

การเปรียบเทียบจำนวนก้าวการเดิน สมรรถภาพปอดและ สมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุที่มีและไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม

ฐานิ เรืองฤทธิ์¹ รุชดา ศรีอหัมด² นวียา สุขเป้า¹

¹ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

²วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Received: May 1, 2019

Revised: May 3, 2019

Accepted: September 25, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวการเดินต่อวัน สมรรถภาพปอดและสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุที่มีและไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุจำนวน 48 คน (อายุ ≥ 60 ปี) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม (จำนวน 24 คน) และกลุ่มที่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม (จำนวน 24 คน) ตัวแปรที่วัดผลคือ 1) ค่าเฉลี่ยจำนวนก้าวการเดินต่อวัน ซึ่งคำนวณจากเครื่องนับก้าวการเดินต่อเนื่อง 7 วัน 2) สมรรถภาพปอด ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ (forced vital capacity, FVC) และ ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ (forced expiratory volume in 1 second, FEV1) ด้วยเครื่องวัดสมรรถภาพปอด (spirometer) 3) สมรรถภาพทางกาย ได้แก่ องค์ประกอบร่างกาย ความยืดหยุ่นของร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความทนทานของหัวใจและปอด การวิเคราะห์ข้อมูลโดย Student Paired t-test และไคสแควร์ (Chi-Square test) ผลการศึกษาพบว่าจำนวนก้าวการเดินเฉลี่ยต่อวันค่า FVC และ FEV1 ในกลุ่มที่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรมมีความแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับสมรรถภาพทางกายไม่พบความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ดังนั้น การประเมินจำนวนก้าวการเดิน และ สมรรถภาพปอด จึงควรทำในผู้สูงอายุที่ไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม ซึ่งอาจจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะเมตาบอลิกซินโดรม

คำสำคัญ: ภาวะเมตาบอลิกซินโดรม การเดิน สมรรถภาพปอด สมรรถภาพทางกาย ผู้สูงอายุ

ผู้สนับสนุนผลงาน:

ฐานิ เรืองฤทธิ์

ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

อีเมล: thapaneeer.r@gmail.com

Comparison of the number of walking steps, pulmonary and physical performance in elderly with and without metabolic syndrome

Thapanee Roengrit¹, Ruchada Sri-amad², Nawiya Huipao¹

¹Department of Physiology, Faculty of Science, Prince of Songkla University

²Master of Science Program in Physiology, Faculty of Science, Prince of Songkla University

Abstract

The aim of this experimental study is to compare the number of walking steps per day, pulmonary function test and physical fitness parameters of elderly with and without metabolic syndrome (MetS). The sample consisted of 48 older persons (aged ≥ 60 -year-old) were divided into two groups as non-MetS group (n=24) and MetS group (n=24). Outcome measures included 1) average steps/day was calculated from a pedometer for seven consecutive days at baseline, 2) pulmonary function test was evaluated by spirometer (including forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in 1 second (FEV1)), 3) physical fitness was measured such as body composition, flexibility, muscular strength, and cardiorespiratory endurance. The data were analyzed by Student Paired t-test and Chi-square test. The results found that steps/day, FVC and FEV1 in the MetS group were significant differences compared with non-MetS group ($p < 0.05$). The physical fitness between both groups had no statistically significant difference. Thus, the evaluation of pulmonary function test and physical fitness should be done in elderly without MetS. It may help to decrease the risk of developing MetS.

Keywords: metabolic syndrome, walking, pulmonary performance, physical performance, elderly

Corresponding Author:

Thapanee Roengrit

Department of Physiology, Faculty of Science,

Prince of Songkla University

Hadyai, Songkhla, 90112 Thailand

E-mail: thapanee.r@gmail.com

บทนำ

ผู้สูงอายุมักมีประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายลดลง ซึ่งเกิดจากการมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม ขาดการออกกำลังกาย สูบบุหรี่ และดื่มแอลกอฮอล์ ทำให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable diseases, NCDs) ได้แก่ โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง และโรคหัวใจและหลอดเลือด¹ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับภาวะเมตาบอลิกซินโดรม (metabolic syndrome, MetS) โดยพบว่าความชุกของ MetS จะเพิ่มขึ้นตามอายุ² สำหรับการวินิจฉัย MetS ตามหลักเกณฑ์ของ modified National-Cholesterol Education Program - Adult Treatment Panel III (modified NCEP-ATP III)¹ ระบุว่า ต้องมีอย่างน้อย 3 ข้อใน 5 ข้อตามเงื่อนไขต่อไปนี้ (1) รอบเอว (waist circumference; WC) ≥ 90 เซนติเมตร สำหรับเพศชายเอเชีย และ ≥ 80 เซนติเมตร สำหรับเพศหญิงเอเชีย (2) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (systolic blood pressure; SBP) ≥ 130 มม.ปรอท หรือความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (diastolic blood pressure; DBP) ≥ 85 มม.ปรอท (3) ไกลโคโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง (high-density lipoprotein cholesterol; HDL-C) < 40 มก./ดล. สำหรับเพศชาย และ < 50 มก./ดล. สำหรับเพศหญิง (4) ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ≥ 150 มก./ดล. และ (5) น้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร (fasting blood sugar; FBS) ≥ 110 มก./ดล.¹ ซึ่ง MetS จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยและเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด³⁻⁴

การดูแลสุขภาพร่างกายในผู้สูงอายุ เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิด MetS มีความสำคัญ ดังนั้นผู้สูงอายุควรมีการเพิ่มระดับกิจกรรมทางกายเพื่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดี⁵ และการเพิ่มกิจกรรมทางกายจะทำให้ลดอาการแสดงออกของ MetS⁴ สำหรับการเดินเป็นกิจกรรมทางกายที่เป็นธรรมชาติของมนุษย์และได้รับการยืนยันว่าเป็นวิธีการเพิ่มระดับกิจกรรม

ทางกายที่ดี⁵ ในผู้ที่มีจำนวนก้าวการเดินต่อวันทีมากจะยิ่งช่วยลดอุบัติการณ์ในการเกิด MetS ได้⁶ โดยจะช่วยเพิ่มค่า HDL-C และลดไตรกลีเซอไรด์ในเลือดรวมทั้งลดขนาดของรอบเอวได้อีกด้วย⁸ และเมื่อเดินได้มากกว่า 10,000 ก้าวต่อวัน จะส่งผลให้สุขภาพดีขึ้น⁵ ยิ่งไปกว่านั้นจำนวนก้าวการเดินมีวิธีการวัดที่ง่าย ผู้สูงอายุสามารถเข้าใจและปฏิบัติได้โดยง่าย ทั้งยังใช้ในการระบุระดับกิจกรรมทางกายได้⁷

