รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวในผู้สูงอายุ

The relationship between body mass index, arch height index and balance in aged people

ดร. กวีญา สินธารา
ดร. ธรรมนันทิกา แจ้งสว่าง
นางสาวอรวรีย์ อิงคเตชะ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ. ศ. ๒๕๕๙ มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ ๒๕๕๙A๑๐๘๐๒๑๖๙
ระบุสัญญาเลขที่ ๒๘/๒๕๕๙

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวในผู้สูงอายุ

The relationship between body mass index, arch height index and balance in aged people

ดร. กวีญา สินธารา
ดร. ธรรมนันทิกา แจ้งสว่าง
นางสาวอรวรีย์ อิงคเตชะ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
ตุลาคม ๒๕๕๘

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙ มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา ๒๘/๒๕๕๙

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้นำชุมชนต่างๆ ในเทศบาลแสนสุขที่ให้ความช่วยเหลือในการประชาสัมพันธ์ข้อมูลของโครงการวิจัย รวมถึงการนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ขอขอบคุณผู้ช่วยเก็บข้อมูลวิจัยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือให้งานนี้ประสบความสำเร็จ

Acknowledgement

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 28/2559)

My appreciated thankful is also expressed to community leaders of SaenSook Sub-district offer their help in giving information and making an appointment with subjects. Furthermore, my grateful is extended to the research staffs for their support.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวในผู้สูงอายุ ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง ๖๐-๖๙ ปี จำนวน ๒๙๖ คน ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการวัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าดัชนีมวลกาย (BMI) วัดค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า (AHI) โดยใช้เครื่องมือวัดความสูงของโค้งฝ่าเท้า (AHIMD) ขณะนั่ง (ลงน้ำหนักร้อยละ ๑๐ ของน้ำหนักตัว) ขณะยืน (ลงน้ำหนักร้อยละ ๕๐ ของน้ำหนักตัว) และขณะยืนขาเดียว (ลงน้ำหนักร้อยละ ๙๐ ของน้ำหนักตัว) และทดสอบการทรงตัวโดยการยืนขาเดียว (Unipedal stance test) ทั้งขณะลืมตาและหลับตา

ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้ายและขวาเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ ๑๐ ของน้ำหนักตัว แต่ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการทรงตัวขณะลืมตา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .๐๕ การทรงตัวขณะลืมตามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวาเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ ๙๐ ของน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .๐๕ และการทรงตัวขณะหลับตามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้ายเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ ๕๐ และ ๙๐ ของน้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .๐๕ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าในผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง ๖๐-๖๙ ปี ดัชนีมวลกาย ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัว มีความสัมพันธ์กัน

คำสำคัญ ดัชนีมวลกาย ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า การทรงตัว ผู้สูงอายุ

Abstract

This study aimed to investigate the correlation among body mass index, arch height index, and balance in aged people. 296 subjects, aged 60-69 years participated in descriptive study. The subjects were evaluated body mass index (BMI) by measuring height and weight. Arch height index (AHI) of the feet of individuals was measured using AHI measurement device (AHIMD). AHI was measured in the position of sitting (10% body weight), standing (50% body weight), and one-leg standing (90% body weight). In addition, the participants were measured balance using the unipedal stance test in the condition of opened eyes and closed eyes.

The results showed that BMI was significantly correlated with AHI in the position of sitting. However, there was significant inverse correlation between BMI and balance in the opened eyes condition. Our results also showed that balance in the opened eyes condition was significantly correlated with AHI of the right side in the position of one-leg standing. There was statistically significant correlation between balance in the closed eyes condition and AHI of the left side in the positions of standing and one-leg standing. These results indicated that in the elderly people aged 60-69 years, there were correlation among BMI, AHI, and balance.

Keyword Body mass index, Arch height index, Balance, Aged people

สารบัญเรื่อง

หน้า

กิตติกรรมประกาศ..... ก

Acknowledgement..... ข

บทคัดย่อภาษาไทย..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

สารบัญเรื่อง..... จ

สารบัญตาราง..... ฉ

สารบัญภาพ..... ช

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย..... ซ

บทนำ..... 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

ขอบเขตของการวิจัย..... 2

สมมติฐานของโครงการวิจัย..... 2

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย..... 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 2

เนื้อเรื่อง..... 9

วิธีดำเนินการวิจัย..... 9

ผลการวิจัย..... 11

อภิปรายการวิจัย..... 15

สรุปและเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย..... 19

รายงานการเงิน..... 20

บรรณานุกรม..... 21

ประวัตินักวิจัย..... 27

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการจำแนกค่าดัชนีมวลกายจากการคำนวณ	7
2	แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีมวลกาย (BMI) การทรงตัวขณะลืมตา (OE-Bal) และหลับตา (CE-Bal) และดัชนีความสูงของโค้งเท้าซ้าย (L-AHI) และขวา (R-AHI)	12
3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย (BMI) การทรงตัวขณะลืมตา (OE-Bal) และการทรงตัวขณะหลับตา (CE-Bal) และดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้าย (L-AHI) เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 10 เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 50 และเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว	12
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย (BMI) การทรงตัวขณะลืมตา (OE-Bal) และหลับตา (CE-Bal) และความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวา (R-AHI) เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ10 เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 50 และเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว	13
5	แสดงการเปรียบเทียบการทรงตัวขณะลืมตาและดัชนีมวลกาย	13
6	แสดงการเปรียบเทียบการทรงตัวขณะหลับตาและดัชนีมวลกาย	14

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 กายวิภาคของข้อเท้า กระดูกและเอ็นที่เกี่ยวข้อง..... 5

2 โค้งฝ่าเท้า..... 6

3 การวัดดัชนีของโค้งเท้า..... 10

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในงานวิจัย

AH	Arch height ความสูงของหลังเท้า
AHI	Arch height index ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า
AHIMD	AHI measurement device เครื่องมือวัดดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า
BMI	Body mass index ดัชนีมวลกาย
CE-Bal	การทรงตัวขณะหลับตา
FL	Foot length ความยาวของเท้า
L-AHI	ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้าย
n	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง
OE-Bal	การทรงตัวขณะลืมตา
p	p-value ค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าสังเกต (สำหรับประชากร 1 กลุ่ม) หรือ ค่าความแตกต่าง (ระหว่างกลุ่มของประชากร) นั้น ๆ โดยมีเงื่อนไขว่า null hypothesis นั้นถูกต้อง
R-AHI	ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวา
SD	Standard deviation ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	t-value ค่าการทดสอบทางสถิติสำหรับ t-tests ซึ่งวัดความแตกต่างของตัวแปรระหว่างกลุ่มตัวอย่าง
TFL	Truncated foot length ความยาวเท้าที่ไม่รวมนิ้วเท้า
UPST	Unipedal stance test การทดสอบการทรงตัวโดยยืนขาเดียว
α	ระดับนัยสำคัญทางสถิติในที่นี้ใช้ที่ระดับ .05
$\overline{X}$	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากข้อมูลโครงสร้างของประชากรโลกรวมถึงในประเทศไทยพบว่าอายุขัยของประชากรเพิ่มขึ้น มีการคาดการณ์ถึงจำนวนประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 13.2 ใน พ.ศ. 2553 เป็นร้อยละ 32.1 ใน พ.ศ. 2583 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2556) ผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายและมีความถดถอยของสมรรถภาพร่างกายที่อาจก่อให้เกิดโรคหรืออาการบาดเจ็บได้ โดยเฉพาะความสามารถในการทรงตัวที่เป็นสมรรถภาพร่างกายอันเกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบโครงร่างของร่างกาย (Lord et al., 2003) หากระบบใดระบบหนึ่งเกิดความเสื่อมถอยย่อมส่งผลต่อการทรงตัว มีรายงานการวิจัยที่บ่งบอกความสัมพันธ์ของการทำหน้าที่ของระบบประสาทและการทรงตัวในผู้สูงอายุโดยผู้สูงอายุที่มีความเสื่อมถอยของการทำงานของระบบประสาทรับความรู้สึกและระบบประสาทสั่งการ (Sensorimotor system) มีความสามารถในการทรงตัวลดลง (Whipple et al., 1993; Lord & Ward, 1994) นอกจากระบบประสาทแล้วโครงสร้างของเท้าที่รับน้ำหนักขณะทรงตัวยังมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีอายุมากขึ้น

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเท้าที่พบบ่อยในผู้สูงอายุคือ เท้าแบน ฝ่าเท้ากว้างขึ้นความสูงของโค้งฝ่าเท้าลดลง ลักษณะเท้าแบน (Pesplanus หรือ Flatfoot) เป็นลักษณะของโครงสร้างเท้าที่ผิดปกติโดยโค้งของฝ่าเท้าด้านใน (Medial longitudinal arch) แบนราบผิดปกติ กระดูกส้นเท้าเบนเข้าด้านในและปลายเท้าเบนออกด้านนอก (Ananthakrisnan et al., 1999; Silveira, 1999; Lin et al., 2001) ความสูงของโค้งฝ่าเท้าด้านในเป็นปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้ (McClay & Manal, 1996; Warren & Jones, 1987; James et al., 1978) และมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าลักษณะเท้าแบน หรือความสูงของโค้งฝ่าเท้าที่ผิดปกติอาจก่อให้เกิดการเสียการทรงตัวในกลุ่มวัยรุ่น (Cobb et al., 2004; Hertel et al., 2002) ลักษณะของเท้ายังอาจส่งผลต่อการเสียการทรงตัวในกลุ่มผู้สูงอายุด้วย (Menz et al., 2005; Tsai et al., 2006) เท้าทำหน้าที่ดูดซับแรงกระแทก และส่งผลต่อลักษณะท่าทางในการยืน และการเคลื่อนไหว (Willliams et al., 2001) ลักษณะเท้าแบนในผู้สูงอายุอาจเกิดจากโค้งฝ่าเท้าแบนราบลงจากความเสื่อมของเอ็น ข้อต่อหรือกล้ามเนื้อ (Reilly et al., 2006; Scott et al., 2007) หรือน้ำหนักที่เท้าแบกรับขณะยืนหรือเดิน (Tsung et al., 2004)

เกณฑ์การวัดความสมดุลของน้ำหนักตัวต่อส่วนสูงคือค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) ดัชนีมวลกายที่เกินเกณฑ์เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมถอยของร่างกาย และทำให้การทรงตัวเสื่อมถอยลงด้วยมีรายงานถึงความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกายที่มากขึ้นส่งผลต่อการทรงตัวในวัยผู้ใหญ่ (Sarkar et al., 2011) และเมื่อไม่นานมานี้มีงานวิจัยที่บ่งบอกว่าผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายสูงเกินเกณฑ์หรือมีสภาวะอ้วนเสียการทรงตัวเร็วกว่าผู้สูงอายุที่มีค่าดัชนีมวลกายในเกณฑ์ปกติ (Dutil et al., 2013)

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นพบว่าผู้สูงอายุมักประสบกับปัญหาของการทรงตัวซึ่งอาจเกิดจากความเสื่อมถอยของระบบประสาท กล้ามเนื้อ และระบบโครงร่างของร่างกาย ความเสื่อมถอยนี้รวมถึงความสูง

