

การเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม ด้วยวีบาลานซ์บอร์ด

Comparison of Balance Ability in Elderly with and without History of Falls using Wii Balance Board

ฉัตรชัย พิระวัฒน์กุล, ปฎิมา ศิลสุภาดล, สมรรถชัย จำนงคึกิจ*

Chatchai Phirawatthakul, Patima Silsupadol, Samatchai Chamnongkich*

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนไหวน่าจะช่วยบอกความแตกต่างของความสามารถในการควบคุมสมดุลการทรงตัวระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้มได้

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมสมดุลการทรงตัวระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้มด้วยการทดสอบยืนนิ่ง การเอื้อมไปด้านหน้า และการเอื้อมขึ้นด้านบน

วิธีการวิจัย: ผู้สูงอายุในชุมชนจำนวน 50 คน ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มหกล้ม (n = 25) และกลุ่มไม่หกล้ม (n = 25) อาสาสมัครทั้งหมดได้รับการทดสอบการทรงตัว 3 รูปแบบ โดยใช้เครื่อง Wii balance board (WBB) ใช้สถิติ Independent samples t-test ในการเปรียบเทียบค่าตัวแปรการทรงตัวระหว่างกลุ่ม กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย: กลุ่มหกล้มมีค่าตัวแปร COP น้อยกว่ากลุ่มไม่หกล้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเอื้อมไปด้านหน้า (COP total path length, COP displacement - AP และ COP velocity - AP) ($p < 0.05$) และการเอื้อมขึ้นด้านบน (COP total path length, COP displacement - AP, COP velocity - AP และ COP velocity - ML) ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าตัวแปร COP ในการทดสอบยืนนิ่ง เฉพาะการทดสอบเอื้อมขึ้นด้านบนเท่านั้นที่กลุ่มหกล้มมีค่าระยะเอื้อมน้อยกว่ากลุ่มไม่หกล้ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.002$)

สรุปผล: การทดสอบการทรงตัวด้วยการเอื้อม โดยเฉพาะการเอื้อมขึ้นบนสามารถบอกความแตกต่าง

ของความสามารถในการควบคุมสมดุลของการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหวระหว่างผู้สูงอายุที่เคยล้มและไม่เคยล้ม จึงน่าจะนำมาใช้สำหรับคัดกรองความเสี่ยงการล้มได้

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ การล้ม การทดสอบสมดุลการทรงตัว การทดสอบการเอื้อม จุดศูนย์กลางแรงดัน

ABSTRACT

Background: Balance assessment under dynamic condition may differentiate the ability to control balance between the elderly with and without history of falls.

Objective: To compare the ability to control balance between elderly with and without history of falls using a quiet stance test, a forward reach test and an upward reach test.

Methods: Fifty community-dwelling older adults were classified into the faller group (n = 25) and the non-faller group (n = 25). All participants were tested on three balance conditions using the Wii Balance Board (WBB). Independent samples t-test was used to compare balance parameters between groups. The level of significant was set at $p < 0.05$.

Results: Center of pressure (COP) parameters in the faller group were significantly less than the non-faller group in the forward reach condition (COP total path length, COP displacement - AP,

*Corresponding author: Samatchai Chamnongkich. Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. E-mail: samatchai.c@cmu.ac.th

and COP velocity - AP) ($p < 0.05$) and the upward reach condition (COP total path length, COP displacement - AP, COP velocity - AP, and COP velocity - ML) ($p < 0.05$). No significant differences between groups were found in the quiet stance condition. The faller group had significantly less reaching distance than the non-faller group only for the upward reach condition ($p = 0.002$).

Conclusion: The reaching tests especially the upward reach test can detect some differences in dynamic balance performance between elderly fallers and non-fallers and may be used as fall-risk screening test.

Keywords: Elderly, Fall, Balance Assessment, Reach test, Center of pressure

บทนำ

การหกล้มของผู้สูงอายุเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญเนื่องจากส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บที่ต้องพักรักษาตัวในโรงพยาบาล การหกล้มที่รุนแรงจนมีภาวะกระดูกสะโพกหักเป็นสาเหตุทำให้พิการและมีอัตราการเสียชีวิตค่อนข้างสูง^{1,2} จากรายงานการพยากรณ์การพลัดตกหกล้มของผู้สูงอายุ ปี พ.ศ. 2560-2564 ได้คาดการณ์อุบัติการณ์ของการพลัดตกหกล้มในผู้สูงอายุไทยไว้ที่ร้อยละ 27³ การศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีประเมินการทรงตัวที่สามารถช่วยจำแนกผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการล้มจึงน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับการออกแบบโปรแกรมป้องกันการหกล้มของผู้สูงอายุเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพได้ต่อไป

เครื่อง Wii Balance Board (WBB) (Nintendo Corporation, Japan) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทดสอบการทรงตัวและการฝึกเพื่อการฟื้นฟูสภาพ⁴⁻⁶ แต่ผลการทดสอบการทรงตัวด้วยเครื่อง WBB ในบางการศึกษายังไม่สอดคล้องไปกับการ

