

ผลของมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมันต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 30-40 ปี

Effects of muscular and fat mass on maximum oxygen consumption in female participants aged between 30-40 years

ธารวิมล อินทชัย^{1*}, คันธนู ดีกล่อม¹, สินุราช เจนใจ¹, สุวณีย์ ไวแสน¹, ปิยะวดี วิชา²

Tharnwimol Inthachai^{1,*}, Kantanoo Deekom¹, Sinurat Jenjai¹, Suwanee Waisen¹, Piyawadee Wicha²

¹ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University

²ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²Department of Anatomy, Faculty of Medicine, Chiang Mai University

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นค่าที่ใช้ประเมินความสามารถในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก ขณะออกกำลังกายหรือการทำกิจกรรมประจำวันต่างๆ แต่การศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกาย มวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครเพศหญิงที่ไม่ค่อยออกกำลังกาย อายุระหว่าง 30- 40 ปียังมีจำนวนจำกัด

วัตถุประสงค์: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในอาสาสมัครหญิงที่ไม่ค่อยออกกำลังกาย ที่มีดัชนีมวลกายปกติ (18.5-22.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร) จำนวน 20 คน และอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ (< 18.5 กิโลกรัม/ตารางเมตร) จำนวน 20 คน 2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครหญิงที่ไม่ค่อยออกกำลังกาย อายุระหว่าง 30-40 ปี

วิธีการวิจัย: อาสาสมัครถูกวัดมวลไขมันและมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยการทดสอบปั่นจักรยานวัดงาน ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติ independent t-test และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย: อาสาสมัครหญิงที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ ที่มีมวลกล้ามเนื้อมาก มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าอาสาสมัครหญิงที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ ที่มีมวลไขมันมาก ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่สามารถร่วมกันพยากรณ์อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ดัชนีมวลกาย มวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ -0.264, -0.374 และ 0.470 ตามลำดับ มีอำนาจในการพยากรณ์ร้อยละ 74.1 ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 2.79

สรุปผล: มวลกล้ามเนื้อและไขมัน มีผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าดัชนีมวลกาย กลุ่มคนที่มีพฤติกรรมไม่ค่อยออกกำลังกาย อายุระหว่าง 30-40 ปี ควรเน้นการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ และลดมวลไขมันในร่างกาย เพื่อคงสมรรถภาพทางกาย

คำสำคัญ: การใช้ออกซิเจนสูงสุด, ดัชนีมวลกาย, มวลไขมัน, มวลไร้ไขมัน, ความสามารถทางแอโรบิก

ABSTRACT

Background: Previous studies demonstrated that maximum oxygen consumption (VO_{2max}) is a parameter for determining the aerobic capacity during exercise or doing other physical activities. However, studies investigating the effects and

*Corresponding author: Tharnwimol Inthachai, Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Pitsanulok, Thailand 65000. E-mail: tharnwimoli@nu.ac.th

correlations of body mass index, fat and muscle mass on VO_{2max} in sedentary female participants aged 30-40 years, have been limited.

Objective: This study aims to 1) compare VO_{2max} in sedentary female participants with a normal weight ($BMI = 18.5 - 22.9 \text{ kg/m}^2$, $n = 20$) and underweight ($BMI < 18.5 \text{ kg/m}^2$, $n = 20$), and 2) to study the influencing factors towards VO_{2max} in sedentary female participants aged between 30-40 years.

Methods: All participants were measured for body fat percentage (%BF), muscular mass and VO_{2max} by cycle ergometer. The data was compared the significant difference between groups by using the independent t-test and determined the coefficient of multiple regression by using multiple linear regression with setting the statistical significance at p-value less than 0.05.

Results: Participants with underweight BMI and lower fat mass showed a higher VO_{2max} than participants with normal BMI and higher fat mass (36.01 ± 4.63 , 30.33 ± 3.58 ; $p=0.028$). The beta weight of forecast VO_{2max} at the level of statistical significant 0.001. BMI, fat and muscular mass showed the forecasting variables of the coefficient of standard score (β) were -0.264, -0.374 and 0.470 respectively. The results have powered by 74.1%, and a standard error of prediction was 2.79.

