**ผลเสียของภาวะอ้วนต่อค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจในอาสาสมัครเพศชายวัยกลางคน**

**The Detrimental Effects of Obesity on Heart Rate Variability in Middle Age Male Participants**

จันทกานต์ แซ่ชี1 คณิตา วรรณสมัย1 ภัทราภรณ์ ใจมะณี1 เกริกเกียรติ จินดา2 เดชา ปิ่นแก้ว3 ธารวิมล อินทชัย1\*

Jantakan Saechee1, Kanita Wannasamai1, Pattharaporn Jaimanee2, Kroekkiat Chinda2, Decha Pinkeaw3, Tharnwimol Inthachai1,\*

1ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

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

2ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2Department of Physiology, Faculty of Medical Health Science, Naresuan University

3ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3Department of Physical therapy, Faculty of Associated Medical Science, Chiang Mai University

\*Corresponding author: Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Pitsanulok, Thailand 65000

Email: [tharnwimoli@nu.ac.th](mailto:tharnwimoli@nu.ac.th)

**บทคัดย่อ**

**เหตุผลของการทำวิจัย:** ภาวะอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการเกิดโรคหัวใจและไหลเวียนโลหิต ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นค่าที่ใช้ประเมินความสามารถของระบบหายใจและหัวใจ บ่งบอกความสามารถในการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจน แต่การศึกษาผลของภาวะอ้วนต่อค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ สมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครชายในประเทศไทยอายุระหว่าง 40-50 ยังมีจำนวนจำกัด

**วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ สมรรถภาพปอด และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในอาสาสมัครชายที่มีดัชนีมวลกายปกติ (18.5 -22.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร) จำนวน 10 คน อาสาสมัครชายที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วนระดับ 1 (25-29.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร) จำนวน 10 คน

**วิธีทำการวิจัย:**  อาสาสมัครที่มีสุขภาพดี อายุ 40 - 50 ปี จำนวน 20 คน จะถูกวัดองค์ประกอบของร่างกาย ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ สมรรถภาพปอด และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยการปั่นจักรยานวัดงาน ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ด้วยสถิติ Independent sample t test โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

**ผลการศึกษา:** อาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายภาวะอ้วน มีค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจด้วยเวลาลดลง ค่าความถี่ต่ำและสัดส่วนระหว่างความถี่ต่ำและความถี่สูงเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครระหว่างทั้งสองกลุ่ม (p>0.05)

**สรุปผลการศึกษา**

ความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติลดลงในผู้ที่มีภาวะอ้วน ดังนั้นการประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ อาจใช้เป็นการคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นของโรคหัวใจและไหวเวียนโลหิต

**คำสำคัญ:** ภาวะอ้วน, ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ, อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด, สมรรถภาพปอด

**Background:** Obesity is an important risk factor of cardiorespiratory diseases. Heart rate variability (HRV), and maximum oxygen consumption (VO2max) are parameters of cardiorespiratory function for determining aerobic capacity. However, studies investigating the effects of obesity on HRV, pulmonary function and maximum oxygen consumption in male participants aged 40 and 50 years, have been limited.

**Objectives:** This study aimed to compare HRV, pulmonary function and VO2max in male participants with a normal BMI (18.5 – 22.9 kg/m2, n = 10), overweight (25-29.9 kg/m2, n=10).

**Methods:** All healthy participants aged 40-50 years were twenty subject aged 30-50 years. All participants were measured for body composition, heart rate variability, pulmonary function and VO2max by cycle ergometer. The data was compared the significantly difference between groups by using the independent t-test, with setting the statistical significant p-value less than 0.05.

**Results:** Time domain parameters of HRV in obese group were lower, low frequency and ration of low and high frequency (LF/HF ratio) also were higher when compared with participants with normal BMI. Pulmonary function and maximum oxygen consumption were not significantly different between the groups (p>0.05).

**Conclusion:** Autonomic balance was dismissed in obese participants. Therefore, assessment of HRV may be applied as a basic screening test before development of cardiovascular diseases.

**Keywords:** Obesity, Heart rate variability, Maximum oxygen consumption, Pulmonary function

**ที่มาและความสำคัญ**

ปัจจุบันประเทศไทยเปลี่ยนจากสังคมเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรม ผู้คนจึงมีพฤติกรรมการใช้ชีวิตด้วยความเร่งรีบ จนขาดความสนใจในการดูแลสุขภาพร่างกาย เกิดเป็นปัญหาสุขภาพตามมา ([1](#_ENREF_1)) ภาวะอ้วน มีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่นการบริโภคอาหารที่มีไขมันและคอเลสเทอรอลสูง การดื่มสุราหรือสูบบุหรี่เรื้อรัง ตลอดจนการออกกำลังกายหรือมีระดับกิจกรรมทางกายต่ำ([2](#_ENREF_2)) ภาวะอ้วนจึงเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคและความเจ็บป่วย เช่น โรคทางระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต เบาหวานหรือโรคติดต่อไม่เรื้อรัง ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต สังคมและเศรษฐกิจทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ([3](#_ENREF_3))

ระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยระบบซิมพาเธติกและพาราซิมพาเธติก มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและไหลเวียน ([4](#_ENREF_4)) ความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ และการทำงานร่วมกันของระบบหัวใจและหายใจ จะช่วยให้การทำกิจวัตรประจำวันต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ([5](#_ENREF_5)) ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นค่าที่ประเมินความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ ใช้พยากรณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหรืออัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและไหลเวียนโลหิต([6](#_ENREF_6)) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอาสาสมัครชายอายุระหว่าง ที่มีภาวะอ้วนมาก (Morbid obesity) หรือดัชนีมวลกายมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจลดลง ([7](#_ENREF_7))

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นค่าที่ประเมินความสามารถของระบบหัวใจและหายใจขณะออกกำลังกายหรือทำกิจวัตรประจำวันต่างๆ([8](#_ENREF_8)) มวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยเฉพาะมวลไขมันมีความสัมพันธ์เชิงลบต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด([9](#_ENREF_9)) Shazia และคณะ ศึกษาผลของภาวะอ้วนต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครหญิง 18-20 ปี ด้วยการทดสอบการก้าวขึ้น-ลง (Queen college step test) พบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ([10](#_ENREF_10)) สอดคล้องกับการศึกษาของ Crump และคณะ พบว่าความทนทานของระบบหัวใจและหายใจลดลงในอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน และผู้ที่มีภาวะอ้วน มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจล้มเหลว ([11](#_ENREF_11))

แม้จะมีการศึกษาผลของภาวะอ้วนต่อต่อการทำงานของระบบหัวใจและหายใจ แต่ผลของภาวะอ้วนในประชากรชายวัยกลางคนในประเทศไทยยังมีจำกัด ประกอบกับเพศชายเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น กระบวนการเผาผลาญพลังงานในร่างกายลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนของสารหรือฮอร์โมนต่างๆ จึงมีความเสี่ยงต่อภาวะน้ำหนักเกินหรืออ้วนมากขึ้น([12](#_ENREF_12)) ปัจจุบันพบอุบัติการณ์ของการเกิดโรคอ้วนหรือน้ำหนักเกินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง([13](#_ENREF_13)) มีรายงานว่าการเพิ่มขึ้นของดัชนีมวลกายหรือน้ำหนักตัวในอาสาสมัครชายวัยกลางคนส่วนใหญ่ เกิดจากพฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม เช่นการรับประทานที่ไม่ถูกต้องตามหลักโภชนาการ การขาดการออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกาย มากกว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงของตามธรรมชาติของร่างกาย ([14](#_ENREF_14)) สอดคล้องกับรายงานอุบัติการณ์ของภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกินในทวีปเอเชียและในประเทศไทย พบว่าพฤติกรรมการบริโภคอาหาร การขาดการออกกำลังกาย เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประชากรไทย มีความเสี่ยงต่อภาวะน้ำหนักเกินหรือโรคอ้วน ([13](#_ENREF_13), [15](#_ENREF_15))

การได้มาซึ่งข้อมูลในประชากรวัยกลางคนที่มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย โดยเฉพาะระบบเผาผลาญพลังงาน และมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำหนักเกินหรืออ้วน ซึ่งจะกลายเป็นประชากรผู้สูงอายุในอนาคต จะช่วยให้ทราบผลของภาวะอ้วนต่อปัญหาสุขภาพและสาธารณสุขในประเทศไทย ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบผลของภาวะอ้วนต่อค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ สมรรถภาพปอด และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในอาสาสมัครชายที่มีภาวะอ้วนและน้ำหนักปกติในช่วงอายุระหว่าง 40-50 ปี เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและส่งเสริมสุขภาพประชากรวัยกลางคนที่จะก้าวเข้าสู่วัยผู้สูงอายุในอนาคต

**ขั้นตอนการวิจัย**

**กลุ่มตัวอย่าง**

อาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมงานวิจัย จะได้รับการอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนในงานวิจัย และให้อิสระในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ ซึ่งผ่านการรับรองด้านจริยธรรม จากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รูปแบบงานวิจัยเป็นการวิจัยเชิงสังเกตจุดใดจุดหนึ่ง (Observational study) กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาเพศชายอายุ 40-50 ปี จำนวน 20 ราย(REF) โดยการคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง จากการอ้างอิงข้อมูลงานวิจัยของ Chintala และคณะ([16](#_ENREF_16)) เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของภาวะน้ำหนักเกินต่อความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าความแปรปรวนของหัวใจด้วยความถี่ต่ำเท่ากับ 20.98 มิลลิวินาทีและค่าความแปรปรวนมาตรฐานเท่ากับ 32.7 มิลลิวินาทีค่า Zcrit = 1.960 และค่า Zpwr = 0.842

