Research article

Study on Total Energy Expenditure and Physical Activity Level in Thai Adults with Sedentary Behavior

Pimnapanut Sridonpai[1], Panchalee Aramdoung[1], Weerachat Srichan[1], Piyanuch Visetchart[1], Wantanee Kriengsinyos[1]*

[1]*Institute of Nutrition, Mahidol University, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom, Thailand*

ABSTRACT

Total Energy Expenditure (TEE) consists of two components: basal energy expenditure and energy expenditure from physical activity. Sedentary behavior is defined as having less than 150 minutes per week of physical activity. The sedentary lifestyle has been increased in developing countries including Thailand, however, there is lacking on TEE data in this group. The objective of this study was to investigate the TEE and physical activity level (PAL) among sedentary adults. A cross-sectional study was conducted among 32 apparently healthy Thai adults (both males and females) aged 25-59 years old. TEE was measured by the doubly labeled water technique. Changes in deuterium and oxygen-18 enrichment in urine samples were analyzed 7 times over 2 weeks with an Isotope Ratio Mass Spectrometer. Independent t-test was used to analyze the difference between males and females. One-sample t-test was used to compare the estimated PAL and FAO/WHO/UNU PAL reference value for sedentary. The results showed that the overall mean of TEE was 1,798 ± 333 kcal/day. There was a significant difference in TEE between genders (2,018 ± 285 kcal/day and 1,578 ± 212 kcal/day for males and females, respectively; $p < 0.01$). The physical activity level (PAL) (1.45 ± 0.22) was significantly less than the average FAO/WHO/UNU PAL value for sedentary. Measuring TEE using the DLW technique, while is an accurate method, requires the use of stable isotope and specific equipment, which is costly and not widely available. Further work is needed to establish a TEE predictive equation for Thai adult population by measuring TEE in participants with a wide range of body composition, occupation, domestic work, transportation, and leisure time.

Key words: Total energy expenditure; Physical activity level; Sedentary behavior

Received: 22 October 2020 Accepted: 29 December 2020 Available online: 31 December 2020

*Corresponding author's email: wantanee.krieng@mahidol.ac.th

บทความวิจัย

การใช้พลังงานและระดับกิจกรรมทางกายในวัยผู้ใหญ่ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง

พิมพ์นภาณัท ศรีดอนไผ่[1], ปัญชลี อร่ามดวง[1], วีรชาติ ศรีจันทร์[1],

ปิยนุช วิเศษชาติ[1], วันทนีย์ เกรียงสินยศ[1]*

[1]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา พุทธมณฑล นครปฐม

บทคัดย่อ

การใช้พลังงานของร่างกายทั้งหมด (Total Energy Expenditure: TEE) ขึ้นกับพลังงานการครองธาตุพื้นฐานและพลังงานที่ใช้ในกิจกรรมทางกาย พฤติกรรมเนือยนิ่งคือการทำงานที่อยู่กับที่และมีการเคลื่อนไหวของร่างกายน้อยกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์ พฤติกรรมเนือยนิ่งมีจำนวนมากขึ้นในประเทศที่กำลังพัฒนารวมถึงประเทศไทย อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษา TEE ในกลุ่มนี้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานของร่างกายทั้งหมดต่อวันและระดับกิจกรรมทางกาย (Physical activity level: PAL) ศึกษาแบบภาคตัดขวางในผู้ใหญ่สุขภาพดี จำนวน 32 คน (ทั้งเพศชายและหญิง) อายุระหว่าง 25 - 59 ปี วัดค่า TEE โดยใช้เทคนิค Doubly labeled water ติดตามการเปลี่ยนแปลงดิวทีเรียมและออกซิเจน-18 enrichment ในตัวอย่างปัสสาวะ ติดตาม 7 ครั้ง ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometer วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเพศชายและเพศหญิงโดยใช้สถิติ Independent t-test วิเคราะห์เปรียบเทียบค่า PAL ที่ประเมินได้กับค่าเฉลี่ย PAL พฤติกรรมเนือยนิ่งที่กำหนดโดย FAO/WHO/UNU โดยใช้สถิติ One-sample T-test ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ย TEE เท่ากับ 1,798 ± 333 กิโลแคลอรี่/วัน มีความแตกต่างระหว่างเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (เพศชาย 2,018 ± 285 กิโลแคลอรี่/วัน และเพศหญิง 1,578 ± 212 กิโลแคลอรี่/วัน ตามลำดับ; $p < 0.01$) ระดับกิจกรรมทางกายเท่ากับ 1.45 ± 0.22 น้อยกว่า ค่าเฉลี่ย PAL ของFAO/WHO/UNU อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อสร้างสมการทำนายการใช้พลังงานสำหรับประชากรวัยผู้ใหญ่ จากการวัดการใช้พลังงานโดยวิธี DLW กับปัจจัยทำนาย (เช่น น้ำหนักตัว องค์ประกอบร่างกาย) ทั้งนี้ต้องเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่างในเรื่ององค์ประกอบร่างกาย ลักษณะการทำงาน งานบ้าน การเดินทาง และกิจกรรมนันทนาการ

