รายงานการวิจัย

เรื่อง

โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย

Structural equation modeling of its determinant factors of Thai Open water swimming performance

โดย

ผศ.ดร. พรพจน์ ไชยนอก

รายงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัย
ประเภทงบประมาณเงินรายได้จากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา
ประจำปีงบประมาณ 2564

สัญญาเลขที่ 002/ 2564

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย

Structural equation modeling of its determinant factors of Thai Open water swimming performance

โดย

ผศ.ดร. พรพจน์ ไชยนอก

รายงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัย
ประเภทงบประมาณเงินรายได้จากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา
ประจำปีงบประมาณ 2564

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปี พ.ศ. 2564 เลขที่สัญญา 002 / 2564

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ข้าพเจ้า ผศ.ดร. พรพจน์ ไชยนอก ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัย จากมหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย (Structural equation modeling of its determinant factors of Thai Open water swimming performance) สัญญาเลขที่ ๐๐๒/๒๕๖๔ ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น ๗๐,๐๐๐ บาท (เจ็ดหมื่นบาทถ้วน) ระยะเวลาการดำเนินงาน ๑ ปี (ระหว่างวันที่ ๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๔ ถึง ๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๕ โดยมีรายละเอียดของโครงการวิจัยดังนี้

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปีและ (2) เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทยจำนวน 22 คน (ชาย11, หญิง11) อายุเฉลี่ย 15.36 $\pm$1.05 ปี เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร ระหว่างก่อนและหลังการฝึกโดยใช้สถิติค่าที วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยใช้ โปรแกรม LISREL student 9.30 ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรมีการพัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.01 เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุด 3 อันดับแรก พบว่า ร้อยละของไขมันมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดร้อยละ 6.69 (d=0.27, Small) รองลงมาได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขาร้อยละ 5.97(d=0.20, small) และปริมาณแลคเตทสูงสุดจากการทดสอบ 6x50 เมตร ร้อยละ 5.18 (d=0.46, small) ตามลำดับ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรแต่ละด้านที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนพบว่าองค์ประกอบที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันได้มากที่สุดคือ ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคร้อยละ 55.0 รองลงมาได้แก่ ตัวแปรของสมรรถภาพทางกาย ร้อยละ 40.4 ตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย ร้อยละ 24.9 ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค ร้อยละ 21.1 และตัวแปรทางด้านความสามารถในการออกแรงคิดเป็นร้อยละ 8.7 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในวงรอบการฝึก และความสำคัญของตัวแปรด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคและองค์ประกอบด้านสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญโดยตรงต่อความสามารถ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้ฝึกสอนในการวางแผนการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในระยะยาวต่อไป

สารบัญ

	หน้า
กิตตติกรรมประกาศ	3
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	4
สารบัญภาพ	6
สารบัญตาราง	9
บทคัดย่อภาษาไทย	11
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	12
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	13
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	18
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	18
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	18
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	19
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	20
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แนวความคิดและทฤษฎี	21
2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	51
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วิธีการศึกษา	53
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	57
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	58
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	60
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย	67
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	68
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	69
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	89
บรรณานุกรม	**99**
ภาคผนวก	
ภาคผนวก 1 ประวัตินักวิจัย	106
ภาคผนวก 2 เอกสารรับรองการดำเนินการวิจัยในมนุษย์	112

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่1: ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic Model) ในนักกีฬาว่ายน้ำ (Vilas-Boas et al., 2014) 14

ภาพประกอบที่ 2: โมเดลเชิงทฤษฎี (Theoretical model) ของโมเดลโค้งพัฒนาการ (Latent growth curve model:LGCM)ที่ประกอบด้วยตัวแปรทางด้านจลนศาสตร์ (Kinematics) ด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics)และความสามารถ (Performance) ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ (Gender) 16

ภาพประกอบที่3: การวิเคราะห์เส้นทาง (Path-flow analysis)เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายท่าฟรีสไตล์ 100 เมตรของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (Morais et al.,2013) 17

ภาพประกอบที่ 4: ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของความสามารถทางกีฬา 25

ภาพประกอบที่ 5: เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการด้านสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาในองค์ประกอบต่างๆ 29

ภาพประกอบที่ 6: ความสัมพันธ์ของรูปแบบการประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน(Internal workload)และปัจจัยภายนอก (External workload) 34

ภาพประกอบที่ 7: ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม (Marcocycle) ระยะ 44 สัปดาห์ 39

ภาพประกอบที่ 8 : องค์ประกอบของโครงสร้างของโปรแกรมการฝึกเมื่อพิจารณาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยใน 1 Macrocycle (Zacca et al., 2020) 40

ภาพประกอบที่ 9: การตอบสนองของระบบพลังงานต่อความแตกต่างของความหนักที่สัมพันธ์กับเวลาของการว่ายน้ำ (Toubekis & Tokmakidis, 2013) 41

ภาพประกอบที่10: การจำแนกโซนของระบบพลังงานของสถาบันวิทยาศาสตร์การกีฬาประเทศออสเตรเลีย 43

ภาพประกอบที่ 11: ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบโครงข่าย (neural networks) แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) ของนักกีฬาหญิง (ซ้าย) และนักกีฬาชาย (ขวา) (นักกีฬาที่มีพรสวรรค์สูงมาก :Extreme talent เข้าร่วมการแข่งขันในรายการ Olympic Games, World Championships, European championships, and German championship finals. นักกีฬาที่มีพรสวรรค์สูง: High talents เข้าร่วมการแข่งขันในรายการ (German youth championships) 48

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่12: กรอบวิธีการวิจัยเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics)และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle3) 56

ภาพประกอบที่ 13: รูปแบบขององค์ประกอบและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน 58

ภาพประกอบที่14: การกรองความถี่แบบดิจิตอล (Digital filter) แบบผ่านต่ำ (Low-pass filter, LPF) ที่ความถี่ 3 เฮิร์ตโดยโปรแกรม Acknowledge 4.0 ของข้อมูลที่ได้การทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ที่บันทึกผลการทดสอบความถี่ 100 เฮิร์ต ภายในระยะเวลา30 วินาที 62

ภาพประกอบที่ 15: การวิเคราะห์สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ด้วยเทคนิค Breath-by-Breath 63

ภาพประกอบที่16: การใช้สมการคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้น (Linear interpolation) ในการคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) จากปริมาณแลกเตทและความเร็วในการว่ายจากการทดสอบการว่าย 5x200 เมตร โดยเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได 63

ภาพประกอบที่ 17: การประเมินปริมาณ (Volume) และความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ 71

ภาพประกอบที่ 18: การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ 74

ภาพประกอบที่ 19: การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมเป็นนาที ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ 74

ภาพประกอบที่ 20: การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ 75

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่ 21: ค่าการประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณขององค์ประกอบของร่างกาย 79

ภาพประกอบที่22: ค่าการประมาณค่า (Estimate)ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรสมรรถภาพทางกาย 81

ภาพประกอบที่23: ค่าการประมาณค่า (Estimate)ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรความสามารถในการออกแรง 83

ภาพประกอบที่ 24: ค่าการประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบพลังงานแบบแอโรบิค 85

ภาพประกอบที่ 25: ค่าการประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค 87

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่1: ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินปริมาณและความหนักในการฝึกซ้อมและอาการบ่งชี้ความเมื่อยล้าของนักกีฬา (Training load and subsequent fatigue) 33

ตารางที่2: การกำหนดชื่อระบบพลังงานสำหรับใช้ในการจัดโปรแกรมฝึกของนักกีฬาว่ายน้ำ 42

ตารางที่ 3:การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test 70

ตารางที่ 4: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (General characteristics) 71

ตารางที่ 5:การประเมินปริมาณ (Volume) และความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ 72

ตารางที่ 6 : การประเมินปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal training workloads) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ 73

ตารางที่ 7: ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) ขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร ในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) 76

ตารางที่ 8: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย 78

ตารางที่ 9: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ องค์ประกอบของร่างกายที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร 80

ตารางที่ 10: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรสมรรถภาพทางกาย 80

ตารางที่ 11: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ตัวแปรสมรรถภาพทางกายที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร 82

ตารางที่ 12: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรความสามารถในการออกแรง 82

ตารางที่ 13: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ตัวแปรความสามารถในการออกแรงที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร 83

ตารางที่ 14: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิค 84

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 15: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ระบบพลังงานแบบแอโรบิคที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร 85

ตารางที่ 16: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิค 86

ตารางที่ 17: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร 87

โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย

พรพจน์ ไชยนอก

ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปีและ (2) เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทยจำนวน 22 คน (ชาย11, หญิง11) อายุเฉลี่ย 15.36 $\pm$1.05ปี เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร ระหว่างก่อนและหลังการฝึกโดยใช้สถิติค่าที วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยใช้ โปรแกรม LISREL student 9.30 ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรมีการพัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.01 เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุด 3 อันดับแรกพบว่า ร้อยละของไขมันมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดร้อยละ 6.69 (d=0.27, Small) รองลงมาได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขาร้อยละ 5.97 (d=0.20, small) และปริมาณแลคเตทสูงสุดจากการทดสอบ 6x50 เมตร ร้อยละ 5.18 (d=0.46, small) ตามลำดับ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรแต่ละด้านที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนพบว่าองค์ประกอบที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันได้มากที่สุดคือ ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคร้อยละ 55.0 รองลงมาได้แก่ ตัวแปรของสมรรถภาพทางกาย ร้อยละ 40.4 ตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย ร้อยละ 24.9 ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค ร้อยละ 21.1 และตัวแปรทางด้านความสามารถในการออกแรงคิดเป็นร้อยละ 8.7 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในวงรอบการฝึก และความสำคัญของตัวแปรด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคและองค์ประกอบด้านสมรรถภาพทางกายที่มีความสำคัญโดยตรงต่อความสามารถ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้ฝึกสอนในการวางแผนการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในระยะยาวต่อไป

คำสำคัญ : วงรอบการฝึกซ้อม / นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน / โมเดลสมการโครงสร้าง

Corresponding Author : อาจารย์พรพจน์ ไชยนอก, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

e-mail : phornpot@buu.ac.th

Structural equation modeling of its determinant factors of Thai young open water swimming performance

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 over the 12 weeks of the third training marcocycle and (2) study the influences of anthropometric and physical performance, tethered force, bioenergetics on 5 kilometers swimming performance in training macrocycle (12-weeks). Twenty two of Thai young openwater swimmers (11 males and 11females; 15.36±1.05yrs), participated in this study. Mean and percentage changed of an anthropometric and physical performance, tethered force and bioenergetics were tested and compared between pre and post-test over a training cycle. Pair 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 on 5 kilometers swimming performance using LISREL student 9.30. Statistical significant wat set at 0.05.

The results revealed that 5 kilometers swimming performance was improved significantly about 9.01% ($p<0.01$) after the 12 weeks of the third training marcocycl. The three most improved fators were % body fat 6.69 (d=0.27, Small) following by legs tethered force 5.97 (d=0.20, small) and the highest blood lactate from 6x50 test 5.18 (d=0.46, small), respectively. Multiple regression analysis was conducted to examine the effects of each factor on 5 kilometers swimming performance. The current study's findings highlight the characteristics of adaptation and changes in key success factors, as well as the importance of aerobic performance and physical fitness in young openwater swimming performance. The findings are critical for coaches to consider when planning training sessions to assist young openwater swimmers in developing their abilities over the long term athete development period.

Key Words: Training cycle / Young openwater swimmers / Structutal equation modeling

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

บทที่1: บทนำ

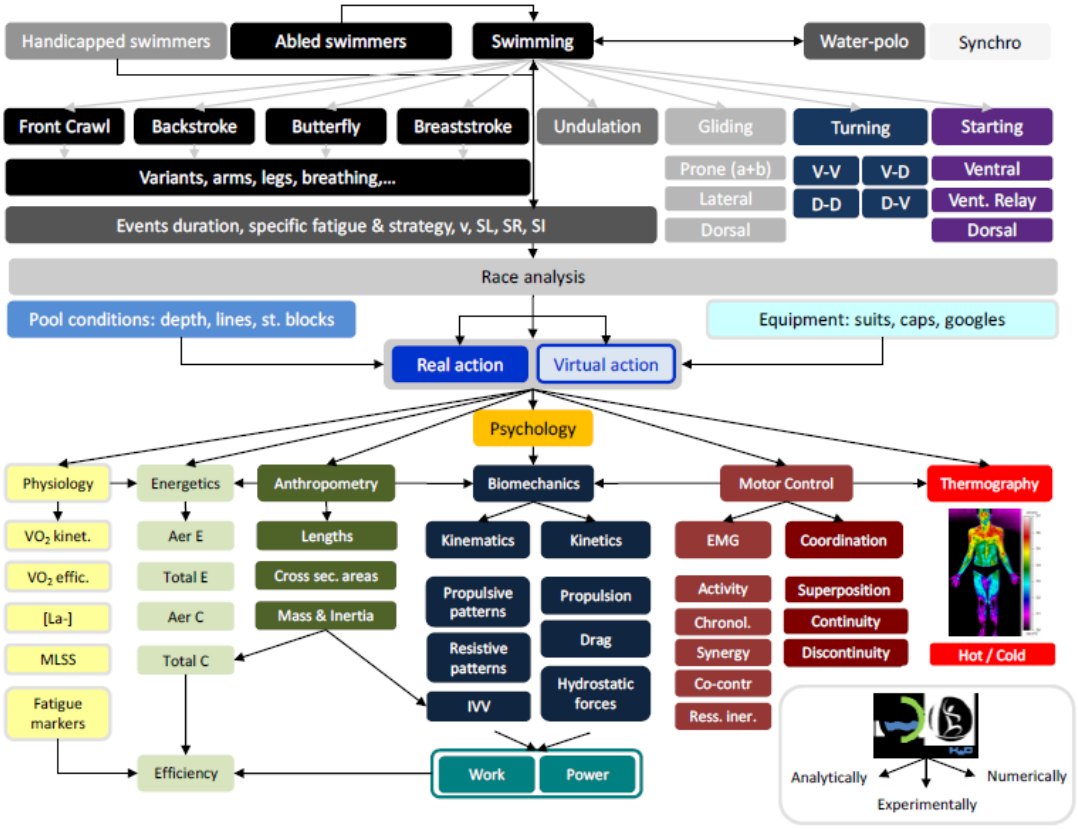
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) ในกีฬาว่ายน้ำ ว่ายน้ำมาราธอนเป็นกระบวนการจัดระบบการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอนโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักกีฬาสามารถพัฒนาขีด ความสามารถอย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งผู้ฝึกสอนจะต้องกำหนดรูปแบบ วิธีการหรือแนวทางการฝึกที่เหมาะสมกับ ช่วงอายุ ระยะทางในการว่ายและช่วงเวลาของการฝึกซ้อมเพื่อสร้างและพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาทั้ง ทางด้านร่างกาย และทักษะให้มีความพร้อมสูงสุดก่อนเข้าร่วมการแข่งขันในรายการสำคัญ ในการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในระยะยาว (Marcocyle) ของกีฬาว่ายน้ำใน1วงรอบ จะใช้ระยะของการฝึกซ้อมประมาณ 12-20 สัปดาห์ (Pyne & Goldsmith,2004) ขึ้นอยู่กับรายการแข่งขัน วัตถุประสงค์และระยะเวลาในแต่ละช่วงของการฝึกตลอดจนความต้องการของโค้ชและตัวนักกีฬาเอง ทั้งนี้ใน1วงรอบของการฝึกโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 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.,2020)

การติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมในกีฬาว่ายน้ำ มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์เสถียรภาพ(Stability)ความก้าวหน้า(Progression)ตลอดจนเปรียบเทียบ(Compare)การพัฒนาความสามารถและการตอบสนองทั้งทางด้านองค์ประกอบของร่างกาย(Anthropometric)ความสามารถทางกาย(Physical performance)ระบบชีวพลังงาน (Bioenergetics)รวมทั้งการพัฒนาทางด้านชีวกลศาสตร์(Biomechanics)ของนักกีฬาจากโปรแกรมการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) เพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬา Morais และคณะ (Morais et al.,2013) ทำการศึกษาและติดตามความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำระดับความสามารถสูง (Elites) โดยประเมินจากเวลา ในการว่าย 200 เมตรและองค์ประกอบของชีวพลังงาน (ความเร็วที่ปริมาณแล็คเตท 4 มิลลิโมล, ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความต้องการพลังงานทั้งหมด) ใน 3 ช่วงเวลาตลอดระยะเวลาการฝึกซ้อม 36 สัปดาห์พบว่าการพัฒนาเวลาในการว่ายและองค์ประกอบของชีวพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณค่อนข้างน้อย Zacca และคณะ (Zacca et al.,2020) ทำการศึกษาโดยการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบชีวพลังงาน เทคนิคการว่ายและองค์ประกอบของร่างกายในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนใน 4 ช่วงเวลาของภายใต้แผนการฝึกซ้อมในระยะยาว (Marcocyle) ของกีฬาว่ายน้ำใน 1 วงรอบทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ พบว่าองค์ประกอบด้านเทคนิคและสมรรถนะในการว่ายซึ่งประเมินจากอัตรารอบแขนที่หมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) จำนวนระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว(Stroke length:SL)และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำ (Stroke index: SI) มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมากที่สุดใน1วงรอบของการฝึกควบคู่กับการพัฒนาในองค์ประกอบด้าน ชีวพลังงาน เทคนิคการว่ายและองค์ประกอบของร่างกาย ภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) ตามรูปแบบการคำนวณหน่วย

ของการฝึกซ้อมของ Mujika และคณะ (Mujika et al.,1996) ใน 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป ช่วงเฉพาะเจาะจง และช่วงของการแข่งขัน

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) การศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางและระบุตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำในอดีตนั้นเป็นไปในลักษณะของการศึกษาวิจัยแบบเฉพาะศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเท่านั้น (Monodisciplinary Research) อาทิเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด สัดส่วนร่างกาย (Anthropometrics) ที่ส่งผลต่อความสามารถได้รับความนิยมมากในปี 1970 และปี 1980 (Barbosa et al.,2010) อย่างไรก็ตาม Clarys, J.P. (1996) พบว่าการคาดการณ์ศักยภาพและความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำนั้นจะต้องพิจารณาในหลายๆปัจจัยร่วมกัน อาทิ เช่น ขนาดรูปร่าง (Anthropometrics) องค์ประกอบทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ทั้งในส่วนของแรงต้าน (Drag) และแรงขับเคลื่อน (Propulsion) องค์ประกอบทางด้านจิตวิทยา (Psychology) วิธีการฝึกซ้อมและกระบวนการสอน (Training and pedagogy) และองค์ประกอบด้านเวชศาสตร์ (Medicine) เป็นต้น

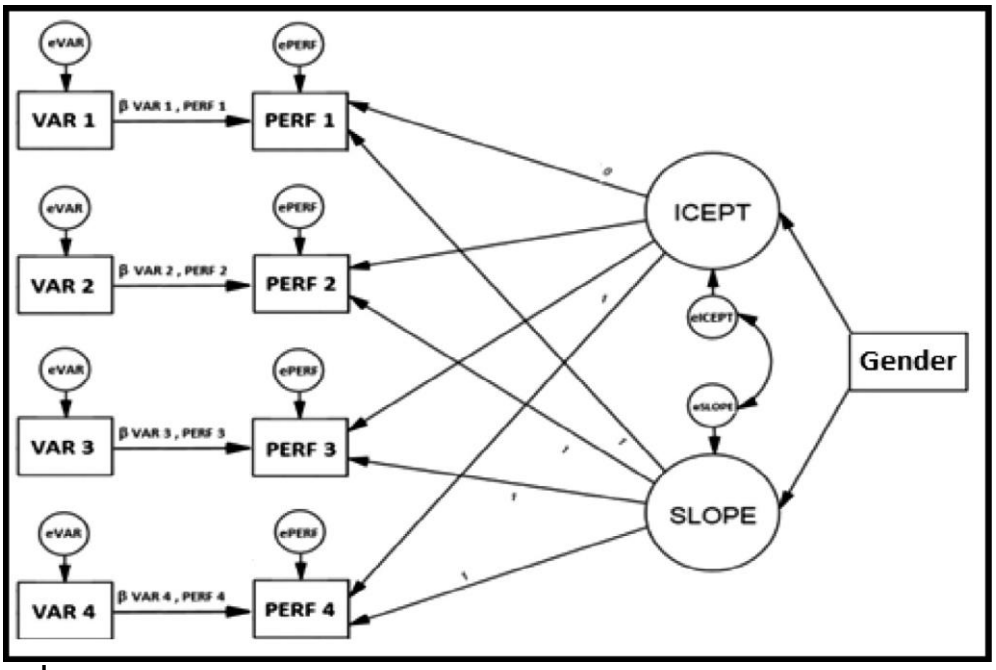


ภาพประกอบที่1: ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic Model) ในนักกีฬาว่ายน้ำ (Vilas-Boas et al., 2014)

ชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ (Biophysics in swimming) หมายถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ซึ่งหมายถึงความสามารถทางกลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Propulsion) และแรงต้าน (Drag) และองค์ประกอบทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) อันได้แก่ ระบบพลังงาน (Energy system) ขบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา Barbosa, T.M. และคณะ (2010) พบว่าองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสรีรวิทยาหรือระบบพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ รูปแบบการวิจัยในลักษณะต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ (Biophysics in swimming)และผลกระทบของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีการเปลี่ยนแปลงตลอด (Dynamics change) ในแต่ละช่วงระยะเวลาของเส้นทางการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำ ตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ปริมาณการฝึกซ้อม และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา

การวัดพัฒนาการจำเป็นต้องอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาวจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดิม เพื่อตอบปัญหาและทำให้เข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการของสิ่งที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น (พรรณีและคณะ 2014)การวัดที่มีการเก็บข้อมูลสองครั้ง (Two-waves) คือ ก่อนและหลังการเรียนรู้วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงจากการวัดสองครั้ง พบว่า ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ และไม่สามารถอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ (Raykov, 2012) นักวิจัยจึงมีการพัฒนามาเป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ในรูปโมเดลโค้งพัฒนาการ(Latent growth curve model: LGCM) ซึ่งต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลมากกว่าสองครั้ง (Multi-waves) Morais และคณะ (J.E. Morais et al.,2014) ทำการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการ โดยพัฒนาโมเดลเชิงทฤษฎี (Theoretical model) โดยเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนและเป็นตัวแปรที่ใช้กันทั่วไปในการวิจัยเกี่ยวกับกีฬาว่ายน้ำ ประกอบด้วยตัวแปรทางด้านจลนศาสตร์ (Kinematics) ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR) ค่าการผันผวนของความเร็วในขณะว่าย (Intra-cyclic speed fluctuation: dv) ประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Propelling efficiency:dp) ตัวแปรด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ประกอบด้วย แรงต้านในขณะว่าย (Active drag: Da) สัมประสิทธิ์แรงต้านในขณะว่าย (CD_a) กำลังที่จะเอาชนะแรงต้าน (Pd) และความสามารถ (Performance) ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ (Gender) รายละเอียดโมเดลเชิงทฤษฎีดังภาพประกอบที่ 2

การสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เป็นเทคนิคทางสถิติเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ (Testing) และประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงเหตุผล โมเดลการวิจัยเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยมีหลักฐานจากทฤษฎีและงานวิจัยรองรับ มีคำถามวิจัยง่าย ไม่ซับซ้อน มีการตั้งสมมติฐานวิจัยแยกเป็นข้อๆ M. E. Anderson และคณะ (M. E. Anderson et al., 2006) ใช้โมเดลเชิงเส้นผสม (linear mixed model) เพื่ออธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนขององค์ประกอบทางสรีรวิทยาที่ระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (Sub maximal) โดยวิเคราะห์จากค่าแลคเตทที่ 4 มิลลิโมลและที่ระดับความสามารถสูงสุด (Maximal fitness) จากค่าการเปลี่ยนแปลงระดับค่าของแลคเตทในเลือด (Blood lactate) ที่ได้จากการทดสอบ 7x 200 โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได (Incremental step test) ของนักกีฬาว่ายน้ำระดับโลกตลอดระยะเวลาทั้งสิ้น 5 ปี เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางสรีรวิทยาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลแข่งขันและเปรียบเทียบระหว่างปี

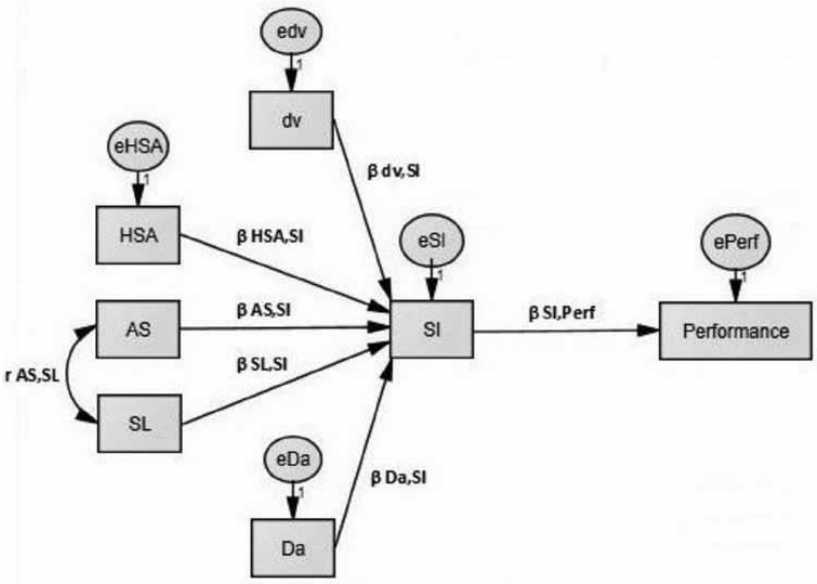


ภาพประกอบที่2: โมเดลเชิงทฤษฎี (Theoretical model) ของโมเดลโค้งพัฒนาการ (Latent growth curve model:LGCM)ที่ประกอบด้วยตัวแปรทางด้านจลนศาสตร์ (Kinematics) ด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) และความสามารถ (Performance) ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ (Gender)