เกณฑ์การคัดเข้าคืออาสาสมัครเพศชายอายุระหว่าง 40-50 ปีที่ออกกำลังกายระดับปานกลางน้อยกว่า 30 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ หรือออกกำลังกายระดับหนักน้อยกว่า 20 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ ([17](#_ENREF_17), [18](#_ENREF_18)) ที่มีดัชนีมวลกายปกติ (18.5-22.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)([19](#_ENREF_19)) และอาสาสมัครเพศชายที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วน (22.99 -29.99 กิโลกรัมต่อตารางเมตร)([19](#_ENREF_19)) ที่ไม่มีพฤติกรรมสูบบุหรี่ อาสาสมัครยินยอมเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครในการวิจัย สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้

สำหรับเกณฑ์การคัดออก คือผู้ที่มีโรคประจำตัวทางระบบหัวใจและหายใจ โรคทางระบบประสาท ดื่มสุราหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ที่ออกฤทธิ์กระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานระบบประสาทส่วนกลางภายใน 48 ชั่วโมง ผู้ที่มีปัญหาทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่จำกัดต่อการทดสอบ([20](#_ENREF_20)) อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้า-ออกถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอาสาสมัครชายที่มีดัชนีมวลกายปกติปกติที่ไม่สูบบุหรี่ ที่มีความหนาไขมันใต้ผิวหนังอยู่ในระดับสมส่วน (20.5-27.4%)([21](#_ENREF_21)) จำนวน 10 คน อาสาสมัครชายที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วน ที่มีความหนาไขมันใต้ผิวหนังในระดับค่อนข้างอ้วนถึงอ้วน (26.5-34.3%)([21](#_ENREF_21)) จำนวน 10 คน

**ขั้นตอนการเก็บข้อมูลวิจัย**

**การวัดองค์ประกอบของร่างกาย**

การทดสอบได้ดำเนินการในห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ 23-25 องศาเซลเซียส([22](#_ENREF_22)) ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยอาสาสมัครต้องงดดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ คาเฟอีนหรือกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางอย่างน้อย 48 ชั่วโมง งดการออกกำลังกายอย่างน้อย 24 ชั่วโมง งดดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารอย่างน้อย 4 ชั่วโมง งดการใช้ยาขับปัสสาวะอย่างน้อย 7 วันก่อนการทดสอบ และผู้เข้าร่วมทดสอบต้องปัสสาวะก่อนทดสอบอย่างน้อย 30 นาทีก่อนการวัดไขมันในร่างกาย ([23](#_ENREF_23)) จากนั้นผู้วิจัยทำการวัดค่าสัญญาณชีพ ดัชนีมวลกาย ค่าความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ด้วยเครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง บริเวณต้นแขนด้านหลัง (Triceps skinfold) บริเวณท้อง (Abdominal skinfold) และบริเวณเหนือเชิงกราน (Suprailiac skinfold) ค่าเฉลี่ยของความหนาไขมันใต้ผิวหนังที่วัดได้ทั้ง 3 ตำแหน่ง ดังสมการ % BF = 0.39287(sum of 3SKF) – 0.0105(sum of 3SKF)2 + 0.15772(age) - 5.18845([21](#_ENREF_21))

สำหรับขั้นตอนการวัดองค์ประกอบของร่างกาย ด้วยเครื่อง **Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)** (Omron HBF 375, Omron Corporation, Japan) เพื่อวัดมวลไขมัน มวลไขมันในช่องท้องและมวลกล้ามเนื้อในร่างกาย ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครลงบนเครื่องก่อน จากนั้นทำความสะอาดบริเวณมือและเท้าก่อนการวัด เพื่อลดความต้านทานไฟฟ้า โดยให้อาสาสมัครยืนบนเครื่องวัด และเหยียดแขนทั้งสองข้างที่จับด้ามจับไปข้างหน้า ตั้งฉากกับลำตัว จนเครื่องแสดงค่าออกมา([24](#_ENREF_24))