คำสำคัญ: การใช้พลังงานของร่างกาย; ระดับกิจกรรมทางกาย; พฤติกรรมเนือยนิ่ง

*Corresponding author's email: wantanee.krieng@mahidol.ac.th

บทนำ

พื้นฐานของการมีสุขภาพที่ดีคือการได้รับพลังงานและสารอาหารในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการหรือการใช้พลังงานของร่างกาย การสืบค้นงานวิจัยจากอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าประเทศไทยยังไม่มีรายงานการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเรื่องการใช้พลังงานในแต่ละวันของคนไทยเป็นที่ชัดเจน ค่าความต้องการพลังงานที่กำหนดไว้ในข้อแนะนำปริมาณการบริโภคอาหารของคนไทยได้จากการใช้สมการทำนายความต้องการพลังงานพื้นฐานที่กำหนดไว้โดยองค์การอนามัยโลก[1] สมการดังกล่าวได้มาจากการวิจัยในต่างประเทศ โดยมีฐานข้อมูลของคนผิวขาวที่อาศัยอยู่ในทวีปอเมริกาและยุโรปเป็นหลัก รวมทั้งระดับกิจกรรมทางกายเป็นค่าจากการประมาณการ โดยไม่มีการศึกษาใดที่ประเมินการใช้พลังงานของร่างกายทั้งหมดด้วยเทคนิค Doubly labeled water (DLW) ซึ่งเป็นวิธีการวัดมาตรฐาน (Gold standard) ที่เสนอโดย International Atomic Energy Agency (IAEA)[2] การได้รับปริมาณพลังงานที่มากหรือน้อยกว่าความต้องการของร่างกายเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและองค์ประกอบร่างกายได้อย่างชัดเจน และส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้

วัยผู้ใหญ่เป็นช่วงอายุที่เข้าสู่การทำงานที่ก่อให้เกิดงาน ผลผลิต สร้างรายได้ และมีส่วนสำคัญต่อฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลของระบบสถิติทางการทะเบียน พ.ศ. 2562 พบว่าวัยผู้ใหญ่หรือวัยทำงานมีสัดส่วนที่สูงกว่าวัยอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 64 ของประชากรประเทศไทย[3] ประกอบกับในยุคดิจิทัล คนในวัยผู้ใหญ่หรือวัยทำงานส่วนมากมีกิจกรรมทางกายน้อยลง และมีพฤติกรรมที่มีการเคลื่อนไหวน้อยหรือเนือยนิ่งมากขึ้น (Sedentary behavior)[4] ได้แก่ กิจกรรมทางกายที่ไม่ต้องออกแรงมาก โดยมีการออกแรงเพียงเล็กน้อย เช่น พูดคุย อ่านหนังสือ ดูโทรทัศน์ ฟังวิทยุ ใช้คอมพิวเตอร์ นั่งอยู่กับที่เป็นเวลานานๆ เช่น นั่งทำงาน นั่งอ่าน/เรียนหนังสือ นั่งประชุม นั่งอยู่ในรถยนต์ นั่งหรือนอนดูทีวี นั่งแชทหรือดูหน้าจอสมาร์ทโฟน หรือการทำงานอยู่กับบ้านที่มีสิ่งอำนวยความสะดวก จากข้อมูลการสำรวจของสถาบันวิจัยประชากรและสังคม พบว่าคนไทยมีระยะเวลาพฤติกรรมเนือยนิ่งสูงถึง 14 ชั่วโมงต่อวันและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น[5] เนื่องจากมีเทคโนโลยีที่ช่วยอำนวยความสะดวกสบายมากขึ้น[4] จึงมีความเสี่ยงสูงต่อการมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและส่งผลเสียต่อสุขภาพได้ง่าย

การศึกษาการใช้พลังงานในคนไทยวัยผู้ใหญ่เป็นข้อมูลการศึกษาพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญในการนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการกำหนดแนวทางการบริโภคอาหารให้สมดุลและมีสุขภาพที่ดี

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้พลังงานต่อวันและระดับกิจกรรมทางกายในกลุ่มคนไทยวัยผู้ใหญ่ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง Cross-sectional study วัดการใช้พลังงานในวัยผู้ใหญ่อายุ 25-59 ปี เชื้อชาติไทย มีสุขภาพดี มีค่าดัชนีมวลกาย 18.5 – 23.5 กิโลกรัม/ตารางเมตร มีลักษณะการทำงานอยู่กับที่รวมกันเป็นเวลานานกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน เช่น การนั่งอยู่กับที่เป็นเวลานานๆ ได้แก่ นั่งทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์ นั่งประชุม นั่งอยู่ในรถยนต์ นั่งอ่าน/เรียนหนังสือ นั่ง/นอนดูทีวี หรือการนั่งแชท/ดูหน้าจอสมาร์ทโฟน ทั้งนี้ต้องไม่สูบบุหรี่ หรือดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นประจำ หรือเป็นนักกีฬาหรืออยู่ระหว่างการสร้างกล้ามเนื้อ หรืออยู่ในระหว่างการตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร จากการศึกษาของ Yao M และคณะ[6] คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power version 3.1.9.2 ด้วยการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับกิจกรรมทางกายที่แบ่งลักษณะตามการใช้ชีวิตประจำวันที่กำหนดโดย FAO/WHO/UNU[7] โดยระดับกิจกรรมทางกายที่มีลักษณะกิจกรรมเบาหรือมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง จะมีค่าอยู่ในช่วง 1.40 – 1.69 เฉลี่ยเท่ากับ 1.545 เทียบกับการศึกษาก่อนหน้าของ Yao M และคณะ[6] ค่าเฉลี่ย