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) เป็นกรณีตัวอย่างหนึ่งของโมเดลการวิจัยที่ศึกษาอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆ เพื่อดูว่ามีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรที่สันนิษฐานว่าเป็นสาเหตุต่อตัวแปรที่เป็นผลหรือไม่ โดยต้องคำนึงถึงตัวแปรที่แตกต่างกัน คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) และตัวแปรภายใน (Endogenous variables) Moraisและคณะ (Morais et al., 2013) พัฒนาโมเดลรูปแบบการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) สำหรับศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านคิเนเมติคส์ (Kinematics) ประกอบด้วย ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length: SL) ค่าการผันผวนของความเร็วในขณะว่าย (Speed fluctuation: dV) และดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index: SI), องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometric) ประกอบด้วยพื้นที่หน้าตัดของแขนข้างที่ถนัด (Hand surface area:HSA) ความยาวแขน (Arm span: AS) และองค์ประกอบทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) ประกอบด้วยแรงต้านขณะว่าย (Active drag: Da) ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำระยะทาง 100 เมตรของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนรายละเอียดดังภาพประกอบที่ 3

ในกีฬาว่ายน้ำมาราธอนพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการศึกษาผลของการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำต่ออุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการแข่งขัน (Tipton & Bradford, 2014) การวิเคราะห์กลยุทธ์ของนักกีฬาที่ใช้ในการแข่งขัน (Veiga et al., 2019) คุณลักษณะและองค์ประกอบทางกายของนักกีฬา (Knechtle et al., 2009) รูปแบบการฝึกซ้อมที่ส่งผลต่อความสามารถ (Knechtle et al.,2009) และปัจจัยด้านโภชนาการที่ส่งผลต่อความสามารถ (Shaw et al., 2014) อย่างไรก็ตามการศึกษาปัจจัยด้านสรีรวิทยา จิตวิทยา และการเปลี่ยนแปลงเทคนิคและทักษะที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนยังมีการศึกษาในวงจำกัด จากการศึกษาในรูปแบบการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic review) เกี่ยวกับองค์ประกอบและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนของ Baldassarreและคณะ (Baldassarre et al., 2017) พบว่า (1) ช่วงอายุที่นักกีฬาประสบ

ความสำเร็จสูงสุดในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22–28 ปี (2) ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบร่างกาย (Anthropometric)กับความสามารถในการว่ายยังไม่ชัดเจน (3) นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่ดีต้องสามารถว่ายด้วยความเร็วคงที่ที่ระดับ 80-90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (4) นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนควรมีความสามารถในการใช้แรงและกำลังในการว่าย (Propelling efficiency) อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ Vanheest และคณะ (Vanheest et al., 2004) ทำการศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทั้งชายและหญิงพบว่านักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนต้องมี (1) ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคในการยืนระยะการทำงานที่ดี (Aerobic capacity) (2) ความสามารถในการควบคุมความเร็วในการว่ายที่ระดับแอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (Anth) อย่างต่อเนื่องและ (3) ปริมาณไขมันในร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักกีฬาว่ายน้ำ



ภาพประกอบที่3: การวิเคราะห์เส้นทาง (Path-flow analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายท่าฟรีสไตล์ 100 เมตรของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (Morais et al., 2013)

อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในวงรอบของการวางแผนการฝึกซ้อมหรือวงจรของระยะเวลาการฝึกซ้อม (Periodization of training) ตลอดจนการการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (SEM) ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบและประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงเหตุผลซึ่งแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรตามกรอบแนวความคิดการวิจัยยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics)และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) และ(2) เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย

(Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3)

2.เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

1.การฝึกซ้อมตามวงรอบการฝึก (Periodization of training) ระยะเวลา 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

2.ปัจจัยด้านองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสามารถดำเนินการศึกษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม จึงได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ครอบคลุมขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตด้านเวลาและสถานที่ รายละเอียดดังนี้

1.ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

ที่ไม่มีอาการบาดเจ็บและทำการฝึกซ้อมภายใต้โครงการศูนย์ฝึกนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย ที่ทำการฝึกซ้อม ณ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต และมีประสบการณ์ในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนในระดับชาติที่สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยจัดการแข่งขันมาอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 2 ปี

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และสามารถดำเนินการศึกษาตามระยะเวลาที่เหมาะสม จึงได้กำหนดขอบเขตด้านเนื้อหาของการวิจัยโดยมีเนื้อหามุ่งเน้นเพื่อการศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของปัจจัยด้านต่างๆได้แก่องค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) ตลอดจนเพื่อวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) ของอิทธิพลระหว่างตัวแปรด้าน องค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน ตามกรอบแนวความคิดการวิจัยของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของ นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

3.ขอบเขตด้านเวลาและสถานที่

การศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะขององค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนเป็นการดำเนินการเก็บข้อมูลในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ โดยดำเนินการทดสอบก่อนและหลังการฝึกในสัปดาห์ที่ 1และสัปดาห์ที่ 13 ที่ศูนย์กีฬาทางน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต และทดสอบความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรจากสนามการแข่งขันจริงที่จัดการแข่งขันโดยสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย จำนวน 3 สนามในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 7 และสัปดาห์ที่ 13

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

โมเดลสมการโครงสร้าง หมายถึง เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) หมายถึงเทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างเพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

องค์ประกอบของร่างกาย หมายถึง องค์ประกอบของตัวแปรด้านความสูง น้ำหนัก ร้อยละของไขมัน ความยาวแขนและดัชนีมวลกายของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความองค์ประกอบของตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายซึ่งประกอบด้วย ความจุปอด ความสูงในการกระโดด และความสามารถในด้านพิสัยของข้อต่อเฉพาะในกีฬาว่ายน้ำซึ่งประกอบด้วย Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR), Combined Elevation (CE), Glenohumeral Internal Rotation (IR), External Rotation (ER), Straight Leg Raise (S.L.R.)

ความสามารถในการออกแรง หมายถึงความสามารถในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์โดยการออกแรงว่ายเต็มที่ที่ได้จากการทดสอบจากเครื่อง Tethered Force ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วินาที จาก 3 รูปแบบการทดสอบคือ การว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว การว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียวและการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา

ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน หมายถึงความสามารถของระบบชีวพลังงาน (Bioenergetics) ทั้งสองระบบพลังงานคือ ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค และความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคซึ่งทำการทดสอบโดยวิธีการดังนี้คือ

1.การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคจากการทดสอบ 5x200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al.,2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา เจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณแล็กเตท บริเวณติ่งหูเมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800) และการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด จากนั้นนำค่าปริมาณแล็คเตท (Anarobic threshold: Anth) และความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (Individual Anaaerobic Threshold: VAnth) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) ความเร็วที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2Max)โดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation) และปริมาณแลคเตทสูงสุดที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($La^-@VO_2Max$)

2. การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค จากการทดสอบว่ายน้ำ 6 x 50เมตร เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำ (Average Velocity)ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index:SI)ปริมาณแลคเตทสูงสุด ($MaxLa^-$) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heartrate) จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR)

ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร หมายถึง เวลาที่นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทำได้จากการแข่งขันในสนามแข่งขันจริง ที่จัดการแข่งขันโดยสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีการติดตามความสม่ำเสมอของระดับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทยในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) ระยะเวลาทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดโปรแกรมในการฝึกซ้อมที่เหมาะสมรายบุคคล

2.สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยและการกีฬาแห่งประเทศไทยได้รูปแบบการทดสอบเฉพาะสำหรับการทดสอบนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน ที่ผ่านการทดสอบและหาความเชื่อมั่นของวิธีการทดสอบ

3.ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลของจากองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย

4.ได้สมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

บทที่ 2: แนวความคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยเรื่อง โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 แนวความคิด ทฤษฎี

งานวิจัยในครั้งนี้ดำเนินงานวิจัยภายใต้แนวความคิด ทฤษฎี ดังนี้

1. หลักวิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับการพัฒนานักกีฬาเพื่อความเป็นเลิศ
2. องค์ประกอบและปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลและมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถของนักกีฬา
3. การทดสอบสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬา
4. การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization)
5. ระบบการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา: Controlling and monitoring of athletes training system
6. รูปแบบการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในกีฬาว่ายน้ำ (Periodization in swimming)
7. ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training unit: T.U.) ตามรูปแบบการคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของ (Mujika et al., 1996)
8. ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic Model) ในนักกีฬาว่ายน้ำ (Vilas-Boas et al., 2014)
9. สมรรถภาพทางกายและระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน
10. การทดสอบแรงในการว่ายน้ำ (Tethered force test) ตามรูปแบบงานวิจัยของ (Morouco et al., 2011)
11. หลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง
12. การวิเคราะห์เส้นทาง (Path-flow analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายท่าฟรีสไตล์ 100 เมตรของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (Morais et al., 2013)

2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิด ทฤษฎี

(1) หลักวิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับการพัฒนานักกีฬาเพื่อความเป็นเลิศ

วิทยาศาสตร์การกีฬา (Sports Science) คือ องค์รวมของข้อมูล ความรู้ ที่ได้จากการสังเกต ศึกษา เรียนรู้ ทดลอง วิเคราะห์ วิจัย โดยมีหลักการ เหตุผล ที่สามารถอธิบายได้ พิสูจน์ได้ นำมาจัดเรียบเรียงไว้เป็นหมวดหมู่ในศาสตร์สาขาต่างๆ เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการศึกษาเรียนรู้เฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย นำไปใช้เป็นแนวทางหรือกระบวนการ (Process) ต่อยอดในการศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์ วิจัย และทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลรายละเอียดที่มีความถูกต้องลึกซึ้งและชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาความสามารถ(Performance)ให้กับนักกีฬาได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ เป็นประโยชน์ต่อวงการกีฬา นักวิทยาศาสตร์การกีฬา เจ้าหน้าที่ทางการกีฬา ผู้ฝึกสอนกีฬา นักกีฬา

วิทยาศาสตร์การกีฬา ประกอบด้วยองค์ความรู้ที่นำมารวบรวมจัดจำแนกออกเป็นศาสตร์ในสาขาต่างๆ ที่สำคัญให้ได้ทำการศึกษาเรียนรู้ ดังต่อไปนี้ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2557, 2562)

1.กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบโครงสร้างของร่างกาย ที่ประกอบกันขึ้นเป็นรูปร่างสัดส่วนร่างกายของมนุษย์หรือนักกีฬาแต่ละคน ได้แก่ โครงสร้างของกระดูก กล้ามเนื้อ ข้อต่อ เอ็น พังผืด หัวใจ ปอด หลอดเลือด เม็ดเลือด เซลล์ประสาท เป็นต้น โครงสร้าง และส่วนประกอบของร่างกายเหล่านี้มีการพัฒนาเจริญเติบโตหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงได้อย่างไรจากสาเหตุใด เช่น เพราะเหตุใด การฝึกด้วยแรงต้านทาน (Resistance training) หรือการฝึกความแข็งแรงจึงทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงหรือมีขนาดใหญ่ขึ้น กระดูกมีการสะสมมวลกระดูก หนา และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น หรือเพราะเหตุใดการฝึกแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic training) จึงมีส่วนช่วยทำให้ปอดมีการขยายตัวใหญ่ขึ้นหรือมีปริมาตรเพิ่มขึ้น รวมทั้งเส้นเลือดฝอยมีการกระจายตัวในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น

2.สรีรวิทยาการกีฬา (Sports Physiology)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่การทำงานของอวัยวะระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ที่สำคัญได้แก่ ระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบกล้ามเนื้อ และกระดูก ระบบประสาท ระบบพลังงาน ระบบย่อยอาหาร ระบบขับถ่าย เป็นต้น ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องโดยตรงกับนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้ฝึกสอนกีฬา และนักกีฬา ที่จำเป็นต้องทราบว่า รูปแบบวิธีการฝึกซ้อมลักษณะใดหรือความหนักในการฝึกซ้อมระดับใด มีความสำคัญและส่งผลต่อการกระตุ้นให้เกิดความเปลี่ยนแปลงการทำงานของร่างกายระบบใดและอย่างไร หรือเป็นเพราะเหตุใดนักกีฬาที่ทำการฝึกซ้อมอย่างถูกต้องสม่ำเสมอจึงเหนื่อยช้าและหายเหนื่อยเร็วกว่านักกีฬาที่ขาดการฝึกซ้อม ระบบพลังงานหลักที่สำคัญของกีฬาแต่ละประเภทคือ ระบบพลังงานชนิดใด และการได้มาซึ่งระบบพลังงานเหล่านั้นของนักกีฬา ได้มาด้วยวิธีการฝึกซ้อมแบบใดหรือเพราะเหตุใด การฝึกความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ (Cardio-respiratory system) จึงส่งผลต่อการทำงานของระบบพลังงานแบบ ใช้ออกซิเจนและประสิทธิภาพในการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อแดงหรือเส้นใยชนิดหดตัวช้า (Slow-twitched fiber) ในขณะที่การฝึกทางด้านความแข็งแรง กาลัง ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ทำไมจึงมีผลต่อเส้นใยกล้ามเนื้อขาวหรือเส้นใยชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitched fiber) หรือระบบพลังงานแบบ ไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้น ผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬาที่มีความรู้ความเข้าใจในศาสตร์สาขานี้ จะสามารถวางแผนและกำหนดความหนักเบาในการซ้อมให้บรรลุผลได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) เป็นตัวกำหนดความหนักเบาในการฝึกซ้อม ขณะเดียวกันสามารถวัดประเมินผล การฝึกซ้อมและสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาแต่ละบุคคลได้อย่างถูกต้องแม่นตรง รวมทั้งสามารถนำองค์ความรู้เหล่านี้ไปใช้ ในการพัฒนาศักยภาพความก้าวหน้าในการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือออกแบบการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับความต้องการในแต่ละประเภทกีฬา

3.ชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sports Biomechanics)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักการในการใช้แรงกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่อย่างไรให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้านกายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา กลศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาเป็นปัจจัยและแนวทางในการทำงาน เพื่อตรวจสอบ ประเมินผล การเคลื่อนไหวร่างกายของนักกีฬาให้ถูกต้องเหมาะสมกับระนาบ แนวแรง คาน จุดหมุน จุดศูนย์ถ่วง ช่วยให้เกิด

ความมั่นคงสมดุลในการปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวของนักกีฬา และนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงแก้ไขเทคนิคทักษะการเคลื่อนไหวและเทคนิคทักษะกีฬาของนักกีฬาแต่ละคนให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ในทุกประเภทกีฬาที่ต้องใช้กำลัง ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไวและความแม่นยำ ทำให้นักกีฬาสามารถปฏิบัติทักษะและการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้อง สัมพันธ์ประหยัดพลังงาน และสามารถบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ต้องการด้วยความสมบูรณ์แบบ ช่วยลดข้อผิดพลาดและโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของนักกีฬาให้น้อยลง

4. จิตวิทยาการกีฬา (Sports Psychology)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่ว่าด้วยกระบวนการคิด วิธีคิด การจัดลำดับความสำคัญของความคิด การควบคุมอารมณ์ความรู้สึกของตนเองในแต่ละสถานการณ์ของเกมการแข่งขันที่มีความกดดัน (Pressure) การพัฒนาจินตนาการและการจินตภาพในการเคลื่อนไหว (Imagination) การสร้างภาพในใจ (Visualization) การรับรู้ความรู้สึกในการเคลื่อนไหวของตนเอง (Sense perception) และการตัดสินใจในการจัดการกับเหตุการณ์หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานการณ์นั้นอย่างไร (Decision making) การเรียนรู้วิธีการควบคุมอารมณ์ และผ่อนคลายความเครียด ความกดดันในแต่ละสถานการณ์แวดล้อม การสร้างแรงบันดาลใจ สมาธิ แรงจูงใจ ความมุ่งมั่น ความพยายาม และความเชื่อมั่น ในการควบคุมความมั่นคงทางอารมณ์ ด้วยการทาความเข้าใจและเรียนรู้การกำหนดวัตถุประสงค์และการตั้งเป้าหมาย (Goal setting) อย่างมีคุณภาพ ตลอดจน การเลือกวิธีการดำเนินการไปสู่เป้าหมายอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบ นาไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) การรู้คุณค่าของตนเอง (Self-esteem) และความมีหลักการเหตุผลให้กับผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬาได้อย่างมีคุณภาพ

5.โภชนาการกีฬา (Sports Nutrition)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับประโยชน์และคุณค่าของอาหารแต่ละประเภทที่มีผลต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของร่างกาย ซึ่งจะมีผลต่อการสร้างพลังงาน การเก็บสะสมสำรองพลังงานและการใช้พลังงานในการเคลื่อนไหวร่างกาย รวมทั้งมีส่วนช่วยในการซ่อมแซมและสร้างเสริมร่างกายให้สมบูรณ์แข็งแรง ช่วยฟื้นฟูสภาพร่างกายของนักกีฬา (Recovery) จากความเมื่อยล้าภายหลังการฝึกซ้อมและ การแข่งขันให้กลับคืนสู่สภาวะปกติโดยเร็ว ขณะเดียวกัน ช่วยให้ผู้ฝึกสอนกีฬา นักกีฬา ได้ศึกษาหาความรู้ และทำความเข้าใจกับประโยชน์และคุณค่าของอาหารแต่ละประเภท และสามารถเลือกรับประทานอาหาร แต่ละประเภทได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน และแต่ละช่วงเวลา ไม่ว่าจะเป็นในช่วงก่อนการแข่งขัน ในช่วงระหว่างการแข่งขัน และในช่วงหลังการแข่งขัน ช่วยให้นักกีฬาตระหนักถึงความสำคัญของการสำรองพลังงาน และสามารถใช้พลังงานในการแสดงออกซึ่งทักษะความสามารถได้อย่างเต็มที่ ขณะเดียวกันสามารถเลือกใช้สารอาหารในการทดแทนพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพทันเหตุการณ์ ในทุกสถานการณ์ของเกมการแข่งขัน

6.กีฬาเวชศาสตร์ (Sports Medicine)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการดูแลรักษาสุขภาพร่างกายของนักกีฬาอย่างไรไม่ให้เกิดปัญหาการบาดเจ็บหรืออาการเจ็บป่วย และเมื่อร่างกายเกิดการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยแล้วผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬาจะบำบัดรักษาฟื้นฟูการบาดเจ็บให้กลับมาใช้ร่างกายได้เป็นปกติอีกเมื่อใด รวมทั้งวิธีการฟื้นฟู (Rehabilitation) และสร้างเสริมสมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) ของนักกีฬาภายหลังการบาดเจ็บอย่างไรให้กลับมาอยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำการฝึกซ้อมและแข่งขันได้ต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง องค์ความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการ

ปฐมพยาบาลเบื้องต้นที่ผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬาไม่ควรมองข้าม รวมถึงหลักการในปฐมพยาบาลและการเคลื่อนย้ายนักกีฬาที่มีอาการบาดเจ็บอย่างรุนแรงและมีอันตรายสูงอย่างถูกต้องตามหลักและวิธีการปฐมพยาบาล เช่น ศีรษะหรือกระดูกสันหลังถูกกระแทกหรือได้รับการกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง เป็นต้น ตลอดจนการเรียนรู้หลักการและการฝึกปฏิบัติการปฐมพยาบาลนักกีฬาที่ตกอยู่ในภาวะหัวใจหยุดเต้น กะทันหันที่ไม่ควรมองข้าม (CPR) ก่อนนำส่งแพทย์ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการรักษาต่อไป

7.เทคโนโลยีการกีฬา (Sports Technology)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาส่งเสริมศักยภาพความสามารถ ในการทำงานและการถ่ายทอดสื่อสารข้อมูลให้กับผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬานำไปสู่การศึกษา วิเคราะห์ วิจัย ทดลอง เพื่อพัฒนาสร้างสรรค์นวัตกรรม รูปแบบ วิธีการ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสิ่งอานวยความสะดวกที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาศักยภาพนักกีฬาและวงการกีฬา รวมทั้งการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการตัดสินเพื่อให้เกิดความแม่นตรงได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ ตลอดจนใช้ในการสนับสนุนส่งเสริมเพื่อพัฒนานวัตกรรม เครื่องมืออุปกรณ์ในการฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักกีฬาให้มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังช่วยให้เกิดประโยชน์ต่อการทดสอบสมรรถภาพทางกายนักกีฬา ทำให้การเก็บบันทึกผล รวบรวมผล วิเคราะห์ผลการทดสอบ ผลการฝึกซ้อม และผลการแข่งขันมีความสะดวก รวดเร็ว แม่นยำ มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือปรับปรุงข้อบกพร่องให้กับนักกีฬา วงการกีฬาได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพทั้งในระหว่างการฝึกซ้อม ระหว่างการแข่งขัน และการบริหารจัดการองค์กรกีฬาให้มีข้อมูลข่าวสารที่ทันโลกทันเหตุการณ์อยู่เสมอ

8.หลักการฝึกซ้อมกีฬา (Principle of Training)

ศาสตร์หรือองค์ความรู้ที่ว่าด้วยหลักการ วิธีการฝึกซ้อมที่ถูกต้องเหมาะสมกับกีฬาแต่ประเภท ที่มีความสำคัญต่อบรรดาผู้ฝึกสอนกีฬา นักวิทยาศาสตร์การกีฬา นักกีฬา นักกายภาพบาบัด ตลอดจนเจ้าหน้าที่การกีฬา สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผน และกำหนดเป็นขอบข่ายหรือนโยบายในการดำเนินงานหรือจัดเตรียมโปรแกรมการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาทั้งระยะสั้นและระยะยาว โดยอาศัยองค์ความรู้จากหลักการฝึกซ้อมที่สำคัญ ดังนี้ หลักของการใช้ความหนักในการฝึกมากกว่าปกติ (Principle of overload) หลักของการฝึกเฉพาะเจาะจง (Principle of specificity) หลักของการพัฒนาความก้าวหน้าในการฝึก (Principle of progressive) และหลักของความแตกต่างระหว่างบุคคล (Principle of individualization) เป็นต้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการฝึกเพื่อพัฒนาสร้างเสริมความสามารถทางด้านทักษะกลไกการเคลื่อนไหว (Motor skills) สมรรถภาพทางกลไก (Motor fitness) และเทคนิคทักษะของนักกีฬาให้ก้าวหน้า บรรลุผลสาเร็จตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด (Phase) โดยไม่ทำให้นักกีฬาตกอยู่ในสภาพของการฝึกซ้อมที่หนักมากเกินไป (Overtraining) หรือเกิดปัญหาการบาดเจ็บตามมา (มูลนิธิกีฬาซีเกมส์ ครั้งที่ 13, วิทยาศาสตร์การกีฬากับนักกีฬาและผู้ฝึกสอน)

นอกจากนั้น วิทยาศาสตร์การกีฬาจึงนับได้ว่ามีบทบาทและความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬาที่จะนาไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพมาตรฐานการฝึกซ้อมและการแข่งขันในทุกประเภทกีฬา ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ฝึกสอนกีฬาต้องใช้องค์ความรู้เป็นหลักการหรือแนวทางในการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาทักษะและความรู้ความสามารถให้กับนักกีฬา รวมทั้งช่วยพัฒนาการเรียนรู้และการฝึกทักษะการกลไกการเคลื่อนไหว (Motor skills learning) การสร้างเสริมสมรรถภาพทางกลไก (Motor fitness) และเทคนิคทักษะ

ของนักกีฬาให้บรรลุผลสำเร็จอย่างมีคุณภาพ ส่งผลให้การควบคุมทักษะและการใช้เทคนิคทักษะความสามารถของนักกีฬามีประสิทธิภาพโดดเด่นและมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น รายละเอียดดังภาพประกอบที่ 4

ภาพประกอบที่ 4: ปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบของความสามารถทางกีฬา

(2) องค์ประกอบและปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลและมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถของนักกีฬา

จากรายงานการศึกษาองค์ประกอบและปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลและมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถของนักกีฬา (Bangsbo และคณะ 2006) พบว่า

1. ความสามารถของนักกีฬาระดับสูงมีปัจจัยและองค์ประกอบร่วมกันระหว่างเทคนิคและทักษะของนักกีฬา (Athlete's technical) กลยุทธ์และการวางแผนในการแข่งขันของนักกีฬา (Tactical) สมรรถภาพทางกายและลักษณะความสามารถทางด้านจิตใจ (Physiological and psychological) รวมถึงลักษณะทางสังคมและสิ่งแวดล้อม (Social characteristics) ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา

2. ภายใต้สถานการณ์และปัจจัยแวดล้อมภายนอก (อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ สภาพสนาม และภาวะโภชนาการ) ที่เหมาะสมและเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถของนักกีฬา พบว่าขีดความสามารถทางกายของนักกีฬามีอิทธิพลมาจากปัจจัยต่างๆร่วมกันดังนี้

1.ความสามารถด้านความอดทน (Endurance performance)

2.ความสามารถของร่างกายในการฝึกที่ความหนักสูง (High intensity exercise performance)

