on foam surface with eyes open)
4. ยืนหลับตาบนพื้นโฟม (double leg stance on foam surface with eyes closed)

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการทดสอบการทรงตัวขณะยืนในแต่ละเงื่อนไข จำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยแต่ละเงื่อนไขใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 30 วินาที พักระหว่างเซต 30 วินาที และทำการบันทึกข้อมูลจากการยืนด้วยการแปลงสัญญาณความถี่จากแผ่นวัดแรงกดไปที่คอมพิวเตอร์ 100 Hz ทำการประเมินระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดัน (center of pressure: COP) จากค่า COP ในแนวแกน X หรือ COPx หรือ anterior-posterior (AP) amplitude และค่า COP ในแนวแกน Y หรือ COPy หรือ medial-lateral (ML) amplitude เพื่อหาระยะทางในการเคลื่อนที่ภายใน 30 วินาที และเมื่อได้ระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ จะคำนวณหาค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ได้จากสูตร  $V = S/T$



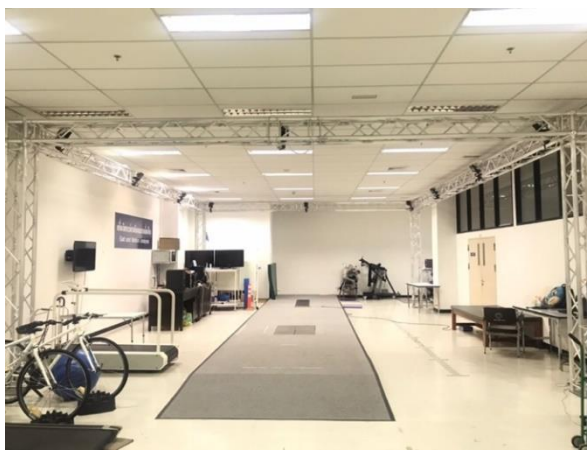
ภาพที่ 10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งตุ้มน้ำหนัก และทำการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนพื้นโฟม



ภาพที่ 11 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืน

4.4 การทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกาย (center of gravity : COG) ขณะเดิน ผู้วิจัยทำการติดวัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) จำนวน 19 ตำแหน่ง ให้กับผู้ทดสอบตามปุ่มกระดูกและตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย ประกอบด้วย Rt.ankle, Rt.ear, Rt.elbow, Rt.foot, Rt.hand, Rt.hip, Rt.knee, Rt.shoulder, Rt.wrist, Lt.ankle, Lt.ear, Lt.elbow, Lt.foot, Lt.hand, Lt.hip, Lt.knee, Lt.shoulder, Lt.wrist และ Middle forehead จากนั้นจะให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบการเดิน โดยให้เดินเป็นแนวเส้นตรงบนทางที่ถูกกำหนดไว้ ระยะทางประมาณ 4 เมตร ซึ่งด้านบนเหนือทางเดินจะมีการติดตั้งชุดกล้องอินฟราเรดความเร็วสูงจำนวน 10 ตัว ตามตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้กล้องทุกตัวสามารถมองเห็นวัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) ที่ติดไว้ตามตำแหน่งต่างๆบนร่างกายของผู้ทดสอบได้ และจะทำการประเมินระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน (center of gravity : COG) จากตำแหน่งการติดวัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) โดยการคำนวณ body segment parameter (winter, 1990) เพื่อหาจุดศูนย์กลางมวล และขณะเดินทรงตัวด้วยขาข้างเดียวในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) โดยหากมีการยืนหรือการก้าวขา จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจะเกิดขึ้นในตำแหน่งระหว่างขาทั้งสองข้าง แต่หากมีการยืนหรือการถ่วงน้ำหนักในจังหวะการก้าวขาขณะเดินทรงตัวด้วยขาข้างเดียว จุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจะเกิดขึ้นในตำแหน่งกึ่งกลางร่างกายค่อนมาทางด้านข้างของขาข้างที่ถ่วงน้ำหนัก และทำการบันทึกภาพการเคลื่อนไหวจำนวนความถี่ 100 Hz ในการคำนวณหาระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงของร่างกายจากค่า COM ในแนวแกน X หรือ COMx หรือ anterior-posterior (AP) amplitude และค่า COM ในแนวแกน Y หรือ COMy

หรือ medial-lateral (ML) amplitude โดยผู้วิจัยจะคำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle (heelstrike >> footFlat >> midstance >> pushoff >> acceleration >> midswing >> deceleration) ของขาข้างและขณะเดินทรงตัวด้วยขาข้างเดียว ในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) เริ่มต้นจากจังหวะ heelstrike >> footFlat >> midstance >> pushoff ของขาข้างที่ถนัดของผู้ทดสอบ โดยผู้ทดสอบจะได้รับการทดสอบการทรงตัวแต่ละการทดสอบ จำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 12 แสดงเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว และตำแหน่งชุดกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง

5. ผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละกลุ่มจะได้รับการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนดไว้โดยนักวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยมีระยะเวลาการฝึกจำแนกตามกลุ่มที่ผู้เข้าร่วมวิจัยได้ คือ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (โยคะ 60 นาที และ กระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน 30 นาที) รวมเวลาทั้งหมด 90 นาที และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว รวมเวลาทั้งหมด 60 นาที ทั้งสองกลุ่ม ทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในกรณีที่มิมีสถานการณ์ฉุกเฉินที่อาจทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถมาเข้าร่วมการฝึกได้จากสถานการณ์ฉุกเฉินนั้นๆ ผู้วิจัยจะทำการฝึกสอนในรูปแบบออนไลน์ผ่านโปรแกรมออนไลน์

6. หลังจากผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกครบ 4 สัปดาห์ หรือหลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก 10-12 ครั้ง (Post-Test ครั้งที่ 1) และหลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกครบ 8 สัปดาห์ หรือหลังจากการเข้าร่วมโปรแกรมฝึกไป 20-24 ครั้ง (Post-Test ครั้งที่ 2) ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องมาเข้าร่วมการทดสอบการทรงตัวเช่นเดียวกับช่วงก่อนเข้าร่วมการฝึก ตามวันและเวลาที่ได้ตกลงกับผู้วิจัย



7. ในการรวบรวมข้อมูล จะนำข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัยที่เข้าร่วมการฝึกอย่างน้อยร้อยละ 80 มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แปลผล และสรุปผลการทดลอง

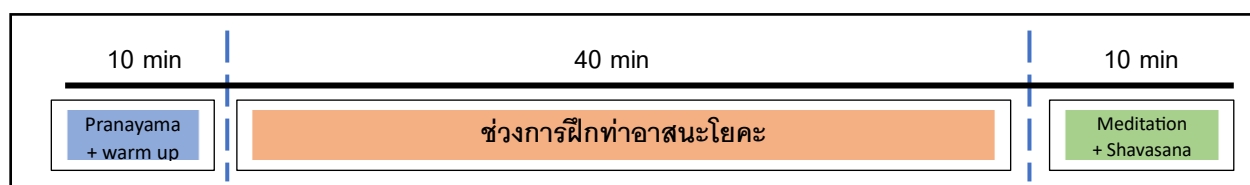
### 3.11 โปรแกรมการฝึกออกกําลังกาย

#### 3.11.1 โปรแกรมการฝึกโยคะ (16)

โปรแกรมการฝึกโยคะ ใช้เวลาประมาณ 60 นาที โยคะที่ใช้ในการฝึกคือ หฐวินยาสะโยคะ (hatha vinyasa yoga) การฝึกจะเริ่มจากการฝึกหายใจ (pranayama) ควบคู่กับการฝึกการรับรู้และสังเกตเกี่ยวกับร่างกายของผู้ฝึกเอง (body awareness) ประมาณ 5 นาที จากนั้นอบอุ่นร่างกายด้วยท่าไหว้พระอาทิตย์ชุด A (ดังแสดงในภาพที่ 11) ประมาณ 5 นาที หลังจากอบอุ่นร่างกายต่อด้วยชุดท่าฝึก โดยเริ่มจากชุดอาสนะท่านั่ง ทำยืน และท่านอน รวมเวลา 40 นาที หลังจากจบท่าการฝึกจะกลับเข้าสู่การทำสมาธิและเข้าสู่อาสนะท่าศพ (shavasana) ประมาณ 10 นาที รวมเวลาทั้งหมด 60 นาที โดยรูปแบบของคลาสการฝึกจะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ รวมถึงมีอุปกรณ์ช่วยในการฝึกอย่างดี เพื่อความปลอดภัยและป้องกันการเกิดการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นจากการฝึก เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถปฏิบัติท่าทางได้ถูกต้อง จะได้รับการดูแลและคำแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ผ่านการเรียนคอร์สการเป็นครูผู้สอนโยคะ (yoga teacher training) 150 ชั่วโมง และมีใบรับรองจาก world yoga alliance

ในการฝึกแต่ละครั้งจะเริ่มต้นด้วยท่านั่งและฝึกลมหายใจให้ถูกต้องโดยการใช้นิ้วกั้นนิ้วโป้ง หลังจากนั้นจะเริ่มต้นการอบอุ่นร่างกายด้วยการหมุนข้อต่อส่วนต่างๆ เช่น ข้อไหล่ ข้อมือ คอ ยืน ยกส้นเท้า/ปลายเท้า หมุนสะโพก ต่อจากนั้นจะเข้าสู่ท่าการฝึก

#### รูปแบบลักษณะโครงสร้างของคลาสการฝึกโยคะและชุดอาสนะท่าไหว้พระอาทิตย์ ชุด A



ภาพที่ 13 รูปแบบลักษณะโครงสร้างของคลาสการฝึกโยคะ 60 นาที







ภาพที่ 14 แสดงชุดอาสนะทำไหว้พระอาทิตย์ ชุด A

(ที่มา <https://www.yogapedia.com/sun-salutation-a-versus-sun-salutation-b-the-difference-you-should-know/2/11269>)

แสดงรายละเอียดทำการฝึกโยคะ (รวมเวลาการฝึกประมาณ 40 นาที)

ท่าอาสนะ	วิธีการปฏิบัติ	ท่าอาสนะ	วิธีการปฏิบัติ
Tadasana	ยืนตรง แยกขาความกว้างประมาณช่วงไหล่ ปล่อยแขน 2 ข้าง ข้างลำตัว หันฝ่ามือไปทางด้านหน้า เกร็งกล้ามเนื้อต้นขา หายใจ	Utkata konasansa	ยืนตรง แยกขาความกว้างประมาณช่วงไหล่ ยกแขนสองข้างขึ้น หันฝ่ามือเข้าหากัน ย่อตัวลง งอเข่า ดันสะโพกไปทางด้านหลัง เกร็งต้นขา หายใจ

ท่าอาสนะ	วิธีการปฏิบัติ	ท่าอาสนะ	วิธีการปฏิบัติ
Virabhadrasana I 	ยืนเท้าหน้า เท้าตาม หัน ปลายเท้าไปทาง ด้านหน้า ขาด้านหน้าอ เข้า ขาด้านหลังเหยียด ตรง ยกแขนสองข้างขึ้น หันฝ่ามือสองข้างเข้าหา กัน เกร็งต้นขาด้านหน้า	Ardha chandrasana 	ยืนทรงตัวเกร็งขา กด น้ำหนักลงเต็มฝ่าเท้า ขา อีกข้างหนึ่ง ยกขึ้นลอย จากพื้นเหยียดตรงไป ด้านหลัง เปิดลำตัวหัน ออกด้านข้าง มือคอจับ อุปกรณ์ช่วยฝึก หรือแตะ พื้น อีกข้างหนึ่งเหยียด แขนตรงกับแขนด้านล่าง
Virabhadrasana II 	ยืนแยกขาสองข้างกว้าง กว่าช่วงไหล่ ปลายเท้า หันเท้าตั้งฉากกัน 90 องศา งอเข่าให้ต้นขา ขนานกับพื้น ขาอีกข้าง หนึ่งเหยียดตรง กางแขน สองข้างแนวเดียวกับช่วง ไหล่ ยึดตัวตรง	Adho Mukha Svanasana 	มือ และ เท้าสองข้าง สัมผัสกับพื้น กดน้ำหนักที่ ส้นเท้า ยกสะโพกขึ้นสูง เหยียดขาสองข้างตรง ยึด หลังตรง กดหน้าอกลงต่ำ
Virabhadrasana III 	ยืนทรงตัว กดน้ำหนักลง ที่ฝ่าเท้า จากนั้นพับตัว ลงไปทางด้านหน้า แล้ว ค่อยๆ เหยียดขาหนึ่งข้าง ไปทางด้านหลัง พยายาม คว่ำสะโพก รักษาระดับ สะโพกและร่างกาย ส่วนบนให้ขนานกับพื้น เหยียดแขนสองข้างไป ด้านหน้า สายตามองพื้น	Setu bandhasana 	นอนหงายราบกับพื้น จากนั้นชันเข่า มือสองข้าง เหยียดข้างลำตัว คว่ำฝ่า มือลง กดน้ำหนักเต็มฝ่า เท้าและแขนทั้งสองข้าง ยกสะโพกขึ้นลอยจากพื้น เกร็งกัน และต้นขา หายใจ

