ความสัมพันธ์ของระดับฮอร์โมน IGF-I กับสัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเวลาในการว่ายน้ำ

Correlation of IGF-I Concentration, Body Composition, Muscle Strength and Swimming Time

สุกัญญา เจริญวัฒนะ[*a] และ **ณัฐธิดา บังเมฆ**[**]

[*]คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา, [a]ผู้รับผิดชอบบทความ

[**]มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Sukanya Charoenwattana[*a] and **Natthida Bangmek**[**]

[*]Faculty of Sport Science, Burapha University, [a]Corresponding author: sukanyac@buu.ac.th

[**]Rajabhat Maha Sarakham University

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรระดับฮอร์โมน IGF-I กับสัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเวลาในการว่ายน้ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนและอยู่ในสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี จำนวน 11 คน อายุระหว่าง 9-15 ปี มีประสบการณ์ว่ายน้ำ 1-5 ปี คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม กำหนดอำนาจทดสอบทางสถิติไม่ต่ำกว่า 0.8 ($p < .05$) เก็บข้อมูลฮอร์โมน IGF-I จากหลอดเลือดดำบริเวณข้อพับแขน วัดรอยพับของผิวหนัง แรงบีบมือ และการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยมีการฝึกซ้อมในช่วงการลดปริมาณและเพิ่มคุณภาพของการว่ายน้ำ (TAPER) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ผลการวิจัยพบว่าระดับฮอร์โมน IGF-I มีความสัมพันธ์ทางบวกแสดงว่าระดับฮอร์โมนมีค่าสูงขึ้นสัมพันธ์กับค่าตัวแปร ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อ ($r=.73, .87, .89, .83$ ที่ $p<.01$ ตามลำดับ) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ($r=.66$, $p<.05$) นอกจากนี้ การว่ายน้ำยังส่งผลต่อระดับฮอร์โมน IGF-I และมีความสัมพันธ์ทางลบกับเวลาในการว่ายน้ำ แสดงถึงระดับฮอร์โมนเพิ่มมากเมื่อเวลาในการว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ 100 เมตรลดลง ซึ่งแสดงถึงการมีประสิทธิภาพในการว่ายน้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย

คำสำคัญ : ระดับฮอร์โมน IGF-I / สัดส่วนร่างกาย / ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ / เวลาในการว่ายน้ำ / การลดปริมาณและเพิ่มคุณภาพการฝึกซ้อม

Abstract

The purpose of this research was to study the correlation of IGF-I concentration, body composition, muscle strength and swimming time. The participants were 11 students from Assumption College Sriracha, Chonburi swimming club aged 9-15 years old, having 1-5 years swimming experience. The sample size was calculated based on the previous study with the power of test 0.8 ($p < .05$). Data were collected during the taper of the periodization. Measurement of IGF-I hormone levels from blood samples, skinfold thickness, and grip strength was conducted before and after freestyle 100-meter swimming for 2 weeks. The statistics employed were descriptive and multiple correlations.

The results showed that the IGF-I concentration was positively correlated, indicating that the hormone concentration was higher in relation to the variable values with body weight, height, arm span, fat-free mass ($r=.73, .87, .89, .83$, $p<.01$ respectively) and muscle strength ($r=.66$, $p<.05$). In addition, swimming also affects the level of IGF-I. There is also a negative correlation with swimming time, indicating a hormone IGF-I increase, when the swimming time reduced in the freestyle 100 m, indicating the increase of swimming efficiency.

Keywords : IGF-I concentration/body composition/muscle strength/swimming time/taper

Received 27/6/2019 *Revised* 26/8/2019 *Accepted* 27/9/2019

บทนำ

การออกกำลังกายและการเล่นกีฬา เป็นสิ่งสำคัญในวัยเด็กที่กำลังเจริญเติบโต การว่ายน้ำเป็นการออกกำลังกายและเล่นกีฬาที่ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อการเจริญเติบโตและสมดุลของการพัฒนาการตามวัยในช่วงอายุ 11-15 ปี ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Growth Spurt) จากการทำงานของระบบประสาท ต่อมไร้ท่อ (Neu-roendocrine) และฮอร์โมน ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต เช่น ฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin), ไทรอยฮอร์โมน (Thyroid Hormone), ฮอร์โมนเพศ (Testosterone และ Estrogens), โกรทฮอร์โมน (Growth Hormone; GH) และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน (Insulin-like Growth Factor I; IGF-I)[1] เป็นต้น ฮอร์โมนเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อการออกกำลังกายในช่วงที่มีการเจริญเติบโตในวัยเด็ก

