

ค่าปริมาตรอากาศหายใจในเด็กและวัยรุ่นไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีสุขภาพแข็งแรง

อรทัย ดันกำเนิดไทย, วิไลวรรณ กฤษณะพันธ์, ธัญดา สุทธิธรรม, ปณกพร วรรณานนท์
ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

Spirometric Values in Healthy Northeast Thai Children and Adolescents.

Oratai Tunkamnerdthai, Wilaiwan Khrisanapant, Tunda Suttitum, Panakaporn Wannanon
Department of Physiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, 40002

หลักการและเหตุผล: ค่าสมรรถภาพปอดแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยทางด้านเชื้อชาติ พันธุกรรม หรือสิ่งแวดล้อมซึ่งรวมไปถึงสุขภาพในวัยเด็ก ควัน มลภาวะ โภชนาการและการออกกำลังกาย ดังนั้นการหาค่ามาตรฐานที่เหมาะสมจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการประเมินโรคทางเดินหายใจ ปัจจุบันนี้ยังไม่มีการศึกษาใดรายงานค่าปริมาตรอากาศหายใจในเด็กและวัยรุ่นไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสุขภาพแข็งแรง

วัตถุประสงค์: เพื่อหาสมการคาดคะเนสำหรับ forced expiratory volume in one second (FEV_1), forced vital capacity (FVC) และอัตราการไหลของอากาศ (forced expiratory flow, FEF) และเปรียบเทียบค่าปริมาตรอากาศหายใจกับคนต่างเชื้อชาติ

วิธีการ: ค่าปริมาตรอากาศหายใจทำในเด็กและวัยรุ่นที่ศึกษาอยู่โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จำนวน 470 คน เป็นชาย 305 คนที่มีอายุระหว่าง 12-19 ปีโดยใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ Eagle one ส่วนสูงและอายุเป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการหาสมการคาดคะเนทั้งสองเพศ

ผลการศึกษา: ค่าปริมาตรอากาศหายใจเกือบทุกค่าต่ำกว่าคนผิวขาว Polynesian และจีน ซึ่งสมการคาดคะเนเป็นดังนี้ $FVC = 0.054H + 0.062A - 6.596$ ($r = 0.863$), $FEV_1 = 0.046H + 0.073A - 5.779$ ($r = 0.862$), $FEF_{25\%} = 0.062H + 0.173A - 6.909$ ($r = 0.552$), $FEF_{50\%} = 0.048H + 0.165A - 5.968$ ($r = 0.566$), $FEF_{75\%} = 0.03H + 0.131A - 4.478$ ($r = 0.555$), $PEF_{25-75\%} = 0.045H + 0.145A - 5.655$ ($r = 0.592$), $PEF = 0.075H + 0.146A - 8.127$ ($r = 0.589$) ในเพศชายและ $FVC = 0.035H + 0.014A - 3.149$ ($r = 0.510$), $FEV_1 = 0.029H + 0.016A - 2.615$ ($r = 0.500$), $FEF_{25\%} = -0.073H - 0.07A + 17.339$ ($r = 0.280$), $FEF_{50\%} = -0.081H - 0.045A + 17.703$ ($r = 0.418$), $FEF_{75\%} = -0.035H + 0.173A + 5.391$ ($r = 0.552$), $FEF_{25-75\%} = -0.055H + 0.06A + 11.5$ ($r = 0.350$), $PEF = -0.071H - 0.097A + 17.768$ ($r = 0.321$) ในเพศหญิง

Background: Differences in pulmonary function are influenced by ethnic, genetic or environmental factors, including childhood health, environmental smoke and pollution, nutritional status and exercise. Appropriate reference values are needed for the assessment of pulmonary disease. No published studies regarding spirometric values of healthy children and adolescents of the northeast of Thailand have been reported.

Objectives: To determine predictive equations for forced expiratory volume in one second (FEV_1), forced vital capacity (FVC) and the forced expiratory flow (FEF), and evaluate whether they are different from other ethnic groups.

Methods: Standard spirometry was performed in 470 healthy children and adolescents of Kaennakorn Wittayalai school (305 males) 12 to 19 years of age using the Eagle one spirometer. Regression analyses using height (H) and age (A) as independent variables were applied for both sexes.

Results: Almost all-spirometric volumes were systematically lower than those of Europe, Polynesian, and Chinese. Predictive equations were; In male: $FVC = 0.054H + 0.062A - 6.596$ ($r = 0.863$), $FEV_1 = 0.046H + 0.073A - 5.779$ ($r = 0.862$), $FEF_{25\%} = 0.062H + 0.173A - 6.909$ ($r = 0.552$), $FEF_{50\%} = 0.048H + 0.165A - 5.968$ ($r = 0.566$), $FEF_{75\%} = 0.03H + 0.131A - 4.478$ ($r = 0.555$), $PEF_{25-75\%} = 0.045H + 0.145A - 5.655$ ($r = 0.592$), $PEF = 0.075H + 0.146A - 8.127$ ($r = 0.589$); In female: $FVC = 0.035H + 0.014A - 3.149$ ($r = 0.510$), $FEV_1 = 0.029H + 0.016A - 2.615$ ($r = 0.500$), $FEF_{25\%} = -0.073H - 0.07A + 17.339$ ($r = 0.280$), $FEF_{50\%} = -0.081H - 0.045A + 17.703$ ($r = 0.418$), $FEF_{75\%} = -0.035H + 0.173A + 5.391$ ($r = 0.552$), $FEF_{25-75\%} = -0.055H + 0.06A + 11.5$ ($r = 0.350$), $PEF = -0.071H - 0.097A + 17.768$ ($r = 0.321$)

สรุป: การศึกษาในครั้งนี้ยืนยันว่าค่าปริมาตรอากาศหายใจ ยกเว้นค่า FEF_{75%} ของคนไทยต่ำกว่าคนผิวขาว ซึ่งยังต้องการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเพื่อที่จะได้ค่าปกติของค่าปริมาตรอากาศหายใจสำหรับเด็กและวัยรุ่นไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

($r = 0.280$), $FEF_{50\%} = -0.081H - 0.045A + 17.703$ ($r = 0.418$), $FEF_{75\%} = -0.035H + 0.173A + 5.391$ ($r = 0.552$), $FEF_{25-75\%} = -0.055H + 0.06A + 11.5$ ($r = 0.350$), $PEF = -0.071H - 0.097A + 17.768$ ($r = 0.321$).

Conclusions: This study confirms the previous studies by others that apart from the FEF_{75%} FVC and its components were systematically lower than those of Caucasians. Further studies in a larger number of population are needed before establishing "normal" values for the northeast Thai children and adolescents.

