

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. การทรงตัวในผู้สูงอายุ
2. การออกกำลังกายในผู้สูงอายุ
3. การออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง
4. ผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ

การทรงตัวในผู้สูงอายุ

ความหมายของการทรงตัว

การทรงตัวเป็นความสามารถของร่างกายในการควบคุมและรักษาจุดศูนย์กลางของร่างกาย (center of gravity, COG) ให้อยู่ภายในบริเวณฐานรองรับน้ำหนักของร่างกาย (base of support, BOS) ทำให้ร่างกายอยู่ในภาวะสมดุล ทั้งขณะอยู่กับที่และขณะเคลื่อนไหว (Shumway-Cook & Woollacott, 2007) จุดศูนย์กลางของร่างกาย คือ จุดสมมติที่น้ำหนักของร่างกายทั้งหมดมารวมกันอยู่เป็นจุดเดียวและมีทิศทางเข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลก โดยแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อร่างกายที่จุดนี้ในแต่ละคนจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของร่างกาย อายุ เพศ ฐานรองรับน้ำหนักของร่างกาย คือ พื้นที่ภายในเส้นขอบระหว่างร่างกายกับพื้นสัมผัส เช่น เมื่ออยู่ในท่ายืน ฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายจะหมายถึงเส้นขอบระหว่างเท้าสองข้างกับพื้น เป็นต้น (Trew & Everett, 2001)

การทรงตัวแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การทรงตัวขณะอยู่กับที่ (static balance) เป็นการควบคุมร่างกายให้อยู่ในภาวะสมดุลขณะร่างกายอยู่นิ่งไม่มีการเคลื่อนไหว เช่น การยืน การนั่ง เป็นต้น และการทรงตัวขณะเคลื่อนที่ (dynamic balance) เป็นการควบคุมร่างกายให้อยู่ในภาวะ

สมดุลของร่างกายมีการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน การนั่งลง การยืนขึ้น การก้มยกของ เป็นต้น (กานดา ใจกักดี, 2542)

ระบบที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว

การทรงตัวเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ร่างกายมีความมั่นคงและสามารถทำกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ เช่น การนั่ง การนอน การยืน การเดิน การวิ่ง เป็นต้น ซึ่งการทรงตัวจะอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบต่างๆ ในร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว 3 ระบบใหญ่ (ประเสริฐ อัสสันตชัย, 2552) ดังนี้

1. ระบบประสาท

การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายและการทรงตัวอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาท ได้แก่ ระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทส่วนปลาย

1.1 ระบบประสาทส่วนกลาง

ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่สั่งการและควบคุมการเคลื่อนไหว และบันทึกความทรงจำที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้และการเคลื่อนไหว (พรรัชณี วีระพงศ์, 2554) สมองส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวและการทรงตัว (Shumway-Cook & Woollacott, 2007) ได้แก่

1.1.1 เปลือกสมอง (cerebral cortex) คือ เนื้อประสาทสีเทาชั้นนอกสุดที่ปกคลุมสมองชั้นใน (cerebral medulla) ใว้อยู่ เปลือกสมองมีบทบาทที่สำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวที่อยู่ภายใต้อำนาจของจิตใจ (voluntary movement) และมีหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลที่ได้รับจากระบบประสาทอื่นๆ โดยเปลือกสมองสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนตามหน้าที่ คือ บริเวณที่ควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว (motor area) บริเวณที่รับรู้ความรู้สึก (sensory area) จากอวัยวะรับรู้ความรู้สึกต่างๆ และบริเวณเชื่อมโยง (association area) ซึ่งเชื่อมโยงบริเวณรับรู้ความรู้สึกและบริเวณควบคุมการเคลื่อนไหว

1.1.2 สมองน้อย (cerebellum) มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหว ช่วยให้กล้ามเนื้อทำงานประสานกันได้ดี รักษาความตึงตัวของกล้ามเนื้อ และช่วยในการทรงตัว โดยแต่ละส่วนของสมองน้อยจะมีบทบาทในการควบคุมลักษณะการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ได้แก่ เวสติบูลocereเบลลัม (vestibulocerebellum) มีหน้าที่ในการควบคุมการทรงตัว ควบคุมตำแหน่งของศีรษะและควบคุมการเคลื่อนไหวของตาให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของร่างกาย สปิโนcereเบลลัม (spinocerebellum) มีหน้าที่ในการรับรู้ความแตกต่างของการเคลื่อนไหวและการ

แก้ไขการเคลื่อนไหวที่กำลังเกิดขึ้นให้มีความถูกต้อง ซีรีโบรเซรีเบลลัม (cerebrocerebellum) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมให้มีการเคลื่อนไหวอย่างประสานสัมพันธ์กัน

1.1.3 เบซัล แกงเกลีย (basal ganglia) เป็นกลุ่มของเซลล์ประสาทที่อยู่ใต้เปลือกสมอง มีหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณประสาทจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ความรู้สึกของการเคลื่อนไหวของข้อต่อ คำสั่งควบคุมการเคลื่อนไหวจากเปลือกสมอง ลำดับการเคลื่อนไหว ความตั้งใจของกล้ามเนื้อและแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ และทำงานร่วมกับสมองน้อยในการควบคุมการเคลื่อนไหวให้มีการประสานสัมพันธ์ที่เหมาะสมของกล้ามเนื้อและข้อต่อ

1.2 ระบบประสาทส่วนปลาย

ประกอบด้วยระบบประสาทสั่งการ (motor nervous system) และระบบประสาทรับความรู้สึก (sensory nervous system) โดยระบบรับความรู้สึกจะรับกระแสประสาทจากสิ่งเร้าและส่งกระแสประสาทไปสู่ระบบประสาทส่วนกลางผ่านทางเส้นประสาทรับความรู้สึก (afferent nerve fibers) เพื่อให้สมองส่วนกลางตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้อย่างเหมาะสม จากนั้นระบบประสาทสั่งการจะนำกระแสประสาทที่ออกจากระบบประสาทส่วนกลางไปควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อทั่วร่างกายผ่านทางเส้นประสาทสั่งการ (efferent nerve fibers)

1.2.1 ระบบประสาทสั่งการ (motor nervous system) ประกอบด้วยเซลล์ประสาทสั่งการ (motor neurons) มีหน้าที่นำกระแสประสาทจากระบบประสาทส่วนกลางไปยังกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการตอบสนองโดยการหดตัว โดยเซลล์ประสาทสั่งการประกอบด้วย ตัวเซลล์ (cell body) เป็นส่วนที่มีนิวเคลียสอยู่ภายใน ซึ่งจะอยู่ที่บริเวณไขสันหลังส่วนที่มีสีเทา (gray matter) หรือรวมกันเป็นกลุ่มอยู่นอกไขสันหลัง และใยประสาท (nerve fiber) ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เดนไดรต์ (dendrite) เป็นส่วนที่ยื่นออกไปอยู่รอบๆ ตัวเซลล์ ทำหน้าที่รับกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์ และแอกซอน (axon) เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์จะมีขนาดใหญ่ เนื่องจากถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อไมอีลิน (myelin sheath) ทำให้สามารถนำกระแสประสาทได้เร็ว โดยใยประสาทจะแยกออกจากไขสันหลังทางส่วนรากล่าง (ventral root) ไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อ ตั้งแต่กระดูกสันหลังส่วนคอไปจนถึงกระดูกก้นกบ (พรรชนี วีระพงศ์, 2554)

1.2.2 ระบบประสาทรับความรู้สึก (sensory nervous system) ประกอบด้วยเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neurons) มีหน้าที่นำกระแสประสาทจากตัวรับความรู้สึก (receptors) ที่อยู่บริเวณผิวหนังและอวัยวะรับความรู้สึกไปยังระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งระบบรับความรู้สึกที่มีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวและการทรงตัว ได้แก่ การรับความรู้สึกของตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย (proprioceptive sense) ระบบการมองเห็น (visual system) และระบบเวสติบูลาร์ (vestibular system) (ประเสริฐ อัสตันตชัย, 2552)

1.2.2.1 การรับรู้ความรู้สึกของตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย อาศัยตัวรับรู้ความรู้สึกที่เรียกว่า โพรพริโอเซพเตอร์ (proprioceptors) ซึ่งอยู่ภายใน ส่วนลึกของร่างกาย ได้แก่ กล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ โดยทำหน้าที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ของกล้ามเนื้อหรือข้อต่อ หรือลักษณะของร่างกายที่ปรากฏอยู่ในขณะนั้น ความตึงตัว การคลายตัวของกล้ามเนื้อ ความตึงตัวของเอ็น มุมของข้อต่อในการเคลื่อนไหว และส่งข้อมูลไปยัง ระบบประสาทส่วนกลางตลอดเวลา เพื่อให้ร่างกายมีการทรงตัวที่ดีหรือมีการเคลื่อนไหวที่ สัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม (พรรัชณี วีระพงศ์, 2554) โพรพริโอเซพเตอร์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- 1) ตัวรับรู้ความรู้สึกที่มัดของกล้ามเนื้อ (muscle spindle) เป็นตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงความยาวของ กล้ามเนื้อเมื่อกกล้ามเนื้อถูกยืดออกหรือหดสั้นเข้า พบมากในกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหว
- 2) ตัวรับรู้ความรู้สึกที่เอ็น (golgi tendon organs) เป็นตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงความตึงและการยืดตัว ของเอ็น เมื่อกกล้ามเนื้อมีการหดตัวมากเกินไป จะไปยืดส่วนของเอ็นให้ยืดยาวออก แรงตึงที่เกิดขึ้น จะไปกระตุ้นการทำงานของตัวรับชนิดนี้ และส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ ที่ไขสันหลังเพื่อยับยั้งการหดตัวของกล้ามเนื้อมัดนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อหดตัวแรงเกินไป
- 3) ตัวรับรู้ความรู้สึกที่ข้อต่อ (joint receptors) เป็นตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับมุมของข้อต่อ อัตราการเร่งของข้อต่อหรือความผิดปกติของข้อต่อ (นฤมล ลีลาสุวรรณ, 2553)

1.2.2.2 ระบบการมองเห็น ทำหน้าที่ในการให้ข้อมูลตำแหน่งการ เคลื่อนไหวของร่างกายเปรียบเทียบกับสิ่งแวดล้อม บอกถึงความสัมพันธ์ของตำแหน่งของร่างกาย ส่วนหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกส่วนหนึ่ง และให้ข้อมูลรายละเอียดในด้านต่างๆ ได้แก่ ความสว่าง สี ขนาด และรูปทรง โดยปกติเรามองเห็นได้เมื่อแสงสะท้อนวัตถุผ่านกระจกตา รูม่านตา และ เลนส์ตา ตกลงบนจอตาซึ่งอยู่ด้านหลังสุดของดวงตา ซึ่งภายในกระจกตามีตัวรับรู้ความรู้สึกที่ ไวต่อแสง เรียกว่า เซลล์รับแสง (photoreceptor) การทำงานของเซลล์ที่อยู่ในจอภาพ ซึ่งจะเปลี่ยน สัญญาณแสงให้เป็นกระแสประสาท ส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 (optic nerve) ไปยัง optic chiasm และ optic tract กระแสประสาทจะไปเชื่อมต่อกับกลุ่มเซลล์ประสาทเจนิวแลตด้านข้าง (lateral geniculate nucleus) ของทาลามัส (thalamus) และส่งต่อไปยังส่วนของเปลือกสมองที่ ควบคุมการมองเห็น (primary visual cortex) ทำให้สามารถแยกลักษณะรูปร่างและขนาดของวัตถุ ได้ จากนั้นกระแสประสาทจะถูกส่งต่อไปยังส่วนของเปลือกสมองที่ temporal และ parietal ซึ่งมี หน้าที่รวบรวมสัญญาณข้อมูลการรับรู้ความรู้สึกของตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของร่างกาย และ ข้อมูลจากการมองเห็น ทำให้สามารถวิเคราะห์สี ระบุตำแหน่ง และประเมินการเคลื่อนไหวของวัตถุ ภายนอกได้ (จิงจินตัน รัตนาภินันท์ชัย, 2542)