ของโค้งฝ่าเท้าที่มีผลต่อลักษณะเท้าในผู้สูงอายุที่เปลี่ยนแปลงไป ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจมีผลต่อความเสื่อมถอยของการทรงตัวในผู้สูงอายุ นอกจากนี้น้ำหนักตัวที่กดลงบนเท้าเมื่อยืน เดินหรือวิ่ง ส่งผลต่อการทรงตัวด้วย อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของโค้งฝ่าเท้า ดัชนีมวลกาย และการทรงตัวในผู้สูงอายุยังไม่เป็นที่แน่ชัด ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวของผู้สูงอายุ โดยทำการศึกษาในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวของผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวของผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ศึกษาในผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60-69 ปี เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุเทศบาลเมืองแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ซึ่งมีสมาชิกประมาณ 1,300 คน (สุนทรี พัวเวส และคณะ, 2555)

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างใช้ตารางการสุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของเครซี่ และมอร์แกนที่ใช้กับประชากรขนาดเล็กโดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% (.95) หรือมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น 5% (.05) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 296 คน

2. ขอบเขตด้านวิธีการวิจัย

การวัดการทรงตัวโดยใช้วิธี Unipedal stance test เป็นวิธีการวัดความสามารถการทรงตัวขณะอยู่กับที่ (Static balance ability) ขั้นตอนในการทดสอบนี้ถูกใช้ในการทดสอบเพื่อวัด Static equilibrium สำหรับการรักษาทางด้านสมดุลการทรงตัว (Vestubular organ) นอกจากนี้ยังใช้ทดสอบเพื่อวัดสมรรถภาพร่างกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาวะ (Health-related fitness) และใช้ประเมินการทำงานของระบบสั่งการ (Motor function) ด้วย การทดสอบนี้จึงครอบคลุมการทำงานร่วมกันของระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบโครงร่างของร่างกายที่ใช้เพื่อการทรงตัว

สมมติฐานของโครงการวิจัย

ค่าดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์เชิงลบต่อค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า หรือ การทรงตัว

กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ผู้สูงอายุมีความบกพร่องของการทรงตัวอันเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าส่งผลต่อการทรงตัว นอกจากนี้ค่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อความบกพร่องในการทรงตัวด้วย โครงการวิจัยนี้ต้องการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และ

ความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นความรู้พื้นฐานในการศึกษาเพื่อทำนายการเกิดความเสื่อมถอยในการทรงตัวของผู้สูงอายุ
2. เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหรือหาแนวทางป้องกันปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวในผู้สูงอายุ
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการสร้างโปรแกรมฝึกเพื่อพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุ

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันองค์การสหประชาชาติ (United Nations) ยังไม่มีนิยามที่แน่นอนว่าอายุเท่าไรจึงจะเรียกว่าเป็น “ผู้สูงอายุ” (Older/Elderly person) แต่องค์การสหประชาชาติใช้อายุ 60 ปีขึ้นไปในการนำเสนอสถิติข้อมูลและตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ สำหรับประเทศไทย กำหนดนิยาม “ผู้สูงอายุ” ไว้ใน พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 มาตรา 3 “ผู้สูงอายุ” หมายความว่า บุคคลซึ่งมีอายุเกินหกสิบปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย จากข้อมูลโครงสร้างของประชากรโลกรวมถึงในประเทศไทยพบว่าอายุขัยของประชากรเพิ่มขึ้น มีการคาดการณ์ถึงจำนวนประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปี ขึ้นไปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2573 ประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยจะมีประมาณ 17,763,000 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.15 ของประชากรทั้งหมดในประเทศไทย และมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจากร้อยละ 13.2 ใน พ.ศ. 2553 เป็นร้อยละ 32.1 ใน พ.ศ. 2583 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2556) ตามที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organisation, WHO) (WHO, 2015) ได้นิยามความหมายเชิงชีววิทยาของการแก่ชราและสูงอายุไว้ว่าการแก่ชราเป็นผลกระทบโดยรวมจากการสะสมความเสียหายทั้งทางโมเลกุลและเซลล์ผ่านกาลเวลา ความเสียหายเหล่านี้นำไปสู่การเสื่อมถอยทั้งทางร่างกายและจิตใจ เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคและการเสียชีวิตในที่สุด ดังที่กล่าวข้างต้นผู้สูงอายุมักมีการเปลี่ยนแปลงทางภาวะสุขภาพที่ซับซ้อนและไม่ได้นับรวมเป็นโรคใดโรคหนึ่ง ภาวะสุขภาพนี้เรียกว่า geriatric syndromes หรือกลุ่มอาการของการชราภาพ กลุ่มอาการนี้มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อเนื่องกันทั้งภาวะทางจิตใจและร่างกาย เมื่อโครงสร้างและสรีรวิทยาของร่างกายผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงและมีความถดถอยของสมรรถภาพร่างกายอาจก่อให้เกิดโรค อาการบาดเจ็บ หรือการล้มได้โดยเฉพาะความสามารถในการทรงตัวที่เป็นสมรรถภาพร่างกายอันเกิดจากการทำงานร่วมกันของระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบโครงร่างของร่างกาย (Lord et al., 2003) หากระบบใดระบบหนึ่งเกิดความเสื่อมถอยย่อมส่งผลต่อการทรงตัว

การทรงตัว (Balance) หรือความมั่นคงของร่างกาย (Postural stability) หมายถึงความสามารถในการ กลับเข้าสู่จุดสมดุล (Equilibrium point) เมื่อร่างกายเผชิญกับการรบกวนต่าง ๆ และหมายรวมถึงการควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวร่างกาย (Posture control) ในกรณีที่เผชิญสภาวะที่ไม่คาดคิดด้วย โดยปกติกลไกที่ร่างกายใช้ทำงานเพื่อการควบคุมการเคลื่อนไหวถูกแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ กลไกการเคลื่อนไหวสะโพก (Hip strategy) และกลไกการเคลื่อนไหวข้อเท้า (Ankle strategy) (Horak & Nashner, 1986) ข้อมูลจากระบบประสาทรับความรู้สึก พื้นผิวที่ยืนสัมผัส ลักษณะโครงสร้างกระดูกและกล้ามเนื้อ และข้อจำกัดต่าง ๆ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ร่างกายจะรับรู้และประมวลผลเพื่อเลือกกลไกการตอบสนองในการควบคุมท่าทางการ

เคลื่อนไหว (Horak & Nashner, 1986; Maurer et al., 2000) เมื่อเผชิญสภาวะที่ไม่คาดคิด โดยในรายงานการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุมักใช้กลไกการเคลื่อนไหวสะโพก (Manchester et al., 1989) ในขณะที่กลุ่มคนที่มีอายุ 24-54 ปี มักจะใช้กลไกการเคลื่อนไหวข้อเท้า (Gatev et al., 1999) ซึ่งการใช้กลไกการเคลื่อนไหวของสะโพกในผู้สูงอายุนั้นจะเชื่อมโยงกับการเสื่อมถอยของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Doherty et al., 1993; Maki & McIlroy, 1994) มีรายงานการวิจัยที่บ่งบอกความสัมพันธ์ของการทำหน้าที่ของระบบประสาทและการทรงตัวในผู้สูงอายุโดยผู้สูงอายุที่มีความเสื่อมถอยของการทำงานของระบบประสาทรับความรู้สึกและระบบประสาทสั่งการ (Sensorimotor system) มีความสามารถในการทรงตัวลดลง (Whipple et al., 1993; Lord & Ward, 1994) ระบบประสาทส่วนกลางทำหน้าที่รับและแปลผลข้อมูลจากเส้นประสาทขาเข้า (Afferent neurons) ที่รับสัญญาณจากตำแหน่งของส่วนต่างๆ ของร่างกายและสภาวะแวดล้อมโดยรอบเพื่อรักษาการทรงตัวหรือตั้งลำตัว (Kars et al., 2009) ข้อมูลจากอวัยวะรับสัมผัสพิเศษของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (Visual organs) การทรงตัว (Vestibular organs) และจากการรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory) มีความสำคัญมาก (Jeka et al., 1998; Horak, 2006; McKeon & Hertel, 2007) ในการทรงตัว ระบบการรับความรู้สึกทางกายนี้หมายความรวมถึงการรับรู้การทำงานของระบบรับสัมผัสของร่างกาย (Tactile system) และระบบการรับรู้ตำแหน่งข้อและการเคลื่อนไหว (Proprioceptive system) (McKeon & Hertel, 2007; Hijmans et al., 2007) การศึกษาแบบ longitudinal study ในเรื่องการตอบสนองของการได้ยินและการทรงตัวในวัยผู้ใหญ่ของ Baloh และคณะ (Baloh et al., 2001) และการศึกษาของ Enrietto และคณะ (Enrietto et al., 1999) พบว่าเมื่ออายุ 70 ปีขึ้นไปจะมีการลดลงของการตอบสนองของเซลล์รับความรู้สึกในระบบการทรงตัว (Vestibular system) ถึง 40%

นอกจากนี้การศึกษาที่ผ่านมายังพบการเปลี่ยนแปลงในเชิงลดลงของการตอบสนองในปฏิกิริยารีเฟล็กซ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory system) และระบบการรับรู้ตำแหน่งข้อและการเคลื่อนไหว (Proprioceptive system) ในผู้สูงอายุ (Stelmach & Sirica 1986) ในผู้สูงอายุยังมีการเสื่อมถอยของเซลล์รับความรู้สึกสั่นสะเทือนที่ข้อเท้า และมีการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ความรู้สึกที่ข้อต่อต่าง ๆ ด้วย (Manchester et al., 1989; Baloh et al., 2003; Stelmach & Sirica, 1986; Horak et al., 1989) ในการทำงานของระบบรับสัมผัสของร่างกาย (Tactile system) นั้น ตัวรับเชิงกล (Mechanoreceptors) ที่บริเวณเท้าจะทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมการยืนทรงตัวตั้งตรง (Kavounoudias et al., 1998) การเปลี่ยนแปลงในท่าทางการยืนมักจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแรงกดดันใต้ฝ่าเท้า มีการศึกษาที่ทำการรบกวนการส่งข้อมูลจากระบบรับสัมผัสของร่างกายโดยการเปลี่ยนพื้นผิวสัมผัส (Wu et al., 1997) โดยการทำให้ตัวรับความรู้สึกเย็น หรือชาชั่วขณะ (McKeon & Hertel., 2007) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ส่งผลทำให้ความสามารถในการทรงตัวท่ายืนลดลง นอกจากนี้ระบบการรับรู้ตำแหน่งข้อและการเคลื่อนไหวซึ่งรวมถึงการรับความรู้สึกของความยาวและแรงตึงในกล้ามเนื้อ มุมของข้อต่อและการเปลี่ยนแปลงมุม ยังช่วยทำหน้าที่ในการควบคุมการทรงตัวด้วย ตัวรับความรู้สึกของตำแหน่งข้อและการเคลื่อนไหวคือ muscle spindles, joint afferents และ Golgi tendon organs (Bray et al., 1999) ตัวรับจำพวกนี้ที่

บริเวณขาและเท้าจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อเท้าและรับรู้ข้อมูลของการทรงตัวเมื่อมีการแกว่งของท่าทางซึ่งเกิดจากการหมุนของข้อเท้า (Fitzpatrick & McCloskey, 1994) สำหรับการควบคุมแบบย้อนกลับ (Feedback control) ในการทรงตัวของระบบการรับรู้ตำแหน่งข้อและการเคลื่อนไหวที่ขานั้นยังคงมีการศึกษาถึงบทบาทในการเริ่มต้นการควบคุมการทรงตัวจากการส่งสัญญาณของตัวรับ proprioception ที่ขาเมื่อข้อเท้าไม่มีการหมุน (Kars et al., 2009)

นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาทแล้วโดยทั่วไปสมองของผู้สูงอายุ (Aging brain) เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งโครงสร้างและสรีรวิทยาตามอายุและลักษณะบุคคล ทำให้ประสิทธิภาพในการประมวลข้อมูลจากระบบประสาทสัมผัสต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการการทรงตัวและการเคลื่อนไหวลดลง นอกจากนี้โรคที่เกี่ยวข้องกับสมองและส่งผลการเคลื่อนไหวของร่างกายและการทรงตัวเช่น โรคพาร์กินสันหรือโรคอัลไซเมอร์มักพบในผู้สูงอายุด้วย การเปลี่ยนแปลงนี้อาจส่งผลกระทบอย่างต่อเนื่องต่อการตอบสนองของกล้ามเนื้อหรือข้อต่อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดภาวะเสียการทรงตัวได้ง่าย นอกจากนี้ความเสื่อมที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อกระดูกและข้อต่อตามอายุที่เพิ่มขึ้นอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว หรือสูญเสียการทรงตัวได้ (Woollacott, 1993) จากการศึกษาระบาดวิทยามีการประมาณการว่าประชากรครึ่งหนึ่งของผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี มีปัญหาในการควบคุมการทรงตัวเป็นส่วนใหญ่ (Hausdorff et al., 2001) และจากการศึกษาการวิเคราะห์การเดิน ท่าทางการยืนทรงตัวและจุดศูนย์กลางของแรงกดเมื่อยืนและเดิน พบว่ามีผู้สูงอายุบางส่วนที่สูญเสียการทรงตัวจากภาวะของการชราภาพหรือการเสื่อมถอยของร่างกาย (Manchester et al., 1989; Fujita et al., 2005) จากการศึกษาของ Ring และคณะ (Ring et al., 1988) พบว่าผู้สูงอายุจะมีการเสื่อมถอยของระบบควบคุมการทรงตัวและเกิดการเหวี่ยงของร่างกาย (Postural sway) ในทิศหน้าหลัง

งานวิจัยของ Curb และคณะ (Curb et al., 2006) ได้แนะนำการยืนขาเดียวไว้ในชุดการทดสอบเพื่อใช้ในประเมินระดับการทำงานของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว และมีความเที่ยงตรง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยหลายงาน ที่อธิบายความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการทรงตัวจากการทดสอบยืนขาเดียว (Unipedal stance test, UPST) ต่อภาวะความบกพร่องในการทรงตัว งานของ Chaves และคณะ (Chaves et al., 2000) ทดสอบ UPST ร่วมกับเวลาที่ใช้ในการเดิน 1 เมตร และแบบประเมินตนเองในการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหว พบว่า UPST สามารถใช้ในการระบุความบกพร่องในการทรงตัวของกลุ่มตัวอย่างคนแคระหญิง และคัดกรองกลุ่มบุคคลที่มีการเคลื่อนไหวลำบากได้ Vellas และคณะ (Vellas et al., 1997) พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถทรงตัวบนขาข้างเดียวขณะลืมตาได้ถึง 5 วินาที มีความเสี่ยงในการบาดเจ็บจากการล้มเพิ่มขึ้น 2.1 เท่า เมื่อเทียบกับผู้ที่สามารถทรงตัวได้มากกว่า 5 วินาที งานวิจัยของ Gehlsen และ Whaley (Gehlsen & Whaley, 1990) ใช้การทดสอบยืนขาเดียวขณะลืมตาและหลับตาในการจำแนกกลุ่มที่ล้มและไม่ล้มในประชากรผู้สูงอายุได้ การทดสอบยืนขาเดียวนี้ใช้ในการคัดกรองเบื้องต้นในผู้ที่มีปัญหาในการทรงตัวซึ่งอาจเกิดจากความผิดปกติของสมอง กล้ามเนื้อหรือโครงร่าง นอกจากนี้ยังใช้เป็นวิธีทดสอบเพื่อประเมินความผิดปกติในการทรงตัวและความเสี่ยงในการล้มได้ งานวิจัยที่ผ่านมาเสนอแนะว่าความบกพร่องในการทรงตัวจากการทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นตัวบ่งชี้ภาวะล้มในผู้สูงอายุได้ (Vellas et al., 1997 & Drusini et al., 2002) ดังนั้นกลไกของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ระบบการมองเห็น ระบบการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อในร่างกายเป็นปัจจัยภายใน

หรือสมรรถภาพของร่างกายที่มีความสำคัญในการทรงตัว การเสื่อมถอยของระบบเหล่านี้ในผู้สูงอายุอาจทำให้เกิดการล้มในผู้สูงอายุได้บ่อย

นอกจากการทำงานประสานกันของระบบต่างๆ ที่กล่าวมาเพื่อควบคุมการทรงตัวของร่างกายแล้ว โครงสร้างของเท้าที่รับน้ำหนักขณะทรงตัวอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีอายุมากขึ้น ลักษณะทางกายวิภาคของข้อเท้าและเท้ามีดังนี้

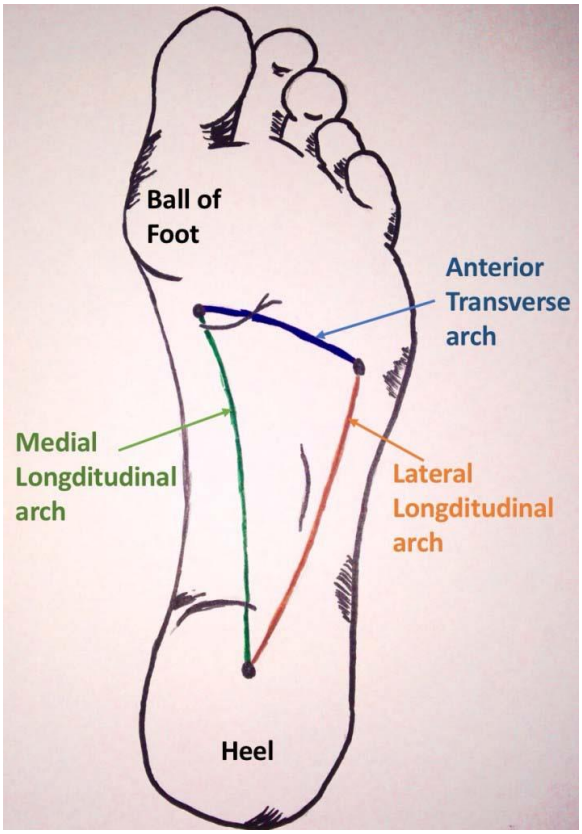
ข้อเท้า (Ankle joint หรือ Tibiotalar joint) เป็นข้อต่อชนิดบานพับ (Hinge joint) ของเท้าที่เชื่อมระหว่างกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) กระดูกน่อง (Fibular) และกระดูกเท้า (Talus) ดังภาพที่ 1 ทำให้เท้ามีการเคลื่อนขึ้นและลง (Plantarflexion และ Dorsiflexion) ได้

ภาพที่ 1 กายวิภาคของข้อเท้า กระดูกและเอ็นที่เกี่ยวข้อง

จาก https://www.scoi.com/specialties/anatomy-ankle

ที่เท้ายังมีข้อต่อ Subtalar joint ซึ่งเป็นข้อต่อที่ยึดกระดูก Talus ด้านบนกับกระดูก Calcaneus ด้านล่างเข้าด้วยกัน ข้อต่อนี้ทำให้ตุลเท้าสามารถเคลื่อนไปกลับด้านข้างได้ เอ็นที่สำคัญที่เชื่อมระหว่างกระดูกที่เท้าประกอบด้วย Anterior tibiofibular ligament เชื่อมกระดูก Tibia และ Fibula เอ็น Lateral collateral ligaments ทำหน้าที่ยึดกระดูก Fibula กับ Calcaneus และให้ความมั่นคงแข็งแรงด้านข้าง (Lateral side) และด้านใน (Medial side) แก่ข้อเท้า และเอ็น Deltoid ligaments เชื่อมกระดูก Tiibia กับกระดูก Talus และกระดูก Calcaneus ให้ความมั่นคงแข็งแรงด้านในแก่ข้อเท้า (ภาพที่1)

โค้งฝ่าเท้า (Arches of foot) ตามลักษณะโครงสร้างการเรียงตัวของกระดูก เอ็น และกล้ามเนื้อส่งผลให้เท้ามนุษย์มีโค้งฝ่าเท้า 3 โค้ง คือ โค้งฝ่าเท้าตามยาวด้านใน (Medial longitudinal arch) โค้งฝ่าเท้าตามยาวด้านนอก (Lateral longitudinal arch) และโค้งฝ่าเท้าตามขวางด้านหน้า (Anterior transverse arch) ดังภาพที่ 2 โค้งฝ่าเท้านี้ทำหน้าที่เสมือนสปริงที่คอยรับ ดูดซับ และปล่อยแรงหรือพลังงานจากการลงน้ำหนักหรือแรงเมื่อมีการยืน เดิน หรือวิ่ง (Ker et al., 1987)



ภาพที่ 2 โค้งฝ่าเท้า จาก http://teachmeanatomy.info/lower-limb/misc/foot-arches/

คนที่โค้งฝ่าเท้าแบน (Low arched feet, Flat footed, or Pesplanus) มีการสูญเสียโค้งฝ่าเท้าตามยาว (Longitudinal arches) โดยปกติในเด็กจะมีโค้งฝ่าเท้าแบนเนื่องจากยังไม่มีพัฒนาการของโค้งเท้าตามยาวซึ่งจะเริ่มเมื่ออายุมากกว่า 2-3 ปี ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเท้าที่พบบ่อยในผู้สูงอายุคือเท้าแบน ฝ่าเท้ากว้างขึ้นความสูงของโค้งฝ่าเท้าลดลง กระดูกส้นเท้าเบนเข้าด้านในและปลายเท้าเบนออกด้านนอก (Ananthakrisnan et al., 1999; Silveira, 1999 ; Lin et al., 2001) เท้าแบนแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เท้าแบนแบบติดแข็ง และเท้าแบนแบบยืดหยุ่น เท้าแบนแบบติดแข็งเป็นภาวะที่ความสูงของโค้งของฝ่าเท้าลดลงอย่างถาวรต่อมีการให้ลงน้ำหนักหรือไม่ก็ตาม ส่วนเท้าแบนแบบยืดหยุ่นเป็นภาวะที่ความสูงของโค้งฝ่าเท้ายังคงมีส่วนโค้งเว้าด้านในของเท้าเป็นปกติขณะที่ไม่ได้ลงน้ำหนัก แต่เมื่อมีการรับน้ำหนักระหว่างยืน หรือเดินแล้ว ข้อต่อ Subtalar จะหมุนตัวทำให้เท้าบิดคว่ำตัวลง (Foot pronation) และทำให้ส่วนโค้งเว้าด้านในลดลง หรือหายไป (Menz et al., 2008; Vittore et al., 2009) ความสูงของโค้งฝ่าเท้าด้านในเป็นปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บได้ (McClay & Manal, 1996; Warren & Jones, 1987; James et al., 1978) คนที่มีโค้งฝ่าเท้าแบนมักจะมีทักษะการทำงานของเท้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ มีอาการปวดข้อเท้า และอาจจะเกิดการบาดเจ็บชนิดกระดูกหัก (Stress fracture) ที่บริเวณ Metatarsal ได้หากมีการใช้งานหนักๆ ซ้ำๆ เนื่องจากลักษณะของเท้าที่บิดคว่ำมากกว่าปกติ (Overpronation) แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานพบว่าการบาดเจ็บชนิดกระดูกหักที่บริเวณ Tibia มักพบในผู้ที่มีความสูงของโค้งฝ่าเท้ามากกว่าปกติ (High arched feet or Pescavus) ซึ่งจะมีโค้งฝ่าเท้าตามยาวด้านในสูงกว่าปกติ เนื่องจากลักษณะของเท้าทำให้เมื่อมีการเดิน