ศรีนครินทร์เวชสาร 2546; 18(3), 143-153 • Srinagarind Med J 2003; 18(3), 143-153

บทนำ

แม้ว่าค่าปริมาตรอากาศหายใจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคลทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น เชื้อชาติ พันธุกรรม มลภาวะ การสูบบุหรี่ โภชนาการ การออกกำลังกาย และเศรษฐกิจฐานะทางสังคม¹⁻⁶ แต่ที่สำคัญคือเปลี่ยนแปลงตามช่วงอายุโดยเพิ่มขึ้นตั้งแต่ในวัยแรกเกิดจนถึงอายุ 19 ปีในเพศชายและ 18 ปีในเพศหญิง⁷ หรือ 18 ปีในเพศชายและ 16 ปีในเพศหญิง⁸ หลังจากนั้นปริมาตรอากาศหายใจมีค่าคงที่จนถึงอายุประมาณ 40 ปี แล้วค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุมากขึ้น⁹ การวัดสมรรถภาพปอดมีประโยชน์ทั้งในด้านการวินิจฉัย การประเมินความรุนแรงของโรค และการติดตามผลการรักษา ดังนั้นการหาสมรรถภาพที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแปลผลค่าสมรรถภาพปอดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง จากการศึกษาพบว่าค่าสมรรถภาพปอดในคนต่างเชื้อชาติกันจะมีค่าปกติที่แตกต่างกัน ดังนั้นการแปลผลค่าสมรรถภาพปอดโดยอาศัยค่าปกติที่ต่างเชื้อชาติกันแม้จะได้ดัดแปลงแล้วก็อาจทำให้การแปลผลผิดไป โดยเฉพาะเมื่อใช้ค่าที่ไม่ได้ดัดแปลงจากคนผิวขาว (Caucasian) จะทำให้การแปลผลผิดไปถึง 50 เปอร์เซ็นต์¹⁰ อนึ่งเศรษฐกิจฐานะทางสังคมมีผลต่อค่าปริมาตรอากาศหายใจ โดยพบว่าคนที่มีเศรษฐกิจฐานะทางสังคมดีมีค่าปริมาตรอากาศหายใจมากกว่าคนที่มีเศรษฐกิจฐานะทางสังคมที่ด้อยกว่า^{5,10} จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี พบว่าประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีรายได้ต่ำกว่าภาคอื่น¹¹ ด้วยเหตุนี้ค่าปริมาตรอากาศหายใจของประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจมีค่าที่ต่ำกว่าภาคอื่น ทำให้เมื่อนำสมรรถภาพคาดคะเนแม้จะเป็นของคนไทยด้วยกันมาใช้ในการแปลผลก็อาจจะทำให้การแปลผลผิดพลาดได้ นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาใดหาค่าปริมาตรอากาศหายใจในประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือในวัยเด็กจนถึงวัยรุ่น

ดังนั้นการทำวิจัยในครั้งนี้เพื่อต้องการหาสมรรถภาพคาดคะเนค่าปริมาตรอากาศหายใจในเด็กนักเรียนที่มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออายุระหว่าง 12-19 ปี และเปรียบเทียบค่าปริมาตรอากาศหายใจกับคนต่างเชื้อชาติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การวิจัยทำในนักเรียนที่มีภูมิลำเนาอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และศึกษาที่โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย ขอนแก่น อายุระหว่าง 12-19 ปี เป็นนักเรียนชาย 305 คน นักเรียนหญิง 165 คน ซึ่งได้จากการสุ่มโดยการจับสลาก

หลักเกณฑ์การคัดเลือกผู้ที่จะนำมาศึกษา (Inclusion criteria)

1. มีเชื้อชาติไทยและมีภูมิลำเนาอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. มีอายุไม่ต่ำกว่า 12 ปี และไม่เกิน 19 ปี
3. เป็นบุคคลที่มีสุขภาพแข็งแรงคือ
 - 3.1 ไม่เคยสูบบุหรี่หรือสูดดมหรือสูดน้อยกว่าครึ่งของต่อปี และไม่สูบบุหรี่ก่อนหน้าที่จะถูกทดสอบไม่ต่ำกว่า 6 เดือน
 - 3.2 ไม่มีอาการทางโรคหัวใจและทรวงอก
 - 3.3 ไม่มีประวัติการเป็นวัณโรค หอบหืดและโรคปอดหรือไม่มีอาการเจ็บป่วยแบบเฉียบพลันของทรวงอกก่อนถูกทดสอบ 6 สัปดาห์
 - 3.4 ไม่มีประวัติโรคความดันโลหิตสูงและโรคติดต่อร้ายแรง

ผู้ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทุกข้อจะถูกเลือกให้เป็นผู้ถูกทดสอบ โดยคณะผู้วิจัยได้อธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการในการทดสอบ ประโยชน์ รวมทั้งผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น

ในขณะที่ทำ ทั้งนี้ผู้ถูกทดสอบต้องยินยอมให้ความร่วมมือโดยลงลายมือชื่อเป็นหลักฐานรับรองในแบบฟอร์มยินยอม (consent form) ก่อนทำการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพปอด

ใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ Eagle one, model S (survey spirometer) ความจุอากาศ 8 ลิตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 32 มิลลิเมตร/วินาที เครื่องมือนี้สามารถรายงานผลได้ในรูปรอยบันทึบบนแผ่นกราฟ (spirogram) และรายงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยค่าปริมาตรปอดที่รายงานเป็นหน่วย BTPS (Body Temperature, Pressure and Saturated with water vapor) ซึ่งก่อนที่จะทำการวัดจะต้องบันทึกค่าความดันบรรยากาศและอุณหภูมิของอากาศในห้องที่ทำการทดสอบ เพื่อเครื่องจะทำการแปลงหน่วยจาก ATPS (Ambient Temperature, Pressure and Saturated with water vapor) เป็น BTPS

วิธีการทดสอบสมรรถภาพปอด: ผู้ถูกทดสอบจะต้อง

1. ยืนขึ้น
2. จับเครื่องมือไว้ให้ห่างปาก
3. หายใจเข้าให้ลึกที่สุดเท่าที่จะทำได้และสอด mouth-piece เข้าไปในปาก แล้วใช้พันกัณฑ์เอาไว้
4. ปิดริมฝีปากครอบ mouthpiece ให้สนิท
5. หายใจออกให้เร็วที่สุดแรงที่สุดเท่าที่จะทำได้และพยายามหายใจออกเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วินาที เมื่อสิ้นสุดการวัด เครื่องวัดจะแสดงค่า FVC (forced vital capacity), FEV₁ (forced expiratory volume in one second), FEF_{25%} (forced expiratory flow rate after expiring 25% of FVC), FEF_{50%} (forced expiratory flow rate after expiring 50% of FVC), FEF_{75%} (forced expiratory flow rate after expiring 75% of FVC), FEF_{25-75%} (forced expiratory flow rate during the middle half of the FVC) และ PEF (peak expiratory flow) ในครั้งเดียวกัน ส่วนค่า FEV₁/FVC ได้จากการคำนวณ