ท่าอาสนะ	วิธีการปฏิบัติ	ท่าอาสนะ	วิธีการปฏิบัติ
<p>Trikonasana</p> 	<p>ยืนแยกขากว้างกว่าช่วงไหล่ ปลายเท้าสองข้างตั้งฉากกัน 90 องศาเหยียดขาสองข้างตรง เปิดลำตัวออกทางด้านข้าง เหยียดแขนตรง มือแตะข้อเท้าหรือแตะพื้น แขนอีกข้างเหยียดขึ้นด้านบน</p>	<p>Baddhakonasana</p> 	<p>นั่งลงบนอาสนะ นั่งประกบฝ่าเท้าสองข้างเข้าหากัน จากนั้นยืดตัวตรง พยายามกดเข้าสองข้าง ไกลพื้น เน้นยืดต้นขาด้านใน</p>
<p>Vrikshasana</p> 	<p>ยืนทรงตัวขาเดียว ไม่ทิ้งสะโพก พนมมือกลางอก ขาอีกข้างหนึ่งแตะต้นขาด้านในกับขาข้างที่ใช้นั่งทรงตัว</p>	<p>Shavasana</p> 	<p>นอนหงายราบไปกับพื้น แขนสองข้างเหยียดข้างลำตัว หายฝ่ามือขึ้น ทิ้งน้ำหนักร่างกายทุกส่วนลงบนอาสนะ หลับตา ผ่อนคลายร่างกาย</p>



ภาพที่ 15 แสดงสถานที่สำหรับฝึกและผู้เข้าร่วมวิจัยขณะเข้าร่วมคลาสการฝึกโยคะ

### ระดับความหนักและความยาก - ง่ายในการฝึกโยคะ

ช่วงเวลาฝึก (ลักษณะการฝึก)	ความหนักของการฝึก (รายละเอียด)
สัปดาห์ที่ 1-2 (Hold)	ประมาณ 4 ลมหายใจเข้า-ออก ต่อ 1 ท่าการฝึก (ผู้วิจัยสาธิตและอธิบายท่าก่อนจากนั้นให้ผู้ฝึกปฏิบัติตาม)
สัปดาห์ที่ 3-4 (Hold)	ประมาณ 4 ลมหายใจเข้า-ออก ต่อ 1 ท่าการฝึก (ผู้วิจัยสาธิตและอธิบายท่า พร้อมกับ ให้ผู้ฝึกปฏิบัติพร้อมผู้วิจัย และให้ผู้ฝึกเริ่มจับความรู้สึกของท่าทางและการทำงานของกล้ามเนื้อมัดหลักๆในแต่ละท่า)
สัปดาห์ที่ 5-6 (Movement)	ประมาณ 2 ลมหายใจเข้า-ออก ต่อ 1 ท่าการฝึก (ผู้ฝึกเริ่มจับความรู้สึกของท่าทางและการทำงานของกล้ามเนื้อได้ แต่สามารถทำได้ในระยะเวลาสั้นๆ)
สัปดาห์ที่ 7-8 (Movement)	ประมาณ 2 ลมหายใจเข้า-ออก ต่อ 1 ท่าการฝึก (ผู้ฝึกเริ่มจับความรู้สึกของท่าทางและการทำงานของกล้ามเนื้อได้ดี และสามารถทำได้ในระยะเวลาอันยาวนานมากขึ้นๆ)

#### 3.11.2 โปรแกรมการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (28)

โปรแกรมการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ใช้ระยะเวลา 30 นาที การฝึกจะมุ่งเน้นไปที่การฝึกเคลื่อนไหวศีรษะและการฝึกเคลื่อนไหวดวงตาตามทิศทางต่างๆ เช่น การฝึกเคลื่อนไหวดวงตาขวา-ซ้าย การฝึกเคลื่อนไหวศีรษะขวา-ซ้าย การฝึกเคลื่อนไหวดวงตาบน-ล่าง การฝึกเคลื่อนไหวศีรษะบน-ล่าง ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อต้องการกระตุ้นการทำงานของอวัยวะรับความรู้สึกที่อยู่ภายในโครงสร้างของหูชั้นใน

โดยการฝึกในช่วงแรกจะมีการสาธิตท่าให้ดูก่อน หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติตาม โดยการฝึกเริ่มจากการนั่งขัดสมาธิจากนั้นจะเริ่มเข้าสู่ท่าการฝึกซึ่งได้แสดงไว้ดังตารางต่อไปนี้

### แสดงท่าการฝึกการกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน

ท่าปฏิบัติ	วิธีการปฏิบัติ	หมายเหตุ
	<p>นั่งตัวตรง ศีรษะหันไปทางด้านหน้า กรอกสายตาไปทางด้านข้าง ทางด้านขวา-ซ้าย ซ้าย-ขวา ในขณะที่กรอกตาไปด้านข้างศีรษะยังคงตรง ไปทางด้านหน้า ขณะที่ปฏิบัติศีรษะไม่หันตามสายตา(ไม่ส่ายหน้า)</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>
	<p>นั่งตัวตรง ศีรษะหันไปทางด้านหน้า กรอกสายตาตามแนวดิ่ง คือ ทางด้านบน-ล่าง ล่าง-บน ในขณะที่กรอกตาในแนวดิ่ง ศีรษะยังคงตั้งตรงตรงไปทางด้านหน้า ขณะที่ปฏิบัติศีรษะไม่หันตามสายตา(ไม่พยักหน้า)</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>
	<p>นั่งตัวตรง สายตามองไปทางด้านหน้าหาหนึ่งจุดเพื่อโฟกัส จากนั้นหันศีรษะไปทางด้านข้าง คือ ทางด้านขวา-ซ้าย ซ้าย-ขวา ในขณะที่หันศีรษะไปในแนวด้านข้าง สายตายังคงมองที่ตำแหน่งโฟกัสทางด้านหน้า ขณะที่ปฏิบัติสายตาไม่หันตามศีรษะ</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>
	<p>เหยียดแขนไปทางด้านหน้า แนวเดียวกับระดับสายตา ยกนิ้วชี้ขึ้น ตั้งตรง สายตาสองข้างมองตำแหน่งปลายนิ้วชี้ จากนั้นค่อยๆ ขยับเคลื่อนนิ้วชี้ เข้าใกล้แนวระดับสายตา ในตำแหน่งกึ่งกลางใบหน้าขณะที่ขยับนิ้วเข้าใกล้ สายตาสองข้างโฟกัสขณะที่ปลายนิ้วมีขยับเข้าใกล้ พยายามไม่ให้หลุดโฟกัสขณะที่ปฏิบัติ</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>



ท่าปฏิบัติ	วิธีการปฏิบัติ	หมายเหตุ
	<p>นั่งตัวตรง เริ่มจากสายตาและศีรษะมองไปทางด้านหน้าหาหนึ่งจุดเพื่อโฟกัส จากนั้นค่อยๆ ขยับศีรษะขึ้น-ลง บน-ล่าง ในขณะที่ขยับศีรษะไปในแนวด้านบน-ล่าง ขณะที่ปฏิบัติพยายามให้สายตาปรับตามการเคลื่อนไหวของศีรษะ</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>
	<p>นั่งตัวตรง เริ่มจากสายตาและศีรษะมองไปทางด้านหน้าหาหนึ่งจุดเพื่อโฟกัส จากนั้นค่อยๆ ขยับศีรษะหันขวา-ซ้าย ซ้าย-ขวา ในขณะที่ขยับศีรษะไปในแนวด้านข้าง ขณะที่ปฏิบัติพยายามให้สายตาปรับตามการเคลื่อนไหวของศีรษะ</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>
	<p>นั่งตัวตรง สายตามองไปทางด้านหน้าหาหนึ่งจุดเพื่อโฟกัส ขณะปฏิบัติศีรษะยังคงตั้งตรงไปทางด้านหน้า เริ่มจากการใช้สายตาตามองทางด้านข้าง จากนั้นเริ่มกวาดสายตาในแนวเส้นโค้งเหนือแนวระดับสายตา ไปยังอีกด้านหนึ่ง ขวาไปซ้าย ซ้ายไปขวา โดยที่ศีรษะไม่หันตามสายตา (จำกัดเรื่องการเคลื่อนไหวศีรษะให้อยู่นิ่ง)</p>	<p>ช้า&gt;&gt;เร็ว เซตละ 15 ครั้ง ทำทั้งหมด 4 เซต</p>

#### หมายเหตุ

1. กลุ่มทดลอง ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับโปรแกรมการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน เป็นระยะเวลา 30 นาที และโปรแกรมโยคะ อีก 60 นาที รวมเวลาทั้งหมด 90 นาที
2. กลุ่มควบคุม ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับโปรแกรมการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว รวมเวลาทั้งหมด 60 นาที

### เกณฑ์ยุติการวิจัย

1. ระหว่างการเข้าร่วมวิจัย หากผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมการฝึกต่ำกว่าร้อยละ 80 จะไม่สามารถเข้าร่วมวิจัยต่อไปได้ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องทำการฝึกอย่างน้อย 20 ครั้ง จากจำนวนการฝึกทั้งหมด 24 ครั้ง
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยขอถอนตัวจากการเข้าร่วมวิจัย ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม
3. ไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบความสามารถในการทรงตัวตามวันและเวลาที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ คือ ช่วงก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

### สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา ชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ห้องฝึกออกกำลังกาย ชั้น 6 อาคาร สธ. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

### **3.12 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis)**

ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูลทั้งหมด บันทึกผลในคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS (statistic package for the social Sciences) version 28 แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) โดยวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน
2. คะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (Score)
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (Sec)
4. ค่าระยะทางและความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure : COP) จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงและแผ่นโฟมในเงื่อนไขต่างๆ



5. คำนวณระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกาย (center of gravity : COG) จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle และขณะเดินทรงตัวด้วยขาข้างเดียวในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) โดยการทดสอบจะทำการติดวัตถุสะท้อนแสง (reflective markers) 19 ตำแหน่ง จากนั้นมาคำนวณหา center of mass เพื่อหาจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายในขณะเดิน และขณะเดินทรงตัวด้วยขาข้างเดียวในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด)

6. การทดสอบการกระจายตัวปกติของข้อมูลวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ shapiro-wilk test (จำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50 คน) หากข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (normal distribution) จะใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยสถิติพารามेटริกซ์ (parametric statistic) การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม 2 กลุ่ม จึงใช้สถิติ independent sample t-test และถ้าหากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นปกติ (non-normal distribution) จะใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยสถิตินอนพารามेटริกซ์ (non-parametric statistic) โดยวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม 2 กลุ่ม จึงใช้สถิติ mann-whitney u test และในการเปรียบเทียบความแตกต่างของช่วงเวลาทั้ง 3 ช่วงเวลาในการทดสอบการทรงตัว หากข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (normal distribution) ใช้สถิติ repeated measurement ANOVA และถ้าหากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่เป็นปกติ (non-normal distribution) ใช้สถิติ friedman Test

- ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### บทที่ 4

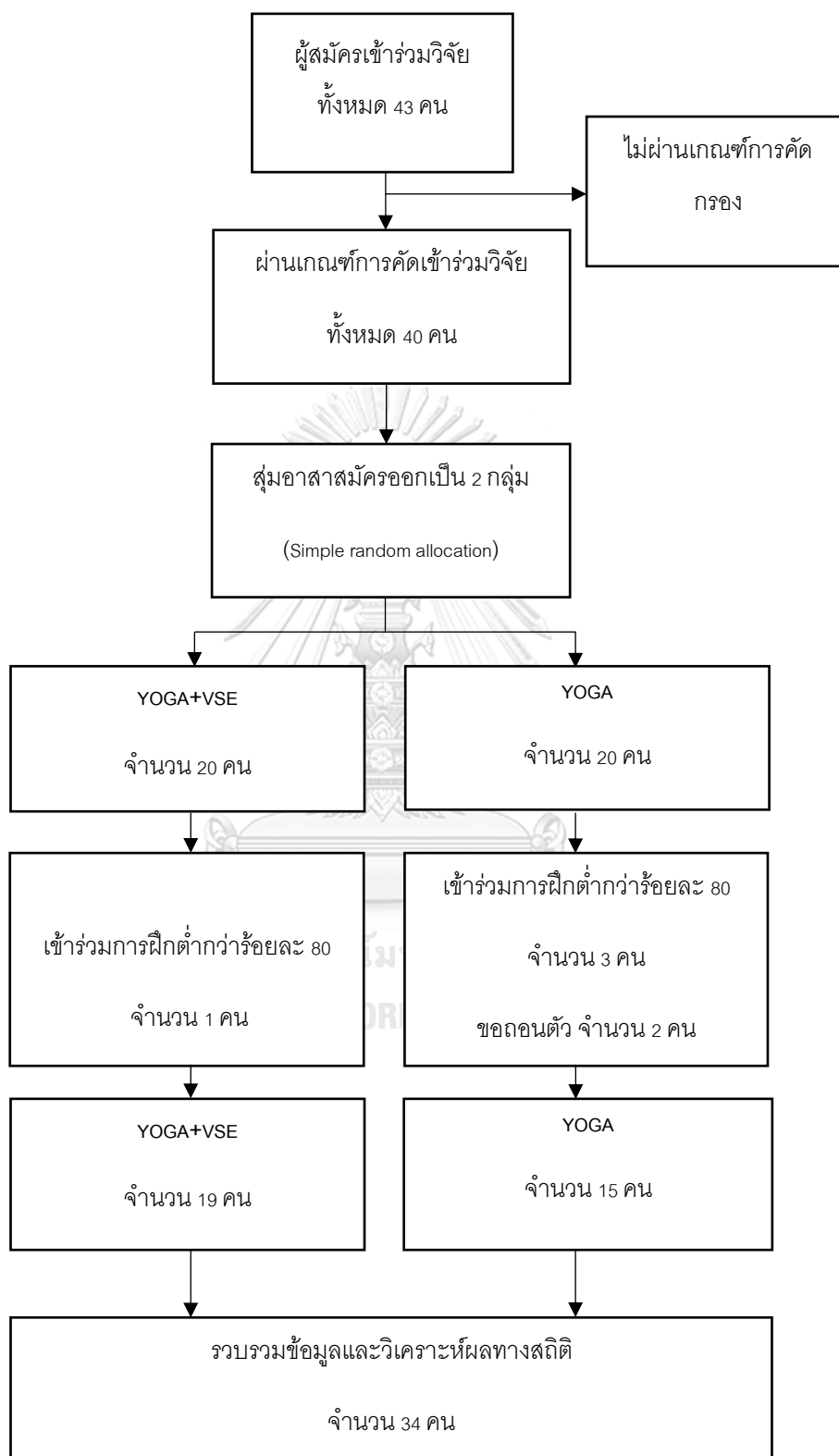
##### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาความแตกต่างของการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิงระหว่างการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในและการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 65-75 ปี ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง โดยศึกษาความแตกต่างของความสามารถในการทรงตัวก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม นำเสนอผลการศึกษาวิจัยในรูปแบบตารางและการอธิบายดังนี้

กลุ่มประชากรตัวอย่างที่ผ่านการคัดเลือกเข้าศึกษาทั้งหมด 40 ราย เป็นผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 65-75 ปี โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองทำการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน จำนวน 20 ราย เนื่องจากมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 1 ราย ที่เข้าร่วมการฝึกต่ำกว่า 80% จึงเหลือจำนวน 19 ราย และกลุ่มควบคุมทำการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว จำนวน 20 ราย มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 3 ราย ที่เข้าร่วมการฝึกต่ำกว่า 80% และผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 2 ราย ขอดถอนตัวจากการวิจัยหลังจากการฝึก 4 สัปดาห์ จึงเหลือจำนวน 15 ราย

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มประชากรตัวอย่างที่เข้าร่วมการฝึกจนสิ้นสุดการวิจัยทั้งสิ้นจำนวน 34 ราย โดยแบ่งออกเป็น กลุ่มทดลอง 19 ราย และกลุ่มควบคุม 15 ราย ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มจะได้รับการทดสอบ Berg Balance Score (score) การทดสอบ Time Up and Go (sec) การทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายขณะยืนบนแผ่นวัดแรงและแผ่นโฟมในเงื่อนไขต่างๆ การทดสอบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle และขณะเดินทรงตัวด้วยขาข้างเดียวในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มจะได้รับการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังสิ้นสุดโปรแกรมการวิจัย 8 สัปดาห์

### จำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าร่วมการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 16 แสดงจำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS (statistic package for the social sciences) version 28 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว โดยแสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (normal distribution) ผู้วิจัยทดสอบโดยใช้สถิติ independent sample t-test

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (normal distribution) ผู้วิจัยทดสอบโดยใช้สถิติ repeated measurement ANOVA

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**ตอนที่ 1** เปรียบเทียบข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว

**ตารางที่ 1** ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยจำแนกตามกลุ่ม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

คุณลักษณะทั่วไป	YOGA+VSE Mean (SD)	YOGA Mean (SD)	P-value
จำนวน (คน)	19	15	
อายุ (ปี)	68.47 (2.59)	69.00 (2.44)	0.524
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	53.74 (7.93)	55.47 (7.95)	0.972
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	153.57 (6.13)	153.43 (5.09)	0.565
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	22.78 (3.06)	23.48 (2.59)	0.855
มวลกล้ามเนื้อลาย (กิโลกรัม)	18.88 (2.65)	19.25 (2.36)	0.772
มวลไขมัน (%)	33.02 (5.72)	34.16 (5.14)	0.937

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} < 0.05$

จากตารางที่ 1 ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่ม มีจำนวน 34 คน เป็นผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 65-75 ปี พบว่าข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

**ตอนที่ 2** เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

**ตารางที่ 2** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของคะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (score) แสดงผลด้วย ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบ Berg Balance Score (Score)	YOGA+VSE (n=18) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	53.55 (1.68)	54.40 (0.73)	0.082
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	54.27 (1.63)	54.86 (0.35)	0.154
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	55.44 (0.61)	55.33 (0.48)	0.576

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 2 คะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (score) ของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**หมายเหตุ** จากการทดสอบ Berg Balance Score (score) ในช่วงของการเก็บข้อมูลมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 คน ของกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (YOGA+VSE) ที่ไม่สามารถมาเก็บข้อมูลได้ครบตามที่ได้ตกลงกันไว้ในตัวแปรดังกล่าวเนื่องจากเหตุผลบางประการของผู้เข้าร่วมวิจัย

**ตารางที่ 3** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (sec) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบ Time Up and Go (sec)	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	11.92 (1.72)	11.47 (0.89)	0.336
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	11.38 (1.87)	11.00 (1.20)	0.496
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	10.26 (1.08)	10.20 (0.97)	0.884

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (sec) ของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 4** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance (cm) of Center Of Pressure	Hard Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P- value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	44.93 (11.24)	42.39 (12.17)	0.533	52.70 (18.74)	46.34 (13.92)	0.282
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	41.78 (6.29)	43.10 (10.02)	0.639	49.45 (16.16)	48.78 (13.96)	0.900
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	43.58 (9.61)	41.96 (8.42)	0.611	51.61 (16.68)	47.32 (8.29)	0.370

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 4 ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 5** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed (m/s)	Hard Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P- value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P- value
ก่อนการฝึก	0.015 (0.003)	0.014 (0.004)	0.533	0.017 (0.006)	0.015 (0.004)	0.282
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	0.013 (0.002)	0.014 (0.003)	0.639	0.016 (0.005)	0.016 (0.004)	0.900
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	0.014 (0.003)	0.014 (0.002)	0.723	0.017 (0.005)	0.015 (0.002)	0.395

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 5 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 6** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed A-P (m/s)	Hard Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	0.022 (0.007)	0.023 (0.008)	0.706	0.022 (0.005)	0.023 (0.007)	0.523
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	0.021 (0.005)	0.022 (0.006)	0.473	0.020 (0.003)	0.023 (0.006)	0.138
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	0.019 (0.003)	0.023 (0.006)	0.023*	0.021 (0.005)	0.025 (0.007)	0.101

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 6 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงในขณะล้มตาของทั้งสองกลุ่ม ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในการทรงตัวดีขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว จากค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนว anterior-posterior ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) และการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงในขณะล้มตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )



**ตารางที่ 7** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed M-L (m/s)	Hard Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	0.017 (0.007)	0.016 (0.010)	0.591	0.017 (0.009)	0.015 (0.009)	0.624
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	0.021 (0.005)	0.022 (0.006)	0.473	0.021 (0.003)	0.023 (0.006)	0.138
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	0.015 (0.006)	0.015 (0.006)	1.000	0.015 (0.006)	0.015 (0.008)	0.881

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 7 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่ม ในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 8** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance (cm) of Center Of Pressure	Foam Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	83.26 (24.89)	80.86 (19.26)	0.761	134.65 (45.52)	120.75 (28.95)	0.312
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	80.46 (21.62)	86.40 (24.62)	0.460	119.07 (43.42)	120.17 (45.11)	0.943
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	81.10 (13.15)	84.47 (18.02)	0.533	120.62 (37.62)	120.02 (33.52)	0.962

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 8 ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 9** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed (m/s)	Foam Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	0.027 (0.008)	0.027 (0.006)	0.761	0.045 (0.015)	0.040 (0.009)	0.287
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	0.026 (0.007)	0.028 (0.008)	0.460	0.039 (0.014)	0.040 (0.015)	0.943
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	0.027 (0.004)	0.028 (0.006)	0.533	0.040 (0.012)	0.040 (0.011)	0.962

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 9 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 10** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed A-P (m/s)	Foam Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	0.045 (0.009)	0.047 (0.010)	0.508	0.066 (0.024)	0.065 (0.013)	0.845
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	0.043 (0.008)	0.049 (0.008)	0.057	0.059 (0.021)	0.059 (0.014)	0.434
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	0.045 (0.006)	0.047 (0.009)	0.352	0.062 (0.015)	0.064 (0.014)	0.760

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 10 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 11** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed M-L (m/s)	Foam Surface					
	Eyes Open			Eyes Closed		
	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	0.038 (0.011)	0.038 (0.010)	0.902	0.047 (0.014)	0.049 (0.014)	0.859
หลังการฝึก 4 สัปดาห์	0.032 (0.006)	0.036 (0.010)	0.149	0.037 (0.010)	0.043 (0.016)	0.189
หลังการฝึก 8 สัปดาห์	0.032 (0.007)	0.037 (0.013)	0.175	0.040 (0.013)	0.045 (0.018)	0.334

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 11 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 12** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance(mm) of Center Of Gravity on 1 Gait Cycle	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	64.50 (10.49)	67.70 (10.51)	0.385
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	55.06 (12.46)	58.35 (12.35)	0.448
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	46.79 (12.26)	51.39 (9.89)	0.247