หรือวิ่งแรงจะตกที่เท้าด้านหลังมากขึ้น ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีโค้งฝ่าเท้าดูดซับแรงกระแทก (Ker, 1987) มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าลักษณะเท้าแบน หรือความสูงของโค้งฝ่าเท้าที่ผิดปกติอาจก่อให้เกิดการเสียการทรงตัวในกลุ่มวัยรุ่น (Cobb et al., 2004; Hertel et al., 2002) ลักษณะของเท้ายังอาจส่งผลต่อการเสียการทรงตัวในกลุ่มผู้สูงอายุด้วย (Menz et al., 2005; Tsai et al., 2006) ในการยืน เดิน หรือวิ่ง เท้าทำหน้าที่ดูดซับแรงกระแทกและส่งผลต่อลักษณะท่าทางในการยืน และการเคลื่อนไหว (Willliams et al., 2001) ลักษณะเท้าแบนในผู้สูงอายุอาจเกิดจากโค้งฝ่าเท้าแบนราบลงจากความเสื่อมของเอ็น ข้อต่อหรือกล้ามเนื้อ (Reilly et al., 2006; Scott et al., 2007) หรือน้ำหนักที่เท้าแบกรับขณะยืนหรือเดิน (Tsung et al., 2004)

ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) เป็นค่าที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และส่วนสูง (เมตร) เป็นตัวชี้วัดสภาวะของร่างกายว่ามีความสมดุลของน้ำหนักตัวต่อส่วนสูงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่ค่าดัชนีสามารถคำนวณได้โดยสูตรดังนี้

ค่าดัชนีมวลกาย =น้ำหนักตัว / ส่วนสูง^2

ค่าดัชนีมวลกายที่คำนวณได้จากแต่ละบุคคลนำมาจำแนกได้ดังดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกค่าดัชนีมวลกายจากการคำนวณ (องค์กรสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2543; Williams & Wilkins, 2010)

ค่าดัชนีมวลกาย มาตรฐานสากล (กิโลกรัมต่อเมตร^2)	ค่าดัชนีมวลกาย มาตรฐานอาเซียน (กิโลกรัมต่อเมตร^2)	การจำแนก
< 18.5	< 18.5	น้ำหนักน้อยกว่ามาตรฐาน
18.5-24.9	18.5-22.9	ปกติ
25-29.9	23-24.9	อ้วนระดับ 1
30-34.9	25-29.9	อ้วนระดับ 2
35-39.9	มากกว่าหรือเท่ากับ 30	อ้วนระดับ 3
มากกว่าหรือเท่ากับ 40	-	อ้วนระดับ 4

ค่าดัชนีมวลกายเป็นเครื่องมือที่ง่ายในการวัด และจำแนกภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วนในวัยผู้ใหญ่ มักถูกใช้ในกลุ่มประชากรหรือตัวบุคคล ยังมีวิธีการทางห้องปฏิบัติการที่สามารถวัดมวลร่างกายเช่น เทคนิคการวัดผิวหนังพับ (skin fold technique) การวัดความหนาแน่นร่างกายใต้น้ำ (underwater body density measurement) การใช้เครื่อง magnetic resonance imaging (MRI) และกรใช้เครื่อง computed tomography (CT) วิธีการวัดเหล่านั้นใช้เครื่องมือเฉพาะและราคาสูง นอกจากนี้ยังไม่เหมาะสำหรับการวัดในการศึกษาทางระบาดวิทยาเช่นการศึกษานี้ (Jebb & Elia, 1993) ภาวะน้ำหนักเกินคือผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อเมตร^{2}ภาวะอ้วนคือผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อเมตร^2 (WHO, 2011) ค่าดัชนีมวลกายที่สูงเกินเกณฑ์ปกติเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ

ความเสื่อมถอยของสมรรถภาพร่างกายและทำให้การทรงตัวเสื่อมถอยลงด้วย มีรายงานถึงความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกายที่มากขึ้นส่งผลต่อการทรงตัวในวัยรุ่น (Hue et al., 2007) วัยผู้ใหญ่ (Sarkar et al., 2011) และเมื่อไม่นานมานี้มีงานวิจัยที่บ่งบอกถึงผลของสภาวะอ้วนหรือมีดัชนีมวลกายสูงต่อการเสื่อมถอยของการทรงตัวในผู้สูงอายุ (Dutil et al., 2013) รายงานวิจัยที่น่าสนใจพบว่าเมื่อผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์ น้ำหนักตัวลดลง มีการทรงตัวดีขึ้นด้วย (Teasdale et al., 2007) จากรายงานการวิจัยเหล่านี้บ่งบอกว่าน้ำหนักตัวมีผลต่อการทรงตัว โดยอาจมีสาเหตุมาจากความไวในการรับความรู้สึกของฝ่าเท้าลดลงจากการน้ำหนักตัวที่มากไปกระตุ้นตัวรับแรงกลที่ฝ่าเท้า (Plantar mechanoreceptor) ให้ทำงานมากเกินไป (Hyperactivation) (Hue et al., 2007) อีกกลไกหนึ่งที่น่าจะเป็นไปได้คือมวลร่างกายที่มาก รูปร่างที่ขยายออกรอบข้างลำตัวทำให้สัดส่วนของมวลร่างกายยื่นขยายไกลออกไปจากข้อต่อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวหรือหมุน เช่น ข้อเข่า ข้อเท้า จึงทำให้แรงบิดที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง (Gravitational torque) ขยายมากขึ้น ดังนั้นในการรักษาการทรงตัวอยู่กับที่จึงต้องใช้แรงบิดที่เกิดจากกล้ามเนื้อต้านแรงบิดที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง (Corbeil et al., 2001)

เนื่องจากข้อเข่า ข้อเท้าและ เท้าเป็นลักษณะข้อต่อที่ติดต่อกัน (Closed-chain coupling) น้ำหนักตัวที่มากเกินอาจส่งผลทำให้เกิดลักษณะเท้าแบนได้จากการบิดหมุนเข้าด้านใน (Internal rotation) ของขาท่อนล่าง (Nester et al., 2000; Souza et al., 2010) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าค่าดัชนีมวลกายที่เกินเกณฑ์ส่งผลต่อการทรงตัวอย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ดียังความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย และค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าในผู้สูงอายุนั้นยังไม่มีรายงานที่แน่ชัด

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นพบว่าผู้สูงอายุมักประสบกับปัญหาของการทรงตัวซึ่งอาจเกิดจากความเสื่อมถอยของระบบประสาท กล้ามเนื้อ และระบบโครงร่างของร่างกาย ความเสื่อมถอยนี้รวมถึงความสูงของโค้งฝ่าเท้าที่มีผลต่อลักษณะเท้าในผู้สูงอายุที่เปลี่ยนแปลงไป ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจมีผลต่อความเสื่อมถอยของการทรงตัวในผู้สูงอายุ นอกจากนี้น้ำหนักตัวที่กดลงบนเท้าเมื่อยืน เดินหรือวิ่ง มาตลอดช่วงอายุอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเท้า หรือส่งผลต่อการทรงตัวด้วย อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงของโค้งฝ่าเท้า ดัชนีมวลกาย และการทรงตัวในผู้สูงอายุยังไม่เป็นที่แน่ชัด ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวของผู้สูงอายุ โดยทำการศึกษาในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

เนื้อเรื่อง

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60-69 ปี จำนวน 296 คน จากการกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางการสุ่มตัวอย่างสำเร็จรูปของเครซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970) ที่ใช้กับประชากรขนาดเล็กโดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% (.95) หรือมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น 5% (.05)

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เข้าโครงการวิจัย (Inclusion criteria**)**

1. เป็นผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60-69 ปี
2. ไม่มีประวัติการเป็นโรคประสาทส่วนปลายเสื่อม (Peripheral neuropathy)
3. ไม่มีประวัติการผ่าตัดกระดูกรยางค์ขาหรือกระดูกสันหลัง
4. ไม่มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อที่รยางค์ขาในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ
5. สมัครใจเข้าร่วม และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการ

หลักเกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria**)**

1. ไม่สมัครใจเข้าร่วม หรือไม่ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการ
2. มีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อที่รยางค์ขาในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive research) ศึกษาความสัมพันธ์ (Interrelationship study) ในเชิงสหสัมพันธ์ (Correlation study)

เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูลในการวิจัย

1. การวัดค่าดัชนีมวลกาย

ชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักหน่วยวัดกิโลกรัม (Kilogram, Kg.) วัดส่วนสูงด้วยเครื่องวัดส่วนสูงหน่วยวัดเมตร (meter, m.) แล้วนำค่ามาคำนวณตามสูตร

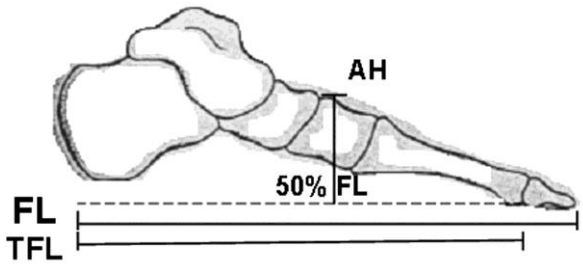
ค่าดัชนีมวลกาย = น้ำหนักตัว / ส่วนสูง^2

2. การวัดดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า

การวัดกระทำในท่านั่ง และท่ายืนโดยใช้เครื่องวัดดัชนีของโค้งเท้าวัดระยะทั้งสิ้น 3 ครั้ง โดยการวัดดังนี้ (Williams & McClay, 2000)

1. ความสูงของหลังเท้า (Arch height, AH) วัดระยะทางจากพื้นถึงส่วนที่สูงที่สุดของเท้าที่ตำแหน่ง 50% ของความยาวฝ่าเท้าหน่วยวัดเซนติเมตร (centrimeter, cm.)
2. ความยาวของเท้า (Foot length, FL) วัดระยะจากส่วนหลังสุดของกระดูกส้นเท้าไปยังส่วนปลายสุดของนิ้วเท้าที่ยาวที่สุดหน่วยวัดเซนติเมตร (centrimeter, cm.)

3. ความยาวเท้าที่ไม่รวมนิ้วเท้า (Truncated foot length, TFL) วัดระยะจากส่วนหลังสุดของกระดูกส้นเท้าไปยังจุดกึ่งกลางของข้อต่อแรก 1st metatarsophalangeal หน่วยเป็นเซนติเมตร (centrimeter, cm.)