ฮอร์โมนที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตได้แก่ GH และ IGF-I ล้วนมีความสำคัญ GH เป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior Lobe of Pituitary Gland) มีความสำคัญหลักกับกระบวนการเจริญเติบโต และกระบวนการเผาผลาญสารอาหารของร่างกาย มีการทำงาน 2 หน้าที่ได้แก่ การทำงานโดยการจับกับตัวรับบนเซลล์เป้าหมาย ทำให้เกิดผลโดยตรงต่ออวัยวะในร่างกาย และมีการทำงานโดยผ่าน IGF-I ซึ่งเป็นสารสำคัญในการเป็นสารสื่อกลางในการทำงานของ GH[1]

IGF-I มีความสำคัญต่อพัฒนาการของเซลล์และการเจริญเติบโตของร่างกายโดยการกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน การแบ่งเซลล์ของกระดูกบริเวณแผ่นการเจริญเติบโตของกระดูก (Growth Plate) ทำให้เนื้อเยื่อและกระดูกในร่างกายเจริญเติบโต และกระบวนการเผาผลาญสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เพื่อรักษาสมดุลของกลูโคสในร่างกายจากการกระตุ้นการดูดซึมกลูโคสของกล้ามเนื้อลาย[2] จากกระบวนการสร้าง IGF-I มีการสร้างจากเซลล์ตับ (Hepatocytes) และบางส่วนถูกสร้างจากกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) และเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) รวมถึงเซลล์ของกระดูกอ่อน

ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมน GH และอินซูลิน เมื่อฮอร์โมนสร้างแล้วจะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายทั่วร่างกายที่มีตัวรับ (Insulin-like Growth Factor I receptor; IGF-IR) แบบมีลักษณะจำเพาะในเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนเอง (Autocrine) และเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียง (Paracrine)[3] ที่มีหลายปัจจัยส่งผลต่อระดับของฮอร์โมน IGF-I ได้แก่อายุ[4] เพศ[5] และสมรรถภาพทางกาย[6-10] เป็นต้น

ระดับ IGF-I ในเลือดมีการเพิ่มระดับในเด็กก่อนวัยรุ่น (Prepubertal Children) (จาก 80-200 นาโนกรัม/มิลลิลิตรและสามารถเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงประมาณ 500 นาโนกรัม/มิลลิลิตรในวัยเจริญพันธ์) (อายุ 9-14 ปี) โดยระดับฮอร์โมน IGF-I จะมีการลดลงในวัยรุ่นจนเมื่ออายุ 80 ปี มีค่าเฉลี่ย 100 นาโนกรัม/มิลลิลิตร[4] พบว่าเด็กและวัยรุ่นไทย อายุ 5-20 ปี ที่มีน้ำหนักและความสูงปกติ มีค่าของระดับ IGF-I สูงสุดในเพศชายช่วงอายุ 13-15 ปี และในเพศหญิงช่วงอายุ 11-13 ปี และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศ พบว่าเพศหญิงจะมีค่าสูงกว่าเพศชายในทุกช่วงอายุ[5]

การออกกำลังกายมีการใช้สมรรถภาพทางกายเพิ่มมากขึ้นได้แก่ ปริมาณไขมันของร่างกาย และความแข็งแรงกล้ามเนื้อและสามารถส่งผลต่อการทำงานของฮอร์โมน IGF-I ในร่างกาย โดยเฉพาะเมื่อการออกกำลังกายอยู่ในช่วงที่ร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Growth Spurt) สามารถส่งผลต่อการเพิ่มขนาดมวลกล้ามเนื้อของรยางค์แขนและขา และการเพิ่มความยาวของกระดูก ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมน IGF-I[6] ซึ่งการออกกำลังกายและการเล่นกีฬาสามารถทำให้กล้ามเนื้อมีการใช้งานเพิ่มขึ้น ฮอร์โมนที่อยู่ที่กล้ามเนื้อจะมีการเพิ่มการส่งสัญญาณไปยังเซลล์เป้าหมาย และเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนส่งผลต่อกล้ามเนื้อทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความแข็งแรงขึ้น[7]

จากการศึกษาพบว่าเมื่อลดระดับการออกกำลังกายและการเล่นกีฬาทำให้ส่งผลต่อการลดลงของระดับของ IGF-I มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง[8] ระดับ IGF-I ในผู้ที่ออกกำลังกายหรือนักกีฬามีค่าที่สูงกว่าผู้ที่มีสุขภาพดีที่ไม่ได้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา และระดับ IGF-I มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฮอร์โมนที่มีเพิ่มมากขึ้นและสัมพันธ์กับความสูงที่เพิ่มขึ้น[9] ในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกแบบ การเดิน วิ่ง ว่ายน้ำ และจักรยาน เป็นต้น พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน IGF-I ในบริเวณเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนกับเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียง และเมื่อมีการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกเช่น แบดมินตัน เทนนิส และฟุตบอล เป็นต้น สามารถกล้ามเนื้อลายจะเพิ่มการสร้างและปล่อยฮอร์โมน IGF-I เข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น[10] จึงควรมีการส่งเสริมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกซึ่งเป็นปัจจัยเพื่อการเพิ่มปริมาณของ IGF-I เพื่อการเจริญเติบโตในช่วงวัยเด็ก

