



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การติดตามความสามารถ ระบบพลังงาน และชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน
ในช่วงฤดูกาลแข่งขัน

**Tracking the performance, energetics and biomechanics of young swimmers during a
competitive season**

โดย

พรพจน์ ไชยนอก

รายงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
ประจำปีงบประมาณ 2561

สารบัญ

	หน้า
สารบัญภาพ	3
สารบัญตาราง	4
บทคัดย่อ(ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	5-6
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	7
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	8
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	8
1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย	9
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	10
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวความคิดและทฤษฎี	12
2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วิธีการศึกษา	23
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	26
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	26
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	27
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	35
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	35
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก 1 เอกสารรับรองการดำเนินการวิจัยในมนุษย์	
ภาคผนวก 2 เอกสารการตอบรับให้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ	

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา ในนักกีฬาว่ายน้ำ	13
ภาพประกอบที่ 2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบโครงข่าย (neural networks) แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) สัมพันธ์กับเวลาของการว่ายน้ำ	14
ภาพประกอบที่ 3 การวิเคราะห์เส้นทาง (Path-flow analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปร ทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา	16
ภาพประกอบที่ 4 โมเดลเชิงทฤษฎี (Theoretical model) ของโมเดลโค้งพัฒนาการ ที่ประกอบด้วยตัวแปรทางด้าน จลศาสตร์ ด้านอุทกพลศาสตร์ และความสามารถ ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ	17
ภาพประกอบที่ 5 ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลา ของการฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม (Macrocycle) ระยะ 44 สัปดาห์	20
ภาพประกอบที่ 6 องค์ประกอบของโครงสร้างของโปรแกรมการฝึกเมื่อพิจารณาปริมาณ และความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยใน 1 Macrocycle	20
ภาพประกอบที่ 7 การตอบสนองของระบบพลังงานต่อความแตกต่างของความหนักที่สัมพันธ์ กับเวลาของการว่ายน้ำ	22
ภาพประกอบที่ 8 การทดสอบกำลังของขาในนักกีฬาว่ายน้ำทดสอบโดยใช้ชุดอุปกรณ์ KMS	28
ภาพประกอบที่ 9 การทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered swim test	30
ภาพประกอบที่ 10 การกรองความถี่แบบดิจิทัลแบบผ่านต่ำ ที่ความถี่ 3 เฮิร์ต โดยโปรแกรม Acknowledge 4.0 ของข้อมูลที่ได้การทดสอบแรงและความสามารถ ในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered swim test	30
ภาพประกอบที่ 11 การใช้สมการคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้นในการคำนวณหาค่าความเร็ว ที่แอนแอโรบิกเรซโซลต์ (v4) จากปริมาณแลกเตทและความเร็วในการว่ายน้ำ จากการทดสอบการว่ายน้ำ 5x200 เมตรโดยเพิ่มความเร็วยกแบบขึ้นบันได	30
ภาพประกอบที่ 12 ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย ของกลุ่มตัวอย่างใน 1 วนรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์	37
ภาพประกอบที่ 13 ร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถ ในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ย ในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วนรอบ	39

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การทดสอบความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry ตามรูปแบบการทดสอบของ (Tanner & Gore., 2012)	29
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) ขององค์ประกอบและ ความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ ก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบ	38

การติดตามความสามารถจากองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อม

พรพจน์ ไชยนอก

ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในก่อนและหลังการฝึกและ (2) ศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรหลังวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นถึงระยะกลาง (50-100 เมตร) เยาวชนทีมชาติไทยจำนวน 16 คน (ชาย 8, หญิง 8) อายุเฉลี่ย 16.06 ± 0.98 ปี องค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำทดสอบและเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบ 12 สัปดาห์ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร ระหว่างก่อนและหลังการฝึกโดยใช้สถิติค่าที่แบบเป็นอิสระ วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณเพื่อพยากรณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบของความสามารถในการใช้แรง ได้แก่ ดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า (ร้อยละ 32.50) และแรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (ร้อยละ 12.60) มีค่าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดส่วน องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและความอ่อนตัวมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากที่สุดต่อ ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรทั้งก่อน (ร้อยละ 86.3) และหลังการฝึก (ร้อยละ 82.5) และดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น (ร้อยละ 63.7) ภายหลังจากฝึก ดังนั้นการพัฒนาความสามารถโดยการเพิ่มความเร็วในโปรแกรมการฝึกซ้อมระยะยาว (Marcocyle) ควรให้ความสำคัญกับรูปแบบการฝึกที่เฉพาะเจาะจงเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของร่างกาย ความสามารถของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค และความสามารถในการใช้แรง

คำสำคัญ : การติดตามความสามารถ / นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน / วงรอบของการฝึกซ้อม

Corresponding Author : อาจารย์พรพจน์ ไชยนอก, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

e-mail : phornpot@buu.ac.th

Tracking the performance, energetics and biomechanics of young swimmers during a competitive season

Phornpot Chainok

Research Center in Exercise & Sport Science, Faculty of Sport Science, Burapha University

Abstract

The objectives of this study were to (1) study and compare anthropometric and physical performance, tethered force, bioenergetics and biomechanics over a training macrocycle 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 sprinters (50-100m) of Thai young national swimmers (8males and 8 females; 16.06 \pm 0.98 yrs), participated in this study. Mean and percentage changed 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 changed while biomechanics and swimming efficiency and flexibility revealed a small changed. The relative contributions of biomechanics and swimming efficiency were showed the most influences on 50 meter swimming performance in before(86.3%) and after training 82.5%) macrocycle. Stroke index (63.7) was also played the main role after 12-week macrocycle in a competitive season. It was concluded that the specific macrocycle training program to improve speed performance should be adapted to specialty of swimmers by concern about the relative contribution of strength, aerobic and anaerobic and the rate of force development training program.

Key Words: 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

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) ในกีฬาวายน้ำ เป็นกระบวนการจัดระบบการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอนโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ นักกีฬาสามารถพัฒนาขีดความสามารถอย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องกำหนดรูปแบบ วิธีการหรือแนวทางการฝึกที่เหมาะสมกับช่วงอายุ ระยะทางในการว่ายน้ำและช่วงเวลาของการฝึกซ้อมเพื่อสร้างและพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาทั้งทางด้านร่างกาย และทักษะให้มีความพร้อมสูงสุดก่อนเข้าร่วมการแข่งขันในรายการสำคัญ ในการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในระยะยาว (Macrocycle) ของกีฬาวายน้ำใน 1 วงรอบ จะใช้ระยะของการฝึกซ้อมประมาณ 12-20 สัปดาห์ (Pyne & Goldsmith, 2004) ขึ้นอยู่กับรายการแข่งขัน วัตถุประสงค์และระยะเวลาในแต่ละช่วงของการฝึกตลอดจนความต้องการของโค้ชและตัวนักกีฬาเอง ทั้งนี้ใน 1 วงรอบของการฝึกโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ช่วงเวลาของการฝึกซ้อมคือ 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)

การติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมในกีฬาวายน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์เสถียรภาพ (Stability) ความก้าวหน้า (Progression) ตลอดจนเปรียบเทียบ (Compare) การพัฒนาความสามารถและการตอบสนองทั้งทางด้านองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometric) ความสามารถทางกาย (Physical performance) ระบบชีวพลังงาน (Bioenergetics) รวมทั้งการพัฒนาทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ของนักกีฬาจากโปรแกรมการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) เพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬา Costa และคณะ (Costa et al., 2013) ทำการศึกษาและติดตามความสามารถของนักกีฬาวายน้ำระดับความสามารถสูง (Elites) โดยประเมินจากเวลาในการว่ายน้ำ 200 เมตรและองค์ประกอบของชีวพลังงาน (ความเร็วที่ปริมาณแลคเตท 4 มิลลิโมล, ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความต้องการพลังงานทั้งหมด) ใน 3 ช่วงเวลาตลอดระยะเวลาการฝึกซ้อม 36 สัปดาห์ พบว่าการพัฒนาเวลาในการว่ายน้ำและองค์ประกอบของชีวพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณค่อนข้างน้อย Zacca และคณะ (Zacca et al., 2018) ทำการศึกษาโดยการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบชีวพลังงาน เทคนิคการว่ายน้ำและองค์ประกอบของร่างกายในนักกีฬาวายน้ำเยาวชนใน 4 ช่วงเวลาของภายใต้แผนการฝึกซ้อมในระยะยาว (Macrocycle) ของกีฬาวายน้ำใน 1 วงรอบทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ พบว่าองค์ประกอบด้านเทคนิคและสมรรถนะในการว่ายน้ำซึ่งประเมินจากอัตราการรอบแขนที่หมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) จำนวนระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำ (Stroke index: SI) มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ใน 1 วงรอบของการฝึกควบคู่กับการพัฒนาในองค์ประกอบด้าน ชีวพลังงาน เทคนิคการว่ายน้ำและองค์ประกอบของร่างกาย ภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ตามรูปแบบการคำนวณหน่วยของ

การฝึกซ้อมของ Mujika และคณะ (Mujika et al.,1996) ใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และช่วงของการแข่งขัน ดังนั้นจากความสำคัญของการติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมในกีฬาวูเอียน้ำโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาวูเอียน้ำผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและติดตามองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาวูเอียน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อมเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกตลอดจนวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยด้านต่างๆที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรในนักกีฬาวูเอียน้ำเยาวชนใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาวูเอียน้ำเยาวชนในก่อนและหลังการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

2.เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรของวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสามารถดำเนินการศึกษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม จึงได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยคือ จะศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านระบบพลังงานและองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ในระยะเวลาการฝึกซ้อม 1 วงรอบระยะกลาง (Mono cycle) ในระยะเวลา 3 เดือน ของนักกีฬาวูเอียน้ำเยาวชนในระหว่างฤดูกาลแข่งขัน

1.3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาวูเอียน้ำระยะสั้น (50-100เมตร) เยาวชนทีมชาติไทยจำนวน 16 คน (ชาย8, หญิง8) อายุเฉลี่ย 16.06 ± 0.98 ปี (ชาย 16.13 ± 0.96 ปี; หญิง 16.00 ± 1.03 ปี) ที่ไม่มีอาการบาดเจ็บและทำการฝึกซ้อมมาอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

1.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 1.แบบทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย (Jones et al.,2012)
- 2.รูปแบบการวัดความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Tanner & Gore., 2012)
- 3.เครื่องวัดแรงบีบมือ (Hand Grip Dynamometer) รุ่น T.K.K.5401
- 4.เครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด Portable Lactate Scout ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ 0.98 (Tanner et al., 2010)
- 5.นาฬิกาวัดชีพจร Polar V800 และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจร (Finland)
- 6.แบบทดสอบการรับรู้ระดับความเหนื่อย Borg's Rate of Perceived Exertion: RPE
- 7.เครื่องวัดความสามารถในการใช้แรง (Tethered force, Germany)
- 8.แบบทดสอบความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำ (Morouço et al.,2011)

9.แบบทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al.,2004)