ในวันที่ทำการทดสอบผู้ถูกทดสอบไม่มีอาการของโรคทางเดินหายใจและหัวใจ ก่อนทำการตรวจวัดปริมาตรปอดผู้ทดสอบบันทึกน้ำหนัก ส่วนสูง สัญญาณชีพ (vital signs) ของผู้ถูกทดสอบหลังจากนั้นผู้ทดสอบอธิบายพร้อมทั้งสาธิตวิธีทำ และให้ผู้ถูกทดสอบได้ทดลองทำก่อน ซึ่งวิธีการวัดปริมาตรปอดนั้นอิงตามเกณฑ์มาตรฐานของ American Thoracic Society (ATS) ทุกครั้งกล่าวคือต้องทำการวัดอย่างน้อย 3 ครั้ง โดย FVC และ FEV₁ ที่ดีที่สุดจะต้องมีค่าเท่ากับ ± 0.2 ลิตรของค่าในครั้งถัดไป¹² โดยจะเลือกเอาค่าที่ดีที่สุด ซึ่งหากต้องทำการวัดติดต่อกันและบ่อยเกินไปอาจจะทำให้ร่างกายสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไปจนอาจทำให้เกิดภาวะ hypocapnia และเวียนศีรษะได้ ดังนั้นต้องเว้นระยะการทดสอบอย่างน้อย 10 นาที จนกระทั่งแน่ใจว่าผู้ถูกทดสอบ

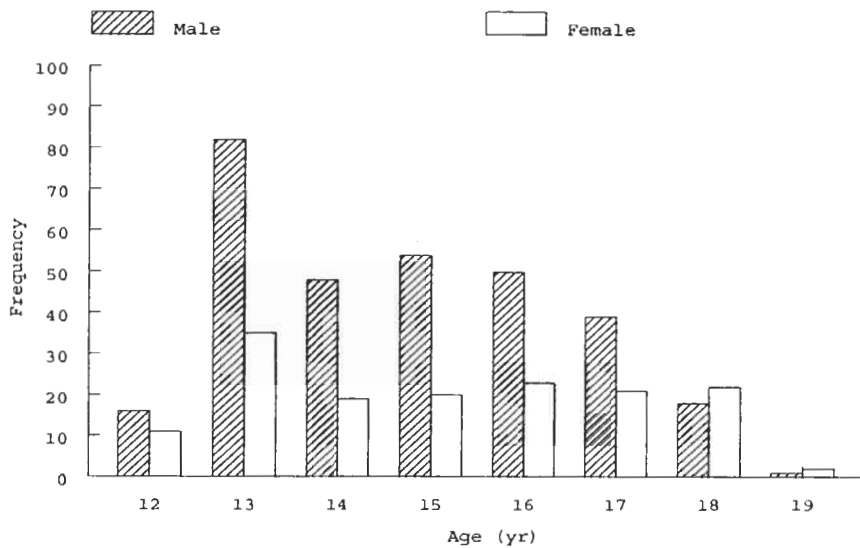
ไม่มีอาการเหนื่อยก่อนทำการทดสอบครั้งถัดไป การวัดปริมาตรปอดอยู่ภายใต้การควบคุมแนะนำของอาจารย์ภาค วิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้ซึ่งมีประสบการณ์อย่างมากในการตรวจสมรรถภาพปอด นักศึกษาในศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลนำเสนอเป็นค่า means \pm SD และถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 9.0 การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง FVC หรือ FEV₁ กับส่วนสูง และ FVC หรือ FEV₁ กับอายุ วิเคราะห์โดย simple linear regression analysis ส่วนการหาสมการคาดคะเนวิเคราะห์โดย multiple regression analysis ซึ่งมีสมการดังนี้ $y = a + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$ โดยกำหนดให้ส่วนสูงและอายุเป็น independent variables หรือ x_1 และ x_2 ตามลำดับ และค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศต่าง ๆ เป็น dependent variable หรือ y สำหรับการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ระหว่างเพศชายและหญิงใช้ unpaired t-test ถ้าค่า p-value < 0.05 ให้ถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัย

ผู้ถูกทดสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 470 คน เป็นเพศชาย 305 คน และเพศหญิง 165 คน โดยเพศชายและหญิงมีอายุเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 14.78 ± 1.67 ปี ในเพศชาย และ 15.01 ± 2.21 ปี ในเพศหญิง (ตารางที่ 1) จำนวนผู้ถูกทดสอบที่มีอายุ 13 ปีมีจำนวนมากที่สุดทั้งเพศชายและหญิงโดยมีสัดส่วนเท่ากับ 26.88 เปอร์เซ็นต์ในเพศชายและ 21 เปอร์เซ็นต์ในเพศหญิง และอายุ 19 ปีมีจำนวนน้อยที่สุดทั้งเพศชายและหญิงโดยมีสัดส่วนเท่ากับ 0.33 เปอร์เซ็นต์ในเพศชายและ 1.21 เปอร์เซ็นต์ในเพศหญิง (รูปที่ 1) ผู้ถูกทดสอบมีส่วนสูงอยู่ในช่วง 130-189 เซนติเมตรในเพศชายและ 140-169 เซนติเมตรในเพศหญิง (รูปที่ 2) เพศชายมีส่วนสูงเฉลี่ยสูงกว่าเพศหญิง 5.32 เซนติเมตร ($p < 0.001$) (ตารางที่ 1) ซึ่งเพศชายที่มีส่วนสูงต่ำกว่า 160 เซนติเมตรมีสัดส่วนประมาณ 33.44 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เพศชายยังมีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่าเพศหญิง 2.11 กิโลกรัม ($p < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศชายและเพศหญิง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัว (systolic pressure, SP) ความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัว (diastolic pressure, DP) ความดันเลือดเฉลี่ย (mean arterial pressure, MAP) อัตราการเต้นชีพจร (pulse rate, PR) และอัตราการหายใจ (respiratory rate, RR) อยู่ในเกณฑ์ปกติและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 1 จำนวนผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชายและหญิงจำแนกตามอายุ (ปี)

ระหว่างเพศชายและเพศหญิง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าเพศชายมี FVC และ FEV₁ มากกว่าเพศหญิง 0.52 และ 0.58 ลิตรตามลำดับ ($p < 0.001$) ส่วนค่าอัตราการไหลของอากาศพบว่าเฉพาะค่า FEV_{25%} และ PEF เท่านั้นที่เพศชายสูงกว่าในเพศหญิง ($p < 0.05$) ค่าอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) ระหว่าง FVC และ FEV₁ กับส่วนสูง (รูปที่ 3) และอายุ (รูปที่ 4) พบว่า FVC และ FEV₁ แปรผันโดยตรงกับส่วนสูงมากกว่าอายุทั้งเพศชายและหญิง (รูปที่ 3 และ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนสูงเป็นตัวบ่งบอกถึงค่าปริมาตรปอดได้ดีกว่าอายุ และได้นำส่วนสูงและอายุมาใช้เป็นตัวแปรในการหาค่าสมการคาดคะเนสำหรับปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศ

ทั้งเพศชายและเพศหญิงดังแสดงในตารางที่ 4

เมื่อทำการปรับค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศโดยแทนค่าอายุเท่ากับ 14.4 ปี ส่วนสูงเท่ากับ 162 เซนติเมตร น้ำหนักเท่ากับ 52.90 กิโลกรัมในเพศชาย และอายุเท่ากับ 14.5 ปี ส่วนสูงเท่ากับ 157 เซนติเมตรในเพศหญิงเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Neukirch และคณะ¹ ลงในสมการคาดคะเนของงานวิจัยนี้และงานวิจัยอื่น^{1,6,13} ส่วนสมการคาดคะเนในเพศหญิงของภารดีและคณะ⁶ มีน้ำหนักเป็นตัวแปรด้วยจึงได้แทนค่าน้ำหนักเฉลี่ยจากงานวิจัยนี้ พบว่าคนไทยมีค่าปริมาตรปอดมากกว่าคนชาติอื่น โดยเฉพาะจากงานวิจัยนี้พบว่าค่า FVC ต่ำกว่าคนยุโรป 19 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.71 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.65, 0.77 ลิตร) และ FEV₁ ต่ำกว่าคนยุโรป 20

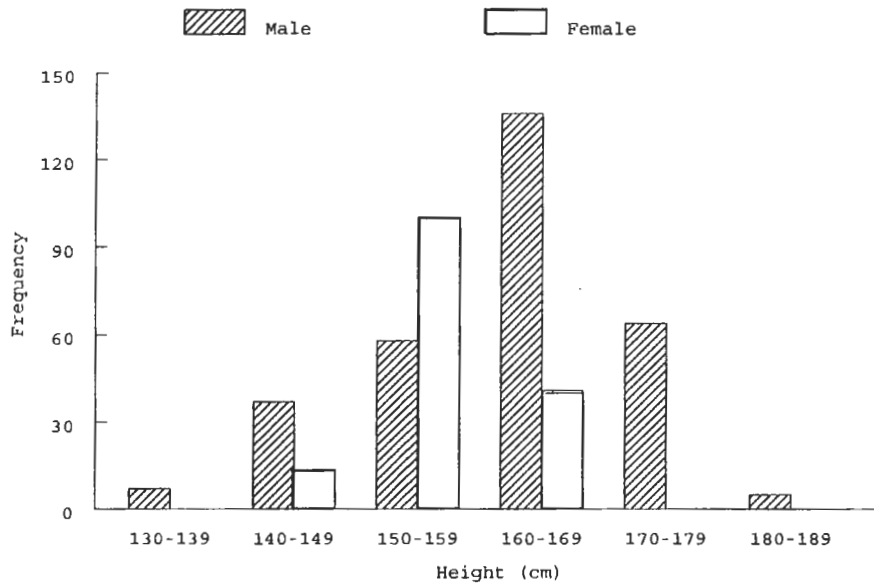
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของอายุ (ปี) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ส่วนสูง (เซนติเมตร) และดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) ในเพศชายและเพศหญิง

Measurement	Male	Female
Age (year)	14.78 ± 1.67	15.01 ± 2.21
Body weight (Kg)	49.91 ± 11.49	47.80 ± 8.09*
Height (cm)	161.82 ± 9.93	156.50 ± 5.19*
BMI (Kg/m ²)	18.85 ± 3.09	19.44 ± 2.93

* $p < 0.001$ และ # $p < 0.05$ ระหว่างเพศชายและเพศหญิง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความดันเลือด (มิลลิเมตรปรอท) อัตราการเต้นของชีพจร (ครั้ง/นาที) และอัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที) ในเพศชายและเพศหญิง

Measurement	Male	Female
Systolic pressure (mmHg)	111 ± 12	105 ± 9
Diastolic pressure (mmHg)	68 ± 9	69 ± 7
MAP (mmHg)	82 ± 10	81 ± 7
Pulse rate (/min)	75 ± 10	83 ± 10
Respiratory rate (/min)	20 ± 3	19 ± 3



รูปที่ 2 จำนวนผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชายและหญิงจำแนกตามส่วนสูง (เซนติเมตร)

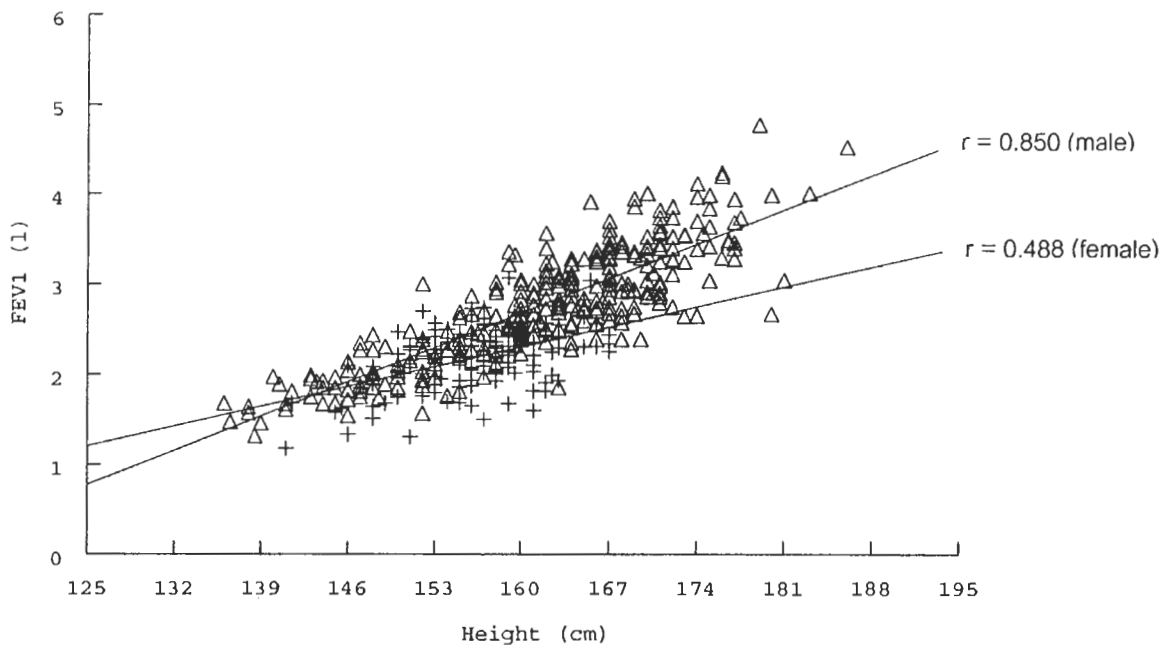
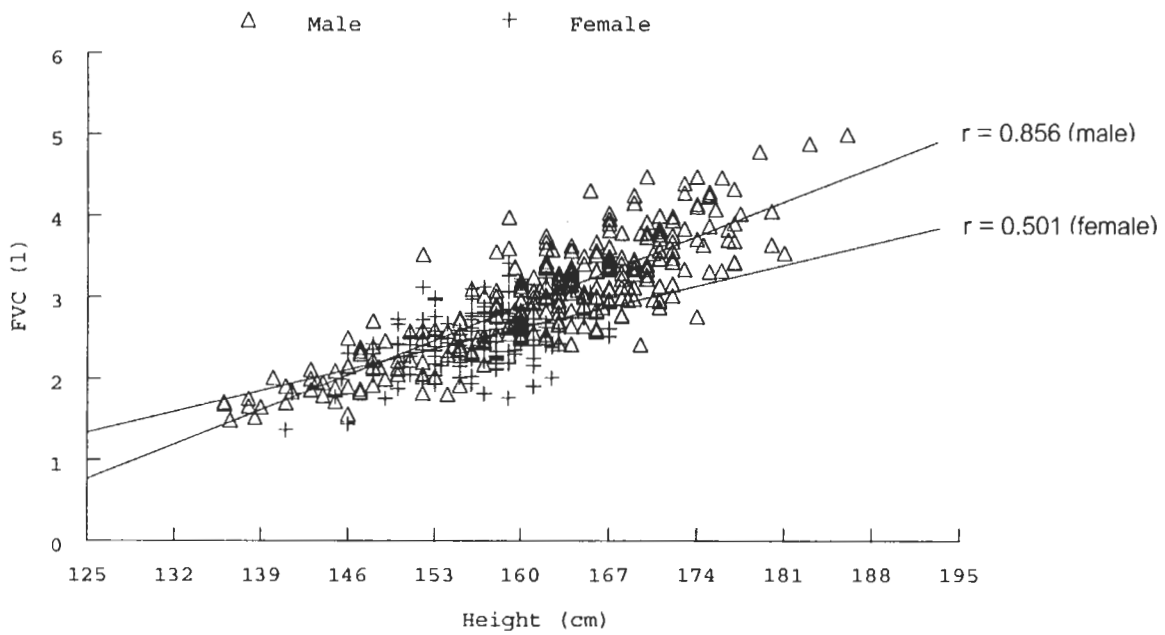
ตารางที่ 3 ค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศเฉลี่ยในเพศชายและเพศหญิง