การออกกำลังกายด้วยการว่ายน้ำเป็นการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายในการเคลื่อนไหวผ่านแรงต้านของน้ำและอากาศทำให้ร่างกายออกแรงมากขึ้นและมีแรงต้านทานของน้ำต่อการทำงานของข้อต่อในร่างกาย ทำให้ลด

ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ[11] การศึกษาในหนูทดลองโดยการว่ายน้ำจำนวน 1 ชั่วโมง ต่อวัน จำนวน 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถช่วยกระตุ้นการสร้างมวลกระดูกและเพิ่มการหลั่งโกรทฮอร์โมนและ IGF-I ได้[12] การว่ายน้ำจึงเป็นการออกกำลังกายที่เหมาะสำหรับเยาวชนที่มีการเจริญเติบโต วัตถุประสงค์ของการศึกษา คือการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับฮอร์โมน IGF-I กับการออกกำลังกายในเยาวชนจากการออกกำลังกายโดยการว่ายน้ำกับสมรรถภาพทางกาย ระดับฮอร์โมน IGF-I สัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เวลาในการว่ายน้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยบูรพา (Sci 084/2561)

ประชากรเป็นนักเรียนโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เป็นสมาชิกในสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ทดสอบสมมติฐาน)[13] อ้างอิงการศึกษาที่ผ่านมาของ Tourinho Filho และคณะ[14] โดยกำหนดให้อำนาจทดสอบของสถิติทดสอบไม่ต่ำกว่า 0.8 และระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน เป็นเพศชาย อายุระหว่าง 9-15 ปี ตามเกณฑ์การคัดเข้าที่กำหนดไว้ (Inclusion Criteria) ได้แก่ การมีประสบการณ์การว่ายน้ำ 1-5 ปี ไม่มีภาวะขาดสารอาหาร ไม่ได้รับฮอร์โมน ยาหรืออาหารเสริมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2561 โดยศึกษาเป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์

กลุ่มตัวอย่างได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์และการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q) ไม่มีประวัติการบาดเจ็บในช่วงก่อนเข้าร่วมการวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน และผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือของกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยทุกขั้นตอนแบบเต็มความสามารถ การรับประทานอาหารตามปกติ และหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายนอกเหนือจากการว่ายน้ำในสโมสรตามปกติ และเมื่อดำเนินการวิจัยในสัปดาห์ที่ 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างได้ขอถอนตัวจำนวน 1 คน จากเหตุผลย้ายที่อยู่ตามผู้ปกครอง จึงเหลือกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดจำนวน 11 คน ที่เข้าร่วมการวิจัยครบ 2 สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I การวัดสัดส่วนร่างกาย การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการทดสอบเวลาในการว่ายน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I โดยมีการให้บุคลากรที่มีใบประกอบวิชาชีพและมีประสบการณ์ เจาะเลือดในปริมาณ 3-4 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc) จากหลอดเลือดดำส่วนปลายบริเวณข้อพับแขน ในช่วงเวลา 7.00-9.00 น. สถานที่ใช้ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชาและนำส่งตรวจสถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา การวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Chemiluminescence Immunoassays (CLIA) จากซีรัม[15] โดยเครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติ (Immulite 2000 xp) พร้อมชุดน้ำยาตรวจ IGF-I Kit ของบริษัท Seimens

การวัดสัดส่วนร่างกาย ประกอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักตัว (TANITA รุ่น UM-075) การวัดส่วนสูง การวัดความกว้างของช่วงแขน (Arm Span) เส้นรอบวงต้นแขน (Mid Arm Circumference) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (Percentage of Body Fat) มวลไขมัน (Fat Mass) และมวลกล้ามเนื้อ (Fat Free Mass) ใช้วิธีการวัดไขมันใช้การวัดไขมันจากความหนาของปริมาณไขมัน

ใต้ผิวหนัง (Skinfold Thickness) (Lange, 1985) โดยใช้การวัด 2 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณต้นแขนด้านหลัง (Triceps) และบริเวณสะบัก (Subscapular) ตามวิธีการและสูตรของ Slaughter[16] โดยการวัด 2 ครั้ง (3% Accuracy) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ถ้าผลรวมของค่าที่วัด มีมากกว่า 35 จะใช้สูตร %BF = 0.783 (TSF + SSSF) + 1.6 ถ้าผลรวมของค่าที่วัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 จะใช้สูตร %BF = 1.21 (TSF+SSSF) - 0.008 (TSF + SSSF) 2-1.7 และมีการคำนวณมวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อ ใช้วิธีการคำนวณจากสูตรของ Siri[17] Fat Mass (kg) = (%BF x Wt)/100 และ Fat Free Mass (kg) = Wt - Fat Mass