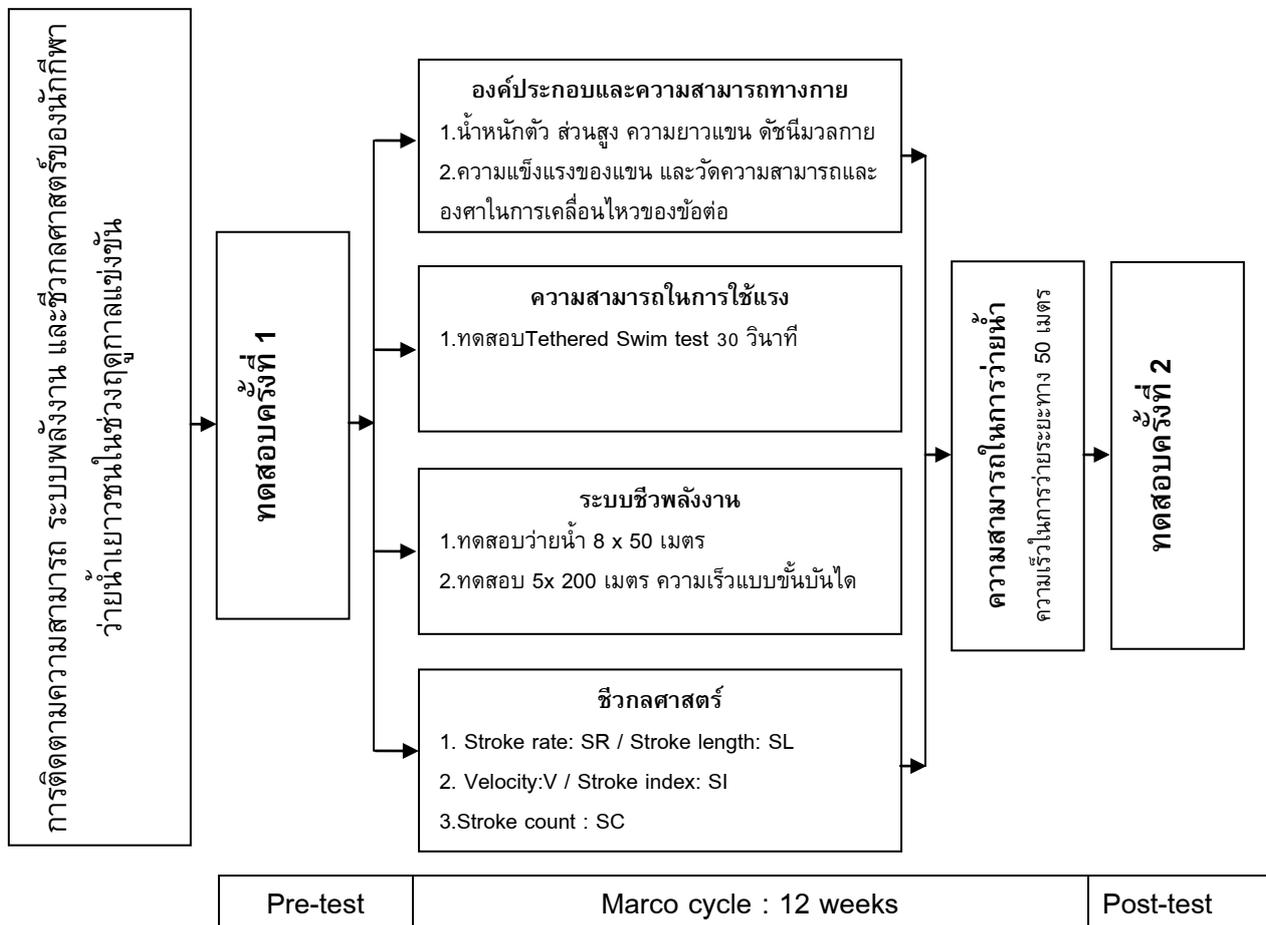
10.แบบทดสอบ 8x50 เมตรเพื่อประเมินทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค (Tanner & Gore, 2012)

1.3.3 สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย

ศูนย์กีฬาทางน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากทฤษฎีและสมมุติฐานการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดการทดสอบตัวแปรขององค์ประกอบด้านต่าง ๆ โดยสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยดังต่อไปนี้



1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

การติดตามความสามารถ หมายถึง การทดสอบและประเมินความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนโดยการประเมินความสามารถทางกาย ระบบพลังงาน และชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในช่วงฤดูกาลแข่งขันที่เปลี่ยนแปลง ก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ความสามารถ หมายถึง ความสามารถในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ในระยะสั้น 50 เมตร

องค์ประกอบและความสามารถทางกาย หมายถึง การทดสอบลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความยาวแขน ดัชนีมวลกาย ทดสอบความแข็งแรงของแขน และวัดความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry ตามรูปแบบการทดสอบของ (Tanner & Gore., 2012)

ระบบพลังงาน หมายถึง ความสามารถของระบบชีวพลังงาน (Bioenergetics) ทั้งสองระบบพลังงานคือ ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก และความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกซึ่งทำการทดสอบโดยวิธีการดังนี้คือ

1.การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก จากการทดสอบ 5x200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Pyne et al.,2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา เจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณแลคเตท บริเวณตึ่งหูเมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด จากนั้นนำค่าปริมาณแลคเตทและความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเรซโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation)

2.การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก จากการทดสอบว่ายน้ำ 8 x 50 เมตร ภายหลังจากการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรง 2 วัน เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity:V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI) จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่ายน้ำ (Stroke count : SC) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิก ได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore.,2012)

ชีวกลศาสตร์ หมายถึงองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ในระยะสั้น 50 เมตร ซึ่งประกอบด้วย จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity:V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI) จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่ายน้ำ (Stroke count : SC) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิก ได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore.,2012)

ฤดูกาลแข่งขัน หมายถึงช่วงเวลาของการฝึกตามโปรแกรมซึ่งประกอบด้วยช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจงและช่วงของการแข่งขันใน 1 วงรอบการฝึกวงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12สัปดาห์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีรูปแบบ และเครื่องมือติดตามความสม่ำเสมอของระดับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน จำนวน 1 ฤดูกาลฝึกซ้อม

2. ทำให้นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ได้รับบริการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางการกีฬา ในการพัฒนาศักยภาพและความสามารถของนักกีฬาภายใต้รูปแบบการพัฒนานักกีฬาระยะยาว (Longitudinal development)

3. ได้รูปแบบการวิจัย กำกับและติดตาม นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ที่สามารถนำไปเป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ของการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนพรสวรรค์ (Young Swimmer Athletes) ต่อไปในอนาคต

4. ได้รูปแบบการติดตามความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนทีมชาติไทย จากองค์ประกอบทางด้านชีวฟิสิกส์ (Biophysics) ที่สัมพันธ์กับความสามารถในการว่ายน้ำ

บทที่ 2 แนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิด ทฤษฎี

งานวิจัยในครั้งนี้ดำเนินงานวิจัยภายใต้แนวความคิด ทฤษฎีใน 3 ทฤษฎีดังนี้

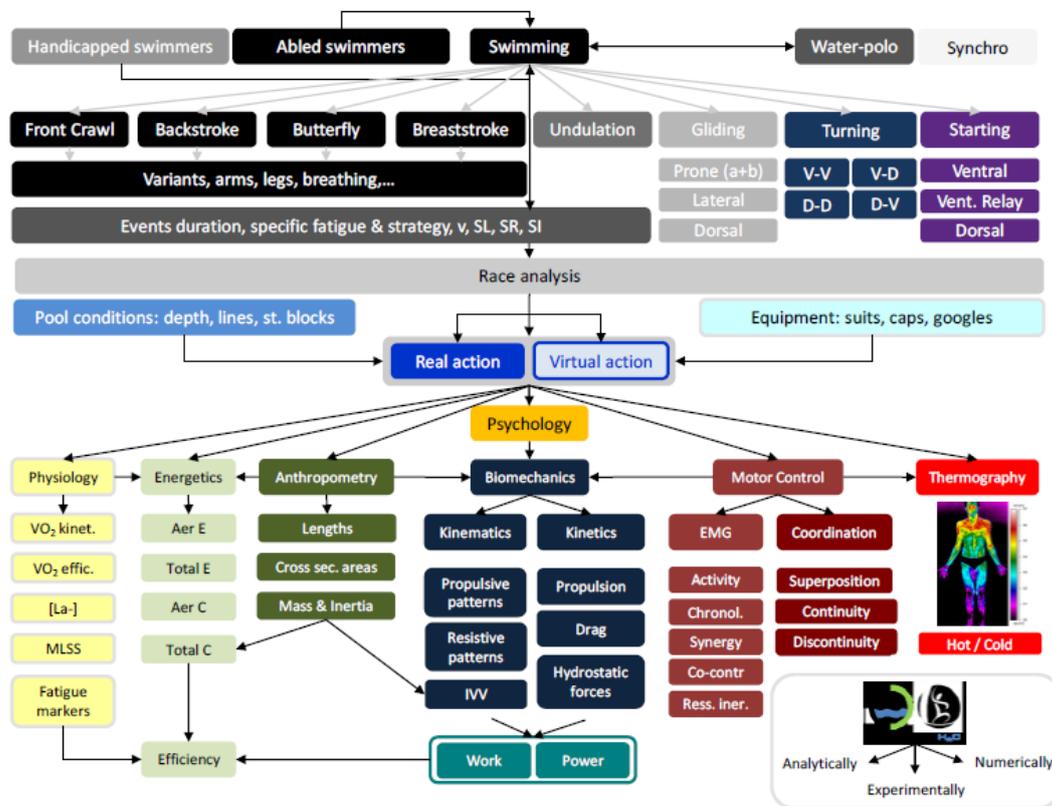
1. การศึกษาวิจัยเพื่อติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมและการแข่งขันในกีฬาว่ายน้ำ (Tracking the swimming performance) ของ (Morais et al.,2013)
2. รูปแบบโมเดลที่สัมพันธ์กันระหว่างชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) และระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาเยาวชน ของ (Barbosa et al.,2010)
3. รูปแบบการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำระยะยาว (Longitudinal development) ของ (Costa et al.,2010a)
4. การติดตามระดับระดับความสามารถและจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เซรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) จากการทดสอบ 7x 200 โดยการเพิ่มความเร็วยกแบบขั้นบันได (Incremental step test) ของ (Pyne & Swanwick, 2001)
5. การทดสอบความเร็วอดทน (Speed endurance) เพื่อประเมินความสามารถของการย่นระยะการทำงานหรือความอดทน (capacity) ของระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกของ (Pyne & Swanwick, 2001)
6. การทดสอบองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำ (Biomechanics and swimming efficiency) จากการทดสอบ 8 x 50 Stroke efficiency ของ Australia Institute of Sports (AIS) (2010)
7. การทดสอบแรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา 30 นาที ตามรูปแบบงานวิจัยของ (Morouco et al.2011)

2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ

การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ สามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรและองค์ประกอบต่างๆได้โดยใช้โมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic model) (Vilas-Boas ,2014) ได้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรและองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา อันประกอบด้วย สรีรวิทยา (Physiology) ระบบพลังงาน (Energetics) ขนาดร่างกาย (Anthropometry) ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) การควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Motor Control) จิตวิทยา (Psychology) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในร่างกาย (Thermography) (ภาพประกอบที่1) อย่างไรก็ตามการตรวจสอบวุฒิความสามารถหรือพรสวรรค์ (Talent identification) ในนักกีฬาว่ายน้ำมีความซับซ้อนและต้องอาศัยกรอบการทำงานที่ต่อเนื่องในระยะยาวเพื่อพัฒนานักกีฬาให้ก้าวไปสู่การเป็นนักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขัน การศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางและระบุตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำในอดีตนั้นเป็นไปในลักษณะของการศึกษาวิจัยแบบเฉพาะศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเท่านั้น (Monodisciplinary research) อาทิเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด สัดส่วนร่างกาย

(anthropometrics) ที่ส่งผลต่อความสามารถได้รับความนิยมนมากในปี 1970 และปี 1980 (Barbosa et al.,2013)

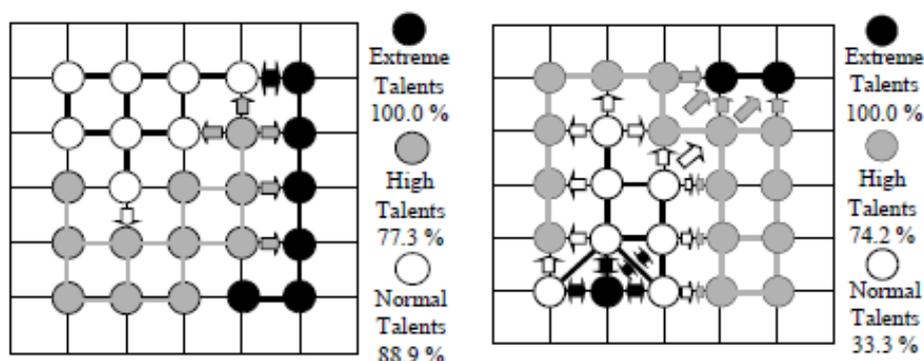


ภาพประกอบที่ 1: ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic Model) ในนักกีฬาว่ายน้ำ

