การติดตามความสามารถจากองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อม

พรพจน์ ไชยนอก[1] ฮัมดาน นาคคนึง[1] ไอริณ ซอหะซัน[1]
รดมยศ มาตเจือ[1] และศักดรินทร์ ธรรมวงศ์ [2]
[1]ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
[2]คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตอุดรธานี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในก่อนและหลังการฝึกและ 2) ศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรหลังวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นถึงระยะกลาง (50-100 เมตร) เยาวชนทีมชาติไทยจำนวน 16 คน (ชาย 8 คน, หญิง 8 คน) อายุเฉลี่ย 16.06 $\pm$0.98 ปี องค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงาน และชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำทดสอบและเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบ 12 สัปดาห์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร ระหว่างก่อนและหลังการฝึกโดยใช้สถิติค่าทีแบบเป็นอิสระ วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณเพื่อพยากรณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบของความสามารถในการใช้แรง ได้แก่ ดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า (ร้อยละ 32.50) และแรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (ร้อยละ 12.60) มีค่าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดส่วน องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ และสมรรถนะในการว่ายน้ำและความอ่อนตัวมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากที่ต่อ ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรทั้งก่อน (ร้อยละ 86.3)และหลังการฝึก (ร้อยละ 82.5) และดัชนีชีวัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ร้อยละ 63.7) ภายหลังการฝึก ดังนั้นการพัฒนาความสามารถโดยการเพิ่มความเร็วในโปรแกรมการฝึกซ้อมระยะยาว (Marcocyle) ควรให้ความสำคัญกับรูปแบบการฝึกที่เฉพาะเจาะจงเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของร่างกาย ความสามารถของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค และความสามารถในการใช้แรง

คำสำคัญ : การติดตามความสามารถ นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน วงรอบของการฝึกซ้อม

Corresponding Author: นายพรพจน์ ไชยนอก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี
E-mail: phornpot@buu.ac.th

MONITORING YOUNG SWIMMERS' PERFORMANCE ON ANTHROPOMETRIC AND PHYSICAL PERFORMANCE, TETHERED FORCE, BIOENERGETICS AND BIOMECHANICS OVER A COMPETITIVE TRAINING CYCLE

Phornpot Chainok[1] Hamdan Nakkanueng[1] Irin Sowhasun[1]
Radomyos Matjiur[1] andSakdarin Thammawong[2]
[1]Research Center in Exercise & Sport Science, Faculty of Sport Science, Burapha University
[2]Faculty of Sport Science and Health, Thailand National Sports University, Udonthani Campus

Abstract

The objectives of this study were to 1) study and compare anthropometric and physical performance, tethered force, bioenergetics and biomechanics over a training marcocycle and 2) study the influences of anthropometric and physical performance, tethered force, bioenergetics and biomechanics on 50 meter swimming performance in training macrocycle (12-week). Sixteen sprinter (50-100m) of Thai young national swimmers (8 males and 8 females; 16.06 +0.98 yrs), participated in this study. Mean and percentage change of an anthropometric and physical performance, tethered force, bioenergetics and biomechanics were tested and compared between pre and post-test over a competitive training cycle. Independent t-test was also conducted to evaluate any differences. Multiple linear regressions were used to identify the most influential variables and the relative contribution of each factor to changes in 50-m swimming performance.

The results revealed that fatigue index (32.50 %) and mean force (12.60%) played the main change while biomechanics and swimming efficiency and flexibility revealed a small change. The relative contributions of biomechanics and swimming efficiency showed the most influences on 50 meter swimming performance in both pre-training (86.3%) and post training 82.5%). Stroke index (63.7%) also played the main role after 12-week macrocycle in a competitive season. It was concluded that the specific marcocycle training program to improve speed performance should be adapted to specialty of swimmers in accordance with the relative contribution of strength, aerobic and anaerobic and the rate of force development training program.