ผู้วิจัยใช้วิธีการวัดสัดส่วนร่างกาย โดยการคำนวณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากการชั่งน้ำหนักตัว การวัดส่วนสูง การวัดความกว้างของช่วงแขน การวัดเส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นไขมัน มวลไขมัน และมวลกล้ามเนื้อ กับนักกีฬาว่ายน้ำที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ (Test-Retest Method) ซึ่งทำการทดสอบระยะห่างกัน 1 สัปดาห์โดยการทดสอบผู้วิจัยดำเนินการด้วยตนเองทุกรายการ และนำค่าที่ได้ไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้วิธีของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)[18] ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .99 .99 .98 .95 .94 .95 และ .99 ตามลำดับ

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ใช้การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน (Hand Grip) (T.K.K. รุ่น 5401, 2012) โดยใช้แบบทดสอบและวิธีการของสำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา[19] ทำการทดสอบ 2 ครั้งโดยใช้ค่าที่มากที่สุด บันทึกผลการวัดเป็นกิโลกรัม นำผลที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้ถูกวัด

การทดสอบเวลาในการว่ายน้ำ ใช้การทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุดเพื่อดูความสามารถของกลุ่มตัวอย่างว่ามีค่าเวลาที่ดีที่สุด ใช้แบบทดสอบการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์[20] ระยะทาง 100 เมตร จับเวลาและบันทึกเวลาหลังว่ายเมื่อมือแตะขอบสระ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการคัดเลือกนักกีฬาว่ายน้ำที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าที่กำหนด หลังจากนั้นทำการตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I วัดสัดส่วนร่างกาย ซึ่งประกอบด้วย การชั่งน้ำหนักตัว การวัดส่วนสูง การวัดความกว้างของช่วงแขน การวัดเส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นไขมัน มวลไขมัน และมวลกล้ามเนื้อ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน และทำการทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

สถานที่ในการเก็บข้อมูล โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี เวลา 16.00-20.00 น.

ตารางที่ 1 ค่าความเชื่อมั่น จากการทดสอบการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ

รายการทดสอบ	น้ำหนักตัว	ส่วนสูง	ความกว้างของช่วงแขน	เส้นรอบวงต้นแขน	เปอร์เซ็นไขมัน	มวลไขมัน	มวลกล้ามเนื้อ
ค่าความเชื่อมั่น	.99	.99	.98	.95	.94	.95	.99

โดยเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เป็นเวลา 2 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าสูงสุด (Max) ค่าต่ำสุด (Min) ค่าเฉลี่ย ($\overline{\chi}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยวิธีการของเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) และกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 12.15±2.42 ปี มีประสบการณ์ในการว่ายน้ำ 3.54±1.44 ปี ชีพจรขณะพัก 84.36±10.80 ครั้งต่อนาที และมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 36.77±4.94 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 กลุ่มตัวอย่างมีน้ำหนัก 48.78±15.29 กิโลกรัม ส่วนสูง 156.05±16.99 เซนติเมตร ความกว้างของช่วงแขน 156.66±17.96 เซนติเมตร เส้นรอบวงต้นแขน 24.62±4.01 เซนติเมตร เปอร์เซ็นต์ไขมัน 24.37±8.93 เปอร์เซ็นต์มวลไขมัน 12.14±6.56 กิโลกรัม มวลกล้ามเนื้อ 36.64±11.69 กิโลกรัม ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน 0.49±0.08 กิโลกรัม และมีเวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร 77.33±16.13 วินาที และระดับฮอร์โมน IGF-I เท่ากับ 259.64±109.11 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร		$\overline{\chi}$	SD	Min	Max	ค่ามาตรฐาน
ลักษณะทางกายภาพ (n=11)	อายุ (ปี)	12.15	2.42	9.00	15.40	-
	ประสบการณ์ว่ายน้ำ (ปี)	3.54	1.44	1.30	5.00	-
	ชีพจรขณะพัก (bpm)	84.36	10.80	64.00	96.00	84-94
	ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ml/kg/min)	36.77	4.94	31.72	47.33	44.6±0.7

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับฮอร์โมน IGF-I สัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเวลาในการว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร		$\overline{\chi}$	SD	Min	Max	ค่ามาตรฐาน
ระดับฮอร์โมน IGF-I	- IGF-I (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	259.64	109.11	90.00	424.00	254.5±39.7
สัดส่วนร่างกาย	- น้ำหนัก (kg)	48.78	15.29	24.90	70.40	28.4-50.4
	- ส่วนสูง (cm)	156.05	16.99	130.00	176.00	135.5-157.5
	- ความกว้างของช่วงแขน (cm)	156.66	17.96	123.50	178.25	158.4±7.9
	- เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	24.62	4.01	17.00	30.50	25
	- เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	24.37	8.93	14.65	43.88	12.1-18.9