**ขั้นตอนการทดสอบสมรรถภาพปอด**

การเตรียมก่อนการทดสอบ โดยอาสาสมัครต้องปฏิบัติตามคำแนะนำดังนี้ อาสาสมัครไม่ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 30 นาทีก่อนการทดสอบสมรรถภาพปอด ไม่ควรสวมเสื้อผ้าที่จำกัดการเคลื่อนไหวของทรวงอกและท้อง หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารมื้อใหญ่ อย่างน้อย 2 ชั่วโมง และไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ คาเฟอีน อย่างน้อย 4 ชั่วโมง ([25](#_ENREF_25)) สำหรับการวัดสมรรถภาพปอด อาสาสมัครแต่ละคนจะได้รับการอธิบายขั้นตอน พร้อมทั้งสาธิตขั้นตอนการวัดสมรรถภาพปอดโดยผู้วิจัยอย่างละเอียด ค่าที่ได้แปลผลโดยการเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์คาดคะเนของคนปกติ ที่มีความสูง อายุ เพศ และเชื้อชาติเดียวกัน แล้วแปลผลตามเกณฑ์ของสมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย โดยผลสมรรถภาพปอดที่ไม่อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ FVC < 80% ของค่าคาดคะเน และ FEV1/FVC < 70% ของค่าคาดคะเน ([26](#_ENREF_26)) โดยให้อาสาสมัครนั่ง เท้าติดพื้น ใช้ริมฝีปากครอบที่เป่าและจับหลอดเป่าอยู่ระดับปาก ขณะทำการทดสอบให้อาสาสมัครหายใจเข้าเต็มที่สุด และเป่าลมออกผ่านอุปกรณ์ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทำการทดสอบ 3 ครั้ง และนำค่าที่มากที่สุดมาแปลผล([26](#_ENREF_26))

**ขั้นตอนการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด**

ผู้วิจัยวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดแบบทางอ้อม โดยการคาดคะเนจาก Astrand-Ryhming nomogram ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่กำหนดจังหวะ 50 รอบต่อนาที สำหรับการเลือกน้ำหนักถ่วงในอาสาสมัครเพศชายที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ เริ่มต้นปรับแรงต้าน 1 กิโลปอนด์ (300-450 kpm.min-1) เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 120- 170 ครั้งต่อนาที ([27](#_ENREF_27)) อาสาสมัครจะถูกสวมอุปกรณ์อยู่บริเวณใต้อกด้านซ้ายและใส่นาฬิกาแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ ผู้ทดสอบจะต้องปั่นจักรยานตามจังหวะที่กำหนด เพื่อรักษาความเร็วของการปั่นจักรยานให้คงที่ โดยผู้ทดสอบปั่นจักรยาน 2-3 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกายและสร้างความคุ้นเคย จากนั้นผู้วิจัยจะทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ย มาคำนวณกับอายุของผู้ถูกทดสอบ ดังสูตร absolute VO2max (ลิตรต่อนาที) เท่ากับ VO2max (Nomogram) คูณกับค่า Age Factor ([27](#_ENREF_27)) จากนั้นนำค่า absolute VO2maxในหน่วยลิตรต่อนาทีที่ได้จากการคำนวณ มาหารกับค่าน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบ เพื่อหาค่า Relative VO2max ในหน่วยมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ([28](#_ENREF_28)) จากนั้นนำค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน

**ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ**

ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นการวัดความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาระหว่างคลื่น R ถึง R ใน QRS complex ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ([29](#_ENREF_29)) ผู้วิจัยทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยการติดอิเล็ดโทรดบริเวณขาซ้ายและแขนขวา (lead III) โดยใช้โปรแกรม Power Lab and Chart (AD Instrument, Sydney, Australia)([30](#_ENREF_30)) ทำการบันทึกค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจโดยให้อาสาสมัครนอนหงาย หายใจเข้าออกปกติอย่างน้อย 20 นาที โดยกำหนดความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจด้วยเวลา (Time domain) และคลื่นความถี่ (Frequency domain) ตามคำแนะนำของ The Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology ประกอบด้วยคลื่นความถี่ต่ำ (low frequency, LF) คลื่นความถี่สูง (High Frequency, HF) อยู่ในช่วงความถี่ 0.04 to 0.15 และ0.15-0.40 เฮิร์ท และอัตราส่วนระหว่างคลื่นความถี่ต่ำและความถี่สูง (LF/HF ration) จากนั้นนำค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

ข้อมูลจะแสดงอยู่ในค่าเฉลี่ย (Mean)บวกลบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นทดสอบการกระจายตัวด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่ม ใช้สถิติ independent t test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

**ผลการวิจัย**

**ข้อมูลพื้นฐานของอาสามัคร**

จากผลการศึกษาพบว่าอายุ ส่วนสูงของอาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาทั้งสองกลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05 ) แต่พบความแตกต่างของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ค่าความหนาของไขมันใต้ผิวหนังระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม อายุของอาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยในกลุ่มที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีอายุระหว่าง 44.7 ± 4.85 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 62.16 ± 4.76 กิโลกรัม และค่าส่วนสูงเฉลี่ย 167.30 ± 4.03 เซนติเมตร กลุ่มภาวะอ้วน มีอายุระหว่าง 46.4 ± 5.10 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 76.18 ± 4.62 กิโลกรัม และค่าส่วนสูงเฉลี่ย 166.4 ± 4.79 ปี อาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย 21.83 ± 1.12 กิโลกรัม/ตารางเมตร และค่าความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 23.85 ± 3.68 เปอร์เซ็นต์ และอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายภาวะอ้วน มีค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายเฉลี่ย 27.53 ± 1.61 และค่าความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 30.79 ± 2.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1)