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

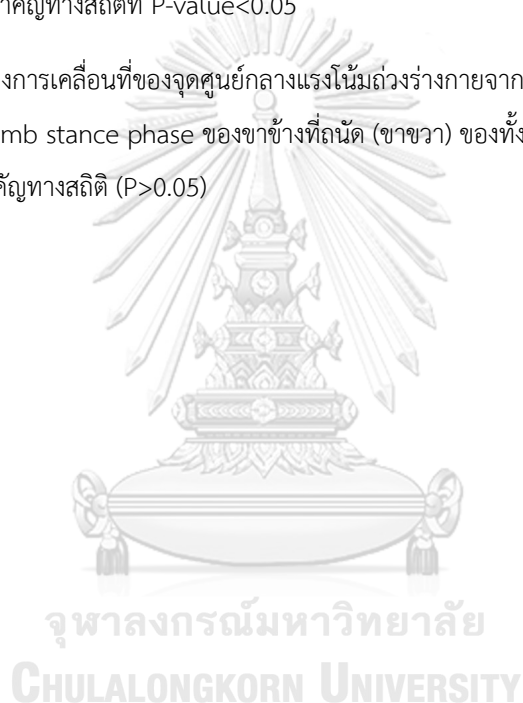
จากตารางที่ 12 ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle ของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 13** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance(cm) of Center Of Gravity on Single Limb Stance Phase	YOGA+VSE (n=19) Mean (SD)	YOGA (n=15) Mean (SD)	P-value
ก่อนการฝึก	4.28 (1.47)	4.34 (1.19)	0.902
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	3.99 (1.12)	3.38 (1.25)	0.144
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	3.39 (0.95)	2.93 (0.95)	0.151

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} < 0.05$

จากตารางที่ 13 ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) ของทั้งสองกลุ่มในทุกๆ ช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )



**ตอนที่ 3** เปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ก่อนเข้าร่วมการฝึก หลังเข้าร่วมการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

**ตารางที่ 14** แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของคะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (score) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบ Berg Balance Score (score)	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=18)</b>		
ก่อนการฝึก	53.55 (1.68)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	54.27 (1.63)	0.069
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	55.44 (0.61)	<0.001*
<b>YOGA (n=15)</b>		
ก่อนการฝึก	54.40 (0.73)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	54.86 (0.35)	0.087
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	55.33 (0.48)	0.003*

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 14 คะแนนการทดสอบ Berg Balance Score (score) ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นจากคะแนนการทดสอบที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

ตารางที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (sec) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

การทดสอบ Time Up and Go (sec)	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>		
ก่อนการฝึก	11.92 (1.72)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	11.38 (1.87)	0.097
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	10.26 (1.08)	<0.001*
<b>YOGA (n=15)</b>		
ก่อนการฝึก	11.47 (0.89)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	11.00 (1.20)	0.587
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	10.20 (0.97)	<0.005*

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 15 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go (sec) ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance (cm) of Center Of Pressure	Hard Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
YOGA+VSE (n=19)				
ก่อนการฝึก	44.93 (11.24)		52.70 (18.75)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	41.78 (6.29)	0.288	49.45 (16.16)	0.924
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	43.58 (9.61)	1.000	51.61 (16.69)	1.000
YOGA (n=15)				
ก่อนการฝึก	42.39 (12.18)		46.35 (13.93)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	43.10 (10.02)	1.000	48.79 (13.97)	1.000
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	41.96 (8.43)	1.000	47.32 (8.29)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} < 0.05$

จากตารางที่ 16 ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed (m/s)	Hard Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	0.015 (0.003)		0.017 (0.006)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.013 (0.002)	0.288	0.016 (0.005)	0.924
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.014 (0.003)	1.000	0.017 (0.005)	1.000
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	0.014 (0.004)		0.015 (0.004)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.014 (0.003)	1.000	0.016 (0.004)	1.000
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.014 (0.002)	1.000	0.015 (0.002)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 17 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )



**ตารางที่ 18** แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed A-P (m/s)	Hard Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	0.022 (0.007)		0.022 (0.005)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.021 (0.005)	0.925	0.020 (0.003)	0.717
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.019 (0.003)	0.114	0.021 (0.005)	1.000
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	0.023 (0.008)		0.023 (0.007)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.022 (0.006)	1.000	0.023 (0.006)	1.000
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.023 (0.006)	1.000	0.025 (0.007)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 18 พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

**ตารางที่ 19** แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed M-L (m/s)	Hard Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	0.017 (0.007)		0.017 (0.009)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.021 (0.005)	0.210	0.020 (0.003)	0.570
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.015 (0.006)	0.676	0.015 (0.006)	1.000
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	0.016 (0.010)		0.015 (0.009)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.022 (0.006)	0.104	0.023 (0.006)	0.03*
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.015 (0.006)	1.000	0.015 (0.008)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} < 0.05$

จากตารางที่ 19 พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงในขณะล้มตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และจากการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรงในขณะหลับตาพบว่าในกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว หลังการฝึกไป 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว Medial-Lateral มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่หลังจากการฝึกครบ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance (cm) of Center Of Pressure	Foam Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	83.26 (24.89)		134.65 (45.52)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	80.46 (21.62)	0.938	119.07 (43.42)	0.061
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	81.10 (13.15)	1.000	120.62 (37.62)	0.063
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	80.86 (19.26)		120.75 (28.95)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	86.40 (24.62)	0.052	120.17 (45.11)	1.000
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	84.47 (18.02)	0.792	120.02 (33.52)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 20 พบว่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

ตารางที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed (m/s)	Foam Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	0.027 (0.008)		0.044 (0.015)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.026 (0.007)	0.938	0.039 (0.014)	0.061
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.027 (0.004)	1.000	0.040 (0.012)	0.063
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	0.027 (0.006)		0.040 (0.009)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.028 (0.008)	0.526	0.040 (0.015)	1.000
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.028 (0.006)	0.792	0.040 (0.011)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 21 พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมทั้งขณะลืมตาและหลับตาของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

ตารางที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed A-P (m/s)	Foam Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	0.045 (0.009)		0.066 (0.024)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.043 (0.008)	0.690	0.059 (0.021)	0.002*
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.045 (0.006)	1.000	0.062 (0.015)	0.608
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	0.047 (0.010)		0.065 (0.013)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.049 (0.010)	1.000	0.064 (0.014)	1.000
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.047 (0.009)	1.000	0.064 (0.014)	1.000

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 22 พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมในขณะลืมตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) และจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนหลับตาบนแผ่นโฟม ในกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นจากค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

**ตารางที่ 23** แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Center Of Pressure Speed M-L (m/s)	Foam Surface			
	Eyes Open		Eyes Closed	
	Mean (SD)	P-value†	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>				
ก่อนการฝึก	0.038 (0.011)		0.047 (0.014)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.032 (0.006)	0.06	0.037 (0.010)	0.011*
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.032 (0.007)	0.101	0.040 (0.013)	0.09
<b>YOGA (n=15)</b>				
ก่อนการฝึก	0.038 (0.010)		0.049 (0.014)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	0.036 (0.010)	1.000	0.043 (0.016)	0.257
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	0.037 (0.013)	1.000	0.045 (0.018)	0.988

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} < 0.05$

จากตารางที่ 23 พบว่า ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟมในขณะลืมตาของทั้งสองกลุ่มในทุกๆช่วงเวลาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะยืนหลับตาบนแผ่นโฟม ในกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นจากค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance(mm) of Center Of Gravity on 1 gait cycle	Mean (SD)	P-value†
YOGA+VSE (n=19)		
ก่อนการฝึก	64.50 (10.48)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	55.06 (12.46)	<.001*
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	46.79 (12.26)	<.001*
YOGA (n=15)		
ก่อนการฝึก	67.70 (10.51)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	58.35 (12.35)	<.001*
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	51.39 (9.89)	<.001*

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 24 ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น จากระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

**ตารางที่ 25** แสดงการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) แสดงผลด้วยค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Total Distance(cm) of Center Of Gravity on Single limb Stance Phase	Mean (SD)	P-value†
<b>YOGA+VSE (n=19)</b>		
ก่อนการฝึก	4.28 (1.47)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	3.99 (1.12)	0.94
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	3.39 (0.95)	0.01*
<b>YOGA (n=15)</b>		
ก่อนการฝึก	4.34 (1.19)	
หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์	3.38 (1.25)	0.11
หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์	2.93 (0.95)	0.001*

หมายเหตุ

† เปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม ระหว่าง ก่อนการฝึก กับ หลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value<0.05

จากตารางที่ 25 พบว่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก พบว่าความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นจากค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายจากการทดสอบการควบคุมการทรงตัวขณะเดินในช่วง single limb stance phase ของขาข้างที่ถนัด (ขาขวา) ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (experimental study) ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 65 - 75 ปี จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ได้กลุ่มละ 13 คน ผู้วิจัยมีการคำนวณสัดส่วน drop out ไว้ จึงได้กลุ่มละ 20 คน โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการทรงตัวระหว่างการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวในผู้สูงอายุเพศหญิง โดยหลังสิ้นสุดการศึกษาเหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 34 คน จึงนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ

### สรุปผลการวิจัย

#### 1. การควบคุมการทรงตัวขณะทำกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกาย

1.1 คะแนนการทดสอบ Berg Balance Score ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ดีขึ้น จากค่าคะแนน Berg Balance Score ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ดีขึ้น จากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 2. การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัวขณะยืน

2.1 ระยะทางและความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนล้มตาและหลับตาบนแผ่นวัดแรง ทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

2.2 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior ขณะยืนล้มตา ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว

2.3 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral ขณะยืนหลับตา

2.4 ระยะทางและความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนล้มตาและหลับตาบนแผ่นโฟม ทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

2.5 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior ขณะยืนหลับตา

2.6 ความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral จากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นโฟม พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในกลุ่มฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว medial-lateral ขณะยืนหลับตา

### 3. การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle และในช่วง single limb stance phase

3.1 การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน ในช่วง single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด)พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดินในช่วง single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัวขณะยืน และการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle และขณะเดินในช่วง single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) ระหว่างกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ซึ่งผู้วิจัยต้องการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทสั่งการที่เกี่ยวข้องกับ vestibulo-ocular reflex pathway โดยการเพิ่มระยะเวลาการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหู

ขึ้นใน 30 นาที จากการศึกษาของผู้วิจัยสามารถตอบคำถามงานวิจัยได้ดังนี้ ผลการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัวขณะยืน ทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มพบความแตกต่างของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง พบว่า ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior ขณะยืนล้มตา ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว และจากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบผลภายในกลุ่มพบความแตกต่างของการทดสอบความสามารถในการทรงตัวขณะยืนบนพื้นโฟม พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน มีการลดลงของค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายทั้งในแนว anterior-posterior และแนว medial-lateral ขณะยืนล้มตาบนพื้นโฟมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว และจากผลการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน 1 gait cycle ทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ พบว่าทั้งสองกลุ่ม มีการลดลงของค่าระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มมีการลดลงของค่าระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดินในช่วง single limb stance phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนการทดสอบ Berg Balance Score และ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go ของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ดีขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมได้อธิบายกลไกการควบคุมการทรงตัวไว้ดังนี้

ในการควบคุมความสามารถในการทรงตัวของร่างกาย ร่างกายคนเราจะต้องอาศัยการทำงาน ของอวัยวะรับรู้ความรู้สึกจาก 3 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย สายตาและการมองเห็น (visual) การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อ (proprioception) และการรับรู้ความรู้สึกของระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) โดยสายตาและการมองเห็น (visual) คอยทำหน้าที่ในการรับ ข้อมูลจากภาพหรือสิ่งที่เราได้จากการมองเห็น เพื่อให้เราสามารถวางแผนเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว ของร่างกายได้ จากการมองเห็น (visual) ร่างกายสามารถบอกตำแหน่งของร่างกายจากการ เคลื่อนไหวให้สัมพันธ์กับสภาพสิ่งแวดล้อมได้ การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ (proprioception) เกี่ยวกับการรับรู้การเคลื่อนไหวของร่างกายจากข้อต่อ เอ็น และกล้ามเนื้อ ทำให้อวัยวะสามารถปรับตัวและ

สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ และส่วนสุดท้ายระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) คอยทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งศีรษะ และตำแหน่งของร่างกายขณะที่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งระบบนี้มีส่วนสำคัญเกี่ยวกับระบบประสาท ซึ่งเมื่อร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงความเร่งทั้งเชิงมุมและเชิงเส้นในส่วนนี้จะต้องทำงานให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวร่างกาย อวัยวะรับรู้ความรู้สึกจากทั้ง 3 ส่วนจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากสภาวะแวดล้อม ณ ขณะนั้น และนำข้อมูลที่รับมาส่งสัญญาณข้อมูลไปที่ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ได้แก่ สมองและไขสันหลัง สมองจะทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล ตัดสินใจ ก่อนที่สั่งการไปยังระบบควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกาย (motor control) เพื่อให้เกิดการตอบสนองที่เหมาะสม ซึ่งในการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย จะต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อโดยการหดตัว-คลายตัว (muscle contraction) ซึ่งจากผลการศึกษาวิจัยข้างต้นสามารถอภิปรายผลการศึกษา ดังนี้