Keywords: Monitoring performance, young swimmers, training cycle

Corresponding Author: Mr. Phornpot Chainok, Faculty of Sports Science Burapha University, Chonburi, Thailand; E-mail: phornpot@buu.ac.th

บทนำ

การวางแผนการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) ในกีฬาว่ายน้ำเป็นกระบวนการจัดระบบการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอนโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักกีฬาสามารถพัฒนาขีดความสามารถอย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องกำหนดรูปแบบ วิธีการ หรือแนวทางการฝึกที่เหมาะสมกับช่วงอายุ ระยะทางในการว่ายและช่วงเวลาของการฝึกซ้อมเพื่อสร้างและพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาทั้งทางด้านร่างกาย และทักษะให้มีความพร้อมสูงสุดก่อนเข้าร่วมการแข่งขันในรายการสำคัญ ในการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในระยะยาว (Marcocyle) ของกีฬาว่ายน้ำใน 1 วงรอบจะใช้ระยะของการฝึกซ้อมประมาณ 12 -20 สัปดาห์ (Pyne & Goldsmith, 2004) ขึ้นอยู่กับรายการแข่งขัน วัตถุประสงค์และระยะเวลาในแต่ละช่วงของการฝึกตลอดจนความต้องการของโค้ชและตัวนักกีฬาเอง ทั้งนี้ใน 1 วงรอบของการฝึกโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ช่วงเวลาของการฝึกซ้อม คือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (General) ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific) และช่วงของการแข่งขัน (Competition) (Chatard & Mujika, 1999) ซึ่งรูปแบบของโปรแกรมการฝึกซ้อมจะมีความแตกต่างกันในองค์ประกอบของรูปแบบการฝึก ปริมาณการฝึก ความหนักที่ใช้ในการฝึก รวมทั้งรูปแบบการฝึกบนบก (Dry land) ที่ใช้ในแต่ช่วงเวลาของการฝึกอีกด้วย (Chatard & Mujika,1999; Pyne & Goldsmith, 2004; Zacca et al., 2018)

การติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมในกีฬาว่ายน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์เสถียรภาพ (Stability) ความก้าวหน้า (Progression) ตลอดจนเปรียบเทียบ (Compare) การพัฒนาความสามารถและการตอบสนองทั้งทางด้านองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometric) ความสามารถทางกาย (Physical performance) ระบบชีวพลังงาน (Bioenergetics) รวมทั้งการพัฒนาทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ของนักกีฬาจากโปรแกรมการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) เพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬา ซึ่ง Costa et al., (2013) ทำการศึกษาและติดตามความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำระดับความสามารถสูง (Elites) โดยประเมินจากเวลา ในการว่าย 200 เมตรและองค์ประกอบของชีวพลังงาน (ความเร็วที่ปริมาณแล็คเตท 4 มิลลิโมล, ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความต้องการพลังงานทั้งหมด) ใน 3 ช่วงเวลาตลอดระยะเวลาการฝึกซ้อม 36 สัปดาห์พบว่าการพัฒนาเวลาในการว่ายและองค์ประกอบของชีวพลังงานมีการ เปลี่ยนแปลงในปริมาณค่อนข้างน้อย Zacca et al., (2018) ทำการศึกษาโดยการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบชีวพลังงาน เทคนิคการว่ายและองค์ประกอบของร่างกายในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนใน 4 ช่วงเวลาของภายใต้แผนการฝึกซ้อมในระยะยาว (Marcocyle) ของกีฬาว่ายน้ำใน 1 วงรอบทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ พบว่าองค์ประกอบด้านเทคนิคและสมรรถนะในการว่ายน้ำซึ่งประเมินจากอัตรารอบแขนที่หมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) จำนวน ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำ (Stroke index: SI) มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมากที่สุดใน 1 วงรอบของการฝึกควบคู่กับการพัฒนาในองค์ประกอบด้าน ชีวพลังงาน เทคนิคการว่ายน้ำและองค์ประกอบของร่างกาย ภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training unit : T.U.) ตามรูปแบบการคำนวณหน่วยของการฝึกซ้อมของ Chatard & Mujika, (1999) ใน 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และช่วงของการแข่งขัน ดังนั้นจากความสำคัญของการติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมในกีฬาว่ายน้ำโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและติดตามองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อมเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ตลอดจนวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อ

ความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในก่อนและหลังการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรของวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองและได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2561