ค่ามวลไขมันในร่างกายในอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม มีความแตกต่างกัน โดยอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีค่าเฉลี่ยของไขมันในร่างกาย เท่ากับ 17.68 ± 4.37 และอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน มีค่าเฉลี่ย 27.07 ± 3.26 ไม่พบความแตกต่างระหว่างมวลกล้ามเนื้อและไขมันในช่องท้องระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม (p>0.05) (ตารางที่ 1) อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจหดและคลายตัวของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) (ตารางที่ 1)

**การเปรียบเทียบสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด**

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของสมรรถภาพปอด พบว่าค่าสมรรถภาพปอดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มดัชนีมวลกายปกติและภาวะอ้วน (p >0.05) โดยพบว่าอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติและภาวะอ้วน มีค่าเฉลี่ย 29.33±3.29 และ 26.41 ± 4.06 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

**การเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ**

การวิเคราะห์ทางค่าความแปรปรวนของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเวลา พบว่าอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (SDNN) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของ (RMSSD) แตกต่างกับอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ อาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีค่าเฉลี่ย SDNN และ RMSSD เท่ากับ 72.42 ± 12.18 และ 64.38 ± 9.85 มิลลิวินาที ตามลำดับ สำหรับอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน มีค่าเฉลี่ย SDNN และ RMSSD เท่ากับ 33.48 ± 10.18 และ 26.18 ± 11.52 มิลลิวินาทีตามลำดับ

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความถี่ พบว่าค่าความแปรปรวนของความถี่ต่ำ (Low Frequency normalized unite: LF (n.u.) และสัดส่วนระหว่างความถี่ต่ำและความถี่สูง (LF/HF ratio) ของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม มีความแตกต่างกัน โดยอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ มีค่า LF และ LF/HF เท่ากับ 49.69 ± 13.38 n.u.และ 0.95 ± 0.17 ตามลำดับ อาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน มีค่า LF และ LF/HF เท่ากับ 76.02 ± 8.56 n.u. และ 2.05 ± 0.75 ตามลำดับ สำหรับความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจช่วงความถี่สูง (High Frequency: HF) ในอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติและภาวะอ้วน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.38 ± 10.41 และ 40.56 ± 11.85 ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ดังตารางที่ 4

**บทวิจารณ์**

การวิจัยครั้งนี้ พบว่าอาสาสมัครชายที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วน มีค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเวลาลดลง โดยพบว่าค่า SDNN และ RMSSD ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับการลดลงของระบบพาราซิมพาเธติค ([29](#_ENREF_29)) และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจด้วยความถี่ต่ำ (LF) และสัดส่วนของค่าความถี่ต่ำและความถี่สูงเพิ่มขึ้น (LF/HF ratio) แสดงภาวะที่มี sympathetic activity เพิ่มสูงขึ้นหรือความไม่สมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ ([31](#_ENREF_31)) การศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม พบเพียงแนวโน้มการลดลงของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วน

ความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ ประกอบด้วยระบบซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติกนั้น มีผลต่อการควบคุมของอัตราการเต้นของหัวใจ ในสภาวะปกติระบบทั้งสองจะทำงานสมดุลกัน แต่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งจากปัจจัยภายในและนอก เช่น ภาวะจิตใจ การออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางกายต่างๆ ย่อมส่งผลต่อความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ ([32](#_ENREF_32)) สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วน ที่มีมวลไขมันมาก พบค่า SDNN และ RMSDD ลดลง ค่า LF และ LF/HF ratio เพิ่มขึ้น แสดงถึงความไม่สมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ([7](#_ENREF_7)) แสดงให้เห็นว่าแม้อาสาสมัครชายวัยกลางคนที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วนระดับเล็กน้อย แต่มีไขมันในร่างกายสูง เกิดความไม่สมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ ดังนั้นเพศชายวัยกลางคนที่มีพฤติกรรมไม่ออกกำลังกาย ร่วมกับมีดัชนีมวลกายและมวลไขมันในร่างกายมาก ย่อมมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตเพิ่มขึ้น ([31](#_ENREF_31))

การที่มีดัชนีมวลกายเพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์ต่อความผิดปกติของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ([7](#_ENREF_7)) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าภาวะอ้วนหรือการที่มีไขมันสะสมในร่างกายปริมาณมาก ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ (Oxidative stress) สารชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบของร่างกาย (Pro-inflammatory cytokine) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่สมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ การที่อาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วน ที่มีไขมันสะสมในร่างกายมาก การเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระและสารเพิ่มการอักเสบของร่างกาย อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจลดลง([7](#_ENREF_7))