3.ความสามารถในการพัฒนาความเร็ว (Sprint performance)

4.ความสามารถในการสร้างและออกแรง (Force performance)

ทั้งนี้พบว่าขีดความสามารถทางกายของนักกีฬา ทั้ง 4 ด้านมีพื้นฐานมาจากการที่นักกีฬามีความพร้อมและสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิต หัวใจ และปอด (Respiratory and cardiovascular system) สมรรถภาพของระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system) และความสามารถของระบบประสาท (Nervous system) ที่ดี ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกลไกการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงทางเมตาโบลิซึมส์ของการทำงานของกล้ามเนื้อ

3.ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) และความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อในรูปแบบของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันทั้งหดเกร็งค้าง (Isometric contraction) การหดตัวที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาว (Isotonic contraction) ทั้งการหดตัวแบบ Concentric และ Eccentric ความสามารถของอัตราในการผลิตแรงตึงสูงสุด (Maximal rate of force development) การพัฒนากำลังของกล้ามเนื้อ (Power generation) เป็นผลมาจากโครงสร้างและการจัดเรียงตัวภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ

4.ความสามารถของร่างกายในระบบพลังงานหลักของร่างกายได้แก่ระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Aerobic Performance) และระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic performance) พบว่าระดับของเอนไซม์ไกลโคไลซีสในกล้ามเนื้อและการขนส่งของไอออนในกล้ามเนื้อเป็นระบบสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อในระบบแอนแอโรบิคทั้งความสามารถในการยืนระยะการทำงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ซึ่งเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อ ในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุด ในเวลาสั้นที่สุด ส่วนระดับของไมโทรคอนเดรียและความหนาของหลอดเลือดจะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อในระบบแอโรบิค ทำให้เพิ่มขีดความสามารถในการออกแรงและกำลังของกล้ามเนื้อ ทั้งนี้แม้ว่าความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิต หัวใจ และปอด (Respiratory and cardiovascular system) ความสามารถของกล้ามเนื้อ (Muscle performance) จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างทางกรรมพันธุ์และปัจจัยภายในของนักกีฬารายบุคคล (เพศ อายุ ขนาดรูปร่างและการเจริญเติบโต) แต่ขีดความสามารถของนักกีฬาก็สามารถพัฒนาได้จากการฝึกซ้อมในรูปแบบต่างๆที่เฉพาะเจาะจง ได้แก่การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคและการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง

(3) การทดสอบสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬา

การทดสอบสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในฐานะที่ใช้เป็นเครื่องมือและกระบวนการตรวจสอบหรือประเมินภาวะความพร้อมทางด้านร่างกายของนักกีฬา ประเมินผลการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาทั้งสมรรถภาพทางกายและเทคนิคทักษะที่ต่อเนื่อง ทั้งนี้การฝึกซ้อมนักกีฬาเพียงอย่างเดียวโดยขาดการประเมินผลการฝึกก็จะทำให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาไม่สามารถทราบสภาวการณ์และการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากกระบวนการฝึกซ้อมที่ผ่านมา ทำให้นักกีฬาสูญเสียโอกาสในการพัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย เทคนิค ทักษะ โดยรูปแบบและวิธีการทดสอบสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬาที่ดีควรมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. มีความเฉพาะเจาะจงและสามารถนำไปประยุกต์ในการวางแผนการฝึกได้ (Sport specific/ applicable)

2. มีความถูกต้องและวัดผลได้จริง (Valid)

3. มีความเชื่อมั่น (Reliable)

4. มีความเที่ยงตรง (Accurate)

5. สามารถวัดผลการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกายอย่างละเอียด (Sufficiently sensitive to detect changes in fitness)

ในทางการพัฒนาความสามารถสูงสุดของนักกีฬาเพื่อการแข่งขัน การทดสอบสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬาประกอบด้วยรูปแบบและวิธีการทดสอบที่เฉพาะชนิดกีฬาใน 2 องค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1.การทดสอบสมรรถภาพทางกายที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางกลไกการเคลื่อนไหว (Biomotor ability) เป็นสมรรถภาพทางกายที่สำคัญต่อกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยอาศัยการทำงานของระบบต่างๆ เพื่อให้ร่างกายเพื่อสามารถเคลื่อนไหวออกแรงขับเคลื่อนไปในทิศทางที่ต้องการทั้งในแบบต่อเนื่องหรือเป็นจังหวะในการ ออกแรงปฏิบัติเทคนิค ทักษะ ในการเล่นกีฬาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบด้วย

1.ความอดทน (Endurance) คือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวหรือ ปฏิบัติงานของร่างกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อาศัยการทำงานของ ระบบหายใจ ระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด และระบบกล้ามเนื้อ ทำงานต่อเนื่องภายใต้ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น

2.ความแข็งแรง (Strength) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหด ตัวออกแรงได้สูงสุดหรือการออกแรงสู้กับแรงต้านทานในลักษณะต่างๆ ที่มากระทำ ต่อร่างกายในขณะเล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย

3.ความเร็ว (Speed) คือ ความสามารถในการ เคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่จากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างรวดเร็วโดย ใช้เวลาสั้นที่สุด อาศัยประสิทธิภาพ ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ระบบ พลังงาน รวมทั้งการสั่งการและตอบ สนองของระบบประสาทในการ ควบคุมการเคลื่อนที่รวดเร็ว

4.ความอ่อนตัว (Flexibility) คือความสามารถในการทำงานของข้อต่อ ต่างๆ ในร่างกายที่สามารถเคลื่อนไหวได้ระยะหรือมุมการเคลื่อนไหวที่มากที่สุด อาศัยลักษณะของกระดูกแต่ละข้อต่อ ความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ เอ็นยึดข้อ ต่อ (Ligament) เอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) และความยืดหยุ่นของผิวหนัง

5.การประสานงานการเคลื่อนไหว (Coordination) คือ ความสามารถในการใช้ร่างกายหลายส่วนประกอบกัน เพื่อให้การปฏิบัติทักษะเกิดขึ้นอย่างเป็นไป ตามลำดับแต่ละขั้นตอนของทักษะและส่วนต่างๆ ของร่างกายมีการเคลื่อนไหวที่ความ สัมพันธ์กัน ซึ่งเกิดขึ้นได้จากการทำงานของระบบประสาทสั่งการอย่างมีประสิทธิภาพ และการหดตัวของกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กันตลอดการเคลื่อนไหว

2. การทดสอบสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related Fitness)

สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related fitness) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ร่างกายต้องใช้ในการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวเพื่อ ปฏิบัติเทคนิค ทักษะ ให้มีประสิทธิภาพในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ซึ่งจะมี ทั้งหมด 6 ด้านด้วยกัน คือ

1. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ ร่างกายในระยะทางสั้นๆ และมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางด้วยความรวดเร็ว

2. ความสมดุล (Balance) คือ ความสามารถในการควบคุมการทรงตัว ของร่างกายทั้งในสภาวะอยู่นิ่งและในขณะที่มีการเคลื่อนไหว

3.การประสานงานความสัมพันธ์การเคลื่อนไหวของร่างกาย (Coordination)คือ ความสามารถในการใช้ร่างกายหลายส่วนประกอบกัน เพื่อให้การปฏิบัติทักษะเกิดขึ้นอย่างเป็นไปตามลำดับแต่ละขั้นตอนของทักษะและส่วนต่างๆ ของ ร่างกายมีการเคลื่อนไหวที่ความสัมพันธ์กัน

4. กำลัง (Power) คือการออกแรงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อได้สูงสุด อย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ

5. เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) คือ เวลาการตอบสนองของร่างกาย ตั้งแต่ได้รับสัญญาณลักษณะต่างๆ จากการได้ยิน การมองเห็นและการสัมผัสทางกาย ที่เป็นสิ่งเร้าหรือสัญญาณจนกระทั่งระบบประสาทสั่งการให้ร่างกายเริ่มต้นเคลื่อนไหวตอบสนองต่อสิ่งเร้า

6. ความเร็ว (Speed) คือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาสั้นที่สุด

ดังนั้นโดยสรุปแล้วการทดสอบสมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางกลไกของนักกีฬาที่ดีจะต้องสามารถประเมินความสามารถของนักกีฬาในประเด็นต่างๆดังนี้

1.สามารถประเมินผลการฝึกซ้อมของนักกีฬาตามโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนได้

2.สามารถใช้เพื่อสร้างแรงกระตุ้นและแรงจูงใจให้กับนักกีฬาได้

3.สามารถให้ผลย้อนกลับแก่นักกีฬา จากการฝึกซ้อมในระยะเวลาที่ผ่านมาได้

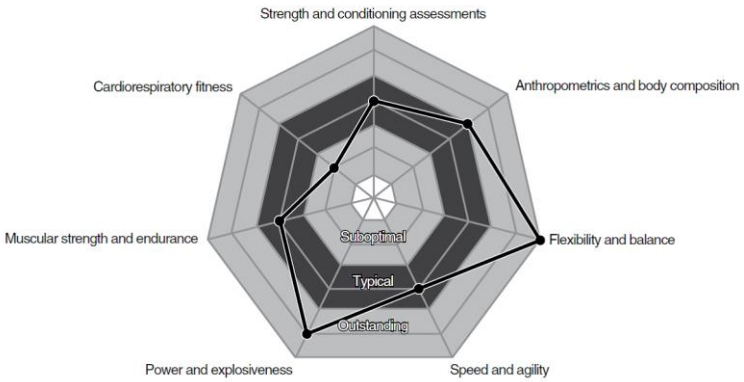
4.สามารถสร้างความตระหนักให้กับนักกีฬาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการฝึกซ้อมได้

5.สามารถประเมินความพร้อมก่อนเข้าร่วมการแข่งขันของนักกีฬาได้

6.สามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินการฟื้นสภาพของนักกีฬาในระหว่างการรักษาอาการบาดเจ็บได้

7.สามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการฝึกซ้อมในระยะสั้น ระยะกลางและระยะยาวได้

8.สามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อประเมินข้อด้อย หรือจุดที่ควรพัฒนาปรับปรุงของนักกีฬารายบุคคลได้



ภาพประกอบที่ 5: เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการด้านสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาในองค์ประกอบต่างๆ

(4) การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization)

การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) เป็นการแบ่งกระบวนการฝึกซ้อมของนักกีฬา ออกเป็นช่วง ๆ โดย ในแต่ละช่วงจะมีจุดมุ่งหมายของการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงเพื่อเตรียมร่างกายนักกีฬาให้สามารถก้าวไปถึงขีด ความสามารถสูงสุดในช่วงเวลาที่ดีที่สุด ทำให้ความสมบูรณ์ทางกายที่ดีที่สุดของนักกีฬาควรเกิดขึ้นในช่วงการแข่งขันที่สำคัญ นักกีฬาสามารถได้รับผลของการฝึกซ้อมที่เหมาะสมจากแต่ละระยะการฝึกซ้อม ทำให้การฝึกซ้อมดำเนินไปตามวัตถุประสงค์มากขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถติดตามและประเมินปริมาณและคุณภาพของการฝึกซ้อมในแต่ละองค์ประกอบของความสมบูรณ์ทางกาย ตลอดจนสามารถควบคุมการทดสอบและการประเมินพัฒนาการของนักกีฬา เมื่อก้าวขึ้นไปถึงจุดมุ่งหมายในแต่ละตัวแปรของการฝึกซ้อมได้อย่างเหมาะสม

การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อมรายปี (The annual planning) จะแบ่งช่วงการฝึกซ้อม จากรอบการฝึกซ้อมใหญ่สุดลงไปถึงรอบการฝึกซ้อมเล็กสุดได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. การฝึกซ้อมรายปี (Macrocycle)
2. การฝึกซ้อมรายเดือน (Mesocycles)
3. การฝึกซ้อมรายสัปดาห์ (Microcycles)
4. การฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (Training session)

การฝึกซ้อมรายปี (Macrocycle)

เป็นกระบวนการฝึกซ้อมจากจุดเริ่มต้นการฝึกซ้อมดำเนินไปถึงการแข่งขันที่สำคัญและตลอดถึงการฝึกซ้อมช่วง หลังการแข่งขันหรือช่วงฟื้นสภาพร่างกาย การฝึกซ้อมรายปีจะประกอบด้วย ช่วงการฝึกซ้อม (Periods) 3 ช่วง คือ ช่วง ก่อนการแข่งขัน ช่วงการแข่งขัน และช่วงหลังการแข่งขันหรือการฟื้นสภาพ

การวางแผนการฝึกซ้อมรายเดือน (Mesocycles)

การฝึกซ้อมรายเดือน (Mesocycles) เป็นกระบวนการฝึกซ้อมภายในแต่ละระยะของการฝึกซ้อม ซึ่งอาจมี ระยะเวลาประมาณหนึ่งเดือนหรืออาจมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้

การฝึกซ้อมรายสัปดาห์ (Microcycles) เป็นกระบวนการฝึกซ้อมภายในแต่ละรอบการฝึกซ้อมรายเดือน (Mesocycles) ซึ่งปกติจะประกอบด้วย 2-6 การฝึกซ้อมรายสัปดาห์ต่อหนึ่งการฝึกซ้อมรายเดือน การฝึกซ้อมราย สัปดาห์จะใช้เวลา 7-9 วัน และน้อยสุด 3 วัน

ฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (Training Session) คือ การทำงานในหนึ่งครั้ง เช่น การออกกำลังกายตอนเช้า การออกกาลังกายตอนเย็น ปกติในหนึ่งรอบการฝึกซ้อมรายสัปดาห์นักกีฬาจะมีวันว่าง (วันพักผ่อน) จนถึงการฝึกซ้อม 3 ครั้งในหนึ่งวันแต่โดยปกติทั่ว ไปอาจจะประกอบด้วยการฝึกซ้อมหนึ่งหรือสองครั้งในหนึ่งวัน และการฝึกซ้อมในแต่ละครั้งควรจะมีจุดมุ่งหมายของการฝึกซ้อมเพียงอย่างเดียว

ในหลักทฤษฎีการแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ทั่วไปพบว่า มีแนวทางการกำหนดและแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ออกเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางที่ 1 การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization)ของ Tudor Bompa และแนวทางที่ 2 การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ของ National Strength and Conditioning Association : NSCA

การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ของ Tudor Bompa

การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ตามหลักของ Tudor Bompa ประกอบไปด้วยช่วงการฝึกซ้อม 3 ช่วง คือ ช่วงก่อนการแข่งขัน (Preparation)ช่วงแข่งขัน (Competition) และช่วงหลังแข่งขันหรือการฟื้นสภาพ (Transition or recovery) โดยในแต่ละช่วงการฝึกซ้อมจะประกอบด้วยจำนวนระยะการฝึกซ้อม และมีจุดมุ่งหมายการฝึกซ้อม ความหนัก และระยะเวลาแตกต่างกัน

1.การฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน (Preparation period) เป็นช่วงการฝึกซ้อมสาหรับการเตรียมความพร้อมของนักกีฬาเข้าสู่การแข่งขัน บางครั้งอาจจะเรียกว่าการฝึกซ้อมช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน (Preseason training) ประกอบด้วยระยะการฝึกซ้อมย่อย 2 ระยะได้แก่ การฝึกซ้อมทั่วๆ ไป (General preparation) ซึ่งโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถภาพและระดับเทคนิคพื้นฐานของนักกีฬาขณะเดียวกันยังคงเป็นการเตรียมความพร้อมของนักกีฬาสาหรับการฝึกซ้อมที่สูงขึ้นในระยะที่ 2 และการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific preparation) ซึ่งเป็นระยะที่สองของการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขันเป็นระยะการฝึกซ้อมที่ใช้เวลาประมาณ 2 เดือน

2.การฝึกซ้อมช่วงการแข่งขัน (Competition period) หรืออาจเรียกว่า การฝึกซ้อมช่วงฤดูการแข่งขันเป็นช่วงที่สำคัญของนักกีฬาในการที่จะก้าวไปถึงขีดความสามารถสูงสุดเป็นช่วงที่จะเข้าร่วมการแข่งขันที่สำคัญประกอบด้วย 2 ระยะได้แก่ ระยะเตรียมการแข่งขัน (Pre-competition) เป็นการเข้าร่วมเพื่อการประเมินเทคนิคของนักกีฬาจากการแข่งขันและการเข้าร่วมการแข่งขันเพื่อหา ประสบการณ์และระยะที่ 2 ได้แก่ การแข่งขันทั่วๆ ไป (General competition) ซึ่งเป็นช่วงที่นักกีฬามีความความสมบูรณ์ทางกายสูงสุด ทั้งนี้การฝึกซ้อมเพื่อเตรียมการแข่งขันเป็นระยะการฝึกซ้อมที่เหมือนกับการแข่งขันจริง เป็นการแข่งขันเพื่อใช้ทดสอบความพร้อมของความสมบูรณ์ทางกาย การควบคุมสภาพจิตใจและเทคนิค ทักษะของนักกีฬา และนำข้อผิดพลาดจากเกมการแข่งขันมาปรับปรุงให้ดีขึ้นใช้เวลาประมาณ 6-8 สัปดาห์

3.การฝึกซ้อมช่วงหลังการแข่งขัน (Transition period) เป็นการเชื่อมต่อหรือการฟื้นฟูสภาพระหว่างการฝึกซ้อมช่วงการแข่งขันและการเริ่มต้นการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขันครั้งใหม่ เป็นช่วงที่ยอมให้นักกีฬามีการฟื้นสภาพจากความตึงเครียดทางด้านร่างกายและจิตใจจากการแข่งขันนักกีฬามีการเข้าร่วมการฝึกซ้อมในประเภทกีฬาอื่น ๆ หรือเป็นการพักอย่างมีกิจกรรม (Active rest) โดยการออกแบบการฝึกซ้อมต้องเปิดโอกาสให้มีการผ่อนคลายทางด้านจิตใจและการฟื้นฟูสภาพของร่างกาย ระยะนี้อาจจะใช้เวลาประมาณ 3-4 สัปดาห์

เนื่องจากการหยุดพักที่ยาวนานและขาดการฝึกซ้อมระยะสั้น ๆ 2-4 สัปดาห์ จะเป็นผลทำให้ความสามารถในการทำงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) และความสมบูรณ์ทางกายลดลง

การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ตามหลัก National Strength and Conditioning Association : NSCA

การแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม(Periodization) ตามหลัก National Strength and Conditioning Association : NSCA เป็นแนวทางการกำหนดช่วงเวลาของการฝึกซ้อมที่มีหลักคิดมาจากการวางแผนพัฒนาความแข็งแรง (Periodization training for strength) ประกอบไปด้วยช่วงการฝึกซ้อม 4 ช่วง คือ ช่วงก่อนการแข่งขัน (Preparation) ช่วงปรับเปลี่ยนการฝึกช่วงที่1 (First transition) ช่วงแข่งขัน (Competition) และช่วงปรับเปลี่ยนการฝึกช่วงที่ 2 (Second transition) เป็นช่วงหลังแข่งขันหรือการฟื้นสภาพ และหากพิจารณาช่วงระยะเวลาการฝึกย่อย (Sub-period) ในการฝึกตามจุดมุ่งหมายการฝึกซ้อม ความหนักและระยะเวลาแตกต่างกันจะสามารถแบ่งช่วงระยะเวลาของการฝึกซ้อมได้ดังนี้

1. ระยะการฝึกซ้อมก่อนการแข่งขัน (Preparation period) ประกอบด้วยระยะการฝึกซ้อมย่อย 2 ระยะได้แก่ การฝึกซ้อมทั่วๆ ไป (General preparation) โดยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาความแข็งแรงเพื่อการฝึกปรับตัวทางกาย วิภาค (Anatomical adaptation phase) เพื่อพัฒนาความแข็งแรงของเอ็นกล้ามเนื้อที่ยึดติดระหว่างกระดูกและกล้ามเนื้อ (Tendon stiffness) ให้แข็งแรงพอที่จะรับกับการฝึกที่หนักขึ้น ระยะการปรับตัวทางกายวิภาคยังรวมถึงระยะการพัฒนา ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น (Hypertrophy phase) ใช้ความหนักในการฝึกต่ำถึงปานกลาง (50-75% 1RM) ปริมาณในการฝึกสูง (3-6 เซ็ต : เซ็ตละ 8-20 ครั้ง) และการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific preparation) มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาความแข็งแรงทั่วไป (General strength) ใช้ความหนักในการฝึกปานกลางถึงสูง (80-95% 1RM) ปริมาณในการฝึกสูง (2-6 เซ็ต : เซ็ตละ 2-6 ครั้ง) การออกแบบโปรแกรมการฝึกในระยะนี้ควรออกแบบ โปรแกรมให้สอดคล้องกับชนิดกีฬาที่ฝึกและควรเลือกท่าฝึกที่เป็น ฟังก์ชั่นนอล (Functional training) โดยคำนึงถึงการ ออกแรงในหลายทิศทาง เช่น แนวตั้ง (Vertical) แนวนอน (Horizontal) และการหมุน (Rotational) ให้สอดคล้องกับ ประเภทของการเคลื่อนไหว

2. ช่วงปรับเปลี่ยนการฝึกช่วงที่ 1 (First transition) ซึ่งตรงกับช่วงระยะเวลาการฝึกย่อย ในช่วงก่อน การ แข่งขัน (Pre-competition) วัตถุประสงค์ในการพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดและกำลัง (Maximum Strength and Power) โดยใช้ความหนักต่ำถึงสูงมาก โดยที่ความหนักในการฝึกความแข็งแรงสูงสุดเท่ากับ 87-95 % 1 RM ปริมาณในการฝึก สูง (2-5 เซ็ต : เซ็ตละ 2-5 ครั้ง) ระยะสร้างความแข็งแรงสูงสุดใช้เวลาประมาณ 4-12 สัปดาห์ นอกจากนั้นหลังจาก พัฒนาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อแล้ว ก็จะถึงช่วงของการเปลี่ยนผ่านความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อให้เป็นพลัง กล้ามเนื้อ (Muscular power)ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance)หรือพลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Power endurance)ซึ่งเกิดจากการผสมผสานกันของพลังกล้ามเนื้อและความอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งการฝึกกำลังใช้ความหนักเท่ากับ 30-85 % 1 RM ปริมาณในการฝึกสูง (2-5 เซ็ต: เซ็ตละ 2-5 ครั้ง) นอกจากนั้น การฝึกพลังกล้ามเนื้อ แบ่งเป็น 2 ลักษณะตามรูปแบบของกีฬาแต่ละชนิด ได้แก่

1. ชนิดกีฬาที่ต้องใช้ความพยายามครั้งเดียวเช่น ทุ่มน้ำหนัก ขว้างจักร เป็นต้น
2. ชนิดกีฬาที่ต้องใช้ความพยายามซ้ำๆ เช่น เทนนิส มวย ฟุตบอล (สิทธิกร อาภานุกูล, 2562)

3. ช่วงแข่งขัน (Competition) เป็นช่วงเวลาที่มีความสำคัญที่สุด ซึ่งปริมาณการฝึกซ้อม (Training Volume) ในระยะนี้จะลดลงอย่างมากเพื่อทำให้นักกีฬามีความพร้อมและระดับความสมบูรณ์ทางกายจะก้าวขึ้นไปถึงจุดสูงสุด การคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังจากผ่านการฝึกกำลังของกล้ามเนื้อมาแล้ว จำเป็นต้องมีการฝึกเพื่อคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่ให้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อลดลง โดยการฝึกกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลักในการเคลื่อนไหว ที่ใช้ในกีฬาชนิดนั้นๆ โดยการรักษาระดับความหนักของการฝึกไว้ โดยกำหนดความหนัก 50-93% 1RM ปริมาณในการฝึกต่ำ (1-3 เซ็ต: เซ็ตละ 1-3 ครั้ง) สำหรับชนิดกีฬาที่มีการแข่งขันแบบมหกรรมกีฬา (Tournament) และกำหนดความหนัก 85-93 % 1 RM ปริมาณในการฝึกต่ำถึงปานกลาง (2-5 เซ็ต: เซ็ตละ 3-6 ครั้ง) เพื่อคงสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสำหรับชนิดกีฬาที่มีการแข่งขันในรูปแบบตลอดทั้งปี (Season)

4.ช่วงปรับเปลี่ยนการฝึกช่วงที่ 2 (Second transition) เป็นช่วงหลังแข่งขันหรือการฟื้นสภาพ (Post-competition and active recovery) มีวัตถุประสงค์เพื่อการฟื้นสภาพอย่างมีกิจกรรม (Active recovery) ด้วยกิจกรรมทางกายระดับต่ำทั่ว ๆ ไป และประกอบด้วยการฟื้นสภาพจากการบาดเจ็บ การผ่อนคลาย อย่างไรก็ตาม ระดับของกิจกรรมจะต้องมีความเหมาะสมไม่ต่ำและสูงเกินไปมี ความหนักเพียงพอที่จะทำให้ร่างกายของนักกีฬามีความพร้อมที่จะเริ่มการฝึกซ้อมทั่ว ๆ ไป ระยะนี้อาจจะใช้เวลาประมาณ 3-4 สัปดาห์ เนื่องจากการหยุดพักที่ยาวนานและขาดการฝึกซ้อมระยะสั้นๆ 2-4 สัปดาห์ จะเป็นผลทำให้ความสามารถ ในการทำงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) และความสมบูรณ์ทางกายลดลง

(5) ระบบการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา: Controlling and monitoring of athletes training system

ระบบควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา (Controlling and monitoring of athletes training system) เป็นเครื่องมือสำหรับผู้ฝึกสอนในการประเมิน กำกับและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของรูปแบบ ปริมาณ และความหนักในการฝึกของนักกีฬารายบุคคล เพื่อให้มั่นใจว่านักกีฬามีความก้าวหน้า มีการตอบสนองหรือปรับตัวต่อรูปแบบการฝึกของผู้ฝึกสอนที่กำหนดไว้ตามการแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายของการ ฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงและเป้าหมายที่แตกต่างกันตลอดจนเพื่อให้นักกีฬามีความพร้อมทั้งทางด้าน ร่างกาย จิตใจ และไม่มีอาการเมื่อยล้าก่อนเข้าสู่การแข่งขันตามที่ผู้ฝึกสอนกำหนดไว้ (Thornton และคณะ 2019) โดยทั่วไปแล้ว ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินปริมาณและความหนักในการฝึกซ้อมและอาการเมื่อยล้าของนักกีฬา (Training load and subsequent fatigue) ประกอบด้วยตัวแปรพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 1

การพัฒนาระบบควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของ นักกีฬาโดยใช้เทคโนโลยีหรือแพลทฟอร์มเพื่อจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ทั้งระบบ (Big data analysis) ตลอดจนการวิเคราะห์ รูปแบบความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงข้อมูลในด้านต่างๆ (Deterministic model) ที่เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดรูปแบบ วิธีการ และการติดตามการฝึกซ้อมของ นักกีฬาจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนานักกีฬาเพื่อ ความเป็นเลิศตามหลักการและกรอบแนวคิดในการพัฒนานักกีฬาระยะยาว (Long term athletes development: LTAD) หลักสำคัญอีกประการหนึ่งสำหรับระบบการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา คือ การที่ผู้ฝึกสอนสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบและวิธีการฝึกซ้อมทั้งระบบ (Big data) เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงแนวทางการพัฒนานักกีฬาบนพื้นฐานของข้อมูลในภาพรวมทั้งระบบเพื่อให้นักกีฬามีความพร้อมสูงสุด

ทั้ง ทางด้านร่างกาย จิตใจและทักษะทางการกีฬา ทำการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบและความหนักที่เหมาะสม หลีกเลี่ยงการฝึกซ้อมเกิน (Overtraining) หรืออาการบาดเจ็บที่จะนำไปสู่การขัดขวางพัฒนาการและการความสามารถทางการกีฬา ซึ่งโดยหลักการทั่วแล้วระบบการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องทั้งสิ้น 4 ขั้นตอนได้แก่

1.ระบบการจัดการและได้มาซึ่งข้อมูล (Gather data) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณความหนักในการฝึกซ้อม พักผ่อน การบาดเจ็บและอาการเจ็บป่วย ภาวะโภชนาการ สมรรถภาพทางกายและสมรรถภาพทางจิตใจ การตอบสนองของร่างกายต่อโปรแกรมการฝึกซ้อม โดยใช้เทคโนโลยีหรือ แพลทฟอร์มต่างๆเช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ท หรืออุปกรณ์เฉพาะที่สามารถจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ เช่นนาฬิกา ข้อมือ เป็นต้น

ตารางที่1: ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินปริมาณและความหนักในการฝึกซ้อมและอาการบ่งชี้ความเมื่อยล้าของนักกีฬา (Training load and subsequent fatigue)

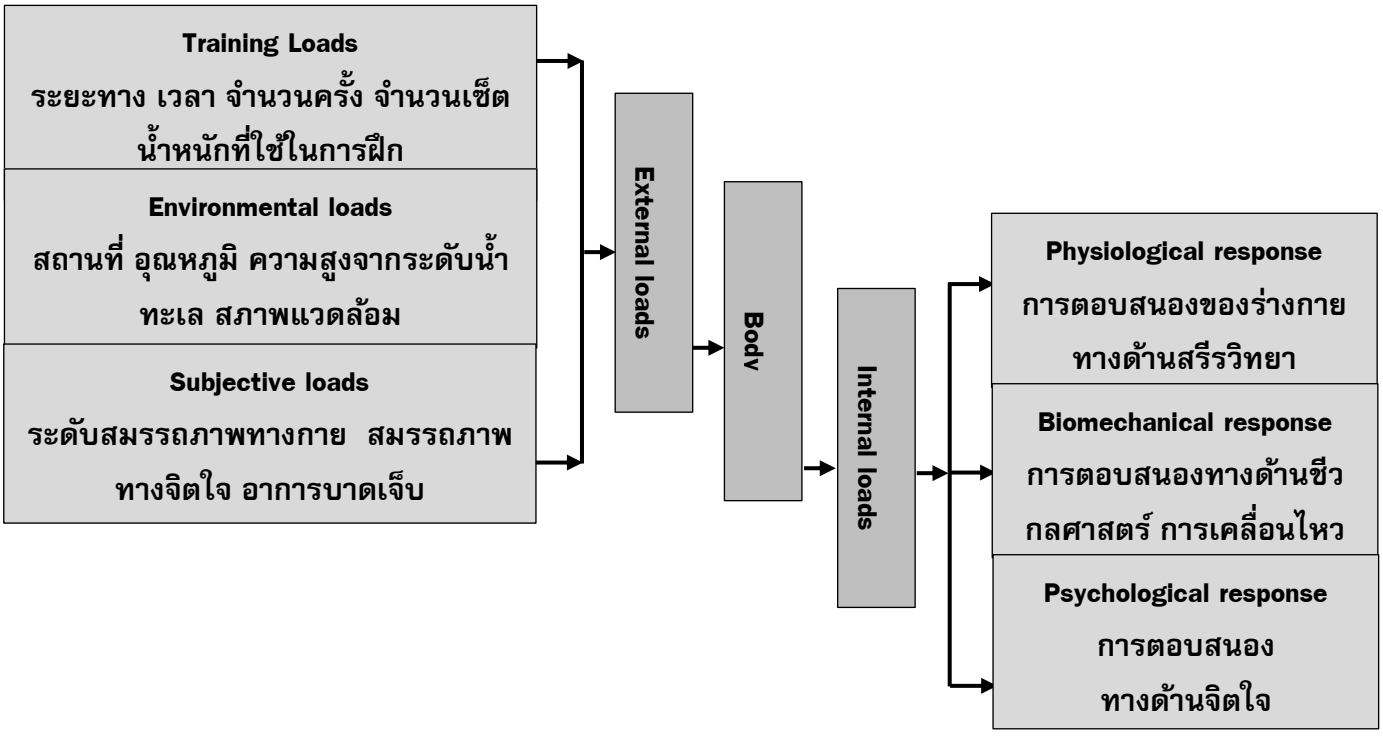
ตัวแปร	หน่วยวัด / คำอธิบาย
ความถี่ (Frequency)	ความถี่ในการฝึก ต่อวัน / สัปดาห์ / เดือน
เวลา (Time)	เวลาที่ใช้ในการฝึก ต่อวัน / สัปดาห์ / เดือน
ความหนัก (Intensity)	ความหนักที่ใช้ในการฝึก
รูปแบบการฝึก (Type)	วัตถุประสงค์ในการฝึก เช่น แอโรบิค แอนแอโรบิค ความแข็งแรง กำลัง
ความสามารถในการออกแรงสูงสุด (Maximal effort)	กำลังสูงสุด ความสูงในการกระโดด
ความสามารถในการออกแรงซ้ำๆ (Repeat efforts)	จำนวนครั้งในการทดสอบ
ปริมาณในการฝึก (Training volume)	เวลา ความหนัก
การรับรู้ปริมาณในการฝึก (Perception of effort)	การประเมินระดับการรับรู้ความหนักในการฝึก
การรับรู้ระดับความเหนื่อยและการฟื้นสภาพ (Perception of fatigue and recovery)	แบบสอบถามการฟื้นสภาพ –ความเครียดสำหรับนักกีฬา(Recovery–StressQuestionnaire for Athletes: RESTQ–Sport)แบบประเมินอาการทางกาย (VAS visual analog scale)
การเจ็บป่วย (Illness)	อาการเจ็บป่วย ระยะเวลาในการเจ็บป่วย
อาการบาดเจ็บ (Injury)	ชนิดและประเภทการบาดเจ็บ
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีและระดับของฮอร์โมน (Biochemistry and hormone analysis)	ระดับขององค์ประกอบทางชีวเคมีและระดับของฮอร์โมนพื้นฐานและการตอบสนองต่อการฝึก
เทคนิคทางกีฬา (Technique)	การวิเคราะห์ทักษะ และความสามารถในการเคลื่อนไหว
องค์ประกอบของร่างกาย(Body Composition)	น้ำหนัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน น้ำหนักกล้ามเนื้อ
คุณภาพของการนอน (Sleep)	จำนวน คุณภาพ และรูปแบบการนอน
สมรรถภาพทางจิต (Psychology)	ระดับความเครียด แรงจูงใจ ความวิตกกังวล
ระดับความรู้สึก (Sensational)	ความคาดหวัง ความกังวล

2.การวิเคราะห์ข้อมูล (Interpret data) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้เทคโนโลยีหรือแพลทฟอร์มต่างๆ จะต้องดำเนินการโดย พิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมทั้งจากปัจจัยภายใน (Internal workloads) และปัจจัยภายนอก (External workloads) ตามธรรมชาติและข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมเฉพาะชนิดกีฬา (Evidence-based)

3.การตัดสินใจ (Make decisions) การตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้เทคโนโลยีหรือแพลทฟอร์มต่างๆ จากข้อมูลรายวัน รายสัปดาห์และรายเดือนตามการแบ่งช่วงเวลาการฝึกซ้อม (Periodization) ในประเด็นเรื่องของความก้าวหน้าในการฝึกซ้อม ความเสี่ยงหรือแนวโน้มของการบาดเจ็บและการฝึกซ้อมเกิน (Overtraining) ของนักกีฬา ระดับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาที่พัฒนาและปรับตัวจากโปรแกรมและรูปแบบการฝึกซ้อมที่กำหนดโดยผู้ฝึกสอน เป็นต้น

4.การปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมการฝึกซ้อม (Adapt programs) การปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมการฝึกซ้อม โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้เทคโนโลยีหรือแพลทฟอร์มต่างๆ เป็นขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อพัฒนานักกีฬาโดยการปรับรูปแบบการฝึกซ้อม ปรับปริมาณและความหนักจากการฝึกซ้อม รูปแบบการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอน เพื่อให้การพัฒนาการฝึกซ้อมของนักกีฬามีความเหมาะสมทั้งคุณภาพและปริมาณการฝึกซ้อม

การประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายนอก (External workloads) ความสัมพันธ์ของรูปแบบการประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน ซึ่งหมายถึงระดับการตอบสนองของร่างกายนักกีฬาอันเนื่องมาจากการฝึกซ้อมในรูปแบบต่างๆกัน (Internal workloads) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายนอก ซึ่งหมายถึงระดับความหนักหรือปริมาณงานที่นักกีฬาใช้ในการฝึก (External workloads) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดังภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบที่ 6: ความสัมพันธ์ของรูปแบบการประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workload) และปัจจัยภายนอก (External workload)

รูปแบบการประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน ซึ่งหมายถึงระดับการตอบสนองของร่างกายนักกีฬาอันเนื่องมาจากการฝึกซ้อมในรูปแบบต่างๆกัน (Internal workloads) ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นในรายละเอียดดังนี้

1.การประเมินระดับการรับรู้ความหนักในการฝึก (Rating of perceived exertion: RPE)

2.การประเมินระดับการรับรู้ความหนักในการฝึกแต่ละครั้ง (Session Rating of Perceived Exertion: sRPE) อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate: HR)

3.อัตราส่วนของอัตราการเต้นของหัวใจต่อระดับการรับรู้ความหนักในการฝึก (HR to RPE Ratio)

4.อิมพัลส์ของการฝึก (Training Impulse: TRIMP) ซึ่งเป็นรูปแบบประเมินการฝึกจากผลคูณของปริมาณในการฝึกและความหนักในการฝึก ซึ่งปัจจุบันมีอยู่ 2 วิธีคือ HR-based Trimp ซึ่งมีหลักคิดบนพื้นฐานที่ว่าอัตราการเต้นของ หัวใจสูงสุด (HR max) มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณและความหนักในการฝึกที่เพิ่มขึ้น และวิธี RPE-based Trimp คือ รูปแบบการประเมินการฝึกจากการับรู้ระดับและปริมาณในการฝึกจากรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกัน

5.ระดับของปริมาณแลคเตท (Lactate Concentrations)

6.อัตราส่วนของระดับของปริมาณแลคเตทต่อระดับการรับรู้ความหนักในการฝึก (Lactate to RPE Ratio)

7.อัตราการลดระดับของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (HR recovery: HRR)

8.การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (HR variability: HRV)

9.การวิเคราะห์องค์ประกอบของชีวเคมี ระดับของฮอร์โมน การทดสอบทางภูมิคุ้มกันของร่างกาย (Biochemical/ Hormonal/ Immunological Assessments)

10.แบบสอบถามและการจดบันทึก (Questionnaires and Diaries)

11.การตอบสนองหรือความพร้อมของสภาพจิตใจ (Psychomotor speed)

12.คุณภาพของการนอน (Sleep)

ปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายนอก ซึ่งหมายถึงระดับความหนักหรือปริมาณงานที่นักกีฬาใช้ในการฝึก (External workloads) ประกอบด้วยตัวแปรที่ใช้ในการประเมินความหนักในการฝึกซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นในรายละเอียดดังนี้

1.พลังสูงสุด (Power output) ความเร็วและความเร่ง (Speed and acceleration)

2.การวิเคราะห์รูปแบบและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Time–Motion Analysis) โดยใช้ระบบ Global positioning system (GPS) ที่สามารถใช้ในการระบุระยะทาง ความเร็วในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน ระยะทางและความหนักที่นักกีฬาใช้ในการฝึกตามระบบพลังงาน

3.การทำงานของระบบประสาทสั่งการ (Neuromuscular function) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการกระโดด (Countermovement/Squat jump) การทดสอบความเร็ว (Speed test) และการทดสอบแรงต้านทานแบบไอโซคิเนติกส์ (Isokinetic test) (Halson, 2014)

นอกจากนั้น Gabbettและคณะ (2017) ได้กำหนดรูปแบบและขั้นตอนเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬาโดยประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายนอก (External workloads) โดยมีการปรับรายละเอียดของความหนักในการฝึก (Workload) ขึ้นลงตามความเหมาะสมของนักกีฬาเฉพาะบุคคล

ขั้นตอนที่ 2 การพิจารณาการปรับตัวและการตอบสนองต่อรูปแบบการฝึกของนักกีฬา โดยหากพบว่านักกีฬาสามารถตอบสนองต่อรูปแบบการฝึกและปริมาณการฝึกได้และมีแนวโน้มของการพัฒนาที่ดีขึ้นตามลำดับก็สามารถปรับเพิ่มความหนักได้ แต่หากพบว่านักกีฬามีขีดจำกัดหรือไม่สามารถปรับตัวได้จากความหนักในการฝึก (Workload)ตามรูปแบบการฝึกของผู้ฝึกสอนให้พิจารณาลดปริมาณและความหนักในการฝึกร่วมกับการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการปรับตัวของนักกีฬา

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินความพร้อมของนักกีฬาจากโปรแกรมการฝึกก่อนเข้าร่วมการแข่งขัน โดยหากประเมินว่าระดับความพร้อมของนักกีฬาทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจอยู่ในระดับต่ำกว่าความคาดหวัง ให้พิจารณาปรับรูปแบบการฝึก เพิ่มระยะเวลาของการฟื้นสภาพ พัฒนาความพร้อมของสมรรถภาพทางจิตใจ แต่หากพบว่านักกีฬามีความพร้อมทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจที่ดีแล้ว ให้พิจารณาดำเนินการตามแผนการฝึกซ้อมที่กำหนดไว้อย่างต่อเนื่อง

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา มีบทบาทและสำคัญเป็นอย่างมากในการกำกับและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์แบบนิวนอร์มอล ที่การฝึกซ้อมของนักกีฬาและรูปแบบการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอนมีข้อจำกัดมากขึ้นภาย ระบบการควบคุมและติดตามการฝึกซ้อมของนักกีฬา (Controlling and monitoring of athletes training system) จะเป็นเครื่องมือและแพลทฟอร์มที่สำคัญที่สามารถจัดการกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ (Big data)ร่วมกับการนำเอาปัญญาประดิษฐ์เข้ามาประยุกต์ใช้สำหรับการอออกแบบ กำกับ ควบคุม และติดตาม และพัฒนารูปแบบการฝึกซ้อมของนักกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่มีความทันสมัย เหมาะสมกับสถานการณ์ ช่วยให้นักกีฬา ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา ทีมแพทย์ เวชศาสตร์การกีฬาทั้งนักกายภาพบำบัดและนักนวด สามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาการทำงานที่ซ้ำซ้อนและไม่เป็นระบบเพิ่มช่องการการติดตามฝึกซ้อมของนักกีฬา ลดข้อผิดพลาดและเพิ่มช่องทางของการสื่อสารของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนานักกีฬา บนพื้นฐานของแนวทางและข้อมูลชุดเดียวกันทั้งหมด ภายใต้การประสานความร่วมมือของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องโดยมีภารกิจหลักเพื่อส่งเสริม สนับสนุน เสริมสร้างสมรรถนะของนักกีฬาสู่ความเป็นเลิศอันจะก่อให้เกิดการพัฒนากีฬาอย่างมีเสถียรภาพและมั่นคงซึ่งประกอบด้วยภาคีหุ้นส่วนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในลักษณะของ (Boundary partners) ทั้งสมาคมกีฬา (Association) ในฐานะที่เป็นองค์กรกีฬาสำคัญในการพัฒนาและส่งเสริมในบริบทของการส่งเสริมและสนับสนุน (Supported) ภายใต้ระบบบริหารจัดการที่ดี นักวิทยาศาสตร์การกีฬา (Sport Science team) ในบทบาทของการส่งเสริมและสนับสนุน (Supported) ตามหลักการและองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อการส่งเสริมศักยภาพของนักกีฬาให้พัฒนาไปสู่ขีดความสามารถสูงสุดของนักกีฬา ช่วยป้องกันความผิดพลาดที่จะเป็นสาเหตุนำไปสู่ปัญหาการฝึกซ้อมที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมของนักกีฬา ผู้ฝึกสอน (Coach) มีบทบาทและหน้าที่สำคัญในการสร้างและพัฒนา (Driven) นักกีฬาให้เป็นผู้ที่มีศักยภาพสูงสุดตามความสามารถของนักกีฬาแต่ละบุคคล โดยทำงานร่วมกับทีมนักวิทยาศาสตร์การกีฬาโดยการประสานความร่วมมือในการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ทักษะและความพร้อมทางด้านจิตใจของนักกีฬา ตลอดจนการปรับแผนการฝึกซ้อมให้มีความเหมาะสมและให้มีความพร้อมสำหรับการแข่งขัน และนักกีฬา (Athletes) ถือเป็นศูนย์กลาง (Center) ของการพัฒนา ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการพัฒนาศักยภาพของนักกีฬานั้น เป็น

การบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาโดยการทำงานร่วมกันของ ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและสมาคมกีฬา ที่ให้ความสำคัญกับการติดตามและประเมินผลของการฝึกซ้อม การทดสอบและการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักกีฬา บนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องและเชี่ยวชาญเฉพาะทาง

(6) รูปแบบการกำหนดแผนการฝึกซ้อมในกีฬาว่ายน้ำ (Periodization in swimming)

ในกีฬาว่ายน้ำนั้นประกอบด้วยรูปแบบของการกำหนดรูปแบบและระยะเวลาของการฝึกซ้อมในแต่ละช่วงดังนี้

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

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

2.1.ในช่วงเริ่มต้น (Introductory) จะประกอบด้วยการฝึกเพื่อพัฒนาระบบหัวใจโดยเน้นความสามารถในการยืนระยะการทำงานหรือความอดทนของระบบแอโรบิค (Aerobic capacity) โดยใช้ปริมาณการฝึกและความหนักในการฝึกต่ำ (Low volume-low intensity) French swimming academy ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการกำหนดปริมาณการฝึกซ้อมที่สอดคล้องกับช่วงอายุ (Age-group) ไว้น่าสนใจดังตาราง

	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	20 km	25 km	30 km	35-40 km	45-60 km

2.2.ในช่วงของการเตรียม (Preparatory macrocycle) จะเป็นการฝึกซ้อมเพื่อยกระดับความสามารถในการยืนระยะการทำงานหรือความอดทนของระบบแอโรบิค (Aerobic capacity) และพัฒนาความสามารถสูงสุดของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Aerobic power) ควบคู่กับการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของระบบแอนโรบิค ทั้งการพัฒนาความทนทานต่อปริมาณกรดแล็กติค (Lactate tolerance) และความเร็วอดทน (Speed endurance) โดยเพิ่มปริมาณการฝึกให้มากขึ้น

2.3.ช่วงการฝึกซ้อมแบบเฉพาะเจาะจง (Specific macrocycle) จะเป็นการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงเพื่อพัฒนาความเร็วในการว่าย (Speed) ด้วยรูปแบบการฝึกโดยใช้ความหนักที่สูงขึ้น (Higher intensity training) ควบคู่กับการพัฒนาระบบแอนแอโรบิคสูงสุด (Anaerobic power) โดยการยกระดับค่าของกรดแล็กติคให้สูงขึ้นสอดคล้องกับความเร็วที่พัฒนาขึ้น (Peak blood lactate increasing speed)

2.4.ช่วงของการแข่งขัน (Competition macrocycle) ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้ฝึกสอนวางเป้าหมายให้นักกีฬามีระดับความสามารถสูงสุดในวงรอบปี (Peak) ทั้งนี้ความสามารถสูงสุดที่นักกีฬาทำได้ซึ่งวัดได้จาก

เวลาที่ทำได้จากการแข่งขันมีความสำคัญโดยตรงกับรูปแบบการลดปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อมลงก่อนจะเข้าสู่การแข่งกันหรือที่เรียกว่า Taper

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

(7) ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training unit: T.U.) ตามรูปแบบการคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของ (Mujika et al.,1996)

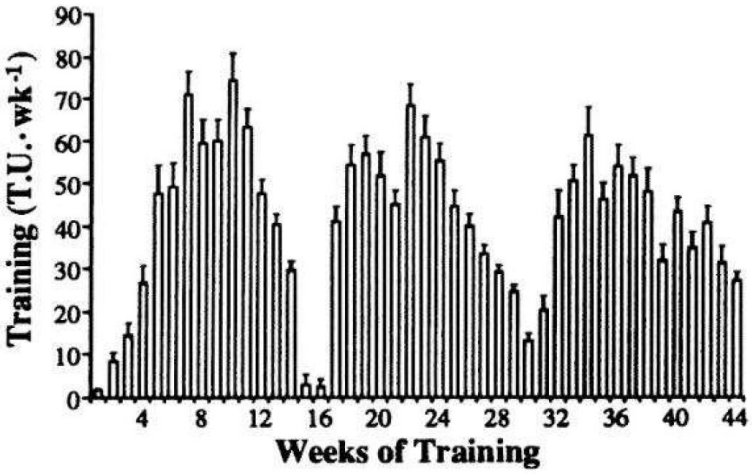
เพื่อเป็นการประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit: T.U.) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ รูปแบบการคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของ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

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

เมื่อ W คือปริมาณการฝึกซ้อมใน 1สัปดาห์, 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 หมายถึงค่าน้ำหนักดัชนีของความหนักในการฝึกในแต่ละระบบพลังงานและ Dry 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 กิโลเมตรของการว่ายที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทสูงสุด (>16 มิลลิโมล; SP2,SP3) ทั้งนี้เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดแล้วจะทำให้ได้ค่าของความเร็วในการฝึกที่ตอบสนองต่อปริมาณแล็คเตทที่ระดับความหนักแตกต่างกันเป็นรายบุคคล

Mujika และคณะ (Mujika et al., 1996) ทำการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบโมเดลเกี่ยวกับปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม (Marcocycle) และช่วงของการลดปริมาณการฝึกซ้อมก่อนการแข่งขัน (Taper) ตลอดระยะเวลาของการฝึกซ้อม 44 สัปดาห์ในนักกีฬาระดับความสามารถสูง (International level) พบว่าปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย

ในแต่ละช่วงของการฝึกในแต่ละ Mesocycle มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าปริมาณและความหนักสูงสุดประมาณ 70-80 หน่วยในแต่ละ Mesocycle (ภาพประกอบที่ 7)



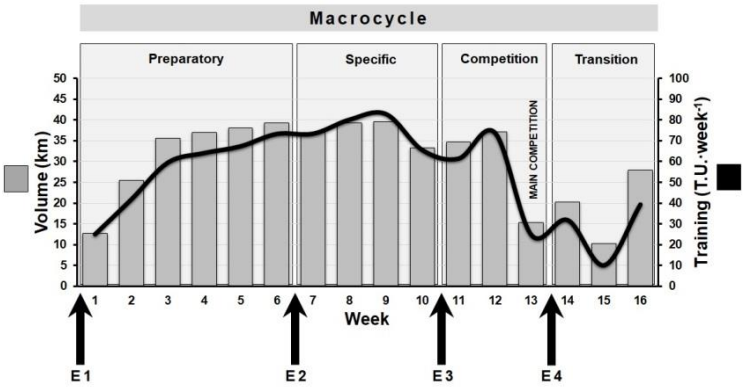
ภาพประกอบที่ 7: ปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของการฝึกซ้อมตามแผนการฝึกซ้อม (Marcocycle) ระยะ 44 สัปดาห์

Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020) ได้ทำการศึกษาเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางด้านระบบพลังงาน เทคนิคในการว่ายน้ำ และองค์ประกอบทางกายของนักกีฬาเยาวชนในระยะเวลาของวงรอบการฝึกซ้อม Marcocycle 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 8) Ferreira และคณะ (Ferreira et al., 2019) ทำการศึกษาและประเมินองค์ประกอบทางด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ใน 1 วงรอบการฝึก (Marcocylce) จำนวนทั้งสิ้น 11 สัปดาห์ ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนอายุเฉลี่ย 11.62 + 1.19 ปี พบว่า ในช่วงของการเตรียม (Preparatory macrocycle) องค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกประกอบด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิค 96 % แอนแอโรบิค 4 % และเทคนิค 36 % ในช่วงการฝึกซ้อมแบบเฉพาะเจาะจง (Specific macrocycle) ประกอบด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิค 93% แอนแอโรบิค 7% และเทคนิค 31% และช่วงของการแข่งขันประกอบด้วยรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิค 32% แอนแอโรบิค 31% และเทคนิค 21% ตามลำดับ

(8) ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic Model) ในนักกีฬาว่ายน้ำ (Vilas-Boas et al., 2014)

การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ สามารถแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรและองค์ประกอบต่างๆได้โดยใช้โมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถของนักกีฬา (Deterministic model) Vilas-Boas (2014) ได้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรและองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา อันประกอบด้วย สรีรวิทยา(Physiology)ระบบพลังงาน (Energetics) ขนาดร่างกาย (Anthropometry) ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics)การควบคุมการเคลื่อนไหวของ

ร่างกาย (Motor control) จิตวิทยา(Psychology)และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในร่างกาย(Thermography) การศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางและระบุตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำในอดีตนั้นเป็นไปในลักษณะของการศึกษาวิจัยแบบเฉพาะศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเท่านั้น (Monodisciplinary research) อาทิเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด สัดส่วนร่างกาย (Anthropometrics) ที่ส่งผลต่อความสามารถได้รับความนิยมมากในปี 1970 และปี 1980 (Barbosa et al.,2013) อย่างไรก็ตาม Clarys, J.P. (1996) พบว่าการคาดการณ์ศักยภาพและความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำนั้นจะต้องพิจารณาในหลายๆปัจจัยร่วมกันอาทิ เช่น ขนาดรูปร่าง (Anthropometrics) องค์ประกอบทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ทั้งในส่วนของแรงต้าน (Drag) และแรงขับเคลื่อน (Propulsion) องค์ประกอบทางด้านจิตวิทยา (Psychology) วิธีการฝึกซ้อมและกระบวนการสอน (Training and pedagogy) และองค์ประกอบด้านเวชศาสตร์ (medicine) เป็นต้น



ภาพประกอบที่ 8 : องค์ประกอบของโครงสร้างของโปรแกรมการฝึกเมื่อพิจารณาปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยใน 1 Macrocycle (Zacca et al., 2020)

(9) สมรรถภาพทางกายและระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน

การทดสอบและประเมินผลทางด้านสมรรถภาพทางกายและระบบพลังงานที่ใช้ในการแข่งขันสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำนั้นดำเนินการภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อติดตามผลและตรวจสอบการฝึกซ้อมและการแข่งขันในกีฬาว่ายน้ำ 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

จากภาพประกอบด้านซ้ายของแผนภูมิรูปภาพคือดัชนีชีวัดของความหนักในการออกกำลัง และด้านขวาคือระบบพลังงานของโค้ชในการฝึกซ้อม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

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

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

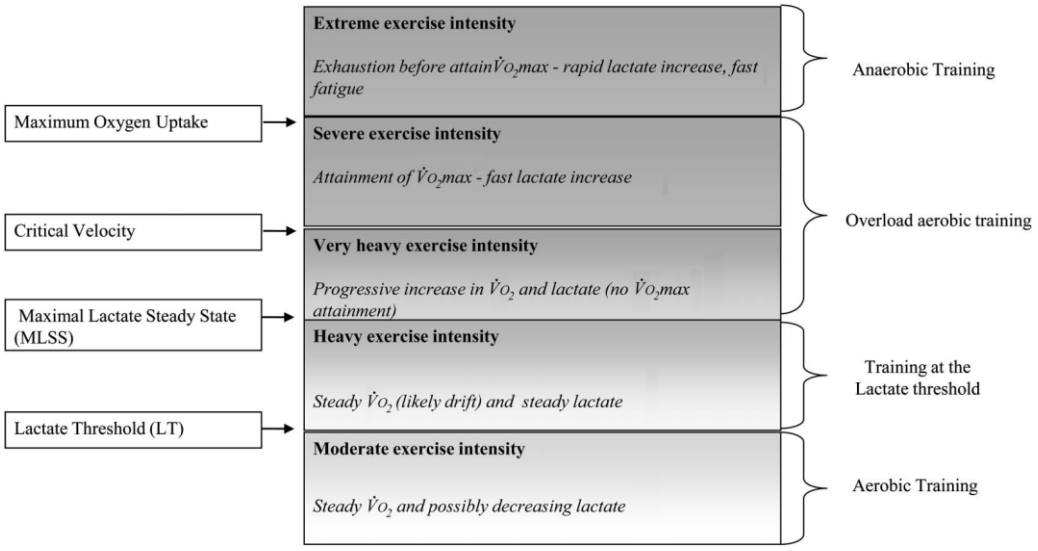
3.Critical velocity คือดัชนีชี้วัดความหนักในการออกกำลังระดับหนัก (Very heavy exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนา Aerobic capacity และ Aerobic powerไปพร้อมๆกัน

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

5.ในการออกกำลังระดับหนักมากที่สุด (Extreme exercise intensity) ซึ่งโค้ชจะมุ่งเน้นรูปแบบการฝึกซ้อมใน 2 ลักษณะคือ

5.1 Anaerobic training เพื่อพัฒนา Anaerobic capacity และ Anaerobic power ไปพร้อมๆกัน โดยลักษณะของการฝึกมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความทนทานต่อการเกิดกรดแล็คติก (Lactate tolerance: LT1และความสามารถในการผลิตกรดแล็คติกสูงสุด (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 9: การตอบสนองของระบบพลังงานต่อความแตกต่างของความหนักที่สัมพันธ์กับเวลาของการว่ายน้ำ (Toubekis & Tokmakidis, 2013)

การกำหนดชื่อระบบพลังงานสำหรับใช้ในการจัดโปรแกรมฝึกของนักกีฬาว่ายน้ำ สามารถกำหนดรูปแบบชื่อเรียกตามระบบพลังงานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งรูปแบบการกำหนดชื่อระบบพลังงานแบบสหรัฐอเมริกา การกำหนดชื่อระบบพลังงานแบบออสเตรเลีย และการกำหนดชื่อระบบพลังงานตามงานวิจัยหรือผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่2: การกำหนดชื่อระบบพลังงานสำหรับใช้ในการจัดโปรแกรมฝึกของนักกีฬาว่ายน้ำ

Training Zone	Description	Heart rate (bpm)	Blood lactate (M^{-1})	Energy Source	Energy system Categories				
					British Swimming	Australia	USA	Maglischo (2003)	Olbrecht (2003)
1	Aerobic Low Capacity	>-50	0.9-2.0	Fat	A1	A1	EN1	EN1	AEC
	Aerobic Maintenance	-40 to-50	2.0-4.0	Fat/CHO	A2	A2			
2	Anaerobic Threshold	-30 to-40	2.0-4.0	Fat/CHO	A3	A3	EN2	EN2	
		-20 to-30	3.0-6.0	Fat/CHO	AT	AT			
3	Aerobic Overload	-10 to-20	6.0-12.0	CHO	MVO2	MVO2	EN3	EN3	AEP
4	Lactate Tolerance	-0 to-10	8.0-15.0	ATP-CP	LT	LT	SP1	SP1	ANC
	Lactate Production	-0 to-10	12.0-20.0	ATP-CP	LP	LP	SP2	SPP2	ANP
5	Speed	N/A	N/A	ATP-CP	SP	SP	SP3	SP3	Sprint

ทั้งนี้หากกำหนดชื่อเรียกตามระบบพลังงานว่ายน้ำของออสเตรเลีย ที่สัมพันธ์กับระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกซ้อมและแข่งขันของนักกีฬาว่ายน้ำสามารถจำแนกออกเป็น 5 ระดับ (ภาพประกอบที่ 11) คือ

ระดับที่ 1 แบบใช้ออกซิเจน [Aerobic (A1, A2, A3)]

A1: แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) ที่ความหนักประมาณ 65-75%, ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 50 ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตทไม่เกิน 2 มิลลิโมล, ระดับการรับรู้ความเหนื่อยน้อยกว่า 9

A2: การฝึกเพื่อสร้างพื้นฐานของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนในร่างกาย (Aerobic) ที่ความหนัก75-80 %, ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 40-50 ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตทไม่เกิน 2 -4 มิลลิโมล, ระดับการรับรู้ความเหนื่อย 10-12

A3: การฝึกเพื่อการกระตุ้นระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน และเพิ่มประสิทธิภาพในระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ความหนัก 80-85%, ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 30-40 ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตทไม่เกิน 2 -4มิลลิโมล, ระดับการรับรู้ความเหนื่อย 14-15

ระดับที่ 2 แบบไม่ใช้ออกซิเจน [Anaerobic threshold (AT)] เป็นการฝึกที่มีการเกิดกรดแลคติกและสลายตัวในปริมาณที่เท่าๆกันที่ความหนัก 85-92%, ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 20-30 ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตท 3 -6 มิลลิโมล [หรือที่ 4 มิลลิโมล (V_4),ระดับการรับรู้ความเหนื่อย 17-19

ระดับที่ 3 แบบพัฒนาความอดทนสูงสุด (High-performance endurance = MVO2) ความหนัก 92-100 %, ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 10-20 ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตท 6 -12 มิลลิโมล,ระดับการรับรู้ความเหนื่อย 17-19

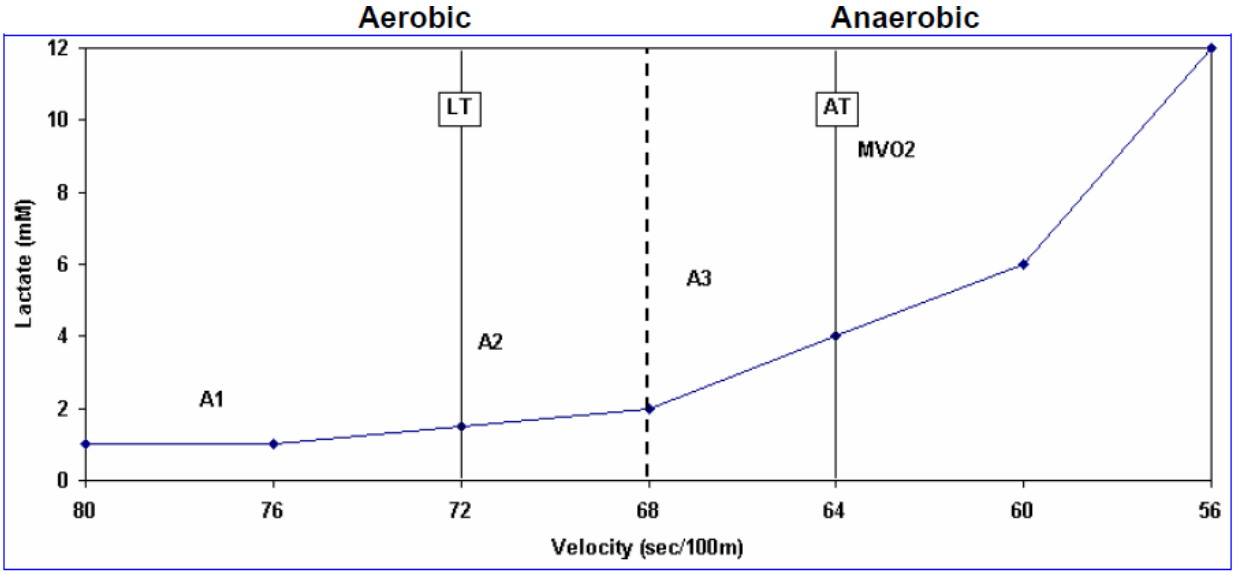
ระดับที่ 4 แบบไม่ใช้ออกซิเจน Anaerobic [(LT1, LT2, LP)] เป็นการฝึกระบบคุณภาพสูง มี 3 แบบ คือ การผลิตกรดแลคติก (Lactate production) ความทนทานต่อกรดแลคติก (Lactate tolerance) กรดแลคติกสูงสุด (Peak lactate)

-Lactate tolerance (LT1): คือ ความสามารถในการปรับสมดุลกรด–ด่าง (buffer) และความอดทนของกล้ามเนื้อต่อการเกิดกรดแลคติก ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 5-15 ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตท 8 -15 มิลลิโมล,ระดับการรับรู้ความเหนื่อย 17-19

-Lactate production (LT2): คือ ความสามารถในการผลิตกรดแลคติก (Lactate production) ชีพจรต่ำกว่าชีพจรสูงสุด 0-10ครั้ง/นาที, ปริมาณแลกเตท 12-20 มิลลิโมล,ระดับการรับรู้ความเหนื่อย 19-20

-Peak Lactate: นักกีฬาว่ายน้ำจะผลิตกรดแลคติกสูงสุดหรือใกล้เคียงเมื่อว่ายในระบบนี้

ระดับที่ 5 แบบเร็วในเวลาสั้น ๆ [Sprint (SP)] คือความสามารถสูงสุดในการเพิ่มความเร็วกว่าเกณฑ์ปกติ (HVO) High velocity overload



ภาพประกอบที่ 10: การจำแนกโซนของระบบพลังงานของสถาบันวิทยาศาสตร์การกีฬาประเทศออสเตรเลีย

(10) 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) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความสามารถในการออกแรงว่ายที่สัมพันธ์กับความสามารถในการว่ายน้ำสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

(1) ท่าว่ายที่มีค่าเฉลี่ยของแรง (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) มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการว่ายของนักกีฬาในระยะสั้น (50-100 เมตร)

(4)ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion force) สามารถนำไปเป็นตัวบ่งชี้ของความสามารถของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการออกแรง (Stroking force production) ในการว่ายของนักกีฬาในแต่ละสโตรก

(11) หลักการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling หรือ SEM) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ได้รับความนิยม อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถใช้ในการยืนยันโครงสร้างของทฤษฎีว่าสามารถนำไปใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้จริง และที่สำคัญการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเป็นวิธีการที่ผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นโดยยอมให้ความคลาดเคลื่อนของ ข้อมูลที่ได้จากการวัดตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันได้ ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดล สมการโครงสร้างมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โมเดลสมการโครงสร้างเป็นผลมาจากการสังเคราะห์วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญสามวิธี ได้แก่

1.การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

2. การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis)

3.การประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

ขั้นตอนการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างนั้น มีขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนแรกเป็นการกำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดล ขั้นตอนที่สองเป็นการระบุค่าความเป็นไปได้ ค่าเดียวของโมเดล ขั้นตอน ที่สามเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล ขั้นตอนที่สี่เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล และขั้นตอนที่ห้า เป็นการปรับโมเดล (Marcoulides & Schumacker, 2001; Schumacker & Lomax, 2010) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดล

การกำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดล (Model specification) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด หรือ เรียกได้ว่า “เป็นหัวใจ” ของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องเชื่อมโยงทฤษฎี งานวิจัย และสารสนเทศที่ต้องใช้ในการพัฒนาโมเดลก่อนเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยนักวิจัยต้องระบุโมเดลจำเพาะ (Particular model) ที่ใช้ในการยืนยันหรือตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลที่อยู่ในรูปของความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (Variance – covariance data) ซึ่งการระบุโมเดลจำเพาะนั้นผู้วิจัยต้องอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการคัดเลือก หรือ ตัดตัวแปรสังเกตได้ออกจากโมเดลจำเพาะซึ่งนับเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุดในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Cooley, 1978) และโมเดลที่พัฒนาขึ้นนี้จะเป็นโมเดลที่เหมาะสมก็ต่อเมื่อการกำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดลมีความสมเหตุสมผล และความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของโมเดลจำเพาะนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557)

2) การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล

การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Model identification) เป็นขั้นตอนที่เชื่อมโยงระหว่างโมเดลสมการ โครงสร้างที่ผ่านการกำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดล (Model specification) โดยพิจารณาความสมเหตุสมผลอย่างถี่ถ้วนกับ โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลจึงนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญประการหนึ่ง เพราะถ้าการระบุค่าความเป็นไปได้ค่าเดียวไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่เป็นไป

ตามที่ต้องการ การระบุค่าความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลคือการระบุว่าโมเดลนั้นสามารถนำมาประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียวหรือไม่ ถ้าจำนวนสมการที่คำนวณน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดลและจะประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ค่าเดียว สำหรับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าแต่ละตัว (ค่าองศาอิสระเป็นบวก) เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุเกินพอดี (Over-identified model) และถ้าจำนวนสมการที่คำนวณเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดลและจะประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ ค่าเดียวสำหรับพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าแต่ละตัว (ค่าองศาอิสระเป็นศูนย์) เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุพอดี (Just-identified model) ซึ่งทั้งโมเดลระบุเกินพอดี (Over-identified model) และโมเดลระบุพอดี (Just-identified model) ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างได้ (พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557)

3) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล(Model estimation) เป็นขั้นตอนที่โปรแกรม LISREL ประมาณค่า พารามิเตอร์ต่างๆ ของโมเดลตามที่ระบุค่าความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล โดยสามารถเลือกใช้วิธีการต่างๆ ในการประมาณค่าได้ 6 วิธี ได้แก่ วิธี Instrumental variables (IV) วิธี Two-stage least squares (TS) วิธี Unweighted least squares (UL) วิธี Ggeneralized least squares (GL) วิธี Generally Weighted least squares (WL) และวิธี Maximum likelihood (ML) (Joreskog & Sorbom, 2012) วิธี Maximum likelihood (ML) เป็นวิธีการที่มีการใช้เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากเป็นวิธีที่โปรแกรม LISREL กำหนดให้เป็นวิธีตั้งต้นของโปรแกรม (Default) และเป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลที่แพร่หลายมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการที่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีระดับการวัดแบบอันตรภาคชั้นและแบบเรียงอันดับ โดยที่การ แจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติหรือไม่ปกติเพียงเล็กน้อย (Schumacker & Lomax, 2010; พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557)

ขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Maximum likelihood (ML) หลังจากที่กำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดล (Model specification) และระบุค่าความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Model identification) ดังนี้

1. คำนวณค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลเชิงประจักษ์ (เมทริกซ์ S)

2. สุ่มตัวเลขแทนค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรที่ต้องการประมาณค่า 1 พารามิเตอร์ แล้วทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ ทุกค่าของโมเดลตามที่ระบุค่าความเป็นไปได้ค่าเดียว

3. นำตัวเลขค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่าในขั้นที่ 2 มาทำการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่าความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลตามสมมติฐาน (เมทริกซ์)

4. คำนวณค่าพารามิเตอร์ตามขั้นที่ 2 และ 3 ซ้ำจนค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของเมทริกซ์ S กับ เมทริกซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน แล้วจึงหยุดการประมาณค่า

5. รายงานค่าพารามิเตอร์ที่ทำการประมาณค่า จากขั้นตอนที่4 “ทุกค่า” พร้อมทั้งรายงานค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ค่าสถิติทดสอบที (t-value) ของค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้น ค่าเมทริกซ์ และค่า Standardized residuals

4) การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล

การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล (Model testing) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยต้องพิจารณาดัชนีตรวจสอบ ความสอดคล้องของโมเดลอย่างถี่ถ้วน โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา 3 ข้อ คือ 1) พิจารณาความสอดคล้องของโมเดลสมการ โครงสร้างที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 2) พิจารณาค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้นว่าแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ และ 3) พิจารณา ความสมเหตุสมผลของขนาดและทิศทางของค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้น (Schumacker & Lomax, 2010)

5) การปรับโมเดล

การปรับโมเดล (Model modification) เป็นขั้นตอนที่กระทำต่อเมื่อมีค่าพารามิเตอร์บางค่าที่ไม่แตกต่างจากศูนย์ (|t| > 1.96) หรือมีทิศทางของค่าพารามิเตอร์ไม่ตรงกับทฤษฎีที่กำหนดไว้ หรือเกิดปัญหาทั้งสองอย่าง ผู้วิจัยจำเป็นที่จะต้องปรับ โมเดล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรสังเกตได้ หรือ โมเดลตามสมมติฐานที่กำหนด ขึ้นไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ ขาดการทบทวนอย่างถี่ถ้วน การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วยังไม่พบข้อสรุปที่ชัดเจน สำหรับการปรับโมเดล (Model modification) สามารถแยกเป็น 2 ประเด็น คือ การปรับโมเดลสมการโครงสร้างในส่วน ที่เป็นความคลาดเคลื่อน และการปรับโมเดลสมการโครงสร้างในส่วนที่เป็นโมเดลการวัดและ/หรือโมเดลสมการโครงสร้าง

วิธีการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง

การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างในปัจจุบันมี 2 วิธี วิธีแรกเป็นการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างด้วยวิธีการแบบ สองขั้นตอน (Two step approach to modeling) และวิธีที่สองเป็นการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้างด้วยวิธีการแบบสี่ขั้น ตอน (Four step approach to modeling) รายละเอียดดังนี้

1) วิธีการแบบสองขั้นตอน (Two step approach to modeling)

ในปี 1988 Anderson และ Gerbing ได้เสนอวิธีการแบบสองขั้นตอน (Two step approach to modeling) ในการพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง โดยมีขั้นตอนการพัฒนาโมเดลดังนี้

ขั้นตอนแรก ตรวจสอบโมเดลการวัด (Measurement model) โดยพิจารณาว่าตัวแปรแฝงที่ผู้วิจัยทำการศึกษาวัด มาจากตัวแปรสังเกตได้ที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังนั้น สิ่งที่ต้องดำเนินการในขั้นตอนนี้ก็คือต้องดูว่าตัวแปรแฝงในโมเดลสมการ โครงสร้างที่พัฒนาขึ้นมีทั้งหมดกี่ตัวแปร และต้องทำการตรวจสอบโครงสร้างโมเดลการวัดของตัวแปรแฝงทุกตัวแปรก่อนว่า สามารถวัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ที่กำหนดโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis)

ขั้นตอนที่สอง วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural model) พิจารณาความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนา ขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยดูจากค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดล ค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้นและความสมเหตุสมผลของ ขนาดและทิศทางของค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้น

2) วิธีการแบบสี่ขั้นตอน (Four steps approach to Modeling)

ต่อมาในปี 2000 Mulaik & Millsap ได้เสนอวิธีการแบบสี่ขั้นตอน (Four step approach to modeling) ใน การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง โดยมีขั้นตอนการพัฒนาโมเดล ดังนี้

ขั้นตอนแรก วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis) ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวแปรเพื่อ ทำการคัดเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญเข้าสู่โมเดลการวัด

ขั้นตอนที่สอง ตรวจสอบโมเดลการวัด (Measurement model) ของตัวแปรแฝงแต่ละตัวแปรเพื่อยืนยันโครงสร้าง ของโมเดลการวัดในขั้นตอนแรกว่าตัวแปรแฝงที่ผู้วิจัยทำการศึกษาวัดมาจากตัวแปรสังเกตได้ที่กำหนดไว้หรือไม่

ขั้นตอนที่สาม ตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงในโมเดลสมการโครงสร้างว่ามีความสัมพันธ์เพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างหรือไม่

ขั้นตอนที่สี่ วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural model) พิจารณาความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนา ขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยดูจากค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดล ค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้น และความสมเหตุสมผลของ ขนาดและทิศทางของค่าพารามิเตอร์แต่ละเส้น (พูลพงศ์ สุขสว่าง, 2557)

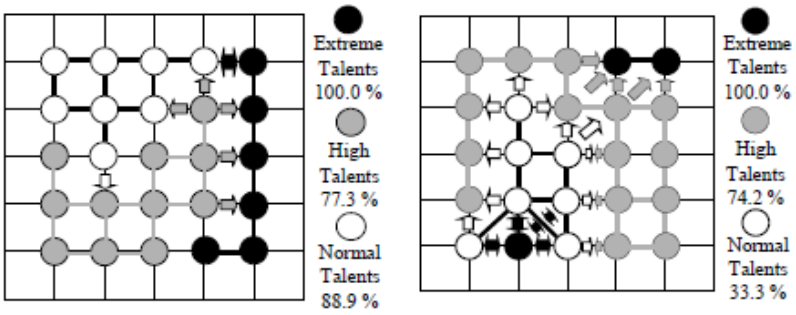
(12) การวิเคราะห์เส้นทาง (Path-flow analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ที่ส่งผลต่อความสามารถในการว่ายท่าฟรีสไตล์ 100 เมตรของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (Morais et al., 2013)