Conclusion: Muscle and fat mass showed more influence on VO_{2max} than BMI. Therefore, sedentary participants aged between 30-40 years should particularly increase muscle mass and decrease fat mass to enhance physical performance.

Keywords: Maximum oxygen consumption, Body mass index, Fat mass, Fat free mass, Aerobic capacity

บทนำ

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง ผู้คนในสังคมต้องทำงานในภาวะที่มีการแข่งขันสูง ก่อให้เกิดความเครียด วิตกกังวล คนจำนวนมากจึงขาดความสนใจดูแลสุขภาพร่างกายตนเอง รวมถึงการบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำและขาดการออกกำลังกายสม่ำเสมอ จากพฤติกรรมดังกล่าว จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาสุขภาพตามมาในที่สุด¹ อัตราการใช้ ออกซิเจน สูง สุด (Maximum Oxygen consumption) คือ ปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถใช้ได้ก่อนที่ เป็นค่าที่บ่งบอกถึง ความสามารถของร่างกายในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิค ขณะออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมประจำวัน² การศึกษาที่ผ่านมาในอาสาสมัครเพศหญิงที่มีภาวะอ้วน (ดัชนีมวลกายมากกว่า 40 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) จำนวน 30 คน วัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการทดสอบวิ่งบนลู่วิ่งด้วยความหนักระดับต่ำกว่าสูงสุด (Submaximal threshold) พบว่า ภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกิน มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ลดลง³ สอดคล้องกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ค่าดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้อและไขมันในอาสาสมัครสุขภาพดี พบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าดัชนีมวลกายและมวลไขมัน แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับมวลกล้ามเนื้อ⁴

อย่างไรก็ตาม การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกตินั้น ยังมีค่อนข้างจำกัด เช่น การศึกษาของ Azad และคณะ เปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธี Queen college step test ในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ และน้อยกว่าปกติ ในอาสาสมัครอายุระหว่าง 15-17 ปี

พบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน⁵ แต่การศึกษาของ Nowak และคณะ ทำการเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครอายุระหว่าง 19-24 ปีที่มีดัชนีมวลกายปกติและน้อยกว่าปกติ พบว่าค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด น่าจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคืออาสาสมัครที่มีค่าดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ มีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 36.85 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ขณะที่กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 32.45 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที⁶ การศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ ส่วนใหญ่ที่ผ่านมา จะศึกษาในอาสาสมัครที่มีช่วงอายุน้อยกว่า 30 ปีเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ เพศหญิงเมื่ออายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป เป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น ระบบฮอร์โมนหรือระบบการเผาผลาญพลังงานของร่างกายลดลง^{7,8} โดยเฉพาะเพศหญิงที่มีพฤติกรรมไม่ออกกำลังกาย มีโอกาสเกิดภาวะอ้วน โรคทางระบบหัวใจและหัวใจตามมาในที่สุด⁹ การศึกษาในกลุ่มประชากรอายุระหว่าง 30-40 ปี จึงนิยมศึกษาผลของภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกินต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นส่วนใหญ่ แต่ค่านิยมของผู้หญิงในปัจจุบัน ที่รักษารูปร่างให้ผอมบาง โดยจำกัดปริมาณอาหาร หรือเลือกรับประทานอาหารเพียงบางหมวดหมู่ เพื่อควบคุมดัชนีมวลกายหรือน้ำหนักตัวโดยไม่คำนึงถึงระดับการออกกำลังกายหรือกิจกรรมต่างๆ ในสังคม จึงเกิดเป็นปัญหาสุขภาพทางกายและจิตใจตามมา¹⁰ การได้มาซึ่งข้อมูลในกลุ่มประชากรที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติหรืออยู่ในเกณฑ์ปกติ ตลอดถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะช่วยเพิ่มความรู้ ความเข้าใจในการส่งเสริมกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกาย ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครหญิงที่มีดัชนีมวลกายปกติและน้อยกว่าปกติ ร่วมกับการวัดค่ามวลไขมันใน