สรีรวิทยาของระบบทางเดินหายใจในผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ความสามารถยืดขยายของปอดลดลง (lung compliance) การหยุ่นกลับของปอดลดลง (lung elastic recoil) มวลของกล้ามเนื้อทรวงอกลดลง ส่งผลให้การขยายตัวของทรวงอกลดลงทำให้สมรรถภาพปอดลดลง⁹ ในผู้สูงอายุมีการลดลงของค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ (forced vital capacity, FVC) และการลดลงของปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ (forced expiratory volume in one second, FEV1) ซึ่งค่าเหล่านี้บ่งชี้ถึงการลดลงของสมรรถภาพปอดซึ่งมีความสัมพันธ์กับโรคความดันโลหิตสูง⁹ ภาวะผิดปกติของน้ำตาลในเลือด¹⁰ และการสะสมของไขมันที่กลางลำตัว (abdominal obesity)¹¹ โดยภาวะเหล่านี้ล้วนเป็นองค์ประกอบของการวินิจฉัย MetS

สมรรถภาพทางกายขึ้นพื้นฐานประกอบด้วยองค์ประกอบร่างกาย ความยืดหยุ่นของร่างกาย (flexibility) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscular strength) และความทนทานของหัวใจและปอด (cardiorespiratory endurance)¹² การมีสมรรถภาพทางกายที่ดีทำให้สามารถดำรงชีวิตประจำวันได้อย่างราบรื่น ปราศจากความเมื่อยล้าและฟื้นคืนกลับสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็วและพร้อมสำหรับภาวะฉุกเฉินที่คาดไม่ถึง แต่อย่างไรก็ตามสมรรถภาพทางกายจะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นและ

พบว่าการลดลงของสมรรถภาพทางกายมีความสัมพันธ์กับ MetS¹³⁻¹⁵ ถึงแม้ว่างานวิจัยจำนวนมากจะพบว่าในผู้สูงอายุหรือผู้ที่มี MetS จะมีการลดลงของสมรรถภาพปอด และสมรรถภาพทางกาย แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในประเทศไทยที่ทำการศึกษากำหนดการเดินต่อวันในกลุ่มผู้สูงอายุยังมีค่อนข้างน้อย อาจเนื่องมาจากการเดินเป็นกิจกรรมทางกายที่เป็นปกติในชีวิตประจำวันของมนุษย์ จึงมักถูกมองข้ามความสำคัญที่ว่า การเดินนั้นจัดว่าเป็นวิธีการออกกำลังกายรูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มระดับกิจกรรมทางกายได้ และการเดินมีข้อดีมากมายที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนก้าวการเดินต่อวัน สมรรถภาพปอด และสมรรถภาพทางกาย ที่ช่วยให้ผู้สูงอายุทราบถึงภาวะสุขภาพ และกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางกาย นำไปสู่การลดอัตราการเจ็บป่วย ลดภาวะแทรกซ้อนทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มีผลต่อชีวิต ทำให้ผู้สูงอายุสามารถคงไว้ซึ่งสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวการเดินต่อวัน สมรรถภาพปอด และสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุที่มีและไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ที่ทำการศึกษาในอาสาสมัครเป็นคนไทยสูงอายุที่มาเข้ารับบริการ ณ ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพ หาดใหญ่ชีวาสุข อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ทั้งเพศหญิงและเพศชาย อายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากงานวิจัยในอดีต¹⁶ ซึ่งได้เพิ่มจำนวนเพื่อลดการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างแล้ว พบว่าต้องใช้จำนวนอาสาสมัครกลุ่มละ 24 คน รวมเป็นจำนวน 48 คน โดยอาสาสมัครทุกคนต้องเป็นผู้ที่ไม่มี

ปัญหาเรื่องกระดูก กล้ามเนื้อ และข้อต่อที่ส่งผลต่อการเดิน และการทดสอบสมรรถภาพทางกาย รวมทั้งไม่ป่วยเป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับทางเดินหายใจ ปอดอุดกั้นเรื้อรัง ปอดอักเสบเรื้อรัง หอบหืด ถุงลมโป่งพอง ซึ่งจะส่งผลต่อการทดสอบสมรรถภาพปอด อาสาสมัครจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม (non-MetS group) และกลุ่มเมตาบอลิกซินโดรม (MetS group) โดยใช้เกณฑ์ของ modified NCEP ATPIII¹

ในช่วงที่เก็บข้อมูลจำนวนก้าวการเดินตลอด 7 วัน ถ้าอาสาสมัครมีสถานะเจ็บป่วย เช่น ไม่สบาย เป็นไข้ ปวดศีรษะ วิงเวียน หน้ามืด อ่อนแรง จะถูกให้ขอยกออกจากการวิจัย

อาสาสมัครทุกคนจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับการวิจัย รวมทั้งซักถามข้อสงสัยก่อนเซ็นชื่อยินยอมเข้าร่วมวิจัย การวิจัยนี้ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัสโครงการวิจัย 61-157-19-2

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามประวัติสุขภาพและประวัติทั่วไป (medical history) และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ

1) เครื่องมือสำหรับการวัดสัญญาณชีพ (physiological measurement) ได้แก่ เครื่อง pulse oximeter (Masimo, United States) วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (resting heart rate, RHR) และเครื่อง mercury sphygmomanometer (Riester, Germany) สำหรับวัดความดันโลหิต (blood pressure, BP)

2) เครื่องมือสำหรับการวัดสมรรถภาพทางกาย (physical fitness test) ได้แก่ (1) การวัดองค์ประกอบร่างกาย : ได้แก่ ความสูง น้ำหนักตัว แล้วคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย (body mass index: BMI) โดยใช้สูตร $BMI = \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)} / (\text{ส่วนสูง})^2$