ระดับกิจกรรมทางกายของเพศหญิงชาวจีนที่มีลักษณะการทำงานที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งเท่ากับ 1.66 (SD = 0.13) ขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.90 กำหนดอำนาจการทดสอบเท่ากับ 0.90 ระดับความเชื่อมั่น 0.05 เมื่อคำนวณแล้วได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 16 คน ต้องการศึกษาทั้งเพศชายและหญิง ดังนั้นจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจึงเท่ากับ 32 คน งานวิจัยได้ผ่านการพิจารณาและอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนชุดกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล (COA No. MU-CIRB 2018/200.0911) และ ลงทะเบียนงานวิจัยแบบทดลองทางคลินิกในฐานข้อมูล Thai Clinical Trials Registry เลขที่ TCTR20201020007

ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการจะได้รับการประเมินการเข้าร่วมโครงการโดยการตอบแบบประเมินเบื้องต้นที่จำแนกข้อคำถามตามกลุ่มกิจกรรมทางกาย ได้แก่ การทำงาน การเดินทาง นันทนาการ/กิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกายและพฤติกรรมเนือยนิ่ง ร่วมกับการติด Accelerometer-ActiGraph (wGT3X-BT, Actigraph, Pensacola, FL , USA) ที่สะโพกขวา เป็นระยะเวลา 4 วัน เพื่อคัดเลือกผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งเข้าร่วมการศึกษาประเมินการใช้พลังงานของร่างกายทั้งหมด โดยใช้เทคนิค Doubly labeled water (DLW) ของ IAEA[2] โดยการให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยดื่มน้ำที่มีสารละลายอณูธรรมชาติ (สารละลายดิวทีเรียม ความเข้มข้น 0.12 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และสารละลายออกซิเจน-18 ความเข้มข้น 1.8 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของสารละลายดิวทีเรียมและออกซิเจน-18 ในร่างกายประมาณ 0.25 ppm และ 0.30 ppm ตามลำดับ โดยเก็บตัวอย่างปัสสาวะก่อนและหลังดื่มน้ำสารละลายอณูธรรมชาติ ชั่วโมงที่ 3 และ 4 ในวันทดสอบ และอีก 4 ตัวอย่างในวันที่ 6, 7, 13 และ 14 วิเคราะห์ดิวทีเรียมและออกซิเจน-18 enrichment ในตัวอย่างปัสสาวะด้วยเครื่อง Isotope Ratio Mass Spectrometry (SerCon Limited, United Kingdom) เพื่อหาอัตราผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากสมการของ Lifson[8] rCO_2 (L/day) =[(N_d/1.042 + N_o/1.007) / 2 x ((0.460 x (-K_o)) - (0.474 x (-K_d)))] x 22.414 เมื่อ N_o คือค่า dilution space ของ ^{18}O; N_d คือค่า dilution space ของ ^{2}H; K_o คือค่า Elimination rate ของ ^{18}O; K_d คือค่า elimination rate ของ ^{2}H จากนั้นนำค่าอัตราผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ rCO_2 (L/day) ที่ได้มาคำนวณหาค่าการใช้พลังงานของร่างกาย โดยใช้ Modified Weir's equation จากสมการของ Schoeller (1986)[9] TEE = (rCO_2 x (15.48/RQ))+ 5.55 เมื่อ RQ คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออกและจำนวนออกซิเจนที่หายใจเข้า (respiratory exchange ratio) เนื่องจากผู้เข้าร่วมการศึกษารับประทานอาหารแบบ mixed diet ไม่ได้มีการจำกัดสารอาหารใด จึงกำหนดให้ RQ = 0.85 และวัดองค์ประกอบร่างกาย ได้แก่น้ำหนักตัวด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล (Seca digital scale model 813, Seca Corporation, Hamburg, Germany) ที่แสดงค่าน้ำหนักได้ละเอียด 0.1 kg วัดส่วนสูงด้วยเครื่องวัดส่วนสูง (Holtain Ltd, Crymych, Dyfed, UK) ที่แสดงค่าละเอียดส่วนสูงได้ 0.1 cm วัดเส้นรอบเอว/รอบสะโพกด้วยสายวัดที่แสดงค่าความละเอียด 0.1 cm วัดความหนาลำตัวแนวตั้ง ด้วยเครื่อง Sagittal Abdominal Diameter (SAD) (Holtain Kahn Abdominal Caliper, Holtain Ltd, Crymych, Dyfed, UK) วัดมวลกล้ามเนื้อมวลไขมัน มวลกระดูก โดยใช้เครื่อง Dual Energy X-ray absorptiometry (DXA) (Hologic, Discovery-Wi, USA) วัดการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน โดยใช้เครื่อง Indirect calorimetry (Vmax Encore 29 System, Sensor Medics Corp., Homestead, FL, USA) วัดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่หายใจเข้า และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออก และคำนวณการใช้พลังงานโดยใช้ Weir's equation[10] BEE (kcal/day) = [(VO_2 × 3.941) + (VCO_2 × 1.11)] × 1440 วัดกิจกรรมทางกายโดยติดเครื่อง Accelerometer-ActiGraph ที่บริเวณสะโพกขวา เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 10 ชั่วโมงต่อวัน และใส่ต่อเนื่องประมาณ 7-10 วัน และวิเคราะห์ข้อมูลโดย ActiLife software version 6.13.4 (ActiGraph, Pensacola, FL, USA) เพื่อประเมินระดับกิจกรรมทางกาย โดยเครื่อง Accelerometer จะเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของร่างกาย 3 มิติ และแปลงเป็น