ภาพที่ 3 การวัดดัชนีของโค้งเท้า (Williams & McClay, 2000)

เริ่มทำการวัดโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบนั่งเก้าอี้ ให้ข้อสะโพก ข้อเข่าและข้อเท้าทำมุมที่ 90 องศา โดยที่แท่นยึดส้นเท้ารูปโค้งแนบอยู่ด้านหลังของเท้าข้างที่ต้องการวัด เลื่อนคาลิปเปอร์ตามแนวระนาบเพื่อวัดความยาวของเท้า และความยาวเท้าที่ไม่รวมนิ้วเท้า เลื่อนคาลิปเปอร์ตามแนวดิ่งให้อยู่ที่ตำแหน่ง 50% ของความยาวของเท้า แล้วจึงเลื่อนวัดระยะความสูงของเท้า บันทึกค่าที่วัด ให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบยืนลงน้ำหนักบนเท้าทั้ง 2 ข้าง และวัดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง บันทึกค่าที่วัด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบยืนลงน้ำหนักขาที่ต้องการวัดข้างเดียว (ประมาณ 90% ของน้ำหนักตัว) และวัดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง บันทึกค่าที่วัด (Pohl & Farr, 2010)

3. การทรงตัว

ใช้วิธี Unipedal stance test (Menz et al., 2005) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับวัดความสามารถในการทรงตัวแบบอยู่กับที่ (Static balance ability) โดยมีวิธีการทดสอบทั้งแบบเปิดตา และปิดตาดังนี้ ก่อนเข้ารับการทดสอบให้ผู้เข้ารับการวิจัยเตะลูกบอลที่วางบนพื้นเพื่อระบุรยางค์ขาข้างที่ถนัด

การทดสอบแบบเปิดตา

1. ให้ผู้เข้ารับการวิจัยยืนบนเท้าเปล่าและกอดอก ยกเท้าข้างใดข้างหนึ่งโดยไม่แตะกับเท้าข้างที่ยืน
2. ให้ผู้เข้ารับการวิจัยมองจุดบนกำแพงที่อยู่ในระดับสายตา
3. จับเวลาตั้งแต่ผู้เข้ารับการวิจัยยกเท้าขึ้นจนกระทั่งเท้าที่ยกขึ้นตกลงสู่พื้น

การทดสอบแบบปิดตา

1. ให้ผู้เข้ารับการวิจัยยืนบนเท้าเปล่าและกอดอก ยกเท้าข้างใดข้างหนึ่งโดยไม่แตะกับเท้าข้างที่ยืน

2. ให้ผู้เข้ารับการวิจัยหลับตา

3. จับเวลาตั้งแต่ผู้เข้ารับการวิจัยยกเท้าขึ้นจนกระทั่งเท้าที่ยกขึ้นตกลงสู่พื้น

จัดให้ผู้เข้ารับการวิจัย 1 ท่าน ทำการทดสอบสลับกันทั้งแบบเปิดตาและปิดตาจำนวนสามเซต โดยมีระยะเวลาพัก 5 นาที ระหว่างการทดสอบแต่ละครั้ง และมีผู้บันทึกเวลา 2 ท่าน ทำการบันทึกเวลาพร้อมกันขณะที่ผู้เข้ารับการวิจัยได้รับการทดสอบ

เกณฑ์การหยุดเวลา

1. ผู้เข้ารับการวิจัยใช้แขน เช่น คลายการกอดอก
2. ผู้เข้ารับการวิจัยใช้เท้าที่ยกขึ้น เช่น เคลื่อนเท้าไปด้านหน้าหรือเคลื่อนออกห่างจากเท้าที่ใช้ยืนทรงตัว หรือ เท้าข้างที่ยกขึ้นตกลงสู่พื้น
3. ผู้เข้ารับการวิจัยเคลื่อนเท้าข้างที่รับน้ำหนัก เช่น หมุนเท้าบนพื้น
4. ผู้เข้ารับการวิจัยทรงตัวได้นานเกิน 45 วินาที
5. ผู้เข้ารับการวิจัยเปิดตาขึ้นในขณะที่ทำการทดสอบแบบปิดตา

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ข้อมูลจากการวัดค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และ เวลาในการทรงตัว จะถูกนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยวิธี Pearson product-moment correlation coefficient ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (α= .05) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าและการทรงตัวในผู้สูงอายุ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น3ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าและการทรงตัวในผู้สูงอายุ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการทรงตัวขณะลืมตา การทรงตัวขณะหลับตา ตามกลุ่มดัชนีมวลกายของผู้สูงอายุ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 64.4054 ± 2.81 ปี เพศชาย 70 คน เพศหญิง 226 คน มีค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้าย (L-AHI) เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัว ลงน้ำหนักร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัว และลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้ายอยู่ในเกณฑ์เท้าปกติ ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวา (R-AHI)

เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวาอยู่ในเกณฑ์เท้าโค้ง แต่เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 50 และลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวาอยู่ในเกณฑ์เท้าปกติ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของดัชนีมวลกาย (BMI) การทรงตัวขณะลืมตา (OE-Bal) และหลับตา (CE-Bal) และดัชนีความสูงของโค้งเท้าซ้าย (L-AHI) และขวา (R-AHI)

	$\overline{X}$	SD
BMI	24.936	3.917
OE-Bal (Sec.)	20.685	16.429
CE-Bal (Sec.)	3.812	3.902
L-AHI10%	0.356	0.032
L-AHI50%	0.331	0.032
L-AHI90%	0.323	0.033
R-AHI10%	0.367	0.035
R-AHI50%	0.348	0.034
R-AHI90%	0.338	0.034

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีมวลกาย การทรงตัว และ ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนีมวลกาย การทรงตัว และ ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้านั้น ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอตารางแสดงความสัมพันธ์ตามลักษณะเท้าแต่ละข้าง ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย (BMI) การทรงตัวขณะลืมตา (OE-Bal) และการทรงตัวขณะหลับตา (CE-Bal) และดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้าย (L-AHI) เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ10เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 50และเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว

	BMI	OE-Bal	CE-Bal	L-AHI 10%	L-AHI 50%	L-AHI 90%
BMI	1					
OE-Bal	-.140*	1				
CE-Bal	-.080	.456**	1			
L-AHI 10%	.147*	.055	.110	1		
L-AHI 50%	.022	.101	.135*	.886**	1	
L-AHI 90%	.018	.092	.118*	.872**	.936**	1

* ($p \leq .05$), ** ($p \leq .01$)

จากตารางที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย การทรงตัว และ ดัชนีความสูง

ของโค้งฝ่าเท้าซ้าย พบว่า ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้ายเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ10 ของน้ำหนักตัวในระดับต่ำ (r = .147) แต่ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการทรงตัวขณะลืมตาในระดับต่ำ (r = -.140) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่า การทรงตัวขณะหลับตามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้ายเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวในระดับต่ำ (r = .135) แต่การทรงตัวขณะหลับตามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซ้ายเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัวในระดับต่ำ (r = .118) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย (BMI) การทรงตัวขณะลืมตา (OE-Bal) และหลับตา (CE-Bal) และความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวา (R-AHI) เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ10เมื่อลงน้ำหนักร้อยละ50และเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ90 ของน้ำหนักตัว

	BMI	OE-Bal	CE-Bal	R-AHI 10%	R-AHI 50%	R-AHI 90%
BMI	1					
OE-Bal	-.140*	1				
CE-Bal	-.080	.456**	1			
R-AHI 10%	.187**	.059	.104	1		
R-AHI 50%	.113	.105	.085	.896**	1	
R-AHI 90%	.078	.128*	.097	.855**	.904**	1

* ($p \leq .05$), ** ($p \leq .01$)

จากตารางที่ 4 เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย การทรงตัว และ ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวา พบว่าดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวาเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ10 ของน้ำหนักตัวในระดับต่ำ (r = .187) แต่ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการทรงตัวขณะลืมตาในระดับต่ำ (r = -.140) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการทรงตัวขณะลืมตามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามในระดับต่ำ (r = .128) กับดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวาเมื่อลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการทรงตัวขณะลืมตา การทรงตัวขณะหลับตา ตามกลุ่มดัชนีมวลกายของผู้สูงอายุ

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมโดยจัดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สูงอายุ ด้วยดัชนีมวลกายของผู้สูงอายุเป็นตัวจำแนกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ค่าดัชนีมวลกาย น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อเมตร^2) และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่เกินเกณฑ์ปกติ (ค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กิโลกรัมต่อเมตร^2) แล้วได้ทำการเปรียบเทียบการทรงตัวขณะลืมตาและการทรงตัวขณะหลับตา ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบการทรงตัวขณะลืมตาและดัชนีมวลกาย

BMI	n	$\overline{X}$	SD	t	p
ดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ	147	23.374	17.195	2.828	.005
ดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์ปกติ	149	18.032	15.234		

* ($p \leq .05$)

จากตารางที่ 5 เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการทรงตัวในขณะลืมตาในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่เกินเกณฑ์ปกติ พบว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์ปกติมีระยะเวลาการทรงตัวขณะลืมตาน้อยกว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการทรงตัวขณะหลับตาและดัชนีมวลกาย

BMI	n	$\overline{X}$	SD	t	p
ดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ	147	4.194	4.713	1.670	.096
ดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์ปกติ	149	3.436	2.855		

* ($p \leq .05$)

จากตารางที่ 6 เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการทรงตัวในขณะหลับตาในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่เกินเกณฑ์ปกติพบว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายเกินปกติมีระยะเวลาการทรงตัวขณะหลับตาไม่แตกต่างจากกลุ่มผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายการวิจัย

ตามที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organisation, WHO) (WHO, 2015) ได้นิยามความหมายเชิงชีววิทยาของการแก่ชราและสูงอายุไว้ว่าการแก่ชราเป็นผลกระทบโดยรวมจากการสะสมความเสียหายทั้งทางโมเลกุลและเซลล์ผ่านกาลเวลา ความเสียหายเหล่านี้นำไปสู่การเสื่อมถอยทั้งทางร่างกายและจิตใจ เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคและการเสียชีวิตในที่สุด แต่การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ไม่คงที่ในแต่ละคนที่อยู่ในช่วงอายุเดียวกัน ผู้สูงอายุมักมีการเปลี่ยนแปลงทางภาวะสุขภาพที่ซับซ้อนและไม่ได้นับรวมเป็นโรคใดโรคหนึ่ง ภาวะสุขภาพนี้เรียกว่า geriatric syndromes หรือกลุ่มอาการของการชราภาพ กลุ่มอาการนี้มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อเนื่องกันทั้งภาวะทางจิตใจและร่างกาย เช่น ระบบต่าง ๆ ของร่างกายเสื่อมถอย กล้ามเนื้ออ่อนแรง กระดูกบาง การล้ม แผลกดทับ เป็นต้น การศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกาย ดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าและการทรงตัวในผู้สูงอายุอาจเป็นข้อมูลที่ช่วยในการดูแลสุขภาพในผู้สูงอายุ หรือชะลอภาวะความเสื่อมถอยในวัยสูงอายุได้

ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) เป็นค่าดัชนีของน้ำหนักสำหรับความสูงซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายในการจำแนกภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในวัยผู้ใหญ่ ค่าดัชนีมวลกายคำนวณจากน้ำหนักตัวในหน่วยกิโลกรัมหารด้วยค่ายกกำลังสองของส่วนสูงในหน่วยเมตร ภาวะน้ำหนักเกินคือผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกาย มากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อเมตร^2 ภาวะอ้วนคือผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อเมตร^2 (WHO, 2011) จากผลการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุที่มีช่วงอายุ 60-69 ปี ในเทศบาลแสนสุขกลุ่มนี้ มีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีมวลกาย 24.9363 ± 3.91676 กิโลกรัมต่อเมตร^2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ค่าดัชนีมวลกายมาตรฐานสากล) แต่หากพิจารณาเกณฑ์อาเซียน ผู้สูงอายุกลุ่มนี้มีภาวะอ้วนระดับ 1 ค่าดัชนีมวลกายในผู้สูงอายุมักมีค่าสูงขึ้นอาจเนื่องมาจากมีภาวะความสูงลดลง ในช่วงอายุ 60-69 ปี จัดเป็นกลุ่มผู้สูงอายุตอนต้นอาจจะยังไม่พบภาวะความสูงลดลงมากนัก จากการศึกษาแบบ longitudinal study ของ Sorkin และคณะ (Sorkin et al., 1999) ได้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 2,084 คน ช่วงอายุ 17 ปี ถึง 94 ปี ช่วงเวลาที่ศึกษาคือปี ค.ศ. 1958 ถึง ค.ศ. 1993 พบว่าการลดลงของส่วนสูงจะเริ่มต้นเมื่ออายุ 30 ปี และจะลดลงมากขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น โดยในช่วงอายุ 30-70 ปี ค่าส่วนสูงลดลงสะสมเฉลี่ยประมาณ 3 เซนติเมตร ในเพศชาย และเฉลี่ย 5 เซนติเมตรในเพศหญิง ส่วนสูงที่ลดลงนี้อาจส่งอิทธิพลต่อค่าดัชนีมวลกายประมาณ 0.7-1.6 กิโลกรัมต่อเมตร^2 ในเพศชายและเพศหญิง ซึ่งอาจทำให้การแปลผลค่าดัชนีมวลกายเปลี่ยนได้ตามเกณฑ์การจำแนกที่กล่าวมา นอกจากความสูงแล้วน้ำหนักยังเป็นค่าที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีมวลกายได้ ในผู้สูงอายุมักมีภาวะของการสูญเสียมวลและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Sarcopenia) การสูญเสียมวลกล้ามเนื้อนี้เริ่มตั้งแต่เข้าสู่ช่วงอายุ 40 ปี และส่งผลให้มวลกล้ามเนื้อสูญเสียไปถึง 50% เมื่ออายุ 80 ปี ร่วมกับภาวะของการมีไขมันสะสมแทนที่มากขึ้นจากการถดถอยของกระบวนการเมทาบอลิซึ่มของร่างกาย ส่งผลให้เกิดโรคเรื้อรังมากมาย (Metter et al., 1997; Dufour et al., 2013) การหาค่าดัชนีมวลกายในผู้สูงอายุสามารถจำแนกสภาวะอ้วนในรายบุคคลได้และใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการแนะนำหรือส่งเสริมภาวะสุขภาพดีในผู้สูงอายุต่อไป

จากผลการศึกษาพบว่าผู้สูงอายุกลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า (Arch-height index,

AHI) ข้างซ้ายในท่านั่ง (ลงน้ำหนักร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัว) ในท่ายืนสองเท้า (ลงน้ำหนักร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัว) และ ในท่ายืนเท้าเดียว (ลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว) อยู่ในเกณฑ์เท้าปกติ ค่าเฉลี่ยของดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าขวา ในท่านั่ง (ลงน้ำหนักร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัว) อยู่ในเกณฑ์เท้าโค้ง ในท่ายืนสองเท้า (ลงน้ำหนักร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัว) และ ในท่ายืนเท้าเดียว (ลงน้ำหนักร้อยละ 90 ของน้ำหนักตัว) อยู่ในเกณฑ์เท้าปกติ เมื่อแบ่งค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าเป็น โค้งฝ่าเท้าสูง (AHI มากกว่าหรือเท่ากับ 0.356) โค้งฝ่าเท้าปกติ (AHI มีค่าระหว่าง 0.275 ถึง 0.356) และโค้งฝ่าเท้าต่ำ (AHI น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.275) (Howard & Briggs, 2006) งานวิจัยเมื่อไม่นานมานี้ในกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุเพศหญิงชาวญี่ปุ่นจำนวน 140 คน อายุเฉลี่ย 73 ปี มีค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าซึ่งวัดโดยเครื่อง 3D foot scanner เฉลี่ย 0.36 ขณะนั่ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เท้าโค้ง และ 0.33 ขณะยืนลงน้ำหนัก 50% ของน้ำหนักตัว ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เท้าปกติ (Saghazadeh et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตามในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุมากขึ้นดังผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาในคนสองกลุ่มกลุ่มหนึ่งมีอายุเฉลี่ย 20 ปี และอีกกลุ่มมีอายุเฉลี่ย 80 ปี พบว่าเมื่ออายุมากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเท้า ได้แก่ภาวะเท้าแบนหรือความสูงของโค้งฝ่าเท้าลดลง ภาวะเท้าบิดคว่ำ ข้อต่อที่สำคัญที่ใช้ในการเดินและการทรงตัวคือ ข้อเท้าและ 1st metatarsophalangeal joints มีองศาการเคลื่อนไหวลดลง พบภาวะนิ้วโป้งเท้าเก (Hallux Valgus) มาก ซึ่งภาวะของการลดลงของโค้งฝ่าเท้าอาจเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความยืดหยุ่นของเอ็นกล้ามเนื้อและพังผืดของเท้า (Menz et al., 2012; Menz et al., 2006) ดังนั้นโครงสร้างของเท้าซึ่งแสดงออกในลักษณะความสูงโค้งฝ่าเท้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีอายุมากขึ้น โดยการลดลงของโค้งฝ่าเท้าอาจทำให้เกิดภาวะสูญเสียการทรงตัวในผู้สูงอายุได้

การทดสอบการทรงตัวในงานวิจัยนี้ใช้แบบ unipedal stance test (UPST) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับวัดความสามารถในการทรงตัวแบบอยู่กับที่ (Static balance ability) จากผลการวิจัยพบว่าเวลาการทรงตัวขณะลืมตามีค่าเฉลี่ย 20.6849 ± 16.42918 วินาที การทรงตัวขณะหลับตามีค่าเฉลี่ย 3.8122 ± 3.90193 วินาที ค่าเฉลี่ยเวลาในการทรงตัวในขณะลืมตานี้อยู่ในค่าเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ค่าเฉลี่ยเวลาในการทรงตัวขณะหลับตาอยู่ในค่าเฉลี่ยสูงกว่ามาตรฐานเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Springer และคณะ (Springer et al., 2007) ซึ่งใช้วิธีการทดสอบเช่นเดียวกันในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 549 คน โดยแบ่งช่วงอายุเป็น 18-39 ปี 40-49 ปี 50- 59 ปี 60-69 ปี 70-79 ปี และมากกว่า 80 ปีขึ้นไป ช่วงอายุละ 30-50 คน พบว่าผู้ที่มีอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทรงตัวขณะลืมตาคือ 26.9 วินาที และค่าเฉลี่ยของเวลาการทรงตัวขณะหลับตาคือ 2.8 วินาที ความสามารถในการทรงตัวนี้ขึ้นกับช่วงอายุโดยไม่มีความสัมพันธ์กับเพศของผู้ร่วมวิจัย ค่าเฉลี่ยเวลาในการทรงตัวขณะลืมตามีค่าสูงกว่าขณะหลับตาเนื่องจากการทรงตัวในขณะลืมตาเป็นการทำงานร่วมกันของการรับรู้ตำแหน่งร่างกายจากอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (Visual organs) การทรงตัว (Vestibular organs) และจากการรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory) (Jeka et al.,1998; Horak, 2006; McKeon & Hertel, 2007) ในขณะหลับตาจะใช้การรับรู้ตำแหน่งร่างกายจากการทรงตัว (Vestibular organs) และจากการรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory) เท่านั้น ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้อาจยังมีการรับรู้ตำแหน่งของร่างกายจากระบบการรับรู้การทรงตัว (Vestibular system) และการรับความรู้สึกทางกาย (Somatosensory) ที่ทำงานดีอยู่

การวัดการทรงตัวนี้สามารถใช้เพื่อประเมินการล้มในผู้สูงอายุ Shumway-cook และคณะ (Shumway-cook et al., 1997) พบว่าความเสี่ยงในการล้มเพิ่มขึ้นตามอายุโดยผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไปมีความเสี่ยงต่อการล้มเพิ่มขึ้น ร้อยละ 25-35 ของวัยหนุ่มสาว จากการศึกษาของ Enrietto และคณะ (Enrietto et al., 1999) พบว่าเมื่ออายุ 70 ปีขึ้นไปจะมีการลดลงของการตอบสนองของเซลล์รับความรู้สึกในระบบการทรงตัว (Vestibular system) ถึง 40% แต่กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้มีอายุเฉลี่ยประมาณ 64 ปี ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงของ Vestibular system แล้วแต่ยังไม่พบถึงความผิดปกติที่จะส่งผลต่อการทรงตัวโดยใช้วิธีการทดสอบนี้ จากการทบทวนวรรณกรรมการทรงตัวอาศัยการทำงานของร่างกายร่วมกันหลายระบบ สำหรับระบบรับสัมผัสของร่างกาย (Tactile system) นั้น ตัวรับเชิงกลที่บริเวณเท้าจะทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมการทรงตัวในท่ายืนตั้งตรง (Kavounoudias et al., 1998) และการเปลี่ยนแปลงมุมของข้อเท้าจะกระตุ้นตัวรับในระบบการรับรู้ตำแหน่งข้อที่บริเวณเท้า (Fitzpatrick et al., 1994) ดังนั้นกลไกของระบบการทรงตัวและการรับรู้ตำแหน่งของเท้าจะมีการทำงานประสานกันเพื่อควบคุมการทรงตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงท่าทางขณะยืน และอาจช่วยป้องกันการล้มในผู้สูงอายุได้

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวในผู้สูงอายุในงานวิจัยนี้พบว่าดัชนีมวลกายในผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันต่อการทรงตัวขณะลืมตาในระดับต่ำ (r = -.140) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าหากดัชนีมวลกายเพิ่มมากขึ้นค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ทรงตัวได้โดยวิธี UPST ขณะลืมตาจะน้อยลง ค่าดัชนีมวลกายที่สูงเกินเกณฑ์เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมถอยของสมรรถภาพร่างกายและทำให้ความสามารถในการทรงตัวลดลงด้วย มีรายงานถึงความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกายที่มากขึ้นส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่ลดลงในผู้สูงอายุ (Dutil et al., 2013) และยังมีการศึกษาที่น่าสนใจพบว่าเมื่อผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์มีน้ำหนักตัวลดลงจะมีการทรงตัวดีขึ้นด้วย (Teasdale et al., 2007) จากรายงานการวิจัยเหล่านี้บ่งบอกว่าน้ำหนักตัวมีผลต่อการทรงตัว ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แสดงผลเมื่อแบ่งดัชนีมวลกายในผู้สูงอายุเป็นดัชนีมวลกายปกติ (มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25) และดัชนีมวลกายมากกว่าปกติ (มีค่ามากกว่า 25) พบว่าผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าปกติจะมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ทรงตัวได้โดยวิธี UPST ขณะลืมตา 18.0319 วินาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่าผู้สูงอายุที่มีดัชนีมวลกายปกติ (23.3740 วินาที) ดัชนีมวลกายที่มากกว่าเกณฑ์ปกติในผู้สูงอายุอาจเกิดจากส่วนสูงที่ลดลงหรือการมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นซึ่งอาจส่งผลต่อการรับน้ำหนักของเท้าในการทรงตัวขณะยืน