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้น (50-100เมตร) เยาวชนทีมชาติไทย จำนวน 16 คน (ชาย 8 คน, หญิง 8 คน) อายุเฉลี่ย 16.06 $\pm$0.98 ปี (ชาย 16.13 $\pm$0.96ปี; หญิง 160.00$\pm$1.03 ปี), ส่วนสูงเฉลี่ย 172.78$\pm$7.71 ซม. (ชาย 177.56 $\pm$ 6.94 ซม; หญิง 168.00$\pm$5.09 ซม), น้ำหนักเฉลี่ย 63.44$\pm$7.82 กก. (ชาย 68.35$\pm$7.30 กก.; หญิง 58.54 $\pm$ 1.64 กก.), ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 20.49$\pm$2.38 กก./ม^2 (ชาย 21.60 $\pm$ 1.64 กก./ม^2; หญิง 19.38 $\pm$ 2.46 กก./ม^2) ความยาวแขนเฉลี่ย 175.51$\pm$8.72 ซม. (ชาย 180.96$\pm$1.07 ซม.; หญิง 170.04$\pm$6.58 ซม.) ประสบการณ์ในการแข่งขันเฉลี่ย 5.23$\pm$2.57 ปี (ชาย 6.43$\pm$0.15 ปี; หญิง 4.89.23 $\pm$2.11 ปี)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย (Marfell-Jones, Stewart and De Ridder, 2012)
2. รูปแบบการวัดความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Tanner & Gore., 2012)
3. เครื่องวัดแรงบีบมือ (Hand grip dynamometer) รุ่น T.K.K.5401
4. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณแล็คเตทในเลือด Portable lactate scout ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ 0.98 (Tanner, Fuller, & Ross, 2010)
5. นาฬิกาวัดชีพจร Polar V800 และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจร (Finland)
6. แบบประเมินการรับรู้ระดับความเหนื่อย (Borg's rate of perceived exertion: RPE)
7. เครื่องวัดความสามารถในการใช้แรง (Tethered force, Germany)
8. แบบทดสอบความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำ (Morouço et al., 2011)
9. แบบทดสอบการว่ายน้ำ 5x200 เมตร โดยเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al., 2004)
10. แบบทดสอบการว่ายน้ำ 8 x 50 เมตรเพื่อประเมินทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค (Tanner & Gore, 2012)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้วิจัยอธิบายและชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขั้นตอนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและให้ลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. ทำการทดสอบองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงาน และชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร จำนวน 2 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 (T1) ทำการทดสอบในสัปดาห์ที่1 ของช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (General) และครั้งที่ 2 (T2) ในช่วง 1 สัปดาห์ก่อนการแข่งขันรายการกีฬานักเรียนนักศึกษาแห่งชาติ "นครสวรรค์ศึกษาเกมส์" โดยจัดลำดับการทดสอบในแต่ละครั้ง ดังนี้

ลำดับที่ 1 ทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักตัว ส่วนสูง ความยาวแขน ดัชนีมวลกาย ทดสอบความแข็งแรงของแขน และวัดความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry (Tanner & Gore, 2012)

ลำดับที่ 2 ทำการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered swim test และบันทึกผลการทดสอบความถี่ 100 เฮิร์ต ภายในระยะเวลา 30 วินาที ตามรูปแบบการทดสอบของ Morouço et al., (2011) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการกรองความถี่แบบดิจิตอล (Digital filter) แบบผ่านต่ำ (Low-pass filter, LPF) ที่ความถี่ 3 เฮิร์ตโดยโปรแกรม Acknowledge 4.0 (AcqKnowledge v.4.0; Biopac Systems, Santa Barbara, CA, USA) (Morouço et al., 2011) และทำการวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ แรงสูงสุดในการว่ายในระยะเวลา 30 วินาที แรงเฉลี่ยในการว่ายในระยะเวลา 30 วินาที แรงเฉลี่ยในการว่ายในระยะเวลา 30วินาทีหารด้วยน้ำหนักตัวและดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า

ลำดับที่ 3 ทำการทดสอบว่ายน้ำ 8x50 เมตร ภายหลังจากการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรง 2 วัน เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ อัตรารอบแขนที่หมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity: v) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI) จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่าย (Stroke count : SC) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค ได้แก่ ปริมาณแล็คเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore, 2012)

ลำดับที่ 4 ทำการทดสอบ 5x200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดภายหลังจากการทดสอบการทดสอบว่ายน้ำ 8x50 เมตร 2 วัน เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne & Goldsmith, 2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา เจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณแล็กเตทบริเวณติ่งหูเมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัดจากนั้นนำค่าปริมาณแล็คเตทและความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test (n<50) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (p>0.05; 0.10-0.87) ดังนั้นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้แบบสถิติพาราเมตริก

2. วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงาน และชีวกลศาสตร์ที่

เปลี่ยนแปลงในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ โดยใช้สถิติที (paired samples t-test)

3. วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regressions) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร ของวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ตามแนวทางและรูปแบบ วิธีการ ศึกษาของ (Zacca et al., 2018)

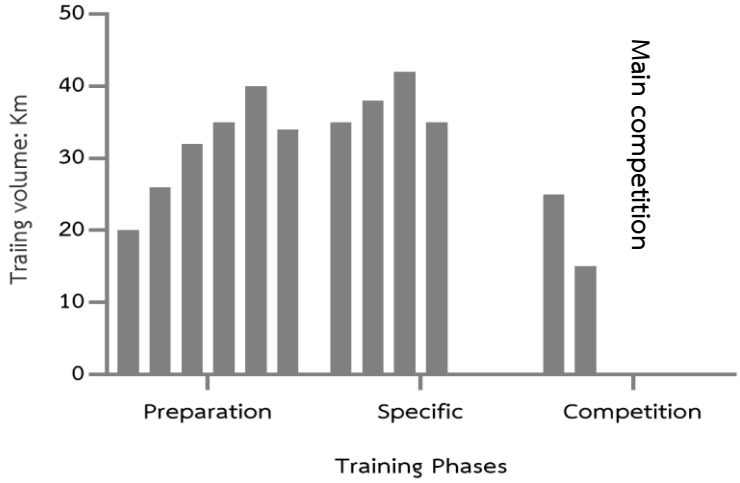
4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

เพื่อเป็นการประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่าง กันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ ผู้วิจัยจึงดำเนินการประเมินปริมาณการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่าง ตามรูปแบบการคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของ (Chatard & Mujika, 1999) โดยพิจารณาจากสมการ

W = 1kmI + 2kmII + 3 kmIII + 5kmIV + 8 kmV + Dryland training

เมื่อ W คือปริมาณการฝึกซ้อมใน 1 สัปดาห์, I คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ 2 มิลลิโมล (EN1), II คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 4 มิลลิโมล (EN2), III คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 6 มิลลิโมล (EN3), IV คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และ V คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทสูงสุด (≥16 มิลลิโมล; SP2,SP3) ตัวเลข 1,2,3, 5,8 หมายถึงค่าน้ำหนักดัชนีของความหนักในการฝึกในแต่ละระบบพลังงาน และDry land training หมายถึงปริมาณของการฝึกความแข็งแรงและกำลังบนบก โดยที่ถ้านักกีฬามีโปรแกรมการฝึกร่างกายบนบก 1 ชั่วโมง การอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดร่างกายครึ่งชั่วโมงก่อนลงสระเทียบได้กับระยะทาง 1 กิโลเมตรของการว่ายที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ 2 มิลลิโมล (EN1) การฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำกว่าความหนักสูงสุด (Sub maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น ½ กิโลเมตรของการว่ายที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักสูงสุด (Maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น ½ กิโลเมตรของการว่ายที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทูสูงสุด (>16 มิลลิโมล; SP2,SP3) ทั้งนี้เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบ 5x200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดแล้วจะทำให้ได้ค่าของความเร็วในการฝึกที่ตอบสนองต่อปริมาณแล็คเตทที่ระดับความหนักแตกต่างกันเป็นรายบุคคลซึ่งเมื่อผนวกรวมกับโปรแกรมการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ของผู้ฝึกสอนใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และช่วงของการแข่งขัน จึงสามารถคำนวณหาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ของกลุ่มตัวอย่างช่วงเตรียมความพร้อม 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 31.17± 7.11 กิโลเมตร ช่วงเฉพาะเจาะจง 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 37.50± 3.32 กิโลเมตร และช่วงของการแข่งขัน 2 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ย 20.00± 7.07 กิโลเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ของกลุ่มตัวอย่างใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์พบว่า องค์ประกอบทางกายและความสามารถทางกายที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือความแข็งแรงของแขน (ร้อยละ 12.53) รองลงมาคือกำลังขา (ร้อยละ 5.59) ความอ่อนตัวที่ได้จากการทดสอบความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ พบว่าตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ความสามารถในการนอนยกตัว (Combined elevation) มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ร้อยละ 5.49) รองลงมาคือความสามารถในการเหยียดสะโพก (Hip extension) (ร้อยละ 4.72) ตามลำดับ ความสามารถในการใช้แรงพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน 3 องค์ประกอบ คือ แรงเฉลี่ย (ร้อยละ 12.31, p=0.01) แรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (ร้อยละ 12.60, p=0.04) และดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า (Fatigue index) (ร้อยละ 32.50, p=0.01) ตามลำดับ ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคมีการปรับพัฒนาขึ้นภายหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ โดยที่ปริมาณแล็คเตทสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.04) คิดเป็นร้อยละ 7.16 ส่วนความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคนั้นพบว่าปริมาณแล็คเตทสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ร้อยละ 12.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรพบว่า ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายอย่างเต็มความสามารถที่ระยะ 50 เมตรมีค่าเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น (ก่อน:1.68$\pm$0.03 เมตร/วินาที; หลัง 1.72$\pm$0.03 เมตร/วินาที) และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำ (Stroke index) ก็พบว่าค่าเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น (ก่อน:3.17$\pm$0.08 เมตร^2/รอบ*วินาที); หลัง 3.26$\pm$0.06 เมตร^2/รอบ*วินาที) ตามลำดับ