(เมตร)²)² อาสาสมัครได้รับการตรวจเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (% fat mass) (UM-076 Tanita, Japan) โดยใช้หลักการ bioelectrical impedance analysis (BIA) และการตรวจการกระจายของไขมันในร่างกาย (body fat distribution) โดยใช้สายวัดวัดรอบเอว (waist circumference, WC) และรอบสะโพก (hip circumference, HC) จากนั้นคำนวณอัตราส่วนระหว่างรอบเอวต่อรอบสะโพก (waist to hip ratio, WHR) โดยใช้สูตร $WHR = \text{รอบเอว (ซม.)} / \text{รอบสะโพก (ซม.)}$ (2) การวัดความยืดหยุ่นของร่างกาย โดยใช้เครื่องมือวัดคือ sit and reach box ทดสอบโดยให้อาสาสมัครนั่งเหยียดขาทั้งสองข้าง และเอื้อมมือไปแตะที่เครื่องมือวัดให้มากที่สุด ค้างไว้นาน 2 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง และเลือกค่าที่ดีที่สุด¹⁴ (3) การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยใช้เครื่องมือวัดคือ เครื่องวัดแรงบีบมือ (hand grip dynamometer) ทดสอบโดยให้อาสาสมัครใช้มือข้างถนัดกำเครื่องมือวัดแรงบีบมือ และออกแรงบีบให้มากที่สุด ทำซ้ำ 2 ครั้ง และเลือกค่าที่ดีที่สุด โดยค่าที่วัดได้หน่วยกิโลกรัมหารด้วยน้ำหนักตัวของอาสาสมัคร¹³ (4) การวัดความทนทานของหัวใจและปอด เป็นการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximum oxygen consumption; $\dot{V}O_{2\max}$) ทดสอบโดยให้อาสาสมัครเดินด้วยความเร็วสูงสุดที่อาสาสมัครทำได้ เป็นระยะทาง 1 ไมล์ (1.6 กิโลเมตร) (one-mile walk test) บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีสุดท้ายของการเดิน และเวลาที่ใช้ในการเดิน จากนั้นคำนวณปริมาณสูงสุดของการใช้ออกซิเจนโดยใช้สูตร¹⁷

$\dot{V}O_{2\max} \text{ (ml/kg/min)} = 132.853 - (0.0769 \times \text{น้ำหนักตัวในหน่วยปอนด์}) - (0.3877 \times \text{อายุ}) + (6.315 \times \text{ค่าคงที่ตามเพศ 0 คือเพศหญิง และ 1 คือเพศชาย}) - (3.2649 \times \text{เวลาที่ใช้เดิน}) - (0.1565 \times \text{อัตราการเต้นของหัวใจหลังเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ})$

3) เครื่องวัดสมรรถภาพปอด (spirometer) รุ่น BTL-Cardiopoint spiro โดยให้อาสาสมัครนั่งตัวตรงเท้าสัมผัสพื้น ที่งมูกให้หนีบด้วยที่หนีบงมูก หายใจเข้าออกผ่านทางท่อกระดาดที่ต่อเข้ากับเครื่องวัดสมรรถภาพปอด หลังจากนั้นให้หายใจเข้าออกปกติ 3-5 ครั้ง แล้วหายใจเข้าลึกสุด จากนั้นให้หายใจออกเร็วและแรงเต็มที่จนสุด แล้วหายใจเข้าลึกสุดอีก 1 ครั้ง แล้วหายใจปกติ 3-5 ครั้ง สิ้นสุดการทดสอบตัวแปรที่วัด ได้แก่ (1) ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ (forced vital capacity, FVC) (2) ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ (forced expiratory volume in one second, FEV1) (3) สัดส่วนระหว่างค่า FEV1 ต่อค่า FVC คูณด้วย 100 หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (% FEV1/FVC)

4) เครื่องบันทึกจำนวนก้าวการเดิน (pedometer รุ่น Omron healthcare Co., Ltd., U.S.A) โดยทำการบันทึกจำนวนก้าวการเดินในระยะเวลา 7 วันอย่างต่อเนื่อง

5) เครื่อง Accu check active (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany) สำหรับวัดระดับน้ำตาลในเลือดที่ปลายนิ้ว ภายหลังจากการขอให้อาสาสมัครงดน้ำ และอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง และอาสาสมัครจะถูกเจาะเลือดทางหลอดเลือดดำตำแหน่งข้อพับแขนประมาณ 8 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ระดับไขมันในเลือด (lipid profile) ได้แก่ triglyceride, HDL-C, LDL-C และ cholesterol เก็บในหลอดเก็บเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งชนิด lithium heparin ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ enzymatic colorimetric

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

อาสาสมัครที่เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการนัดหมาย 3 ครั้ง ดังนี้

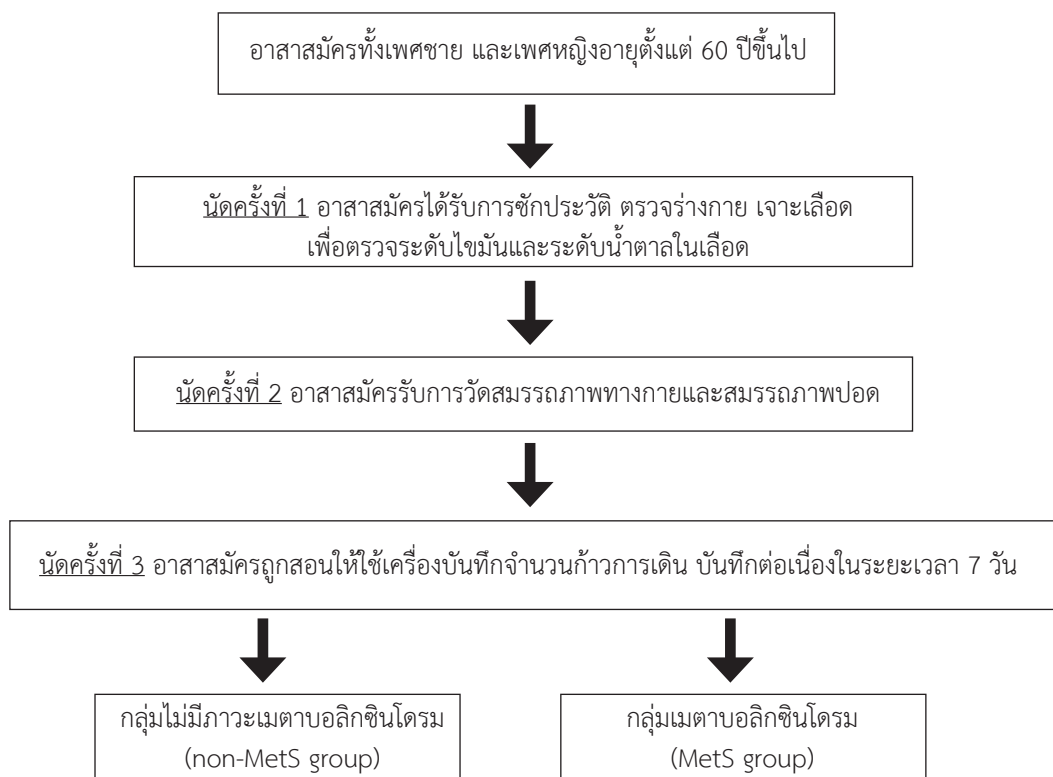
การนัดหมายครั้งที่ 1 อาสาสมัครถูกสัมภาษณ์เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับประวัติสุขภาพและประวัติทั่วไป รวมทั้งได้รับการตรวจร่างกายและตรวจเลือด ดังนั้น การตรวจสัญญาณชีพ (vital signs) และการเจาะเลือด เพื่อวิเคราะห์ระดับไขมันในเลือด (lipid profile) และการตรวจระดับน้ำตาลในเลือดที่ปลายนิ้ว