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับฮอร์โมน IGF-I สัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเวลาในการว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร		$\bar{\chi}$	SD	Min	Max	ค่ามาตรฐาน
สัดส่วนร่างกาย	- มวลไขมัน (kg)	12.14	6.56	4.81	24.88	10.1±6.7
	- มวลกล้ามเนื้อ (kg)	36.64	11.69	20.09	50.48	34.5±4.3
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน (kg)	0.49	0.08	0.37	0.62	0.49-0.61
เวลาในการว่ายน้ำ	- เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (วินาที)	77.33	16.13	59.03	115.67	0.53

ระดับฮอร์โมน IGF-I มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ น้ำหนัก ($r = .73$, $p < 0.01$) ส่วนสูง ($r = .87$, $p < 0.01$) ความกว้างช่วงแขน ($r = .89$, $p < 0.01$) มวลกล้ามเนื้อ ($r = .83$, $p < 0.01$) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ($r = .66$, $p < 0.05$) และพบว่าเส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซนต์ไขมัน และมวลไขมันไม่มีความสัมพันธ์กับระดับฮอร์โมน IGF-I ดังตารางที่ 4 และมีความสัมพันธ์ในทางลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ($r = .-78$, $p < 0.01$) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฮอร์โมน IGF-I กับสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	IGF-I	น้ำหนัก	ส่วนสูง	Arm Span	เส้นรอบวงต้นแขน	%BF	Fat Mass	Fat Free Mass	Muscle Strength
IGF-I	1	.73**	.87**	.89**	.56	-.26	.24	.83**	.66*
น้ำหนัก		1	.91**	.91**	.89**	.20	.68*	.91**	.29
ส่วนสูง			1	.98**	.68*	-.18	.37	.98**	.55
Arm Span				1	.74**	-.11	.41	.96**	.55
เส้นรอบวงต้นแขน					1	.51	.87**	.68*	.08
%BF						1	.83**	-.20	-.61*
Fat Mass							1	.35	-.26
Fat Free Mass								1	.53
Muscle Strength									1

* $p < .05$, ** $p < .01$

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฮอร์โมน IGF-I กับเวลาในการว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	IGF-I	Free 100
IGF-I	1	-.78**
Free 100		1

** p < .01

อภิปรายผล

กลุ่มตัวอย่างมีอายุ 12.15±2.42 ปี ชีพจรขณะพัก 84.36±10.80 ครั้งต่อนาที มีค่าปกติ (84-94)[21] และมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 36.77±4.94 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที มีค่าปกติของเด็กชาย (38.4-45.1)[22] ต่ำกว่าค่าปกติของนักกีฬา (44.6±0.7)[23] ซึ่งปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจในการสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย[1] โดยเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับนักว่ายน้ำเยาวชนที่ต้องมีการพัฒนาการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนส่งผลให้ร่างกายสามารถทำกิจกรรมที่ต่อเนื่องและยาวนานได้ รวมทั้งยังเป็นการสะท้อนความอดทนของร่างกายได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับธรรมชาติของกีฬาว่ายน้ำที่ร่างกายจะมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาย่อมส่งผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเพื่อนำไปผลิตเป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของร่างกายจึงต้องอาศัยการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนโดยตรง หากนักกีฬามีประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้สูงจะทำให้ร่างกายของนักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างต่อเนื่องยาวนาน ในทางตรงกันข้ามหากนักกีฬามีประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้ต่ำ ก็จะส่งผลให้ร่างกายมีการทำงานที่ลดน้อยลงไปรวมไปถึงจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าขึ้นกับร่างกายได้ง่าย และไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

กลุ่มตัวอย่างมีระดับฮอร์โมน IGF-I 259.64±109.11 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งสูงกว่าค่าปกติเล็กน้อย (254.5±39.7)[8] โดยระดับฮอร์โมน IGF-I มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย และมีการตอบสนองต่อการฝึกซ้อมที่แตกต่างกัน โดยการฝึกซ้อมในความหนักที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหลั่ง ของ IGF-I ให้มีระดับสูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม การฝึกที่หนักเกินไปจะทำให้ระดับ IGF-I ลดลง เนื่องจากร่างกายใช้พลังงานในร่างกายมากกว่าพลังงานที่ร่างกายได้รับ จึงเกิดภาวะสมดุลไนโตรเจนติดลบ (Negative nitrogen balance) การสร้าง IGF-I จึงลดลงเพื่อป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ

กลุ่มตัวอย่างมีน้ำหนักตัว 48.78±15.29 กิโลกรัม ส่วนสูง 156.05±17.96 เซนติเมตร โดยมีน้ำหนักตัวและส่วนสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน (28.4-50.4 และ 135.5-157.5 ตามลำดับ)[24] ความกว้างของช่วงแขน 156.66±17.96 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกับค่าปกติของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (158.4±7.9)25 เส้นรอบวงต้นแขน 24.62±4.01 เซนติเมตร ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย (25)[26] เปอร์เซ็นต์ไขมัน 24.37±8.93 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างอ้วน (12.1-18.9)[27] มวลไขมัน 12.14±6.56 กิโลกรัม และมวลกล้ามเนื้อ