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 5 องค์ประกอบส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ในช่วงก่อนการฝึกวิเคราะห์จากค่า Adjusted R Square เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีค่อนข้างจำกัด (16 คน) เพื่ออธิบายอิทธิพลของของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามคือความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร พบว่าตัวแปรที่คัดเลือกจากทั้ง 5 องค์ประกอบสามารถพยากรณ์ตัวแปรตาม (ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร) ได้ร้อยละ 68.8

(p=0.02) ในช่วงก่อนการฝึก (T1) และตัวแปรคัดเลือกจากทั้ง 5 องค์ประกอบสามารถพยากรณ์ตัวแปรตามได้ร้อยละ 81.2 (p=0.01) ในช่วงหลังการฝึก 12 สัปดาห์ (T2)

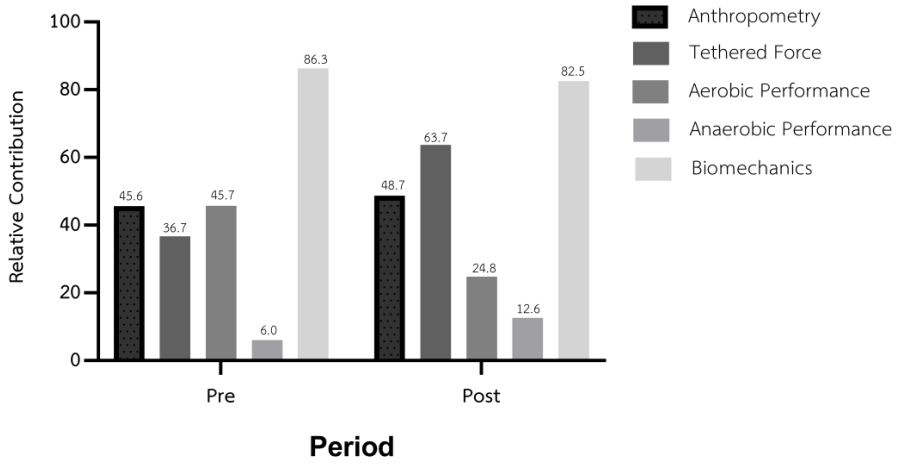
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ขององค์ประกอบและความสามารถทางกายความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบ

ตัวแปร	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	p	ร้อยละ
องค์ประกอบและความสามารถทางกาย				
น้ำหนักตัว (กก.)	63.60±2.05	63.29±1.92	0.91	-0.49
ส่วนสูง (ซม.)	172.34±1.38	173.22±1.93	0.75	0.51
ความยาวแขน (ซม.)	175.44±2.24	175.59±2.20	0.97	0.09
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	20.80±0.60	20.18±0.59	0.47	-2.98
ความแข็งแรงแขน (กก.)	34.72±1.72	39.09±1.54	0.07	12.59
กำลังขา (วัตต์)	623.37±45.50	658.19±43.03	0.58	5.59
ความอ่อนตัว				
ABIR R	154.66±3.66	157.73±3.48	0.55	1.98
IRER-EX	86.25±1.87	88.25±1.46	0.41	2.32
IRER-IN	79.72±1.89	80.35±1.84	0.81	0.79
Combined elevation	17.12±1.36	18.06±1.40	0.64	5.49
Dorsiflexion	16.04±1.17	16.23±1.10	0.91	1.18
Plantar flexion	173.60±1.02	174.79±0.74	0.35	0.69
Straight leg raise	79.10±2.70	81.04±1.95	0.57	1.02
Hip flexion	93.08±2.50	94.58±2.11	0.65	1.61
Hip extension	46.39±3.09	48.58±2.80	0.60	4.72
Hip internal rotation	75.42±4.17	78.23±3.40	0.61	3.73
Hip internal and tibia external rotation	45.64±1.49	46.75±1.54	0.61	2.43
Thoracic rotation	72.97 ±3.64	74.85±3.24	0.70	2.58
ความสามารถในการใช้แรง				
แรงสูงสุด (นิวตัน)	361.85±32.17	405.41±31.72	0.34	12.04
แรงเฉลี่ย (นิวตัน)	103.24±1.74	115.95±1.82	0.01**	12.31
แรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (นิวตัน/กิโลกรัม)	16.43±0.52	18.50±0.46	0.04*	12.60
ดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า (Fatigue index) (ร้อยละ)	28.65±1.21	19.34±1.13	0.01**	-32.50
ระบบชีวพลังงาน				
ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค				
ความเร็วที่ 4 มิลลิโมลของปริมาณแล็คเตท	1.35±0.02	1.41±0.02	0.08	4.44
ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด	1.51±0.02	1.57±0.02	0.07	3.97
ปริมาณแล็คเตทสูงสุด (มิลลิโมล)	12.00±0.33	11.14±0.22	0.04*	-7.16
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	186.88±1.06	184.88±0.87	0.16	-1.07
ระดับการรับรู้ความเหนื่อยสูงสุด	19.25±0.14	19.38±0.15	0.56	0.68
ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค				
ปริมาณแล็คเตทสูงสุด (มิลลิโมล)	15.15±0.35	16.97±0.28	0.01**	12.01
อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	184.31±1.05	181.19±1.22	0.06	-1.69
ระดับการรับรู้ความเหนื่อยสูงสุด	19.25±0.17	19.13±0.15	0.59	-0.62

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ขององค์ประกอบและความสามารถทางกายความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบ (ต่อ)

ตัวแปร	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	p	ร้อยละ
ชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำที่ระยะทาง				
จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (SR)	54.78±0.94	56.15±0.76	0.26	2.50
ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (SL)	1.88±0.03	1.88±0.02	0.97	0.01
ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(SI) (เมตร^2/	3.17±0.08	3.26±0.06	0.36	2.84
จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่าย (SC) (ครั้ง)	21.92±0.33	21.36±0.29	0.21	-2.55
ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำ (V) (เมตร/วินาที)	1.68±0.03	1.72±0.03	0.35	2.38

เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ในช่วงก่อนการฝึก (T1) พบว่า องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากที่สุดต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร คิดเป็นร้อยละ (86.3) รองลงมาได้แก่ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (ร้อยละ 45.7) องค์ประกอบและความสามารถทางกาย (ร้อยละ 45.6) ตามลำดับ องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรในช่วงหลังการฝึก 12 สัปดาห์ (T2) พบว่า องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากที่สุดต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร คิดเป็นร้อยละ (82.5) รองลงมาได้แก่ความสามารถในการใช้แรง (ร้อยละ 63.7) และองค์ประกอบและความสามารถทางกาย (ร้อยละ 48.7) ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบที่มีผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรน้อยที่สุดทั้งก่อนและหลังการฝึกทั้ง 12 สัปดาห์คือ ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (ก่อน:ร้อยละ 6.0; หลัง: ร้อยละ 12.6)