ทดสอบด้วยแผ่นวัดแรง (force plate) ที่จัดเป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการทดสอบการทรงขณะยืนนิ่ง (quite stance) ด้วย force plate โดยวางเท้าห่างกันตามปกติ (wide stance) ทั้งในเงื่อนไขขลิ้มตาหรือหลับตา ไม่พบความแตกต่างของค่า COP path length และ COP velocity⁷⁻⁹ ในขณะที่มีการศึกษาที่ทดสอบการทรงตัวด้วยเครื่อง WBB พบความแตกต่างของตัวแปร COP ระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม แต่การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการกำหนดรูปแบบการทดสอบ เช่น จำนวนเครื่อง WBB และตัวแปร COP ที่แตกต่างกันออกไป การศึกษาของ Howcroft และคณะ¹⁰ ทดสอบการทรงตัวด้วยการยืนนิ่งบน WBB 2 เครื่อง อีกทั้งยังมีความซับซ้อนในการคำนวณค่า COP Romberg Quotients (RQ) ที่เป็นการเทียบสัดส่วนระหว่างค่า COP ของการทดสอบขลิ้มตาและหลับตา

เครื่อง WBB นั้นมีจุดเด่นหลายประการในการนำมาใช้ประเมินการทรงตัว เนื่องจากราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับ force plate และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก หากเลือกใช้วิธีการทดสอบการทรงตัวที่เหมาะสม ตลอดจนปรับลดความซับซ้อนของเงื่อนไขการทดสอบก็น่าจะช่วยส่งเสริมการนำไปใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองความเสี่ยงการล้มของผู้สูงอายุในชุมชนได้มากขึ้น การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการหกล้มในผู้สูงอายุส่วนใหญ่เกิดขึ้นขณะเคลื่อนไหว^{11,12} เช่น ขณะเดินและเปลี่ยนทิศทางการเดิน และการเอื้อมมือไปหยิบจับสิ่งของ เป็นต้น การทดสอบสมดุลงการทรงตัวด้วยการเอื้อมมือ (functional reach test) เป็นรูปแบบการทดสอบที่ถูกนำมาใช้บ่อย โดยเป็นการทดสอบความสามารถในการควบคุมขอบเขตจำกัดความมั่นคง¹³ (limit of stability) ในทิศทางด้านหน้า โดยค่าระยะเอื้อมจากการทดสอบเอื้อมมือไปข้างหน้านั้นลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น และยังช่วยบ่งชี้ความเสี่ยงการล้มในผู้สูงอายุได้¹⁴ อย่างไรก็ตาม Row และ Cavanagh¹⁵ ได้รายงานว่าการทดสอบด้วยการเอื้อมขึ้นด้านบน

(upward reach test) ทำให้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแรงดัน (Center of Pressure; COP) เคลื่อนเข้าใกล้ขอบเขตด้านหน้าของฐานรองรับ (anterior edge of base of support) มากกว่าการทดสอบเอื้อมไปด้านหน้า อีกทั้งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการทดสอบการทรงตัวแบบ dynamic balance ทำท่ายสมดุลการทรงตัวมากกว่าการทดสอบในรูปแบบ static balance¹⁶ ผู้วิจัยจึงสนใจนำการทดสอบเอื้อมขึ้นด้านบนที่ทำท่ายสมดุลของการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหวมาใช้เพื่อบอกความแตกต่างของการควบคุมการทรงตัวของผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรการทรงตัว (COP parameters) ระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม ด้วยการทดสอบการทรงตัว 3 รูปแบบ ได้แก่ การทรงตัวขณะยืนนิ่ง (quiet stance) การทรงตัวขณะเอื้อมไปด้านหน้า (forward reach) และการทรงตัวขณะเอื้อมขึ้นด้านบน (upward reach) ด้วยเครื่อง WBB โดยมีสมมติฐานของการศึกษาคือ สำหรับการทดสอบ forward reach และ upward reach ผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มมีการเคลื่อนตำแหน่ง (COP path length) และความเร็วของการเคลื่อนตำแหน่ง COP (COP velocity) ที่น้อยกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้ม ในขณะที่การทดสอบ quiet stance ผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้มมีการเคลื่อนตำแหน่งและความเร็วของการเคลื่อนตำแหน่ง COP ที่ไม่แตกต่างกัน

วิธีการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power 3.1.9.4 อ้างอิงข้อมูลค่าตัวแปร COP velocity จากผลการศึกษาก่อนหน้า¹⁷ ได้ค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.81 กำหนดอำนาจในการทดสอบที่ระดับ 0.8 ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสำหรับกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน ได้ขนาดของตัวอย่าง

กลุ่มละ 25 คน โดยแบ่งกลุ่มทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มหกล้ม (faller) และ กลุ่มไม่หกล้ม (non-faller) โดยใช้ประวัติการล้มอย่างน้อย 1 ครั้ง ใน 12 เดือนที่ผ่านมา โดยการศึกษาได้กำหนดนิยามของการหกล้มไว้ว่าเป็นการพลัดตกลงมาบนพื้นหรือบนพื้นผิวในระดับที่ต่ำกว่าโดยที่ไม่ได้ตั้งใจ¹⁸

เกณฑ์คัดเข้าประกอบด้วยผู้สูงอายุในชุมชนเพศชายและหญิง อายุ 60 ปีขึ้นไป สามารถยืนทรงตัวได้นาน 60 วินาที และเดินทางราบระยะทาง 10 เมตร ได้อย่างอิสระโดยไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน เกณฑ์คัดออกได้แก่ เป็นโรคทางระบบประสาท เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคพาร์กินสัน โรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการยืนและการเดิน เช่น ข้อเข่าเสื่อมที่มีการผิดรูปของเข่าชัดเจน มีอาการปวดที่ทำให้จำกัดการเคลื่อนไหว มีความบกพร่องการรับรู้และเข้าใจ (cognitive impairment) คัดกรองโดยแบบสอบถาม MMSE Thai-2002 การวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย เลขที่โครงการ AMSEC-61EX-042