อย่างไรก็ตาม (Clarys, J.P.1996) พบว่าการคาดการณ์ศักยภาพและความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำนั้นจะต้องพิจารณาในหลายๆปัจจัยร่วมกัน อาทิเช่น ขนาดรูปร่าง (Anthropometrics), องค์ประกอบทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ทั้งในส่วนของแรงต้าน (Drag) และแรงขับเคลื่อน (Propulsion) องค์ประกอบทางด้านจิตวิทยา (Psychology) วิธีการฝึกซ้อมและกระบวนการสอน (Training and pedagogy) และองค์ประกอบด้านเวชศาสตร์ (Medicine) เป็นต้น (Morais et al.,2014) พบว่าความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเป็นผลมาจากมีอิทธิพลร่วมกันขององค์ประกอบด้านต่างๆในหลากหลายมิติและมีความสัมพันธ์กันซับซ้อนมากขึ้นระหว่างตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้จากรูปแบบการวิจัยแบบตัดขวาง (Cross-sectional studies) พบว่าองค์ประกอบด้านระบบพลังงาน (Toubekis et al.,2011) ชีวกลศาสตร์ (Morais et al., 2012) และทักษะกลไก (Silva et al., 2013) มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน โดยองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในนักกีฬาเยาวชนมากกว่าร้อยละ 50–60 (Morais et al., 2012) อย่างไรก็ตามรูปแบบการวิจัยและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variances) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) จากตัวแปรขององค์ประกอบด้านต่างๆยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงลึกของตัวแปรต่างๆในหลากหลายมิติที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาได้ ดังนั้นรูปแบบการวิจัยแบบระยะยาว (Longitudinal study) จึงมีความจำเป็น

อย่างยิ่งในการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายความสัมพันธ์และผลกระทบของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดในแต่ละช่วงระยะเวลาของเส้นทางพัฒนานักกีฬาว่ายนํ้า ตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ปริมาณการฝึกซ้อม และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา นอกเหนือจากนั้นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ฝึกสอนคือการใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเพื่อกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนโดยมีกระบวนการติดตามและตรวจสอบขั้นตอนการทำงานมีระบบทั้งในระหว่างระหว่างการแข่งขันหรือระหว่างฤดูกาลแข่งขัน

Hohmann และ Seidel (2010) ใช้รูปแบบการพัฒนานักกีฬาระยะยาว (MATASS: The Magdeburg Talent study on Elite Sport Schools) ที่ใช้เวลาศึกษาและติดตามนักกีฬาตลอดระยะเวลา 6 ปี โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้ (1) สมรรถภาพทางกายและทางเทคนิคพื้นฐาน ประกอบด้วย เวลาปฏิบัติการขณะออกสตาร์ท, เวลาที่เท้าสัมผัสพื้นในขณะยืนกระโดดสูง ความไวของเท้าในการเคาะแป้นทดสอบ เวลาปฏิบัติการจากการกระตุ่นด้วยเสียง ยืนกระโดดสูง ยืนกระโดดไกล เวลาในการออกสตาร์ท (7.5m start time), เทคนิคและความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ ความแข็งแรงของแขน ขนาดรูปร่าง ความกว้างของช่วงแขน (Arm Span), ขนาดของมือ ความยืดหยุ่นของหัวไหล่ ค่าน้ำหนักในอุดมคติ (Boca Index) (2) ตัวแปรด้านจิตวิทยา การรับรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย การมุ่งผลสัมฤทธิ์ (Achievement Motivation) ความตั้งใจ (Volition) ความเครียด (Stress), สมาธิ (Concentration) (3) ทางด้านสังคม (Sociological) ประกอบด้วย การสนับสนุนจากโรงเรียน (School support), การสนับสนุนจากครอบครัว (family support), สภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการฝึกซ้อม (Training environment) และปริมาณการฝึกซ้อม (Training load) เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานของการพัฒนานักกีฬาว่ายนํ้าจำนวน 2 คน ว่ารูปแบบการพัฒนานักกีฬาว่ายนํ้าที่มีพรสวรรค์นั้นไม่ควรจะเป็นแบบเชิงเส้น (Non-linear) ควรจะมีองค์ประกอบสำคัญต่างๆที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬามากกว่าการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากเวลาเพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบโครงข่าย (Neural networks) และแสดงแผนที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ (Feature Mapping) จะทำให้ได้กระบวนการตรวจสอบ ตลอดจนเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมกับการระบุแนวของเด็กที่มีพรสวรรค์ได้อย่างเหมาะสมและมีความแม่นยำ (รายละเอียดดังภาพประกอบที่ 2)



ภาพประกอบที่ 2: ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบโครงข่าย (neural networks) แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear)

ชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ (Biophysics in swimming) หมายถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ ซึ่งหมายถึงความสามารถทางกลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Propulsion) และแรงต้าน (Drag) และองค์ประกอบทางด้านระบบพลังงาน อันได้แก่ ระบบพลังงาน (Energy system) ขบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา (Barbosa, T.M. et al.,2012) พบว่าองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสรีรวิทยาหรือระบบพลังงาน เป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ รูปแบบการวิจัยในลักษณะต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ และผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและมีการเปลี่ยนแปลงตลอด ในแต่ละช่วงระยะเวลาของเส้นทางพัฒนาการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำ ตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ปริมาณการฝึกซ้อม และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา

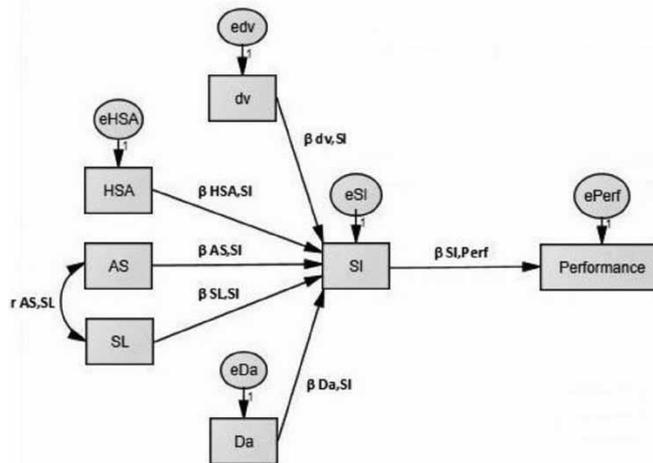
(Costa et al. 2010) ทำการวิจัยเพื่อติดตามผลตรวจสอบและเปรียบเทียบ การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาจากปัจจัยทางด้านชีวกลศาสตร์ ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาทีที่ผลิตกรดแลคติกที่ 4 มิลลิโมล (Stroke frequency:SF@V4) และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียวที่ความเร็วที่ผลิตกรดแลคติกที่ 4 มิลลิโมล ปัจจัยทางด้านระบบพลังงาน ได้แก่ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำที่ผลิตกรดแลคติกที่ 4 มิลลิโมล และประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าที่ผลิตกรดแลคติกที่ 4 มิลลิโมล และความเร็วที่ผลิตกรดแลคติกที่ 4 มิลลิโมล (V4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน ทั้งการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามตัวเดียว (Univariate) และกรณีที่มีตัวแปรตามหลายตัว (Multivariate) ถูกนำมาใช้เพื่อการประเมินผลและติดตามความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการว่ายน้ำ (Pyne & Swanwick, 2001) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ เพื่อติดตามและ ประเมินจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic threshold) ความทนทานต่อกรดแลคติก (Lactate tolerance) จากการทดสอบ 7x 200 โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได (Incremental step test) ของนักกีฬาว่ายน้ำระดับโลกจำนวน 4 ครั้งตลอดระยะเวลาทั้งสิ้น 8 เดือน

(Barbosa et al.,2013) และ (JE Morais et al.,2015) ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ (Multivariate analysis) โดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มหน่วยข้อมูล (Cluster analysis) เพื่อจัดกลุ่มนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนพรสวรรค์ (Young talented) จากข้อมูล (1) ด้านจลศาสตร์ ได้แก่ ความเร็วในการว่ายน้ำ 100 เมตร การเปลี่ยนแปลงความเร็ว และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (2) ด้านอุทกพลศาสตร์ ได้แก่สัมประสิทธิ์ของพลศาสตร์แรงต้าน (3) ด้านองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ความยาวของช่วงแขน ความยาวรอบอก (4) ด้านประสิทธิภาพในการว่ายน้ำ ได้แก่ ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ความเป็นไปได้ในการพัฒนาตลอดจนเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงในความสามารถของนักกีฬา โดยการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน (Homogeneous) และมีความแตกต่างจากตัวแปรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มอื่นๆ

การสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เป็นเทคนิคทางสถิติเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบและประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงเหตุผล โมเดลการวิจัยเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยมีหลักฐานจากทฤษฎีและงานวิจัยรองรับ มีคำถามวิจัยง่าย ไม่ซับซ้อน มีการ

ตั้งสมมติฐานวิจัยแยกเป็นข้อๆ (Anderson et al.,2006) ใช้โมเดลเชิงเส้นผสม (linear mixed model) เพื่ออธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนขององค์ประกอบทางสรีรวิทยาที่ระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด โดยวิเคราะห์จากค่าแลคเตทที่ 4 มิลลิโมลและที่ระดับความสามารถสูงสุด จากค่าการเปลี่ยนแปลงระดับค่าของแล็กเตทในเลือดที่ได้จากการทดสอบ 7x 200 โดยการเพิ่มความเร็วยกน้ำหนักของนักกีฬาว่ายน้ำระดับโลกตลอดระยะเวลาทั้งสิ้น 5 ปี เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางสรีรวิทยาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลแข่งขันและเปรียบเทียบระหว่างปี

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) เป็นกรณีตัวอย่างหนึ่งของโมเดลการวิจัยที่ศึกษาอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆ เพื่อดูว่ามีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรที่สันนิษฐานว่าเป็นสาเหตุต่อตัวแปรที่เป็นผลหรือไม่ โดยต้องคำนึงถึงตัวแปรที่แตกต่างกัน คือ ตัวแปรภายนอก (exogenous variables) และตัวแปรภายใน (endogenous variables) (Barbosa et al.,2010) พัฒนาโมเดลรูปแบบการวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) สำหรับศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว และความเร็วในการว่ายน้ำ และตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน ได้แก่ ความเร็วที่ผลิตชีพจรก่อนที่ร่างกายจะเข้าสู่ระบบ พลังงานแบบแอนแอโรบิค ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ และประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา รายละเอียดดังภาพประกอบที่ 3

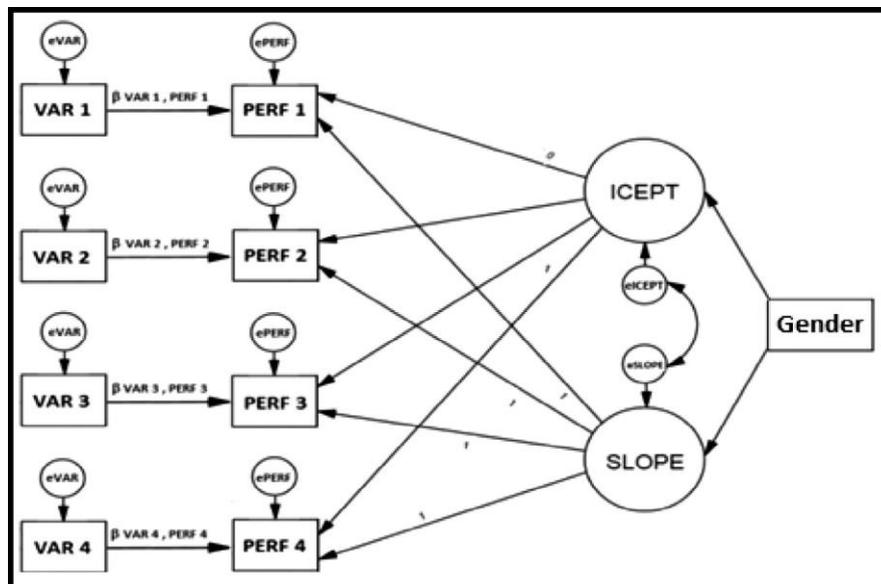


ภาพประกอบที่ 3: การวิเคราะห์เส้นทาง (Path-flow analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา

ทั้งนี้หากโมเดลการวิจัยมีตัวแปรหลายระดับ จะให้ผลการวิจัยที่มีการประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น แต่หากใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น (hierarchical linear model: HLM) จะได้ผลการวิเคราะห์ตรงตามความเป็นจริงมากขึ้น (Costa et al.,2013) ใช้การสร้างแบบจำลองเชิงเส้นตามลำดับชั้น (Hierarchic linear modeling: HLM) ของระบบพลังงานและชีวกลศาสตร์ เพื่อติดตามปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำชายในระยะยาวโดยพบว่านักกีฬาว่ายน้ำต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2 ฤดูกาลแข่งขันต่อเนื่องถึงจะเห็นการพัฒนาทั้งในส่วนของความสามารถและตัวแปรทางระบบพลังงานและชีวกลศาสตร์ อันได้แก่ ความเร็วที่ผลิตกรดแลคติกไม่เกิน 4 มิลลิโมล ความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงสุด ความถี่หรือ

จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ และประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

การวัดพัฒนาการจำเป็นต้องอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาวจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดิม เพื่อตอบปัญหาและทำให้เข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการของสิ่งที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น การวัดที่มีการเก็บข้อมูลสองครั้ง (Two-waves) คือ ก่อนและหลังการเรียนรู้วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงจากการวัดสองครั้ง พบว่ายังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ และไม่สามารถอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ นักวิจัยจึงมีการพัฒนามาเป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ในรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการ(Latent growth curve model: LGCM) ซึ่งต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลมากกว่าสองครั้ง (Multi-waves) (Morais et al.,2014) ทำการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการ (Latent Growth Curve Model: LGCM) โดยพัฒนาโมเดลเชิงทฤษฎี โดยเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนและเป็นตัวแปรที่ใช้กันทั่วไปในการวิจัยเกี่ยวกับกีฬาว่ายน้ำ (Morais et al., 2012; Silva et al., 2013) ประกอบด้วยตัวแปรทางด้าน จลศาสตร์ ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที ค่าการผันผวนของความเร็ว (intra-cyclic speed fluctuation: dv) ประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า propelling efficiency (dp) ตัวแปรด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ประกอบด้วย แรงต้านแบบแอ็คทีฟ (Active drag: Da) สัมประสิทธิ์แรงต้านแบบแอ็คทีฟ (CD_a) กำลังที่จะเอาชนะแรงต้าน (Pd) และความสามารถ (Performance) ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ (Gender) รายละเอียดโมเดลเชิงทฤษฎีดังกล่าวประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4: โมเดลเชิงทฤษฎี (Theoretical model) ของโมเดลโค้งพัฒนาการ(Latent growth curve model: LGCM)ที่ประกอบด้วยตัวแปรทางด้าน จลศาสตร์ (kinematics) ด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) และความสามารถ (Performance) ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ (Gender)

2.2.2 รูปแบบการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในกีฬาว่ายน้ำ (Periodization in swimming)

ในกีฬาว่ายน้ำนั้นประกอบด้วยรูปแบบของการกำหนดรูปแบบและระยะเวลาของการฝึกซ้อมในแต่ละช่วงดังนี้

1. Mesocycle ในกีฬาว่ายน้ำหมายถึงการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในระยะยาว ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ฝึกสอนจะกำหนด 1 Mesocycle เท่ากับ 12 -20 สัปดาห์ สำหรับการเตรียมนักกีฬาเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ ทั้งนี้ใน 1 ปีของวงรอบการฝึกซ้อมจะประกอบด้วย 2-3 Mesocycle เพื่อวางเป้าหมายให้นักกีฬามีระดับความสามารถสูงสุดในวงรอบปี (Peak) อย่างมากที่สุด 2 ครั้ง คือ 1 ครั้งในระดับประเทศ และอีก 1 ครั้งในระดับนานาชาติ เช่น ซีเอจกรุป ซีเกมส์ เอเชียนเกมส์ โอลิมปิกเกมส์ เป็นต้น

2. Macrocycle ในกีฬาว่ายน้ำหมายถึงการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในระยะกลางภายใต้รูปแบบการฝึกซ้อมระยะยาว ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ฝึกสอนจะกำหนด 1 Macrocycle เท่ากับ 2-4 สัปดาห์อย่างไรก็ตามระยะเวลาหรือจำนวนสัปดาห์ของการฝึกซ้อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละช่วงของการฝึก ซึ่งการกำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกซ้อมมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเฉพาะเจาะจง ช่วงเวลาของการฝึก รวมถึงความต้องการของโค้ชและตัวนักกีฬาเอง เช่น

2.1. ในช่วงเริ่มต้น (Introductory) จะประกอบด้วยการฝึกเพื่อพัฒนาระบบหัวใจโดยเน้นความสามารถในการยืนระยะการทำงานหรือความอดทนของระบบแอโรบิก (Aerobic capacity) โดยใช้ปริมาณการฝึกและความหนักในการฝึกต่ำ (low volume-low intensity) French Swimming Academy ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการกำหนดปริมาณการฝึกซ้อมที่สอดคล้องกับช่วงอายุ (Age-group) ใ้ว่าน่าสนใจดังตาราง

	10 years	11-12 years	13-14 years	15-16 years	>17 years
Daily	3.5 – 4 Km	4 – 4.5 km	4.5 – 5.5 km	5.5 – 10 km	6-10 km
Weekly	20km	25 km	30 km	35-40km	45-60 km

2.2. ในช่วงของการเตรียม (Preparatory macrocycle) จะเป็นการฝึกซ้อมเพื่อยกระดับความสามารถในการยืนระยะการทำงานหรือความอดทนของระบบแอโรบิก (Aerobic capacity) และพัฒนาความสามารถสูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Aerobic power) ควบคู่กับการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของระบบแอนโรบิก ทั้งการพัฒนาคความทนทานต่อปริมาณกรดแล็กติก (Lactate tolerance) และความเร็วอดทน (Speed Endurance) โดยเพิ่มปริมาณการฝึกให้มากขึ้น

2.3. ช่วงการฝึกซ้อมแบบเฉพาะเจาะจง (Specific macrocycle) จะเป็นการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงเพื่อพัฒนาความเร็วในการว่ายน้ำ (Speed) ด้วยรูปแบบการฝึกโดยใช้ความหนักที่สูงขึ้น (Higher intensity training) ควบคู่กับการพัฒนาระบบแอนแอโรบิกสูงสุด (Anaerobic power) โดยการยกระดับค่าของกรดแล็กติกให้สูงขึ้นสอดคล้องกับความเร็วที่พัฒนาขึ้น (Peak blood lactate increasing speed)

2.4. ช่วงของการแข่งขัน (Competition macrocycle) ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้ฝึกสอนวางเป้าหมายให้นักกีฬามีระดับความสามารถสูงสุดในวงรอบปี (Peak) ทั้งนี้ความสามารถสูงสุดที่นักกีฬาทำได้ซึ่งวัดได้จากเวลาที่ทำได้จากการแข่งขันมีความสำคัญโดยตรงกับรูปแบบการลดปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมลงก่อนจะเข้าสู่การแข่งขันหรือที่เรียกว่า Taper

3. Microcycle ในกีฬาว่ายน้ำหมายถึงการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในระยะสั้นภายใต้รูปแบบการฝึกซ้อมระยะกลาง (Macrocycle) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ฝึกสอนจะกำหนด 1 Microcycle เท่ากับ 7 วัน ในการวางแผนการฝึกซ้อมในช่วง Microcycle นั้นจะให้ความสำคัญกับการวางแผนเพื่อพัฒนาแบบเฉพาะเจาะจง เพื่อให้สอดคล้องกับระบบพลังงาน แผนการฝึกซ้อมในระยะกลาง (Macrocycle)

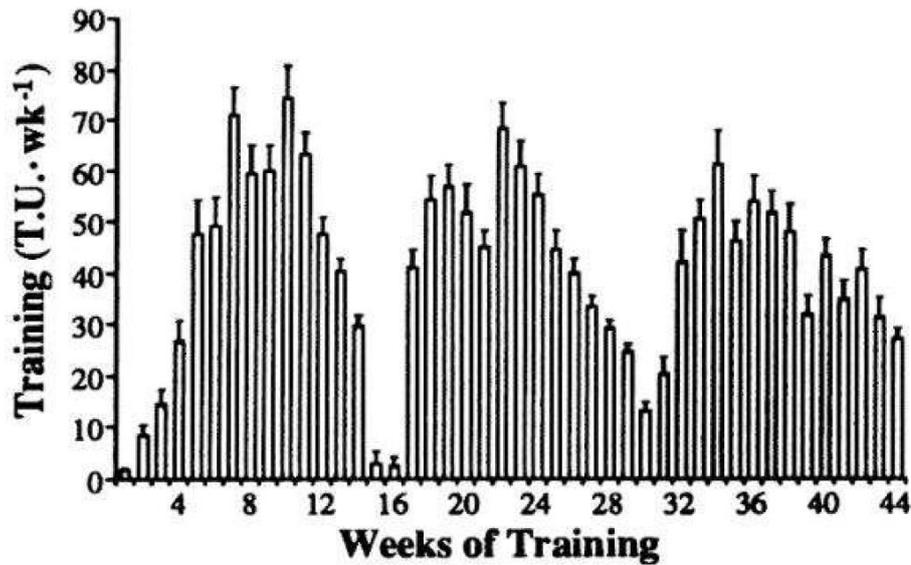
2.2.3 ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training unit : T.U.)

เพื่อเป็นการประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ รูปแบบการคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของ (Mujika et al., 1996) จึงมีความสำคัญในการอธิบายปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย โดยพิจารณาจากสมการ

$$W = 1\text{kmI} + 2\text{kmII} + 3\text{ kmIII} + 5\text{kmIV} + 8\text{ kmV} + \text{Dryland training}$$

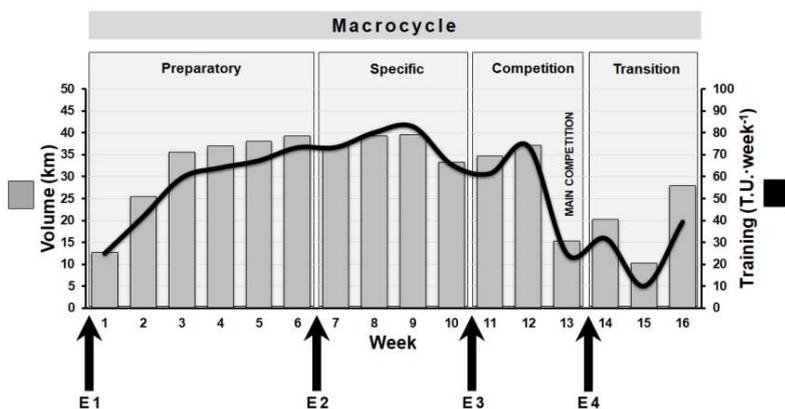
เมื่อ W คือปริมาณการฝึกซ้อมใน 1 สัปดาห์, I คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททที่ 2 มิลลิโมล (EN1), II คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททที่ไม่เกิน 4 มิลลิโมล (EN2), III คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททที่ไม่เกิน 6 มิลลิโมล (EN3), IV คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และ V คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททสูงสุด (>16 มิลลิโมล; SP2, SP3) ตัวเลข 1, 2, 3, 5, 8 หมายถึงค่าน้ำหนักดัชนีของความหนักในการฝึกในแต่ละระบบพลังงานและ Dry land training หมายถึงปริมาณของการฝึกความแข็งแรงและกำลังบนบก โดยที่ถ้านักกีฬามีโปรแกรมการฝึกร่างกายบนบก 1 ชั่วโมง การอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดร่างกายครึ่งชั่วโมงก่อนลงสระเทียบได้กับระยะทาง 1 กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททที่ 2 มิลลิโมล (EN1) การฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำกว่าความหนักสูงสุด (Sub maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น ½ กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักสูงสุด (Maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น ½ กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเททสูงสุด (>16 มิลลิโมล; SP2, SP3) ทั้งนี้เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเรซชไฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดแล้วจะทำให้ได้ค่าของความเร็วในการฝึกที่ตอบสนองต่อปริมาณแลคติกเททที่ระดับความหนักแตกต่างกันเป็นรายบุคคล