## 1. การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัวขณะยืน

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบความแตกต่างของความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior จากการทดสอบการทรงตัวขณะยืนบนแผ่นวัดแรง พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior ขณะยืนลืมหัด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ซึ่งกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน กลุ่มนี้จะถูกกระตุ้นอวัยวะรับรู้ความรู้สึกจากทั้ง 3 ส่วน รวมถึงกระตุ้นระบบควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกาย (motor control) ในส่วนของ vestibulo-ocular reflex (VOR) ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ที่จะถูกกระตุ้นเพียงอวัยวะรับรู้ความรู้สึกจากทั้ง 3 ส่วน เท่านั้น และในเงื่อนไขการทดสอบการทรงตัวขณะยืนลืมหัดบนแผ่นวัดแรง ซึ่งต้องอาศัยการทำงานจากการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อ (proprioception) และการทำงานของสายตาและการมองเห็น (visual) ในการรับข้อมูลจากสภาวะแวดล้อมเป็นหลักในการควบคุมการทรงตัว ซึ่งทำให้ระบบประสาทสั่งการและการควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกายทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า ระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายจากการทดสอบการทรงตัว

ขณะยืนบนแผ่นวัดแรงของทั้งสองกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Jo-En Chien และ Wei-Li Hsu ในปี 2018 ได้ทำการศึกษาการควบคุมการทรงตัวจากการรบกวนสมดุลร่างกายในผู้สูงอายุสุขภาพดี เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกาย (center of pressure) และ จุดศูนย์กลางมวล (center of mass) ภายหลังจากการฝึกพบว่าการทรงตัวขณะยืนจากควบคุมจุดศูนย์กลางมวลในเงื่อนไขที่มีการรบกวนสมดุลพบความแตกต่างหลังการฝึก ส่วนการทรงตัวขณะยืนควบคุมจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายโดยที่ไม่มีการรบกวนสมดุลไม่พบการเปลี่ยนแปลงหลังการฝึก (36) จากการศึกษาของผู้วิจัยเป็นที่น่าสังเกตว่าหลังจากเข้าร่วมการฝึกไป 4 สัปดาห์ ในการทดสอบความสามารถในการทรงตัวขณะยืนหลับตาบนพื้นโฟม ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่มีการรบกวนการทรงตัวมากที่สุดในการศึกษานี้ โดยการยืนบนพื้นโฟมจะเป็นการกระตุ้นการทำงานของความรู้สึกของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อ (proprioception) และการหลับตาจะเป็นการรบกวนการทำงานของสายตาและการมองเห็น (visual) พบว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้นจากการลดลงของค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนว anterior-posterior และ medial-lateral มากกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการศึกษาของ Ida Wiszomirska และคณะ ในปี ค.ศ. 2015 ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อความมั่นคงในการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิงอายุ 60 ปีขึ้นไป ผลจากการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการส่งเสริมความสามารถในการทรงตัว โดยมุ่งเป้าการฝึกไปที่ระบบที่เกี่ยวข้องกับอวัยวะรับรู้ความรู้สึกที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวโดยตรง พบว่า ผลจากการควบคุมการทรงตัวในขณะหลับตา มีค่าระยะทางและความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ลดลง (25) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Michael E. Rogers ในปี 2001 ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกทรงตัวเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ต่อการควบคุมการทรงตัวในผู้สูงอายุ ผลจากการฝึกการทรงตัวสามารถช่วยลดความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่และเพิ่มความสามารถในการทรงตัวจากการทดสอบทางคลินิก Functional Reach ได้ (37) จากการศึกษาของผู้วิจัยในครั้งนี้ถึงแม้การทดสอบการทรงตัวขณะยืนในเงื่อนไขต่างๆ จะไม่พบความแตกต่างของระยะทางและความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายหลังจากการฝึกก็ตาม สอดคล้องกับการศึกษาของ Sabrina Youkhana ในปี 2015 ได้รวบรวมการศึกษาที่มุ่งเน้นผลจากการฝึกโยคะเพื่อความสามารถในการทรงตัวและ ความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายในผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป พบว่า การฝึกโยคะให้ผลการทรงตัวที่ดีขึ้นเพียงเล็กน้อยและความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายดีขึ้นปานกลางจากการป้องกันความเสี่ยง

จากการสัมภาษณ์ (38) ทั้งนี้จากการศึกษาของ Francesca Fiori และคณะ ในปี 2014 ซึ่งทำการศึกษากิจการงานของร่างกายระหว่างการรับรู้การทำงานของข้อต่อและการส่งสัญญาณของระบบรับรู้การทรงตัวในผู้สูงอายุในผู้ที่ทำการฝึกโยคะแบบ Ashtanga ผลการศึกษาในผู้ที่ทำการฝึกโยคะแบบ Ashtanga ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกที่มีความเข้มข้นสูงและค่อนข้างที่จะหนัก จากการทดสอบความสามารถในการทรงตัว พบว่าสามารถควบคุมและเรียนรู้การส่งสัญญาณและสื่อสารกับร่างกายตนเองได้ ทำให้การสื่อสารเพื่อรับข้อมูลโดยเน้นการสื่อสารและส่งสัญญาณข้อมูลจากภายในร่างกายตนเองมากกว่าการรับข้อมูลจากภายนอก ทำให้การทรงตัวดีขึ้นได้ (39) และจากการศึกษาของ Gina K. Alexander ในปี ค.ศ. 2012 ซึ่งทำการศึกษาลักษณะที่ได้รับจากการฝึกโยคะเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงเกี่ยวกับโรคหัวใจและหลอดเลือด ผลจากการเข้าร่วมการฝึกโยคะส่งผลต่อสภาพความมั่นคงทางจิตใจของผู้สูงอายุ ทำให้ระดับความเครียดลดลง ความวิตกกังวลลดลง ส่งเสริมความมั่นใจมากขึ้น มีสมาธิมากขึ้น รู้จักการสำรวจร่างกายตนเอง รักตัวเองมากขึ้น ทำให้การดำเนินกิจกรรมประจำวันสามารถทำได้ดีขึ้น (40) จากการศึกษและการสังเกตของผู้วิจัยในครั้งนี้ ในขณะที่ทำการทดสอบการทรงตัวขณะยืนในแต่ละเงื่อนไข ในการทดสอบจะต้องใช้ความนิ่งของผู้ทดสอบในการควบคุมร่างกายให้มีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด ซึ่งจะต้องมีสมาธิอย่างสูงขณะที่ทำการทดสอบ ซึ่งเมื่อผู้ทดสอบมีสมาธิ ความมั่นใจ สามารถควบคุมร่างกายและจดจ่อขณะที่ทำการทดสอบได้ ทำให้ผลการควบคุมการทรงตัวออกมาดี มีการแกว่งของระยะทางและความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงดันร่างกายน้อย อีกทั้งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นกลุ่มผู้สูงอายุสุขภาพดี มีความกระฉับกระเฉงในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งสังเกตได้จากการทดสอบ Berg Balance Score ที่ได้คะแนนค่อนข้างสูงตั้งแต่ก่อนการฝึก ทำให้ผลที่ได้อาจจะไม่พบความแตกต่างจากการฝึก

## 2. การควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดิน และขณะเดินในช่วง Single Limb Stance Phase

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ภายหลังจากการฝึกออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ การทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle ของทั้งสองกลุ่มดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และขณะเดินในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) ของทั้งสองกลุ่มภายหลังจากการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังจากการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของการฝึก ซึ่งไปกระตุ้นอวัยวะรับ

ความรู้สึจากทั้ง 3 ส่วน คือสายตาและการมองเห็น (visual) การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อ (proprioception) และการรับรู้ความรู้สึกของระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) ซึ่งจากการลดลงของค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ทั้งสองกลุ่มหลังจากได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายดังกล่าว โดยใช้โปรแกรมการฝึกโยคะเป็นหลัก หลายๆท่าการฝึกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความมั่นคงของร่างกายในการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดินได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nick N และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกโยคะต่อการทรงตัวและอาการกลัวการล้มในผู้สูงอายุ ซึ่งแสดงให้เห็นผลจากการฝึกมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดขา (quadriceps) ซึ่งมีส่วนสำคัญในจังหวะการก้าวเท้าของการเดิน (stepping) ทำให้เพิ่มความมั่นคงขณะที่มีการเคลื่อนไหว (12) จากการศึกษาของ Chris A McGibbon และคณะ ในปี ค.ศ. 2005 จากข้อมูลรายงานการศึกษานำร่องทำการศึกษาผลของไทชิ และการฟื้นฟูระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ต่อการทรงตัวและความสามารถในการเดิน โดยผลการศึกษาจากกลไกการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ทั้งสองกลุ่มสามารถพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ จากค่าการวัดระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ ซึ่งพบข้อมูลเพิ่มเติมว่า ในกลุ่มไทชิ ช่วยส่งผลต่อการควบคุมระบบประสาทสั่งการจากการควบคุมร่างกายส่วนล่างมากกว่ากลุ่มฟื้นฟูระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และกลุ่มการฟื้นฟูระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน จะช่วยเสริมการควบคุมร่างกายให้การเดินสามารถทำงานได้ดีขึ้น (41) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Margarete DiBenedetto และคณะ ในปี 2005 ได้ทำการสำรวจลักษณะของการฝึกโยคะไอน์การ์อย่างเหมาะสมต่อการเดินในผู้สูงอายุเพศหญิง ผลจากการศึกษาพบว่า จากการฝึกโยคะไอน์การ์ในผู้สูงอายุทำให้กล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดสะโพกถูกยืดยาวออก ส่งผลให้ความยาวก้าวเพิ่มขึ้น และช่วยให้การหมุนของกระดูกเชิงกรานไปทางด้านหน้าลดลง ส่งผลให้การทรงตัวในขณะเดินที่ดีขึ้น (42) ซึ่งจากการฝึกออกกำลังกายด้วยโยคะสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างคส่วนล่างร่างกายได้ อ้างอิงจากการศึกษาของ Arlene A. Schmid ในปี 2010 จากการศึกษา นำร่อง ทำการศึกษาผลของการฝึกโยคะเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ต่ออาการกลัวการล้มและการทรงตัวในผู้สูงอายุ ผลจากการฝึกพบว่า อาการกลัวการล้มลดลงถึง 6 เปอร์เซ็นต์ การทรงตัวขณะยืนจากการทดสอบ Berg Balance Score เพิ่มขึ้น 4 เปอร์เซ็นต์ และความยืดหยุ่นของรยางค์ส่วนล่างเพิ่มขึ้นถึง 34 เปอร์เซ็นต์ (14) ถึงแม้ว่าทั้งสองกลุ่มในแต่ละช่วงเวลาจะไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของค่าระยะทางการเคลื่อนที่จากการทดสอบการทรงตัวขณะเดิน 1 gait cycle และขณะเดินในช่วงจังหวะ single limb stance phase (ขาข้างที่ถนัด) แต่