วิธีการศึกษา

อาสาสมัครได้รับการสอบถามข้อมูลทั่วไป ได้แก่ โรคประจำตัว ประวัติการเจ็บป่วย ตอบแบบสอบถามการประเมินความกังวลหรือกลัวการหกล้ม Fall Efficacy Scale-International (FES-I) และได้รับการทดสอบ TUG เพื่อแสดงถึงความสามารถในการทรงตัว โดยอาสาสมัครได้รับการทดสอบการทรงตัวบน WBB เป็นลำดับสุดท้าย

การประเมิน Fall Efficacy Scale-International (FES-I) ทำโดยผู้วิจัยถามคำถามหากอาสาสมัครต้องทำกิจกรรมที่ระบุในแบบประเมินอาสาสมัครตอบเป็นระดับความกังวลหรือกลัวการหกล้ม ประกอบด้วยไม่กังวลหรือไม่กลัว กังวลหรือกลัวเล็กน้อย กังวลหรือกลัวปานกลางและกังวลหรือกลัวมาก มีคะแนนเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 คะแนนตามลำดับจนครบทั้ง 16 ข้อ^{19, 20}

การทดสอบ TUG ทำการประเมินโดยให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ตรงจุดเริ่มต้น วางเท้าทั้ง 2 ข้างไว้หลังเส้นเริ่มต้น มีอวาทที่ตัก เมื่ออาสาสมัครได้รับคำสั่งบอกให้ “เริ่ม” ให้ลุกจากเก้าอี้ เดินไปเป็นระยะทาง 3 เมตร กลับตัวที่เส้นกลับตัว เดินกลับมาและนั่งลงที่เก้าอี้ตรงจุดเริ่มต้น โดยเดินให้เร็วที่สุดเท่าที่สามารถทำได้และปลอดภัย ผู้วิจัยเริ่มจับเวลาเมื่อออกคำสั่ง “เริ่ม” และอาสาสมัครเริ่มยกกันขึ้นพ้นจากเก้าอี้ เมื่ออาสาสมัครกลับมาั่งที่เก้าอี้โดยวางกันสัมผัสกับเก้าอี้แล้วจึงหยุดจับเวลา ทำการทดสอบซ้ำ จำนวน 3 ครั้ง นำเวลาที่ได้ทั้ง 3 ครั้งไปหาค่าเฉลี่ย²¹

การทดสอบการทรงตัวบน Wii Balance Board

ผู้วิจัยติดแผ่นกระดานฟิวเจอร์บอร์ดกับผนังเพื่อใช้วัดระยะการเอื้อม โดยติดสายวัดในแนวขนานไปกับแนวระนาบสำหรับทดสอบการเอื้อมไปด้านหน้า (forward reach) และติดสายวัดในทิศทางเฉียงขึ้นทำมุม 50 องศา กับแนวระนาบสำหรับทดสอบการเอื้อมขึ้นด้านบน (upward reach) จุดเริ่มต้นของสายวัดติดที่ระดับความสูงเท่ากับตำแหน่งปุ่มกระดูก acromion process ของอาสาสมัคร¹⁵ ผู้วิจัยเตรียมเครื่อง WBB โดยวางที่พื้นห่างจากขอบผนัง 5 เซนติเมตร (ซม.) และอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้นของแผ่นกระดานสำหรับวัดระยะเอื้อม เชื่อมต่อเครื่อง WBB เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านสัญญาณ Bluetooth บันทึกสัญญาณที่ความถี่ 40 Hz การศึกษานี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่เขียนขึ้นจากโปรแกรม MATLAB สำหรับบันทึกค่า COP²² ซึ่งพัฒนาโดยคณะเทคนิคการแพทยมหาวิทยาลัยขอนแก่น และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเป็นค่าตัวแปร COP ด้วยโปรแกรม Excel อาสาสมัครยืนด้วยเท้าเปล่าบนเครื่อง WBB วางเท้าให้ระยะห่างเท่ากับความกว้างของไหล่ ปล่อยแขนข้างลำตัวขณะทำการทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ ลำดับการทดสอบเป็นแบบสุ่ม กำหนดช่วงเวลาพัก 3 นาที ระหว่างแต่ละรูปแบบการทดสอบ เพื่อลดผลจากการล้าของกล้ามเนื้อที่อาจเกิดขึ้น ผู้วิจัยยืนอยู่ใกล้กับบริเวณที่ทดสอบเพื่อป้องกัน

การสูญเสียการทรงตัวที่อาจเกิดขึ้นขณะทดสอบ ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละรูปแบบการทดสอบแล้วนำค่าเฉลี่ยของค่าตัวแปรที่วัดได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป¹⁵ เมื่ออาสาสมัครยืนบนเครื่อง WBB ในการทดสอบครั้งแรก ผู้วิจัยติดแผ่นเทปบนเครื่อง WBB บริเวณที่ตรงกับขอบด้านในของฝ่าเท้า เพื่อช่วยกำหนดตำแหน่งการวางเท้าของอาสาสมัครแต่ละคนให้เหมือนกันในการทดสอบครั้งถัดไป

- รูปแบบที่ 1 การยืนนิ่ง (quiet stance)