การตรวจสอบวุฒิความสามารถหรือพรสวรรค์ (Talent Identification) ในนักกีฬาว่ายน้ำมีความซับซ้อนและต้องอาศัยกรอบการทำงานที่ต่อเนื่องในระยะยาวเพื่อพัฒนานักกีฬาให้ก้าวไปสู่การเป็นนักกีฬาที่ประสบความสำเร็จในการแข่งขัน การศึกษาวิจัยเพื่อค้นหาแนวทางและระบุตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำในอดีตนั้นเป็นไปในลักษณะของการศึกษาวิจัยแบบเฉพาะศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเท่านั้น (Monodisciplinary research) อาทิเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด สัดส่วนร่างกาย (Anthropometrics) ที่ส่งผลต่อความสามารถได้รับความนิยมมากในปี 1970 และปี 1980 (Barbosa TM et al.,2013) อย่างไรก็ตาม Clarys, J.P. (1996) พบว่าการคาดการณ์ศักยภาพและความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำนั้นจะต้องพิจารณาในหลาย ๆปัจจัยร่วมกันอาทิเช่น ขนาดรูปร่าง (Anthropometrics), องค์ประกอบทางด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ทั้งในส่วนของแรงต้าน (Drag) และแรงขับเคลื่อน (Propulsion) องค์ประกอบทางด้านจิตวิทยา (Psychology) วิธีการฝึกซ้อมและกระบวนการสอน (Training and pedagogy) และองค์ประกอบด้านเวชศาสตร์ (Medicine) เป็นต้น

Morais et al. (2013) พบว่าความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเป็นผลมาจากมีอิทธิพลร่วมกันขององค์ประกอบด้านต่าง ๆในหลากหลายมิติและมีความสัมพันธ์กันซับซ้อนมากขึ้นระหว่างตัวแปรต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้จากรูปแบบการวิจัยแบบตัดขวาง (Cross-sectional studies) พบว่าองค์ประกอบด้านระบบพลังงาน Energetics (Toubekis et al.,2011) ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) (Morais et al., 2012) และทักษะกลไก (Motor control) (Silva et al., 2013) มีอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน โดยองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในนักกีฬาเยาวชนมากกว่าร้อยละ 50-60 (Morais et al., 2013) อย่างไรก็ตามรูปแบบการวิจัยและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variances) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) จากตัวแปรขององค์ประกอบด้านต่าง ๆยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงลึกของตัวแปรต่าง ๆในหลากหลายมิติที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาได้ ดังนั้นรูปแบบการวิจัยแบบระยะยาว (Longitudinal study) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายความสัมพันธ์และผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆที่เกี่ยวข้องและมีการเปลี่ยนแปลงตลอด (Dynamics change)ในแต่ละช่วงระยะเวลาของเส้นทางการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำ ตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ปริมาณการฝึกซ้อม และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา นอกเหนือจากนั้นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ฝึกสอนคือการใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเพื่อกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนโดยมีกระบวนการติดตามและตรวจสอบขั้นตอนการทำอย่างมีระบบทั้งในระหว่างระหว่างการแข่งขันหรือระหว่างฤดูกาลแข่งขัน

Hohmann และ Seidel (2010) ใช้รูปแบบการพัฒนานักกีฬาระยะยาว (MATASS: The Magdeburg Talent study on Elite Sport Schools) ที่ใช้เวลาศึกษาและติดตามนักกีฬาตลอดระยะเวลา 6 ปี โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้ (1) สมรรถภาพทางกายและทางเทคนิคพื้นฐาน ประกอบด้วย เวลาปฏิกิริยาขณะออกสตาร์ท (Wall contact time), เวลาที่เท้าสัมผัสพื้นในขณะยืนกระโดดสูง(ground contact time), ความไวของเท้าในการเคาะแป้นทดสอบ (Foot tapping speed), เวลาปฏิกิริยาจากการกระตุ้นด้วยเสียง

(Acoustic reaction time), ยืนกระโดดสูง (Standing high jump), ยืนกระโดดไกล (Standing long jump), เวลาในการออกสตาร์ท (7.5m start time), เทคนิคและความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ (Technique and Coordination), ความแข็งแรงของแขน (Arm strength), ขนาดรูปร่าง (Anthropometrics), ความกว้างของช่วงแขน (Arm span), ขนาดของมือ (Hand size), ความยืดหยุ่นของหัวไหล่ (Shoulder flexibility), 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) เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานของการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำจำนวน 2 คน ว่ารูปแบบการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำที่มีพรสวรรค์นั้นไม่ควรจะเป็นแบบเชิงเส้น (Non-linear) ควรจะมีองค์ประกอบสำคัญต่างๆที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬามากกว่าการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากเวลาเพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบโครงข่าย (neural networks) และแสดงแผนที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ (Feature mapping)จะทำให้ได้กระบวนการตรวจสอบตลอดจนเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมกับการระบุแววของเด็กที่มีพรสวรรค์ได้อย่างเหมาะสมและมีความแม่นยำ (รายละเอียดดังภาพประกอบที่ 11)



ภาพประกอบที่ 11: ผลลัพท์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยรูปแบบโครงข่าย (neural networks) แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) ของนักกีฬาหญิง (ซ้าย) และนักกีฬาชาย (ขวา) (นักกีฬาที่มีพรสวรรค์สูงมาก :Extreme talent เข้าร่วมการแข่งขันในรายการ Olympic Games, World Championships, European championships, and German championship finals. นักกีฬาที่มีพรสวรรค์สูง: High talents เข้าร่วมการแข่งขันในรายการ (German youth championships)

ชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ (Biophysics in swimming) หมายถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ซึ่งหมายถึงความสามารถทางกลศาสตร์ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Propulsion) และแรงต้าน (Drag) และองค์ประกอบทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) อันได้แก่ ระบบพลังงาน (Energy system) ขบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา Barbosa, T.M. และคณะ (2013) พบว่าองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาตร์และสรีรวิทยาหรือระบบพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ รูปแบบการวิจัยในลักษณะต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ (Biophysics in swimming) และผลกระทบของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีการเปลี่ยนแปลงตลอด (Dynamics change) ในแต่ละช่วงระยะเวลาของเส้นทางการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำ ตามการเปลี่ยนแปลง

ทางด้านร่างกาย ปริมาณการฝึกซ้อม และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ทั้งการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามตัวเดียว (Univariate) และกรณีที่มีตัวแปรตามหลายตัว (Multivariate) ถูกนำมาใช้เพื่อการประเมินผลและติดตามความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการว่ายน้ำ Pyne DB et al. (2001) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures ANOVA) เพื่อติดตามและประเมินจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic threshold) ความทนทานต่อกรดแลคติก (Lactate tolerance) จากการทดสอบ 7x200 โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได (Incremental step test) ของนักกีฬาว่ายน้ำระดับโลกจำนวน 4 ครั้งตลอดระยะเวลาทั้งสิ้น 8 เดือน

Barbosa และคณะ (Barbosa TM et al. 2010) และ Morais และคณะ (JE Morais et al. 2014) ใช้รูปแบบการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณ (Multivariate analysis) โดยเทคนิคการแบ่งกลุ่มหน่วยข้อมูล (Cluster analysis) เพื่อจัดกลุ่มนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนพรสวรรค์ (Young talented) จากข้อมูล (1) ด้านจลศาสตร์ (Kinematics) ได้แก่ ความเร็วในการว่าย 100 เมตร (Swimming velocity)การเปลี่ยนแปลงความเร็ว (Speed fluctuation) และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length) (2) ด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ได้แก่ สัมประสิทธิ์ของพลศาสตร์แรงต้าน (Coefficient of active drag) (3) ด้านองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometric) ได้แก่ความยาวของช่วงแขน (Arm span) ความยาวรอบอก (Chest perimeter) (4) ด้านประสิทธิภาพในการว่ายน้ำ (Efficiency) ได้แก่ ดัชนีชีวัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ความเป็นไปได้ในการพัฒนาตลอดจนเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงในความสามารถของนักกีฬา โดยการจัดกลุ่มตัวแปรที่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน (Homogeneous) และมีความแตกต่างจากตัวแปรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มอื่นๆ

การสร้างโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling: SEM) เป็นเทคนิคทางสถิติเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบ (Testing) และประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงเหตุผล โมเดลการวิจัยเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยมีหลักฐานจากทฤษฎีและงานวิจัยรองรับ มีคำถามวิจัยง่าย ไม่ซับซ้อน มีการตั้งสมมติฐานวิจัยแยกเป็นข้อๆ M. E. Anderson et al. (2006) ใช้โมเดลเชิงเส้นผสม (linear mixed model) เพื่ออธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนขององค์ประกอบทางสรีรวิทยาที่ระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (Sub maximal) โดยวิเคราะห์จากค่าแลคเตทที่ 4 มิลลิโมลและที่ระดับความสามารถสูงสุด (Maximal fitness) จากค่าการเปลี่ยนแปลงระดับค่าของแล็กเทตในเลือด (Blood lactate) ที่ได้จากการทดสอบ 7x 200 โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได (Incremental step test) ของนักกีฬาว่ายน้ำระดับโลกตลอดระยะเวลาทั้งสิ้น 5 ปี เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางสรีรวิทยาจากค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูกาลแข่งขันและเปรียบเทียบระหว่างปี

การวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) เป็นกรณีตัวอย่างหนึ่งของโมเดลการวิจัยที่ศึกษาอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆ เพื่อดูว่ามีอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรที่สันนิษฐานว่าเป็นสาเหตุต่อตัวแปรที่เป็นผลหรือไม่ โดยต้องคำนึงถึงตัวแปรที่แตกต่างกัน คือ ตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) และตัวแปรภายใน (Endogenous variables) Barbosa และคณะ (Barbosa et al., 2010) พัฒนาโมเดลรูปแบบการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) สำหรับศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate) ระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length) และความเร็วในการว่ายน้ำ (Swimming velocity) และตัวแปร

ทางด้านระบบพลังงาน (Energetics) ได้แก่ ความเร็วที่ผลิตชีพจรก่อนที่ร่างกายจะเข้าสู่ระบบ พลังงานแบบแอนแอโรบิค (Critical velocity) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) และประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Propulsive efficiency) ที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา

ทั้งนี้หากโมเดลการวิจัยมีตัวแปรหลายระดับ จะให้ผลการวิจัยที่มีการประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น แต่หากใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น(Hierarchical linear model: HLM) จะได้ผลการวิเคราะห์ตรงตามความเป็นจริงมากขึ้น Costa และคณะ (Costa et al. 2013) ใช้การสร้างแบบจำลองเชิงเส้นตามลำดับชั้น (Hierarchic linear modeling: HLM) ของระบบพลังงาน (Energetics) และชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) เพื่อติดตามปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำชายในระยะยาว โดยพบว่านักกีฬาว่ายน้ำต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2 ฤดูกาลแข่งขันต่อเนื่องถึงจะเห็นการพัฒนาทั้งในส่วนของความสามารถและตัวแปรทางระบบพลังงาน (Energetics) และชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) อันได้แก่ ความเร็วที่ผลิตกรดแล็คติคไม่เกิน 4 มิลลิโมล (V4mmol) ความเข้มข้นของกรดแล็คติกสูงสุด (Peak lactate concentration) ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke frequency) และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (Stroke length) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) และประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Propulsive efficiency)

การวัดพัฒนาการจำเป็นต้องอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาวจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดิม เพื่อตอบปัญหาและทำให้เข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการของสิ่งที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น (พรรณีและคณะ 2014) การวัดที่มีการเก็บข้อมูลสองครั้ง (Two-waves)คือ ก่อนและหลังการเรียนรู้วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงจากการวัดสองครั้ง พบว่า ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ และไม่สามารถอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ (Raykov, 2012) นักวิจัยจึงมีการพัฒนามาเป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ในรูปโมเดลโค้งพัฒนาการ(Latent growth curve model: LGCM) ซึ่งต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลมากกว่าสองครั้ง (Multi-waves) Morais และคณะ (J.E. Morais et al. 2014) ทำการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการ (Latent Growth Curve Model: LGCM) โดยพัฒนาโมเดลเชิงทฤษฎี (Theoretical model) โดยเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนและเป็นตัวแปรที่ใช้กันทั่วไปในการวิจัยเกี่ยวกับกีฬาว่ายน้ำ (Marinho et al., 2010; Morais et al., 2012; Silva et al., 2013) ประกอบด้วยตัวแปรทางด้าน จลศาสตร์ (Kinematics) ได้แก่ ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke frequency) ค่าการผันผวนของความเร็ว (Intra-cyclic speed fluctuation: dv) ประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า Propelling efficiency (dp) ตัวแปรด้านอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamics) ประกอบด้วย แรงต้านแบบแอ็คทีฟ (Active drag: Da) สัมประสิทธิ์แรงต้านแบบแอ็คทีฟ (CD_a) กำลังที่จะเอาชนะแรงต้าน (Pd) และความสามาถ (Performance) ที่ถูกควบคุมด้วยผลกระทบทางเพศ (Gender)

การศึกษาวิจัยเพื่อติดตามผลและตรวจสอบขั้นตอนการฝึกซ้อมและการแข่งขันในกีฬาว่ายน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เสถียรภาพ (Stability) ความก้าวหน้า (Progression) ตลอดจนเปรียบเทียบ (Compare) การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาเพื่อช่วยให้ผู้ฝึกสอนได้กำหนดจุดมุ่งหมายที่แท้จริงของการพัฒนาและช่วยให้สามารถวางแผนและกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่มีความเหมาะสมกับนักกีฬาได้อย่างดีอีกด้วย Costa และคณะ (Costa et al., 2010) ทำการวิจัยเพื่อติดตามผล ตรวจสอบและเปรียบเทียบ (Compare) การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาจากปัจจัยทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ได้แก่

ความถี่หรือจำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาทีที่ผลิตกรดแล็คติกที่4 มิลลิโมล (Stroke frequency :SF@V4) และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียวที่ความเร็วที่ผลิตกรดแล็คติกที่ 4มิลลิโมล (Stroke length: SL@V4) ปัจจัยทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ได้แก่ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำที่ผลิตกรดแล็คติกที่ 4 มิลลิโมล (Stroke index: SI@V4) และประสิทธิภาพของแรงผลักหรือดึงแขนเพื่อให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าที่ผลิตกรดแล็คติกที่ 4 มิลลิโมล (Propulsive efficiency: dP@V4)และความเร็วที่ผลิตกรดแล็คติกที่ 4 มิลลิโมล (V4)

2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตลอดจนเพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลสมการโครงสร้างโดยการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ตามกรอบแนวความคิดการวิจัยของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมีรายละเอียดและเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

การศึกษาเกี่ยวกับชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ (Biophysics in swimming) หมายถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และองค์ประกอบทางด้านระบบพลังงานที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา (Pendergast et al., 2006; Barbosa, T.M. et al.,2010; Vilas-Boas et al., 2014) ซึ่งพบว่ามีความสำคัญในการบ่งชี้และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำ รูปแบบการวิจัยในลักษณะต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ และผลกระทบของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีการเปลี่ยนแปลงตลอด ในแต่ละช่วงระยะเวลาของเส้นทางการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำ ตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ปริมาณการฝึกซ้อมและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา ทั้งการติดตามผลตรวจสอบและเปรียบเทียบ การพัฒนาความสามารถของนักกีฬาจากปัจจัยทางด้านชีวกลศาสตร์ (Costa et al. 2010) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้งการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามตัวเดียว (Univariate) และกรณีที่มีตัวแปรตามหลายตัว (Multivariate) ถูกนำมาใช้เพื่อการประเมินผลและติดตามความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการว่ายน้ำ (Pyne & Swanwick, 2001) ตลอดจนการแบ่งกลุ่มหน่วยข้อมูล (Cluster analysis) เพื่อจัดกลุ่มนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนพรสวรรค์ (Young talented) จากข้อมูล (1) ด้านจลศาสตร์ ได้แก่ ความเร็วในการว่าย 100 เมตร การเปลี่ยนแปลงความเร็ว และระยะทางที่ได้จากการหมุนแขนในครั้งเดียว (2) ด้านอุทกพลศาสตร์ ได้แก่ สัมประสิทธิ์ของพลศาสตร์แรงต้าน (3) ด้านองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ความยาวของช่วงแขน ความยาวรอบอก (4) ด้านประสิทธิภาพในการว่ายน้ำ ได้แก่ ดัชนีชีวัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index) เพื่อประเมินและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเป็นไปได้ในการพัฒนาตลอดจนเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงในความสามารถของนักกีฬา (Barbosa et al.,2013; JE Morais et al.,2016)

การพัฒนาโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation modeling:SEM) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) เป็นการวิจัยที่ศึกษาอิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยพิจารณาจากตัวแปรที่แตกต่างกัน ทั้งตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) และตัวแปรภายใน (Endogenous variables) ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาโมเดลรูปแบบการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) สำหรับศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางด้านชีว

กลศาสตร์และตัวแปรทางด้านระบบพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (Morais et al., 2013) Costa และคณะ (Costa et al.,2013) ใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น (hierarchical linear model: HLM) จะได้ผลการวิเคราะห์ตรงตามความเป็นจริงมากขึ้น (Costa et al.,2013) ใช้การสร้างแบบจำลองเชิงเส้นตามลำดับชั้น (Hierarchic linear modeling: HLM) ของระบบพลังงานและชีวกลศาสตร์ เพื่อติดตามปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำชายในระยะยาว Morais และคณะ (Morais et al.,2014)ทำการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการ (Latent Growth Curve Model: LGCM) โดยพัฒนาโมเดลเชิงทฤษฎี โดยเลือกตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน เป็นต้น

ในกีฬาว่ายน้ำมาราธอนพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการศึกษาผลของการตอบสนองของอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำต่ออุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการแข่งขัน (Tipton & Bradford, 2014) การวิเคราะห์กลยุทธ์ของนักกีฬาที่ใช้ในการแข่งขัน (Veiga et al.,2019) คุณลักษณะและองค์ประกอบทางกายของนักกีฬา (Knechtle et al.,2009) รูปแบบการฝึกซ้อมที่ส่งผลต่อความสามารถ (Knechtle et al.,2009) และปัจจัยด้านโภชนาการที่ส่งผลต่อความสามารถ (Shaw et al.,2014) อย่างไรก็ตามการศึกษาปัจจัยด้านสรีรวิทยา จิตวิทยา และการเปลี่ยนแปลงเทคนิคและทักษะที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนยังมีการศึกษาในวงจำกัด จากการศึกษาในรูปแบบการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic review) เกี่ยวกับองค์ประกอบและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนของ Baldassarre และคณะ (Baldassarre et al., 2017) พบว่า (1) ช่วงอายุที่นักกีฬาประสบความสำเร็จสูงสุดในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22–28ปี (2) ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบร่างกาย (Anthropometric) กับความสามารถในการว่ายยังไม่ชัดเจน (3) นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่ดีต้องสามารถว่ายด้วยความเร็วคงที่ที่ระดับ 80-90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (4) นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนควรมีความสามารถในการใช้แรงและกำลังในการว่าย (Propelling efficiency) อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ Vanheest และคณะ (Vanheest et al.,2004) ทำการศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทั้งชายและหญิงพบว่านักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนต้องมี (1) ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคในการยืนระยะการทำงานที่ดี (Aerobic capacity) (2) ความสามารถในการควบคุมความเร็วในการว่ายที่ระดับแอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (Anth) อย่างต่อเนื่องและ (3) ปริมาณไขมันในร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักกีฬาว่ายน้ำ อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับโมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน เพื่ออธิบายตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tether force) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่ส่งผลร่วมกันต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

บทที่ 3: วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) และ (2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลสมการโครงสร้างโดยการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis)เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาอนุมัติในด้านจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มกลุ่มคลินิก / วิทยาศาสตร์สุขภาพ / วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยบูรพา ตามโครงการวิจัยที่ HS007/2563 ลงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2563 ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1.วิธีการศึกษา

3.2.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.3.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 วิธีการศึกษา

โครงการวิจัยเรื่องโมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทีมชาติไทย มีวิธีการศึกษาตามรูปแบบของวัตถุประสงค์หลักของการวิจัยรายละเอียดดังนี้

1.การศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3)

1.1 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

รูปแบบการศึกษาและวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบบทดลองกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการฝึก (One Group Pretest Posttest Design) โดยกำหนดระยะเวลาของการทดสอบออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ ระยะก่อนการทดลอง (Pretest) ทำการทดสอบในสัปดาห์ที่1 ก่อนเข้าสู่โปรแกรมการฝึกและระยะหลังการทดลอง (Posttest) ทำการทดสอบใน 1 สัปดาห์ภายหลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึกภายใต้แบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental Design) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลง

ของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบด้านต่างๆ ดังนี้

(1) องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) ประกอบด้วย น้ำหนัก (Weight) ส่วนสูง (Heigth) ร้อยละของไขมัน (% Body fat) และดัชนีมวลกาย (BMI)

(2) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ประกอบด้วย ความจุปอด ความสูงในการกระโดด และความสามารถในด้านพิสัยของข้อต่อเฉพาะในกีฬาว่ายน้ำซึ่งประกอบด้วย Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR), Combined Elevation (CE), Glenohumeral Internal Rotation (IR), External Rotation (ER), Straight Leg Raise (S.L.R.)

(3) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการว่ายน้ำท่า ฟรีสไตล์โดยการออกแรงว่ายเต็มที่ ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วินาที 3 รูปแบบคือ การว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว (Arms only) การว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว (Legs only) และการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา

(4) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ซึ่งประกอบด้วย

4.1) การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคจากการทดสอบ 5x200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al., 2004) จากตัวแปรค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (Individual Anaaerobic Threshold: VAnth) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) ความเร็วที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2Max) และปริมาณแลคเตทสูงสุดที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($La^-@VO_2Max$)

4.2) การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค จากการทดสอบว่ายน้ำ 6 x 50เมตร เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยในการว่ายน้ำ (Average velocity) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ (Stroke index:SI) ปริมาณแลคเตทสูงสุด ($MaxLa^-$) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) จำนวนครั้งของอัตรารอบแขนหมุนต่อนาที (Stroke rate: SR)

(5) ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร โดยประเมินจากเวลาที่นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนทำได้จากการแข่งขันในสนามแข่งขันจริงที่จัดการแข่งขันโดยสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยจำนวน 3 ครั้งคือในสัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 7 และสัปดาห์ที่ 13

1.2 การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) และความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads)

เพื่อเป็นการประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักและปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายในที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและความสามารถทางกาย การคำนวณตามปริมาณความหนักในการฝึกซ้อม และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายในของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัยเพื่อประเมินและติดตามปริมาณและความหนักในการฝึกซ้อมใน 3 ลักษณะคือ

1) ระยะทางในการฝึกซ้อมรวมในแต่ละสัปดาห์ โดยบันทึกระยะทางรวมในการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนและหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ตามรูปแบบการศึกษาของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020)

2) การคำนวณหน่วยการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนตามรูปแบบของ Mujika และคณะ (Mujika et al.,1996) ซึ่งอธิบายปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยโดยพิจารณาจากสมการ

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

เมื่อ W คือปริมาณการฝึกซ้อมใน 1สัปดาห์, 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 หมายถึงค่าน้ำหนักดัชนีของความหนักในการฝึกในแต่ละระบบพลังงานและ Dry 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 กิโลเมตรของการว่ายที่ความเร็วสัมพันธ์กับปริมาณแล็คเตทสูงสุด (>16 มิลลิโมล; SP2,SP3) ทั้งนี้เมื่อผู้วิจัยทำการทดสอบ 5x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันไดเพื่อประเมินค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดแล้วจะทำ ให้ได้ค่าของความเร็วในการฝึกที่ตอบสนองต่อปริมาณแล็คเตทที่ระดับความหนักแตกต่างกันเป็นรายบุคคล

1.3 การประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน ซึ่งหมายถึงระดับการตอบสนองของร่างกายนักกีฬาอันเนื่องมาจากการฝึกซ้อมในรูปแบบต่าง ๆกัน (Internal training workloads) ซึ่งสามารถสรุปเป็นประเด็นในรายละเอียดดังนี้

1.การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) ซึ่งประเมินจากการรับรู้ระดับความหนัก 30 นาทีภายหลังการฝึกซ้อมในแต่ละครั้งจากแบบประเมินของ Borg ซึ่งมี เกณฑ์คะแนนต่ำสุด 1 คือไม่เหนื่อยเลย และ 10 คือเหนื่อยมาก คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมแต่ละครั้ง เป็นนาที (Foster et al., 2001; Collette et al., 2018) ดังสมการ

$sRPE^{h}$ = การรับรู้ระดับความหนักในการฝึก (RPE) * ระยะเวลาในการฝึก (นาที)

2. การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) ซึ่งคูณกับระยะทางในการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (Session) และนำเสนอข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ (Nagle et al., 2015; Collette et al., 2018) ดังสมการ

$sRPE^{km}$= การรับรู้ระดับความหนักในการฝึก (RPE) * ระยะทางในการฝึก (กิโลเมตร)

3.การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่การรับรู้ระดับของความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) คุณภาพของการนอน (Sleep quality) และดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) ซึ่งเป็นผลรวมของคะแนนประเมินทั้ง 4 องค์ประกอบ ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลจากการประเมินรายบุคคลในช่วงเวลา 30 นาทีก่อนการฝึกในแต่ละวันและนำเสนอข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยรายสัปดาห์ โดยที่ระดับของการประเมินมีคะแนนตั้งแต่ 1–7 คะแนน โดยที่คะแนน 1 หมายถึง มีความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) ต่ำ ส่วนคะแนน 7 หมายถึง มีความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) อยู่ในระดับสูงที่สุด ในทางตรงกันข้าม คะแนน 1 หมายถึง คุณภาพของการนอน (Sleep quality) อยู่ในระดับต่ำ ส่วนคะแนน 7 หมายถึง คุณภาพของการนอนอยู่ในระดับดีมากที่สุด (Hooper & Mackinnon, 1995; Clemente et al., 2021)

รายละเอียดของวิธีการศึกษาตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 นำเสนอดังภาพประกอบที่ 12