Measurement	Male	Female	Male vs. Female (%)
FVC (l)	3.01 ± 0.70	2.49 ± 0.38*	121
FEV ₁ (l)	2.77 ± 0.63	2.19 ± 0.34*	126
FEF _{25%} (l/sec)	5.64 ± 1.51	4.71 ± 1.31*	120
FEF _{50%} (l/sec)	4.21 ± 1.22	4.09 ± 0.95	103
FEF _{75%} (l/sec)	2.35 ± 0.86	2.58 ± 0.48	91
FEF _{25-75%} (l/sec)	3.72 ± 1.07	3.68 ± 0.75	101
PEF (l/sec)	6.13 ± 1.56	5.04 ± 1.17*	122
FEV ₁ /FVC (%)	87 ± 7.80	88 ± 7.37	100

*p < 0.001 และ * p < 0.05 ระหว่างเพศชายและเพศหญิง

เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.68 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.61, 0.75 ลิตร) ในเพศชาย ส่วนเพศหญิงพบว่าค่า FVC ต่ำกว่าคนยุโรป 20 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.62 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.46, 0.78 ลิตร) และ FEV₁ ต่ำกว่าคนยุโรป 27 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.8 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.68, 0.92 ลิตร) เมื่อเปรียบเทียบกับคนจีนพบว่าค่า FVC ต่ำกว่าคนจีน 14 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.51 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนจีน 0.45, 0.57 ลิตร) และ FEV₁ ต่ำกว่าคนจีน 18 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.58 ลิตร (โดยมีช่วง

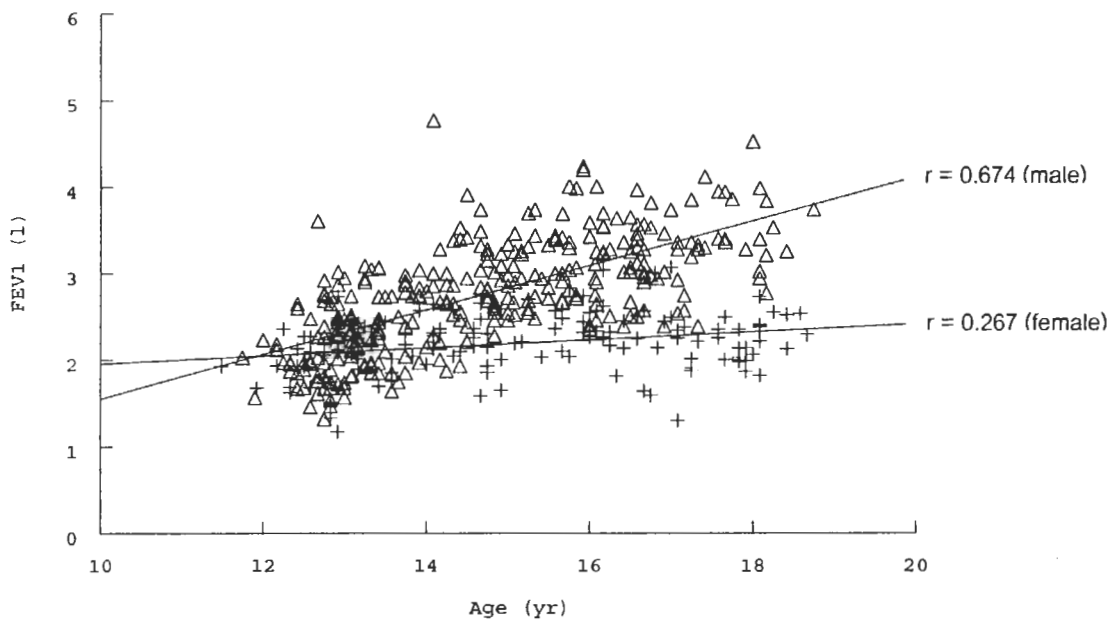
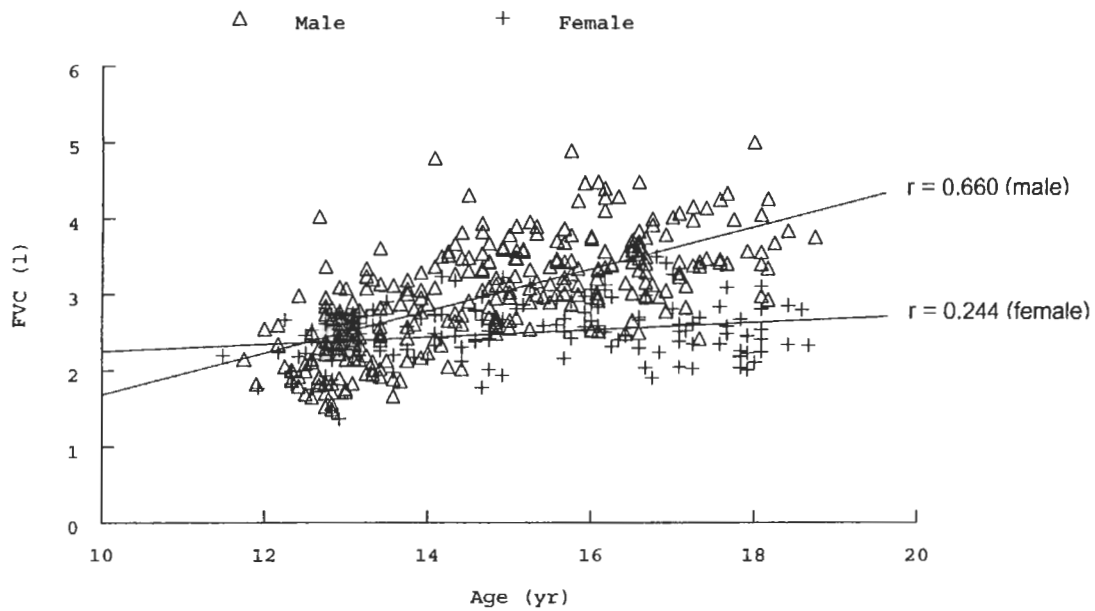
ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนจีน 0.51, 0.65 ลิตร) ในเพศชาย ส่วนเพศหญิงพบว่าค่า FVC ต่ำกว่าคนจีน 15 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.35 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนจีน 0.19, 0.51 ลิตร) และ FEV₁ ต่ำกว่าคนจีน 21 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.62 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนจีน 0.5, 0.74 ลิตร) ค่าอัตราการไหลของอากาศในเพศชายของคนไทยจากงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าคนยุโรปประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าค่า FEF_{25%} ต่ำกว่าคนยุโรป 11 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.71 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.43, 0.99 ลิตร) FEF_{50%}