1.2.2.3 ระบบเวสติบูลาร์ มีหน้าที่ช่วยในการควบคุมการทรงตัว โดยทำให้ร่างกายทราบถึงการเคลื่อนไหวของศีรษะและตำแหน่งของศีรษะ รักษาสภาพของศีรษะให้ตั้งตรง ปรับการเคลื่อนที่ของลูกตาให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของศีรษะ และมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและระดับการรู้สึกตัว ระบบเวสติบูลาร์จัดเป็นส่วนหนึ่งของหูชั้นใน (labyrinth) มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทรงตัว ประกอบด้วย เซมิเซอร์คิวลาร์ แคนเนล (semicircular canals) และเวสติบูล (vestibule) เซมิเซอร์คิวลาร์ แคนเนล มีลักษณะเป็นท่อโค้ง 3 ท่อ วางตั้งฉากซึ่งกันและกัน ซึ่งภายในจะมีตัวรับรู้เกี่ยวกับตำแหน่งของร่างกายเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนที่เชิงมุม เช่น การเคลื่อนที่ในแนวหมุนของร่างกาย ส่วนเวสติบูลประกอบด้วยยูทริเคิล (utricle) และแซคคูล (saccul) มีลักษณะเป็นถุงอยู่ติดกัน ทั้งสองส่วนประกอบด้วยเยื่อบุผิวที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (sensory epithelium) และถูกปกคลุมด้วยสารลักษณะเหนียว (gelatinous layer) และมีผลึกแคลเซียมเกาะ (otoconia) ในเยื่อบุผิวที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกยังมีเซลล์ขน (hair cells) ซึ่งมีปลายประสาทรับสัมผัสของระบบเวสติบูลาร์หุ้มอยู่ ทำให้รับรู้ตำแหน่งของร่างกายเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนที่เชิงเส้น เช่น การเคลื่อนไหวตามแนวราบ การเคลื่อนไหวตามแนวดิ่ง (ชุมพล ผลประมูล และ สุรวัดน์ จริยาวัฒน์, 2552) กระแสประสาทจากระบบเวสติบูลาร์จะถูกส่งไปยังเซลล์ประสาทเวสติบูลาร์ (vestibular nucleus) ผ่านทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 (vestibular nerve) และกระแสประสาทของเซลล์ประสาทเวสติบูลาร์ จะถูกส่งเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางผ่านทางเดินประสาทเวสติบูลอสไปนัล (vestibulospinal tract) และทางเดินประสาทอื่นๆ ได้แก่ คอर्टิโคสไปนัล (corticospinal tract) เรติคูลอสไปนัล (reticulospinal tract) และเทคโทสไปนัล (tectospinal tract) ทำให้ร่างกายสามารถรับรู้การเคลื่อนไหวและตำแหน่งของศีรษะ นอกจากนี้ยังมีการเชื่อมต่อกับสมองน้อยซึ่งช่วยในการปรับการเคลื่อนไหวเพื่อการทรงตัว และการตอบสนองของการเคลื่อนไหวของลูกตาในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนของศีรษะ หรือการตรึงสายตาในตำแหน่งที่ต้องการขณะมีการเคลื่อนของศีรษะ (จจินต์ รัตนากินันท์ชัย, 2542)

2. ระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ

ประกอบด้วย กระดูก ข้อต่อ เอ็นและกล้ามเนื้อ ที่มีการประสานการทำงานอย่างสอดคล้องกัน ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและการทรงตัวของร่างกาย กระดูกเป็นโครงสร้างหรือแกนหลักของร่างกายและเป็นส่วนหนึ่งของระบบพื้นฐานในการเคลื่อนไหวของร่างกาย หน้าที่สำคัญของกระดูกที่มีต่อการเคลื่อนไหว ถือเป็นหลักให้กล้ามเนื้อเกาะ เมื่อกล้ามเนื้อมีการหดตัวจะส่งผ่านแรงไปยังเอ็นยึดกล้ามเนื้อซึ่งเกาะอยู่กับกระดูก เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ต้องการ ข้อต่อเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างกระดูกตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปและมีกล้ามเนื้อพาดผ่าน จึงทำให้ข้อต่อมีหน้าที่สำคัญต่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย กล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการเคลื่อนไหวของอวัยวะ

ทั่วร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวไปได้ตามที่ร่างกายต้องการ และเป็นส่วนสำคัญต่อการรักษาความมั่นคงของโครงสร้างของร่างกาย รวมทั้งการควบคุมการทรงตัวเพื่อให้ร่างกายสามารถอยู่ในท่าทางที่ต้านต่อแรงดึงดูดของโลกได้ ซึ่งเกิดจากการทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทรงตัวทั้งทางด้านหน้า ได้แก่ กล้ามเนื้อท้อง (abdominal muscle) กล้ามเนื้อต้นขา (quadriceps) กล้ามเนื้อหน้าแข้ง (tibialis anterior) และทางด้านหลัง ได้แก่ กล้ามเนื้อหลัง (paraspinals) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstrings) กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius) (สมนึก กุลสถิตพร, 2549)

กล้ามเนื้อแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อหลักในการทำให้เกิดการเคลื่อนไหว รักษาความมั่นคงและการทรงตัวของร่างกาย กล้ามเนื้อลายมีลักษณะเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยกลุ่มกล้ามเนื้อมัดย่อยหลายๆ มัด ในแต่ละมัดย่อยประกอบด้วยใยกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาวเรียงขนานกัน ส่วนสำคัญที่ทำให้กล้ามเนื้อลายมีการหดตัวเมื่อได้รับกระแสประสาทที่ถูกส่งมาจากสมอง เรียกว่า ไมโอไฟลามেন্ট (myofilament) ซึ่งเป็นหน่วยย่อยภายในใยกล้ามเนื้อ มี 2 ชนิด คือ ไมโอซิน (myosin) เป็นเส้นใยหนา และแอคติน (actin) เป็นเส้นใยบาง (ชุมพล ผลประมูล และ สุรวัดน์ จริยาวัฒน์, 2552) ซึ่งกล้ามเนื้อแต่ละมัดจะถูกเลี้ยงด้วยเส้นประสาท การทำงานของกล้ามเนื้อลายปกติจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทสั่งการ โดยที่เปลือกสมองจะส่งกระแสประสาทมาตามทางเดินประสาท ถ่ายทอดต่อไปยังระบบประสาทส่วนปลายและไปยังระบบกล้ามเนื้อ โดยผ่านทางหน่วยยนต์ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่สุดของระบบโครงร่างกล้ามเนื้อที่สามารถทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว หน่วยยนต์ประกอบด้วย เซลล์ประสาทสั่งการ 1 เซลล์และเส้นใยกล้ามเนื้อที่เซลล์ประสาทสั่งการนั้นไปเลี้ยง โดยเซลล์ประสาทสั่งการ 1 เซลล์จะไปเลี้ยงจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อไม่เท่ากัน อัตราส่วนของจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อต่อเซลล์ประสาทสั่งการ 1 เซลล์นั้นจะขึ้นกับลักษณะความละเอียดอ่อนและการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นๆ กล้ามเนื้อที่ต้องการทำงานละเอียดจะมีเส้นประสาทไปเลี้ยงจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อน้อยกว่า เช่น กล้ามเนื้อควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตาหรือกล้ามเนื้อมือ ซึ่งต้องอาศัยความละเอียดอ่อนและความแม่นยำสูง จะมีจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อเพียง 3-6 เส้นใยต่อเซลล์ประสาทสั่งการ 1 เซลล์ แต่กล้ามเนื้อขาซึ่งไม่ต้องการความละเอียดอ่อนหรือความแม่นยำในการเคลื่อนไหวจะมีจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อหลายร้อยเส้นใยต่อเซลล์ประสาทสั่งการ 1 เซลล์ เมื่อกระแสประสาทเดินทางผ่านเส้นประสาทสั่งการไปจนถึงบริเวณปลายเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้น ส่วนปลายของเส้นประสาทไม่ได้ต่อกับผิวของกล้ามเนื้อโดยตรง แต่จะมีช่องว่าง (synapse) ซึ่งการส่งกระแสประสาทจากปลายประสาทสู่กล้ามเนื้อต้องส่งผ่านทางสารสื่อประสาทที่เรียกว่า อะซิติลโคลีน (acetylcholine) ไปยังผนังเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งอะซิติลโคลีนจะจับกับตัวรับที่

อยู่บริเวณผนังเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้ช่องนำส่งไอออนของโซเดียมเปิด ส่งผลให้โซเดียมไอออน (sodium ions) จากภายนอกไหลเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าในเซลล์กล้ามเนื้อ กระตุ้นให้ซาโคพลาสมิกเรติคูลัม (sarcoplasmic reticulum) ซึ่งเป็นที่เก็บของแคลเซียม หลั่งแคลเซียมออกมาโดยแคลเซียมเป็นตัวเริ่มให้ไมโอซินไปจับกับแอกติน ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อและเกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (นฤมล ถิลาวัณน์, 2553)

กลไกการทรงตัว

กลไกที่สำคัญของการทรงตัวเกิดจากความสัมพันธ์ของระบบที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว ได้แก่ ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทรับความรู้สึก และระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ (Guccione, Wong, & Avers, 2012) โดยเมื่อตัวรับความรู้สึกชนิดต่างๆ ถูกกระตุ้น จะทำให้เกิดกระแสประสาทขึ้น และกระแสประสาทจะถูกส่งไปตามเส้นประสาทรับความรู้สึกไปสู่เซลล์ประสาทในไขสันหลังผ่านทางรากประสาทส่วนหลัง (dorsal root) จากนั้นกระแสประสาทจะถูกส่งต่อไปยังไขสันหลังเข้าสู่ทาลามัส และเปลือกสมองบริเวณที่รับความรู้สึกก่อนส่งไปยังส่วนของเปลือกสมองที่มีหน้าที่ในการประสานข้อมูลที่ได้รับจากส่วนต่างๆ และส่งต่อไปยังเปลือกสมองบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหวเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และกำหนดออกมาเป็นแบบแผนหรือรูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายที่จำเป็นในการทรงตัว (จงจินตน์ รัตนานันทชัย, 2542) ซึ่งข้อมูลจากระบบรับความรู้สึกมีความสำคัญต่อระบบประสาทส่วนกลางในการแปลผลข้อมูล และสั่งการตอบสนองการทรงตัวที่เหมาะสม (Guccione, Wong, & Avers, 2012)

ระบบการมองเห็นจะนำข้อมูลเกี่ยวกับการรับรู้สถานะแวดล้อมจากสายตา เริ่มต้นเมื่อแสงสะท้อนวัตถุผ่านกระจกตา รูม่านตา และเลนส์ตา มากระทบยังจอตาซึ่งอยู่ภายในสุด ทำให้การกระตุ้นตัวรับความรู้สึกที่ไวต่อแสงที่อยู่ในจอตา เกิดการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นกระแสประสาท ส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 2 และถูกส่งต่อไปตามวิถีประสาทของการมองเห็นไปยังเปลือกสมองที่ควบคุมการมองเห็น (primary visual cortex) ซึ่งบริเวณนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสประสาทให้เป็นภาพ จึงทำให้ร่างกายสามารถรับรู้สิ่งต่างๆ รอบตัวได้ ส่วนการรับความรู้สึกของตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย เมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหว จะเป็นการกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเกี่ยวกับตำแหน่งและการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายที่อยู่บริเวณเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ทำให้เกิดกระแสประสาทและส่งข้อมูลไปตามวิถีประสาท 2 เส้นทาง คือ วิถีภายในไขสันหลัง โดยกระแสประสาทจะถูกส่งผ่านไปตามเส้นประสาทรับความรู้สึกเข้าไปสู่เซลล์ประสาทตัวแรกที่อยู่บริเวณรากประสาทส่วนหลัง ทำให้เกิดการหดตัวของ