อาสาสมัครยืนบนเครื่อง WBB เมื่อได้รับคำสั่งบอกให้ “เริ่ม” ให้มองตรงไปข้างหน้าและยืนทรงตัวให้นิ่งโดยไม่กลิ้งหายใจ (รูปที่ 1ก) ให้ยืนทรงตัวค้างไว้ 30 วินาที จนกว่าผู้วิจัยบอกว่า “หยุด” ผู้วิจัยบันทึกค่า COP

- รูปแบบที่ 2 การเอื้อมไปด้านหน้า (forward reach)

อาสาสมัครยืนบนเครื่อง WBB เมื่อได้รับคำสั่งบอกให้ “เริ่ม” ให้ยกแขนขวาขึ้นและเอื้อมไปด้านหน้าตามทิศทางที่กำหนดไว้บนแผ่นกระดาน โดยให้เอื้อมไปให้ไกลที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ด้วยความเร็วตามปกติของตนเองแล้วกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น โดยไม่เลื่อนเท้าออกจากตำแหน่งเดิม (รูปที่ 1ข) ผู้วิจัยบันทึกค่า COP และระยะเอื้อมที่วัดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่สามารถเอื้อมไปได้ไกลที่สุด โดยอ้างอิงตำแหน่งข้อนิ้วมือ metacarpophalangeal joint

- รูปแบบที่ 3 การเอื้อมขึ้นด้านบน (upward reach)

อาสาสมัครยืนบนเครื่อง WBB เมื่อได้รับคำสั่งบอกให้ “เริ่ม” ให้ยกแขนขวาขึ้นและเอื้อมไปในทิศทางเฉียงขึ้นด้านบนตามแนวที่กำหนดไว้บนแผ่นกระดานสำหรับวัดระยะเอื้อม เอื้อมไปให้ไกลที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ด้วยความเร็วตามปกติของตนเองแล้วกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น โดยสามารถยกส้นเท้าขึ้นได้โดยไม่เลื่อนเท้าออกจากตำแหน่งเดิม (รูปที่ 1ค) ผู้วิจัยบันทึกค่า COP และระยะเอื้อมที่วัดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่สามารถเอื้อมไปได้ไกลที่สุด

ตัวแปรการศึกษา

ตัวแปรหลักของการศึกษา ได้แก่ ตัวแปร COP ที่เป็นตัวแทนปริมาณการแกว่งของลำตัว (postural sway) ^{22, 23} ประกอบด้วย 1) COP total path length คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมดของ COP ขณะทำการทดสอบ 2) COP displacement - AP คือ ระยะการขจัดของ COP ในแนวหน้าหลัง 3) COP displacement - ML คือ ระยะการขจัดของ COP ในแนวด้านข้าง 4) COP velocity - AP คือ ความเร็วของ COP ในแนวหน้าหลัง และ 5) COP velocity - ML คือ ความเร็วของ COP ในแนวด้านข้าง และตัวแปรรอง ได้แก่ ระยะเอื้อมที่วัดได้จากการทดสอบ forward reach และ upward reach

ค่าความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำ (test-retest reliability) ของตัวแปร COP และระยะเอื้อมได้มาจากการทดสอบในผู้สูงอายุ 10 คน ทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 2 วัน จากการทดสอบด้วยสถิติ Intraclass Correlation Coefficients (ICC_{3,1}) พบว่าค่าความน่าเชื่อถือของค่าตัวแปร COP ที่ได้จากการทดสอบการทรงตัวทั้ง 3 รูปแบบอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก โดยการทรงตัวขณะยืนนิ่ง มีค่า ICC เท่ากับ 0.75 – 0.94 ($p < 0.001$) การทรงตัวขณะเอื้อมไปด้านหน้า มีค่า ICC เท่ากับ 0.92 – 0.96 ($p < 0.001$) และการทรงตัวขณะเอื้อมขึ้นด้านบน มีค่า ICC เท่ากับ 0.80 – 0.89 ($p < 0.001$) ค่าความน่าเชื่อถือของระยะเอื้อมจากการทดสอบเอื้อมทั้ง 2 รูปแบบ อยู่ในระดับสูงมาก โดยการเอื้อมไปด้านหน้า มีค่า ICC เท่ากับ 0.88 ($p < 0.01$) และการเอื้อมขึ้นด้านบน มีค่า ICC เท่ากับ 0.98 ($p < 0.001$)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่ออธิบายข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย (BMI) เวลาที่ใช้ในการทดสอบ TUG และคะแนนจากแบบสอบถาม FES-I จากการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test พบว่าข้อมูลมีรูปแบบการกระจายตัวปกติ จึงใช้การ

วิเคราะห์ทางสถิติ Independent samples t-test สำหรับเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปร COP และระยะเอื้อมระหว่างกลุ่มหกล้มกับกลุ่มไม่หกล้ม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS 17.0 for Windows