โค้งฝ่าเท้า (Arches of foot) มีความสำคัญอย่างมากในการทำงานของเท้าและการทรงตัว ในการศึกษานี้พบว่าค่าดัชนีความสูงของโค้งเท้าทั้งเท้าซ้ายและเท้าขวาขณะลงน้ำหนัก 10% (ขณะนั่ง) มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามต่อค่าดัชนีมวลกายในผู้สูงอายุ ในระดับต่ำ (r =.147) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อดัชนีมวลกายเพิ่มขึ้น ดัชนีความสูงของโค้งเท้าขณะนั่งหรือไม่ได้ลงน้ำหนักนั้นเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของเท้าจากการทำงาน จากความเสื่อมถอยของร่างกายเมื่ออายุเพิ่มขึ้น หรือจากค่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มขึ้น เมื่อไม่นานมานี้ Segal และคณะ (Segal et al., 2013) ได้ศึกษาความสูงของโค้งฝ่าเท้าในหญิงตั้งครรภ์โดยเป็นการศึกษาชนิด longitudinal study พบว่าหญิงที่ตั้งครรภ์มีความเสี่ยงในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่ของรยางค์ล่าง ความเสี่ยงที่

เพิ่มขึ้นนี้คาดว่ามาจากค่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มขึ้นโดยน้ำหนักที่ต้องแบกเพิ่มขึ้นนั้นกระทำที่โครงสร้างของเท้าทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปถาวร งานวิจัยพบว่าหญิงตั้งครรภ์โดยเฉพาะครรภ์แรกมีค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าลดลงแม้หลังจากคลอดแล้ว 4-5 เดือน นอกจากนี้การยืดติดของฝ่าเท้า (Arch rigidity) ลดลง ความยาวของเท้าเพิ่มขึ้น การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำหนักตัวจากการตั้งครรภ์มีผลต่อการเคลื่อนตัวลงของหัวกระดูก talus องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ the 1st metatarsophalangeal joint และ subtalar joint และการบิดคว่ำของเท้าด้านหลัง (Hindfoot pronation) (Block et al., 1985) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงความยาวของเอ็นยึดกระดูกที่รองรับโค้งฝ่าเท้า (Erhart et al., 2008) ส่งผลต่อเนื่องทำให้ความสูงของโค้งฝ่าเท้าลดลง น้ำหนักตัวและอายุที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลต่อการเลื่อนตำแหน่ง และความเร็วของจุดศูนย์กลางแรงกดดัน (Center of pressure, CoP) ขณะยืนหรือเดินเปลี่ยนไป ส่งผลให้การควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหว การกระจายแรงเปลี่ยนไป (Baloh et al., 1998; Gill et al., 2001) โดยมวลร่างกายที่มาก รูปร่างที่ขยายออกรอบข้างลำตัว ทำให้สัดส่วนของมวลร่างกายยื่นขยายไกลออกไปจากข้อต่อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวหรือหมุนเพื่อการทรงตัว เช่น ข้อเข่า ข้อเท้า จึงทำให้แรงบิดที่เกิดจากแรงโน้มถ่วง (Gravitational torque) ขยายมากขึ้นเมื่อคูณกับมวลร่างกายที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการรักษาการทรงตัวขณะยืนอยู่กับที่จึงต้องใช้แรงบิดที่เกิดจากกล้ามเนื้อต้านแรงบิดที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงนั้น (Corbeil et al., 2001) แต่ในผู้สูงอายุมักมีภาวะการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อด้วย ดังนั้นการทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อออกแรงรักษาการทรงตัวจึงอาจเป็นไปด้วยความลำบากมากขึ้น ผู้สูงอายุที่มีค่าดัชนีมวลกายมากจึงสูญเสียการทรงตัวได้ง่าย นอกจากนี้ความไวในการรับความรู้สึกของฝ่าเท้าจะลดลงจากการที่น้ำหนักตัวมากกระตุ้นตัวรับแรงกลที่ฝ่าเท้า (Plantar mechanoreceptor) ให้ทำงานมากเกินไป (Hyperactivation) (Hue et al., 2007) เมื่อเกิดร่วมกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเท้าจึงอาจทำให้ความสามารถในการทรงตัวลดลงในผู้สูงอายุ

การวิจัยนี้ได้พบผลที่สอดคล้องกับงานวิจัยข้างต้นด้วยโดยพบว่าค่าดัชนีความสูงของโค้งเท้ามีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามต่อการทรงตัว โดยค่าดัชนีความสูงของโค้งเท้าซ้ายขณะลงน้ำหนัก 50% (ขณะยืน) และ 90% (ขณะยืนขาเดียว) มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามต่อการทรงตัวขณะหลับตา ในระดับต่ำ ($r = .135$) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 นอกจากนี้ค่าดัชนีความสูงของโค้งเท้าขวาขณะลงน้ำหนัก 90% (ขณะยืนขาเดียว) มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามต่อการทรงตัวขณะลืมตาในระดับต่ำ ($r = .118$) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อความสูงของโค้งเท้าขณะลงน้ำหนักมีค่ามากระยะเวลาในการทรงตัวเพิ่มขึ้น หากความสูงของโค้งเท้าขณะลงน้ำหนักมีค่าน้อยระยะเวลาในการทรงตัวจะลดลง เมื่อแบ่งค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้าเป็น โค้งฝ่าเท้าสูง (AHI มากกว่าหรือเท่ากับ 0.356) โค้งฝ่าเท้าปกติ (AHI มีค่าระหว่าง 0.275 ถึง 0.356) และโค้งฝ่าเท้าต่ำ (AHI น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.275) (Howard et al., 2006) พบว่าในขณะที่ลงน้ำหนักคนที่มีค่าดัชนีความสูงของโค้งเท้าทั้งสองข้างสูงจะมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการทรงตัวทั้งขณะลืมตาและหลับตามากกว่าคนที่มีค่าดัชนีความสูงของโค้งเท้าปกติ และต่ำตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Saghazadeh และคณะ (Saghazadeh et al., 2014) พบว่าผู้สูงอายุที่มี โค้งฝ่าเท้าต่ำมีค่าเฉลี่ยของเวลาในการทรงตัวจากการทดสอบการทรงตัวโดยยืนขาเดียวขณะลืมตาน้อยกว่าผู้สูงอายุที่มีโค้งฝ่าเท้าปกติและโค้งฝ่าเท้าสูงตามลำดับ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีความ

สูงของโค้งเท้าสัมพันธ์กับการทรงตัวในผู้สูงอายุ

สรุปและเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัย

โดยสรุปจากผลการวิจัยพบว่าค่าดัชนีมวลกาย ค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า และการทรงตัวในผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กันโดยค่าดัชนีมวลกายมากสัมพันธ์กับการลดลงของค่าดัชนีความสูงของโค้งฝ่าเท้า ซึ่งเหตุการณ์ทั้งสองนี้สัมพันธ์กับการลดลงของเวลาเฉลี่ยในการทรงตัวของผู้สูงอายุ ดังนั้นนอกจากความเสื่อมถอยของโครงสร้างและสมรรถภาพร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุแล้ว การรักษาค่าดัชนีมวลกายให้อยู่ในเกณฑ์อาจเป็นปัจจัยสำคัญในการชะลอความเสื่อมถอยของโครงสร้างและสมรรถภาพร่างกาย ผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้นนี้มีประโยชน์ในการนำไปออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายในผู้สูงอายุ หรือก่อนวัยสูงอายุ เพื่อฟื้นฟูหรือชะลอการสูญเสียการทรงตัว นอกจากนี้อาจนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเพื่อการดูแลผู้สูงอายุในการป้องกันการสูญเสียการทรงตัวจากค่าดัชนีมวลกายที่เกินเกณฑ์ และป้องกันการสูญเสียการทรงตัวจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของโค้งฝ่าเท้าได้

บรรณานุกรม

1. สุนทรี พัวเวส, วิลาวัณย์ เจียมศรีสกุล, ไกรฤกษ์ ฤกษ์ดี และ วิภารัตน์ วรรณเวช. (2555). ทำเนียบองค์กร ชมรมด้านผู้สูงอายุ พ.ศ. 2555. สำนักส่งเสริมและพิทักษ์ผู้สูงอายุสำนักงานส่งเสริมสวัสดิภาพและพิทักษ์เด็ก เยาวชน ผู้ด้อยโอกาส และผู้สูงอายุกระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์

2. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. ผลการคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2583 การคาดประมาณประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2583. 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ; 2556.

3. องค์กรสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. (2543). *คู่มือแนวทางการใช้เกณฑ์อ้างอิงน้ำหนัก ส่วนสูง เพื่อประเมินภาวะการเจริญเติบโตของเด็กไทย*. กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ กรมอนามัย.

4. Ananthakrisnan, D., Ching, R., & Tencer, A. (1999). Subluxation of the talocalcaneal joint in adults who have symptomatic flatfoot. *Journal of Bone & Joint Surgery, 81*, 1147-1154.

5. Baloh, R. W., Jacobson, K. M., Enrietto, J. A., Corona, S., & Honrubia, V. (1998). Balance disorders in older persons: quantification with posturography. *Otolaryngology Head & Neck Surgery, 119*(1), 89-92.

6. Baloh, R. W., Enrietto, J., Jacobson, K. M., & Lin, A. (2001). Age-related changes in vestibular function: a longitudinal study. Annals of the New York Academy of Sciences, 942, 210-219.

7. Baloh, R. W., Ying, S. H., & Jacobson, K. M. (2003). A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people. *Archives of Neuroogyl, 60*, 835-839.

8. Block, R. A., Hess, L. A., Timpano, E. V., & Serlo, C. (1985). Physiologic changes in the foot during pregnancy. *Journal of the American Podiatric Medical Association, 75*(6), 297–299.

9. Bray, J. J., Cragg, P. A., Macknight, A. D. C., Mills, R. G., & Waite, P. M. E. (1999). *Human physiology* (4th ed.). Oxford: Blackwell Science; Sensory system. 128–143.

10. Chaves, P., Garrett, E., & Fried, L. (2000). Predicting the risk of mobility difficulty in older women with screening nomograms. Archives of Internal Medicine, 160, 2525-2533.

11. Cobb, S. C., Tis, L. L., Johnson, B. F., & Higbie, E. J. (2004). The effect of forefoot varus on postural stability. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 34*, 79-85.

12. Corbeil, P., Simoneau, M., Rancourt, D., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2001). Increased risk for falling associated with obesity: mathematical modeling of postural control. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 9*, 126-36.

13. Curb, J., Ceria-Ulep, C., Rodriguez, B., et al. (2006). Performance based measures of physical function for high-function populations. *Journal of the American Geriatrics Society, 54*, 737-742.

14. Doherty, T. J., Vandervoort, A. A., Taylor, A. W., & Brown, W. F. (1993). Effects of motor units losses on strength in older men and women. *Journal of Applied Physiology, 74*(2), 868–874.

15. Drusini, A. G., Eleazer, G. P., Caiazzo, M., Veronese, E., Carrara, N., Ranzato, C., Businaro, F., Boland, R. & Wieland, D. (2002). One-leg standing balance and functional status in an elderly community dwelling population in Northeast Italy. *Aging Clinical and Experimental Research, 14*, 42-46.

16. Dufour, A. B., Hannan, M. T., Murabito, J. M., Kiel, D. P., & McLean, R. R. (2013). Sarcopenia definitions considering body size and fat mass are associated with mobility limitations: The Framingham Study. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 68*(2), 168-174.