ร่างกายระดับน้อยกว่าเกณฑ์ปกติในช่วงอายุระหว่าง 30-40 ปี¹¹ เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการรณรงค์ดูแลสุขภาพร่างกายในประชากรหญิงไทยต่อไป

วิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ผ่านการรับรองด้านจริยธรรม จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร หมายเลขโครงการวิจัย IRB No. 0363/60 อาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 30-40 ปีที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกจำนวน 40 คน โดยผู้วิจัยคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง (Sample size) โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อน (type I error 5%, $Z\alpha = 0.8$, type II error, $Z\beta = 0.84$)

$$\text{จากสูตร}^{12} n = \frac{2(Z\alpha_p + Z\beta)^2 \sigma_p^2}{\Delta^2}$$

โดยอ้างอิงค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากงานวิจัยของ Regima และคณะ ที่เปรียบเทียบค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครหญิงที่มีดัชนีมวลกายปกติ มากกว่าเกณฑ์และน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ¹³

อาสาสมัครเพศหญิงที่มีดัชนีมวลกายปกติ (18.5-22.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)¹⁴ และอาสาสมัครเพศหญิงที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 18.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)¹⁴ และมีมวลไขมันระดับน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ (% body fat < 25%)¹¹ ที่ไม่ค่อยออกกำลังกาย โดยมีการออกกำลังกายระดับปานกลางน้อยกว่า 30 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ หรือออกกำลังกายระดับหนักน้อยกว่า 20 นาที 3 วันต่อสัปดาห์¹⁵ อาสาสมัครยินยอมเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครในการวิจัย และสามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้ สำหรับเกณฑ์การคัดออกของอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มคือ ผู้ที่มีโรคประจำตัวทางระบบหัวใจและหายใจ ผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มสุราหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่ออกฤทธิ์กระตุ้นหรือยับยั้งระบบประสาทส่วนกลางภายใน 48 ชั่วโมง⁴ ผู้ที่มีปัญหาทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่

จำกัดต่อการทดสอบ และผู้ที่ออกกำลังกายระดับเบา หรือปานกลางมากกว่า 25-30 นาทีต่อวัน เป็นประจำ ต่อเนื่อง 4-5 วันต่อสัปดาห์¹⁶

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลวิจัย

1. อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก ลงชื่อ ในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยอธิบายขั้นตอน การทดสอบแก่อาสาสมัคร ประกอบด้วย การคำนวณ ค่าดัชนีมวลกาย ($BMI = \text{Weight (kg)} / \text{Height (m)}^2$) ค่า สัญญาณชีพ การวัดปริมาณไขมันในร่างกาย และการ วัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยจักรยานวัดงาน
2. การวัดปริมาณไขมันในร่างกาย ด้วยวิธีการ Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) ¹⁵ โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกาย Omron HBF 375 (Omron Corporation, Japan) ภายในห้อง ควบคุมที่กำหนดอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส และค่า มวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (fat free mass) คำนวณจาก $\text{Body weight} - (\text{Body weight} * \text{Fat}\%)$ ^{4, 14} โดยมีข้อควรปฏิบัติก่อนการวัดดังนี้ (1) งดดื่ม เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์หรือคาเฟอีน อย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ (2) งดการออกกำลังกายอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ (3) งดดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ (4) งดการใชยาขับปัสสาวะอย่างน้อย 7 วันก่อนการทดสอบ (5) ผู้เข้าร่วมทดสอบต้อง ปัสสาวะก่อนทดสอบอย่างน้อย 30 นาทีก่อนการวัด ไขมันในร่างกาย¹⁷ จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลของ อาสาสมัครก่อน ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง จากนั้นทำความสะอาดบริเวณมือและเท้าก่อนการวัด เพื่อลดความต้านทานไฟฟ้าขณะทำการวัด หลังจากนั้นให้อาสาสมัครยืนบนเครื่องวัดและเหยียดแขนทั้งสองข้างที่จับด้ามจับไปข้างหน้า ตั้งฉากกับลำตัว ประมาณ 1-2 นาที จนเครื่องแสดงผลออกมา
3. อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คาคณะเนจากการ ทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน โดยใช้ Astrand-Ryhming nomogram ผู้วิจัยสวมอุปกรณ์วัดอัตราการ