36.64±11.69 กิโลกรัม มีค่าสูงกว่าปกติ (10.1±6.7 และ 34.5±4.3 ตามลำดับ)[28] และมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 0.49±0.08 กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง (0.49-0.61)[29]

Malina[1] กล่าวว่าในเด็กที่อายุ 7-12 ปี จะไม่มีความแตกต่างกันทางด้านรูปร่าง หรือความแข็งแรงระหว่างนักกีฬาว่ายน้ำ และคนที่ไม่ได้เป็นนักกีฬามากนัก และกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่อยู่ในช่วงของการเจริญเติบโตทั้งด้านโครงสร้าง สรีรวิทยาการทำงานของร่างกาย มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและมวลไขมันที่มากถึงแม้ว่าจะมีการฝึกซ้อมว่ายน้ำ อาจจะเนื่องมาจากในขณะกำลังเจริญเติบโตร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมนการเจริญเติบโตและฮอร์โมนเพศที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมัน รวมถึงจำนวนและขนาดของเซลล์ไขมันขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเข้าสู่วัยรุ่น โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์นั้นจะสูงสุดที่อายุประมาณ 7 ปี จากนั้นจะคงที่เมื่อเป็นผู้ใหญ่[30] ดังนั้นการป้องกันตั้งแต่การพัฒนาเซลล์ไขมันในวัยเด็กซึ่งกำลังเจริญเติบโตทั้งจำนวนและขนาดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเด็กอ้วนจะมีการเพิ่มทั้งขนาด และจำนวนเซลล์ไขมันและมีโอกาสเสี่ยงสูงต่อการพัฒนาไปเป็นผู้ใหญ่ที่อ้วนและส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำ ถึงแม้ว่าการมีปริมาณไขมันที่มากจะสามารถช่วยในการพยุงตัวลอยในน้ำของนักกีฬา แต่ก็จะเกิดแรงต้านในการว่ายน้ำและส่งผลต่อความเร็วในการว่ายน้ำด้วยเช่นกัน โดยกลุ่มตัวอย่างมีเวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร 77.33±16.13 วินาที มีเวลามากกว่าสถิติของประเทศไทยในรุ่นอายุ 12-13 ปี (0.53)[20]

ระดับฮอร์โมน IGF-I มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนัก ส่วนสูง และความกว้างของช่วงแขน สอดคล้องกับ Han และคณะ[9] ได้ทำการเปรียบเทียบระดับ IGF-I ในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดีกับกลุ่มนักกีฬา โดยทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน และส่วนประกอบของร่างกาย ที่พบว่าระดับ IGF-I ในนักกีฬาจะมีค่าสูงกว่าผู้มีสุขภาพดี โดยระดับ IGF-I จะมีความสัมพันธ์กับอายุและความสูงของร่างกาย

เมื่อร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมน IGF-I มากขึ้นจะสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน (Protein Synthesis) กระตุ้นการแบ่งเซลล์ของกระดูก (Proliferation) บริเวณแผ่นการเจริญเติบโตของกระดูก (Growth Plate) สามารถทำให้เนื้อเยื่อและกระดูกในร่างกายเจริญเติบโต ทำให้มีการเพิ่มความสูง ความยาวของแขนขา[30]

ฮอร์โมน IGF-I มีความสัมพันธ์ทางบวกกับมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เมื่อมีการหลั่งฮอร์โมน IGF-I เพิ่มมากขึ้น มวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง Delanaye และคณะ[31] ก็ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฮอร์โมน IGF-I และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเช่นกัน

ฮอร์โมน IGF-I เป็นฮอร์โมนที่มีฤทธิ์เสริมสร้างกับฮอร์โมนเพศชาย (Anabolic Hormone) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อโดยการสังเคราะห์โครงสร้างเอ็นไซม์ของโปรตีน และกระตุ้นการขนถ่ายกรดอะมิโนในการสร้างโปรตีนที่กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออื่น ๆ ทำให้มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ (Hyper plasia) และขยายขนาดของเซลล์ (Hypertrophy) เพิ่มขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ทำให้มีมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้การสร้าง IGF-1 ในกล้ามเนื้อมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างเนื้อเยื่อผ่านในการส่งสัญญาณการการควบคุม (Mechanical signaling) เช่นเพิ่มการแสดงออกของยีนส์จากการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อ (Stretch) และการตึงตัว (Tension) ของโครงร่างเซลล์และนำไปสู่การสังเคราะห์โปรตีนที่ดี[32]