(Mujika et al., 1996) ทำการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบโมเดลเกี่ยวกับปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม (Macrocycle) และช่วงของการลดปริมาณการฝึกซ้อมก่อนการแข่งขัน (Taper) ตลอดระยะเวลาของการฝึกซ้อม 44 สัปดาห์ในนักกีฬาระดับความสามารถสูง (International level) พบว่าปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยในแต่ละช่วงของการฝึกในแต่ละ Mesocycle มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าปริมาณและความหนักสูงสุดประมาณ 70-80 หน่วยในแต่ละ Mesocycle (ภาพประกอบที่ 5)



ภาพประกอบที่ 5: ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม (Macrocycle) ระยะ 44 สัปดาห์

(Zacca et al., 2018) ทำการศึกษาเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางด้านระบบพลังงานเทคนิคในการว่ายน้ำ และองค์ประกอบทางกายของนักกีฬาเยาวชนในระยะเวลาของวงรอบการฝึกซ้อม Macrocycle 16 สัปดาห์พบว่า ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการฝึกซ้อม พบว่าปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยในช่วงของการเตรียม (Preparatory macrocycle) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 55 ± 18 หน่วย ช่วงการฝึกซ้อมแบบเฉพาะเจาะจง (Specific macrocycle) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 75 ± 8 หน่วย ช่วงของการแข่งขัน 53 ± 25 หน่วย และช่วงของการเปลี่ยนวงรอบของการฝึกมีค่าเฉลี่ยประมาณ 27 ± 15 หน่วย (ภาพประกอบที่ 6)



ภาพประกอบที่ 6 : องค์ประกอบของโครงสร้างของโปรแกรมการฝึกเมื่อพิจารณาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยใน 1 Macrocycle (Zacca et al., 2018)

(Ferreira et al., 2019) ทำการศึกษาและประเมินองค์ประกอบทางด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ใน 1 วงรอบการฝึก (Macrocycle) จำนวนทั้งสิ้น 11 สัปดาห์ ในนักกีฬาวัยน้ำเยาวชนอายุเฉลี่ย 11.62 ± 1.19 ปีพบว่า ในช่วงของการเตรียม (Preparatory macrocycle) องค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกประกอบด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิค 96 % แอนแอโรบิค 4 % และเทคนิค

36 % ในช่วงการฝึกซ้อมแบบเฉพาะเจาะจง (Specific macrocycle) ประกอบด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิก 93% แอนแอโรบิก 7% และเทคนิค 31% และช่วงของการแข่งขันประกอบด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิก 32% แอนแอโรบิก 31% และเทคนิค 21% ตามลำดับ

2.2.4 สมรรถภาพทางกายและระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำ

การทดสอบและประเมินผลทางด้านสมรรถภาพทางกายและระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำนั้นดำเนินการภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อติดตามผลและตรวจสอบการฝึกซ้อมและการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำ ตลอดจนวิเคราะห์เสถียรภาพ (Stability) ความก้าวหน้า (Progression) และเปรียบเทียบ (Compare) การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาเป็นรายบุคคลเพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬารายบุคคลได้เป็นอย่างดี

องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำที่ผู้ฝึกสอนควรให้ความสำคัญประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ (1) สมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬา (Physical fitness and bio-motor abilities) และ (2) ระบบพลังงานสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำ (Energy systems in swimming) การตอบสนองของระบบพลังงานต่อความแตกต่างของความหนักที่สัมพันธ์กับเวลาของการว่ายน้ำสามารถอธิบายสรุปได้ดังภาพประกอบที่

จากภาพประกอบด้านซ้ายของแผนภูมิรูปภาพคือดัชนีชี้วัดของความหนักในการออกกำลังกาย และด้านขวาคือระบบพลังงานของโค้ชในการฝึกซ้อม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. Lactate threshold (LT) คือดัชนีชี้วัดความหนักในการออกกำลังกายระดับปานกลาง (Moderate exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนา General aerobic training , Aerobic base หรือ Aerobic efficiency

2. Maximal lactate steady state (MLSS) หรือ Anaerobic threshold (4mmol.l^{-1}) คือดัชนีชี้วัดความหนักในการออกกำลังกายระดับค่อนข้างหนัก (Heavy exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนา Aerobic capacity ซึ่งความเร็วที่ระดับ Anaerobic threshold (4mmol.l^{-1}) หรือที่ระดับแอนแอโรบิกเฉพาะบุคคล (Individual anaerobic threshold: Anth) มีความสำคัญกับนักกีฬาว่ายน้ำระยะไกลคือ 800 และ 1,500 เมตร

3. Critical velocity คือดัชนีชี้วัดความหนักในการออกกำลังกายระดับหนัก (Very heavy exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนา Aerobic capacity และ Aerobic power ไปพร้อมๆ กัน

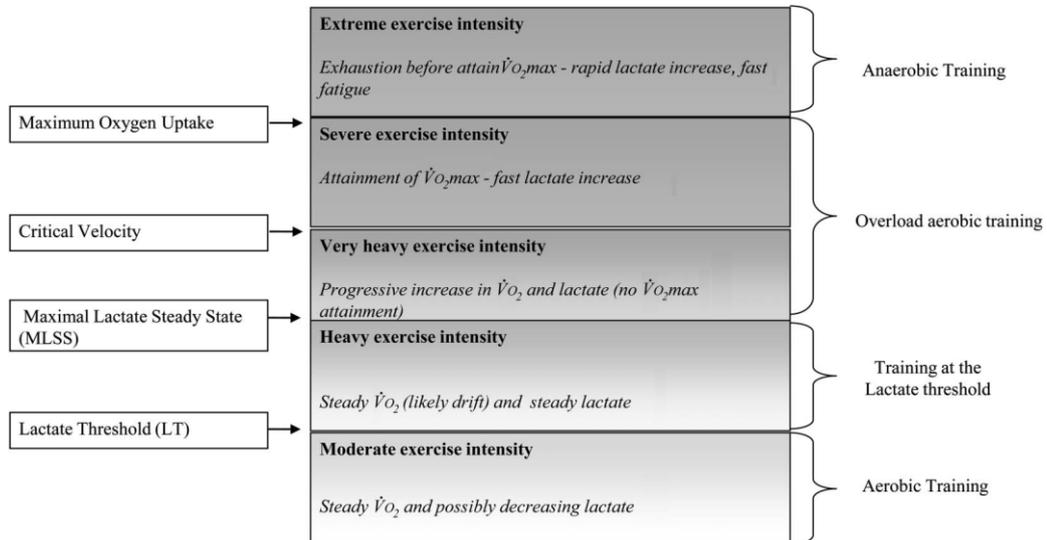
4. Maximum oxygen uptake คือดัชนีชี้วัดความหนักในการออกกำลังกายระดับหนักมาก (Severe exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนา Aerobic power ซึ่งความเร็วที่ระดับ VO_2max มีความสำคัญกับนักกีฬาว่ายน้ำระยะ 400 เมตร

5. ในการออกกำลังกายระดับหนักมากที่สุด (Extreme exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมใน 2 ลักษณะคือ

5.1 Anaerobic training เพื่อพัฒนา Anaerobic capacity และ Anaerobic power ไปพร้อมๆ กัน โดยลักษณะของการฝึกมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความทนทานต่อการเกิดกรดแลคติก (Lactate tolerance: LT1

และความสามารถในการผลิตกรดแลคติกสูงสุด (Lactate production และ Peak lactate: LT2) ซึ่งความเร็วที่ระดับ Anaerobic critical velocity (AN_{CV}) มีความสำคัญกับนักกีฬาว่ายน้ำระยะ 200 เมตร

5.2 Sprint training เพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบ Anaerobic power และความสามารถในการ sprint ซึ่งมีความสำคัญกับนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้น 50, 100 เมตร



ภาพประกอบที่ 7: การตอบสนองของระบบพลังงานต่อความแตกต่างของความหนักที่สัมพันธ์กับเวลาของการว่ายน้ำ

2.2.5. การทดสอบแรงในการว่ายน้ำ (Tethered Swim test)

การทดสอบแรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา 30 นาที ตามรูปแบบงานวิจัยของ (Morouco et al., 2011) นั้นเป็นรูปแบบการทดสอบแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ในการว่ายน้ำของนักกีฬาของนักกีฬารายบุคคล จากงานวิจัย (Morouco et al., 2011) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความสามารถในการออกแรงว่ายน้ำที่สัมพันธ์กับความสามารถในการว่ายน้ำสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

(1) ทำว่ายน้ำที่มีค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) สูงสุดตามลำดับได้แก่ ท่ากบ ท่าผีเสื้อ ท่าฟรีสไตล์ และท่ากรรเชียง

(2) ค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ในการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา 30 วินาทีสามารถนำมาใช้เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ของนักกีฬาว่ายน้ำที่มีความเฉพาะเจาะจงมากกว่าการทดสอบ Wingate (Soares et al., 2010).

(3) ค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬาในระยะสั้น (50-100 เมตร)

(4) ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) สามารถนำไปเป็นตัวบ่งชี้ของความสามารถของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการออกแรง (Striking force production) ในการว่ายน้ำของนักกีฬาในแต่ละสโตรก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 1.วิธีการศึกษา
- 2.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 4.การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 5.การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ดำเนินการศึกษาใน 2 แบบ ได้แก่

1.การวิจัยศึกษา (Documentary research) เป็นการศึกษารวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ ทั้งที่เป็นทฤษฎีแนวความคิดและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.การศึกษาวิจัยเพื่อติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมและการแข่งขันในกีฬาวายน้ำ (Tracking the swimming performance) ของ (Morais et al.,2013)

2.รูปแบบโมเดลที่สัมพันธ์กันระหว่างชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) และระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาเยาวชน ของ (Barbosa et al.,2010)

3.รูปแบบการพัฒนานักกีฬาวายน้ำระยะยาว (Longitudinal development) ของ (Costa et al.,2010a)

4.การติดตามระดับระดับความสามารถและจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เทรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) จากการทดสอบ 5x200 โดยการเพิ่มความเร็วยกแบบขั้นบันได (Incremental step test) ของ (Pyne & Swanwick, 2001)

5.การทดสอบความเร็วอดทน (Speed endurance) เพื่อประเมินความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทน (capacity) ของระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกของ (Pyne & Swanwick, 2001)

6. การทดสอบองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำ (Biomechanics and swimming efficiency) จากการทดสอบ 8x50 Stroke efficiency ของ Australia Institute of Sports (AIS) (2010)

7.การทดสอบแรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา 30 นาที ตามรูปแบบงานวิจัยของ (Morouco et al.,2011)

2. การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและติดตามองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาวายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อมเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการฝึกตลอดจนวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรในนักกีฬาวายน้ำเยาวชนใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

โดยทำการทดสอบองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร จำนวน 2 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 (T1) ทำการทดสอบในสัปดาห์ที่ 1 ของการช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (General) และครั้งที่ 2 (T2) ในช่วง 1 สัปดาห์ก่อนการแข่งขันรายการกีฬานักเรียนนักศึกษาแห่งชาติ "นครสวรรค์ศึกษาเกมส์" โดยจัดลำดับการทดสอบในแต่ละครั้ง ดังนี้

1. การทดสอบก่อนการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก ในวันที่ 8-9 กันยายน พ.ศ. 2561 ณ สระว่ายน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิตโดยมีรายละเอียดของการทดสอบ 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) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการกรองความถี่แบบดิจิทัล (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 แรงสูงสุดในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาทีหารด้วยน้ำหนักตัวและดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า

ลำดับที่ 3 ทำการทดสอบว่ายน้ำ 8 x 50 เมตร ภายหลังจากการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรง 2 วัน เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity: V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index: SI) จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่ายน้ำ (Stroke count : SC) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิก ได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore., 2012)

ลำดับที่ 4 ทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วยกแบบขั้นบันไดภายหลังจากการทดสอบการทดสอบว่ายน้ำ 8x50 เมตร 2 วัน เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Pyne et al., 2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา เจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณแลคเตท บริเวณตึ่งหูเมื่อนักกีฬาว่ายน้ำแต่ละรอบสระในแต่ละรอบพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด จากนั้นนำค่าปริมาณแลคเตทและความเร็วมาคำนวณหาความเร็วที่แอนแอโรบิกเรซโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation)

2.ดำเนินการฝึกซ้อมตามรูปแบบและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอน ใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์และคำนวณหาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (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

3. การทดสอบหลังการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก ในวันที่ 12-13 มกราคม พ.ศ. 2562 ณ สระว่ายน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต โดยมีรายละเอียดของการทดสอบ 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) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการกรองความถี่แบบดิจิทัล (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 แรงสูงสุดในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาทีหารด้วยน้ำหนักตัวและดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า

ลำดับที่ 3 ทำการทดสอบว่ายน้ำ 8 x 50 เมตร ภายหลังจากการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรง 2 วัน เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity: V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index: SI) จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่ายน้ำ (Stroke count : SC) ความสามารถในการว่ายน้ำระยะสั้น และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิก ได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore., 2012)

ลำดับที่ 4 ทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วยกแบบขึ้นบันไดภายหลังจากการทดสอบการทดสอบว่ายน้ำ 8x50 เมตร 2 วัน เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Pyne et al., 2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา เจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณแลคเตท บริเวณตักหุ้มเมื่อนักกีฬาวายแตะขอบสระในแต่ละรอบพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด จากนั้นนำค่าปริมาณแลคเตทและความเร็วมาคำนวณหาความเร็วที่แอนแอโรบิกเรซโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation)

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ค่าอำนาจในการทดสอบด้วยโปรแกรม G*Power Analysis ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนามาจากพื้นฐานของ (Power analysis) โดยกำหนดอำนาจในการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ 0.80 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Level of significance) ที่ระดับ 0.05 ($\alpha=0.05$) และกำหนดขนาดอิทธิพล (Effect size) อยู่ในช่วงปานกลาง คือ 0.25 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 18 ซึ่งเป็นนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนโครงการพัฒนากีฬาจังหวัด (Sports Hero) แต่เนื่องจากนักกีฬา 2 คนไม่สามารถเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกได้ตามกำหนด จึงคงเหลือประชากรที่เข้าข่ายและสามารถดำเนินการฝึกซ้อมตามโปรแกรมได้ทั้งสิ้น 16 คน

3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนโครงการพัฒนากีฬาจังหวัด (Sports Hero) จำนวนทั้งสิ้น 16 คน (ชาย 8 คน หญิง 8 คน) ที่มีอายุระหว่าง 14-18 ปีที่ไม่มีอาการบาดเจ็บและทำการฝึกซ้อมมาอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนทีมชาติไทย ชาย-หญิง จำนวน 8 คน (ชาย 8, หญิง 8) มีอายุระหว่าง 14-18 ปี
2. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำที่เคยผ่านการแข่งขัน South east asia Age group swimming Championship
3. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันมาแล้วไม่ต่ำกว่า 3 ปี
4. มีสมรรถภาพทางกายแข็งแรงและไม่มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อม

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อม
2. ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ครบตามแบบแผนการวิจัยที่กำหนด ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยุติการเข้าร่วมได้ตลอดระยะเวลาในการวิจัยโดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย (Jones et al., 2012)
2. รูปแบบการวัดความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Tanner & Gore., 2012)
3. เครื่องวัดแรงบีบมือ (Hand Grip Dynamometer) รุ่น T.K.K.5401
4. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด Portable Lactate Scout ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ 0.98 (Tanner et al., 2010)
5. นาฬิกาวัดชีพจร Polar V800 และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจร (Finland)
6. แบบทดสอบการรับรู้ระดับความเหนื่อย Borg's Rate of Perceived Exertion: RPE

7.เครื่องวัดความสามารถในการใช้แรง (Tethered force, Germany)

8.แบบทดสอบความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำ (Morouço et al.,2011)

9.แบบทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Pyne et al.,2004)

10.แบบทดสอบ 8 x 50 เมตรเพื่อประเมินทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิก (Tanner & Gore, 2012)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์และสังเคราะห์งานวิจัยเพื่อนำมาสร้างโปรแกรม

1.การวิเคราะห์ สังเคราะห์ การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้องจากการสังเคราะห์ข้อมูลเอกสาร (Documentary Survey)

2.ประชุมร่วม (Stake Holder) ทีมงานผู้วิจัย โค้ชหรือผู้ฝึกสอนและผู้ปกครองของนักกีฬาเพื่อวิพากษ์กรอบวิจัยเพื่อให้ได้แนวทางการดำเนินการวิจัยแบบมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน (Participatory development research)

3.4.2 การดำเนินการขอจริยธรรมวิจัยและขั้นตอนการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง

1.ดำเนินการขออนุมัติดำเนินการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา รหัสโครงการวิจัย Sci 079/2561 และได้รับการพิจารณาให้สามารถดำเนินการวิจัยได้เมื่อวันที่ 8 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561

2.ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยกับหัวหน้าผู้ฝึกสอนเพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.ทำการประชุมทีมวิจัยและผู้ช่วยวิจัย เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย แผนการดำเนินการวิจัย

4.ประชุมชี้แจง กลุ่มตัวอย่างถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและแผนการดำเนินการวิจัยและชี้แจงเกี่ยวกับการฝึก กำหนดการและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

5.ผู้วิจัยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก เก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป โดยการชั่งน้ำหนัก และส่วนสูง พร้อมอธิบายรายละเอียดขั้นตอนของวิธีปฏิบัติในการดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูลด้วยตัวเอง รวมทั้ง กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงชื่อในหนังสือแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

3.4.3 การดำเนินการเก็บข้อมูล

การดำเนินการเก็บข้อมูลมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

(1)การทดสอบก่อนการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก ในวันที่ 8-9 กันยายน พ.ศ. 2561 ณ สระว่ายน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิตโดยมีรายละเอียดของการทดสอบ ดังนี้

วันที่ 1 ทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยน้ำหนักตัว ส่วนสูง ความยาวแขน ดัชนีมวลกาย ทดสอบความแข็งแรงของแขน กำลังขาและวัดความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry (Tanner & Gore., 2012)

ทั้งนี้ในการทดสอบกำลังขาในนักกีฬาว่ายน้ำทดสอบโดยใช้ชุดอุปกรณ์ Kinematic Measurement System: KMS โดยการกระโดดซ้ำๆภายใต้ระยะเวลา 15 วินาที และวิเคราะห์กำลังขา (Leg Power) โดยพิจารณาจากกำลังสูงสุดในขณะย่อกระโดด Max. Concentric Power (W)



ภาพประกอบที่ 8: การทดสอบกำลังขาในนักกีฬาว่ายน้ำทดสอบโดยใช้ชุดอุปกรณ์ Kinematic Measurement System: KMS

การทดสอบความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry ตามรูปแบบการทดสอบของ (Tanner & Gore., 2012) เป็นการทดสอบที่เฉพาะเจาะจงสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำ โดยมีรายละเอียดของการทดสอบและค่าปกติของการวัด ดังตารางที่

ตารางที่ 1: การทดสอบความสามารถและองค์การในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry ตามรูปแบบการทดสอบของ (Tanner & Gore., 2012)

การทดสอบ	ค่าปกติ (Normal range)
1.Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR)	1. $> 140^{\circ}$
2. Glenohumeral Internal Rotation (IR) and External Rotation (ER) ROM	1. $40^{\circ} - 50^{\circ}$ (freestyle, butterfly and backstroke) 2. breaststroke (a little as require)
3. Upper Limb Tension Test :ULTT	1.< -10
4. Combined Elevation	1. $5^{\circ} - 15^{\circ}$
5. Hypermobility	-
6. Dorsiflexion	1. $11^{\circ} - 14^{\circ}$
7.Ankle Plantar flexion	1. $> 165^{\circ}$ 2. crucial for freestyle, butterfly and backstroke
8. Straight Leg Raise (S.L.R.)	1.> 70°
9.Hip Flexion	1.> 100°
10. Hip extension	1. $20^{\circ} - 30^{\circ}$
11.Hip internal rotation	1. $> 40^{\circ}$
12. Hip internal rotation and tibial external rotation	1. 90° 2.Crucial for breaststroke swimmers
13. Thoracic Rotation	1. $>70^{\circ}$

วันที่ 2 ทำการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test และบันทึกผลการทดสอบความถี่ 100 เฮิร์ต ภายในระยะเวลา 30 วินาที ตามรูปแบบการทดสอบของ (Morouço et al.,2011) การทดสอบแรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา **30** นาทีนั้น เป็นรูปแบบการทดสอบแรง (Force)และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ในการว่ายน้ำของนักกีฬาของนักกีฬารายบุคคล ซึ่งผลที่ได้จากทดสอบนั้นมีค่าดังต่อไปนี้

- (1) Maximal force (N) แรงสูงสุดในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที
- (2) Mean force (N) แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที
- (3) Maximal force (% BW) แรงสูงสุดในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที หาดด้วยน้ำหนักตัวของนักกีฬา
- (4) Mean force (% BW) แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 30 วินาที หาดด้วยน้ำหนักตัวของนักกีฬา
- (5) Initial 5s mean force (N)แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 5 วินาทีแรกของการทดสอบ
- (6) Final 5s mean force (N) แรงเฉลี่ยในการว่ายน้ำในระยะเวลา 5 วินาทีสุดท้ายของการทดสอบ

(7) Fatigue index (%) ดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้าซึ่งคำนวณได้จากสมการ

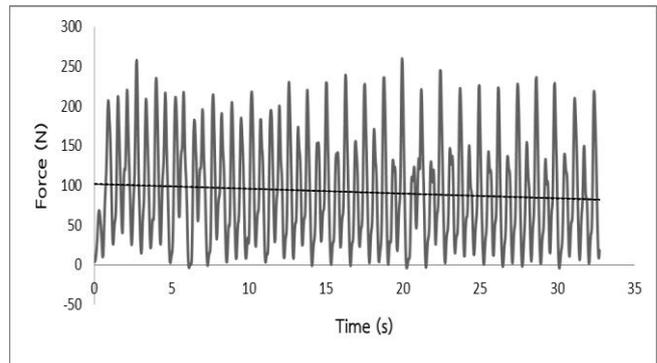
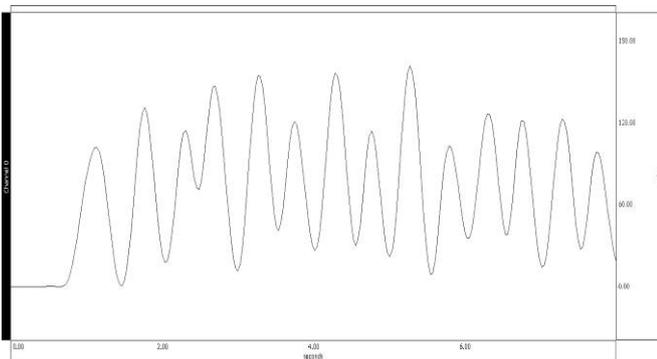
$$\frac{(\text{Initial Force} - \text{Final Force}) * 1000}{\text{Initial Force}}$$

Initial Force



ภาพประกอบที่9: การทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered swim test

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาทำการกรองความถี่แบบดิจิทัล (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)



ภาพประกอบที่10: การกรองความถี่แบบดิจิทัล (Digital filter) แบบผ่านต่ำ (Low-pass filter, LPF) ที่ความถี่ 3เฮิร์ตโดยโปรแกรม Acknowledge 4.0 ของข้อมูลที่ได้รับการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ที่บันทึกผลการทดสอบความถี่ 100เฮิร์ต ภายในระยะเวลา30นาที

วันที่3 ทำการทดสอบว่ายน้ำ 8 x 50 เมตร ภายหลังจากการทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรง 2 วัน เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity:V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI) จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่ายน้ำ (Stroke count : SC) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิก ได้แก่ ปริมาณแล็คเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore.,2012)

การทดสอบองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำ (Biomechanics and swimming efficiency) จากการทดสอบ 8 x 50 Stroke efficiency test โดยมีขั้นตอนดังนี้

สำหรับนักกีฬาว่ายน้ำให้ว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะ 8 x 50 เมตร ออกตัวทุก 2.30 นาที โดยกำหนดเวลาในการว่ายดังตาราง

เที่ยวที่	เวลาเป้าหมาย	เวลาที่ทำได้จริง	SR	SC	HR
1	เวลาดีที่สุดทำได้ +15				
2	เวลาดีที่สุดทำได้ +13				
3	เวลาดีที่สุดทำได้ +11				
4	เวลาดีที่สุดทำได้ +9				
5	เวลาดีที่สุดทำได้ +7				
6	เวลาดีที่สุดทำได้ +5				
7	เวลาดีที่สุดทำได้ +3				
8	เวลาดีที่สุดทำได้ +1				