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถใช้ได้ต่อนาที เป็นค่าที่ประเมินการนำออกซิเจนไปใช้ในการสร้างพลังงานขณะออกกำลังกายหรือทำกิจวัตรประจำวันต่างๆ([8](#_ENREF_8)) แม้ว่าค่าสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม จะไม่พบความแตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ศึกษาในอาสาสมัครชายที่มีพฤติกรรมไม่ค่อยออกกำลังกาย (Sedentary lifestyle) ประกอบกับมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมันในช่องท้องของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการที่ดัชนีมวลกายมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จัดอยู่ในกลุ่มอ้วนปานกลางถึงมาก (Morbid obesity) ([33](#_ENREF_33)) จะมีการสะสมของไขมันตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะบริเวณแกนกลางของร่างกาย ทำให้มีการจำกัดการเคลื่อนไหวของทรวงอก และกล้ามเนื้อกะบังลม ทำให้อากาศที่เข้าสู่ปอดลดลง จึงทำให้ความสามารถในการนำออกซิเจนไปใช้สร้างพลังงานลดลง การศึกษาของ Green และคณะ ที่เปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยการปั่นจักรยานในอาสาสมัครชายและหญิงที่มีดัชนีมวลกายมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อายุเฉลี่ย 54.0 ± 9.2 พบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลง([34](#_ENREF_34)) แสดงให้เห็นว่ามวลกล้ามเนื้อและมวลไขมันในช่องท้อง มีความสัมพันธ์ต่อสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าดัชนีมวลกายกาย มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อและระดับกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกาย เป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการใช้ออกซิเจน American College of Sports Medicine (ACSM) guideline แนะนำรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ ควรจะเป็นการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน หรือการออกกำลังกายแบบแอโรบิค อย่างน้อยวันละ 30 นาทีต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ (150 นาทีต่อสัปดาห์) หรือออกกำลังกายระดับหนัก อย่างน้อย 25 นาทีต่อวัน สัปดาห์ละ 3 วัน (75 นาทีต่อสัปดาห์) ([35](#_ENREF_35))การศึกษาครั้งนี้ศึกษาในอาสาสมัครที่มีระดับการออกกำลังกายน้อยกว่าคำแนะนำของ ACSM แสดงให้เห็นว่า ภาวะอ้วนและพฤติกรรมไม่ค่อยออกกำลังกาย ส่งผลต่อค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ การที่ความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติลดลง ย่อมส่งผลต่อสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนในอนาคต([36](#_ENREF_36))

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นแนวทางในการรณรงค์ให้ผู้ที่มีน้ำหนักเกินหรืออ้วนในกลุ่มวัยกลางคน ตะหนักถึงผลเสียของภาวะอ้วนต่อความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคทางระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีประโยชน์ต่อการรณรงค์ส่งเสริมสุขภาพของชายไทยวัยกลางคนที่มีภาวะน้ำหนักเกินหรืออ้วน ให้คำนึงถึงผลของการเพิ่มขึ้นของมวลไขมันหรือดัชนีมวลกายต่อสุขภาพร่างกาย การรักษาระดับดัชนีมวลกาย มวลไขมันในร่างกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ เช่น การควบคุมปริมาณอาหารที่มีไขมันและคอเลสเทอรอลสูง การเพิ่มกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกาย จะเป็นวิธีช่วยรักษาสมดุลของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ และส่งเสริมอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

**สรุปผลการศึกษา**

งานวิจัยนี้สรุปผลได้ว่า อาสาสมัครชายอายุวัยกลางคนที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในภาวะอ้วน มีค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจลดลง ดังนั้นเพศชายอายุระหว่าง 40-50 ปี ควรควบคุมดัชนีมวลกาย และมวลไขมันในร่างกายให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ เพื่อรักษาสมดุลของการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ตลอดจนลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและไหลเวียนโลหิตในอนาคต

**เอกสารอ้างอิง**

1. Somrongthong R, Wongchalee S, Ramakrishnan C, Hongthong D, Yodmai K, Wongtongkam N. Influence of Socioeconomic Factors on Daily Life Activities and Quality of Life of Thai Elderly. J Public Health Res. 2017;6(1):862.

2. Bertoglia MP, Gormaz JG, Libuy M, Sanhueza D, Gajardo A, Srur A, et al. The population impact of obesity, sedentary lifestyle, and tobacco and alcohol consumption on the prevalence of type 2 diabetes: Analysis of a health population survey in Chile, 2010. PLoS One. 2017;12(5):e0178092.