บทบาทของ IGF-I ต่อเซลล์กล้ามเนื้อลายพบได้ในระยะที่มีการเจริญเติบโต เช่นในวัยทารก วัยเด็ก และวัยรุ่น โดย IGF-I จะกระตุ้นการนำโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ รวมทั้งกระตุ้นให้มีการแบ่งตัวของเซลล์ ส่วนในวัยผู้ใหญ่จะมีบทบาทในเรื่องของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การหดตัว และความอดทนของกล้ามเนื้อลาย[8] และเมื่อออกกำลังกาย โดยการว่ายน้ำจะทำให้รูปแบบของฮอร์โมน IGF-I ที่อยู่ที่กล้ามเนื้อ (Muscle Isoforms of IGF-I) มีการเพิ่มการส่งสัญญาณไปยังเซลล์เป้าหมาย และเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนจากการกระตุ้นระบบการส่งและการรับรู้สัญญาณของ IGF-I รวมถึงกระตุ้นวิถีการส่งสัญญาณของโปรตีน Mammalian Target of Rapamycin (mTOR) ไปยังโมเลกุลเป้าหมาย ทำให้มวลของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นและมีความแข็งแรงขึ้น[33]

ผลการวิจัยพบว่าระดับฮอร์โมน IGF-I มีความสัมพันธ์กับเวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร โดยมีความสัมพันธ์ทางลบ แสดงว่าระดับฮอร์โมน IGF-I สูงจะทำให้สามารถว่ายน้ำเร็วและใช้เวลาน้อยลง มีความสำคัญอย่างมากต่อการว่ายน้ำของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตรในกลุ่มอายุ 12-14 ปี [34] โดยการศึกษาของ Douda และคณะ[35] ศึกษาความสามารถในการว่ายน้ำในนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชนเพศชายและหญิงในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 50 เมตร และทำการวัดสัดส่วนร่างกาย พบว่าแรงในการว่ายน้ำมีความสัมพันธ์กับความสูงและความยาวของช่วงแขน โดยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ใช้ระยะเวลาที่สั้นในแข่งขัน 40-60 วินาที[36] ทำให้มีการใช้พลังงานในระบบแอนแอโรบิกที่เกิดกรดแลคติก ซึ่งร่างกายจะนำกลูโคสและไกลโคเจน (Glycogen) ในเลือดมาสร้างพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่ง IGF-I สามารถจับกับตัวรับของอินซูลิน (Insulin receptor) โดยมีความแรงคงที่ (Potency) จำนวน 1/10 เท่าของอินซูลิน[8] ส่งผลให้ IGF-I สามารถกระตุ้นให้กรดอะมิโนและน้ำตาลกลูโคสเข้าสู่เซลล์ได้เร็วขึ้น (Amino acid and glucose uptake) หากฮอร์โมน IGF-I มีการหลั่งเพิ่มมากขึ้น สามารถมีกระบวนการสร้างพลังงานในการว่ายน้ำได้ดี ทำให้ลดเวลาในการว่ายน้ำลง การว่ายน้ำจึงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้เพิ่มสมรรถภาพทางการว่ายน้ำได้

สรุปผลการวิจัย

สัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและเวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร มีความสัมพันธ์กับระดับฮอร์โมน IGF-I อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ .01 และ .05) แสดงว่าความสัมพันธ์ของระดับฮอร์โมน IGF-I กับสัดส่วนร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเวลาในการว่ายน้ำ จากการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมกีฬาสามารถเพิ่มพัฒนาการของการเจริญเติบโตจากการมีระดับฮอร์โมน IGF-I เพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

การแนะนำให้ผู้ปกครอง และผู้ฝึกสอนส่งเสริมการออกกำลังกายและการฝึกกีฬาว่ายน้ำเพื่อการเพิ่มการเจริญเติบโตและควรศึกษาสภาพโภชนาการของเยาวชนสภาพของฮอร์โมน IGF-I ในผู้ออกกำลังกายและเล่นกีฬาในครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation, and physical activity. Champaign (IL): Human Kinetics; 1991.
2. Berg U, Bang P. Exercise and circulating insulin-like growth factor I. Hormone Research in Paediatrics, 2004; 62: 50-8.
3. Keelapang P. Insulin like growth factor

I (IGF-I) in clinical. Chula Med J, 1994; 38(12): 787-804.