จากการศึกษาพบว่าแนวโน้มของกลุ่มที่ฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน จะมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ลดลงมากกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีส่วนสำคัญกับลักษณะการเคลื่อนไหวร่างกาย รวมถึงการควบคุมจุดศูนย์กลางแรงโน้มถ่วงร่างกายขณะเดินมากกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ในปี 2019 ของ Shaleen Sulway ได้อธิบายถึงความก้าวหน้าในการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน จากหลายๆการศึกษายืนยันแล้วว่าการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในช่วยฟื้นฟูความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้นได้ อีกทั้งช่วยลดอาการเวียนศีรษะ อาการกลัวการล้ม อาการบ้านหมุน การเปลี่ยนท่าทางกะทันหัน แต่มีข้อควรระวังจากการฝึกดังกล่าวคือ อาการคลื่นไส้ วิดกกังวล อย่างไรก็ตามควรมีการฝึกตั้งแต่วัยแรกๆ จะเห็นได้ว่าประโยชน์จากการฝึกการทรงตัวโดยการกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ซึ่งเป็นการฝึกโฟกัสการใช้สายตา รวมถึงการฝึกเสมือนจริง ล้วนทำให้ผู้สูงอายุสามารถกลับไปทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันได้ (43) และจากการทบทวนวรรณกรรมของ Heloisa Freiria Tsukamoto และคณะ ในปี 2015 ศึกษาผลของการฝึกฟื้นฟูระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในเพื่อศึกษาคุณภาพในการใช้ชีวิตและการควบคุมสมดุลร่างกายในผู้ป่วยที่มีอาการเวียนศีรษะ จากการศึกษพบว่า ในระยะเวลาการฝึก 12 สัปดาห์ สามารถเพิ่มคุณภาพในการใช้ชีวิตและการควบคุมสมดุลร่างกายในผู้ป่วยที่มีอาการเวียนศีรษะ ผลจากการฝึกชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในในผู้ป่วยที่มีอาการเวียนศีรษะ (44) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Vaishali Bhardwaj และคณะ ในปี 2014 ได้ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายจากการใช้สายตาต่อการทรงตัวในกลุ่มผู้สูงอายุสุขภาพดี ผลจากการฝึกชี้ให้เห็นว่าถึงแม้จะเป็นเพียงการฝึกออกกำลังกายจากการใช้สายตาเพียง 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มจุดสนใจในการมองและเพิ่มความมั่นใจจากการดำเนินกิจกรรมประจำวันได้ ทำให้ความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น โดยผลมาจากการปรับตัวของ vestibulo-ocular reflex (VOR) ในผู้สูงอายุที่ทำงานได้ดีขึ้น (24)

### 3. การควบคุมการทรงตัวขณะทำกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกาย

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่าการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวร่างกายในการทำกิจกรรมต่างๆของทั้งสองกลุ่มดีขึ้นภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ จากการเพิ่มขึ้นของค่าคะแนนที่ใช้ในการทดสอบ Berg Balance Score อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ Time Up and Go ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระหว่างกลุ่มภายหลังการฝึกออกกำลังกาย

8 สัปดาห์ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของการฝึก ซึ่งไปกระตุ้นอวัยวะรับรู้ความรู้สึกจากทั้ง 3 ส่วน คือสายตาและการมองเห็น (visual) การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อ เอ็น กล้ามเนื้อ (proprioception) และการรับรู้ความรู้สึกของระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) จากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบลดลงแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบมีการทรงตัวที่ดีขึ้น เป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบสามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้เป็นอย่างดี รวมถึงรูปแบบของการฝึกที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายใกล้เคียงกับรูปแบบการทดสอบทำให้มีความคุ้นเคยมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Kathleen K. Kelly และคณะในปี 2019 ทำการศึกษาโยคะบำบัดต่อการควบคุมการทรงตัว การเคลื่อนไหวร่างกาย และความเร็วในการเดิน พบว่าหลังจากฝึกโยคะไป 12 สัปดาห์ ความสามารถในการควบคุมการทรงตัว การเคลื่อนไหวร่างกาย และความเร็วในการเดินดีขึ้น และส่งเสริมความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันมากขึ้น และยังได้คำยืนยันจากผู้เข้าร่วมการฝึกว่า หลังจากการฝึกให้ผลดีทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ส่งผลให้เกิดความมั่นคงและสามารถควบคุมกล้ามเนื้อในการทำกิจกรรมต่างๆได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะของการฝึกโยคะช่วยเสริมและเพิ่มคุณภาพในการสัมผัสพื้นผิว อีกทั้งรูปแบบของการฝึกโยคะในการฝึกท่าอาสนะต่างๆ จะมีการฝึกสำรวจร่างกายและรับรู้ความรู้สึก รวมถึงเรียนรู้ท่าทางจากท่าอาสนะที่ใช้ มีการฝึกการลงน้ำหนักและการทรงตัวจากท่าอาสนะต่างๆ ซึ่งส่งผลให้มีการเพิ่มคุณภาพในการสัมผัสระหว่างเท้ากับพื้นผิวที่ดีขึ้น (sensation of the sole of the foot) ในขณะที่เท้าลงน้ำหนัก เท้าจะทำหน้าที่คอยรับแรงและน้ำหนักจากส่วนบนของร่างกาย ซึ่งเมื่อเท้ามีการสัมผัสกับพื้นที่ดีขึ้น น้ำหนักของแรงที่ลงสู่พื้นกระจายได้มากขึ้น การทรงตัวก็จะดีขึ้น และจากท่าฝึกท่าต้นไม้ (vrikshasana) ในขณะที่ยืนทรงตัวด้วยขาข้างเดียว กระตุ้นการทำงานของข้อเท้า (ankle proprioception) เสริมการทำงานของกล้ามเนื้อ gastronemius และกล้ามเนื้อ soleus ซึ่งทั้งสองมัดจะถูกกระตุ้นมากขึ้น และมีส่วนสำคัญของการเดินในจังหวะยกส้นเท้า (heel off) เพิ่มความมั่นคงของข้อเท้าในการควบคุมการทรงตัวและความเร็วในการเดิน ส่วนกล้ามเนื้อ tibialis anterior มีส่วนสำคัญกับ foot clearance ในการเดิน ทำให้การทรงตัวขณะเดินสามารถทำได้ดีขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้นและป้องกันการล้มได้ ในท่าเก้าอี้ (utkata konasana) ซึ่งเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) เสริมการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดขา (knee extension) ในช่วง terminal stance และช่วง pre-swing ในความยาวก้าวปกติ (16) นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมของ Uwe Proske และ Simon C. Gandevia ในปี 2012 ได้อธิบายเกี่ยวกับ การรับรู้การทำงานของข้อ การส่งสัญญาณจากรูปร่างของร่างกาย ตำแหน่งการเคลื่อนไหวของร่างกาย และแรงจากกล้ามเนื้อ ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับระบบ

ประสาทการรับรู้การทำงานของข้อต่อ (proprioception sense) ไว้ว่า ในการควบคุมการทรงตัวเกิดจากการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย จากอวัยวะรับความรู้สึกที่อยู่บริเวณผิวหนัง กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว ร่างกายจะได้รับข้อมูลจากอวัยวะรับความรู้สึกจากหลายๆส่วน เมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายข้อมูลที่ได้รับจากอวัยวะรับความรู้สึกจะทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูล ประมวลผล และวิเคราะห์ออกมาเป็นรูปแบบการเคลื่อนไหว เช่น ตำแหน่งของแขน และขาแบบใดที่เหมาะสมกับการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อให้มีสมดุลเกิดขึ้น และในกรณีที่มีการรบกวนระบบประสาทส่วนปลายจากการลดประสาทสัมผัสลง จะเห็นได้ว่าระบบสั่งการจะทำหน้าที่สั่งให้สมองสามารถที่จะจัดรูปแบบลักษณะการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม ซึ่งการออกกำลังกายช่วยเพิ่มการกระตุ้นการรับรู้การทำงานของข้อต่อได้ และอาจส่งผลต่ออาการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อได้เช่นกัน เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นระบบประสาทรับความรู้สึกก็จะเสื่อมลง ส่งผลให้รูปแบบการเคลื่อนไหวบกพร่อง เพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการล้มในผู้สูงอายุได้ จากการศึกษานี้ได้อธิบายและให้ข้อมูลเชิงลึกเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการรับรู้การทำงานของข้อต่อ (45) สอดคล้องกับการศึกษาในปี ค.ศ. 2018 ของ Ujwal Lakshman Yeole และคณะ ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการให้โปรแกรมการฝึกการรับรู้การทำงานของข้อและโปรแกรมการฟื้นฟูระบบรับรู้การทรงตัวในผู้สูงอายุในต่อความเสี่ยงในการล้ม จากการศึกษาพบว่า ผลจากการให้โปรแกรมการฝึกการรับรู้การทำงานของข้อส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวและลดความเสี่ยงจากการล้มในผู้สูงอายุมากกว่าการฝึกฟื้นฟูระบบรับรู้การทรงตัวในผู้สูงอายุ ซึ่งผู้สูงอายุมีการใช้ระบบรับรู้การทำงานของข้อต่อและจากการสัมผัสมากกว่าสายตาและการมองเห็น (46) อีกทั้งในปี ค.ศ. 2013 ของ Man-Ying Wang ทำการศึกษาชีวกลศาสตร์ของการยืนในท่าฝึกโยคะในผู้สูงอายุเพศหญิง :ศึกษาแรงและกำลังในผู้สูงอายุที่ทำท่าฝึกโยคะ พบว่าในการฝึกออกกำลังกายด้วยโยคะจากท่ายืนพื้นฐาน 7 ท่า ส่งเสริมความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อดีขึ้น รวมถึงสมรรถภาพทางกายดีขึ้น เช่น ความสามารถในการทรงตัว อีกทั้งยังช่วยลดโอกาสการเกิดการบาดเจ็บได้ (47)

## สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สรุปได้ว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึกโยคะ ร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในมีค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของจุด ศูนย์กลางแรงดันร่างกายในแนว anterior-posterior ขณะยืนลืมหายราบพื้นเรียบดีกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะ เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามผลจากการฝึกออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบให้ผลไม่แตกต่างกันในการ ฝึกเพื่อเพิ่มความมั่นคงของร่างกายจากการควบคุมการทรงตัวขณะยืนและขณะเคลื่อนไหวร่างกาย ดังนั้นการฝึกออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 8 สัปดาห์ ช่วยส่งเสริม ความสามารถในการทรงตัว ส่งเสริมการควบคุมร่างกายขณะเดิน รวมถึงความสามารถในการทรงตัว ขณะทำกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกายได้ รวมถึงลดปัญหาและป้องกันความเสี่ยงจากการหกล้มใน ผู้สูงอายุได้

## จุดเด่นของการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลความแตกต่างของการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง ระหว่างการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่าง เดียว โดยมีการทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยแผ่นวัดแรง (force platform) และ เครื่อง วิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ในการเก็บบันทึกข้อมูล และมีการใช้แบบทดสอบทางคลินิกซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ทำได้ง่ายและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

จากการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่า การออกกำลังกายด้วยการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้น ระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน และการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว การออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบ เป็นวิธีการฝึกที่สามารถปฏิบัติได้เอง และมีค่าใช้จ่ายน้อยมาก เพราะไม่ต้องใช้เครื่องมือหรือใช้อุปกรณ์ ที่มีราคาสูง อีกทั้งการออกกำลังกายดังกล่าวเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสม ซึ่งได้ผลทั้งทาง ร่างกายและจิตใจ รวมถึงการฝึกสมาธิ อีกทั้งยังส่งเสริมความสามารถในการทรงตัวได้ดี ส่งผลให้ ผู้สูงอายุสามารถทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้น ผลจากการวิจัยในครั้งนี้สามารถเป็น ทางเลือกในการออกกำลังกายในผู้สูงอายุได้ ถึงแม้ทั้งสองวิธีอาจจะไม่พบความแตกต่างกัน

### ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย

1. เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาความแตกต่างของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในและการฝึกโยคะเพียงอย่างเดียวต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะได้รับการฝึกโยคะเป็นเวลา 60 นาทีเท่ากัน โดยทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าน่าจะส่งผลต่อความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) และความทนทานของกล้ามเนื้อ (muscle endurance) ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจมีการเพิ่มเติมการทดสอบการตรวจประเมินดังกล่าวว่าส่งผลหรือไม่อย่างไร

2. ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ กลุ่มทดลองซึ่งทำการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ประกอบด้วย การฝึกโยคะ ใช้ระยะเวลา 60 นาที และการฝึกกระตุ้นระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ใช้ระยะเวลา 30 นาที ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าน่าจะส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกโยคะเพียงอย่างเดียว ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เพียงแบบทดสอบ Time Up and Go และ Berg Balance Score ซึ่งตัวชี้วัดที่ใช้อาจจะไม่ได้ตอบโจทย์ของการวัด vestibular system ที่เฉพาะเจาะจง ในอนาคตหากมีการศึกษาเพิ่มเติม ควรเพิ่มเติมการใช้แบบทดสอบที่ใช้วัดการทำงานของ vestibular function ที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น สำหรับการทดสอบระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system)

3. ในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้อยู่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งมีการจำกัดจำนวนสมาชิกในการรวมกลุ่มตามมาตรการป้องกันการแพร่ระบาด ซึ่งผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลในกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งผู้สูงอายุ อยู่ในกลุ่มเสี่ยง 7 โรค ได้แก่ 1. กลุ่มโรคมะเร็ง 2. กลุ่มโรคเบาหวาน และโรคอ้วน 3. กลุ่มโรคหลอดเลือดหัวใจและปอด 4. กลุ่มโรคระบบประสาท 5. กลุ่มโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง 6. กลุ่มโรคไตเรื้อรัง และ 7. กลุ่มผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่อ่อนไหวง่ายต่อการได้รับเชื้อ ส่งผลทำให้จำกัดจำนวนสมาชิกในการเข้าร่วมการฝึก และผู้เข้าร่วมวิจัยบางท่านไม่สะดวกเดินทางมาเข้าร่วมการฝึก เนื่องจากยังไม่มั่นใจกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 จึงขอทำการฝึกผ่านโปรแกรมออนไลน์ ทำให้ประสิทธิภาพในการฝึกลดลง จากการปฏิบัติท่าฝึกที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลต่อตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ

4. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จำกัดแค่เพศหญิงช่วงอายุระหว่าง 65-75 ปี เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นผู้สูงอายุที่มีความสามารถในการทรงตัวที่ค่อนข้างดี อยู่แล้วตั้งแต่ก่อนเข้าร่วมการศึกษา และได้มีปัญหาเกี่ยวกับระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน (vestibular system) ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจจะขยายช่วงการศึกษาในช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น กลุ่มช่วงอายุที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายมากกว่ากลุ่มช่วงอายุที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ และอาจทำให้เห็นความชัดเจนของข้อมูลที่ได้จากการศึกษามากกว่าครั้งนี้



## บรรณานุกรม

1. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*. 1995;3(4):193-214.
2. Maurer C, Mergner T, Peterka R. Multisensory control of human upright stance. *Experimental brain research*. 2006;171:231-50.
3. Bergen G, Stevens MR, Burns ER. Falls and fall injuries among adults aged  $\geq 65$  years—United States, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2016;65(37):993-8.
4. O'Loughlin JL, Robitaille Y, Boivin J-F, Suissa S. Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. *American journal of epidemiology*. 1993;137(3):342-54.
5. Blake A, Morgan K, Bendall M, Dallosso H, Ebrahim S, Arie Ta, et al. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age and ageing*. 1988;17(6):365-72.
6. Seo J-s, Kim S. Prevention of Potential Falls of Elderly Healthy Women: Gait Asymmetry. *Educational Gerontology*. 2014;40(2):123-37.
7. Kim S, Lockhart T. Lower limb control and mobility following exercise training. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2012;9(1):1-9.
8. Cuevas-Trisan R. Balance Problems and Fall Risks in the Elderly. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2017;28(4):727-37.
9. Bueno-Cavanillas A, Padilla-Ruiz F, Jiménez-Moleón JJ, Peinado-Alonso CA, Gálvez-Vargas R. Risk factors in falls among the elderly according to extrinsic and intrinsic precipitating causes. *European Journal of Epidemiology*. 2000;16(9):849-59.
10. Lord SR, Clark RD, Webster IW. Physiological factors associated with falls in an elderly population. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(12):1194-200.
11. Seidler RD, Martin PE. The effects of short term balance training on the postural control of older adults. *Gait & Posture*. 1997;6(3):224-36.
12. Nick N, Petramfar P, Ghodsbin F, Keshavarzi S, Jahanbin I. The effect of yoga on balance and fear of falling in older adults. *PM&R*. 2016;8(2):145-51.

13. Hosseini L, Kargozar E, Sharifi F, Negarandeh R, Memari A-H, Navab E. Tai Chi Chuan can improve balance and reduce fear of falling in community dwelling older adults: a randomized control trial. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(6):1024.
14. Schmid AA, Van Puymbroeck M, Kocaja DM. Effect of a 12-week yoga intervention on fear of falling and balance in older adults: a pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2010;91(4):576-83.
15. Hainsworth KR, Liu XC, Simpson PM, Swartz AM, Linneman N, Tran ST, et al. A pilot study of Iyengar yoga for pediatric obesity: effects on gait and emotional functioning. *Children*. 2018;5(7):92.
16. Kelley KK, Aaron D, Hynds K, Machado E, Wolff M. The effects of a therapeutic yoga program on postural control, mobility, and gait speed in community-dwelling older adults. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2014;20(12):949-54.
17. Nicholson VP, McKean MR, Burkett BJ. Twelve weeks of BodyBalance® training improved balance and functional task performance in middle-aged and older adults. *Clinical interventions in aging*. 2014:1895-904.
18. Kadachha D, Soni N, Parekh A. EFFECTS OF YOGASANA ON BALANCE IN GERIATRIC POPULATION. *International Journal of Physiotherapy and Research*. 2016;4:1401-7.
19. Jahn K. The Aging Vestibular System: Dizziness and Imbalance in the Elderly. *Adv Otorhinolaryngol*. 2019;82:143-9.
20. Zalewski CK, editor *Aging of the human vestibular system*. Seminars in hearing; 2015: Thieme Medical Publishers.
21. Sloane PD, Baloh RW, Honrubia V. The vestibular system in the elderly: clinical implications. *American journal of otolaryngology*. 1989;10(6):422-9.
22. Ribeiro AdSB, Pereira JS. Balance improvement and reduction of likelihood of falls in older women after Cawthorne and Cooksey exercises. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*. 2005;71(1):38-46.
23. Khanna T, Singh S. Effect of gaze stability exercises on balance in elderly. *J Dental Med Sci*. 2014;13(9):41-8.



24. Bhardwaj V, Vats M. Effectiveness of gaze stability exercise on balance in healthy elderly population. *Int J Physiother Res.* 2014;2(4):642-7.
25. Wiszomirska I, Kaczmarczyk K, Błażkiewicz M, Wit A. The impact of a vestibular-stimulating exercise regimen on postural stability in women over 60. *Journal of Exercise Science & Fitness.* 2015;13(2):72-8.
26. Ricci NA, Aratani MC, Caovilla HH, Ganança FF. Effects of vestibular rehabilitation on balance control in older people with chronic dizziness: a randomized clinical trial. *American journal of physical medicine & rehabilitation.* 2016;95(4):256-69.
27. Rossi-Izquierdo M, Gayoso-Diz P, Santos-Pérez S, Del-Río-Valeiras M, Faraldo-García A, Vaamonde-Sánchez-Andrade I, et al. Vestibular rehabilitation in elderly patients with postural instability: reducing the number of falls—a randomized clinical trial. *Aging clinical and experimental research.* 2018;30:1353-61.
28. Abarghuei AF, Fadavi-Ghaffar M, Tousi S, Amini M, Salehi AR. Effect of cawthorne and cooksey exercises on balance and quality of life of 60 to 80 year-old individuals in Shiraz: A randomized clinical trial. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran.* 2018;32:74.
29. Soto-Varela A, Rossi-Izquierdo M, del-Río-Valeiras M, Vaamonde-Sánchez-Andrade I, Faraldo-García A, Lirola-Delgado A, et al. Vestibular rehabilitation using posturographic system in elderly patients with postural instability: can the number of sessions be reduced? *Clinical interventions in aging.* 2020:991-1001.
30. Bandy WD, Sanders B. *Therapeutic exercise for physical therapist assistants*: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
31. Lephart SM, Henry TJ. The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *Journal of Sport Rehabilitation.* 1996;5(1):71-87.
32. Downs S. The Berg Balance Scale. *J Physiother.* 2015;61(1):46.
33. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
34. Browne W, Nair BKR. The Timed Up and Go test. *Med J Aust.* 2019;210(1):13-4.e1.

35. Wooten SV, Signorile JF, Desai SS, Paine AK, Mooney K. Yoga meditation (YoMed) and its effect on proprioception and balance function in elders who have fallen: A randomized control study. *Complementary therapies in medicine*. 2018;36:129-36.
36. Chien JE, Hsu WL. Effects of Dynamic Perturbation-Based Training on Balance Control of Community-Dwelling Older Adults. *Sci Rep*. 2018;8(1):17231.
37. Rogers ME, Fernandez JE, Bohlken RM. Training to reduce postural sway and increase functional reach in the elderly. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 2001;11:291-8.
38. Youkhana S, Dean CM, Wolff M, Sherrington C, Tiedemann A. Yoga-based exercise improves balance and mobility in people aged 60 and over: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing*. 2016;45(1):21-9.
39. Fiori F, David N, Aglioti SM. Processing of proprioceptive and vestibular body signals and self-transcendence in Ashtanga yoga practitioners. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:734.
40. Alexander GK, Innes KE, Selfe TK, Brown CJ. "More than I expected": perceived benefits of yoga practice among older adults at risk for cardiovascular disease. *Complementary Therapies in Medicine*. 2013;21(1):14-28.
41. McGibbon CA, Krebs DE, Parker SW, Scarborough DM, Wayne PM, Wolf SL. Tai Chi and vestibular rehabilitation improve vestibulopathic gait via different neuromuscular mechanisms: preliminary report. *BMC neurology*. 2005;5(1):1-12.
42. DiBenedetto M, Innes KE, Taylor AG, Rodeheaver PF, Boxer JA, Wright HJ, et al. Effect of a gentle Iyengar yoga program on gait in the elderly: an exploratory study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2005;86(9):1830-7.
43. Sulway S, Whitney SL. Advances in Vestibular Rehabilitation. *Adv Otorhinolaryngol*. 2019;82:164-9.
44. Tsukamoto HF, Costa Vde S, Silva RAJ, Pelosi GG, Marchiori LL, Vaz CR, et al. Effectiveness of a Vestibular Rehabilitation Protocol to Improve the Health-Related Quality of Life and Postural Balance in Patients with Vertigo. *Int Arch Otorhinolaryngol*. 2015;19(3):238-47.

45. Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev.* 2012;92(4):1651-97.
46. Yeole UL, Raut RV. Effect of Proprioceptive Exercise Program versus Vestibular Rehabilitation Therapy on Risk of Fall in Elderly. *International Journal of Science & Healthcare Research.* 2018;3(4):117-22.
47. Wang M-Y, Yu SSY, Hashish R, Samarawickrame SD, Kazadi L, Greendale GA, et al. The biomechanical demands of standing yoga poses in seniors: The Yoga empowers seniors study (YESS). *BMC Complementary and Alternative Medicine.* 2013;13(1):8.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## ภาคผนวก ก

## เอกสารชี้แจงสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

**ชื่อโครงการวิจัย** ผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ  
เพศหญิง

**ผู้สนับสนุนการวิจัย** อยู่ระหว่างเตรียมการขอทุน

**ผู้วิจัยหลัก**

ชื่อ นายอาทิตย์ งามชื่น  
ที่อยู่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330  
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 089-649-2325

**ผู้วิจัยร่วม**

ชื่อ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์  
ที่อยู่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330  
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 081-627-5141

**ผู้วิจัยร่วม**

ชื่อ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ สมพล สงวนรังสิริกุล  
ที่อยู่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330  
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 081-492-3552

**เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน**

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 65-75 ปี ก่อนที่  
ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้  
ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถาม  
จากทีมงานของแพทย์ผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่าง  
แก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่า จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