จำนวนนาทีต่อวันที่ใช้ในกิจกรรมระดับต่างๆ ประกอบด้วย ระดับเบา ปานกลาง และหนัก (light, moderate, vigorous physical activity) โดยจะถือว่าเป็นการออกกำลังกายในระดับนั้นต่อเมื่ออยู่ในระดับนั้นต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 10 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Microsoft Windows version 18.0 (IBM Corp., Armonk, NY, 2010) ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดย Shapiro-Wilk Test เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 50 คน จากนั้นวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าPAL ที่ประเมินได้กับค่าเฉลี่ย PAL ที่กำหนดโดย FAO/WHO/UNU[7]= 1.545 โดยใช้สถิติ One-sample T-test วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเพศชายและเพศหญิงโดยใช้สถิติ Independent-Sample T-test ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยสถิติทดสอบ Pearson's correlation coefficient วิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีทั้งหมด 32 คน เพศหญิง 16 คน และเพศชาย 16 คน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีอายุและกิจกรรมทางกายไม่แตกต่างกันระหว่างเพศชายและหญิง แต่มีน้ำหนักตัว ค่าดัชนีมวลกาย สัดส่วนร่างกายได้แก่ เส้นรอบเอว อัตราส่วนระหว่างเอวและสะโพก ความหนาลำตัวแนวตั้ง องค์ประกอบร่างกาย ได้แก่ ปริมาณน้ำ ไขมันและกล้ามเนื้อในร่างกายของเพศชายต่างจากเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน **ตารางที่ 1**

Table 1 Demographic, body composition, and physical activity of the study participants

	All	Male	Female	p-value[†††]
N	32	16	16	
Age (y)	39.78 ± 11.60	39.75 ± 12.66	39.81 ± 10.85	0.988
BW (kg)	56.87 ± 6.55	62.39 ± 2.80	51.34 ± 3.95	0.000
BMI (kg/m^2)	21.70 ± 1.63	22.45 ± 1.41	20.95 ± 1.52	0.007
FM_{DXA} (kg)	17.37 ± 3.22	16.33 ± 3.49	18.41 ± 2.63	0.067
% FM_{DXA}	31.52 ± 6.56	26.55 ± 4.88	36.49 ± 3.52	0.000
Fat Free $Mass_{DXA}$ (kg)	38.39 ± 7.00	44.87 ± 2.38	31.90 ± 2.40	0.000
% Fat Free $Mass_{DXA}$	68.48 ± 6.56	73.45 ± 4.88	63.51 ± 3.52	0.000
LM_{DXA} (kg)	36.34 ± 6.76	42.61 ± 2.26	30.08 ± 2.34	0.000
% LM_{DXA}	64.81 ± 6.42	69.75 ± 4.69	59.87 ± 3.32	0.000
WC (cm)	76.12 ± 6.58	80.61 ± 4.79	71.63 ± 4.86	0.000
SAD (cm)	16.44 ± 1.58	17.37 ± 1.19	15.52 ± 1.39	0.000
Sedentary $Time_{sc}$ (min/day)	662 ± 99	555 ± 95	578 ± 104	0.596
Total $MVPA_{sc}$ (min in 4 days)	46 ± 28	38 ± 37	36 ± 39	0.253

[†] Values were number or mean ±SD.

[††] BW = body weight; BMI = body mass index; FM_{DXA} = fat mass measured by DXA; LM_{DXA} = lean mass measured by DXA; WC = waist circumference measured by a horizontal line of halfway between the last rib and the iliac crest; SAD = sagittal abdominal diameter; SC = screening; MVPA = moderate to vigorous physical activity.

[†††] Independent sample t-test was used to compare mean values of continuous variables between the male and female groups.

ผลจากการวิเคราะห์ DLW พบว่าผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 1,798 ± 333 กิโลแคลอรี่/วัน โดยเพศชายมีค่าสูงกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับกิจกรรมทางกายผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมีค่าน้อยกว่า 1.545 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยซึ่งเป็นกลุ่มคนไทยวัยผู้ใหญ่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งเฉลี่ย 9 ชั่วโมงต่อวัน หรือมากกว่าร้อยละ 60 ดังแสดงใน**ภาพที่ 1** ข้อมูลจาก Accelerometer พบว่า ใน 1 สัปดาห์ ผู้ร่วมวิจัยมีกิจกรรมทางกายแบบปานกลาง-หนัก (Moderate to vigorous physical activity: MVPA) ประมาณ 36 นาที ซึ่งน้อยกว่าคำแนะนำให้มีกิจกรรมทางกายที่มีการออกแรงปานกลาง-หนัก 150 นาทีต่อสัปดาห์ ค่ามัธยฐานหรือเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 (P50) ของ MVPA เท่ากับ 22.50 นาที/สัปดาห์ โดยเมื่อนำค่า P50 มาแบ่งกลุ่มในเพศเดียวกัน พบว่า เพศชายในกลุ่มที่มีค่า MVPA มากกว่า 22.50 นาที/สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานใน 1 วัน มากกว่ากลุ่มที่มีค่า MVPA น้อยกว่าหรือเท่ากับ 22.50 นาที/สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน**ตารางที่ 3**

ค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยใน 1 วัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ทางบวกระดับสูงกับน้ำหนักตัวและปริมาณกล้ามเนื้อในร่างกาย ระดับปานกลางกับค่าพลังงานขั้นพื้นฐานและเส้นรอบเอว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงใน**ภาพที่ 2**

Table 2 Doubly labeled water parameters and total energy expenditure (TEE) and physical activity level (PAL)