จากนั้นบันทึกตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

-ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตราการรอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) คำนวณได้จากสมการ

$$SR = (60 \times 3) / \text{Time for 3 Strokes cycle (in seconds)}$$

-ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) คำนวณได้จากสมการ

$$SL = (V \times 60) / SR \text{ (strokes} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$$

-ความเร็วในการว่ายน้ำ (Swimming velocity) คำนวณได้จากสมการ

$$V = S / t$$

-ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Stroke efficiency (Stroke index: SI) = Velocity X SL}$$

-วัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้อ Polar V800 และสายรัดหน้าอกพร้อมเซ็นเซอร์วัดชีพจรและวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion)

วันที่ 4 ทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดภายหลังจากการทดสอบการทดสอบว่ายน้ำ 8x50 เมตร 2 วัน เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al., 2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา เจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณแล็กเตท บริเวณตักเหมือนนักกีฬาว่ายน้ำแต่ละรอบสระในแต่ละรอบพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion) เมื่อนักกีฬาว่ายน้ำแต่ละรอบสระในแต่ละรอบ

สำหรับนักกีฬาว่ายน้ำให้ว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะ 5 x 200 เมตร ออกตัวทุก 5 นาที โดยกำหนดเวลาในการว่าย

เที่ยว	เวลาเป้าหมายนักกีฬาชาย	เวลาเป้าหมายนักกีฬาหญิง
1	เวลาดีที่สุดทำได้ +16 วินาที	เวลาดีที่สุดทำได้ +20 วินาที

2	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ +12วินาที	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ +16 วินาที
3	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ +8 วินาที	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ +12 วินาที
4	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ +4 วินาที	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ +8 วินาที
5	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้	เวลาที่เร็วที่สุดทำได้ เวลาที่เร็วที่สุดทำได้

จากนั้นบันทึกตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

-ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) คำนวณได้จากสมการ

$$SR = (60 \times 3) / \text{Time for 3 Strokes cycle (in seconds)}$$

-ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke Length: SL) คำนวณได้จากสมการ

$$SL = (V \times 60) / SR \text{ (strokes} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$$

-ความเร็วในการว่ายน้ำ (Swimming Velocity) คำนวณได้จากสมการ

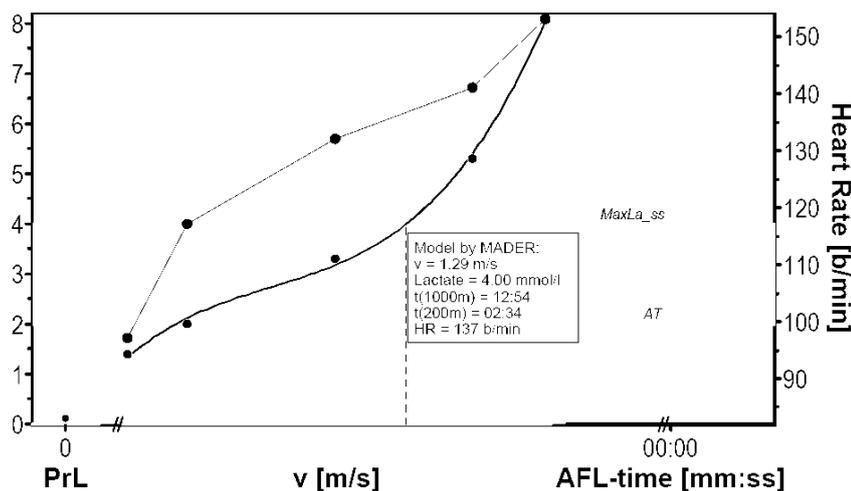
$$V = S / t$$

-ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Stroke Efficiency (Stroke Index: SI)} = \text{Velocity} \times \text{SL}$$

-ทำการเจาะเลือดและวัดปริมาณกรดแลคติกโดยใช้โดยใช้เครื่องมือ Portable lactate scout ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ .98 (Rebecca et al., 2010) พร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่อัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion) เมื่อนักกีฬาว่ายแต่ละรอบ

จากนั้นนำค่าปริมาณแลคเตทและความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเซอร์ชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation)



ภาพประกอบที่11: การใช้สมการคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้น (Linear interpolation) ในการคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเซอร์ชโฮลด์ (v4) จากปริมาณแลคเตทและความเร็วในการว่ายน้ำจากการทดสอบการว่ายน้ำ 5x200 เมตรโดยเพิ่มความเร็วยุติแบบขั้นบันได

(2).ดำเนินการฝึกซ้อมตามรูปแบบและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอน ใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์และคำนวณหาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ของกลุ่มตัวอย่างช่วงเตรียมความพร้อม 6 สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง 4 สัปดาห์มี และช่วงของการแข่งขัน

เพื่อเป็นการประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ ผู้วิจัยจึงดำเนินการประเมินปริมาณการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่าง ตามรูปแบบการคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของ (Mujika et al., 1996) ผู้วิจัยจึงทำการประเมินปริมาณของการฝึกซ้อม โดยพิจารณาจากสมการ

$$W = 1kml + 2kmlI + 3 kmlII + 5kmlIV + 8 kmV + Dryland training$$

เมื่อ W คือปริมาณการฝึกซ้อมใน 1 สัปดาห์, I คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตที่ 2 มิลลิโมล (EN1), II คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตที่ไม่เกิน 4 มิลลิโมล (EN2), III คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตที่ไม่เกิน 6 มิลลิโมล (EN3), IV คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และ V คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตสูงสุด (≥ 16 มิลลิโมล; SP2, SP3) ตัวเลข 1,2,3,5,8 หมายถึงค่าน้ำหนักดัชนีของความหนักในการฝึกในแต่ละระบบพลังงานและDry land training หมายถึงปริมาณของการฝึกความแข็งแรงและกำลังบนบก โดยที่ถ้าหนักกีพามีโปรแกรมการฝึกร่างกายบนบก 1 ชั่วโมง การอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดร่างกายครึ่งชั่วโมงก่อนลงสระเทียบได้กับระยะทาง 1 กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตที่ 2 มิลลิโมล (EN1) การฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำกว่าความหนักสูงสุด (Sub maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น $\frac{1}{2}$ กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักสูงสุด (Maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น $\frac{1}{2}$ กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแลคติกเทตสูงสุด (>16 มิลลิโมล; SP2, SP3)

(3) ดำเนินการทดสอบหลังการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก ในวันที่ 12-13 มกราคม พ.ศ. 2562 ณ สระว่ายน้ำมหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต โดยมีรายละเอียดและลำดับขั้นตอนของการทดสอบเหมือนกับการทดสอบก่อนการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

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

2. วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่

เปลี่ยนแปลงในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ โดยใช้สถิติที่ (paired samples T test)

3. วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple linear regression) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร ของวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ตามแนวทางและรูปแบบวิธีการศึกษาของ (Zacca et al.,2018)

4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 4 ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในก่อนและหลังการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์และ (2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรของวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยาย

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อความเข้าใจในการแปลความหมายผลการทดลองดังนี้

Mean	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ (F-Test)
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ (T-Test)
p	แทน	ค่านัยสำคัญของการทดสอบ (Significance test)
*	แทน	ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัย ได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตอนๆ เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจโดยเสนอเรียงตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของข้อมูล โดยการทดสอบ Levene's test

ตอนที่ 2 ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.)

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 5 องค์ประกอบส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร

ตอนที่ 1 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของข้อมูล โดยการทดสอบ Levene's test

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test ($n < 50$) (Elliott and Woodward. 2007) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ($p > 0.05$) และการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) ของตัวแปรตามซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ โดยการทดสอบ Levene's test พบว่ามีความเป็นเอกพันธ์กัน ($p = 0.527 - 0.841$) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ($p > 0.05$; 0.10-0.87) ดังนั้นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้แบบสถิติพารามेटริก

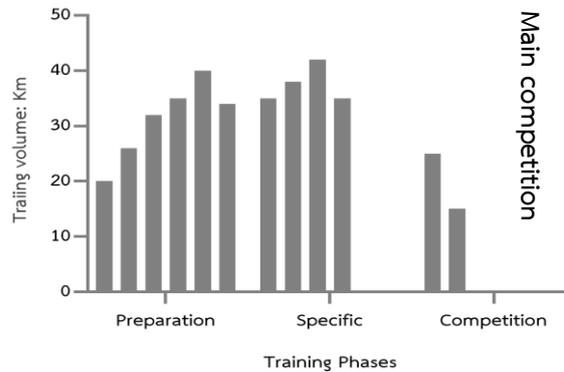
ตอนที่ 2 ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.)

เพื่อเป็นการประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่ต่าง กันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการ เปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีว กลศาสตร์ ผู้วิจัยจึงดำเนินการประเมินปริมาณการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่าง ตามรูปแบบการคำนวณหน่วย การฝึกซ้อมของ Mujika และคณะ (Mujika et al., 1996) ผู้วิจัยจึงทำการประเมินปริมาณของการฝึกซ้อม โดย พิจารณาจากสมการ

$$W = 1\text{kmI} + 2\text{kmII} + 3\text{kmIII} + 5\text{kmIV} + 8\text{kmV} + \text{Dryland training}$$

เมื่อ W คือปริมาณการฝึกซ้อมใน 1 สัปดาห์, I คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็ค เตทที่ 2 มิลลิโมล (EN1), II คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 4 มิลลิ โมล (EN2), III คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 6 มิลลิโมล (EN3), IV คือระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และ V คือ ระยะทางรวมของการฝึกที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทสูงสุด (≥ 16 มิลลิโมล; SP2, SP3) ตัวเลข 1,2,3,5,8 หมายถึงค่าน้ำหนักดัชนีของความหนักในการฝึกในแต่ละระบบพลังงานและ Dry land training หมายถึงปริมาณของการฝึกความแข็งแรงและกำลังบนบก โดยที่ถ้านักกีฬามีโปรแกรมการฝึกร่างกายบนบก 1 ชั่วโมง การอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดร่างกายครึ่งชั่วโมงก่อนลงสระเทียบได้กับระยะทาง 1 กิโลเมตรของการ ว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทที่ 2 มิลลิโมล (EN1) การฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักต่ำกว่าความ หนักสูงสุด (Sub maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น $\frac{1}{2}$ กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณ แล็คเตทที่ไม่เกิน 10 มิลลิโมล (SP1) และการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ความหนักสูงสุด (Maximal) ประมาณ 25 นาที คิดเป็น $\frac{1}{2}$ กิโลเมตรของการว่ายน้ำที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทสูงสุด (> 16 มิลลิโมล; SP2, SP3) ทั้งนี้เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินค่าความเร็วที่แอน แอร์บิกเชอร์โฮลด์ (v_4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดแล้วจะทำให้ได้ค่าของความเร็วในการ ฝึกที่ตอบสนองต่อปริมาณแล็คเตทที่ระดับความหนักแตกต่างกันเป็นรายบุคคลซึ่งเมื่อผนวกรวมกับโปรแกรม การฝึกซ้อมรายสัปดาห์ของผู้ฝึกสอนใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และ ช่วงของการแข่งขัน 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(ภาพประกอบที่ 12)