วัน	ตารางฝึกรายสัปดาห์	
	เช้า	เย็น
จันทร์		โปรแกรมการฝึกซ้อมในสระครั้งที่ 1
อังคาร	โปรแกรมเสริมสร้างความแข็งแรงครั้งที่ 1	โปรแกรมการฝึกซ้อมในสระครั้งที่ 2
พุธ		โปรแกรมการฝึกซ้อมในสระครั้งที่ 3
พฤหัสบดี	โปรแกรมเสริมสร้างความแข็งแรงครั้งที่ 2	โปรแกรมการฝึกซ้อมในสระครั้งที่ 4
ศุกร์		โปรแกรมการฝึกซ้อมในสระครั้งที่ 5
เสาร์	โปรแกรมการฝึกซ้อมในสระครั้งที่ 6	พัก
อาทิตย์	พัก	

ช่วงเวลา	การทดสอบก่อนโปรแกรมการฝึก (Pretest)		
ก่อนการทดลอง Pretest	**วันที่1:** 1.องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic), 2.ความสามารถในการออกแรง (Tether force)	**วันที่2:** 1.สมรรถภาพทางกาย (Physical performance),2.การทดสอบ 5x200 step test	**วันที่ 3:** การทดสอบ 6 x50 speed endurance test
ดำเนินการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึก ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์	**รายละเอียดการฝึกซ้อม**		
	ช่วงที่1: Preparatory phase Aerobic (weeks 1- 6)	**ช่วงที่ 2:** Specific phase Aerobic/anaerobic (weeks7-10)	**ช่วงที่ 3:** Competition Main competition
	Pretest ทดสอบก่อนทำการฝึก; Week1 **รายการแข่งขันครั้งที่ 1** โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 1; Week2 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 2; Week3 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 3; Week4 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 4; Week5 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 5; Week6 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 6; Week7 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 7 **รายการแข่งขันครั้งที่ 2**; Week8 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 8; Week9 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 9; Week10 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 10	Week11 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 11; Week12 โปรแกรมฝึกสัปดาห์ที่ 12; **Posttest** ทดสอบหลังทำการฝึก **รายการแข่งขันครั้งที่ 3**
	บันทึกข้อมูลการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ : (1)Training Volume (2) Internal training workloads (sRPE^{a}, sRPE^{km}) (3)Monitoring Well-being(Stress, Fatigue, Muscle soreness, Sleep quality, Hooper index)		
	การทดสอบหลังโปรแกรมการฝึก (Posttest)		
หลังการทดลอง Posttest	**วันที่1:** 1.องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic), 2.ความสามารถในการออกแรง (Tether force)	**วันที่2:** 1.สมรรถภาพทางกาย (Physical performance),2.การทดสอบ 5x200 step test	**วันที่ 3:** การทดสอบ 6 x50 speed endurance test

ภาพประกอบที่12: กรอบวิธีการวิจัยเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3)

2. เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณจากปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ประกอบด้วยปัจจัยด้านองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการออกแรง ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน จากรายงานวิจัยของ Baldassarre และคณะ (Baldassarre et al., 2017) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนประกอบด้วย (1) องค์ประกอบร่างกาย (Anthropometric) (2) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (3) ความสามารถในการใช้แรงและกำลังในการว่าย (Propelling efficiency) อย่างต่อเนื่อง และจากงานวิจัยของ Vanheest และคณะ (Vanheest et al., 2004) แสดงให้เห็นว่านักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนต้องมี (1) ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคในการยืนระยะการทำงานที่ดี (Aerobic capacity) (2) ความสามารถในการควบคุมความเร็วในการว่ายที่ระดับแอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (Anaerobic threshold: Anth) อย่างต่อเนื่องและ (3) ปริมาณไขมันในร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักกีฬาว่ายน้ำ กรอบแนวคิดการวิจัยนำเสนอดังภาพประกอบที่ 13

3.2.กลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ค่าอำนาจในการทดสอบด้วยโปรแกรม G*Power analysis ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนามาจากพื้นฐานของ (Power analysis) โดยกำหนดอำนาจในการทดสอบ (Power of test) ที่ระดับ 0.80 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Level of significance) ที่ ระดับ 0.05 (α=.05) และกำหนดขนาดอิทธิพล (Effect size) อยู่ในช่วงปานกลาง คือ 0.25 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 18 คน เพื่อป้องกันการขาดหายไปของกลุ่มตัวอย่างจึงได้เพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 22 คน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาเยาวชนโครงการเตรียมนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน ของสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย ที่ทำการฝึกซ้อมที่ ศูนย์กีฬาทางน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต อายุระหว่าง 14-17 ปี (ชาย 11 คน หญิง 11 คน) ที่ได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purpolsive sampling)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Inclusion criteria)

1.เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนโครงการเตรียมนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน ของสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย ที่ทำการฝึกซ้อมที่ศูนย์กีฬาทางน้ำ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต

2.เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่เคยผ่านการแข่งขัน South east asia age group swimming championship และเข้าร่วมการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนที่จัดการแข่งขันโดย สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยอย่างต่อเนื่องในวงรอบปีที่ทำการวิจัย

3.เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันมาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ปี

4.มีสมรรถภาพทางกายแข็งแรงและไม่มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อม

5.ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจเข้าร่วมในการวิจัย และผู้ปกครองยินดีทำการเซ็นต์ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1.มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อม

2.ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ครบตามแบบแผนการวิจัยที่กำหนด ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยุติการเข้าร่วมได้ตลอดระยะเวลาในการวิจัยโดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

ภาพประกอบที่ 13: รูปแบบขององค์ประกอบและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ประกอบด้วย

1.การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) และความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads) ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ประกอบด้วย

1.1ระยะทางในการฝึกซ้อมรวมในแต่ละสัปดาห์ โดยบันทึกระยะทางรวมในการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนและหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ตามรูปแบบการศึกษาของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2018)

1.2 หน่วยการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนตามรูปแบบ ของ Mujika และคณะ (Mujika et al.,1996) ซึ่งอธิบายปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยโดยพิจารณาจากสมการ

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

1.3 การประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน ซึ่งหมายถึงระดับการตอบสนองของร่างกายนักกีฬาอันเนื่องมาจากการฝึกซ้อมในรูปแบบต่างๆกัน (Internal training workloads)

(1) การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) ซึ่ง ประเมินจากการรับรู้ระดับความหนัก 30 นาทีภายหลังการฝึกซ้อมในแต่ละครั้งจากแบบประเมินของ Borg ซึ่งมี เกณฑ์คะแนนต่ำสุด 1 คือไม่เหนื่อยเลย และ 10 คือเหนื่อยมาก คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมแต่ละครั้ง เป็นนาที (Foster et al., 2001; Collette et al., 2018) ดังสมการ

$sRPE^{h}$ = การรับรู้ระดับความหนักในการฝึก (RPE) * ระยะเวลาในการฝึก (นาที)

(2) การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) ซึ่งคูณกับระยะทางในการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (Session) และนำเสนอข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ (Nagle et al., 2015; Collette et al., 2018) ดังสมการ

$sRPE^{km}$= การรับรู้ระดับความหนักในการฝึก (RPE) * ระยะทางในการฝึก (กิโลเมตร)

(3) การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่การรับรู้ระดับของความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) คุณภาพของการนอน (Sleep quality) และดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) (Hooper & Mackinnon,2015; Clemente et al., 2021)

2.องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) ประกอบด้วย

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight) วัดส่วนสูง (Height) ร้อยละของไขมัน (% Fat) และดัชนีมวลกาย (Body mass index: BMI)(Body Composition Analyzer: X-CONTACT 357S, Jawon Medical Co., Ltd., Korea)

3. สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ประกอบด้วย

3.1 ความจุปอด (Lung capacity) การวัดปริมาตรและความจุปอดโดยการวัดปริมาตรของลมหายใจหรือปริมาตรอากาศในปอดที่สัมพันธ์กับการระบายลมหายใจโดยวิเคราะห์ตัวแปร FVC (Forced vital capacity) ซึ่งเป็นปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว แรง จนหมด จากเครื่องวัดความจุปอดแบบดิจิตอล TKK 11510 (Takei Scientific Instruments Co. Ltd., Niigata, Japan) ซึ่งมีช่วงในการวัดตั้งแต่ 0.01 ถึง 8.00 ลิตร

3.2 ความสูงในการกระโดด (Jump height)

การทดสอบกำลังของขาในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน โดยการยืนกระโดดสูง (Counter Movement Jump) จากชุดอุปกรณ์ BTS G-Walk (BTS Bioengineering Company, Italy)

3.3 การประเมินความสามารถเฉพาะในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในนักกีฬาว่ายน้ำ

การประเมินความสามารถเฉพาะในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในนักกีฬาว่ายน้ำ (Specific swimming screening) โดยการถ่ายภาพนิ่งจากกล้องบันทึกภาพ และวิเคราะห์มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อโดยใช้โปรแกรม Dartfish (Dartfish Software 10.0 ProSuite Version, Dartfish, Fribourg, Switzerland) ใน 5

รูปแบบของการเคลื่อนไหวได้แก่ Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR),Glenohumeral Internal Rotation (IR), External Rotation (ER), Straight leg raise (S.L.R.) และ Combined elevation (CE)

4.ความสามารถในการออกแรงว่าย (Tetherforce)

การทดสอบแรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Swim force test (Swimsportec, Otto Otto, GMBH, Germany) ภายในระยะเวลา 30 วินาที จากการว่ายน้ำโดยใช้แขนอย่างเดียว (Arms force) ใช้ขาอย่างเดียว (Leg force) และการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา (Whole body force)

5.ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics)

5.1 ทดสอบ 5 x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al., 2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา ทดสอบและประเมินค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส K5 (COSMED, Rome, Italy) ทดสอบปริมาณกรดแล็คติคโดยใช้โดยใช้เครื่องมือ Portable lactate scout (LS, SensLab GmbH, Germany) ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ 0.98 (Tanner et al., 2010) พร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้ออัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800: Polar® S810, Finland) และวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion) เมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบ

5.2 ทดสอบ 8 x 50 เมตรเพื่อประเมินทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำและสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค (Tanner & Gore, 2012)โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา ทดสอบปริมาณกรดแล็คติคโดยใช้โดยใช้เครื่องมือ Portable lactate scout (LS, SensLab GmbH, Germany) ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ .98 (Tanner et al., 2010) พร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้ออัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800: Polar® S810, Finland) และวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion) เมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบ

6.ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

ประเมินความสามารถในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอน โดยใช้เวลาที่ใช้ในการแข่งขันของนักกีฬาจากระบบจับเวลาของการแข่งขัน (Official timing system)

3.4.การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อยคือ

3.4.1การวิเคราะห์และสังเคราะห์งานวิจัยเพื่อนำมาสร้างกรอบแนวคิดการวิจัย

1.การวิเคราะห์ สังเคราะห์ การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้องจากการสังเคราะห์ข้อมูลเอกสาร (Documentary survey)

2.ประชุมร่วม (Stake holder) ทีมงานผู้วิจัย โค้ชหรือผู้ฝึกสอน ฝ่ายกีฬาว่ายน้ำมาราธอนสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยและผู้ปกครองของนักกีฬาเพื่อวิพากษ์กรอบวิจัยเพื่อให้ได้แนวทางการดำเนินการวิจัยแบบมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน (Participatory development research)

3.4.2 การดำเนินการขอจริยธรรมวิจัยและขั้นตอนการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง

1.ดำเนินการขออนุมัติดำเนินการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มกลุ่มคลินิก/วิทยาศาสตร์สุขภาพ/วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยบูรพา ตามโครงการวิจัยที่ HS007/2563 ลงวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2563 และได้รับการพิจารณาให้สามารถดำเนินการวิจัยได้เมื่อวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2564

2.ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยกับหัวหน้าผู้ฝึกสอน ฝ่ายกีฬาว่ายน้ำมาราธอน สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย เพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

3.ทำการประชุมทีมวิจัยและผู้ช่วยวิจัย เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย แผนการดำเนินการวิจัย

4.ประชุมชี้แจง กลุ่มตัวอย่างถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและแผนการดำเนินการวิจัยและชี้แจงเกี่ยวกับการฝึก กำหนดการและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

5.ผู้วิจัยทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก เก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาทั่วไป โดยการชั่งน้ำหนัก และส่วนสูง พร้อมอธิบายรายละเอียดขั้นตอนของวิธีปฏิบัติในการดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูลด้วยตัวเอง รวมทั้ง กลุ่มตัวอย่างและผู้ปกครองลงชื่อในหนังสือแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมการวิจัย

3.4.3 การดำเนินการเก็บข้อมูล

การดำเนินการเก็บข้อมูลมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

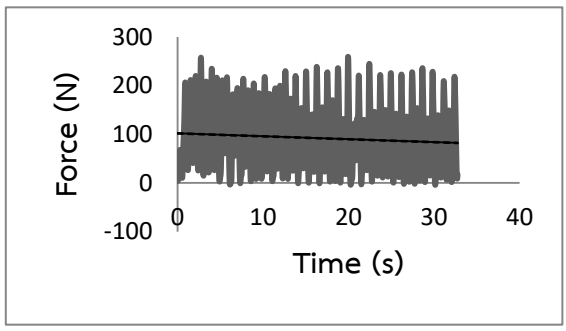
(1) การทดสอบก่อนการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก (Pre-test)

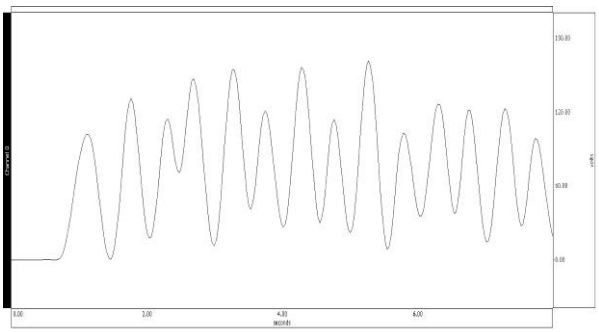
การทดสอบก่อนการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก (Pre-test) ณ สระว่ายน้ำมหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิตโดยมีรายละเอียดของการทดสอบ ดังนี้

วันที่1: ทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) และความสามารถในการออกแรง (Tetherforce)

– องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) ประกอบด้วย น้ำหนัก (Weight) ส่วนสูง (Heigth) ร้อยละของไขมัน (% Body fat) และดัชนีมวลกาย (BMI) โดยใช้เครื่องวัดและประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition Analyzer: X-CONTACT 357S, Jawon Medical Co., Ltd., Korea)

– ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการว่ายน้ำท่า ฟรีสไตล์โดยการออกแรงว่ายเต็มที่ ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วินาที 3 รูปแบบคือ การว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว (Arms only) การว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว (Legs only) และการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา (Whole body)โดยใช้อุปกรณ์ Swim force test (Swimsportec, Otto Otto, GMBH, Germany) 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)





ภาพประกอบที่14: การกรองความถี่แบบดิจิตอล (Digital filter) แบบผ่านต่ำ (Low-pass filter, LPF) ที่ความถี่ 3 เฮิร์ตโดยโปรแกรม Acknowledge 4.0 ของข้อมูลที่ได้การทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ที่บันทึกผลการทดสอบความถี่ 100 เฮิร์ต ภายในระยะเวลา 30 วินาที

วันที่2: ทดสอบสมรรถภาพทางกาย(Physical performance)และการทดสอบ5x200step test

– ทดสอบสมรรถภาพทางกาย(Physical performance) ประกอบด้วย

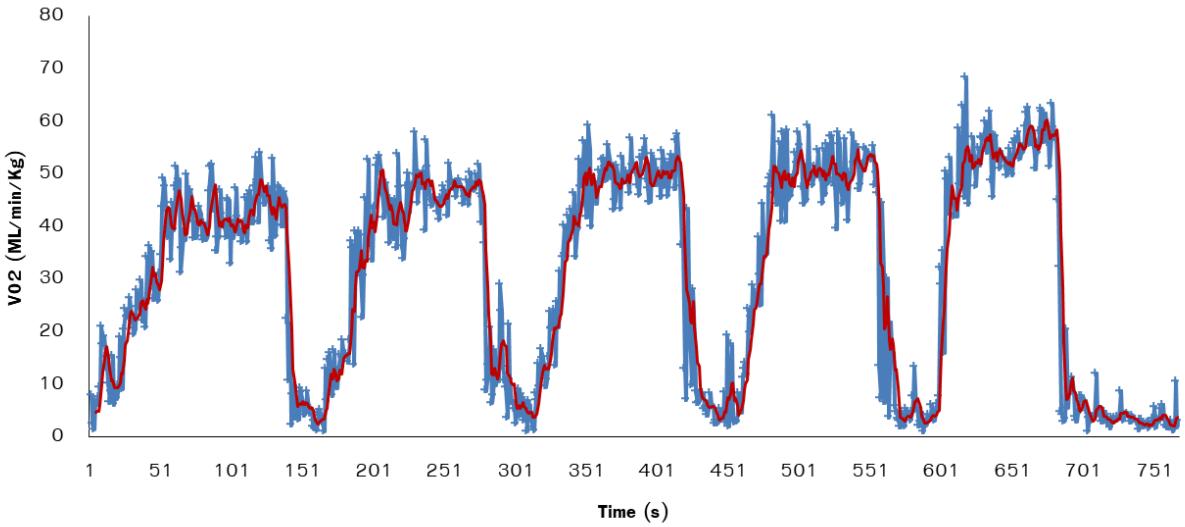
การทดสอบความจุปอด (Lung capacity) การวัดปริมาตรและความจุปอดโดยการวัดปริมาตรของลมหายใจหรือปริมาตรอากาศในปอดที่สัมพันธ์กับการระบายลมหายใจโดยวิเคราะห์ตัวแปร FVC (Forced Vital Capacity) ซึ่งเป็นปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว แรง จนหมด จากเครื่องวัดความจุปอดแบบดิจิตอล TKK 11510 (Takei Scientific Instruments Co. Ltd., Niigata, Japan) ซึ่งมีช่วงในการวัดตั้งแต่ 0.01 ถึง 8.00 ลิตร

การทดสอบความสูงในการกระโดด (Jump height) การทดสอบกำลังของขาในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนโดยการยืนกระโดดสูง (Counter movement jump) จากชุดอุปกรณ์ BTS G-Walk (BTS Bioengineering Company, Italy) และบันทึกความสูงในการกระโดดเป็นหน่วยเซนติเมตร

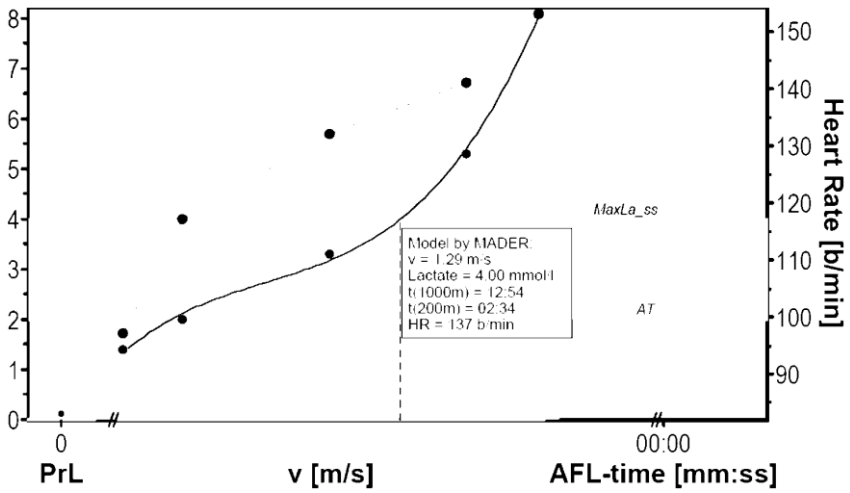
การประเมินความสามารถเฉพาะในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในนักกีฬาว่ายน้ำ การประเมินความสามารถเฉพาะในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในนักกีฬาว่ายน้ำ (Specific swimming screening) โดยการถ่ายภาพนิ่งจากกล้องบันทึกภาพ และวิเคราะห์มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อโดยใช้โปรแกรม Dartfish (Dartfish Software 10.0 ProSuite Version, Dartfish, Fribourg, Switzerland) ใน 5 รูปแบบของการเคลื่อนไหวได้แก่ Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR),Glenohumeral Internal Rotation (IR), External Rotation (ER), Straight leg raise (S.L.R.) และ Combined elevation (CE) (Walker et al., 2016)

– การทดสอบ 5x200 Step test การทดสอบ 5 x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al., 2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา ทดสอบและประเมินค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส K5 (COSMED, Rome, Italy) ทดสอบปริมาณกรดแล็คติคโดยใช้โดยใช้เครื่องมือ Portable lactate scout (LS, SensLab GmbH, Germany) ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ .98 (Tanner et al., 2010) พร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้ออัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800: Polar® S810, Finland) และวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion) เมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบ วิเคราะห์สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน

สูงสุด (VO2max) ด้วยเทคนิค Breath-by-Breath จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส K5 (COSMED, Rome, Italy) โดยการหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 10 วินาทีและปรับค่าให้เรียบโดยใช้ค่าเฉลี่ย 3 ลมหายใจ (De Jesus et al., 2014) ดังภาพประกอบที่ 15 และประเมินความเร็วที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากนั้นนำค่าปริมาณแล็คเตทและความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max)โดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation) ดังภาพประกอบที่ 16



ภาพประกอบที่ 15: การวิเคราะห์สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ด้วยเทคนิค Breath-by-Breath



ภาพประกอบที่16: การใช้สมการคณิตศาสตร์แบบเชิงเส้น (Linear interpolation) ในการคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) จากปริมาณแลกเตทและความเร็วในการว่ายจากการทดสอบการว่าย 5x200 เมตรโดยเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได

วันที่ 3: การทดสอบ 6 x50 speed endurance test การทดสอบว่ายน้ำ 6 x 50 เมตร เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity:V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค

ได้แก่ ปริมาณแล็คเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore., 2012)

-ความเร็วในการว่ายน้ำ (Swimming velocity:V) คำนวนได้จากสมการ

$$V = S/t$$

-ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI)

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

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

(2) ฝึกซ้อมตามรูปแบบและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอน

การฝึกซ้อมตามรูปแบบและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอน ใน 1 วงรอบการฝึกทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ประกอบด้วยช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory phase) 6 สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์ และช่วงของการแข่งขัน (Competition) 2 สัปดาห์ โดยมีการประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads)และสรุปเป็นค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ ประกอบด้วย

(1) ระยะทางในการฝึกซ้อมรวมเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ โดยบันทึกระยะทางรวมในการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนและหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ตามรูปแบบการศึกษาของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020)

(2) หน่วยการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนตามรูปแบบของ Mujika และคณะ (Mujika et al.,1996) ซึ่งอธิบายปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ยโดยพิจารณาจากสมการ

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

(3) การประเมินทั้งจากปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน ซึ่งหมายถึงระดับการตอบสนองของร่างกายนักกีฬาอันเนื่องมาจากการฝึกซ้อมในรูปแบบต่างๆกัน (Internal training workloads) ประกอบด้วย

3.1 การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) ซึ่งประเมินจากการรับรู้ระดับความหนัก 30 นาทีภายหลังการฝึกซ้อมในแต่ละครั้งจากแบบประเมินของ Borg ซึ่งมี เกณฑ์คะแนนต่ำสุด 1 คือไม่เหนื่อยเลย และ 10 คือเหนื่อยมาก คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมแต่ละครั้ง เป็นนาที (Foster et al., 2001; Collette et al., 2018) ดังสมการ

$sRPE^{h}$ = การรับรู้ระดับความหนักในการฝึก (RPE) * ระยะเวลาในการฝึก (นาที)

3.2 การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) ซึ่งคูณกับระยะทางในการฝึกซ้อมในแต่ละครั้ง (Session) และนำเสนอข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ (Nagle et al., 2015; Collette et al., 2018) ดังสมการ

$sRPE^{km}$ = การรับรู้ระดับความหนักในการฝึก (RPE) * ระยะทางในการฝึก (กิโลเมตร)

3.3 การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่การรับรู้ระดับของความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) คุณภาพของการนอน (Sleep quality) และดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) (Hooper,1995; Clemente et al., 2021)

(3) การประเมินความสามารถในการแข่งขัน

การประเมินความสามารถในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนระยะทาง 5 กิโลเมตรโดยใช้เวลาที่ใช้ในการแข่งขันของนักกีฬาจากระบบจับเวลาของการแข่งขัน (Official timing system) จำนวน 3 ครั้งได้แก่

ครั้งที่ 1 : การประเมินความสามารถในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนระยะทาง 5 กิโลเมตร ในช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory phase) สัปดาห์ที่ 1

ครั้งที่ 2 : การประเมินความสามารถในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนระยะทาง 5 กิโลเมตร ในช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific) สัปดาห์ที่ 7

ครั้งที่ 3 : การประเมินความสามารถในการแข่งขันว่ายน้ำมาราธอนระยะทาง 5 กิโลเมตร ในช่วงของการแข่งขัน (Competition) สัปดาห์ที่ 13

(4)การทดสอบหลังการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก (Post-test)

การทดสอบหลังการเข้าสู่โปรแกรมการฝึก (Post-test) ณ สระว่ายน้ำมหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิตโดยในรูปแบบ วิธีการและลำดับขั้นตอนของการทดสอบเหมือนกับที่ทดสอบก่อนเข้าสู่โปรแกรมการฝึก (Pre-test)โดยมีรายละเอียดของการทดสอบ ดังนี้