4. Juul A, Bang P, Hertel NT, Main K, Dalgaard K, Jorgensen K, et al. Serum insulin-like growth factor-1 in 1030 healthy children, adolescents and adults : relation to age, sex, stage of puberty, testicular size and body mass index. J Clin Endocrinol Metab, 1994; 78: 744-52.
5. Jaruratanasirikul S, Leethanaporn K, Pradutkanchana S, Sriplung H. Serum insulin-like growth factor-1 (IGF-1) and insulin-like growth factor binding protein-3 (IGFBP-3) in healthy Thai children and adolescents : relation to age, sex and stage of puberty. J Med Assoc Thai, 1999; 82: 275-83.
6. Beunen G, Malina RM. Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent growth spurt. ESSR, 1988; 16: 503-40.
7. Bamman MM, Shipp JR, Jiang J, Gower BA, Hunter GR, Goodman A, et al. Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2001; 280(3): E 383-90.
8. Jaruratanasirikul S. Growth hormone and short-stature children. Bangkok : O S Printing House; 2001.
9. Han DS, Huang CH, Chen SY, Yang WS. Serum reference value of two potential doping candidates-myostatin and insulin-like growth factor-I in the healthy young male. J Int Soc Sports Nutr, 2017; 14(2): 2-7.
10. Lanfranco F, Strasburger CJ, editors, Sports Endocrinology. Karger Medical and Scientific Publishers; 2016.
11. Vasegowda S. Swimming Helps Elderly Population to Improve Mental Speed and Attention. Int J Clin Exp Physiol, 2018; 5(4): 200-2.
12. Gomes RJ, de Mello MAR, Caetano FH, Sibuya CY, Anaruma CA, Rogatto GP, et al. Effects of swimming training on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats. Growth Hormone & IGF Research, 2006; 16(5-6): 326-331.
13. Thomus PR. Sample size determination and power. New Jersey: Hoboken; 2013.
14. Tourinho Filho H, Pires M, Puggina EF, Papoti M, Barbieri R, Martinelli Jr CE. Serum IGF-I, IGFBP-3 and ALS concentrations and physical performance in young swimmers during a training season. Growth Hormone & IGF Research, 2017; 32: 49-54.
15. Sauberlich HE. Laboratory tests for the assessment of nutritional status (Vol. 21). CRC press; 1999.
16. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. Hum Biol, 1988; 60: 709-23.
17. Siri, WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods.

In: Brozek J, Henschel A, editors. Techniques for Measuring Body Composition. Washington D.C.: Nat Acad Sci N.R.C.; 1961. p.223-44.

18. Sharma M, Petosa RL. Measurement and evaluation for health educators. Burlington (MA): Jones & Bartlett Publishers; 2014.
19. Bureau of Sports Science. The manual of sports science for improve young athlete performance. Bureau of Sports Science, Office of Sports and Recreation Development; 2006.
20. Thailand Swimming Association. Statistic swimming records online Resources; c2018 [cited 2019 jan 9]. Available from: http://swimming.or.th/
21. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. Sixth ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
22. David DA, Samuel CJ. Obesity, physical inactivity, and cardiorespiratory fitness of high school students in urban Ludhiana, North West India: a survey. CHRISMED J Health Res, 2015; 2(3): 229.
23. Pate RR, Wang CY, Dowda M, Farrell SW, O'Neill JR. Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999-2002 National Health and Nutrition Examination Survey. Arch Pediatr Adolesc Med, 2006; 160: 1005-12.
24. Department of Health. The manual for using high weight reference criteria to assess the growth of Thai children. Bangkok: Bureau of Nutrition, Department of Health; 2000.
25. Jürimäe J, Haljaste K, Cicchella A, Lätt E, Purge P, Leppik A, et al. Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers, Pediatr. Exerc. Sci, 2007; 19(1): 70-81.
26 Jatuphawarodom S. The development of thai standard size model. Kasetsart University; 2010.
27. Department of Physical Education. Physical fitness test and normative reference for Thai children aged 7-18 years. Department of Physical Education, Ministry of Tourism and Sports; 2012.
28. Preedy VR. Handbook of anthropometry: physical measures of human form in health and disease. Springer Science & Business Media; 2012.
29. Bureau of Sports Science. A Study of the Physical Fitness of the Students Between the Aged of 10-12 Years Old. Bureau of Sports Science, Office of Sports and Recreation Development; 2005.
30. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation and physical activity. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2004.
31. Delanaye P, Bataille S, Quinonez K, Buckinx F, Warling X, Krzesinski JM,

et al. Myostatin and Insulin-Like Growth Factor 1 are biomarkers of muscle strength, muscle mass, and mortality in patients on hemodialysis. Journal of Renal Nutrition, 2019: 1-10.

32. Kraemer W, Ratamess N. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. Sports Medicine, 2005; 35(4): 339-61.
33. Bamman MM, Shipp JR, Jiang J, Gower BA, Hunter GR, Goodman A, et al. Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans, Am J Physiol Endocrinol Metab, 2001; 280(3): E383-90
34. Rozi G, Thanopoulos V, Geladas N, Soultanaki E, Dopsaj M. Anthropometric characteristics and physiological responses of high level swimmers and performance in 100 m freestyle swimming. Mov Sport Sci/Sci Mot, 2018: 1-5.
35. Douda HT, Toubekis AG, Georgiou C, Gourgoulis V, Tokmakidis SP. Predictors performance in pre-pubertal and pubertal male and female swimmers, Biomechanics & Medicine in Swimming, 2010; 11: 252-254.
36. Kable A. Swimming physiology–energy systems and applications. Proceeding of the swimming sport science SE Asia conference; 2014 April 26–27; Bangkok, Thailand.