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

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

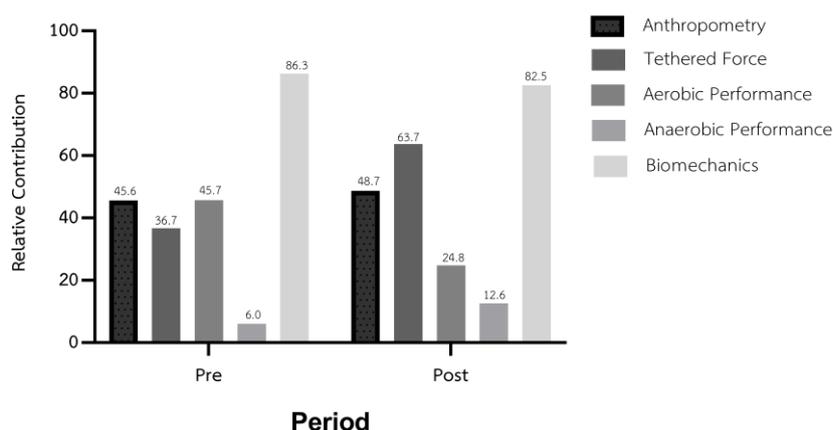
เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงในก่อนและหลังการฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์พบว่า องค์ประกอบทางกายและความสามารถทางกายที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือความแข็งแรงของแขน (ร้อยละ 12.53) รองลงมาคือกำลังขา (ร้อยละ 5.59) ความอ่อนตัวที่ได้จากการทดสอบความสามารถและองค์การเคลื่อนไหวของข้อต่อพบว่าตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ความสามารถในการนอนยกตัว (Combined elevation) มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ร้อยละ 5.49) รองลงมาคือความสามารถในการเหยียดสะโพก (Hip extension) (ร้อยละ 4.72) ตามลำดับ ความสามารถในการใช้แรงพบที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 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 โดยที่ปริมาณแลคเตทสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.04$) คิดเป็นร้อยละ 7.16 ส่วนความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคนั้นพบว่าปริมาณแลคเตทสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ร้อยละ 12.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร พบว่า ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำอย่างเต็มความสามารถที่ระยะ 50 เมตรมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (ก่อน: 1.68 ± 0.03 เมตร/วินาที; หลัง 1.72 ± 0.03 เมตร/วินาที) และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำ (Stroke index) ก็พบว่าค่าเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น (ก่อน: 3.17 ± 0.08 เมตร²/รอบ*วินาที); หลัง 3.26 ± 0.06 เมตร²/รอบ*วินาที) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2: ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) ขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย
ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ในก่อนและหลังการฝึกใน 1 ครอบ

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 มิลลิโมลของปริมาณแลคเตท (V4)	1.35±0.02	1.41±0.02	0.08	4.44
ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO ₂ max)	1.51±0.02	1.57±0.02	0.07	3.97
ปริมาณแลคเตทสูงสุด (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				
ปริมาณแลคเตทสูงสุด (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
4. ชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร				
จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (SR) (รอบ/นาที)	54.78±0.94	56.15±0.76	0.26	2.50
ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (SL) (เมตร)	1.88±0.03	1.88±0.02	0.97	0.01
ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (SI) (เมตร ² /รอบ*วินาที)	3.17±0.08	3.26±0.06	0.36	2.84
จำนวนครั้งของรอบแขนในการว่ายน้ำ (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

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 5 องค์ประกอบส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 5 องค์ประกอบส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ในช่วงก่อนการฝึก วิเคราะห์จากค่า 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) และตัวแปรคัดเลือกจากทั้ง 5 องค์ประกอบสามารถพยากรณ์ตัวแปรตามได้ร้อยละ 81.2 ($p=0.01$) ในช่วงหลังการฝึก 12 สัปดาห์ (T2) เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรในช่วงก่อนการฝึก (T1) พบว่า องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากที่สุดต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร คิดเป็นร้อยละ (86.3) รองลงมาได้แก่ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิก (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 ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (ก่อน: ร้อยละ 6.0; หลัง: ร้อยละ 12.6) (ภาพประกอบที่ 13)



ภาพประกอบที่ 13: ร้อยละขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรในก่อนและหลังการฝึกใน 12 สัปดาห์

บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) (1) ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในก่อนและหลังการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์และ (2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อิทธิพลขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตรของวงรอบการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

การติดตามความสามารถจากองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อมมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์ความก้าวหน้า ตลอดจนเปรียบเทียบการพัฒนาความสามารถและการตอบสนองทั้งทางด้านองค์ประกอบของร่างกาย ความสามารถทางกาย ระบบชีวพลังงาน รวมทั้งการพัฒนาทางด้านชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาจากโปรแกรมการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อมเพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬา จากผลการวิจัยในครั้งนี้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดวงรอบของการฝึกซ้อมใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และช่วงของการแข่งขัน ใ้ทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ซึ่งเป็นกรอบเวลาที่เป็นไปตามข้อเสนอแนะ (Pyne & Goldsmith, 2004) ที่กำหนดไว้ประมาณ 12 -20 สัปดาห์ แต่น้อยกว่างานวิจัยของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2018) ที่ทำการศึกษา 16 สัปดาห์ และเมื่อพิจารณาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเฉพาะเจาะจง 4 สัปดาห์ (37.50 ± 3.32 กิโลเมตร) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากงานวิจัยของ (Zacca et al., 2018) (37.0 ± 3.00 กิโลเมตร) ภายหลังจากฝึกใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์พบว่าความสามารถจากองค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ องค์ประกอบของความสามารถในการใช้แรง โดยดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้า (ร้อยละ 32.50) และแรงเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (ร้อยละ 12.60) องค์ประกอบและความสามารถทางกายที่มีค่าเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ความแข็งแรงของแขน (ร้อยละ 12.53) ส่วนความสามารถของระบบชีวพลังงานนั้นพบว่า ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค โดยที่ปริมาณแลคเตทสูงสุด (มิลลิโมล) ที่เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของระบบ พลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic power) มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (ร้อยละ 12.01) ส่วนองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและความอ่อนตัวมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับองค์ประกอบด้านอื่นๆ ทั้งนี้ (Ferreira et al., 2019) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การพัฒนาความสามารถโดยเฉพาะในนักกีฬาเยาวชนนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างทั้งสรีรวิทยาและชีวกลศาสตร์ที่ตอบสนองต่อโครงสร้างของโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬารายบุคคล ทั้งนี้ทั้งนั้นหากพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการเพิ่มความเร็วแล้ว ความแข็งแรงของร่างกาย ความสามารถของระบบพลังงานทั้ง แบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค ทักษะ และความสามารถในการใช้

แรงเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (Anderson et al., 2006; Barbosa et al., 2010)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระทั้ง 5 องค์ประกอบส่งผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรพบว่า องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำมีอิทธิพลมากที่สุดต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรทั้งก่อนและหลังการฝึก (86.3, 82.5) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barbosa และคณะ (Barbosa et al., 2013) ที่รูปแบบการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ (Multivariate Analysis) โดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มหน่วยข้อมูล (Cluster analysis) โดยพบว่าดัชนีชีวิตความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) มีอิทธิพลต่อความเร็วในการว่ายน้ำ 100 เมตรมากที่สุดนอกจากนั้นยังพบว่า ความสามารถในการใช้แรงมีผลต่อความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตรเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 63.7) สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Morouco et al., 2011) ที่ระบุว่าค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬาในระยะสั้น (50-100 เมตร) จากผลการวิจัยในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำโดยเฉพาะการเพิ่มความสามารถในการเพิ่มความเร็วนั้น ควรให้ความสำคัญกับวางรูปแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมระยะยาว (Macrocycle) ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำ รวมทั้งรูปแบบการฝึกที่เฉพาะเจาะจงเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของร่างกาย ความสามารถของระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก ความสามารถในการใช้แรง จึงมีความสำคัญร่วมกันต่อการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เพื่อเป็นการพัฒนาฐานข้อมูลการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับกีฬาว่ายน้ำเยาวชนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของรูปแบบการฝึกซ้อมต่อการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบที่เียวข้องกับความสามารถของนักกีฬาเยาวชนซึ่งมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด ควรมีการศึกษาในลักษณะที่เป็นทำการศึกษาและติดตามความสม่ำเสมอของระดับความสามารถของนักกีฬาในลักษณะการศึกษาในระยะยาว (Longitudinal study)

2. งานวิจัยนี้จะทำให้ได้รูปแบบการติดตามและประเมินเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางของการพัฒนา นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ภายใต้รูปแบบการพัฒนานักกีฬาระยะยาว (Longitudinal development) โดยการบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านชีวฟิสิกส์ (Biophysics) ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาว่ายน้ำ ภายใต้ความร่วมมือของภาคีหุ้นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยมีนักกีฬาเป็นศูนย์กลางของการพัฒนา (Center)

3. เพื่อให้ได้รูปแบบการวิจัย กำกับและติดตาม นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน โครงการพัฒนากีฬาจังหวัด (Sports Hero) ของการกีฬาแห่งประเทศไทยที่สามารถนำไปเป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ของการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำ จึงควรมีรูปแบบการวิจัยเพื่อการพัฒนาโดยการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียในการพัฒนานักกีฬาในระยะยาวต่อไป

บรรณานุกรม

- Anderson, M., Hopkins, W., Roberts, A. and Pyne, D. (2006). Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. *European Journal of Sport Science* 6, 145-154.
- Barbosa, T. M., Bragada JA., Reis V.M., Marinho DA., Carvalho C., & Silva AJ.(2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13 :262–269.
- Barbosa, T. M., Morais, J. M., A., Costa, M. J., Goncalves, J., Marinho, D. A., & Silva, A. J. (2013). Young swimmers' classification based on kinematics, hydrodynamics, and anthropometrics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 262–269.
- Chatard, J.-C., & Mujika, I. (1999). Training load and performance in swimming. *Biomechanics and medicine in swimming VIII*, 429-434.
- Clarys, J.P. The historical perspective of swimming science. In: *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert, and T.A. Trappe (Eds.). London: E & FN Spon, 1996, pp. xi–xxxiv.
- Costa MJ., Marinho DA., Reis VM., Silva AJ., Marques MC, Bragada JA., & Barbosa TM (2010a). Tracking the performance of world ranked swimmers. *J Sports Sci Med*. 9:411–417.
- Costa, M., Bragada, J. A., Meijas, 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.
- Hohmann A., Seidel I., Talent prognosis in young swimmers, [in:] P. Kjendlie, R.K. Stallman, J. Cabri (eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming XI*, Oslo, Norwegian School of Sport Sciences, 2010, 262–264.
- Jones, M. J., Stewart, A., & De Ridder, J. (2012). International standards for anthropometric assessment.
- Morais, J. M., Jesus, S., Lopes, V., Garrido, N., Silva, A. J., Marinho, D. A. (2012). Linking selected kinematic, anthropometric and hydrodynamic variables to young swimmer performance. *Pediatric Exercise Science*, 24, 649–664.
- Morais JE, Saavedra JM, Costa MJ, Silva AJ, Marinho DA, Barbosa TM.(2013) Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. *ActaBioeng Biomech*.15:129-138.

- Morais, J. M., Silva, A. J., Marinho, DA., Seifert, L., & Garrido, N., Barbosa, T. M. (2014). Cluster stability as a new method to assess changes in performance and its determinant factors over a season in young swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 33: 291–297.
- Morais, J. M., Silva, A. J., Marinho, DA., Seifert, L., & Garrido, N., Barbosa, T. M. (2015). Cluster stability as a new method to assess changes in performance and its determinant factors over a season in young swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 33: 291–297.
- 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.
- Mujika, I., Busso, T., Lacoste, L., Barale, F., Geysant, A., & Chatard, J.-C. (1996). Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(2), 251-258.
- Pyne DB, Lee H, Swanwick KM (2001) Monitoring the lactate threshold in world ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 33:291–297.
- Pyne, D. B., & Goldsmith, W. M. (2004). Training and testing of competitive swimmers. *Handbook of sports medicine and science: swimming*, 128-143.
- Soares, S., Silva, R., Aleixo, I., Machado, L., Fernandes, R.J.,Maia, J., et al. (2010). Evaluation of Force Production and Fatigue using an Anaerobic Test Performed by Differently Matured Swimmers. In: P-L. Kjendlie, R. Stallman, J. Cabri (eds.), *Book of proceedings of the XI Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 291–293. Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Silva, A. F., Figueiredo, P., Seifert, L., Soares, S., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Backstroke technical characterization of 11–13 year old swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 623–629.
- 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: Human kinetics*.
- Toubekis, A. G., Adam, G. V., Douda, H. T., Antoniou, P. D., Douroundos, I. I., & Tokmakidis, S. P. (2011). Repeated sprint swimming performance after low-or high-intensity active and passive recoveries. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 109-116.

- Vilas-Boas, J. P. (2014). 'Building up' in swimming science. In Bruce Mason, D. Barnes, D. Jukes, & N.Vlahovich. *Biomechanics and Medicine in Swimming XII* (pp. 1-11). Canberra: Australia.
- 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. *J Strength Cond Res*.