การนัดหมายครั้งที่ 2 ห่างจากการนัดหมายครั้งที่ 1 นาน 2 สัปดาห์ อาสาสมัครได้รับการวัดสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพปอด

การนัดหมายครั้งที่ 3 ห่างจากการนัดหมายครั้งที่ 2 นาน 1 สัปดาห์ อาสาสมัครจะถูกสอนให้

ใช้เครื่องบันทึกจำนวนก้าวการเดิน โดยทำการวัดจำนวนก้าวการเดินของอาสาสมัครในชีวิตประจำวัน และเครื่องจะบันทึกในระยะเวลา 7 วันอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลนี้จะนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยจำนวนก้าวการเดินต่อวัน (mean steps/day) ของอาสาสมัครแต่ละคน

หลังจากสิ้นสุดการนัดหมายทั้ง 3 ครั้ง อาสาสมัครจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์ของ modified NCEP ATPIII¹ คือ กลุ่มไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม (non-MetS group) และกลุ่มเมตาบอลิกซินโดรม (MetS group) พบว่า มีจำนวนอาสาสมัครแต่ละกลุ่มคือ 24 คน



รูปที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) สำหรับข้อมูลต่อเนื่อง (continuous variables) ได้แก่ อายุ ตัวแปรของระบบไหลเวียนโลหิต (hemodynamic parameter) ตัวแปรทางชีวเคมี (biochemical parameter) จำนวนก้าวการเดินต่อวัน สมรรถภาพปอดและสมรรถภาพทางกาย และข้อมูลจะแสดงเป็น n (%) สำหรับข้อมูลแบบแจกแจง (discrete variables) ได้แก่ จำนวนอาสาสมัครเพศหญิง และจำนวนอาสาสมัครที่ตรงตามเกณฑ์วินิจฉัย MetS สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มจะใช้สถิติ Student Paired t-test และใช้ไคสแควร์ (Chi-Square test) เมื่อเป็นข้อมูลแบบแจกแจง กำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

อาสาสมัครจำนวน 48 คน แบ่งเป็นกลุ่ม non-MetS จำนวน 24 (ชาย:หญิง, 4:20) และกลุ่ม MetS จำนวน 24 คน (ชาย:หญิง, 0:24) พบว่าอายุของกลุ่ม MetS มากกว่ากลุ่ม non-MetS (67.54 ± 4.81 vs. 64.58 ± 4.32 ; $p = 0.03$) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (DBP) พบว่ากลุ่ม MetS มีค่าความดันสูงกว่ากลุ่ม non-MetS (SBP 133.58 ± 10.71 vs. 124.33 ± 17.12 ; $p = 0.03$ และ DBP 82.00 ± 7.75 vs. 69.54 ± 8.45 ; $p < 0.01$ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม พบว่า HDL-C ในกลุ่ม MetS ต่ำกว่ากลุ่ม non-MetS (56.75 ± 14.08 vs. 67.08 ± 15.68 ; $p = 0.02$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไป ตัวแปรของระบบไหลเวียนโลหิต และตัวแปรทางชีวเคมีของอาสาสมัคร

Characteristics	non-MetS group (n=24)	Mets group (n=24)	P-value
Age (years)	64.58 $\pm$ 4.32	67.54 $\pm$ 4.81	0.03*
Number of female (%)	20 (83.33)	24 (100)	0.37
Hemodynamic parameters			
Heart rate (beats/min)	70.54 $\pm$ 8.64	73.96 $\pm$ 7.10	0.14
SBP (mm Hg)	124.33 $\pm$ 17.12	133.58 $\pm$ 10.71	0.03*
DBP (mm Hg)	69.54 $\pm$ 8.45	82.00 $\pm$ 7.75	<0.01**
Biochemical parameters			
Cholesterol (mg/dL)	237.17 $\pm$ 40.78	230.96 $\pm$ 49.98	0.64
HDL-C (mg/dL)	67.08 $\pm$ 15.68	56.75 $\pm$ 14.08	0.02*
Triglyceride (mg/dL)	90.29 $\pm$ 35.82	115.13 $\pm$ 57.88	0.08
LDL-C (mg/dL)	160.83 $\pm$ 37.34	161.18 $\pm$ 49.16	0.98
FBS (mg/dL)	102.00 $\pm$ 30.74	104.29 $\pm$ 10.33	0.73

ข้อมูลแสดงในรูปแบบ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ n (%)

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

** มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

SBP, ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว; DBP, ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว; HDL-C, ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง; Triglyceride, ไตรกลีเซอไรด์; LDL-C, ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นต่ำ; FBS, น้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร

กลุ่ม MetS มีจำนวนอาสาสมัครที่ตรงตามเกณฑ์วินิจฉัย MetS มากกว่ากลุ่ม non-MetS ในองค์ประกอบของความดันโลหิตขณะบีบตัวและคลายตัว (SBP และ DBP) ไขมัน (HDL-C และ

triglyceride) และน้ำตาลในเลือด (fasting blood sugar) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับรอบเอว (WC) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนอาสาสมัครที่ตรงตามเกณฑ์วินิจฉัย MetS

	non-MetS group		Mets group		P-value
MetS components	n	(%)	n	(%)	
WC	19	(79.17)	23	(95.83)	0.08
BP	10	(41.67)	20	(83.33)	0.03*
HDL-C	1	(4.17)	9	(37.50)	0.04*
Triglyceride	0	(0)	5	(20.83)	0.01*
FBS	3	(12.50)	19	(79.17)	<0.01**