เต้นของหัวใจโดยให้อุปกรณ์อยู่บริเวณใต้อกด้านซ้าย ของอาสาสมัครและใส่นาฬิกาแสดงอัตราการเต้นของ หัวใจ ตั้งเครื่องเคาะจังหวะที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยานตามเสียงจังหวะเพื่อรักษา ความเร็วให้คงที่ โดยเท้าข้างใดข้างหนึ่งต้องอยู่ที่บันได ต่ำสุดขณะเสียงเคาะจังหวะดัง จากนั้นให้ผู้ทดสอบ ปั่นจักรยาน 2-3 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกายและสร้างความคุ้นเคย เริ่มจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบสามารถปั่น จักรยานรักษาความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที ตาม น้ำหนักถ่วงที่กำหนดให้ การเลือกน้ำหนักถ่วงขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ สุขภาพ และสมรรถภาพของแต่ละคน โดยอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำการทดสอบอยู่ ในช่วง 120- 170 ครั้งต่อนาที¹⁸ โดยอาสาสมัครเพศ หญิงที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำให้ปรับแรงต้าน 1 กิโลปอนด์ ($300-450 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$) บันทึกอัตราการ เต้นของหัวใจทุกนาทีเป็นเวลา 6 นาที เมื่อครบ 2 นาที หากอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า 120 ครั้งต่อนาที ให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงอีก 0.5 กิโลปอนด์ และขยายเวลา ออกไปอีก 1 นาที หรือมากกว่าเพื่อให้อัตราการเต้น ของหัวใจสม่ำเสมอและเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady state) นำอัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาทีที่ 5 และ นาทีที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ย และทำการคำนวณอัตราการ ใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้ Astrand-Ryhming nomogram จากนั้นนำค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด มาคำนวณกับอายุของผู้ถูกทดสอบ ดังสูตร $\text{absolute } VO_{2\text{max}}$ (ลิตรต่อนาที) เท่ากับ $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Nomogram) คูณกับค่า Age Factor ¹⁸ จากนั้นนำค่า absolute $VO_{2\text{max}}$ ในหน่วยลิตรต่อนาทีที่ได้จากการคำนวณ มาหารกับค่าน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบ เพื่อหาค่า $\text{Relative } VO_{2\text{max}}$ ในหน่วยมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อ นาที เพื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างอาสาสมัครแต่ละบุคคล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลทั้งหมดจะแสดงอยู่ในค่าเฉลี่ย (Mean) บวกและลบ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard

deviation) ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ใช้สถิติ Independent t-test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ โดยใช้สถิติ Multiple linear regression ในโปรแกรม SPSS สำหรับ Windows กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาทั้งสองกลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอายุ น้ำหนัก ค่าความอึดของออกซิเจนก่อนการทดสอบวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($p > 0.05$) แต่ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลกล้ามเนื้อ ระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

จากตารางที่ 1 อายุของอาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยในกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีอายุระหว่าง 34.55 ± 3.03 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 53.82 ± 3.04 กิโลกรัม และค่าส่วนสูงเฉลี่ย 159.67 ± 3.84 เซนติเมตร และกลุ่มดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ มีอายุระหว่าง 34.45 ± 3.37 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 49.42 ± 3.82 กิโลกรัม และค่าส่วนสูงเฉลี่ย 162.15 ± 5.89 เซนติเมตร

อาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 21.42 ± 0.81 กิโลกรัม/ตารางเมตร ส่วนค่ามวลไขมันในร่างกาย มวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันเฉลี่ย 28.06 ± 3.76 และ 35.39 ± 3.12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในอาสาสมัครกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ มีค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายเท่ากับ 18.36 ± 0.33 กิโลกรัม/ตารางเมตร มีค่ามวลไขมันในร่างกายเท่ากับ 22.59 ± 2.98 เปอร์เซ็นต์ มวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันเฉลี่ย 38.25 ± 2.06 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าค่าดัชนีมวลกาย ค่ามวลไขมัน และมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน มีความแตกต่างกันระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ($p < 0.05$; ตาราง 1)

ผลของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ข้อมูลการเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม จากตารางที่ 2 พบว่าค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติและน้อยกว่าปกติ มีค่าเฉลี่ย 30.33 ± 3.58 และ 36.01 ± 4.63 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาทีตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม พบว่าอาสาสมัครหญิงที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.028$)

ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

จากตารางที่ 3 พบว่าปัจจัยทั้งสามตัว ร่วมกันอธิบายค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้ร้อยละ 74.1 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ (S.E) เท่ากับ 2.79 โดยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน และดัชนีมวลกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ < 0.001 มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมันและดัชนีมวลกาย มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในรูปคะแนนมาตรฐาน (β) เท่ากับ 0.470, -0.374 และ -0.264 และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในรูปแบบคะแนนดิบ (b) เท่ากับ 0.302, -0.443 และ -0.392 ตามลำดับ

บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครหญิงอายุระหว่าง 30-40 ปี ที่มีดัชนีมวลกายปกติและน้อยกว่าปกติ เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มพบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ มีค่ามากกว่าอัตราการใช้ออกซิเจนในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Mondal และ Mishra ในปี ค.ศ. 2017 ที่ทำการศึกษา

ความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันใน ร่างกายและมวลร่างกายที่ปราศจากไขมันต่ออัตราการ
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

ตัวแปร	ค่าที่วัดได้		
	กลุ่มดัชนีมวลกายปกติ	กลุ่มดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ	p-value
อายุ (ปี)	34.55 ± 3.03	34.45 ± 3.37	0.831
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	53.82 ± 3.04	49.42 ± 3.82	0.338
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	159.67 ± 3.84	162.15 ± 5.89	0.036
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	21.42 ± 0.81	18.36 ± 0.33	0.040
ค่ามวลไขมันในร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)	28.06 ± 3.76	22.59 ± 2.98	0.023
ค่ามวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	35.39 ± 3.12	38.25 ± 2.06	0.015

หมายเหตุ: * แตกต่างจากกลุ่มดัชนีมวลกายปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม

ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด	กลุ่มตัวอย่าง		
	กลุ่มดัชนีมวลกายปกติ	กลุ่มดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ	p-value
VO _{2max} (ml/kg/min)	30.33 ± 3.58	36.01 ± 4.63	0.028

หมายเหตุ: * แตกต่างจากกลุ่มดัชนีมวลกายปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ตัวแปร	b	S.E.	Beta	t	p-value
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	-0.392	0.170	-0.264	-2.299	0.027
มวลกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)	0.302	0.070	0.470	4.286	<0.001
มวลไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	-0.443	0.108	-0.374	-4.093	<0.001

R Square (R^2) = 0.741 Adjust R square (AR^2) = 0.719 S.E. = 2.79 F = 34.267*

หมายเหตุ: *ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ < 0.001 , b = Unstandardized coefficient, S.E. = Standard error of estimate,

Beta = Standardized Coefficient, t = t-test

ใช้ออกซิเจนสูงสุด ในอาสาสมัครจำนวน 54 คน (ผู้ชาย 30 คน และผู้หญิง 24 คน) ที่มีสุขภาพดีที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี พบว่าดัชนีมวลกายและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด และมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน

จะแปรผันตรงกับอัตราการใช้ออกซิเจน⁴ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanae และคณะ ในปี ค.ศ. 2014 ทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยการปั่นจักรยานวัดงาน พบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครหญิง ที่มีอายุเฉลี่ย 43 ± 12.3 ปี จำนวน 106 คน มี

ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับดัชนีมวลกายและเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายในระดับสูงหรือมาก¹⁹

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ ค่าความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมประจำวันต่างๆ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ประเมินการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต²⁰ การที่อาสาสมัครมีมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันมากกว่า โดยเฉพาะมวลกล้ามเนื้อ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเผาผลาญพลังงานขณะออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมประจำวันต่างๆ²¹ การที่มีมวลกล้ามเนื้อมาก ทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก (Resting metabolic rate) เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ความสามารถในการนำออกซิเจน มาใช้สร้างพลังงาน ขณะออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมประจำวันต่างๆ ดีกว่าผู้ที่มีมวลกล้ามเนื้อน้อย²² สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้พบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายและมวลไขมันน้อยกว่าปกติ มีอัตราการใช้ออกซิเจนมากกว่าอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ แต่มีมวลกล้ามเนื้อน้อย

นอกจากนี้ การศึกษาของของ Azad และคณะ ในปี ค.ศ. 2014 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธี Queen college step test ในอาสาสมัครหญิงที่มีดัชนีมวลกายปกติและน้อยกว่าปกติ อายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 15-16 ปี จำนวน 67 คน (กลุ่มดัชนีมวลกายปกติ 38 คน และกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ 29 คน) โดยอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม มีระดับกิจกรรมทางกายน้อยและออกกำลังกายระดับต่ำ แต่มีมวลไขมันกับมวลร่างกายปราศจากไขมันทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน จึงทำให้อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มเท่ากับ 40.6 ± 2.79 และ 40.1 ± 2.76 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ⁵ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับอัตราการใช้ออกซิเจนโดยวิธีการ Astrand-Ryhming ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ ซึ่งแตกต่างจาก

วิธีการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยการก้าวขึ้นลงกล่อง (Queen college step test) และคุณสมบัติของอาสาสมัครในงานวิจัยของ Azad และคณะ⁵ ที่มีมวลไขมันและมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันในอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน แต่การศึกษาครั้งนี้ อาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม มีความแตกต่างกันทั้งค่าดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันและมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามวลไขมันและมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันในร่างกาย มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าค่าดัชนีมวลกาย^{4,23}

งานวิจัยครั้งนี้พบว่าอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ ที่มีระดับการออกกำลังกายน้อยหรือไม่ค่อยออกกำลังกาย จะมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่ากลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ แม้ว่ากลุ่มที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติ นั้นจะมีอัตราการใช้ออกซิเจนที่ดีกว่ากลุ่มดัชนีมวลกายปกติ แต่ปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าดัชนีมวลกายหรือมวลไขมันเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับมวลกล้ามเนื้อภายในร่างกายและระดับการเคลื่อนไหวร่างกายและการออกกำลังกายอีกด้วย²⁴ การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาในผู้หญิงที่สุขภาพดี ในกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติอยู่ที่ 18.36 ± 0.33 กิโลกรัม/ตารางเมตร จัดอยู่ในเกณฑ์ผอมเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ถ้าอาสาสมัครมีค่าดัชนีมวลกายน้อยเกินไปหรืออยู่ในภาวะทุพโภชนาการ อาจทำให้สูญเสียมวลกล้ามเนื้อ ส่งผลทำให้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลง²⁵ การรักษาระดับกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ ร่วมกับการควบคุมปริมาณอาหาร จะช่วยลดไขมันที่สะสมในร่างกาย เสริมสร้างมวลกระดูกและกล้ามเนื้อ²⁶ จึงเป็นวิธีการที่คงอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้เหมาะสมกว่าการจำกัดอาหารเพียงเพื่อรักษาดัชนีมวลกายเพียงอย่างเดียว²⁷

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีประโยชน์ต่อหญิงไทยที่มีอายุระหว่าง 30-40 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงของระบบเผาผลาญพลังงานในร่างกายลดลง^{7,8} เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการรณรงค์ส่งเสริมสุขภาพของหญิงไทย ให้มีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง โดยการควบคุมปริมาณไขมันในร่างกายให้อยู่ในระดับสมส่วนหรือน้อย ร่วมกับการออกกำลังกายเป็นประจำเพื่อเสริมสร้างมวลกล้ามเนื้อ โดยการออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength exercises) และแนะนำให้มีการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic exercise) อย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มหรือคงอัตราการใช้ออกซิเจน