3. Kachur S, Lavie CJ, de Schutter A, Milani RV, Ventura HO. Obesity and cardiovascular diseases. Minerva Med. 2017;108(3):212-28.

4. La Rovere MT, Christensen JH. The autonomic nervous system and cardiovascular disease: role of n-3 PUFAs. Vascul Pharmacol. 2015;71:1-10.

5. Hautala AJ, Kiviniemi AM, Tulppo MP. Individual responses to aerobic exercise: the role of the autonomic nervous system. Neurosci Biobehav Rev. 2009;33(2):107-15.

6. Verrier RL, Tan A. Heart rate, autonomic markers, and cardiac mortality. Heart Rhythm. 2009;6(11 Suppl):S68-75.

7. Yadav RL, Yadav PK, Yadav LK, Agrawal K, Sah SK, Islam MN. Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration - a risk of CVD. Diabetes Metab Syndr Obes. 2017;10:57-64.

8. Habibi E, Dehghan H, Moghiseh M, Hasanzadeh A. Study of the relationship between the aerobic capacity (VO2 max) and the rating of perceived exertion based on the measurement of heart beat in the metal industries Esfahan. J Educ Health Promot. 2014;3:55.

9. 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.

10. Shazia SM, Badaam KM, Deore DN. Assessment of aerobic capacity in overweight young females: A cross-sectional study. Int J Appl Basic Med Res. 2015;5(1):18-20.

11. Crump C, Sundquist J, Winkleby MA, Sundquist K. Aerobic fitness, muscular strength and obesity in relation to risk of heart failure. Heart. 2017;103(22):1780-7.

12. Araujo AB, Wittert GA. Endocrinology of the aging male. Best practice & research Clinical endocrinology & metabolism. 2011;25(2):303-19.

13. Khabazkhoob M, Emamian MH, Hashemi H, Shariati M, Fotouhi A. Prevalence of Overweight and Obesity in the Middle-age Population: A Priority for the Health System. Iran J Public Health. 2017;46(6):827-34.

14. Leyk D, Ruther T, Wunderlich M, Sievert A, Essfeld D, Witzki A, et al. Physical performance in middle age and old age: good news for our sedentary and aging society. Dtsch Arztebl Int. 2010;107(46):809-16.

15. Ramachandran A, Snehalatha C. Rising burden of obesity in Asia. J Obes. 2010;2010.

16. Chintala KK, Krishna BH, N MR. Heart rate variability in overweight health care students: correlation with visceral fat. Journal of clinical and diagnostic research : JCDR. 2015;9(1):CC06-8.

17. Knight JA. Physical inactivity: associated diseases and disorders. Ann Clin Lab Sci. 2012;42(3):320-37.

18. Bennett JA, Winters-Stone K, Nail LM, Scherer J. Definitions of sedentary in physical-activity-intervention trials: a summary of the literature. J Aging Phys Act. 2006;14(4):456-77.

19. 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.

20. Myers J, Forman DE, Balady GJ, Franklin BA, Nelson-Worel J, Martin BJ, et al. Supervision of exercise testing by nonphysicians: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2014;130(12):1014-27.

21. Samahito S. Assessment and the standard physical fitness for Thai people aged 19-59 years. Bangkok Sampachanya; 2013.

22. 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.

23. 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.

24. Oshima Y, Shiga T, Namba H, Kuno S. Estimation of whole-body skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis in the standing position. Obes Res Clin Pract. 2010;4(1):e1-e82.

25. American Thoracic Society/European Respiratory S. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. American journal of respiratory and critical care medicine. 2002;166(4):518-624.

26. Thoracic Society of Thailand under Royal Patronage. Guideline for spirometric evaluation. Bangkok: Picture Prints; 2013.

27. Cink RE, Thomas TR. Validity of the Astrand-Ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake. Br J Sports Med. 1981;15(3):182-5.

28. Nordgren B, Friden C, Jansson E, Osterlund T, Grooten WJ, Opava CH, et al. Criterion validation of two submaximal aerobic fitness tests, the self-monitoring Fox-walk test and the Astrand cycle test in people with rheumatoid arthritis. BMC Musculoskelet Disord. 2014;15:305.

29. Nuttaset Manimmanakorn AM, Ratana Vichiansiri, Jittima Saengsuwan,Naruemon Leelayuwat,. Heart Rate Variability Assessment and Clinical Uses. J Thai Rehabil Med 2018;28(1):32-6.

30. Triggiani AI, Valenzano A, Ciliberti MA, Moscatelli F, Villani S, Monda M, et al. Heart rate variability is reduced in underweight and overweight healthy adult women. Clin Physiol Funct Imaging. 2017;37(2):162-7.

31. Jarrin DC, McGrath JJ, Poirier P, Quality Cohort Collaborative G. Autonomic dysfunction: a possible pathophysiological pathway underlying the association between sleep and obesity in children at-risk for obesity. J Youth Adolesc. 2015;44(2):285-97.