ผลการวิจัย

อาสาสมัครกลุ่มหกล้ม จำนวน 25 คน แบ่งเป็นเพศชาย 4 คน เพศหญิง 21 คน มีประวัติการล้ม 1 ครั้ง จำนวน 7 คน มีประวัติการล้ม 2 ครั้ง จำนวน 7 คน และมีประวัติการล้มมากกว่า 2 ครั้ง จำนวน 11 คน และกลุ่มไม่หกล้ม จำนวน 25 คน แบ่งเป็นเพศชาย 6 คน เพศหญิง 19 คน ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ผลการทดสอบ Time Up and Go (TUG) และ Fall Efficacy Scale - International (FES-I) ของอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มด้วยสถิติ Independent t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ยกเว้นผลการทดสอบ TUG ที่พบว่ากลุ่มหกล้มใช้เวลามากกว่ากลุ่มไม่หกล้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.032$)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่ม faller และกลุ่ม non-faller (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่ม faller	กลุ่ม non-faller	p-value
อายุ (ปี)	70.04 \pm 8.8	67.36 \pm 5.6	0.209
น้ำหนัก (กก.)	53.41 \pm 7.9	55.38 \pm 10.7	0.463
ส่วนสูง (ซม.)	151.86 \pm 5.3	152.88 \pm 7.8	0.591
ดัชนีมวลกาย (กก./ม. ²)	23.11 \pm 2.9	23.76 \pm 4.7	0.562
TUG (วินาที)	13.49 \pm 4.1	11.21 \pm 3.2	0.032*
FES- I (16-64 คะแนน)	36.84 \pm 14.0	33.40 \pm 13.0	0.374

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 1 ก. การทดสอบ quiet stand ข. การทดสอบ forward reach ค. การทดสอบ upward reach

ตัวแปร COP

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าการทดสอบการทรงตัวด้วยการยืนนิ่ง ไม่พบความแตกต่างของค่า COP ระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 2) ในขณะที่ผลทดสอบการทรงตัวด้วย forward reach พบว่ากลุ่มหกเหลี่ยมมีค่าเฉลี่ยของตัวแปร COP total path length, COP displacement - AP และ COP velocity - AP น้อยกว่ากลุ่มไม่หกเหลี่ยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าตัวแปร COP displacement - ML และ COP velocity - ML ระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ค่าเฉลี่ยของตัวแปร COP ขณะทำการทดสอบการทรงตัวด้วยการเอื้อมขึ้นด้านบน แสดงในตารางที่ 4 พบว่า ตัวแปร COP total path length, COP displacement - AP, COP velocity - AP และ COP velocity - ML ของกลุ่มหกเหลี่ยม มีค่าน้อยกว่ากลุ่มไม่หกเหลี่ยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าตัวแปร COP displacement - ML ระหว่างกลุ่ม ($p > 0.05$)

ระยะเอื้อม

ระยะเอื้อมไปด้านหน้าของกลุ่มหกเหลี่ยมและกลุ่มไม่หกเหลี่ยม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.11 ± 6.37 ซม. และ 27.76 ± 5.88 ซม. ตามลำดับ และระยะเอื้อมขึ้นด้านบนเท่ากับ 10.24 ± 5.16 ซม. และ 15.34 ± 5.72 ซม. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระยะเอื้อมระหว่างกลุ่มพบว่าเฉพาะระยะเอื้อมขึ้นด้านบนเท่านั้นที่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยกลุ่มหกเหลี่ยมเอื้อมขึ้นด้านบนได้ระยะทางน้อยกว่ากลุ่มไม่หกเหลี่ยมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.002$)

บทวิจารณ์

การศึกษานี้พบว่าความสามารถในการควบคุมสมดุลทรงตัวขณะยืนนิ่ง ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม โดยค่า COP ที่วัดได้จากการประเมินการทรงตัวแบบ static มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Howcroft และคณะ¹⁰ ทั้งนี้ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวแปร COP ของการศึกษานี้ สอดคล้องกับการศึกษาก่อน

หน้าที่ใช้ force plate ทดสอบการทรงตัวในผู้สูงอายุในรูปแบบยืนนิ่งแล้วไม่พบความแตกต่างของค่าตัวแปร COP total path length, COP distance และ COP velocity ระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม^{7, 8} อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้าที่ใช้เครื่อง WBB ทดสอบการทรงตัวในรูปแบบยืนนิ่งแล้วพบความแตกต่างของค่าตัวแปร COP ระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม ซึ่งอาจเกิดจากความหลากหลายของวิธีการศึกษา เช่น บางการศึกษาแบ่งกลุ่มทดสอบด้วยข้อมูลการล้มที่เกิดขึ้นภายหลัง (prospective falls)^{17, 23} และบางการศึกษา

กำหนดตัวแปร COP ที่แตกต่างกันออกไป โดยการศึกษานี้ของ Jorgensen และคณะ²⁴ วิเคราะห์ค่า COP AP และ ML รวมเป็นค่าความนิ่งของการทรงตัว (stillness) ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำผลการศึกษามาอธิบายความบกพร่องการรักษาสมดุลการทรงตัวของผู้สูงอายุที่อาจเกิดขึ้นในทิศทางหน้า-หลัง (anteroposterior direction) หรือ ด้านข้าง (mediolateral direction) ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกวิเคราะห์ค่า COP แยกทิศทางซึ่งจะช่วยระบุปัญหาการทรงตัวของผู้สูงอายุได้ชัดเจนมากกว่า

ตารางที่ 2 ตัวแปร COP จากการทดสอบ quiet stand เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวแปร COP	กลุ่มfaller	กลุ่ม non-faller	p - value
COP total path length (มม.)	300.25 \pm 78.5	296.39 \pm 104.2	0.883
COP displacement - AP (มม.)	18.61 \pm 5.2	17.88 \pm 4.3	0.759
COP displacement - ML (มม.)	13.01 \pm 7.1	10.2 \pm 2.9	0.081
COP velocity - AP (มม./วินาที)	7.14 \pm 1.9	7.56 \pm 3.5	0.609
COP velocity - ML (มม./วินาที)	5.46 \pm 1.7	4.77 \pm 0.9	0.092