ข้อมูลทั้งหมดแสดงในรูปแบบ n (%)

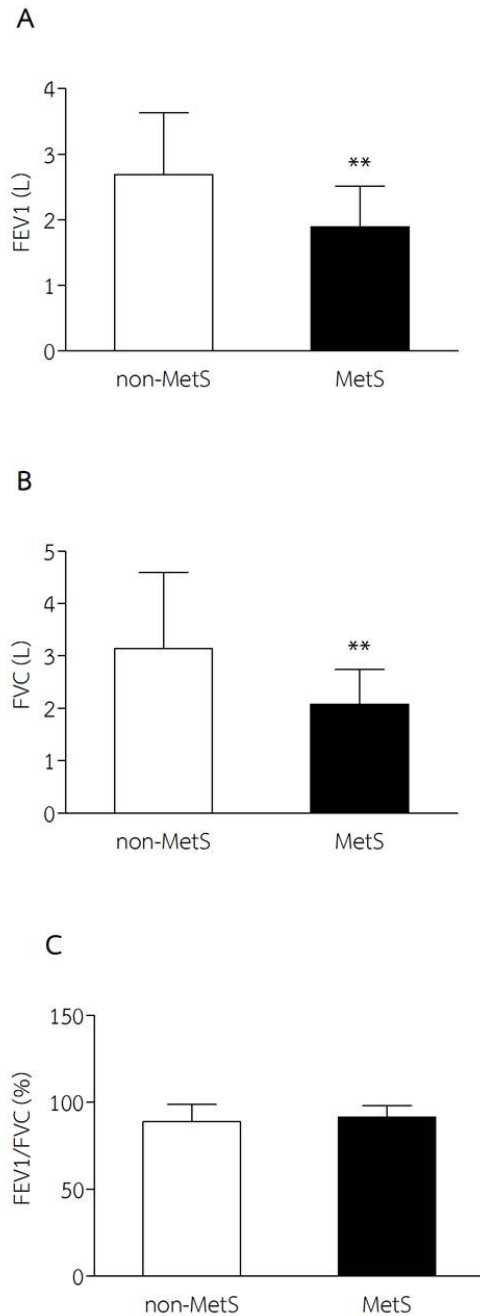
* มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

** มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

WC, รอบเอว ≥ 90 cm. สำหรับเพศชายเอเชีย และ ≥ 80 cm. สำหรับเพศหญิงเอเชีย; BP, ความดันโลหิต $\geq 130/85$ mm Hg; HDL-C, ไลโปโปรตีนชนิดความหนาแน่นสูง < 40 mg/dL สำหรับเพศชาย และ < 50 mg/dL สำหรับเพศหญิง; Triglyceride, ไตรกลีเซอไรด์ ≥ 150 mg/dL; FBS, น้ำตาลในเลือดเมื่ออดอาหาร ≥ 100 mg/dL

สมรรถภาพปอดพบว่ากลุ่ม MetS มีค่า FEV1 (1.89 ± 0.62 vs. 2.68 ± 0.94 ; $p < 0.01$) (รูปที่ 2A) และ ค่า FVC (2.08 ± 0.67 vs. 3.15 ± 1.45 ;

$p < 0.01$) (รูปที่ 2B) น้อยกว่ากลุ่ม non-MetS แต่ FEV1/FVC ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (รูปที่ 2C)



รูปที่ 2 สมรรถภาพปอดของผู้สูงอายุที่มีและไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม A. กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ FEV1, B. กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ FVC และ C. กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ FEV1/FVC (%) ตามลำดับ

ข้อมูลทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ** $p < 0.01$

FVC: ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุดจากตำแหน่งที่หายใจเข้า

FEV1: ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่

ตารางที่ 3 จำนวนก้าวการเดินต่อวัน และสมรรถภาพทางกายของอาสาสมัคร

Characteristics	non-MetS group (n=24)	Mets group (n=24)	P-value
Steps/day	5,106.08 ± 2,015.38	3,835.67 ± 1,234.09	0.01*
Physical fitness			
Height (cm.)	156.21 ± 4.76	154.96 ± 5.17	0.39
Weight (kg.)	58.52 ± 7.05	56.88 ± 7.39	0.44
BMI (kg/m. ²)	24.17 ± 2.61	24.02 ± 3.01	0.85
WC (cm.)	85.63 ± 7.20	87.63 ± 7.42	0.35
HC (cm.)	97.58 ± 7.01	96.58 ± 4.26	0.55
Fat mass (%)	33.42 ± 4.58	33.36 ± 5.15	0.96
Flexibility (cm.)	7.18 ± 9.75	8.94 ± 5.27	0.44
Muscular strength (kg/body weight)	0.39 ± 0.09	0.37 ± 0.07	0.40
VO ₂ max (ml/kg/min)	29.80 ± 5.86	30.22 ± 3.84	0.77

ข้อมูลทั้งหมดแสดงในรูปแบบ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

BMI: ดัชนีมวลกาย, WC: รอบเอว, HC: รอบสะโพก, VO₂max: อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ค่าเฉลี่ยจำนวนก้าวการเดินต่อวันพบว่า กลุ่ม non-MetS มีจำนวนก้าวการเดินต่อวันมากกว่ากลุ่ม MetS (5,106.08±2,015.38 vs. 3,835.67±1,234.09; $p=0.01$) แต่ไม่พบความแตกต่างของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 3)

อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบจำนวนก้าวการเดินต่อวัน สมรรถภาพปอด และสมรรถภาพทางกาย ในอาสาสมัครผู้สูงอายุ 2 กลุ่ม คือกลุ่ม non-MetS และกลุ่ม MetS พบว่า ผู้สูงอายุในกลุ่ม MetS มีจำนวนก้าวการเดินต่อวันน้อยกว่ากลุ่ม non-MetS ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Susan B. Sisson และคณะ (ค.ศ. 2010) พบว่าเมื่อมีจำนวนก้าวการเดินต่อวันเพิ่มขึ้น จะช่วยลดโอกาสการเกิด MetS ได้⁶