ภาพที่ 2 ร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบ

อภิปรายผลการวิจัย

การติดตามความสามารถจากองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงาน และชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อมมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์ความก้าวหน้า ตลอดจนเปรียบเทียบการพัฒนาความสามารถและการตอบสนองทั้งทางด้านองค์ประกอบของร่างกาย ความสามารถทางกาย ระบบชีวพลังงาน รวมทั้งการพัฒนาทางด้านชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาจากโปรแกรมการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อมเพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬา จากผลการวิจัยในครั้งนี้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดวงรอบของการฝึกซ้อมใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และช่วงของการแข่งขัน ไว้ทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นกรอบเวลาที่เป็นไปตามข้อเสนอแนะ (Pyne & Goldsmith, 2004) ที่กำหนดไว้ประมาณ 12 -20 สัปดาห์ แต่น้อยกว่างานวิจัย Zacca et al., (2018) ที่ทำการศึกษา 16 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเฉพาะเจาะจง 4 สัปดาห์ (37.50$\pm$ 3.32 กิโลเมตร) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานวิจัยของแซคก้า และคณะ (Zacca et al., 2018) (37.0$\pm$ 3.00 กิโลเมตร) ภายหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์พบว่าความสามารถจากองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงาน และชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ องค์ประกอบของความสามารถในการใช้แรง โดยดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า (ร้อยละ 32.50) และแรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (ร้อยละ12.60) องค์ประกอบและความสามารถทางกายที่มีค่าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ความแข็งแรงของแขน (ร้อยละ 12.53) ส่วนความสามารถของระบบชีวพลังงานนั้นพบว่า ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค โดยที่ปริมาณแล็คเตทสูงสุด (มิลลิโมล) ที่เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Power) มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ร้อยละ 12.01) ส่วนองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและความอ่อนตัวมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบด้านอื่นๆ ทั้งนี้ Ferreira et al., (2019) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการพัฒนาความสามารถโดยเฉพาะในนักกีฬาเยาวชนนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างทั้งสรีรวิทยา และชีวกลศาสตร์ที่ตอบสนองต่อโครงสร้างของโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬารายบุคคล ทั้งนี้ทั้งนั้นหากพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการเพิ่มความเร็วแล้ว ความแข็งของร่างกาย ความสามารถของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค ทักษะและความสามารถในการใช้แรงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 5 องค์ประกอบส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรพบว่า องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรทั้งก่อนและหลังการฝึก (86.3%, 82.5%) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Morais et al., (2013) ที่ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ (Multivariate analysis) โดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มหน่วยข้อมูล (Cluster analysis) ซึ่งพบว่าดัชนีชีวัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) มีอิทธิพลต่อความเร็วในการว่าย 100 เมตรมากที่สุดนอกจากนั้นยังพบว่า ความสามารถในการใช้แรงมีผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 63.7) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Morouco et al., (2011) ที่ระบุว่าค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion force) มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการว่ายของนักกีฬาในระยะสั้น (50-100 เมตร) จากผลการวิจัยในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำโดยเฉพาะการเพิ่มความเร็วนั้น ควรให้ความสำคัญกับวางรูปแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมระยะยาว (Marcocyle) ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับ

องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำ รวมทั้งรูปแบบการฝึกที่เฉพาะเจาะจงเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของร่างกาย ความสามารถของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค ความสามารถในการใช้แรงที่มีความสำคัญร่วมกันต่อการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

References

Chatard, J.-C., & Mujika, I. (1999). Training load and performance in swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming, 8,* 429-434.

Costa, M., Bragada, J. A., Mejias, J., Louro, H., Marinho, D., Silva, A., & Barbosa, T. M. (2013). Effects of swim training on energetics and performance. *International Journal of Sports medicine, 34*(06), 507-513.

Ferreira, S., Carvalho, D., Monteiro, A. S., Abraldes, J. A., Vilas-Boas, J. P., Toubekis, A., & Fernandes, R. (2019). Physiological and biomechanical evaluation of a training macrocycle in children swimmers. *Sports, 7*(3), 57.

Marfell-Jones, M. J., Stewart, A. D., & de Ridder, J. H. (2012). *International Standards for Anthropometric Assessment.* Wellington, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics, 27*(2), 161-169.

Morais, J. E., Garrido, N. D., Marques, M. C., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). The influence of anthropometric, kinematic and energetic variables and gender on swimming performance in youth athletes. *Journal of Human Kinetics, 39*(1), 203-211.

Pyne, D. B., & Goldsmith, W. M. (2004). Training and testing of competitive swimmers. Handbook of sports medicine and science. *Swimming,* DOI: 10.1002/9780470698761.ch8.

Tanner, R. K., Fuller, K. L., & Ross, M. L. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. *European Journal of Applied Physiology, 109*(3)*,* 551-559.

Tanner, R., & Gore, C. (2012). *Physiological Tests for Elite Athletes*. (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics

Zacca, R., Azevedo, R., Chainok, P., Vilas-Boas, J. P., Castro, F. A. S., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2018). Monitoring age-group swimmers over a training macrocycle: Energetics, technique, and anthropometrics. *Journal of Strength and Conditioning Research, 32*(8), 2069–2081.

Received : 12 June, 2019
Revised : 6 August, 2019
Accepted : 10 August, 2019