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า FVC และ FEV₁ (ลิตร) กับส่วนสูง (เซนติเมตร) ในเพศชายและเพศหญิง

ต่ำกว่าคนยุโรป 8 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.35 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.31, 0.39 ลิตร) และ FEV_{25-75%} ต่ำกว่าคนยุโรป 10 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.4 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.19,

0.61 ลิตร) ยกเว้นค่า FEV_{75%} ที่มีค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีค่าต่ำกว่าคนยุโรปเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.04 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป -0.24, 0.32 ลิตร) ส่วนในเพศหญิงพบว่าค่าอัตราการไหลของอากาศของคนไทย



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า FVC และ FEV₁ (ลิตร) กับอายุ (ปี) ในเพศชายและเพศหญิง

จากงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าคนยุโรปประมาณ 4-17 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าค่า FEV_{25%} ต่ำกว่าคนยุโรป 17 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1.01 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.52, 1.50 ลิตร) และ FEV_{25-75%} ต่ำกว่าคนยุโรป 4 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.17 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.12, 0.22 ลิตร) ยกเว้นค่า FEV_{50%} ที่มีค่าใกล้เคียง

กันซึ่งมีค่าสูงกว่าคนยุโรปเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.09 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป -0.27, 0.15 ลิตร) และ FEV_{75%} มีค่าสูงกว่าคนยุโรป 7 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.15 ลิตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับคนยุโรป 0.13, 0.17 ลิตร) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 สมการคาดคะเนปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศในเพศชายและเพศหญิง

Measurement	Equation	r	SE
Male			
FVC (l)	0.054H+0.062A-6.596	0.863	0.356
FEV ₁ (l)	0.046H+0.073A-5.779	0.862	0.322
FEF _{25%} (l/sec)	0.062H+0.173A-6.909	0.552	1.261
FEF _{50%} (l/sec)	0.048H+0.165A-5.968	0.566	1.005
FEF _{75%} (l/sec)	0.03H+0.131A-4.478	0.555	0.713
FEF _{25-75%} (l/sec)	0.045H+0.145A-5.655	0.592	0.863
PEF (l/sec)	0.075H+0.146A-8.127	0.589	1.265
Female			
FVC (l)	0.035H+0.014A-3.149	0.510	0.328
FEV ₁ (l)	0.029H+0.016A-2.615	0.500	0.293
FEF _{25%} (l/sec)	-0.073H-0.07A+17.339	0.280	1.373
FEF _{50%} (l/sec)	-0.081H-0.045A+17.703	0.418	0.947
FEF _{75%} (l/sec)	-0.035H+0.173A+5.391	0.552	0.442
FEF _{25-75%} (l/sec)	-0.055H+0.06A+11.5	0.350	0.775
PEF (l/sec)	-0.071H-0.097A+17.768	0.321	1.212

H = ส่วนสูง (เซนติเมตร), A = อายุ (ปี)

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ส่วนสูง และ BMI ในเพศชายมีค่าใกล้เคียงกับคนยุโรปและจีนแต่ต่ำกว่าคน Polynesian ซึ่งทำการศึกษาในอายุ 10-19 ปีและมีอายุเฉลี่ยใกล้เคียงกัน¹ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในคนไทยโดย ภารดีและคณะ⁶ และ Dejsomritrutai และคณะ¹³ พบว่ามีค่าต่ำกว่าทั้งนี้เนื่องจากอายุที่แตกต่างกันกล่าวคือ อายุ 18-22 ปี (อายุเฉลี่ย 20 ปี)⁶ และ 10-92 ปี (อายุเฉลี่ย 37 ปี) โดยที่ จำนวนผู้ถูกทดสอบที่มีอายุ 10-19 ปีมีสัดส่วนเพียง 21.93 เปอร์เซ็นต์¹³ ในเพศหญิงพบว่าน้ำหนัก ส่วนสูง และ BMI มีค่าใกล้เคียงกับคนยุโรปที่มีอายุ 10-19 ปี¹ และคนไทยที่มีอายุ 18-22 ปี⁶ แต่ต่ำกว่าคน Polynesian ที่มีอายุ 10-19 ปี¹ นอกจากนี้มีค่ามากกว่าคนจีนที่มีอายุ 10-19 ปี¹ เมื่อเปรียบเทียบค่าเหล่านี้กับงานวิจัยที่ทำการศึกษาในคนไทยอายุ 10-92 ปี โดยที่จำนวนผู้ถูกทดสอบในช่วงอายุ 10-19 ปีมีสัดส่วนเพียง 12.61 เปอร์เซ็นต์¹³ พบว่ามีส่วนสูงมากกว่าแต่น้ำหนักและ BMI น้อยกว่า ส่วนค่าความดันเลือด อัตราการเต้นชีพจร และอัตราการหายใจอยู่ในเกณฑ์ปกติ¹⁴

ค่า FEV₁ และ FVC ในเพศชายมากกว่าเพศหญิงเช่นเดียวกับงานวิจัยอื่น^{1,2,6,15} ส่วนอัตราการไหลของอากาศใน

เพศชายใกล้เคียงกัน (FEF_{50%}, FEF_{75%} และ FEF_{25-75%}) หรือมากกว่า (FEF_{25%} และ PEF) ในเพศหญิงเช่นเดียวกับผลการ ศึกษาของ Neukirch และคณะ¹ จากการวิจัยที่วัดความ แข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจโดยวัดค่า maximal inspiratory pressure (P_{lmax}), maximal expiratory pressure (P_{Emax}) และ sniff nasal inspiratory pressure (P_{nsn}) พบว่า ค่า P_{lmax}, P_{Emax} และ P_{nsn} ในเพศชายมากกว่าเพศ หญิง¹⁶⁻¹⁸ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจในเพศ ชายมีความแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง ดังนั้นค่าปริมาตรปอด และอัตราการไหลของอากาศในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ในการศึกษานี้ครั้งนี้อาจเป็นเพราะความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่ใช้ในการหายใจในเพศชายสูงกว่าเพศหญิง