	All	Male	Female	p-value†††
n	32	16	16	
BEE_{IC} (kcal/day) ††	1,246 ± 205	1,404 ± 151	1,088 ± 103	0.000
Doubly labeled water data				
Rate constant (day)				
K_d	0.1141 ± 0.0261	0.1073 ± 0.0260	0.1212 ± 0.0246	0.113
K_o	0.1360 ± 0.0270	0.1274 ± 0.0271	0.1439 ± 0.0252	0.088
Dilution space (mol)				
N_d	1,752 ± 312	2,019 ± 195	1,422 ± 191	0.000
N_o	1,682 ± 299	1,953 ± 202	1,394 ± 94	0.000
rCO_2 (Litres /day)	319 ± 64	360 ± 59	278 ± 37	0.000
Energy expenditure and physical activity level				
TEE (kcal/day)	1,798 ± 333	2,018 ± 285	1,578± 212	0.000
TEE/ BW (kcal/kg day)	31.5 ± 3.4	32.3 ± 4.1	30.7 ± 2.5	0.178
PAL	1.45 ± 0.22*	1.45 ± 0.28*	1.45 ± 0.14*	0.970

† Values were number or mean ± SD.

†† BEE_{IC} = basal energy expenditure measured by indirect calorimetry; K_d ค่า elimination rate of ^2H; K_o = elimination rate of ^{18}O; N_d = dilution space ^2H; N_o = dilution space of ^{18}O; rCO_2 = rate of carbon dioxide production; TEE = total energy expenditure; BW = body weight; PAL = physical activity level.

††† Independent sample t-test was used to compare mean values of continuous variables between the male and female groups.

* $P < 0.05$, between the PAL and $PAL_{FAO/WHO/UNU}$ (1.545) was determined by One sample t-test.

Table 3 Energy expenditure according to moderate to vigorous physical activity (MVPA) by gender

	Male		Female	
	Gr1[†††]	**Gr2**[†††]	**Gr1**[†††]	**Gr2**[†††]
N	7	9	9	7
MVPA[†††] (min/week)	6.29 ± 8.46	58.33 ± 36.78**	4.89 ± 5.86	75.14 ± 35.94**
BEE_{IC} (kcal/day)	1,386 ± 190	1,417 ± 124	1,082 ± 122	1,095 ± 80
TEE (kcal/day)	1,826 ± 194	2,167 ± 259*	1,586 ± 228	1,569 ± 207
TEE/ BW (kcal/kg day)	29.54 ± 3.26	34.47 ± 3.34*	30.79 ± 2.63	30.50 ± 2.47
TEE/ FM_{DXA} (kcal/kg day)	116.05 ± 28.14	136.56 ± 20.43	86.91 ± 13.46	86.58 ± 13.31
TEE/ FFM_{DXA} (kcal/kg day)	41.15 ± 4.21	48.18 ± 7.38*	49.55 ± 4.66	49.15 ± 4.30
TEE/ LM_{DXA} (kcal/kg day)	43.34 ± 4.38	50.72 ± 7.75*	52.63 ± 4.94	52.05± 4.49

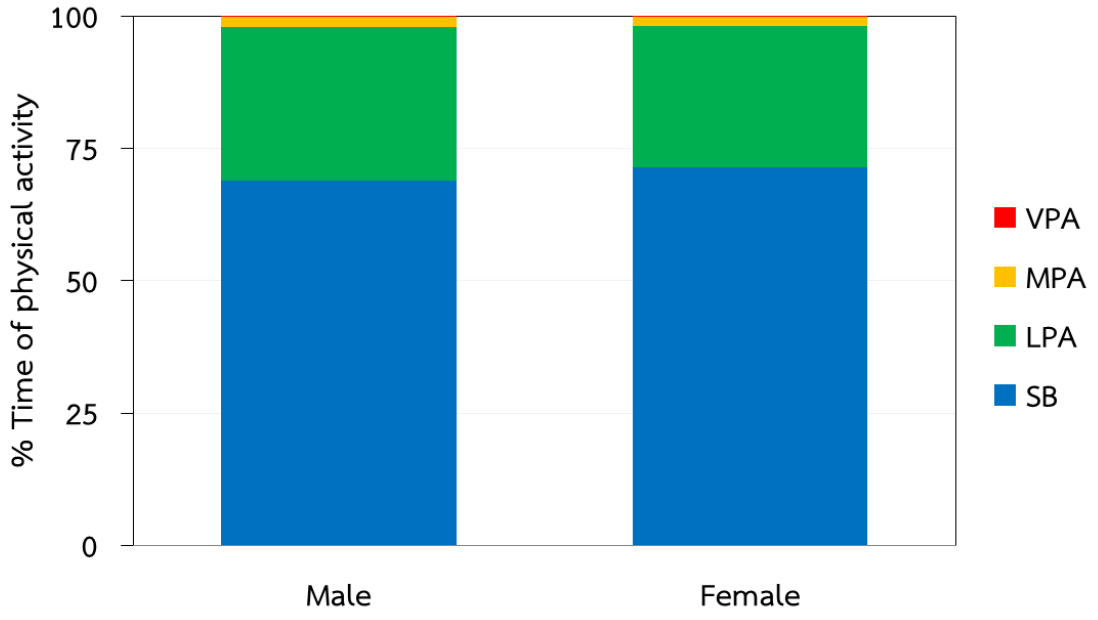
[†] Values were number or mean ± SD.