กล้ามเนื้อต่างๆ แบบอัตโนมัติ จึงช่วยให้มีการเคลื่อนไหวที่เป็นปกติ และทำให้มีการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ เมื่อมีสิ่งที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นขณะทำการเคลื่อนไหว และวิถีประสาทนำสู่สมอง โดยกระแสประสาทจะถูกส่งผ่านจากรากประสาทส่วนหลังเข้าสู่ไขสันหลัง ธารามัส และไปสิ้นสุดที่เปลือกสมองบริเวณที่รับรู้ความรู้สึก จึงทำให้ร่างกายรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ และเมื่อตัวรับรู้ความรู้สึกของระบบเวสติบูลาร์ถูกกระตุ้นจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของศีรษะ กระแสประสาทจากระบบเวสติบูลาร์จะถูกส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 และถูกส่งเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางผ่านทางเดินประสาท เวสติบูลอสไปแนล และทางเดินประสาทอื่นๆ ได้แก่ คอर्टิโคสไปแนล เรติคูโลสไปแนล และเทคโทสไปแนล ทำให้ร่างกายสามารถรับรู้การเคลื่อนไหวและตำแหน่งของศีรษะ (ชุมพล ผลประมูล, และวสุรัตน์ กิตติสมประยูรกุล, 2552)

เมื่อระบบประสาทส่วนกลางได้รับข้อมูลจากระบบประสาทรับรู้ความรู้สึก ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งต่อไปยังเปลือกสมองบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหว เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และกำหนดออกมาเป็นแบบแผนหรือรูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายที่จำเป็นในการทรงตัว และสั่งการตอบสนองผ่านทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ โดยเปลือกสมองบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหวจะส่งกระแสประสาทผ่านทางเดินประสาทคอर्टิโคโมดูลาร์ ไปยังเซลล์ประสาทที่อยู่ในไขสันหลัง ที่มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวบริเวณศีรษะและคอ และ/หรือผ่านทางเดินประสาทคอर्टิโคสไปแนล ไปยังเซลล์ประสาทที่อยู่ในไขสันหลังที่มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวบริเวณลำตัว แขนและขา จากนั้นกระแสประสาทจะเดินทางต่อไปยังเซลล์กล้ามเนื้อที่เซลล์ประสาทนั้นไปเลี้ยงผ่านทางเส้นประสาทสั่งการ เส้นใยกล้ามเนื้อจึงถูกกระตุ้นและเกิดการหดตัว ทำให้มีการเคลื่อนไหวของร่างกายที่จำเป็นในการทรงตัว นอกจากนั้นเปลือกสมองส่วนบริเวณที่ควบคุมการเคลื่อนไหวยังส่งกระแสประสาทไปยังสมองน้อยและเบซิลแกลงเกลีย ทำให้มีการเคลื่อนไหวของร่างกายที่เป็นไปอย่างปกติ ราบเรียบ สัมพันธ์กัน เพื่อให้ร่างกายทรงตัวอยู่ได้ (นฤมล ลิลาอุวัฒน์, 2553)

การควบคุมการทรงตัว

การควบคุมการทรงตัวเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกาย และการควบคุมท่าทาง เพื่อรักษาจุดศูนย์กลางของร่างกายให้อยู่ภายในบริเวณฐานรองรับน้ำหนักของร่างกาย ทั้งในขณะที่อยู่กับที่ หรือในขณะที่เคลื่อนที่ ทำให้ร่างกายเกิดสมดุลและทรงตัวอยู่ได้ โดยระบบประสาทส่วนกลางจะทำหน้าที่เชื่อมโยงส่วนต่างๆ ของร่างกายให้ทำงานต่อสภาวะต่างๆ ตามที่ได้รับข้อมูล

จากระบบประสาทรับรู้รู้สึก ได้แก่ ระบบการมองเห็น การรับรู้ความรู้สึกของตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย และระบบเวสติบูลาร์ และสั่งการตอบสนองผ่านทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อให้เหมาะสมกับสถานะที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้น ซึ่งเป็นการทำงานอย่างประสานสัมพันธ์กันของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมท่าทางของร่างกาย เพื่อรักษาและควบคุมให้จุดศูนย์กลางของร่างกายอยู่ภายในฐานรองรับน้ำหนักของร่างกาย ทำให้อวัยวะสามารถทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ล้ม ทั้งในสถานะที่มีการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า หรือในสถานะที่ไม่ได้มีการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในสถานะที่มีการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า เปลือกสมองที่ควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวจะมีการวางแผนการเคลื่อนไหวร่างกาย และสั่งการควบคุมท่าทางของร่างกายให้เกิดขึ้นก่อนที่ร่างกายจะถูกรบกวนสมดุลการทรงตัว (Guccione, Wong, & Avers, 2012)

แต่เมื่อร่างกายอยู่ในสถานะที่ไม่ได้มีการคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า เช่น การลื่น การสะดุด หรือการถูกกระแทก เป็นต้น ทำให้อวัยวะถูกรบกวนสมดุลการทรงตัวอย่างกะทันหัน จนทำให้จุดศูนย์กลางของร่างกายออกนอกเขตจำกัดความมั่นคง (limits of stability) ซึ่งเป็นระยะทางที่จำกัดที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนตำแหน่งจุดศูนย์กลางของร่างกายไปในทิศทางต่างๆ ได้โดยไม่สูญเสียการทรงตัว หรือไม่มีการขยับเท้าเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งของฐานรองรับน้ำหนักร่างกาย ในผู้ใหญ่เขตจำกัดความมั่นคงในแนวหน้าจะมีค่าประมาณ 12 องศา ในแนวหลังประมาณ 4 องศา และในแนวด้านข้างประมาณข้างละ 8 องศา เมื่อจุดศูนย์กลางของร่างกายออกนอกเขตจำกัดความมั่นคง ร่างกายจะมีการตอบสนองโดยวิธีการควบคุมท่าทางอัตโนมัติ (automatic postural strategies) ซึ่งเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ควบคุมการทรงตัวที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเคลื่อนไหวที่สมองได้จดจำจากประสบการณ์ที่ผ่านมา ทำให้จุดศูนย์กลางของร่างกายกลับมาอยู่ภายในบริเวณฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายอย่างรวดเร็ว การตอบสนองโดยวิธีการควบคุมท่าทางอัตโนมัติสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะของการเปลี่ยนจุดศูนย์กลางของร่างกาย (Shumway-Cook & Woollacott, 2007) ดังนี้

1. วิธีการใช้ข้อเท้า (ankle strategy) เป็นการตอบสนองที่เกิดขึ้นเมื่อแนวจุดศูนย์กลางของร่างกายออกนอกฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายเพียงเล็กน้อย ซึ่งร่างกายจะตอบสนองโดยการเคลื่อนไหวข้อเท้าและกล้ามเนื้อที่ควบคุมการทรงตัวในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงของแนวจุดศูนย์กลางร่างกาย เพื่อดึงให้ร่างกายกลับสู่ตำแหน่งปกติ เช่น การโน้มตัวไปด้านหลังจนเลยเขตจำกัดความมั่นคง ปลายเท้าจะจิกพื้นไว้เพื่อช่วยในการทรงตัว ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อน่องที่อยู่ทางด้านหลังของข้อเท้า และในกรณีที่มีการเอนตัวไปทางด้านหลังมากเกินไปจนเกินเขตจำกัดฐานรองรับน้ำหนักของร่างกาย จะมีการกระดกข้อเท้าขึ้นเพื่อช่วยในการทรงตัว ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าแข้งที่อยู่ด้านหน้าข้อเท้า

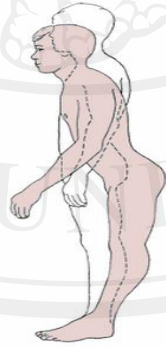
2. วิธีการใช้ข้อสะโพก (hip strategy) เป็นการตอบสนองที่เกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกที่มี การเคลื่อนไหวที่แรงและรวดเร็วมากระทบ ทำให้แนวจุดศูนย์กลางของร่างกายออกนอกฐานรองรับ น้ำหนักของร่างกายปานกลางถึงมาก ร่างกายไม่สามารถรักษาสถิตไว้ได้โดยการใช้ข้อเท้า ร่างกาย จึงปรับใช้การเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้อง และกล้ามเนื้อ หน้าขา โดยการเคลื่อนไหวข้อสะโพกไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงของแนว จุดศูนย์กลางร่างกาย เพื่อช่วยดึงแนวจุดศูนย์กลางร่างกายให้กลับมาสู่ตำแหน่งสมดุลใหม่อีกครั้ง เช่น การยืนบนรถโดยสารหรือการถูกผลักโดยไม่รู้ตัว ร่างกายจะเกิดการตอบสนองโดยการงอหรือการ เหยียดข้อสะโพกอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาศูนย์กลางร่างกายให้อยู่ภายในฐานรองรับน้ำหนักของ ร่างกาย

3. วิธีการก้าวเท้า (stepping strategy) เป็นการตอบสนองที่เกิดขึ้นเมื่อแนวจุดศูนย์กลาง ของร่างกายเคลื่อนที่ออกนอกเขตจำกัดความมั่นคง ร่างกายไม่สามารถใช้การปรับการทรงตัวโดยใช้ ข้อเท้าและข้อสะโพกได้ ร่างกายจึงมีการตอบสนองด้วยการก้าวเท้าไปข้างหน้า ข้างหลังหรือ ด้านข้าง ด้านทแยงมุมแล้วแต่กรณี เพื่อเปลี่ยนฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายใหม่ ไม่ให้เกิดการ สูญเสียการทรงตัว เช่น เมื่อถูกผลักแรงๆ จนเซ จะมีการก้าวเท้าข้างใดข้างหนึ่งไปข้างหน้า เป็นต้น

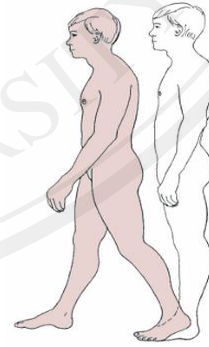
การใช้ข้อเท้า



การใช้ข้อสะโพก



การก้าวเท้า



ภาพที่ 1 วิธีการควบคุมท่าทางอัตโนมัติ (automatic postural strategies)

หมายเหตุ. แหล่งที่มาจาก *Motor control Translating Research into Clinical Practice 3rd edition* (p.166), by Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. , 2007, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

การเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุที่มีผลต่อการทรงตัว

การทรงตัวเป็นพื้นฐานการเคลื่อนไหวของร่างกายซึ่งต้องอาศัยการทำงานของระบบประสาทและโครงร่างกล้ามเนื้อ เพื่อช่วยควบคุมร่างกายให้มีสมดุลที่ดีและมีการทรงตัวที่มั่นคง จึงจะทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวได้โดยไม่ล้ม (Meyer, & Ayalon, 2006) ในผู้สูงอายุจะพบว่าความสามารถในการทรงตัวลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการชราภาพจากภาวะสูงอายุ ทำให้ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหว การรับรู้ความรู้สึก ปฏิกริยาตอบสนอง การมองเห็น ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อลดลง (Salzman, 2010) ปัจจัยเหล่านี้เป็นเหตุให้เกิดความไม่มั่นคงในการทรงตัวของผู้สูงอายุและเสี่ยงต่อการเกิดภาวะหกล้ม (สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล, 2542) การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท และระบบโครงร่างกล้ามเนื้อที่มีผลต่อการทรงตัวของผู้สูงอายุเกิดขึ้น ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท

1.1 การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทส่วนกลาง เมื่ออายุมากขึ้นจำนวนเซลล์ประสาทมีจำนวนลดลง โดยในช่วงอายุประมาณ 20-60 ปี จำนวนเซลล์ประสาทจะลดลงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 0.1 ต่อปี แต่ภายหลังอายุ 60 ปี จำนวนเซลล์ประสาทจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ขนาดและน้ำหนักของสมองลดลง จำนวนเซลล์ประสาทที่ลดลงส่งผลให้ช่องเวเนทริเคิลกว้างขึ้น และมีน้ำหล่อเลี้ยงสมองเพิ่มมากขึ้น เซลล์ประสาทมีการสะสมของสารไลโปฟิวชัน (lipofusion) มากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ประสาท ซึ่งเชื่อว่ามีผลเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคอัลไซเมอร์ และสมองบางส่วนอาจได้รับเลือดไปเลี้ยงน้อยลงหรือขาดเลือด เนื่องจากการไหลเวียนเลือดของสมองลดลง จากการตีบแคบของหลอดเลือดภายในสมอง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสมองลดลง โดยความสามารถในการจดจำลดลง โดยเฉพาะเรื่องราวใหม่ๆ (recent memory) แต่สามารถจำเรื่องราวในอดีต (remote memory) ได้ดี ความสามารถในการเรียนรู้เรื่องใหม่ๆ การวิเคราะห์ และการคำนวณลดลง ส่งผลให้ผู้สูงอายุใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลต่างๆ นานขึ้น ความเร็วในการตัดสินใจและการตอบสนองต่อปฏิกิริยาต่างๆ ลดลง (Esiri, 2007)

1.2 การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทส่วนปลาย

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทสั่งการ เมื่ออายุมากขึ้นมักพบว่าจำนวนเซลล์ประสาทสั่งการมีจำนวนลดลง เชื่อไมอีลินที่ห่อหุ้มเส้นประสาทมีการเสื่อมสลาย และมีการสังเคราะห์สารสื่อประสาทลดลง จึงทำให้ความเร็วในการส่งกระแสประสาทช้าลง ส่งผลให้เวลาปฏิกิริยาตอบสนองยาวนานขึ้น การทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทและระบบโครง

ร่างกล้ามเนื้อลดลง ผู้สูงอายุจึงมีความคล่องแคล่วว่องไวลดลง และความสามารถในการทรงตัวลดลง (Burke, & Barnes, 2006)

1.2.2 การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทรับรู้สัมผัส โดยเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงในระบบการมองเห็น คือ เลนส์ตาหนาตัวและแข็งขึ้น ความโค้งลดลง ความยืดหยุ่นของเลนส์ลดลงซึ่งมีผลต่อการปรับระยะสายตา ทำให้ความสามารถในการปรับความคมชัดในการมองเห็นลดลง เซลล์รับแสงและสารสีมีจำนวนลดลงซึ่งมีผลต่อการปรับตัวสำหรับการมองเห็นในสถานที่ต่างๆ ไม่ดี โดยเฉพาะในที่มืดหรือในเวลากลางคืนและความสามารถในการเทียบสีลดลงจึงทำให้ผู้สูงอายุแยกสีที่คล้ายกันได้ยาก การมองเห็นไม่ชัดเจน หรือการมีสายตาสั้นหรือตาบอด จึงส่งผลให้ความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุลดลงเนื่องจากการมองเห็นเป็นส่วนสำคัญในการนำข้อมูลการรับรู้ตำแหน่งต่างๆ จากสภาพแวดล้อมไปยังระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อให้เกิดการประมวลผลและสั่งการเคลื่อนไหวของร่างกาย การควบคุมการทรงตัวที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นๆ (Lord, 2006) และประสิทธิภาพการทำงานของระบบเวสติบูลาร์ลดลงเนื่องจากจำนวนเซลล์ขนภายในยูตริเคิล และแซคคูล (Knight & Nigam, 2008a) ประกอบกับเซลล์ประสาทที่รับรู้สัมผัสของตำแหน่งและการเคลื่อนไหวที่อยู่บริเวณกล้ามเนื้อข้อต่อ และเอ็นมีจำนวนลดลง จึงทำให้ความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของร่างกายลดลง ส่งผลให้การควบคุมการเคลื่อนไหวและความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุลดลง (Shaffer & Harrison, 2007)

2. การเปลี่ยนแปลงของระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อลายของมนุษย์จะมีความแข็งแรงมากที่สุดในช่วงอายุระหว่าง 20-30 ปี และเริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่วัยกลางคน การเปลี่ยนแปลงที่พบมากที่สุดของกล้ามเนื้อลายในผู้สูงอายุ คือ การลดลงของมวลกล้ามเนื้อ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อลายมีหลายปัจจัย เช่น การลดลงของขนาดและจำนวนเส้นใยของกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน การรับประทานอาหาร ระดับของกิจกรรมทางกาย และการออกกำลังกาย เป็นต้น (สมนึก กุลสถิตพร, 2549) การลดลงของขนาดและจำนวนเส้นใยของกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้ออ่อนแรง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง (Seene & Kaasik, 2012) โดยการลดลงของความแข็งแรงในกล้ามเนื้อขาและลำตัว จะทำให้ผู้สูงอายุทรงตัวได้ไม่ดี และเสี่ยงต่อการหกล้ม (Helbostad, Stumieks, Menant, Delbaere, Lord & Pijnappels, 2010) นอกจากนั้นยังมีเนื้อเยื่อพังผืด ไขมันและคอลลาเจนเข้ามาแทนที่กล้ามเนื้อมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อสูญเสียความยืดหยุ่นและมีความตึงตัวมากขึ้น (Freemont & Hoyland, 2007) และภายหลังจากอายุ 30 ปี อัตราการเสื่อมของกระดูกจะมากกว่าอัตราการสร้าง เนื่องมาจากปัจจัยหลายสาเหตุ ได้แก่ การดูดซึมแคลเซียมน้อยลงและมีการสูญเสีย

แคลเซียมมากขึ้นทั้งทางลำไส้และทางไตจากการขาดวิตามินดีซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้และดูดกลับแคลเซียมที่ไต การลดลงของระดับฮอร์โมนเอสโตรเจนในเพศหญิงและระดับฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนในเพศชาย การลดลงของระดับโกรทฮอร์โมน การเพิ่มขึ้นของระดับพาราไทรอยด์ฮอร์โมน มีผลให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกและความแข็งแรงของกระดูกในผู้สูงอายุลดลง กระดูกบางและเกิดการหักได้ง่าย ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้กับกระดูกทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นกระดูกสันหลังหรือกระดูกยาว ความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังแต่ละปล้องจะลดลง เกิดการบางของกระดูกในแต่ละปล้อง ผู้สูงอายุจึงมีความสูงลดลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวกระดูกสันหลัง ทำให้หลังงอ (kyphosis) และความหนาแน่นของมวลกระดูกยาวที่ลดลงโดยเฉพาะกระดูกขา ทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่รับน้ำหนักของร่างกายลดลง ร่างกายจึงเกิดการสูญเสียความมั่นคงและการทรงตัวได้ง่าย (Knight & Nigam, 2008b) อีกทั้งยังมีการสูญเสียมวลของกระดูกอ่อนและความยืดหยุ่นของข้อต่อ น้ำไขข้อลดลงเป็นเหตุให้กระดูกอ่อนผิวข้อเคลื่อนที่มาสัมผัสกัน การเคลื่อนไหวของข้อต่างๆ ไม่สะดวก ทำให้ผู้สูงอายุมีความคล่องแคล่วว่องไวในการเคลื่อนไหวร่างกายลดลง ซึ่งมีผลต่อการควบคุมการทรงตัวเมื่อร่างกายเกิดการสูญเสียสมดุลอย่างกะทันหัน (วิไลวรรณ ทองเจริญ, 2554)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการชราภาพจากภาวะสูงอายุที่มีผลต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการทรงตัวได้อีก เช่น โรคประจำตัวของผู้สูงอายุ ได้แก่ โรคของระบบประสาท เช่น โรคของหลอดเลือดสมอง ความผิดปกติที่พบผู้สูงอายุมักมีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ หรืออัมพาต จึงทำให้การทรงตัวไม่มั่นคง หรือไม่สามารถควบคุมการทรงตัวได้ โรคพาร์กินสัน ความผิดปกติที่พบผู้สูงอายุจะมีอาการสั่นซึ่งอาจพบที่มือ เท้า ศีรษะ ลิ้นและขากรรไกร ลำตัว แขนและขาแข็งแรง จึงทำให้ผู้สูงอายุไม่สามารถควบคุมการทรงตัวได้ โรคของกระดูกและข้อ เช่น โรคข้อเสื่อม ข้ออักเสบรูมาตอยด์ ข้อติด กระดูกหัก ซึ่งเป็นภาวะที่กระดูกหรือเนื้อเยื่ออ่อนได้รับอันตราย ทำให้เกิดความปวด ส่งผลต่อการเดินและการทรงตัวของผู้สูงอายุ การใช้ยาที่ฤทธิ์ข้างเคียงของยามีผลต่อการเดินและการทรงตัว เช่น ยานอนหลับ ยาต้านเศร้า ยากันชัก ยาขับปัสสาวะ และยาลดความดันโลหิต เป็นต้น (Salzman, 2010)

การทดสอบความสามารถในการทรงตัว

การทดสอบความสามารถในการทรงตัวสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งการทดสอบนำมาใช้เพื่อทำนายความเสี่ยงต่อการหกล้ม หรือใช้ในการประเมินความสามารถในการเปลี่ยนแปลงการทรงตัวของผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุภายหลังการฝึกการทรงตัว โดยการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

การทดสอบทางห้องปฏิบัติการ (laboratory assessment) และการทดสอบทางคลินิก (clinical assessment) (น้อมจิตต์ นวลเนตร์, 2541)

1. การทดสอบทางห้องปฏิบัติการ เป็นการทดสอบที่ใช้เครื่องมือที่มีความซับซ้อน ราคาสูง มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ force platform หรือใช้ video-based motion analysis system วัดการโอนเอนของร่างกาย การทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ (electromyography) และการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) เป็นต้น

2. การทดสอบทางคลินิก เป็นการทดสอบโดยใช้การประเมินความสามารถในการทรงตัวที่ประกอบด้วยโปรแกรมในการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อวัดค่าการทรงตัว (balance scale) ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ เช่น Tinetti POMA subscale, Berg Balance Scale, Functional Reach Test, Time Up and Go Test เป็นต้น

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อศึกษาหาความเชื่อมั่นและความตรง (reliability and validity) ของการประเมินความสามารถในการทรงตัว (functional balance assessment) ที่นำมาใช้กับผู้สูงอายุในชุมชน พบว่า Berg Balance Scale (BBS), Time Up and Go Test (TUGT), Balance Screening Tool (BST) และ Fullerton Advanced Balance (FAB) Scale เป็นการประเมินที่ได้ผ่านการศึกษาค้นคว้าหาความเชื่อมั่นและความตรงในการประเมินความสามารถการทรงตัวผู้สูงอายุในชุมชน ผลการศึกษาพบว่า BBS และ TUGT เป็นวิธีการประเมินที่มีค่าความตรง และค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าวิธีการอื่นๆ โดย BBS มีค่าความเที่ยงของการสังเกต (inter-rater reliability) อยู่ในช่วง 0.88-0.98 และ TUGT มีค่าความเที่ยงของการสังเกต อยู่ในช่วง 0.98-0.99 วิธีทั้งสองจึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ประเมินความสามารถการทรงตัวผู้สูงอายุในชุมชน (Langley & Mackintosh, 2007)

BBS เป็นการประเมินความสามารถในการทรงตัวขณะทำกิจกรรมต่างๆ ในท่านั่งและยืน สำหรับผู้สูงอายุและผู้ที่มีความผิดปกติทางระบบประสาท ลักษณะของการทดสอบเป็นการให้ผู้สูงอายุทำกิจกรรมที่จำเป็นสำหรับในชีวิตประจำวันทั้งสิ้น 14 กิจกรรม ได้แก่ การลุกขึ้นยืน ยืนตรง นั่งตัวตรง การนั่งลง เปลี่ยนเก้าอี้ ยืนหลังตา ยืนตัวตรงเท้าชิด เอื้อมมือไปข้างหน้า ก้มเก็บของจากพื้นในขณะที่ยืนอยู่ หันไปมองข้างหลัง หมุนรอบตัวเอง ก้าวเท้าแต่ละบนม้านั่งเดียสลับกัน ยืนต่อเท้า และยืนบนขาข้างเดียว ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะมีการให้คะแนน 5 ระดับ ตั้งแต่ 0-4 คะแนน คะแนนรวมสูงสุดมีค่าเท่ากับ 56 คะแนน ผู้สูงอายุที่มีคะแนนน้อยกว่า 45 คะแนน ถือว่ามีความผิดปกติในด้านการทรงตัวและมีปัจจัยเสี่ยงต่อการล้มสูงกว่าคนที่มาคะแนนเท่ากับหรือมากกว่า 45 คะแนน (Berg, 1989) โดย BBS มีค่าความไว (sensitivity) ร้อยละ 64 และความจำเพาะ (specificity) ร้อยละ 90 (Riddle & Stratford, 1999) สำหรับ TUGT เป็นการประเมินความสามารถในการทรงตัว

ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนท่าทางจากนั่งไปยืนและเดินโดยการจับเวลา ซึ่งสามารถวัดสมรรถภาพในการทรงตัวทั้งในขณะอยู่นิ่ง และขณะเคลื่อนที่ การทดสอบทำได้โดยติดเทปกาวยาวบนพื้นให้ห่างจากเก้าอี้ไปทางด้านหน้า 3 เมตร จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบนั่งเก้าอี้หลังชิดพนักพิง และวางแขนบนที่วางแขน เมื่อพูดคำว่าเริ่มให้ผู้ถูกทดสอบลุกขึ้นยืนและเดินให้เร็วที่สุดเท่าที่ทำได้โดยไม่วิ่ง ไปยังด้านหน้าตรงตำแหน่งที่ติดเทปกาวยาวเดินข้ามเส้น แล้วอ้อมกลับมายังเก้าอี้และนั่งลงบนเก้าอี้ เริ่มจับเวลาที่ใช้ตั้งแต่ผู้ถูกทดสอบเริ่มลุกจากเก้าอี้จนกระทั่งกลับมานั่งลงบนเก้าอี้ ค่าปกติใช้เวลาไม่น้อยกว่า 10 วินาที จึงจะถือว่าการทรงตัวที่ดี (Wall, Bell, Campbell & Davis, 2000) โดย TUGT มีค่าความไวร้อยละ 87 และความจำเพาะ ร้อยละ 87 (Shumway-Cook, Brauer & Woollacott, 2000) และผลการทดสอบของ TUGT มีความสัมพันธ์กับปฏิกิริยาตอบสนอง กำลังกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการเดิน (Ballard, McFarland, Wallace, Holiday & Roberson, 2004)

เมื่อพิจารณากิจกรรมการทดสอบของ BBS พบว่าลักษณะของกิจกรรมไม่ได้เน้นความเร็วในการเคลื่อนไหวเช่นการทดสอบของ TUGT จึงมีความไวในการสะท้อนความสามารถในการเคลื่อนไหวน้อยกว่า TUGT การประเมินความสามารถในการทรงตัวโดย BBS จึงไม่อาจสามารถแยกความแตกต่างในกลุ่มตัวอย่างที่มีความบกพร่องในการทรงตัวเล็กน้อยได้ชัดเจนเท่ากับ TUGT (Van Iersel, Munneke, Esselink, Benraad, & Olde Rikkert, 2008) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกวิธี TUGT มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

การออกกำลังกายในผู้สูงอายุ

การออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางกายที่มีโครงสร้าง มีการวางแผนและมีการเคลื่อนไหวของร่างกายในรูปแบบซ้ำๆ เพื่อเสริมสร้างหรือคงไว้ซึ่งสมรรถภาพทางกายอย่างน้อย 1 องค์ประกอบ (American College of Sports Medicine, 2009) และสามารถพัฒนาความสามารถของร่างกายให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ ช่วยชะลอความเสื่อม ความพิการ และป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ และเมื่อออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายหลั่งสารเอ็นดอร์ฟินเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ลดความตึงเครียด ความวิตกกังวล มีสมาธิและจิตใจเบิกบาน การออกกำลังกายจึงก่อให้เกิดผลดีทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ นอกจากนั้นการออกกำลังกายยังช่วยให้ผู้สูงอายุมีโอกาสเข้าสังคมได้ร่วมกิจกรรมและพบปะเพื่อนในวัยเดียวกัน ทำให้เกิดความเพลิดเพลินกับการออกกำลังกาย มีความสุขและเสริมสร้างความรู้สึกรักมีคุณค่าในตนเอง ส่งผลให้ภาวะสุขภาพโดยรวมดีขึ้น (American Heart Association, 2007)

ประเภทของการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุควรมีการออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกายที่สม่ำเสมออย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน และมีระดับความหนักเบาของการออกกำลังกายที่เหมาะสมเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยส่วนใหญ่ผู้สูงอายุควรออกกำลังกายในระดับความหนักปานกลางเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของปอดและหัวใจ อย่างน้อย 150 นาทีต่อสัปดาห์ แต่ถ้าหากผู้สูงอายุไม่สามารถปฏิบัติได้ เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านร่างกายของผู้สูงอายุ วิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกาได้เสนอแนะโปรแกรมการออกกำลังกายตามประเภทหรือชนิดของการออกกำลังกาย โดยความถี่ของการออกกำลังกาย ระดับความหนักเบาของการออกกำลังกาย และระยะเวลาของการออกกำลังกายมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่จะได้รับ รวมทั้งความสามารถของผู้สูงอายุ (American College of Sports Medicine, 2010) ดังต่อไปนี้

1. การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของปอดและหัวใจ (cardiorespiratory exercise) หรือการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายหรือการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ใช้กล้ามเนื้อขนาดใหญ่ โดยมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องและเป็นจังหวะ ทำให้กล้ามเนื้อมีการใช้ออกซิเจนเพื่อผลิตพลังงานให้กล้ามเนื้อใช้ในการหดตัวออกแรง ในการปฏิบัติกิจกรรมการเคลื่อนไหว ปอด หัวใจและหลอดเลือดจึงมีการทำงานเพิ่มขึ้น เพื่อให้ออกซิเจนไปที่กล้ามเนื้อนั้นมีปริมาณเพียงพอ ส่งผลให้ปอด หัวใจและหลอดเลือดมีความแข็งแรงทนทานเพิ่มมากขึ้น สามารถทำหน้าที่ในการนำอากาศเข้าสู่ร่างกายและสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบและกิจกรรมของการออกกำลังกายควรเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดแรงกระแทกต่อกระดูกมากเกินไป เช่น การเดิน การวิ่ง การขี่จักรยาน การว่ายน้ำ การเดินแอโรบิก และการเดินรำ เป็นต้น โดยมีหลักของการออกกำลังกาย ดังนี้

1.1 ความถี่ของการออกกำลังกาย (frequency: F) ขึ้นอยู่กับระดับความหนักของการออกกำลังกาย ระดับความหนักปานกลางควรออกกำลังกายอย่างน้อย 5 วันต่อสัปดาห์ หรือระดับความหนักมากควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ หรือออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางและหนักมากร่วมกัน ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3-5 วันต่อสัปดาห์

1.2 ความหนักของการออกกำลังกาย (intensity: I) ควรอยู่ระหว่างระดับความหนักปานกลาง (moderate intensity) โดยมีค่าคะแนนการรับรู้ความเหนื่อยอยู่ในช่วง 5-6 คะแนน เมื่อใช้ RPE scale ที่มีค่าตั้งแต่ 0-10 ในการประเมิน หรือระดับความหนักมาก (vigorous intensity) โดยมีค่าคะแนนการรับรู้ความเหนื่อยอยู่ในช่วง 7-8 คะแนน เมื่อใช้ RPE scale ที่มีค่าตั้งแต่ 0-10 ในการประเมิน

1.3 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (duration or time: T) การออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลาง (moderate intensity) ควรใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายอย่างน้อย 30-60 นาทีต่อวันหรืออย่างน้อย 150-300 นาทีต่อสัปดาห์ สำหรับการออกกำลังกายที่ระดับความหนักมาก (vigorous intensity) ควรใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายอย่างน้อย 20-30 นาทีต่อวันหรืออย่างน้อย 75-100 นาทีต่อสัปดาห์

2. การออกกำลังกายด้วยแรงต้าน (resistance exercise) เป็นการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ และข้อต่อ โดยใช้น้ำหนักหรือแรงดึงใดๆ ที่ต้านต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถแบ่งแรงต้านออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้น้ำหนักหรือแรงต้านของตนเอง เช่น การดึงข้อ การลุกนั่ง การงอตัว การเกร็งกล้ามเนื้อ เป็นต้น และการใช้น้ำหนักหรือแรงต้านจากภายนอกโดยใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น เครื่องยกน้ำหนัก เป็นต้น ทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น รูปแบบและกิจกรรมของการออกกำลังกายควรเป็นกิจกรรมที่ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก 8-10 กลุ่ม ได้แก่ กล้ามเนื้อคอ หน้าอก หลัง ไหล่ ต้นแขน ด้านหน้า-หลัง ข้อมือ ด้านข้างลำตัว หน้าท้อง สะโพก ต้นขาด้านหน้า-หลัง โดยการใช้น้ำหนักหรือแรงต้านของตนเอง (weight bearing calisthenics) หรือใช้แรงต้านจากภายนอกโดยมีการเพิ่มความหนักของแรงต้านให้มากขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป (progressive weight training program) เพื่อป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ โดยมีหลักของการออกกำลังกาย ดังนี้

2.1 ความถี่ของการออกกำลังกาย (frequency: F) ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 2 วันต่อสัปดาห์

2.2 ความหนักของการออกกำลังกาย (intensity: I) ควรอยู่ระหว่างระดับความหนักปานกลาง (moderate intensity) และระดับความหนักมาก (vigorous intensity) โดยมีค่าคะแนนการรับรู้ความเหนื่อยอยู่ในช่วง 5-6 คะแนน (moderate intensity) และ 7-8 คะแนน (vigorous intensity) เมื่อใช้ RPE scale ที่มีค่าตั้งแต่ 0-10 ในการประเมิน

2.3 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (duration or time: T) ในแต่ละครั้งของการฝึกควรมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อหลักในการออกแรงต้านน้ำหนัก โดยทำซ้ำประมาณ 10-15 ครั้งต่อการฝึกกล้ามเนื้อแต่ละกลุ่ม

3. การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นหรือความอ่อนตัว (flexibility exercise) เป็นการออกกำลังกายเพื่อทำให้มีการยืดกล้ามเนื้อและเอ็น รวมทั้งเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อให้สามารถเคลื่อนไหวได้ระยะทางมากขึ้น ช่วยลดปัญหาและป้องกันการบาดเจ็บตลอดจนอาการยึดเกร็งของกล้ามเนื้อ และมีความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวดีขึ้น ส่วนใหญ่ใช้ใน

การอบอุ่นร่างกายหรือผ่อนคลายกล้ามเนื้อ รูปแบบและกิจกรรมการออกกำลังกายควรเป็นกิจกรรมที่ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบยืดค้าง (static stretch) ในกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก ได้แก่ กล้ามเนื้อคอ หน้าอก หลัง ไหล่ ต้นแขนด้านหน้า-หลัง ข้อมือ ด้านข้างลำตัว หน้าท้อง สะโพก ต้นขาด้านหน้า-หลัง เช่น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (stretching exercise) โยคะ เป็นต้น โดยมีหลักของการออกกำลังกาย ดังนี้

3.1 ความถี่ของการออกกำลังกาย (frequency: F) ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 2 วันต่อสัปดาห์

3.2 ความหนักของการออกกำลังกาย (intensity: I) ควรอยู่ที่ระดับความหนักปานกลาง (moderate intensity) โดยมีค่าคะแนนการรับรู้ความเหนื่อยอยู่ในช่วง 5-6 คะแนน (moderate intensity) เมื่อใช้ RPE scale ที่มีค่าตั้งแต่ 0-10 ในการประเมิน และอยู่ภายใต้ช่วงการเคลื่อนไหวที่ทำได้โดยไม่ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บหรือปวด

3.3 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (duration or time: T) ในแต่ละครั้งของการฝึกควรมีการยืดกล้ามเนื้อในกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก โดยทำการยืดค้างทีละกลุ่มกล้ามเนื้อ ยืดค้างประมาณ 30-60 วินาที