ในงานองเดียวกันงานวิจัยของ Antonio Stabelini Neto และคณะ (ค.ศ. 2011) พบว่าโอกาสในการเกิด MetS จะเพิ่มขึ้นในวัยรุ่นบราซิลที่ขาดกิจกรรมทางกาย และทำให้มีความทนทานของหัวใจและการหายใจลดลง¹⁸ แต่อุบัติการณ์ของการเกิด MetS ในผู้สูงอายุจะลดลงได้เมื่อมีการเดินเพิ่มขึ้น⁴ จากงานวิจัยของ Catrine Tudor-Locke และคณะ (ค.ศ. 2011) ได้แบ่งระดับกิจกรรมทางกายโดยใช้จำนวนก้าวการเดินต่อวัน คือ 1) จำนวนก้าวการเดินน้อยกว่า 5,000 ก้าว/วัน จัดว่าบุคคลนั้นมีพฤติกรรมการอยู่นิ่งเฉย (Sedentary behavior) 2) จำนวนก้าวการเดินประมาณ 5,000–7,499 ก้าว/วัน จัดว่าบุคคลนั้นมีกิจกรรมทางกายระดับต่ำและหากมีจำนวนก้าวการเดินประมาณ 7,500–9,999 ก้าว/วัน จัดว่าบุคคลนั้นค่อนข้างมีกิจกรรม 3) มากกว่า 10,000 แต่ไม่เกิน

12,499 ก้าว/วัน จัดว่ามีความคล่องแคล่วในการทำกิจกรรมต่างๆ และ 4) จำนวนก้าวการเดินต่อวันมากกว่า 12,500 แสดงว่ามีระดับกิจกรรมทางกายที่สูง⁵ ดังนั้น การเพิ่มจำนวนก้าวการเดินซึ่งทำให้ระดับกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น จะส่งผลดีต่อสุขภาพร่างกาย โดยงานวิจัยของ Junghoon Kim และคณะ (ค.ศ. 2011) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางกายและการเกิดภาวะ Mets ในประชากรญี่ปุ่นจำนวน 521 คน ในช่วงอายุตั้งแต่ 30-64 ปี พบว่ากิจกรรมทางกายมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะ Mets ในเพศชาย และเมื่อมีกิจกรรมทางกายในระดับปานกลางประมาณ > 26.5 METs (Metabolic equivalent) ชั่วโมงต่อสัปดาห์จะสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเป็น MetS ในประชากรญี่ปุ่นวัยกลางคนได้¹⁹ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เมื่อพิจารณาในกลุ่ม Non-MetS ค่าเฉลี่ยจำนวนก้าวต่อวันประมาณ 5,106.08±2,015.38 ก้าว/วัน ซึ่งเป็นระดับกิจกรรมทางกายที่ต่ำ จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการเพิ่มจำนวนก้าวการเดินต่อวันให้มากขึ้น และถ้ามีเป้าหมายจะเป็นผู้ที่มีความสุขที่ดีจะต้องมีจำนวนก้าวการเดินให้ได้ประมาณ 10,000 ก้าวต่อวัน⁵

สมรรถภาพปอดในกลุ่ม Mets มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม non-MetS การเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพปอดเกิดได้จากหลายปัจจัยได้แก่ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง การลดความยืดหยุ่นของปอด (lung compliance) และการขยายตัวของทรวงอกลดลง⁸ และค่าสมรรถภาพปอดมีความแตกต่างกันตามอายุ ความสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เพอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย²⁰ งานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับหลายงานวิจัยในอดีต²¹⁻²⁴ ซึ่งพบว่ากลุ่ม Mets จะมีค่าสมรรถภาพปอดลดลง โดยสามารถอธิบายสาเหตุทางสรีรวิทยาได้คือ ค่าความดันโลหิตทั้ง SBP และ DBP ที่สูงในกลุ่ม Mets ส่งผลให้หัวใจห้องล่างซ้ายมีการทำงานที่ผิดปกติ จึงทำให้ความดันที่หัวใจห้องบนซ้ายเพิ่มขึ้น นำไปสู่การเพิ่มความดันหลอดเลือดแดงที่ปอด (pulmonary artery pressure) ทำให้

เกิดการบวมระหว่างเซลล์ (interstitial edema) ในปอด ด้วยเหตุนี้ความยืดหยุ่นของปอดจะลดลง จึงพบว่าสมรรถภาพของปอดจะลดลงทั้งค่า FEV1 และค่า FVC²³ ยิ่งไปกว่านั้นกลุ่ม MetS จะมีค่า HDL-C ที่ต่ำ โดยหน้าที่ของ HDL-C คือ การขนส่งคอเลสเตอรอลจากเซลล์ต่างๆเข้าสู่ตับ เพื่อการกำจัด และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (anti-inflammation) การลดลงของ HDL-C สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ C-reactive protein (CRP) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การอักเสบในร่างกาย²⁵ ดังนั้น เมื่อเกิดภาวะอักเสบขึ้น สมรรถภาพปอดจะลดลง ทำให้ลดค่า FEV1 และ FVC^{22,24} ถึงแม้ว่า เส้นรอบเอว (WC) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการวินิจฉัย MetS ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีรอบเอวมากจะมีการสะสมของไขมันในช่องท้อง ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของปอด โดยจำกัดการหายใจ ลดความยืดหยุ่นของปอด ลดการขยายของทรวงอกและกระบังลม และลดปริมาตรปอดลง^{11,26} ทำให้ประสิทธิภาพในการหายใจลดลง²⁷ นอกจากนี้ เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) จะสร้างและหลั่งสารชีวเคมีต่างๆ เข้าสู่กระแสเลือด ซึ่งเป็น proinflammatory cytokines ทำให้สร้างสารอนุมูลอิสระและระดับ CRP เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับ MetS²⁸ ส่งผลให้เกิดกระบวนการอักเสบขึ้นที่ปอด และทั่วร่างกาย ทำให้มีการทำลายทั้งเนื้อเยื่อปอดและทางเดินหายใจ ส่งผลให้มีค่า FEV1 และ FVC ลดลง²¹ เป็นการจำกัดการไหลของอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต

ในกลุ่ม Mets พบว่ามีจำนวนอาสาสมัครที่มี FBS ≥ 110 มก./ดล. ตามเกณฑ์ของ modified NCEP ATPIII¹ มีจำนวนมากกว่าในกลุ่ม non-MetS ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างของค่า FBS ระหว่างกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตาม ในผู้สูงอายุทั้ง 2 กลุ่มนี้ก็มีความจำเป็นต้องควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในช่วงปกติ คือ 70-99 มก./ดล. เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่า FBS นั้นมีความสัมพันธ์กับการลดลงของ

สมรรถภาพปอด การศึกษาวิจัยของ Yun Jeong Lee และคณะ (ค.ศ. 2013) ซึ่งทำการศึกษาในผู้ที่มีภาวะระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารผิดปกติ (impaired fasting glucose; IFG) พบว่ามีการลดลงของค่า FVC¹⁰ ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากสาเหตุ คือ ผู้ที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดผิดปกติจะมีภาวะอักเสบเรื้อรัง เกิดพยาธิสภาพที่หลอดเลือดฝอย (microangiopathy) และเส้นประสาทอัตโนมัติเสื่อม (autonomic neuropathy) ส่งผลให้มีการลดลงของสมรรถภาพปอด

งานวิจัยครั้งนี้ไม่พบว่าสมรรถภาพทางกายมีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Darlan Lopes Farias และคณะ (ค.ศ. 2013) พบว่ากลุ่ม MetS มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในท่าเหยียดเข่าน้อยกว่ากลุ่ม non-MetS เมื่อทดสอบด้วยเครื่อง Cybex¹⁵ และงานวิจัยของ Denis Cesar Leite Vieira และคณะ (ค.ศ. 2013) พบการลดลงของความแข็งแรงและพลังของกล้ามเนื้อ รวมทั้งลดความยืดหยุ่นของร่างกายในผู้สูงอายุเพศหญิงที่เป็น MetS¹⁴ งานวิจัยของ Ke-Vin Chang และคณะ (ค.ศ. 2015) พบความสัมพันธ์ของ MetS กับการลดความยืดหยุ่นของร่างกาย แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความทนทานของหัวใจและปอดในผู้สูงอายุ²⁹ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ Patricia A. Hageman และคณะ (ค.ศ. 2012) พบว่าผู้ที่มีความทนทานของหัวใจและปอดสูงจะลดโอกาสเกิด MetS โดยทำการศึกษาในผู้ที่ความดันโลหิตสูงในระยะเริ่มต้น ช่วงอายุระหว่าง 40-69 ปี ที่อาศัยในชนบท³⁰ และ Dongwon Yi และคณะ (ค.ศ. 2018) ได้สำรวจประชากรเกาหลีจำนวน 5,014 คน พบความสัมพันธ์ทางลบระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเสี่ยงในการเกิด MetS¹³ เมื่อพิจารณางานวิจัยในอดีตที่ศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพทางกายและ MetS จะพบว่ามีความหลากหลายในเรื่องวิธีการและเครื่องมือในการวัดสมรรถภาพทางกาย คุณลักษณะของอาสาสมัคร เช่น เพศ อายุ เชื้อชาติ หรือปัจจัยใน

เรื่องของภาวะสุขภาพหรือโรคประจำตัว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการศึกษานั้นมีแตกต่างกัน

สรุปผล

ผู้สูงอายุที่มีภาวะ MetS จะมีจำนวนก้าวการเดินในแต่ละวัน และมีสมรรถภาพปอดน้อยกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีภาวะ MetS

ข้อเสนอแนะ

ผู้สูงอายุควรทำการประเมินจำนวนก้าวการเดินและสมรรถภาพปอด เพื่อที่จะช่วยให้ตระหนักถึงภาวะสุขภาพของตนเอง และกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสุขภาพ เช่น การพยายามเพิ่มกิจกรรมทางกายให้มากขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนก้าวการเดินในแต่ละวันให้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการเกิด MetS และมีผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นในผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยทุกท่าน และศูนย์ส่งเสริมสุขภาพ หาดใหญ่ซึ่งช่วยเหลือจนเจ้าหน้าที่ บุคลากรภายในที่ให้ความช่วยเหลือ พร้อมทั้งอนุเคราะห์ด้านครุภัณฑ์ สถานที่ และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้ สำหรับงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินกองทุนวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ ประเพณีทั่วไป ปีงบประมาณ 2561 สัญญาเลขที่ วท. พบ.161001

References

1. Hong AR, Lim S. Clinical characteristics of metabolic syndrome in Korea, and its comparison with other Asian countries. J Diabetes Investig 2015 Sep;6(5):508-15. PubMed PMID: 26417407. Pubmed Central PMCID: PMC4578487. Doi: 10.1111/jdi.12313.

2. Denys K, Cankurtaran M, Janssens W, et al. Metabolic syndrome in the elderly: an overview of the evidence. *Acta Clin Belg* 2009 Jan-Feb;64(1):23-34. PubMed PMID: 19317238. Doi:10.1179/acb.2009.006.
3. Motl RW, McAuley E. Physical activity, disability, and quality of life in older adults. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2010 May;21(2):299-308. PubMed PMID: 20494278. Doi:10.1016/j.pmr.2009.12.006.
4. Peterson MJ, Morey MC, Giuliani C, et al. Walking in old age and development of metabolic syndrome: the health, aging, and body composition study. *Metab Syndr Relat Disord* 2010 Aug;8(4):317-22. PubMed PMID: 20367219. Pubmed Central PMCID: PMC3072703. Doi:10.1089/met.2009.0090.
5. Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, et al. How many steps/day are enough? For adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011 Jul 28;8:79. PubMed PMID: 21798015. Pubmed Central PMCID: PMC3197470. Doi:10.1186/1479-5868-8-79.
6. Sisson SB, Camhi SM, Church TS, et al. Accelerometer-determined steps/day and metabolic syndrome. *Am J Prev Med* 2010 Jun;38(6):575-82. PubMed PMID: 20494233. Doi:10.1016/j.amepre.2010.02.015.
7. Bassett DR, Jr., Toth LP, LaMunion SR, Crouter SE. Step Counting: A Review of Measurement Considerations and Health-Related Applications. *Sports Med*. 2017 Jul;47(7):1303-15. PubMed PMID: 28005190. Pubmed Central PMCID: PMC5488109. Doi:10.1007/s40279-016-0663-1.
8. Vaz Fragoso CA, Gill TM. Respiratory impairment and the aging lung: a novel paradigm for assessing pulmonary function. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2012 Mar;67(3):264-75. PubMed PMID: 22138206. Pubmed Central PMCID: PMC3297762. Doi:10.1007/s40279-016-0663-1.
9. Birhan MM, Abebe Y. Pulmonary Function Tests in Hypertensive Patients Attending Zewditu Memorial Hospital, Addis Ababa, Ethiopia. *Int J Hypertens* 2018;Nov 12:1-7. Doi:10.1155/2018/5492680. eCollection 2018. PMCID: PMC6260409 PMID: 30538860.
10. Lee YJ, Kim NK, Yang JY, et al. Low pulmonary function in individuals with impaired fasting glucose: the 2007-2009 Korea national health and nutrition examination survey. *PLoS One* 2013;8(9):e76244. PubMed PMID: 24086719. Pubmed Central PMCID: PMC3785444. Doi:10.1371/journal.pone.0076244. eCollection 2013.
11. Lee Y-Y, Tsao Y-C, Yang C-K, et al. Association between risk factors of metabolic syndrome with lung function. *Eur J Clin Nutr* 2019 Aug 19. doi: 10.1038/s41430-018-0369-6.
12. Kim JW, Ko YC, Seo TB, et al. Effect of circuit training on body composition, physical fitness, and metabolic syndrome risk factors in obese female