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงและอายุกับค่า FVC และ FEV₁ พบว่าส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับค่า FVC และ FEV₁ มากกว่าอายุ และได้นำตัวแปรทั้งสองมาใช้ในการหาสมการ คาดคะเนของค่า FVC, FEV₁ และอัตราการไหลของอากาศ เช่นเดียวกับงานวิจัยอื่น^{13,19} ค่า FVC, FEV₁ และอัตราการไหล ของอากาศที่ปรับค่าแล้วของเด็กและวัยรุ่นไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีอายุระหว่าง 12-19 ปี มีค่าต่ำกว่าคนยุโรป, Polynesian และจีนที่มีอายุระหว่าง 10-19 ปีทั้งเพศชายและ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศในงานวิจัยนี้และงานวิจัยอื่นที่มีเชื้อชาติต่างกัน ค่าในวงเล็บเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับคนยุโรป

Study	FVC (l)	FEV ₁ (l)	FEF _{25%} (l/sec)	FEF _{50%} (l/sec)	FEF _{75%} (l/sec)	FEF _{25-75%} (l/sec)	PEF (l/sec)
Male							
Europe ¹	3.75	3.40	6.34	4.53	2.31	4.12	NR
Polynesian ¹	3.45(92)	3.16(93)	6.28(99)	4.39(97)	2.17(94)	3.96(96)	NR
Chinese ¹	3.55(95)	3.30(97)	6.67(105)	4.69(103)	2.40(104)	4.26(103)	NR
Thai ⁶	3.62(96)	3.22(95)	NR	NR	NR	4.09(99)	NR
Thai ¹³	3.67(98)	3.22(95)	NR	NR	NR	4.26(103)	8.04
Thai (This study)	3.04(81)	2.72(80)	5.63(89)	4.18(92)	2.27(98)	3.72(90)	6.12
Female							
Europe ¹	3.17	2.97	5.87	4.24	2.25	3.90	NR
Polynesian ¹	2.99(94)	2.82(95)	6.05(103)	4.38(103)	2.17(96)	3.95(101)	NR
Chinese ¹	2.90(91)	2.79(94)	6.00(102)	4.47(105)	2.38(106)	4.09(105)	NR
Thai ⁶	2.53(80)	2.42(81)	NR	NR	NR	3.41(87)	NR
Thai ¹³	2.95(93)	2.73(92)	NR	NR	NR	3.61(93)	6.16
Thai (This study)	2.55(80)	2.17(73)	4.86(83)	4.33(102)	2.40(107)	3.73(96)	5.21

*ค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศได้จากการปรับค่าโดยแทนค่าอายุ = 14.4 ปี ส่วนสูง = 162 เซนติเมตร น้ำหนัก = 52.90 กิโลกรัมในเพศชาย และ อายุ = 14.5 ปี ส่วนสูง = 157 เซนติเมตร น้ำหนัก = 47.80 กิโลกรัมในเพศหญิง ซึ่งได้จากงานวิจัยของ Neukirch และคณะ¹ ลงในสมการค่าคะแนนของแต่ละงานวิจัย (NR = not report)

หญิง โดยที่คนผิวขาวมีค่า FVC และ FEV₁ มากที่สุดเช่นเดียวกับงานวิจัยอื่นที่พบว่าความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติมีผลต่อปริมาตรปอดและคนผิวขาวมีค่าปริมาตรปอดมากกว่าคนเชื้อชาติอื่น^{1,3,20-23} รวมทั้งคนอเมริกันผิวดำ²⁴ ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้เกิดเนื่องมาจากลักษณะรูปร่างและขนาดของร่างกายของแต่ละเชื้อชาติ โดยพบว่าคนผิวขาวมีค่าปริมาตรปอดมากกว่าเนื่องจากจำนวนของถุงลมและทรวงอกที่ใหญ่กว่า²⁵ ส่วนการที่อัตราการไหลของอากาศมากเป็นเพราะขนาดและความกว้างของทางเดินอากาศที่กว้างกว่า²⁶ นอกจากนี้ค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศของเด็กและวัยรุ่นไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีค่าต่ำกว่างานวิจัยที่ทำในคนไทยที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี⁶ และ 10-92 ปี¹³ ทั้งเพศชายและหญิง โดยที่ค่า FVC, FEV₁ และอัตราการไหลของอากาศที่ต่ำกว่าอาจเนื่องมาจากผู้ถูกทดสอบจากการศึกษาในครั้งนี้ในเพศชายมีส่วนสูงเฉลี่ยที่น้อยกว่าในงานวิจัยของการ์ดีและคณะ⁶ เท่ากับ 8.32 เซนติเมตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับงานวิจัยของการ์ดีและคณะ⁶ 7.35, 9.29 เซนติเมตร) และงานวิจัยของ

Dejsomritrutai และคณะ¹³ เท่ากับ 1.78 เซนติเมตร (โดยมีช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ต่างกับงานวิจัยของ Dejsomritrutai และคณะ¹³ 1.09, 2.47 เซนติเมตร) ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าค่าปริมาตรอากาศหายใจจะแปรผันโดยตรงกับส่วนสูง นอกจากนี้ผู้ถูกทดสอบทั้งเพศชายและหญิงส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่ปอดกำลังพัฒนาและการเติบโตของกล้ามเนื้อยังไม่เต็มที่ซึ่งอาจมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจทำให้ค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศน้อยกว่า การศึกษาของ Tomalak และคณะ¹⁶ ยืนยันสมมุติฐานนี้เนื่องจากพบว่าค่า PImax, PEmax, และอัตราการไหลของอากาศสูงสุดขณะหายใจเข้า (maximum peak inspiratory flow) และหายใจออก (maximum peak expiratory flow) ในเด็กต่ำกว่าในผู้ใหญ่ ซึ่งงานวิจัยนี้และงานวิจัยอื่น^{1,2,6,13,15,19} ได้ทำการทดสอบสมรรถภาพปอดตามเกณฑ์มาตรฐานของ American Thoracic Society¹² ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้จึงไม่มีผลต่อค่าปริมาตรอากาศหายใจ เศรษฐฐานะทางสังคมซึ่งรวมไปถึงการศึกษาและรายได้ของครอบครัวกล่าวคือรายได้เป็นดัชนีที่สะท้อนถึงภาวะเศรษฐกิจฐานะทางสังคม

ได้ดีกว่าการศึกษา โดยพบว่าคนที่มีรายได้ต่ำจะมีค่าปริมาตรปอดต่ำ^{5,10,27} เนื่องจากรายได้ต่ำจะมีผลต่อภาวะโภชนาการ และต่อเนื่องถึงการเจริญเติบโตของร่างกายรวมทั้งปอด โดยเฉพาะในเด็กที่อยู่ในครอบครัวที่มีฐานะยากจน ซึ่งมีรายงานในคนที่ภาวะทุโภชนาการจะมีผลทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจมีความแข็งแรงน้อยลงมีผลทำให้ค่าปริมาตรปอดน้อยกว่าคนที่ภาวะโภชนาการดี⁴ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่ารายได้ของประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าภาคอื่น ดังนั้นอาจมีผลทำให้ค่าปริมาตรอากาศหายใจต่ำกว่าคนไทยภาคอื่น แม้ว่าผลการทดลองครั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการที่ค่าปริมาตรปอดและอัตราการไหลของอากาศต่ำกว่านั้นเป็นผลจากเศรษฐกิจทางสังคมเนื่องจากไม่ได้เปรียบเทียบในกลุ่มอายุเดียวกัน ในอนาคตควรทำการศึกษาต่อไปถึงผลของเศรษฐกิจทางสังคมต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจในกลุ่มอายุเดียวกัน