17. Dutil, M., Handrigan, G. A., Corbeil, P., Cantin, V., Simoneau, M., Teasdale, N., & Hue, O. (2013). The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. AGE, 35, 883-890.

18. Enrietto, J. A., Jacobson, K. M., & Baloh, R. W. (1999). Aging effects on auditory and vestibular responses: a longitudinal study. *American Journal of Otolaryngology, 20*, 371-378.

19. Erhart, J. C., Mundermann, A., Mundermann, L., Andriacchi, T. P. (2008). Predicting changes in knee adduction moment due to load-altering interventions from pressure distribution at the foot in healthy subjects. *Journal of Biomechanics, 41*(14), 2989–2994.

20. Fitzpatrick, R., & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of Physiology, 478*(Pt 1), 173–186.

21. Fujita, T., Nakamura, S., Ohue, M., Fujii, Y., Miyauchi, A., Takagi, Y., & Tsugeno, H. (2005). Effect of age on body sway assessed by computerized posturography. *Journal of Bone and Mineral Metabolism, 23*, 152-156.

22. Gatev, P., Thomas, S., Kepple, T., & Hallet, M. (1999). Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *The Journal of Physiology, 514*, 915–928.

23. Gehlsen, G., & Whaley, M. (1990). Falls in the elderly: part II, balance strength, and

flexibility. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 71*, 739-741.

24. Gill, J., Allum, J. H., Carpenter, M. G., Held-Ziolkowska, M., Adkin, A. L., Honegger, F., Pierchala, K. (2001). Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences, 56*(7), M438-M447.

25. Hertel, J., Gay, M. R., & Denegar, C. R. (2002). Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *Journal of Athletic Training, 37*, 129-132.

26. Hijmans, J. M., Geertzen, J. H., Dijkstra, P. U., & Postema, K. (2007). A systematic review of the effects of shoes and other ankle or foot appliances on balance in older people and people with peripheral nervous system disorders. *Gait Posture, 25*(2), 316-323.

27. Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support surface configurations. *Journal of Neurophysiology, 55*, 1369–1381.

28. Horak, F. B., Shupert, C. L., & Mirka, A. (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiology of Aging, 10*, 727-738.

29. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age Ageing, 35*(Suppl 2), ii7-11.

30. Howard, J. S., & Briggs, D. (2006). The Arch-Height-Index Measurement System: A New Method of Foot Classification. *Athletic Therapy Today, 11*(5), 56-57.

31. http://teachmeanatomy.info/lower-limb/misc/foot-arches/

32. https://www.scoi.com/specialties/anatomy-ankle

33. Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Doré, J., Marceau, P., et al. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait & Posture, 26*, 32-38.

34. Hausdorff, J. M., Nelson, M. E., Kaliton, D., Layne, J. E., Bernstein, M. J., Nuernberger, A., & Singh, M. A. (2001). Etiology and modification of gait instability in older adults: a randomized controlled trial of exercise. *Journal of Applied Physiology, 82*, 262-269.

35. James, S. L., Bates, B. T., & Osternig, L. R. (1978). Injuries to runners. *The American Journal of Sports Medicine, 6*, 40-50.

36. Jebb, S. A., & Elia, M. (1993). Techniques for the measurement of body composition: a practical guide. *International journal of obesity and related metabolic disorders, 17*(11),

611-21.

37. Jeka, J., Oie, K., Schöner, G., Dijkstra, T., & Henson, E. (1998). Position and velocity coupling of postural sway to somatosensory drive. *Journal of Neurophysiology, 79*(4), 1661-1674.

38. Jennifer, S., Howard, M. S. (2006). The Arch-Height-Index Measurement System: A New Method of Foot Classification. *Athletic Therapy Today, 11*(5), 56-57. Des Moines Buccaneers Hockey: Human Kinetics.

39. Kars, H. J. J. C., Hijmans, J. M., Geertzen, J. H. B., & Zijlstra, W. (2009). The effect of reduced somatosensation on standing balance: A systematic review. *Journal of Diabetes Science and Technology, 3*(4), 931–943.

40. Ker, R. F., Bennett, M. B., Bibby, S. R., Kester, R. C., & Alexander, R. M. (1987). The spring in the arch of the human foot. *Nature, 325*(7000), 147-9.

41. Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement, 30*, 607-10.

42. Kavounoudias, A., Roll, R., & Roll, J. P. (1998). The plantar sole is a 'dynamometric map' for human balance control. *NeuroReport, 9*(14), 3247–3252.

43. Lin, C. J., Lai, K. A., Kuan, T. S., & Chou, Y. L. (2001). Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *Journal of pediatric orthopedics, 21*, 378-382.

44. Lord, S. R., & Ward, J. A. (1999). Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community-dwelling women. *Age Ageing, 23*, 452-460.

45. Lord, S. R., Menz, H. B., & Tiedemann, A. (2003). A physiological profile approach to falls risk assessment and prevention. *Physical Therapy, 83*, 237-252.

46. Mahshid, S., Kenji, T., & Tomohiro, O. (2014). Foot arch height and rigidity index associated with balance and postural sway in elderly women using a 3D foot scanner. *The Foot and Ankle Online Journal, 7*(4), 1-8.

47. Maki, B. E., & McIlroy, W. E. (1994). Postural control in older adult. *Clinics in Geriatric Medicine, 12*, 635–658.

48. Manchester, D., Wollacott, M., Zederbauer-Hylton, N., & Marin, O. (1989). Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journals of Gerontology, 44*, M118–M127.

49. Maurer, C., Mergner, T., Bolha, B., & Hlavacka, F. (2000). Vestibular, visual and

somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neuroscience Letters, 281*, 99–102.

50. McKeon, P. O., & Hertel, J. (2007). Diminished plantar cutaneous sensation and postural control. *Perceptual and Motor Skills, 104*(1), 56-66.

51. McClay, I. S., & Manal, K. T. (1996). Coupling parameters in runners who pronate and normals. *Journal of Applied Biomechanics, 13*, 107-124.

52. Menz, H. B., Morris, M. E., & Lord, S. R. (2005). Foot an ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *Journal of Gerontology, 60A*(12), 1546-1552.

53. Menz, H. B., Morris, M. E., Lord, S. R. (2006). Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 61*(8), 866-870.

54. Menz, H. B. (2008). *Foot problems in older people: assessment and management. Edinburg*. New York: Churchill Livingstone.

55. Menz, H. B., Fotoohabadi, M.R., Wee, E., & Spink, M. J. (2012). Visual categorisation of the arch index: a simplified measure of foot posture in older people. *Journal of Foot and Ankle Research, 5*, 10.

56. Metter, E. J., Conwit, R., Tobin, J., & Fozard, J. L. (1997). Age-associated loss of power and strength in the upper extremities in women and men. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 52*, B267–B276.

57. Nester, C. J., Hutchins, S., & Bowker, P. (2000). Shank rotation: a measure of rearfoot motion during normal walking. *Foot & Ankle International, 21*, 578-583.

58. Pohl, M. B., & Farr, L. (2010) A comparison of foot arch measurement reliability using both digital photography and calliper methods. *Journal of Foot and Ankle Research, 3*, 14.

59. Reilly, A., Barker, L., Shamley, D., & Sandall, S. (2006). Influence of foot characteristics on the site of lower limb osteoarthritis. *Foot and Ankle International, 27*, 206–211.

60. Ring, C., Matthews, R., Nayak, U. S., & Isaacs, B. (1988). Visual push: a sensitive measure of dynamic balance in man. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 69*(4), 256-260.

61. Saghazadeh, M., Tsunoda, K., & Okura, T. (2014). Foot arch height and rigidity index associated with balance and postural sway in elderly women using a 3D foot scanner. *The Foot and Ankle Online Journal, 7*(4), 1-8.

62. Sarkar, A., Singh, M., Bansal, N., & Kapoor, S. (2011). Effects of obesity on balance and

gait alterations in young adults. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology, 55*(3), 227-233.

63. Scott, G., Menz, H. B., & Newcombe, L. (2007). Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture, 26*, 68-75.

64. Segal, N. A., Boyer, E. R., Teran-Yengle, P., Glass, N. A., Hillstrom, H. J., Yack, H. J. (2013, Mar). Pregnancy leads to lasting changes in foot structure. *American journal of physical medicine & rehabilitation, 92*(3), 232-240.

65. Shumway-cook, A., Gmber, W., Baldwin, M., & Liao, S. (1997). The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community dwelling older adults. *Physical Therapy, 77*, 46-57.

66. Silveira, A. C. M. (1999). Foot of the elderly. In A. Petroianu & L. A. Pimenta (Eds.), *Clinical and Geriatric Surgery*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

67. Souza, T. R., Pinto, R. Z., Trede, R. G., Kirkwood, R. N., & Fonseca, S. T. (2010). Temporal couplings between rearfoot-shank complex and hip joint during walking. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 25*, 745-748.

68. Sorkin, J. D., Muller, D. C., & Andres, R. (1999). Longitudinal change in height of men and women: implications for interpretation of the body mass index: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *American Journal of Epidemiology, 150*(9), 969-977.

69. Springer, B. A., Marin, R., Cyhan, T., Roberts, H., & Gill, N. W. (2007). Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *Journal of Geriatric Physical Therapy, 30*(1), 8-15.

70. Stelmach, G., & Sirica, A. (1986). Aging and proprioreception. *Age, 9*, 99-103,

71. Teasdale, N., Hue, O., Marcotte, J., Berrigan, F., Simoneau, M., Doré, J., et al. (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity, 31*, 153-60.

72. Tsai, L. C., Yu, B., Mercer, V. S., & Gross, M. T. (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 36*, 942-953.

73. Tsung, B. Y., Zhang, M., Mak, A. F., & Wong, M. W. (2004). Effectiveness of insoles on plantar pressure redistribution. *Journal of Rehabilitation Research & Development, 41*, 767-774.

74. Vellas, B., Wayne, S., Romero, L., Baumgartner, R., Rubenstein, L., & Garry, P. (1997). One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. *Journal of the*

American Geriatrics Society, 45, 735-738.

75. Vittore, D., Patella, V., Petrera, M., Caizzi, G., Ranieri, M., Putignano, P., et al. (2009). Extensor deficiency: first cause of childhood flexible flat foot. *Orthopedics, 32*(1), 28.

76. Warren, B. L., & Jones, C. J. (1987). Predicting plantar fasciitis in runners. *Medicine and science in sports and exercise, 19*, 71-73.

77. Whipple, R., Wolfson, L., Derby, C., Singh, D., & Tobin, L. (1993). Altered sensory function and balance in older persons. *Journl of Gerontology, 48*, 71-76.

78. Williams, D. S. 3rd, & McClay, I. S. (2000). Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Physical Therapy, 80*(9), 864-71.

79. Williams, D. S. 3rd., McClay, I. S., & Hamill, J. (2001). Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon), 16*, 341–347.

80. Willliams, D. S., McClay, I. S., Hamill, J., & Buchanan, T. S. (2001). Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *Journal of Applied Biomechanics, 17*, 153-163.

81. Woollacott, M. H. (1993). Age-related changes in posture and movement. *Journals of Gerontology, 48*, 56-60.

82. World Health Organization (WHO). (2011). *Obesity and overweight*. Retrieved from http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/

83. World Health Organization. (2015). *Ageing and health*. Retrieved from http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/en/

84. Wu, G., & Chiang, J. H. (1997). The significance of somatosensory stimulations to the human foot in the control of postural reflexes. *Experimental Brain Research, 114*(1), 163–169.