ข้อจำกัดในการวิจัย

จำนวนกลุ่มตัวอย่างของอาสาสมัครที่ใช้อ้างอิงในงานวิจัย อาจยังมีจำนวนน้อยเกินไป การศึกษาครั้งต่อไป ควรเพิ่มจำนวนของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่มีดัชนีมวลกายน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ นอกจากนี้การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการปั่นจักรยานวัดงาน ในอาสาสมัครเพศหญิงที่ไม่ออกกำลังกายเป็นประจำ ทำให้เกิดความหนักต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ความล้าของกล้ามเนื้อ อาจจำกัดความสามารถในการทดสอบ การศึกษาครั้งต่อไป ควรเป็นการทดสอบโดยการเดินหรือการทดสอบด้วยการก้าวขึ้น-ลงบันไดแทน เพื่อลดความล้าของกล้ามเนื้อขณะทดสอบ นอกจากนี้การทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครสุขภาพดี ที่มีดัชนีมวลกายปกติและน้อยกว่าปกติ ผลการศึกษาอาจมีความแตกต่างในทางคลินิก การศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาในผู้ที่มีข้อจำกัดในการออกกำลังกายหรือผู้ป่วยระยะพักฟื้น เพื่อเป็นแนวทางในวางแผนและส่งเสริมสุขภาพต่อไป

สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้สรุปผลได้ว่า แม้ว่าดัชนีมวลกายมวลไขมันและมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน จะมี

ผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่อาสาสมัครหญิงอายุระหว่าง 30-40 ปีที่มีค่าดัชนีมวลกายน้อยกว่าปกติเล็กน้อย ร่วมกับมีมวลไขมันระดับน้อย และมีมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันมาก มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าอาสาสมัครที่มีค่าดัชนีมวลกายปกติ แต่มีมวลไขมันมากกว่า ดังนั้นเพศหญิงอายุระหว่าง 30-40 ปี แม้จะรักษาระดับดัชนีมวลกายให้อยู่ในระดับปกติ แต่ถ้าไม่ลดระดับมวลไขมันและเพิ่มมวลของร่างกายที่ปราศจากไขมันในร่างกาย อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดก็จะลดลง ดังนั้นวิธีการส่งเสริมอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่เหมาะสมที่สุด ควรเน้นการเสริมสร้างมวลกล้ามเนื้อมวลกล้ามเนื้อ และการลดมวลไขมันในร่างกาย มากกว่าการรักษาดัชนีมวลกาย เพื่อเพิ่มหรือคงความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีและส่งเสริมสุขภาพร่างกายต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจากคณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เสียสละเวลาเข้าร่วมในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Benatar SR, Gill S, Bakker I. Global health and the global economic crisis. Am J Public Health. 2011;101(4):646-53.
2. Nelson MD, Petersen SR, Dlin RA. Effects of age and counseling on the cardiorespiratory response to graded exercise. Med Sci Sports Exerc. 2010;42(2):255-64.
3. Onofre T, Oliver N, Carlos R, Felismino A, Corte RC, Silva E, et al. Oxygen uptake efficiency slope as a useful measure of cardiorespiratory fitness in morbidly obese women. PLoS One. 2017;12(4):e0172894.