ตารางที่ 3 ตัวแปร COP จากการทดสอบ forward reach เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวแปร COP	กลุ่ม faller	กลุ่ม non-faller	p-value
COP total path length (มม.)	340.71 \pm 93.2	424.19 \pm 75.2	0.001**
COP displacement - AP (มม.)	63.70 \pm 19.6	79.02 \pm 18.5	0.008**
COP displacement - ML (มม.)	75.35 \pm 31.9	84.76 \pm 21.4	0.227
COP velocity - AP (มม./วินาที)	28.29 \pm 7.1	33.97 \pm 8.9	0.016*
COP velocity - ML (มม./วินาที)	24.73 \pm 7.2	26.79 \pm 6.5	0.297

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ตารางที่ 4 ตัวแปร COP จากการทดสอบ upward reach เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตัวแปร COP	กลุ่ม faller	กลุ่ม non-faller	p-value
COP total path length (มม.)	331.95 \pm 115.7	443.28 \pm 105.1	0.001**
COP displacement - AP (มม.)	57.68 \pm 25.9	73.98 \pm 20.2	0.017*
COP displacement - ML (มม.)	77.82 \pm 28.7	91.18 \pm 26.5	0.094
COP velocity - AP (มม./วินาที)	23.61 \pm 8.6	32.81 \pm 10.4	0.001**
COP velocity - ML (มม./วินาที)	25.98 \pm 9.7	31.91 \pm 9.4	0.033*

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ผลการศึกษานี้เป็นไปตามสมมติฐานของการศึกษา สอดคล้องกับผลการทดสอบโดย force plate และช่วยสนับสนุนว่าค่าตัวแปร COP ที่วัดจากการทดสอบขณะยืนนิ่งในเงื่อนไขล้มตาไม่สามารถแยกความแตกต่างของความสามารถในการทรงตัวระหว่างผู้สูงอายุในชุมชนที่มีและไม่มีประวัติการล้มได้ เนื่องจากเงื่อนไขยืนนิ่งมีความท้าทายต่ำ โดยผู้สูงอายุสามารถอาศัยข้อมูลการรับรู้จากหลายระบบ รวมทั้งการมองเห็น (visual input) ไปใช้ในกระบวนการให้ข้อมูลป้อนกลับการทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อช่วยในการจัดระเบียบตำแหน่งร่างกายให้เหมาะต่อการทรงตัวในขณะยืนนิ่งได้^{10, 25}

สำหรับการทดสอบการทรงตัวขณะยืนนิ่ง ตัวแปร COP total path length, COP displacement และ COP velocity เป็นตัวแทนของ postural sway โดยค่าที่มากแสดงถึงการบกพร่องของการทรงตัวเนื่องจากไม่สามารถควบคุมจุดศูนย์กลางมวลให้อยู่หนึ่งในฐานรองรับได้ ดังที่เห็นได้จากหลายการศึกษาก่อนหน้านี้รายงานว่าผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มมีค่าตัวแปร COP ดังกล่าวมากกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้ม^{17, 24} แต่สำหรับการควบคุมสมดุลการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหวนั้นแตกต่างไปจากการทดสอบขณะยืนนิ่ง เนื่องจากเป็นการทดสอบ limit of stability ที่เป็นการควบคุมการทรงตัวโดยที่มีการเคลื่อนตำแหน่ง COP ไปจากฐานรองรับโดยไม่เสียสมดุลการทรงตัวหรือเปลี่ยนแปลงฐานรองรับ²⁶ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้คาดหวังว่าผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้ม นั้นมีความสามารถในการควบคุม COP ให้เคลื่อนออกไปจากฐานรองรับได้น้อยกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้ม

การทดสอบสมดุลการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหว (dynamic balance) ด้วยการเอื้อมไปด้านหน้าและเอื้อมขึ้นด้านบน พบว่ามีความแตกต่างกันของค่าตัวแปร COP ระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการศึกษา โดยที่กลุ่มหกล้มมีค่า COP total path length, COP

displacement - AP และ COP velocity - AP น้อยกว่ากลุ่มไม่หกล้ม แสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มมีความบกพร่องในการควบคุมการทรงตัวจึงหลีกเลี่ยงการเคลื่อนจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายเข้าใกล้ขอบเขตจำกัดความมั่นคง (limit of stability) ส่งผลให้ค่าตัวแปร COP total path length และ COP displacement - AP น้อยกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเอื้อมขึ้นด้านบนนั้นใช้การเขย่งให้ส้นเท้ายกขึ้นพื้นเพื่อเพิ่มระยะเอื้อมขึ้นบน ส่งผลให้จุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย (center of mass) เคลื่อนไปอยู่ในตำแหน่งที่สูงขึ้น จึงทำท่ายการควบคุมสมดุลการทรงตัวของผู้สูงอายุมากขึ้น สอดคล้องไปกับผลการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความกลัวหรือไม่มั่นใจเมื่อต้องทำการเอื้อมขึ้นด้านบน (upward reaching)²⁷ ผู้สูงอายุบางรายจึงหลีกเลี่ยงหรือไม่ยอมทำการเคลื่อนไหวนี้ในการทำกิจวัตรประจำวัน นอกจากนี้ การเอื้อมขึ้นด้านบน (upward reaching) ยังมีความสัมพันธ์กับความมั่นใจในการควบคุมการทรงตัว จากการประเมินด้วย Activities-Specific Balance Confidence (ABC) scale²⁸