### **เหตุผลความเป็นมา**

การลัมเป็นปัญหาสุขภาพด้านสาธารณสุขอันดับต้นๆที่พบเจอได้บ่อยในกลุ่มประชากรผู้สูงอายุ ปัจจุบันประเทศไทยก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ ทำให้อัตราส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มสูงขึ้น และมีแนวโน้มที่จะนำไปสู่การลัมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดการลัม แบ่งเป็นปัจจัยภายใน(เพศ อายุ การกลัการลัม ความเสื่อมของร่างกาย) และปัจจัยภายนอก(สิ่งแวดล้อม แสงสว่าง รองเท้า) ผู้สูงอายุจะต้องอาศัยความสามารถในการทรงตัวอย่างมากเมื่อเทียบกับช่วงวัยอื่นๆ\_การทรงตัวจะต้องอาศัยการทำงานของระบบต่างๆในการทำงานเชื่อมโยงประสานกันเพื่อให้สามารถทรงตัวอยู่ได้ และการออกกำลังกายเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้อัตราการลัมในผู้สูงอายุลดลง การออกกำลังกายรูปแบบโยคะ เป็นการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างช้าๆมีการรับรู้ตัวเองอยู่ตลอดเวลา การฝึกโยคะสามารถเพิ่มความแข็งแรง ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ ลดการตึงตัวของกล้ามเนื้อได้ อีกทั้งยังมีการออกกำลังกายโดยการฝึกกระบวนรับรู้การทรงตัวในหูชั้นใน ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะ และตำแหน่งของร่างกายทั้งในขณะอยู่นิ่งและเคลื่อนไหว โดยผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงเรื่องของจำนวนเซลล์ขนที่รับรู้ความรู้สึกที่ลดลง การส่งสัญญาณประสาทที่ลดลง ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระบวนรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง

### **วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

เพื่อศึกษาผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกกระบวนรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุเพศหญิง

### **วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย**

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอให้ท่านกรอกแบบสอบถามเพื่อคัดกรอง ซึ่ง ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ประวัติสุขภาพในอดีตและปัจจุบัน เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้หรือไม่ และท่านจะได้รับการประเมินสุขภาพร่างกาย ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย ทดสอบความสามารถในการทรงตัว หากท่านมีคุณสมบัติเบื้องต้นที่เหมาะสมตามเกณฑ์คัดเข้า ในลำดับถัดไปท่านจะได้รับการอธิบายอย่างละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทดสอบในงานวิจัยนี้ พร้อมทั้งความคุ้นเคยกับอุปกรณ์ และทำความเข้าใจกับการฝึกออกกำลังกาย โดยตลอดระยะเวลา

ที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยท่านจะมาพบผู้วิจัยทั้งสิ้น 27 ครั้ง (มาทดสอบจำนวน 3 ครั้ง มาฝึกจำนวน 24 ครั้ง) มีจำนวนอาสาสมัครทั้งสิ้น 40 คน

### ครั้งที่1 เพื่อตรวจคัดกรอง

1. พักผ่อนให้เพียงพอก่อนวันทำการคัดกรอง
2. เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการจะให้ท่านนั่งพัก และตอบแบบสอบถามคัดกรอง แล้วเริ่มวัดค่าต่างๆ ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น ประมาณ 45-60 นาที ดังนี้
  - a. วัดความดันโลหิต
  - b. วิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย
  - c. ทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยการวัดจุดศูนย์กลางแรงกดฝ่าเท้าตามเงื่อนไขต่างๆ และแบบทดสอบ berg balance scale และ Time up & Go Test
  - d. ทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย โดยใช้แบบประเมินสุขภาพก่อนการออกกำลังกาย (2019-PAR-Q+)
4. เปิดโอกาสให้ท่านซักถามข้อสงสัยต่างๆ

### ครั้งที่2-13 เข้าโปรแกรมการออกกำลังกาย ครั้งที่ 1-12

1. ท่านจะได้รับการนัดหมายวันที่เริ่มเข้าโปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย หลังจากวันที่ทำการทดสอบเสร็จสิ้น
2. ท่านจะได้ฝึกออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ถูกกำหนดไว้แล้ว เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อาคาร สธ. ชั้น 6 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย (ออกกำลังกาย 3 วัน/สัปดาห์)
3. เมื่อท่านออกกำลังกายเสร็จในแต่ละวัน ท่านจะต้องนั่งพักเพื่อลดอัตราการเต้นของหัวใจให้ลดลงใกล้เคียงกับขณะพัก และให้ความดันโลหิตเข้าสู่สภาวะปกติเสียก่อน จึงจะได้รับอนุญาตให้ออกจากห้องออกกำลังกายและสามารถกลับบ้านได้

### ครั้งที่14 ทดสอบความสามารถในการทรงตัว

1. ทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยการวัดจุดศูนย์กลางแรงกดฝ่าเท้าตามเงื่อนไขต่างๆ และแบบทดสอบ berg balance scale และ Time up & Go Test

### ครั้งที่15-26 เข้าโปรแกรมการออกกำลังกาย ครั้งที่ 13-24

1.ท่านจะได้รับการนัดหมายวันที่เริ่มเข้าโปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย หลังจากวันที่ทำการทดสอบเสร็จสิ้น

2.ท่านจะได้ฝึกออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ถูกกำหนดไว้แล้ว เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อาคาร ส.ธ. ชั้น 10 และ อาคาร อ.ป.ร.ชั้น 6 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย (ออกกำลังกาย 3 วัน/สัปดาห์)

3.เมื่อท่านออกกำลังกายเสร็จในแต่ละวัน ท่านจะต้องนั่งพักเพื่อลดอัตราการเต้นของหัวใจให้ลดลง ใกล้เคียงกับขณะ

พัก และให้ความดันโลหิตเข้าสู่สภาวะปกติเสียก่อน จึงจะได้รับอนุญาตให้ออกจากห้องออกกำลังกายและสามารถกลับบ้านได้

### ครั้งที่27 ทดสอบความสามารถในการทรงตัว

1.ทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วยการวัดจุดศูนย์กลางแรงกดฝ่าเท้าตามเงื่อนไขต่างๆ และแบบทดสอบ berg balance scale และ Time up & Go Test

### สิ่งที่อาสาสมัครพึงปฏิบัติเมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใครขอความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ ผู้ทำวิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นทั้งหมด หากมีเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือได้รับอันตรายที่เกิดจากการเข้าร่วมโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### ความเสี่ยงที่อาจได้รับ

1.ความเสี่ยงจากการฝึกออกกำลังกาย ท่านอาจจะมีอาการไม่พึงประสงค์ เช่น อาการตะคริว หน้ามืด วิงเวียนศีรษะ เป็นต้น แม้จะมีความเสี่ยงต่ำ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น อากาศที่เย็นมากเกินไป การฝึกใช้กล้ามเนื้อที่ไม่ถูกต้อง หรือการอบอุ่นร่างกายที่ไม่เพียงพอ และอื่นๆ ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักและทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อให้กับผู้เข้าร่วมวิจัย

2.กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วย ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว



### **ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน**

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

### **การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง**

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

### **ประโยชน์ที่อาจได้รับ**

ท่านอาจได้รับประโยชน์จากความสามารถในการทรงตัวของท่านที่ดีขึ้นจากการเข้าร่วมโครงการการฝึกออกกำลังกายจากการวิจัยครั้งนี้ หรืออาจจะไม่ได้รับประโยชน์ใดๆจากการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ แต่ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นข้อมูลและแนวทางในการปฏิบัติตัวภายหลังการฝึกออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัว และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

### **วิธีการและรูปแบบการรักษาอื่นๆซึ่งมีอยู่สำหรับอาสาสมัคร**

การเข้าร่วมโครงการนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ ท่านไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมโครงการนี้เพื่อการฝึกเพิ่มความสามารถในการทรงตัว ท่านสามารถปรึกษาแนวทางการฝึกออกกำลังกายเพื่อเพิ่มการทรงตัวด้วยวิธีอื่นๆ กับแพทย์ผู้ให้การดูแลสุขภาพของท่านก่อนการตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย

### **ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย**

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดอาหารมีแอลกอฮอล์อย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนการฝึกออกกำลังกาย แต่สามารถดื่มน้ำเปล่าได้ตามปกติ
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบทันที หากท่านได้รับอาการไม่สบายตัว หรือมีอาการเวียนศีรษะ หน้ามืดในขณะที่ท่านอยู่ในการฝึกออกกำลังกาย

- งดกิจกรรมหรือการออกกำลังกายอย่างหนัก อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ
- ผู้เข้าร่วมวิจัยเตรียมร่างกายและจิตใจความพร้อมในการฝึกออกกำลังกายโดยแต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่เหมาะสมทุกครั้ง เพื่อความสะดวกสบาย

### อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที หากท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน อีกทั้งจะได้รับการชดเชยการสูญเสียเวลา เสียรายได้ตามความเหมาะสม

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถ

ติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นายอาทิตย์ งามชื่น เบอร์โทรศัพท์ 089-649-2325 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

### ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย

ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าทดสอบความสามารถในการทรงตัว ค่าวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย ค่าเข้าร่วมการฝึกออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

### ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับเงินชดเชยค่าเดินทาง ค่าเสียเวลาทุกครั้งที่มาพบผู้วิจัย ในแต่ละครั้งที่ท่านมาพบผู้วิจัย ท่านจะได้รับค่าเดินทาง ครั้งละ 300 บาท โดยจะต้องเข้าร่วมการฝึก จำนวน 24 ครั้ง และทดสอบ 3 ครั้ง รวมทั้งหมด 27 ครั้ง

### การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยได้

- ท่านเข้าร่วมการฝึกได้น้อยกว่า 20 ครั้ง

### **การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร**

ข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่เกิดการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่าน ผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ผู้ตรวจสอบการวิจัย และหน่วยงานควบคุมระเบียบกฎหมาย สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม โดยไม่ละเมิดสิทธิของท่านในการรักษาความลับเกินขอบเขตที่กฎหมายและระเบียบกฎหมายอนุญาตไว้

จากการลงนามยินยอมของท่าน แพทย์ผู้ทำวิจัยสามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ของท่านให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้

### **การยกเลิกการให้ความยินยอม**

หากท่านต้องการยกเลิกการให้ความยินยอมดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่นายอาทิตย์ งามชื่น สาขาเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทย์พัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

### **สิทธิของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

6. ท่านจะได้รับทราบว่ายินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
7. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
8. ท่านมีสิทธิในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพล บังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดล ชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2256-4493 ในเวลาราชการ หรือ e-mail : medchulairb@chula.ac.th

การลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ขอขอบคุณในการให้ความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

.....  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
 CHULALONGKORN UNIVERSITY

## ภาคผนวก ข

## เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการสำหรับอาสาสมัคร

**การวิจัยเรื่อง** ผลของการฝึกโยคะร่วมกับการฝึกระบบรับรู้การทรงตัวในหูชั้นในต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ  
เพศหญิง

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า

นาย/นาง/นางสาว

ที่อยู่

ได้อ่าน

รายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่

..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนาม และวันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจสอบและประมวลผลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อจะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านเภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม  
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง  
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

การจัดการกับตัวอย่างทางชีวภาพ

☒ ไม่มีตัวอย่างชีวภาพ

☐ มีแต่ไม่มีการขอเก็บ

☐ มีและขอเก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

ข้าพเจ้า ☐ ยินยอม

☐ ไม่ยินยอม

ให้เก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม  
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง  
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย  
(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง  
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน  
(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง  
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....



ภาคผนวก ค

แบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง  
(Screening Questionnaire)

Participant Number

## ตอนที่ 1 เกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. อายุ .....ปี                      อาชีพ.....
2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม          ส่วนสูง.....เซนติเมตร
3. BMI .....                      กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>

## ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หรือระบุข้อความลงในช่องว่าง (ถ้ามี)

- 1.) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ.....

- 2.) ท่านมีประวัติการผ่าตัดรยางค์ส่วนล่างหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี ☐ โปรดระบุ.....

- 3.) ท่านมีได้ออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการฝึกการทรงตัวเช่น โยคะ ไทชิ ในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมาหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ.....

- 4.) ท่านมีภาวะความดันโลหิตสูงโดยมีความดันโลหิต  $\geq 140/90$  mmHg หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ.....

- 5.) ท่านมีปัญหาหรือข้อจำกัดเกี่ยวกับสุขภาพหรือแพทย์ไม่แนะนำให้ออกกำลังกาย หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ.....

### ตอนที่ 3 ผลการตรวจคัดกรองก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย

☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน ระบุสาเหตุ.....





### ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	อาทิตย์ งามชื่น
วัน เดือน ปี เกิด	23 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิตและการออกกำลังกาย)
ที่อยู่ปัจจุบัน	84/2 หมู่ที่ 1 ตำบลทุ่งตะไคร อำเภอบึงตะโก จังหวัดสมุทรปราการ