โดยสรุปผลการวิจัยนี้ยืนยันการศึกษาก่อนว่าค่าปริมาตรอากาศหายใจมีความสัมพันธ์กับความสูงมากกว่าอายุและมีค่าน้อยกว่าคนเชื้อชาติยุโรปประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์และเงิน 15 เปอร์เซ็นต์แต่ยังสรุปไม่ได้ว่าค่าปริมาตรอากาศหายใจต่ำกว่าเด็กและวัยรุ่นภาคอื่นหรือไม่ ซึ่งคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ข้อมูลใหม่ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้คือพบว่ามีการไหลของอากาศน้อยกว่าคนยุโรปยกเว้น $FEF_{75\%}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคนจีนแต่สูงกว่าคนยุโรป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณาจารย์และนักเรียนโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัยที่ให้ความร่วมมืออย่างดี ขอขอบคุณ ผศ.จากรุวรรณ โชคคณาพิทักษ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับภาวะหืดหอบ และขอขอบคุณ คุณสกล สิงหราชคุณสรวิศ รัฐเกตุ คุณนิพนธ์ ชุมพงษ์ศักดิ์ และคุณผดุงเกียรติ จุฑากาญจนนา ที่ได้ช่วยเหลือในการเตรียมอุปกรณ์การวัดปริมาตรปอด

บรรณานุกรม

- Neukirch F, Chansin R, Liard R, Levallois M, Leproux P. Spirometry and maximal expiratory flow-volume curve reference standards for Polynesian, European, and Chinese teenagers. *Chest* 1988;4:792-8.
- Olanrewaju DM. Spirometric standards for healthy Nigerian children and adolescents. *East Afr Med J* 1991;10:812-9.
- Azizi BH, Henry RL. Ethnic differences in normal spirometric lung function of Malaysian children. *Respir Med* 1994;5: 349-56.
- Arora NS, Rochester DF. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. *Am Rev Respir Dis* 1982;1:5-8.
- Harik-Khan RI, Fleg JL, Muller DC, Wise RA. The effect of anthropometric and socioeconomic factors on the racial difference in lung function. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;9:1647-54.
- ภารดี เอื้อวิชญาแพทย์, วิไลวรรณ กฤษณะพันธ์, ณรงค์ เอื้อวิชญาแพทย์, เทอดไทย ทองอุ้น, กาญจนศรี สิงห์ภู. ค่าที่ได้จากการวัดการทำงานของปอดในคนปกติเชื้อชาติไทย. *ศรีนครินทร์เวชสาร* 2539;1:27-34.
- Cotes JE. Physiology of the aging lung. In: Crystal RG, West JB, Weibel ER, Barnes PJ, ed. *The lung scientific foundations*. New York: Lippincott-Raven, 1997:2193-203.
- Dickman ML, Schmidt CD, Gardner RM. Spirometric standards for normal children and adolescents (ages 5 years through 18 years). *Am Rev Respir Dis* 1971;5:680-687.
- พูนเกษม เจริญพันธ์, สว่าง แสงหิรัญวัฒนา, กุลณี วงศ์วิวัฒน์. การแปลผล spirometry ในคนไทยควรมีการกำหนดมาตรฐานใหม่หรือไม่. *วารสารวันโรคและโรคทรวงอก* 2532;3:133-9.
- Demissie K, Ernst P, Hanley JA, Locher U, Menzies D, Becklake MR. Socioeconomic status and lung function among primary school children in Canada. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;2:719-723.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎมนตรี. สถิติผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด ฉบับปีพ.ศ. 2542.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;3:1107-36.
- Dejsomritrutai W, Maranetra KN, Maneechotesuwan K, Chierakul N, Tscheikuna J, Suthamsmai T, et al. Reference spirometric values for healthy lifetime nonsmokers in Thailand. *J Med Assoc Thai* 2000;5:457-66.
- http://www.unmc.edu/nursing/careers/nurse_facts.htm.
- Singh R, Singh HJ, Sirisinghe RG. Spirometric studies in Malaysians between 13 and 69 years of age. *Med J Malaysia* 1993;2:175-84.
- Tomalak W, Pogorzelski A, Prusak J. Normal values for maximal static inspiratory and expiratory pressures in healthy children. *Pediatr Pulmonol* 2002;1:42-6.
- Stefanutti D, Fitting JW. Sniff nasal inspiratory pressure: Reference values in Caucasian children. *Am J Respir Crit*

- Care Med 1999;1:107-11.
18. Domenech-Clar R, Lopez-Andreu JA, Compte-Torrero L, De Diego-Damia A, Macian-Gisbert V, Perpina-Tordera M, et al. Maximal static respiratory pressures in children and adolescents. *Pediatr Pulmonol* 2003;2:126-32.
 19. Boskabady MH, Keshmiri M, Banihashemi B, Anvary K. Lung function values in healthy non-smoking urban adults in iran. *Respiration* 2002;4:320-6.
 20. Yang TS, Peat J, Keena V, Donnelly P, Unger W, Woolcock A. A review of the racial differences in the lung function of normal Caucasian, Chinese and Indian subjects. *Eur Respir J* 1991;4:872-80.
 21. Greenough A, Hird MF, Everett L, Price JF. Importance of using lung function regression equations appropriate for ethnic origin. *Pediatr Pulmonol* 1991;11:207-11.
 22. Ismail Y, Azmi NN, Zurkurnain Y. Lung function in Malay children. *Med J Malaysia* 1993;2:171-4.
 23. Vijayan VK, Reetha AM, Kuppurao KV, Venkatesan P, Thilakavathy S. Pulmonary function in normal south Indian children aged 7 to 19 years. *Indian J Chest Dis Allied Sci* 2000;3:147-56.
 24. Wang X, Dockery DW, Wypij D, Fay ME, Ferris Jr BG. Pulmonary function between 6 and 18 years of age. *Pediatr Pulmonol* 1993;15:75-88.
 25. Donnelly PM, Yang TS, Peat JK, Woolcock AJ. What factors explain racial differences in lung volumes? *Eur Respir J* 1991;4:829-38.
 26. Ip MS, Karlberg EM, Karlberg JP, Luk KD, Leong JC. Lung function reference values in Chinese children and adolescents in Hong Kong. I. Spirometric values and comparison with other populations. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;2:424-9.
 27. Vedal S, Schenker MB, Samet JM, Speizer FE. Risk factors for childhood respiratory disease. Analysis of pulmonary function. *Am Rev Respir Dis* 1984;2:187-92.