สำหรับตัวแปรความเร็วการเคลื่อนที่ของ COP นั้น ผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มมีความเร็วการเคลื่อนที่ COP น้อยกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้ม (ในแนวหน้า-หลัง ทั้งในการทดสอบเอื้อมไปด้านหน้าและเอื้อมขึ้นด้านบน และในแนวด้านข้างเฉพาะการทดสอบเอื้อมขึ้นด้านบน) เนื่องจากคำสั่งการทดสอบให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวโดยใช้ความเร็วปกติของตนเอง ผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มที่มีความสามารถในการควบคุมสมดุลการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวน้อยกว่าจึงเลือกที่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ช้ากว่าเพื่อช่วยรักษาสถิตของร่างกายไว้

อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบการทรงตัวด้วยการเอื้อมทั้งสองรูปแบบไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม สำหรับตัวแปร COP displacement - ML ทั้งในการทดสอบเอื้อมไปด้านหน้าและเอื้อมขึ้นด้านบน และ

COP peak velocity - ML ในการทดสอบ เอื่อมไปด้านหน้า อาจเนื่องมาจากลักษณะการเคลื่อนไหวของการเอื่อมต้องมีการก้มตัว (trunk flexion) และโน้มตัวไปด้านหน้า (lean forward) ที่เกิดขึ้นในระนาบ sagittal plane เป็นหลัก เป็นไปได้ว่าการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในทิศทางด้านข้าง (ML) เกิดจากการที่ผู้สูงอายุโน้มตัวไปด้านเดียวกับแขนข้างที่เอื่อมซึ่งอยู่ใกล้แผ่นวัดระยะที่ติดกับผนัง²⁹ โดยที่ผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่มมีการเคลื่อนไหวชดเชย (compensatory movement) ไปทางด้านข้างที่ไม่แตกต่างกัน

ค่าระยะเอื่อม forward reach ของการศึกษาคครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า¹⁴ ที่ใช้การวิเคราะห์หือภิมาน และได้รายงานค่ามาตรฐาน (normative values) ของค่าเฉลี่ยระยะเอื่อมไปข้างหน้าของผู้สูงอายุในชุมชน เท่ากับ 26.6 ซม. อีกทั้งการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของค่าระยะเอื่อมไปด้านหน้าระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้าที่รายงานว่าตัวแปรระยะเอื่อมไปด้านหน้าเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้ทำนายหรือแยกแยะความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้มได้^{14, 30} เป็นไปได้ว่าการเอื่อมต้องอาศัยความยืดหยุ่นที่ดีของกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบนเพื่อให้สามารถเอื่อมไปได้ไกล จึงไม่ได้อาศัยการทรงตัวที่ดีเพียงอย่างเดียว โดยท่าทางการเอื่อมไปด้านหน้าของผู้สูงอายุเทียบกับวัยกลางคนพบว่ามีการหมุนของลำตัวลดลง มีมุมองศาสะโพกข้างเดียวกับแขนที่เอื่อมไปข้างหน้าเพิ่มมากขึ้น และมีการเคลื่อนไหวของเชิงกรานไปข้างหลังมากขึ้น²⁸ สำหรับค่าระยะเอื่อมขึ้นด้านบนของผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้มของการศึกษานี้ก็มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้า¹⁵ และมีค่ามากกว่าในผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าค่าระยะเอื่อมขึ้นด้านบนเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ช่วยบ่งชี้ถึงความสามารถในการควบคุมการทรงตัวที่ลดลงในผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการล้มได้