[††] MVPA = moderate to vigorous physical activity; BEE_{IC} = basal energy expenditure measured by indirect calorimetry; TEE = total energy expenditure; BW = body weight; FM_{DXA} = fat mass measured by DXA; FFM_{DXA} = fat free mass measured by DXA; LM_{DXA} = lean mass measured by DXA

[†††] Gr1= MVPA $\leq$ 22.50 min/week; Gr2= MVPA $>$ 22.50 min/week

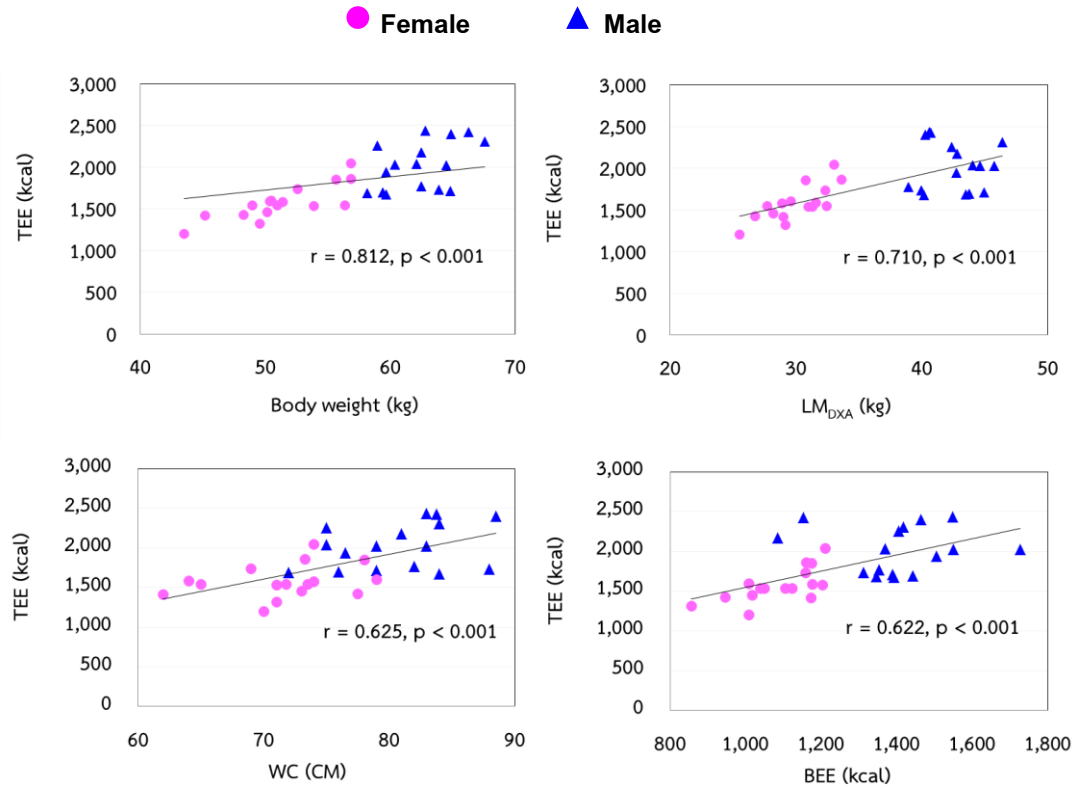
* P < 0.05, ** P < 0.01 between the Gr1 and Gr2 was determined by Independent sample t-test.

[†††] MVPA accumulated in modified $\geq$ 10 minute bouts



[†] SB = sedentary behavior; LPA = light physical activity; MPA = moderate physical activity; VPA = vigorous physical activity.

Figure 1 Intensity of physical activity by gender (N=32)



† TEE = total energy expenditure; LM_{DXA} = lean mass measured by DXA; WC = waist circumference measured by a horizontal line of halfway between the last rib and the iliac crest; BEE_{IC} = basal energy expenditure measured by indirect calorimetry.

Figure 2 Relationship between total energy expenditure and body composition (N=32)

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่มีรายงานการใช้ DLW ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ยอมรับทั่วโลกในการวัดปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของบุคคลที่มีการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างอิสระ (Fee-living individuals)[2] ในคนไทยที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง DLW เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่เฉพาะและมีความสลับซับซ้อนในการตรวจวัดอณูธรรมชาติของไฮโดรเจนและออกซิเจนในน้ำที่ออกจากร่างกาย เช่น ปัสสาวะที่มีการเก็บเป็นระยะ หลังจากที่ได้มีการดื่มน้ำอณูธรรมชาตินั้นเข้าสู่ร่างกาย สัดส่วนของการลดลงของอณูธรรมชาติของแร่ธาตุทั้งสองที่ต่างกันตามระยะเวลา อณูธรรมชาติไฮโดรเจน (^{2}H) หายไปในรูปของน้ำเท่านั้น ส่วนอณูธรรมชาติออกซิเจน (^{18}O) จะหายไปในรูปทั้งน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ การถ่ายโอนออกซิเจนระหว่างน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ความแตกต่างระหว่างการหมุนเวียนของอณูธรรมชาติทั้งสองเป็นตัวชี้วัดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกมาในช่วงระยะเวลาดังกล่าวซึ่งถูกคำนวณกลับเป็นการประมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงระยะเวลาดังกล่าว โดยใช้ Modified Weir equation[10] จุดเด่นของ DLW ในการประเมินการใช้พลังงานของร่างกายคือผู้เข้าร่วมการศึกษาสามารถดำเนินชีวิตทุกอย่างได้ตามปกติ สามารถศึกษาได้ในประชากรทุกกลุ่ม ไม่มีอันตราย ไม่เป็นภาระกับผู้ร่วมวิจัย และยังสามารถบอกปริมาณน้ำทั้งหมดในร่างกายได้ จึงสามารถประเมินองค์ประกอบร่างกายได้ด้วย แต่มีข้อจำกัดที่อณูธรรมชาติโดยเฉพาะ ^{18}O มีราคาแพงมาก และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความซับซ้อนและราคาแพง วิธี DLW จึงใช้ในงานวิจัยเป็นหลักในการศึกษาความถูกต้องร่วมกับวิธีการวัดอื่น