4. การออกกำลังกายเพื่อฝึกการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromotor exercise training) (American College of Sports Medicine, 2011) เป็นการออกกำลังกายที่ประกอบด้วยการฝึกทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (motor skills) เช่น การทรงตัว การทำงานประสานกัน (co-ordination) ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ท่าเดิน (gait) ความคล่องแคล่ว (agility) เป็นต้น การฝึกที่กระตุ้นต่อการทำงานของรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อและการเคลื่อนไหว (proprioceptive training) และการออกกำลังกายที่ประกอบด้วยหลากหลายกิจกรรม (multifaceted activities exercise) เช่น ไทจี โยคะ เป็นต้น เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุในการเสริมสร้างและคงไว้ซึ่งสมรรถภาพทางกาย ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อการหกล้ม โดยมีหลักของการออกกำลังกาย ดังนี้

4.1 ความถี่ของการออกกำลังกาย (frequency: F) ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 2-3 วันต่อสัปดาห์

4.2 ความหนักของการออกกำลังกาย (intensity: I) ไม่ได้มีการระบุที่แน่นอน

4.3 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (duration or time: T) ควรมีการออกกำลังกายอย่างน้อย 20-30 นาทีต่อวัน หรืออย่างน้อย 60 นาทีต่อสัปดาห์

ดังนั้นในการศึกษาการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางครั้งนี้ จึงยึดตามหลักการออกกำลังกายเพื่อฝึกการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งอเมริกา คือ 1) ความถี่ เป็นการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ 2) ระยะเวลา เป็น

การออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลานาน 40 นาที ประกอบด้วยช่วงอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ช่วงการออกกำลังกาย 30 นาที และช่วงผ่อนคลายร่างกาย 5 นาที 3) ประเภท เป็นการออกกำลังกายที่ฝึกการทรงตัว โดยการฝึกทำกิจกรรมทั้งสองอย่างไปพร้อมๆ กัน (dual-tasking intervention) ได้แก่ กิจกรรมที่ฝึกการทำงานของสมองและกิจกรรมที่ฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมผลของการออกกำลังกายที่สามารถพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปี พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยตั้งแต่ 4 สัปดาห์ จนถึง 12 เดือน สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุได้ ซึ่งในงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาในการศึกษาที่ 3 เดือน หรือ 12 สัปดาห์ (Howe, Rochester, Neil, Skelton & Ballinger, 2011)

การออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

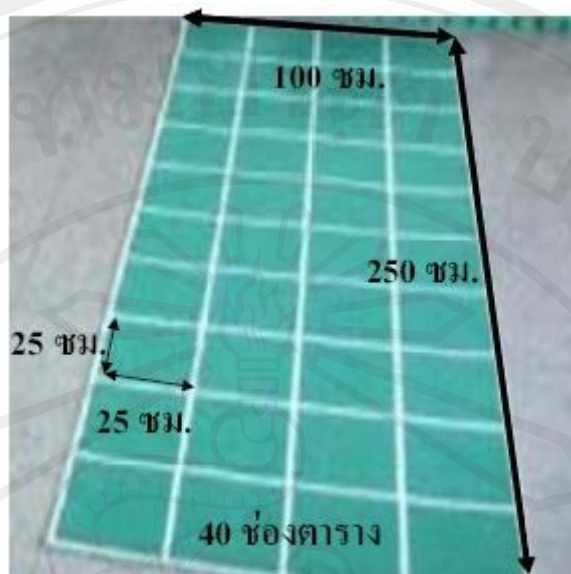
การออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง (Square-Stepping Exercise) เป็นการออกกำลังกายที่พัฒนาขึ้นโดยชิเกมัทสึและโอกูระ (Shigematsu & Okura, 2006) ซึ่งชิเกมัทสึและคณะได้ร่วมกันศึกษาวิจัยและเผยแพร่การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางสู่องค์กรอาสาสมัครต่างๆ ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2001 จนกระทั่งถึงปัจจุบัน การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเป็นการออกกำลังกายที่สนุกสนานและง่ายต่อการเข้าถึงในการเสริมสร้างสุขภาพสำหรับทุกเพศทุกวัย ตั้งแต่วัยเด็กจนกระทั่งถึงวัยผู้สูงอายุ และได้มีการศึกษาวิจัยถึงผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางอันเป็นที่ยอมรับในการส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุในระยะยาว สามารถช่วยป้องกันการเกิดภาวะหกล้มและส่งเสริมความจำ (Shigematsu, Okura, & Nakagaichi, 2012)

แนวคิดการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเป็นโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อฝึกการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ โดยผู้ที่ออกกำลังกายจะต้องจดจำรูปแบบการก้าวเท้าไปยังทิศทางต่างๆ จากที่ผู้ฝึกสาธิต หลังจากนั้นผู้ออกกำลังกายจึงฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกายในการก้าวเท้าไปตามตารางบนโต๊ะให้เหมือนกับที่ผู้ฝึกสาธิต โดยโต๊ะจะมีขนาด 100 x 250 เซนติเมตร ถูกแบ่งออกเป็นช่องตาราง จำนวน 40 ช่อง ขนาดช่องละ 25 x 25 เซนติเมตร (ดังภาพที่ 2) ซึ่งผู้ฝึกจะทำหน้าที่ให้คำแนะนำและให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับรูปแบบการก้าวเท้าที่ถูกต้อง จนกระทั่งผู้ออกกำลังกายสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องด้วยตนเองและฝึกการก้าวเท้าในรูปแบบนั้นๆ ซ้ำ เพื่อให้เกิดความคล่องแคล่ว (Shigematsu, Okura, & Nakagaichi, 2012)

การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางจึงเป็นการฝึกการทำงานของสมอง และการเคลื่อนไหวของร่างกายทั้งสองอย่างไปพร้อมๆ กัน (Pichierri, Wolf, & Bruin, 2011) โดยรูปแบบการเคลื่อนไหวของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางมีลักษณะที่คล้ายกับการเดิน ซึ่งเป็นรูปแบบการเคลื่อนไหวพื้นฐานเบื้องต้นของมนุษย์ แต่ลักษณะการเคลื่อนไหวจะประกอบด้วยการเคลื่อนไหวในหลากหลายทิศทาง ได้แก่ ด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านทแยงมุม ซึ่งแตกต่างจากการเดินที่มีทิศทางการก้าวเท้าไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียว (Shigematsu, Okura, Nakagaichi, Tanaka, et al., 2008) ขณะที่ก้าวเท้าไปยังทิศทางต่างๆ ไม่มีการกระโดด โดยที่เท้าข้างใดข้างหนึ่งอยู่บนพื้นตลอดเวลา เท้าไม่ลอยจากพื้นพร้อมกันทั้งสองข้าง และพยายามใช้แรงกระแทกให้น้อยที่สุด จึงเหมาะสมและปลอดภัยสำหรับผู้สูงอายุ (ประเสริฐ อัสสันตชัย, 2552)

การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางจึงอาศัยหลักการฝึกที่ทำให้ระบบประสาทมีการเรียนรู้ที่เรียกว่า การเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (motor skill learning) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการฝึกปฏิบัติ หรือการมีประสบการณ์ในด้านนั้นๆ ก่อนที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ถาวรหรือเกิดเป็นทักษะ จากการที่ผู้ออกกำลังกายให้ความสนใจในการดูและจดจำรูปแบบการก้าวเท้าจากผู้ฝึก ทำให้เริ่มเกิดกระบวนการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นโดยระบบประสาทที่ทำหน้าที่ในการรับรู้ทางสายตาจะส่งข้อมูลจากการรับรู้ไปยังสมองส่วนกลางเพื่อทำหน้าที่รวบรวม ประเมิน วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล จากนั้นกระแสประสาทจะถูกส่งไปยังเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่สั่งการและควบคุมการเคลื่อนไหวให้เป็นไปตามข้อมูลที่สมองส่วนกลางแปลความหมาย ส่งผลให้สมองเกิดการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหว และสร้างแบบแผน (engram) การเคลื่อนไหวนั้นเก็บไว้บริเวณที่เก็บความจำของสมอง และเมื่อมีการฝึกเคลื่อนไหวในรูปแบบเดิมซ้ำๆ กัน ข้อมูลป้อนกลับจากเซลล์ที่รับรู้ความรู้สึกที่อยู่บริเวณเอ็นกล้ามเนื้อ และข้อต่อ ที่เรียกว่า โพรพริโอเซปเตอร์ (proprioceptor) จะช่วยปรับการตอบสนองทางด้านการเคลื่อนไหวให้เข้ากันกับความจำที่เก็บไว้ นำไปสู่การปรับตัวและพัฒนาการประสานงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (คณาจารย์วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล, 2548)



ภาพที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

วิธีการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

วิธีการฝึกการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง (Shigematsu, Okura & Nakagaichi, 2012) มีดังต่อไปนี้

1. ผู้ออกกำลังกายรับรู้รายละเอียดและวิธีการก้าวเท้าตามรูปแบบที่กำหนดจากผู้ฝึก โดยผู้ฝึกจะเป็นผู้แนะนำและสาธิตวิธีการก้าวเท้าอย่างเป็นขั้นเป็นตอนทีละรูปแบบ โดยเริ่มจากรูปแบบในระดับง่ายไปหายาก ในระหว่างที่ออกกำลังกายจะไม่มีการแสดงรูปภาพของการก้าวเท้าให้ผู้ออกกำลังกายดู เนื่องจากต้องการให้ผู้ออกกำลังกายมุ่งเน้นความสนใจที่การดู และมีสมาธิในการจดจำรูปแบบการก้าวเท้าได้ด้วยตนเองให้ได้มากที่สุด เพื่อกระตุ้นความสามารถในการเรียนรู้และการจดจำ

2. ผู้ออกกำลังกายก้าวเท้าตามที่ผู้ฝึกแนะนำในแต่ละรูปแบบ โดยจะต้องให้เหมือนกับที่ผู้ฝึกสาธิต จากการมองเห็นจะเป็นตัวกระตุ้นให้สมองเกิดการรับรู้ข้อมูลและสั่งงานให้เกิดการเคลื่อนไหวในการก้าวเท้าตามรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ผู้ฝึกได้สาธิตให้ดู ผู้ออกกำลังกายจะเริ่มก้าวเท้าตามตารางตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังปลายสุดของเส้นและเดินวกกลับมาเริ่มที่จุดเริ่มต้นใหม่ โดยที่ไม่เดินย้อนผ่านเส้น ผู้ฝึกจะเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความถูกต้องในการปฏิบัติ หากผู้ออกกำลังกายยังไม่สามารถทำได้ ผู้ฝึกจะทำการสาธิตให้ดูเป็นตัวอย่างซ้ำอีกครั้ง จนกระทั่งผู้ออกกำลังกายสามารถทำได้ ในกรณีที่มีผู้ออกกำลังกายพร้อมกันหลายคน โดยใช้เส้น

ผืนเดียวกัน ควรมีการเว้นระยะห่างในการเดินประมาณครึ่งทางของเสื้อ เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุการเดินชนกันระหว่างคนข้างหน้าและคนข้างหลัง

3. ในระยะเริ่มต้นของการฝึกก้าวตามตารางในแต่ละรูปแบบ ควรเริ่มทำอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถก้าวตามตารางได้อย่างถูกต้องเหมือนกับที่ผู้ฝึกสาธิต โดยไม่ต้องคำนึงถึงการก้าวเท้าให้อยู่ในตาราง แต่เมื่อสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องแล้ว ผู้ออกกำลังกายควรก้าวเท้าให้อยู่ภายในตาราง จากนั้นจึงพยายามปรับความเร็วในการก้าวเท้าเพิ่มขึ้นตามลำดับหรือเร็วที่สุดเท่าที่ผู้ปฏิบัติสามารถทำได้โดยปราศจากการก้าวเท้าที่ผิดพลาด จนกระทั่งสามารถทำได้อย่างคล่องแคล่วและแม่นยำ ซึ่งในแต่ละรูปแบบควรมีการฝึกซ้ำอย่างน้อย 4-10 ครั้ง