ข้อจำกัดของงานวิจัย

การขาดการประเมินปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการทดสอบการทรงตัวทั้ง 3 รูปแบบ โดยเฉพาะการเอื่อมนั้นอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ดังนั้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่ออาจส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ การศึกษาในอนาคตควรใช้ข้อมูล prospective fall ในการแบ่งกลุ่มผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้มเนื่องจากมีความแม่นยำในการบอกจำนวนการหกล้มมากกว่าการใช้ประวัติการล้มในอดีตที่อาจคลาดเคลื่อนได้ ทั้งนี้ตัวแปร COP ที่ได้จากการทดสอบการทรงตัวขณะเอื่อม โดยเฉพาะการเอื่อมขึ้นบนน่าจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้เพื่อช่วยคัดกรองความเสี่ยงการล้มของผู้สูงอายุในเบื้องต้นได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบการทรงตัวด้วยการยืนนิ่ง (quiet stance) ขณะลืมตา ไม่ทำลายความสามารถในการควบคุมการทรงตัวที่เพียงพอจึงทำให้ค่าตัวแปร COP ไม่แตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุที่มีและไม่มีประวัติการล้ม สำหรับการทดสอบการทรงตัวด้วยการเอื่อมไปด้านหน้า (forward reach) พบว่าเฉพาะค่าตัวแปร COP ที่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม แต่ระยะเอื่อมไม่แตกต่างกัน สำหรับการทดสอบการทรงตัวด้วยการเอื่อมขึ้นด้านบน (upward reach) พบความแตกต่างทั้งระยะเอื่อมและค่าตัวแปร COP ระหว่างกลุ่มหกล้มและไม่หกล้ม ดังนั้นการวัดค่าตัวแปร COP ด้วยเครื่อง WBB ขณะทำการเคลื่อนไหวด้วยการเอื่อมทั้ง 2 รูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบในรูปแบบการทดสอบเอื่อมขึ้นบนสามารถให้ข้อมูลการทรงตัวในเชิงปริมาณที่สามารถใช้บอกความแตกต่างของความสามารถในการควบคุมการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มออกจากผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการล้มได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ชิ่ง พิณีพงษ์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และคุณสมศักดิ์ รววมมหารัตน์ ผู้เขียนโปรแกรม สำหรับ ความอนุเคราะห์โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับบันทึกค่าตัวแปรของการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- Bergen G, Stevens MR, Burns ER. Falls and Fall Injuries Among Adults Aged ≥ 65 Years - United States, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2016; 65(37): 993-8.
- Cuevas-Trisan R. Balance Problems and Fall Risks in the Elderly. *Clin Geriatr Med.* 2019; 35(2): 173-83.
- Srichang N, Kawee L. Report on prediction of falls in elderly (aged over 60 years) in Thailand during the year 2017 - 2021. Nonthaburi: Division of Non-Communication Disease, Department of Disease Control, Ministry of Health; 2016.
- Goble DJ, Cone BL, Fling BW. Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". *J Neuroeng Rehabil.* 2014; 11: 12.
- Clark RA, Bryant AL, Pua Y, McCrory P, Bennell K, Hunt M. Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait Posture.* 2010; 31(3): 307-10.
- Park DS, Lee G. Validity and reliability of balance assessment software using the Nintendo Wii balance board: usability and validation. *J Neuroeng Rehabil.* 2014; 11: 99.
- Brauer SG, Burns YR, Galley P. A prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000; 55(8): M469-76.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age Ageing.* 2004; 33(6): 602-7.
- Park JW, Jung M, Kweon M. The Mediolateral CoP Parameters can differentiate the fallers among the community-dwelling elderly population. *J Phys Ther Sci.* 2014; 26(3): 381-4.
- Howcroft J, Lemaire ED, Kofman J, McIlroy WE. Elderly fall risk prediction using static posturography. *PLoS One.* 2017; 12(2): e0172398.
- Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing.* 2006; 35 Suppl 2: ii37-ii41.
- Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ, Dallosso H, Ebrahim SB, Arie TH, et al. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing.* 1988; 17(6): 365-72.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 1990; 45(6): M192-7.
- Rosa MV, Perracini MR, Ricci NA. Usefulness, assessment and normative data of the Functional Reach Test in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr.* 2019; 81: 149-70.
- Row BS, Cavanagh PR. Reaching upward is more challenging to dynamic balance than

- reaching forward. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2007; 22(2): 155-64.
16. Takeshima N, Islam MM, Rogers ME, Koizumi D, Tomiyama N, Narita M, et al. Pattern of age-associated decline of static and dynamic balance in community-dwelling older women. *Geriatr Gerontol Int*. 2014; 14(3): 556-60.
 17. Kwok BC, Clark RA, Pua YH. Novel use of the Wii Balance Board to prospectively predict falls in community-dwelling older adults. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2015;30(5): 481-4.
 18. Zecevic AA, Salmoni AW, Speechley M, Vandervoort AA. Defining a fall and reasons for falling: comparisons among the views of seniors, health care providers, and the research literature. *Gerontologist*. 2006; 46(3): 367-76.
 19. Yardley L, Beyer N, Hauer K, Kempen G, Piot-Ziegler C, Todd C. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age Ageing*. 2005; 34(6): 614-9.
 20. Thiamwong L. Psychometric testing of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I) in Thai older adults. *Songkla Med J*. 2011; 29(6): 277-87.
 21. Desai A, Goodman V, Kapadia N, Shay BL, Szturm T. Relationship between dynamic balance measures and functional performance in community-dwelling elderly people. *Phys Ther*. 2010; 90(5): 748-60.
 22. Zakeri L, Jamebozorgi A, Kahlaee A. Correlation between center of pressure measures driven from Wii balance board and force platform. *Asian J Sports Med*. 2017; 8(3): 1-8.
 23. Barozzi S, Socci M, Soi D, Di Berardino F, Fabio G, Forti S, et al. Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014; 271(7): 2069-77.
 24. Jorgensen MG, Hansen NB, Perez ALR, Spaich EG. A standard low-cost worldwide accessible Nintendo Wii Balance test can differentiate older fallers from non-fallers. In: Jensen W, Andersen O, Akey M, editors. *Replace, Repair, Restore, Relieve-Bridging Clinical and Engineering Solutions in Neurorehabilitation Biosystems & Biorobotics, Vol7*. Cham: Springer, 2014. p 473-78
 25. Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neurosci Lett*. 2000; 281(2-3): 99-102.
 26. Juras G, Stomka K, Fredyk A, Sobota G, Bacik B. Evaluation of limits of stability (LOS) balance test. *J Human Kinetics*. 2008; 19: 39-52.
 27. Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol*. 1990; 45(6): 239-43.
 28. Powell LE, Myers AM. The Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995; 50A(1): M28-34.
 29. de Waroquier-Leroy L, Bleuse S, Serafi R, Watelain E, Pardessus V, Tiffreau AV, et al. The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age. *Ann Phys Rehabil Med*. 2014; 57(6-7): 452-64.

30. Morita M, Takamura N, Kusano Y, Abe Y, Moji K, Takemoto T, et al. Relationship between falls and physical performance measures among community-dwelling elderly women in Japan. *Aging Clin Exp Res.* 2005; 17(3): 211-6.