การศึกษานี้พบว่าผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งใช้พลังงานเฉลี่ยต่อวัน เท่ากับ 1,798 กิโลแคลอรี่/วัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการศึกษาของ ฐิติกร โตโพธิ์ไทยและคณะ[11] ที่ใช้แบบสำรวจ Global Physical Activity Questionnaire (WHO GPAQ) ประเมินพลังงานที่ใช้ในแต่ละวันในกลุ่มอาชีพพนักงานออฟฟิศ/ธุรกิจส่วนตัว (1,658 กิโลแคลอรี่/วัน) ซึ่งมีลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกับผู้เข้าร่วมการวิจัย การศึกษานี้พบว่าเพศชายมีค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าเพศหญิง ประมาณร้อยละ 22 (เพศชาย 2,018 กิโลแคลอรี่/วัน และเพศหญิง 1,578 กิโลแคลอรี่/วัน) หลังจากปรับค่าน้ำหนักหรือ Lean body mass การใช้พลังงานทั้งหมดของเพศชายและเพศหญิงไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานทั้งหมดต่อวันที่เพศชายมากกว่าเพศหญิงเนื่องมาจากน้ำหนักตัวหรือสัดส่วนของกล้ามเนื้อที่มากกว่า

ค่าระดับกิจกรรมทางกายซึ่งคำนวณได้จากสัดส่วนของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานทั้งหมดต่อการใช้พลังงานพื้นฐานพบว่าทั้งเพศชายและหญิงที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งในการศึกษานี้ไม่แตกต่างกันคือเท่ากับ 1.45 ± 0.22 แม้ว่าจะมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย $PAL_{FAO/WHO/UNU}$ แต่ยังอยู่ในช่วง 1.40 - 1.69 ซึ่งเป็นช่วงของระดับกิจกรรมทางกายแบบเนือยนิ่งหรือกิจกรรมเบาที่กำหนดโดย FAO/WHO/UNU[7] อย่างไรก็ดีค่าการใช้พลังงานทั้งหมดและการใช้พลังงานพื้นฐานในการศึกษานี้เป็นค่าที่ได้จากการวัดที่เป็นวิธีมาตรฐาน ทำให้ค่าระดับกิจกรรมทางกายของผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งที่เท่ากับ 1.45 ดังนั้นค่า PAL ที่แสดงในการศึกษานี้เป็นค่าที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือที่จะนำไปประยุกต์ในการกำหนดการใช้พลังงานทั้งหมดต่อวันในผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งได้ถ้าทราบค่าการใช้พลังงานพื้นฐานที่น่าเชื่อถือ

การศึกษานี้ได้ใช้เครื่อง Accelerometer ร่วมด้วยในการประเมินระดับกิจกรรมทางกายของผู้ร่วมวิจัยทุกคน ซึ่งพบว่า ผู้ร่วมวิจัยมีกิจกรรมทางกายแบบ MVPA ประมาณ 36 นาที หรือคิดเป็นร้อยละ 24 ของระยะเวลาที่แนะนำให้มีกิจกรรมทางกายที่มีการออกแรงปานกลาง-หนัก (150 นาทีต่อสัปดาห์) ซึ่งยืนยันว่าผู้ร่วมวิจัยมีพฤติกรรมเนือยนิ่งและยังไม่มีกิจกรรมทางกายที่มากพอในการส่งเสริมสุขภาพ เมื่อใช้ค่ามัธยฐานของระยะเวลาที่มีกิจกรรมแบบ MVPA แบ่งกลุ่มย่อยผู้ร่วมวิจัยเป็น 2 กลุ่ม (ตารางที่ 3) คือ มี MVPA มากกว่าหรือน้อยกว่า 22.5 นาที พบความแตกต่างของการใช้พลังงานเฉลี่ยใน 1 วัน และค่าการใช้พลังงานต่อน้ำหนักตัว หรือต่อองค์ประกอบร่างกาย ได้แก่ ส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน และส่วนที่เป็นมวลกล้ามเนื้อเฉพาะในเพศชายเท่านั้น แต่ไม่มีความแตกต่างในเพศหญิง อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของตำแหน่งที่ติดเครื่อง Accelerometer เป็นตำแหน่งสะโพกขวา แม้จะเป็นจุดใกล้ศูนย์กลางมวลของร่างกายที่แสดงถึงการเคลื่อนไหวของทั้งร่างกาย แต่ไม่สามารถจำแนกระนาบได้ชัดเจนว่ากิจกรรมที่ทำอยู่ในระนาบใด เพศหญิงที่ทำการศึกษามีกิจกรรมที่ไม่สามารถแบ่งแยกระนาบได้ชัดเจน ได้แก่ รีดผ้า ปั่นจักรยาน เป็นต้น กิจกรรมทางกายเป็นพฤติกรรมที่ซับซ้อน มีหลายมิติทั้งเรื่องความถี่ ระยะเวลา ความหนักเบา และประเภทกิจกรรมด้วย[12] อุปกรณ์เพียงชนิดเดียวอาจไม่สามารถสะท้อนการใช้พลังงานของร่างกายได้อย่างถูกต้อง

ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าพลังงานขั้นพื้นฐาน น้ำหนักตัว ปริมาณกล้ามเนื้อในร่างกาย และเส้นรอบเอว มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก โดยน้ำหนักตัวและปริมาณกล้ามเนื้อในร่างกายมีค่าความสัมพันธ์ระดับสูง (r > 0.7) สอดคล้องกับการศึกษาของ Fonseca และคณะ ที่พบว่าองค์ประกอบร่างกายมีความสำคัญต่อการใช้พลังงานโดยส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน ได้แก่ กล้ามเนื้อมีการใช้พลังงานมากกว่าส่วนประกอบของร่างกายที่เป็นไขมัน โดยผู้ที่มีกล้ามเนื้อมากจะมีการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานสูง[13]

สรุปผลการศึกษา

ระดับกิจกรรมทางกายในวัยผู้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีมวลกายปกติและมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง เท่ากับ 1.45 และค่าการใช้พลังงานของร่างกายทั้งหมดเท่ากับ

1,798 ± 333 กิโลแคลอรี่/วัน (เพศชาย 2,018 ± 285 กิโลแคลอรี่/วัน และเพศหญิง 1,578 ± 212 กิโลแคลอรี่/วัน) สามารถประเมินค่า TEE เบื้องต้นในกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยในเพศชายและหญิงจากน้ำหนักตัวเท่ากับ 32 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม/วัน และ 31 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ

เนื่องจากการวัดพลังงานโดยใช้วิธี DLW ต้องการเครื่องมือเฉพาะและมีค่าใช้จ่ายสูง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประชากรที่มีความหลากหลายทั้งในด้านองค์ประกอบร่างกาย และลักษณะการทำงาน/การเดินทาง/นันทนาการ/กิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกาย/ กิจกรรมยามว่าง เพื่อสร้างสมการประเมินการใช้พลังงานต่อวันที่มีความถูกต้องและเหมาะสมสำหรับประชากรวัยผู้ใหญ่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ร่วมการวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่วิจัยและเครื่องมือการวิจัย ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency - IAEA) ที่เอื้อเฟื้อสารละลายอณูธรรมชาติ (สารละลายดิวทีเรียม และสารละลายออกซิเจน-18) และเครื่องมือการวิเคราะห์ และขอขอบคุณ สมาคมโภชนาการแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัย (Nestle Nutrition Research Award 2018) ในครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Joint FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements. Report of an expert consultation (series 724), 5 - 17 October 1981, Geneva. 1985.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). Assessment of body composition and total energy expenditure in humans using stable isotope techniques. Vienna: International Atomic Energy Agency. 2009.
3. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ: ขนาดและโครงสร้างประชากรตามอายุและเพศ พ.ศ.2562 [Internet]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 14 กรกฎาคม 2563]. เข้าถึงได้จาก: http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx
4. นุชราภรณ์ เลี้ยงรื่นรมย์, ฐิติกร โตโพธิ์ไทย, ชมพูนุท โตโพธิ์ไทย, วิชชุกร สุริยะวงศ์ไพศาล, สุพล ลิมวัฒนานนท์, จุฬาภรณ์ ลิมวัฒนานนท์, และคณะ. คนไทยมีกิจกรรมทางกายเพียงพอตามเกณฑ์หรือไม่: ข้อมูลจากการสำรวจอนามัยและสวัสดิการ พ.ศ. 2558. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข 2560; 2(11):205-20.
5. Katewongsa P. Physical Activity Survey of Thailand 2014. Nakornpathom: Population and Social Research Institute, Mahidol University. 2014.
6. Yao M, McCrory MA, Ma G, Li Y, Dolnikowski GG and Roberts SB. Energy requirements of urban Chinese dults with manual or sedentary occupations, determined using the doubly labeled water method. Eur J Clin Nutr. 2002; 56:575–84.
7. Joint FAO/WHO/UNU. Human energy requirements. Report of an expert consultation, 17-24 October 2001, Rome. 2004.
8. Lifson N. Theory of use of turnover rate of body water for measuring energy and material balance. J Theor Biol. 1996; 12:46-74.

9. Schoeller DA, Ravussin E, Schutz Y, Acheson KJ, Baertschi P, Jéquier E. Energy expenditure by doubly labeled water: validation in humans and proposed calculation. Am J Physiol. 1986; 250:823-30.
10. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J Physiol. 1949; 109:1-9.
11. ฐิติกร โตโพธิ์ไทย, ชมพูนุท โตโพธิ์ไทย, สุลัดดา พงษ์อุทธา, วิชชุกร สุริยะวงศ์ไพศาล, อรณา จันทราศิริ และ ทักษพล ธรรมรังสี. พลังงานจาก 4 กลุ่มกิจกรรมทางกายที่คนไทยใช้ในแต่ละวัน. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข. 2558; 2(9):168-80.
12. Pettee Gabriel KK, Morrow JR, Jr, Woolsey AL. Framework for physical activity as a complex and multidimensional behavior. J Phys Act Health. 2012; 9(Suppl_1):S11–8.
13. Fonseca CD, Sala P, Ferreira AMB, Reis J, Torrinhas SR, Bendavid I, Waitzberg LD. Body weight control and energy expenditure. Clin Nutr Exp. 2018; 20:55-59.