- college students. *J Exerc Rehabil* 2018 Jun;14(3):460-65. PubMed PMID: 30018934. Pubmed Central PMCID: PMC6028228. Doi:10.12965/jer.1836194.097. eCollection 2018 Jun.
13. Yi DW, Khang AR, Lee HW, et al. Relative handgrip strength as a marker of metabolic syndrome: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) VI (2014-2015). *Diabetes Metab Syndr Obes* 2018;11:227-40. PubMed PMID: 29872330. Pubmed Central PMCID: PMC5973429. Doi:10.2147/DMSO.S166875. eCollection 2018.
 14. Vieira DC, Tibana RA, Tajra V, et al. Decreased functional capacity and muscle strength in elderly women with metabolic syndrome. *Clin Interv Aging* 2013;8:1377-86. PubMed PMID: 24143083. Pubmed Central PMCID: PMC3797611. Doi:10.2147/CIA.S50333.
 15. Farias DL, Tibana RA, Teixeira TG, et al. Elderly women with metabolic syndrome present higher cardiovascular risk and lower relative muscle strength. *Einstein (São Paulo)*. 2013;11:174-79.
 16. Donley DA, Fournier SB, Reger BL, et al. Aerobic exercise training reduces arterial stiffness in metabolic syndrome. *J Appl Physiol* (1985) 2014 Jun 1;116(11):1396-404. PubMed PMID: 24744384. Pubmed Central PMCID: PMC4044399. Doi:10.1152/jappphysiol.00151.2014.
 17. Mishra M, Pandey, chaubey d. A Comparative Study of Vo_2 Max among the Basketball, Football, Volleyball and Hockey Male Players. *Int J Appl Res* 2015;1(11):245-7.
 18. Stabelini Neto A, Sasaki JE, Mascarenhas LP, et al. Physical activity, cardiorespiratory fitness, and metabolic syndrome in adolescents: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2011 Aug 30;11:674. PubMed PMID: 21878095. Pubmed Central PMCID: PMC3223865. Doi:10.1186/1471-2458-11-674.
 19. Kim J, Tanabe K, Yokoyama N, et al. Association between physical activity and metabolic syndrome in middle-aged Japanese: a cross-sectional study. *BMC Public Health* 2011 Aug 5;11:624. PubMed PMID: 21819591. Pubmed Central PMCID: PMC3199599. Doi:10.1186/1471-2458-11-624.
 20. Bae JY, Jang KS, Kang S, et al. Correlation between basic physical fitness and pulmonary function in Korean children and adolescents: a cross-sectional survey. *J Phys Ther Sci* 2015 Sep;27(9):2687-92. PubMed PMID: 26504269. Pubmed Central PMCID: PMC4616070. Doi:10.1589/jpts.27.2687.
 21. Koul PA. Metabolic syndrome and chronic obstructive pulmonary disease. *Lung India* 2016 Jul-Aug;33(4):359-61. PubMed PMID: 27578925. Pubmed Central PMCID: PMC4948220. Doi:10.4103/0970-2113.184865.

22. Rogliani P, Curradi G, Mura M, et al. Metabolic syndrome and risk of pulmonary involvement. *Respir Med* 2010;104(1):47-51.
23. Schnabel E, Nowak D, Brasche S, et al. Association between lung function, hypertension and blood pressure medication. *Respir Med* 2011 May;105(5):727-33.
24. Chen WL, Wang CC, Wu LW, et al. Relationship between lung function and metabolic syndrome. *PLoS One* 2014;9(10):e108989. PubMed PMID: 25299452. Pubmed Central PMCID: Doi:10.1371/journal.pone.0108989. eCollection 2014.
25. Rein P, Saely CH, Beer S, et al. Roles of the metabolic syndrome, HDL cholesterol, and coronary atherosclerosis in subclinical inflammation. *Diabetes Care* 2010 Aug; 33(8):1853-5.
26. Wehrmeister FC, Menezes AM, Muniz LC, et al. Waist circumference and pulmonary function: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev* 2012 Nov 16;1:55.
27. Leone N, Courbon D, Thomas F, et al. Lung function impairment and metabolic syndrome: the critical role of abdominal obesity. *Am J Respir Crit Care Med* 2009 Mar 15;179(6):509-16.
28. Faber DR, van der Graaf Y, Westerink J, et al. Increased visceral adipose tissue mass is associated with increased C-reactive protein in patients with manifest vascular diseases. *Atherosclerosis* 2010 Sep;212(1):274-80.
29. Chang KV, Hung CY, Li CM, et al. Reduced flexibility associated with metabolic syndrome in community-dwelling elders. *PLoS One* 2015;10(1):e0117167. PubMed PMID: 25614984. Pubmed Central PMCID: PMC4304714. Doi:10.1371/journal.pone.0117167. eCollection 2015.
30. Hageman PA, Pullen CH, Hertzog M, et al. Associations of cardiorespiratory fitness and fatness with metabolic syndrome in rural women with prehypertension. *J Obes* 2012;2012:618-728. PubMed PMID: 23227315. Pubmed Central PMCID: PMC3512333. Doi:10.1155/2012/618728.