4. Mondal H, Mishra SP. Effect of BMI, Body Fat Percentage and Fat Free Mass on Maximal Oxygen Consumption in Healthy Young Adults. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(6):CC17-CC20.
5. Azad A, Zamani A. Lean body mass can predict lung function in underweight and normal weight sedentary female young adults. *Tanaffos.* 2014;13(2):20-6.
6. Kostrzewa Nowak D, Nowak R, Jastrzebski Z, Zarebska A, Bichowska M, Drobnik-Kozakiewicz I, et al. Effect of 12-week-long aerobic training programme on body composition, aerobic capacity, complete blood count and blood lipid profile among young women. *Biochem Med (Zagreb).* 2015;25(1):103-13.
7. Kenny GP, Groeller H, McGinn R, Flouris AD. Age, human performance, and physical employment standards. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41(6 Suppl 2):S92-S107.
8. Sehl ME, Yates FE. Kinetics of human aging: I. Rates of senescence between ages 30 and 70 years in healthy people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001;56(5):B198-208.
9. Booth FW, Roberts CK, Laye MJ. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Compr Physiol.* 2012;2(2):1143-211.
10. Rollero C, De Piccoli N. Self-Objectification and Personal Values. An Exploratory Study. *Front Psychol.* 2017;8:1055.
11. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3):694-701.
12. Jirawatkul A. Statistics for health science research. Bangkok: Wittayapat company; 2009.
13. Regima S, Balakrishnan R, Thanabalan K. Effect of body mass index on the VO₂ max in female AMU students. *Int j phys educ sports health.* 2016;3(1):272-6.
14. Stegenga H, Haines A, Jones K, Wilding J, Guideline Development G. Identification, assessment, and management of overweight and obesity: summary of updated NICE guidance. *BMJ.* 2014;349:g6608.
15. Duren DL, Sherwood RJ, Czerwinski SA, Lee M, Choh AC, Siervogel RM, et al. Body composition methods: comparisons and interpretation. *J Diabetes Sci Technol.* 2008;2(6):1139-46.
16. Cabrera de Leon A, Rodriguez-Perez Mdel C, Rodriguez-Benjumbeda LM, Ania-Lafuente B, Brito-Diaz B, Muros de Fuentes M, et al. [Sedentary lifestyle: physical activity duration versus percentage of energy expenditure]. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60(3):244-50.
17. Pereira C, Silva RAD, de Oliveira MR, Souza RDN, Borges RJ, Vieira ER. Effect of body mass index and fat mass on balance force platform measurements during a one-legged stance in older adults. *Aging Clin Exp Res.* 2018;30(5):441-7.
18. Cink RE, Thomas TR. Validity of the Astrand-Ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake. *Br J Sports Med.* 1981;15(3):182-5.

19. Kanae Oda, Nobuyuki Miyatake, Noriko Sakano, Takeshi Saito, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, et al. Relationship between peak oxygen uptake and regional body composition in Japanese subjects. *J Sport Health Sci.* 2014;3(3):233-8.
20. Hawkins MN, Raven PB, Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(1):103-7.
21. Kim DK. Accuracy of predicted resting metabolic rate and relationship between resting metabolic rate and cardiorespiratory fitness in obese men. *J Exerc Nutrition Biochem.* 2014;18(1):25-30.
22. Santa-Clara H, Szymanski L, Ordille T, Fernhall B. Effects of exercise training on resting metabolic rate in postmenopausal African American and Caucasian women. *Metabolism.* 2006;55(10):1358-64.
23. Maciejczyk M, Wiecek M, Szymura J, Szygula Z, Wiecha S, Cempla J. The influence of increased body fat or lean body mass on aerobic performance. *PLoS One.* 2014;9(4):e95797.
24. Thivel D, Metz L, Aucouturier J, Brakonietcki K, Duche P, Morio B. The effects of imposed sedentary behavior and exercise on energy intake in adolescents with obesity. *J Dev Behav Pediatr.* 2013;34(8):616-22.
25. Fletcher G, Eves FF, Glover EI, Robinson SL, Vernooij CA, Thompson JL, et al. Dietary intake is independently associated with the maximal capacity for fat oxidation during exercise. *Am J Clin Nutr.* 2017;105(4):864-72.
26. Shete AN, Bute SS, Deshmukh PR. A Study of VO2 Max and Body Fat Percentage in Female Athletes. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(12):BC01-3.
27. Frost EA, Redman LM, de Jonge L, Rood J, Zachwieja JJ, Volaufova J, et al. Interaction between dietary fat and exercise on excess postexercise oxygen consumption. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2014;306(9):E1093-8.