4. เมื่อผู้ออกกำลังกายสามารถก้าวตามตารางในรูปแบบนั้นได้อย่างคล่องแคล่วและแม่นยำแล้ว จึงเริ่มต้นฝึกก้าวตามตารางในรูปแบบถัดไปที่มีความยากและซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับจากผู้ฝึก

ข้อควรปฏิบัติในการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

1. ในขณะที่ก้าวเดินไม่ควรกระโดด เนื่องจากอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุหกล้มได้
2. ในรูปแบบของการก้าวตามตารางที่มีการแยกเท้าออกจากกันในวงกว้าง ให้ปฏิบัติเท่าที่ทำได้โดยไม่ฝืน เนื่องจากอาจทำให้สูญเสียการทรงตัวและเกิดอุบัติเหตุหกล้มได้
3. ในกรณีที่มีการออกกำลังกายพร้อมกันหลายคนโดยใช้เสื้อผืนเดียวกัน
 - 3.1 ให้เดินไปจนปลายสุดของเสื้อ และเดินวกกลับมาเริ่มที่จุดเริ่มต้นใหม่ โดยที่ไม่เดินย้อนผ่านเสื้อ
 - 3.2 หากก้าวเท้าไม่ถูกต้องให้เดินออกจากเสื้อและมาเริ่มที่จุดเริ่มต้นใหม่ โดยที่ไม่เดินย้อนผ่านเสื้อ
 - 3.3 ควรมีการเว้นระยะห่างในการเดินระหว่างคนข้างหน้าและคนข้างหลังประมาณครึ่งทางของเสื้อ เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุการเดินชนกันระหว่างคนข้างหน้าและคนข้างหลัง

รูปแบบของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

รูปแบบของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางมีทั้งหมด 196 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจะมีการใช้ตัวเลขเป็นตัวกำหนดการก้าวเท้าตั้งแต่ 2 ถึง 16 ก้าว ประกอบด้วยการก้าวเท้าไปด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านทแยงมุม เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่หลากหลายทิศทางและหลากหลายรูปแบบ ลักษณะของการก้าวเท้า หากเริ่มต้นด้วยเท้าขวาก่อนจะเริ่มก้าวเท้าที่เลข 1 ด้วยเท้าขวา ก้าวถัดไปที่เลข 2 ด้วยเท้าซ้าย และสลับกันต่อไป จนก้าวเท้าครบตามหมายเลขที่

กำหนดไว้ในแต่ละท่า และหากเริ่มต้นด้วยเท้าซ้ายก่อนจะเริ่มก้าวเท้าที่เลข 1 ด้วยเท้าซ้าย ก้าวถัดไปที่เลข 2 ด้วยเท้าขวา และสลับกันต่อไปจนก้าวครบตามจำนวนตัวเลขที่กำหนดไว้ในแต่ละรูปแบบ โดยมีการแบ่งระดับความยากง่ายของรูปแบบออกเป็น 8 ระดับ ตามทิศทางการก้าวเท้าและจำนวนของการก้าวเท้าที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อเพิ่มความท้าทายและความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ที่ออกกำลังกาย โดยเริ่มจากระดับง่ายไปหายาก (Shigematsu, Okura, & Nakagaichi, 2012) ดังนี้

1. ระดับเริ่มต้น 1 (beginner 1) เป็นรูปแบบพื้นฐาน มีทั้งหมด 8 รูปแบบ ในระดับนี้จะเน้นรูปแบบการก้าวที่เท้าคล้ายกับลักษณะของการเดิน โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้า 2 ก้าว

2. ระดับเริ่มต้น 2 (beginner 2) มีทั้งหมด 30 รูปแบบ ในระดับนี้เป็นการก้าวเท้าแบบง่ายๆ ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้างและด้านทแยงมุม โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 4-6 ก้าว

3. ระดับกลาง 1 (intermediate 1) มีทั้งหมด 24 รูปแบบ ในระดับนี้จะเป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้าง ด้านทแยงมุม และด้านหลัง แต่ส่วนใหญ่จะเน้นการก้าวเท้าไปทางด้านหน้าและด้านหลัง ใช้ความกว้างของตารางเพียง 3 แถว หรือน้อยกว่า โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 4-6 ก้าว

4. ระดับกลาง 2 (intermediate 2) มีทั้งหมด 30 รูปแบบ ในระดับนี้จะเป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้าง ด้านทแยงมุม และด้านหลัง แต่ส่วนใหญ่จะเน้นการก้าวเท้าไปทางด้านข้าง ใช้ความกว้างของตาราง 2 แถวหรือ 4 แถว โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 6-8 ก้าว

5. ระดับกลาง 3 (intermediate 3) มีทั้งหมด 28 รูปแบบ ในระดับนี้จะเป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้าง ด้านทแยงมุม และด้านหลัง แต่ส่วนใหญ่จะเน้นการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านหลัง และด้านทแยงมุม ใช้ความกว้างของตาราง 2 แถว หรือ 4 แถว โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 6-8 ก้าว

6. ระดับสูง 1 (advance 1) มีทั้งหมด 36 รูปแบบ ในระดับนี้จะเป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า และด้านหลัง โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 8-16 ก้าว

7. ระดับสูง 2 (advance 2) มีทั้งหมด 14 รูปแบบ ในระดับนี้จะเป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านทแยงมุม โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 8-16 ก้าว

8. ระดับสูง 3 (advance 3) มีทั้งหมด 26 รูปแบบ ในระดับนี้จะเป็นการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วยทิศทางการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้าง ด้านทแยงมุม และด้านหลัง โดยแต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้าตั้งแต่ 8-16 ก้าว

โปรแกรมการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง

การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเป็นการฝึกที่มีความเกี่ยวข้องกับทักษะกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย เช่น การทรงตัว ความคล่องแคล่ว การทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุได้ (Shigematsu, Okura, Nakagaichi, Tanaka, et al., 2008) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางตามหลักการของโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อฝึกการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อตามที่วิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกาได้เสนอแนะไว้ (American College of Sports Medicine, 2011) โดยรายละเอียดของโปรแกรมการฝึก คือ การออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง 3 วันต่อสัปดาห์ วันละ 40 นาที เป็นระยะเวลาในการฝึก 12 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทบทวนวรรณกรรมผลของการออกกำลังกายที่สามารถพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปี โดยพบว่ามีการวิจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องจำนวน 94 เรื่อง ซึ่งพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยตั้งแต่ 4 สัปดาห์ จนถึง 12 เดือน สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุได้ โดยในงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 3 เดือน หรือ 12 สัปดาห์ (Howe, Rochester, Neil, Skelton & Ballinger, 2011) โดยใช้รูปแบบของการก้าวตามตารางที่เรียวสุเกะ ชิเกมัทสึ, กนกพร สุคำวัง, รัชชนา หน่อคำ, ศุภิดา พรหมทอน และพรณทิพ แสงสว่าง (2556) ได้คัดเลือกมาจำนวน 20 รูปแบบ ในระดับเริ่มต้น จนถึงระดับกลาง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับผู้สูงอายุไทย เนื่องจากรูปแบบที่คัดเลือกมาประกอบด้วยท่าที่ครอบคลุมทิศทาง ได้แก่ ด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านทแยงมุม และเป็นรูปแบบที่สามารถทำได้ง่าย ไม่ซับซ้อน สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของชิเกมัทสึและโอคุระ (Shigematsu & Okura, 2006) ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการพัฒนาความสามารถในการทำหน้าที่ของขาในผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุ 60-80 ปี จำนวน 52 ราย โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง จำนวน 26 ราย และกลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง จำนวน 26 ราย โดยพบว่าผู้สูงอายุกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางส่วนใหญ่สามารถฝึกการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางได้ถึงรูปแบบในระดับกลาง และภายหลังจากการฝึกผู้สูงอายุมีความสามารถในการ

การทรงตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งรูปแบบของการก้าวตามตารางในแต่ละขั้นของการออกกำลังกาย ประกอบด้วย (ดูภาพประกอบได้จากภาคผนวก ง)

1. ขึ้นอบอุ่นร่างกาย เป็นการเตรียมร่างกายให้เกิดความพร้อมในการออกกำลังกาย ช่วยป้องกันการบาดเจ็บของข้อต่อและกล้ามเนื้อ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที ด้วยการก้าวตามตารางจำนวน 6 รูปแบบ ในระดับเริ่มต้น 1 ซึ่งแต่ละรูปแบบมีจำนวนการก้าวเท้า 2 ก้าว ประกอบด้วย การก้าวเท้าไปทางด้านหน้าและด้านข้าง ดังนี้

1.1 ระดับเริ่มต้น 1

รูปแบบที่ 1 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวแรก (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 และก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวถัดไป นับเป็นก้าวที่ 2 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 2 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวแรก (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 และก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวถัดไป นับเป็นก้าวที่ 2 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 3 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวแรก (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 และก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 4 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวแรก (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 และก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 5 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 ของแถวแรก (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 และก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 6 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 ของแถวแรก (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 และก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

2. ขึ้นออกกำลังกาย เป็นการออกกำลังกายด้วยการก้าวตามตารางจากระดับเริ่มต้น 2 ถึงระดับกลาง 3 โดยแต่ละครั้งของการฝึกกำหนดไม่เกิน 8 รูปแบบ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที รูปแบบของการก้าวตามตารางในแต่ละระดับประกอบด้วย

2.1 ระดับเริ่มต้น 2 จำนวน 6 รูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีจำนวนการก้าวเท้า 4 ก้าว ประกอบด้วย การก้าวเท้าไปทางด้านหน้าและด้านข้าง ดังนี้

รูปแบบที่ 2 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 และก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 4 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 3 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 และก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 4 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 4 ผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 2 และก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 4 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดสื่อ

รูปแบบที่ 5 แถวแรกผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 2 แถวที่ 2 ก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 นับเป็นก้าวที่ 4 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนถึงสิ้นสุดแถว

รูปแบบที่ 6 แถวแรกผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 นับเป็นก้าวที่ 2 แถวที่ 2 ก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 นับเป็นก้าวที่ 4 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนถึงสิ้นสุดแถว

2.2 ระดับกลาง 1 จำนวน 4 รูปแบบ แต่ละรูปแบบจะมีจำนวนการก้าวเท้า 4 ก้าว ประกอบด้วยการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง ดังนี้

ที่ 5 และก้าวเท้าขวาตามมายังตารางช่องที่ 2 ของแถวเดียวกัน นับเป็นก้าวที่ 6 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดเลื้อย

2.4 ระดับกลาง 3 จำนวน 2 รูปแบบ แต่ละรูปแบบมีจำนวนการก้าวเท้า 6 ก้าว ประกอบด้วยการก้าวเท้าไปทางด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านทแยงมุม

รูปแบบที่ 1 แถวแรกผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 4 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 2 และก้าวเท้าขวาตามมายังตารางช่องที่ 4 ของแถวที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายถอยไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวที่ 1 นับเป็นก้าวที่ 4 และก้าวเท้าขวามายังตารางช่องที่ 3 ของแถวที่ 1 นับเป็นก้าวที่ 5 จากนั้นก้าวเท้าซ้ายขึ้นไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 6 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดเลื้อย

รูปแบบที่ 2 แถวแรกผู้สูงอายุเริ่มก้าวเท้าแรกด้วยเท้าซ้ายไปยังตารางช่องที่ 1 (นับตารางช่องที่ 1 จากทางซ้ายมือ) นับเป็นก้าวที่ 1 จากนั้นก้าวเท้าขวาไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 2 และก้าวเท้าซ้ายตามมายังตารางช่องที่ 1 ของแถวที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 3 จากนั้นก้าวเท้าขวาถอยไปยังตารางช่องที่ 3 ของแถวที่ 1 นับเป็นก้าวที่ 4 และก้าวเท้าซ้ายมายังตารางช่องที่ 2 ของแถวที่ 1 นับเป็นก้าวที่ 5 จากนั้นก้าวเท้าขวาขึ้นไปยังตารางช่องที่ 2 ของแถวที่ 2 นับเป็นก้าวที่ 6 จากนั้นก้าวเท้าในรูปแบบเดิมไปจนสิ้นสุดเลื้อย