32. Sabharwal R. The link between stress disorders and autonomic dysfunction in muscular dystrophy. Front Physiol. 2014;5:25.

33. Loftin M, Sothern M, Trosclair L, O'Hanlon A, Miller J, Udall J. Scaling VO(2) peak in obese and non-obese girls. Obes Res. 2001;9(5):290-6.

34. Green S, O'Connor E, Kiely C, O'Shea D, Egana M. Effect of obesity on oxygen uptake and cardiovascular dynamics during whole-body and leg exercise in adult males and females. Physiol Rep. 2018;6(9):e13705.

35. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 10th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2017.

36. Baynard T, Goulopoulou S, Sosnoff RF, Fernhall B, Kanaley JA. Cardiovagal modulation and efficacy of aerobic exercise training in obese individuals. Medicine and science in sports and exercise. 2014;46(2):369-75.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ตัวแปร | Normal BMI | Obese BMI | p-value |
| อายุ (ปี) | 44.7 ± 4.85 | 46.4 ± 5.10 | 0.286 |
| ส่วนสูง (เซนติเมตร) | 167.30 ± 4.03 | 166.4 ± 4.79 | 0.511 |
| น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) | 62.16 ± 4.76 | 76.18 ± 4.62 | 0.022 |
| ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) | 21.83 ± 1.12 | 27.53 ± 1.61 | 0.031 |
| ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (เปอร์เซ็นต์) | 23.85 ± 3.68 | 30.79 ± 2.11 | 0.038 |
| อัตราการเต้นของหัวใจ(ครั้งต่อนาที) | 70.26 ± 8.06 | 68.16 ± 11.71 | 0.835 |
| ความดันหัวใจขณะหดตัว (มิลลิเมตรปรอท) | 105.9 ± 7.77 | 110.8 ± 8.53 | 0.630 |
| ความดันหัวใจขณะคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท) | 73.6 ± 6.31 | 75.3 ± 4.92 | 0.280 |

**ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางกายภาพ**

Normal BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ, Obese BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายภาวะอ้วน

**ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบของร่างกาย**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ตัวแปร | Normal BMI | Obese BMI | p-value |
| มวลไขมัน (เปอร์เซ็นต์) | 17.68 ± 4.37 | 27.07 ± 3.26 | 0.038 |
| มวลไขมันในช่องท้อง (เปอร์เซ็นต์) | 4.25 ± 1.75 | 6.71 ± 2.81 | 0.897 |
| มวลกล้ามเนื้อ (เปอร์เซ็นต์) | 29.49 ± 4.22 | 26.30 ± 3.15 | 0.524 |

Normal BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ, Obese BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายภาวะอ้วน

**ตารางที่ 3 แสดงค่าสมรรถภาพปอดและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ตัวแปร | Normal BMI | Obese BMI | p-value |
| FEV1 (ลิตร) | 3.46 ± 0.31 | 3.50 ± 0.31 | 0.714 |
| FVC (ลิตร) | 4.15 ± 0.40 | 4.51 ± 0.59 | 0.539 |
| FEV1/FVC (เปอร์เซ็นต์) | 83.73 ± 6.38 | 82.07 ± 5.48 | 0.455 |
| อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที) | 29.33±3.29 | 26.41 ± 4.06 | 0.304 |

Normal BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ, Obese BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายภาวะอ้วน, FEV1 = ปริมาตรของอากาศที่ขับออกเร็วและแรงในวินาทีแรก, FVC = ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็ว และแรง, FEV1/FVC = สัดส่วนระหว่างปริมาตรของอากาศที่ขับออกเร็วและแรงในวินาทีแรกและปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็ว และแรง**ตารางที่ 4 แสดงค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ตัวแปร | Normal BMI | Obese BMI | p-value |
| MeanRR (ms) | 783.78 ± 145.57 | 494.30 ± 129.78 | 0.202 |
| SDNN (ms) | 72.42 ± 12.18 | 33.48 ± 10.18 | 0.027 |
| RMSSD (ms) | 64.38 ± 9.85 | 26.18 ± 11.52 | 0.031 |
| LF (n.u.) | 49.69 ± 13.38 | 76.02 ± 8.56 | 0.038 |
| HF (n.u.) | 60.38 ± 10.41 | 45.56 ± 11.85 | 0.187 |
| LF/HF | 0.95 ± 0.17 | 2.05 ± 0.75 | 0.024 |

Normal BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายปกติ, Obese BMI = กลุ่มอาสาสมัครที่มีดัชนีมวลกายภาวะอ้วน, MeanRR = ค่าเฉลี่ยของคลื่น R ถึง R, SDNN = ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ, LF = ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจความถี่ต่ำ, HF = ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจช่วงความถี่สูง, LF/HF = สัดส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจความถี่ต่ำและความถี่สูง