3. ขึ้นผ่อนคลายร่างกาย เป็นการลดความหนักของการออกกำลังกายลง เพื่อให้ระบบต่างๆ ของร่างกายมีการปรับตัวคืนสู่สภาวะปกติ เนื่องจากการหยุดออกกำลังกายทันทีจะทำให้เลือดค้างอยู่ตามกล้ามเนื้อ ปริมาณเลือดที่กลับสู่หัวใจลดลง ส่งผลให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจไปเลี้ยงยังอวัยวะต่างๆ ของร่างกายลดลง โดยเฉพาะสมอง ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการหน้ามืดได้ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที ด้วยการก้าวตามตารางในระดับเริ่มต้น 1 จำนวน 6 รูปแบบ เช่นเดียวกับขึ้นอบอุ่นร่างกาย

ผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ

การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเป็นการออกกำลังกายที่ฝึกการทำงานของระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นระบบที่สำคัญในการทรงตัว จากการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายในการก้าวเท้าไปยังทิศทางต่างๆ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายและระบบควบคุมการทรงตัวอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นในบางรูปแบบของการก้าวตามตารางที่มีการเดินต่อเท้า ซึ่งทำให้ฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายแคบลง

จึงเป็นการฝึกการทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายและการทรงตัว กระบวนการฝึกเริ่มต้นจากการให้ข้อมูลเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางผ่านทางระบบประสาทรับรู้จากการมองเห็น ซึ่งผู้ออกกำลังกายจะต้องสังเกตการก้าวเท้าไปยังทิศทางต่างๆ ในแต่ละรูปแบบจากผู้ฝึก จึงเป็นการนำข้อมูลเข้าจากการมองเห็นไปยังระบบประสาทส่วนกลาง โดยเปลือกสมองจะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล และสั่งงานไปยังกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายในการก้าวเท้าไปยังทิศทางต่างๆ ตามที่ผู้ฝึกได้สาธิต และเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหวจะเป็นการกระตุ้นต่อตัวรับรู้เกี่ยวกับตำแหน่งและการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายที่อยู่บริเวณเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ทำให้เกิดกระแสประสาทและส่งข้อมูลป้อนกลับไปยังเปลือกสมองและสมองน้อย เพื่อปรับปรุงการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นให้เข้ากันกับแบบแผนการเคลื่อนไหวเดิมที่เก็บไว้ การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นการกระตุ้นให้ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบประสาทรับรู้ และการเคลื่อนไหวของระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ มีการทำงานซ้ำๆ กันและต่อเนื่องตลอดเวลา จึงเป็นการพัฒนาการทำงานของระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อให้มีการทำงานประสานกันได้ดี ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีการทรงตัวดีขึ้น

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุ พบว่าในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการทรงตัว สำหรับต่างประเทศยังไม่พบว่ามีการศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการทรงตัวในผู้สูงอายุโดยตรง แต่มีการศึกษาของการศึกษาของชิเกะมัทสึ และ โอคุระ (Shigematsu & Okura, 2006) ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางต่อการพัฒนาความสามารถในการทำหน้าที่ของขาในผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุ 60-80 ปี จำนวน 52 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง จำนวน 26 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน ที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง สัปดาห์ละ 1 วัน วันละ 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าภายหลังการฝึกออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง กลุ่มทดลองมีความคล่องแคล่วดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความเร็วในการเดิน ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ กำลังของขา และการทรงตัว ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่กลุ่มควบคุมไม่พบมีการเปลี่ยนแปลงของความคล่องแคล่ว ความเร็วในการเดิน ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ กำลังของขา และการทรงตัว เช่นเดียวกันกับศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเปรียบเทียบกับผลการออกกำลังกายเพื่อฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการทรงตัว ต่อปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการล้ม ในกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุ ที่มีอายุ 65-74 ปี จำนวน 39 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มออกกำลังกายแบบ

ก้าวตามตาราง จำนวน 20 คน และกลุ่มที่ออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและการทรงตัว จำนวน 19 คน โดยแต่ละกลุ่มออกกำลังกายสัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 70 นาที เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าภายหลัง 12 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มมีความแข็งแรงและกำลังของขา ความคล่องแคล่ว ความเร็วในการเดิน และความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และการทรงตัวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าภายหลังจากการออกกำลังกายแบบ ก้าวตามตาราง สามารถทำให้ความแข็งแรงและกำลังของขา ความคล่องแคล่ว ความเร็วในการเดิน ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และการทรงตัวดีขึ้น เทียบเท่ากับการออกกำลังกายเพื่อฝึกความแข็งแรง และการทรงตัว (Shigematsu, Okura, Sakai, & Rantanen, 2008) และเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการศึกษาของชิเงมัทสึและคณะ (Shigematsu, Okura, Nakagaichi, Tanaka, et al., 2008) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางกับการออกกำลังกายด้วยการเดินต่อ ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดการล้ม ในกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุที่มีอายุ 65-74 ปี จำนวน 68 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง จำนวน 32 คน ที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง สัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 70 นาที ประกอบด้วยการอบอุ่นร่างกาย 15 นาที การออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง 40 นาที และการผ่อนคลายร่างกาย 15 นาที เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มที่ออกกำลังกายด้วยการเดินจำนวน 36 คน ที่ออกกำลังกายด้วยการเดินตาม ระยะทางยาว สัปดาห์ละ 1 วัน วันละ 40 นาที เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าภายหลัง ระยะ 12 สัปดาห์ ผู้สูงอายุกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางมีความแข็งแรงและกำลังขา การทรงตัว ความคล่องแคล่ว ดีขึ้นกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายด้วยการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 และมีปฏิกิริยาตอบสนองดีกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายด้วยการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .001

จากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบก้าวตามตาราง มีการเปลี่ยนแปลงของระบบที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวที่สำคัญ โดยสรุปดังนี้ คือ

1. ระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ จากการฝึกทำให้มีความแข็งแรงและกำลังของ กล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางมีการเคลื่อนไหวของขาไปยัง ทิศทางต่างๆ หลากหลายทิศทาง เมื่อมีการฝึกฝนในการเคลื่อนไหวซ้ำๆ อย่างสม่ำเสมอจะทำให้ กล้ามเนื้อมีการปรับตัวตามการทำงาน ทำให้กล้ามเนื้อขาที่มีความแข็งแรงและมีกำลังเพิ่มมากขึ้น (Shigematsu et al., 2008) ซึ่งกลไกที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ กลไกจากระบบ ประสาทและจากกล้ามเนื้อ ในระยะแรกกล้ามเนื้อจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นจากการปรับตัวของ ระบบประสาท โดยการฝึกจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยยนต์ที่มีอยู่แล้วในกล้ามเนื้อ ให้เกิด การระดมหน่วยยนต์มาใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และเพิ่มความถี่การทำงานของ

หน่วยยนต์นั้นๆ ส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดความตึงตัวและความแข็งแรงมากขึ้น ในระยะหลังความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นจะเกิดจากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการฝึก (พรัชณี วีระพงศ์, 2554) ซึ่งความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อขาเป็นประโยชน์ต่อการรักษาความมั่นคงของร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ล้ม

2. ระบบประสาท จากการฝึกทำให้มีความคล่องแคล่วว่องไว (agility) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการฝึกฝนการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางในรูปแบบที่ซ้ำๆ กัน รวมทั้งมีการปฏิบัติที่ใช้ขาด้านที่ถนัดและไม่ถนัด และมีการเพิ่มความยากของรูปแบบในการก้าวเท้าเป็นลำดับจากง่ายไปหายาก จึงเป็นการฝึกที่เพิ่มความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ทำให้กระบวนการทำงานของสมองดีขึ้นในการรับรู้ข้อมูล ประมวลผลและส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ (agonist) ให้มีการหดตัวและกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม (antagonist) ให้มีการคลายตัวอย่างสัมพันธ์กัน และเมื่อมีการฝึกซ้ำๆ จะทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อสามารถทำงานประสานกันอย่างเป็นอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัยการทำงานของสมอง จึงช่วยลดระยะเวลาในการตอบสนองตั้งแต่มีสิ่งเร้ามากระตุ้นปลายประสาทรับรู้จนกระทั่งกล้ามเนื้อเริ่มทำงาน ส่งผลให้มีการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมการทรงตัวในสภาวะที่ไม่ได้มีการคาดการณ์มาก่อน (พรัชณี วีระพงศ์, 2554) เมื่อผู้สูงอายุสูญเสียความสมดุลอย่างกะทันหัน เช่น ขณะเดินล้ม หรือขณะถูกระแทก จึงสามารถตอบสนองด้วยวิธีการก้าวเท้าได้อย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาสมดุลของร่างกายให้ทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ล้ม (Maki & Mcilroy, 2006)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้สูงอายุมีความสามารถในการทรงตัวลดลง เนื่องมาจากอายุที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่เสื่อมถอยของระบบที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัว ได้แก่ ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบรับรู้ความรู้สึก และระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ ทำให้ผู้สูงอายุมีความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของร่างกายลดลง กระบวนการคิดและการตัดสินใจช้าลง ความไวในการตอบสนองต่อปฏิกิริยาต่างๆ ลดลง ความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการทรงตัวลดลง การออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเป็นการฝึกการทำงานของระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวร่างกายตลอดเวลา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายและเกิดการรบกวนสมดุลของการทรงตัวตลอดเวลา จึงเป็นการกระตุ้นต่อการทำงานของระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ ให้มีการทำงานประสานกันในการควบคุมร่างกายให้สามารถถ่ายเทน้ำหนักของร่างกายไปตามฐานรองรับน้ำหนักของร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางเริ่มจากที่ผู้ออกกำลังกายสังเกตและจดจำรูปแบบการก้าวเท้าจากผู้ฝึก ซึ่งประกอบด้วยการก้าวเท้าไปทิศทางด้านหน้า ด้านข้าง ด้านหลัง และด้านทแยงมุมอย่างสมดุล ซึ่งคล้ายกับการควบคุมท่าทางอัตโนมัติโดยวิธีการก้าวเท้า (stepping strategy) เพื่อรักษาการทรงตัวเมื่อร่างกายสูญเสียสมดุลการทรงตัวอย่างกะทันหัน ซึ่งข้อมูลของรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ได้จากการสังเกตจะถูกส่งต่อไปยังระบบประสาทส่วนกลางเพื่อทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล และส่งการไปยังระบบโครงร่างกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายตามที่ถูกฝึกได้สำเร็จ จึงทำให้สมองเกิดการเรียนรู้ทักษะกลไกการเคลื่อนไหวและสร้างแบบแผนการเคลื่อนไหวนั้นเก็บไว้ เมื่อมีการฝึกการก้าวเท้าในรูปแบบเดิมซ้ำๆ กัน จะกระตุ้นต่อการทำหน้าที่ของระบบการรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ในการช่วยปรับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นให้เข้ากันกับแบบแผนการเคลื่อนไหวเดิมที่เก็บไว้ นำไปสู่การปรับตัวและพัฒนาการทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาทและระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ เมื่อผู้สูงอายุเกิดการสูญเสียสมดุลการทรงตัวอย่างกะทันหัน จึงสามารถตอบสนองด้วยวิธีการก้าวเท้าออกไปได้อย่างรวดเร็ว เพื่อให้ร่างกายทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ล้ม นอกจากนั้นการเคลื่อนไหวด้วยการก้าวเดินซ้ำๆ กันอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้กล้ามเนื้อของขามีความแข็งแรงและกำลังเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงในการทรงตัว ดังนั้นเมื่อมีการออกกำลังกายแบบก้าวตามตารางอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง จะทำให้ผู้สูงอายุมีการพัฒนาระบบประสาทส่วนกลาง ระบบรับรู้ความรู้สึก และระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีความสามารถในการทรงตัวเพิ่มขึ้น