วันที่1: ทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) และความสามารถในการออกแรง (Tether force)

– องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) ประกอบด้วย น้ำหนัก (Weight) ส่วนสูง (Heigth) ร้อยละของไขมัน (% Body fat) และดัชนีมวลกาย (BMI) โดยใช้เครื่องวัดและประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition Analyzer: X-CONTACT 357S, Jawon Medical Co., Ltd., Korea)

– ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการว่ายน้ำท่า ฟรีสไตล์โดยการออกแรงว่ายเต็มที่ ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วินาที 3 รูปแบบคือ การว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว (Arms only) การว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว (Legs only) และการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา (Whole body)โดยใช้อุปกรณ์ Swim force test (Swimsportec, Otto Otto, GMBH, Germany) 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)

วันที่ 2: ทดสอบสมรรถภาพทางกาย(Physical performance)และการทดสอบ 5x200step test

– ทดสอบสมรรถภาพทางกาย(Physical performance) ประกอบด้วย

การทดสอบความจุปอด (Lung capacity) การวัดปริมาตรและความจุปอดโดยการวัดปริมาตรของลมหายใจหรือปริมาตรอากาศในปอดที่สัมพันธ์กับการระบายลมหายใจโดยวิเคราะห์ตัวแปร FVC (Forced Vital Capacity) ซึ่งเป็นปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว แรง จนหมด จากเครื่องวัดความจุปอดแบบดิจิตอล TKK 11510 (Takei Scientific Instruments Co. Ltd., Niigata, Japan) ซึ่งมีช่วงในการวัดตั้งแต่ 0.01 ถึง 8.00 ลิตร

การทดสอบความสูงในการกระโดด (Jump height) การทดสอบกำลังของขาในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนโดยการยืนกระโดดสูง (Counter Movement Jump) จากชุดอุปกรณ์ BTS G-Walk (BTS Bioengineering Company, Italy) และบันทึกความสูงในการกระโดดเป็นหน่วยเซนติเมตร

การประเมินความสามารถเฉพาะในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในนักกีฬาว่ายน้ำ การประเมินความสามารถเฉพาะในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในนักกีฬาว่ายน้ำ (Specific swimming screening) โดยการถ่ายภาพนิ่งจากกล้องบันทึกภาพ และวิเคราะห์มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อโดยใช้โปรแกรม Dartfish (Dartfish Software 10.0 ProSuite Version, Dartfish, Fribourg, Switzerland) ใน 5 รูปแบบของการเคลื่อนไหวได้แก่ Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR),Glenohumeral Internal Rotation (IR), External Rotation (ER), Straight leg raise (S.L.R.) และ Combined elevation (CE) (Walker et al., 2016)

– การทดสอบ 5x200 Step test การทดสอบ 5 x 200 เมตร โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Pyne et al.,2004) โดยบันทึกเวลาที่นักกีฬาทำได้ในแต่ละรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลา ทดสอบและประเมินค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส K5 (COSMED, Rome, Italy) ทดสอบปริมาณกรดแล็คติคโดยใช้โดยใช้เครื่องมือ Portable lactate scout (LS, SensLab GmbH, Germany) ที่มีค่าความเชื่อมั่น (r) เท่ากับ .98 (Rebecca et al., 2010) พร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจยี่ห้ออัตราการเต้นของหัวใจ (Polar V800: Polar® S810, Finland) และวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion) เมื่อนักกีฬาว่ายแตะขอบสระในแต่ละรอบ วิเคราะห์สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ด้วยเทคนิค Breath-by-Breath จากเครื่องวิเคราะห์แก๊ส K5 (COSMED, Rome, Italy) โดยการหาค่าเฉลี่ยทุกๆ 10 วินาทีและปรับค่าให้เรียบโดยใช้ค่าเฉลี่ย 3 ลมหายใจ (De Jesus et al., 2014) และประเมินความเร็วที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากนั้นนำค่าปริมาณแล็คเตทและความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่แอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) โดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear interpolation)

วันที่ 3: การทดสอบ 6 x50 Speed endurance test การทดสอบว่ายน้ำ 6 x 50 เมตร เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ ความเร็วในการว่ายน้ำ (Velocity:V) ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI) และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค ได้แก่ ปริมาณแล็คเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและระดับการรับรู้ความเหนื่อย (Tanner & Gore.,2012)

-ความเร็วในการว่ายน้ำ (Swimming velocity) คำนวนได้จากสมการ

$$V = S / t$$

- ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ(Stroke index: SI)

$$\text{Stroke index (SI)} = \text{Velocity} \times \text{SL}$$

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

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 (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการฝึกรวมทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) โดยใช้สถิติที (Paired samples T test) และแสดงค่าขนาดอิทธิพล (Effect sizes) ของผลที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามนำเสนอโดยใช้ค่า Cohen's *d* โดยแปลความหมายของค่าขนาดอิทธิพล ดังนี้ d = 0.00 ถึง 0.19 หมายถึง มีผลขนาดน้อยมาก d = 0.20 ถึง 0.59 หมายถึง มีผลขนาดเล็กน้อย d = 0.60 ถึง 1.19 หมายถึง มีผลขนาดปานกลาง d = 1.20 ถึง 1.99 หมายถึง มีผลขนาดมาก d =2.00 ถึง 3.99 หมายถึง มีผลขนาดใหญ่มาก และ d> 4.00 หมายถึง มีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลง (Cohen,1988; Hopkins, 2002)

3.การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางด้าน องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) กับความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนโดยใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

4.วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ด้วยวิธี Enter เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนโดยใช้ โปรแกรม LISREL student 9.30

5.กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 4: ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) และ(2) เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนซึ่งผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยาย

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อความเข้าใจในการแปลความหมายผลการทดลองดังนี้

Mean	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ (T-Test)
R^2	แทน	ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง
p	แทน	ค่านัยสำคัญของการทดสอบ (Significance test)
df	แทน	ระดับดัชนีของความเป็นอิสระ(Degree of freedom)
r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)
p-value	แทน	ระดับนัยสำคัญ (Significance)
*	แทน	ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
**	แทน	ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
***	แทน	ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตอนๆ เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจโดยเสนอเรียงตามลำดับดังนี้

ตอนที่1 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test

ตอนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (General characteristics)

ตอนที่ 3 การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads)

ตอนที่ 4 วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3)

ตอนที่ 5 โมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

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

การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test ($n<50$) (Elliott and Woodward. 2007) พบว่า องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร มีการแจกแจงแบบปกติ ($p>0.05$; 0.11-0.93) (ตารางที่ 3) ดังนั้นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้แบบสถิติพาราเมตริก

ตอนที่ 2: ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (General characteristics)

ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (General characteristics) ประกอบด้วย อายุ (ปี) น้ำหนัก (กิโลกรัม) ส่วนสูง (เซ็นติเมตร) ร้อยละของไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2) ประสบการณ์ในการแข่งขัน (ปี) ซึ่งจากข้อมูลตามตารางที่ 4 พบว่า พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 15.36$\pm$1.05ปี (ชาย: 15.36$\pm$1.03,หญิง:15.36$\pm$1.12ปี),น้ำหนักเฉลี่ย 57.58$\pm$7.38 กิโลกรัม (ชาย:58.40$\pm$6.41,หญิง: 56.75 $\pm$8.15 กิโลกรัม) ส่วนสูงเฉลี่ย 167.08$\pm$6.32 เซนติเมตร (ชาย: 170.95$\pm$5.07,หญิง: 56.75$\pm$8.15เซนติเมตร) ร้อยละของไขมัน 16.26$\pm$4.03 เปอร์เซ็นต์ (ชาย: 13.39$\pm$2.23,หญิง: 19.12$\pm$3.33เปอร์เซ็นต์) ดัชนีมวลกาย 21.03$\pm$4.95 กก./ม^2 (ชาย: 20.51$\pm$2.23, หญิง: 21.55 $\pm$ 2.74 กก./ม^2) และประสบการณ์ในการแข่งขัน 3.36$\pm$0.66 ปี (ชาย: 3.55$\pm$0.52, หญิง: 3.18 $\pm$ 0.75 ปี)

ตารางที่ 3:การทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (Normal Gaussian distribution) โดยใช้สถิติ Shapiro–Wilk test

Tests of Normality			
ตัวแปร	**Shapiro–Wilk**		
	Statistic	**df**	**Sig.**
น้ำหนัก (กก.)	.981	22	.931
ส่วนสูง (ซม.)	.965	22	.602
ร้อยละของไขมัน (ร้อยละ)	.965	22	.602
ดัชนีมวลกาย (กก/ม^2)	.904	22	.136
ความจุปอด (ลิตร)	.948	22	.294
ความสูงในการกระโดด (ซม.)	.940	22	.200
ABIR (องศา)	.692	22	.300
CE (องศา)	.957	22	.425
IR (องศา)	.965	22	.607
ER (องศา)	.942	22	.220
SL (องศา)	.979	22	.904
ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (เมตร/วินาที)	.931	22	.128
ดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย	.937	22	.170
ปริมาณแลคเตทสูงสุด (มิลลิโมล)	.951	22	.333
อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	.790	22	.200
ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (เมตร/วินาที)	.969	22	.693
ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (มิลลิโมล)	.961	22	.513
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	.958	22	.454
ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เมตร/วินาที)	.943	22	.225
ปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(มิลลิโมล)	.883	22	.114
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน (นิวตัน)	.938	22	.178
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา (นิวตัน)	.908	22	.144
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว (นิวตัน)	.950	22	.310
เวลาที่ในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร (นาที)	.953	22	.210

*. ***This is a lower bound of the true significance.***

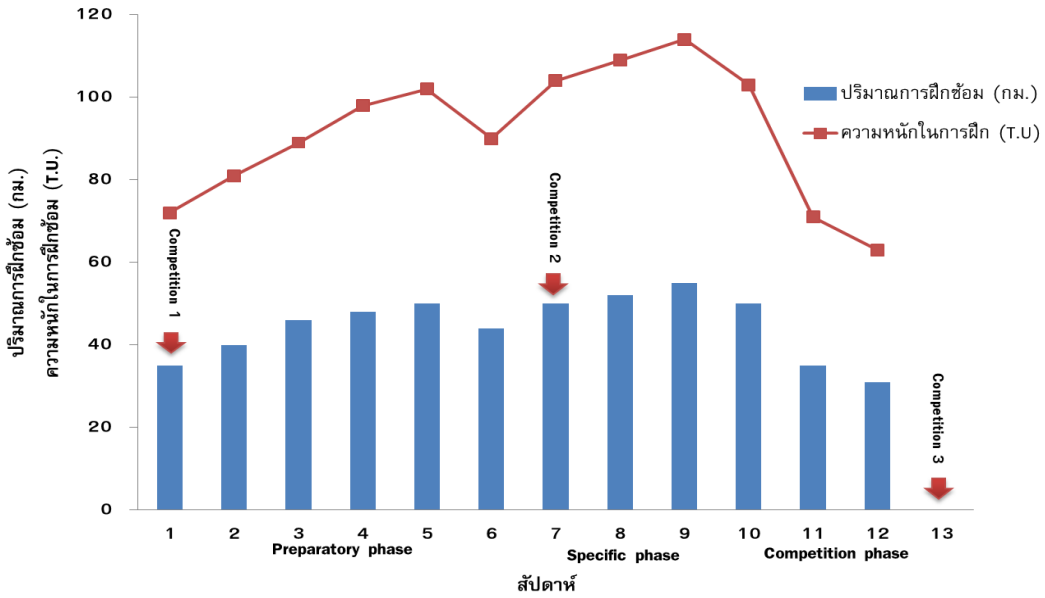
a. Lilliefors Significance Correction

ตารางที่ 4: ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (General characteristics)

คุณสมบัติทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	ชาย	หญิง	รวม
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
อายุ (ปี)	15.36 ± 1.03	15.36 ± 1.12	15.36 ± 1.05
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.40 ± 6.41	56.75 ± 8.15	57.58 ± 7.38
ส่วนสูง (เซ็นติเมตร)	170.95 ± 5.07	163.21 ± 5.02	167.08 ± 6.32
ร้อยละของไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	13.39 ± 2.23	19.12 ± 3.33	16.26 ± 4.03
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	20.51 ± 2.23	21.55 ± 2.74	21.03 ± 4.95
ประสบการณ์ในการแข่งขัน (ปี)	3.55 ± 0.52	3.18 ± 0.75	3.36 ± 0.66

ตอนที่ 3: การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) และปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal workloads)

การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ประกอบด้วยช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory phase) 6 สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์ และช่วงของการแข่งขัน (Competition) 2 สัปดาห์ โดยมีการประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 5 และภาพประกอบที่ 17



ภาพประกอบที่ 17: การประเมินปริมาณ (Volume) และความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ตารางที่ 5:การประเมินปริมาณ (Volume) และความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ช่วงเวลาของการฝึก	สัปดาห์	ปริมาณการฝึก (กม./สัปดาห์)	ความหนักในการฝึก (หน่วยฝึก/สัปดาห์)
ช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory)	1	35.0 ± 5.0	72.0 ± 11.0
	2	40.0 ± 8.0	81.0 ± 9.0
	3	46.0 ± 9.0	89.0 ± 12.0
	4	48.0 ± 7.0	98.0 ± 8.0
	5	50.0 ± 8.0	102.0 ± 12.0
	6	44.0 ± 6.0	90.0 ± 11.0
เฉลี่ย		43.8 ± 7	88.7 ± 11
ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase)	7	50.0 ± 5.0	104.0 ± 12.0
	8	52.0 ± 8.0	109.0 ± 10.0
	9	55.0 ± 9.0	114.0 ± 9.0
	10	50.0 ± 7.0	103.0 ± 8.0
เฉลี่ย		51.8 ± 8.0	107.5 ± 9.0
ช่วงแข่งขัน (Competition)	11	35.0 ± 4.0	71.0 ± 6.0
	12	31.0 ± 5.0	63.0 ± 7.0
เฉลี่ย		33.0 ± 4.0	67.0 ± 6.0

จากตารางที่ 5 แสดงระยะทางในการฝึกซ้อมรวมเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ โดยบันทึกระยะทางรวมในการฝึกซ้อมและความหนักในการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนและหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ตามรูปแบบการศึกษาของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020) พบว่า ระยะทางการฝึกซ้อมเฉลี่ยในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 43.8 ± 7 กิโลเมตร/ สัปดาห์ และความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ย 88.7 ± 11 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 51.8±8.0 กิโลเมตร/ สัปดาห์ และความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ย 107.5 ± 9.0 และช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 33.0 ± 4.0กิโลเมตร/ สัปดาห์และความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ย 67.0 ± 6.0 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ตามลำดับ (ภาพประกอบที่ 16)

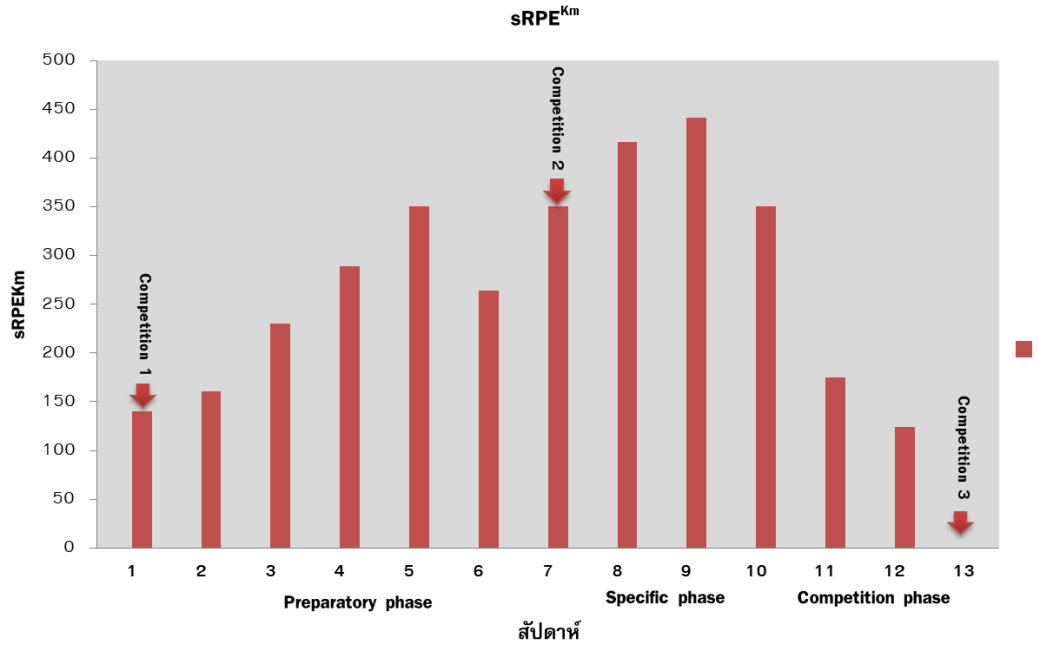
จากตารางที่ 6 การประเมินปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal training workloads) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ พบว่าการประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) ในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 219.2±31หน่วยฝึก/สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 362.3±41หน่วยฝึก/สัปดาห์ และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 132.5±24 หน่วยฝึก/สัปดาห์

การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: sRPE^{h}) คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมเป็นนาทีในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 8.2±0.8หน่วยฝึก/สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 12.4±1.9หน่วยฝึก/สัปดาห์ และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 8.4±0.6หน่วยฝึก/สัปดาห์ (ภาพประกอบที่ 18,19)

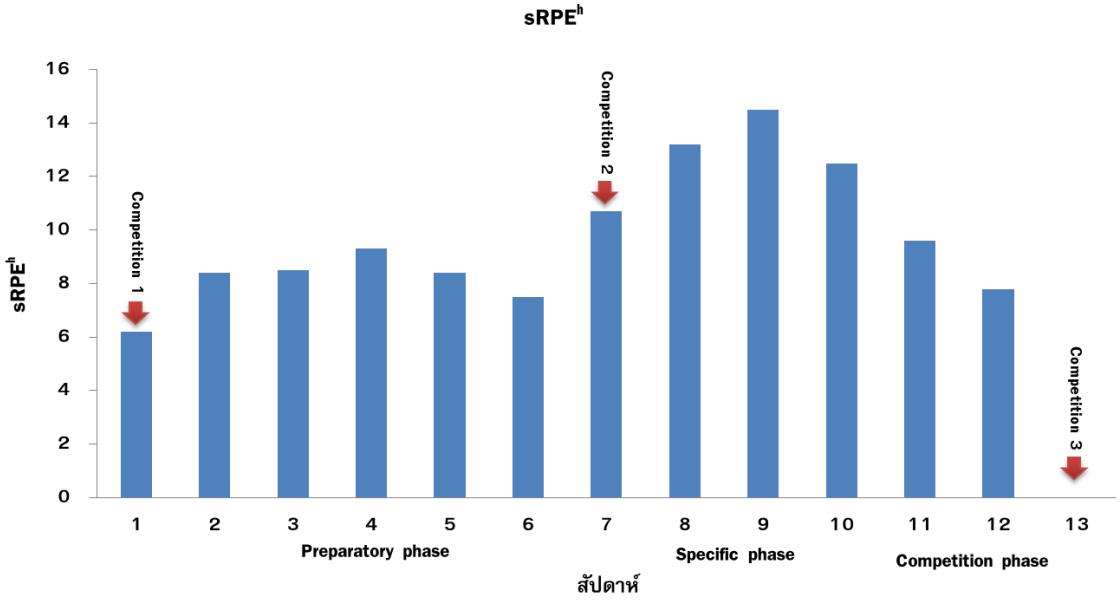
ตารางที่ 6 : การประเมินปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal training workloads) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ช่วงเวลาของการฝึก	สัปดาห์	ปริมาณการฝึก		สุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์และอาการเมื่อยล้า (Well-being)				
		sRPE^{km}	sRPE^{h}	ความเครียด	ความเมื่อยล้า	ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ	คุณภาพการนอน	ดัชนีฮูปเปอร์
เตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory)	1	140.3±43	6.2±1.1	2.8±1.1	3.2±1.2	3.1±0.9	4.5±0.6	13.6±1.4
	2	160.7±32	8.4±0.9	2.8±1.2	3.2±1.3	3.3±0.7	4.5±0.5	13.8±1.5
	3	230.5±35	8.5±0.7	2.9±0.8	3.4±1.2	3.5±0.8	4.6±0.6	14.4±1.3
	4	288.8±45	9.3±1.3	2.9±1.3	3.4±1.2	3.6±0.9	4.4±0.7	14.3±1.2
	5	350.8±32	8.4±1.2	3.1±0.7	3.6±1.3	3.6±0.6	4.3±0.8	14.6±1.4
	6	264.2±25	7.5±1.9	3.2±1.1	3.4±1.2	3.4±0.5	4.2±0.8	14.2±1.3
เฉลี่ย		219.2±31	8.2±0.8	3.1±0.7	3.4±1.1	3.5±0.7	4.4±0.5	14.4±1.2
เฉพาะเจาะจง (Specific phase)	7	350.4±51	10.7±1.9	3.6±1.1	3.7±1.2	3.8±0.8	4.1±0.7	15.2±1.4
	8	416.6±65	13.2±2.1	3.6±1.2	3.7±1.3	4.1±0.9	3.8±0.5	15.2±1.4
	9	440.9±57	14.5±3.2	3.7±1.3	3.9±0.8	4.3±0.8	3.7±0.9	15.6±1.3
	10	350.5±43	12.5±2.9	3.8±1.1	3.6±0.9	4.1±0.7	3.7±0.5	15.2±1.3
เฉลี่ย		362.3±41	12.4±1.9	3.5±1.2	3.6±1.0	4.1±0.6	3.9±0.8	15.1±1.4
ช่วงแข่งขัน (Competition)	11	175.2±21	9.6±0.5	3.1±0.8	3.2±0.8	3.6±1.0	4.0±0.8	13.9±1.1
	12	124.3±18	7.8±0.2	3.1±0.7	3.2±0.9	3.4±0.9	3.9±0.6	13.6±1.2
เฉลี่ย		132.5±24	8.4±0.6	3.1±0.9	3.2±1.0	3.5±0.8	3.9±0.9	13.4±1.2

การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ พบว่า การรับรู้ระดับของความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) ในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 3.1±0.7, 3.4±1.1, 3.5±0.7 ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 3.6±1.0,4.1±0.6, 4.1±0.6 และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 3.2±1.0, 3.5±0.8, 3.5±0.8 ตามลำดับ คุณภาพของการนอน (Sleep quality) ในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 4.4±0.5 ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 3.9±0.8 และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 3.9±0.9 ตามลำดับ

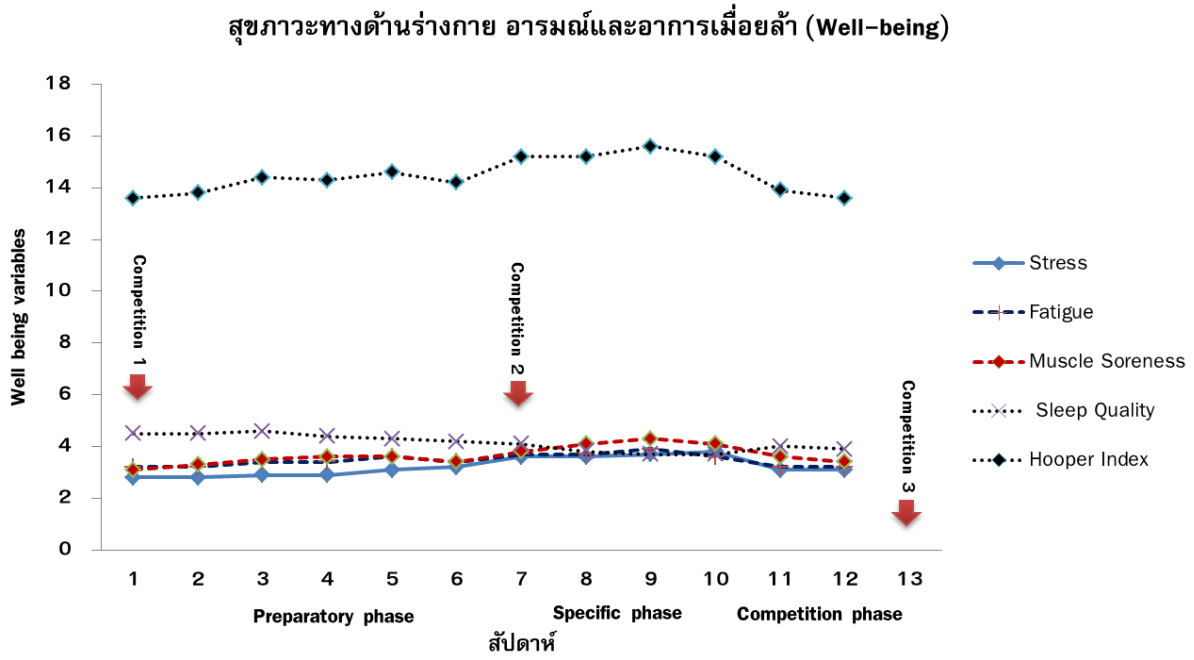


ภาพประกอบที่ 18: การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$)ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์



ภาพประกอบที่ 19: การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมเป็นนาทีในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) ในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 14.4±1.2 ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 15.1±1.4 และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 13.4±1.2 ตามลำดับ (ภาพประกอบที่ 20)



ภาพประกอบที่ 20: การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์

ตอนที่ 4: วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง และค่าขนาดอิทธิพล (Cohen's d) เพื่อเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3)

จากตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) พบว่าความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรมีการพัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.01 เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุด 3 อันดับแรกภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์พบว่า ร้อยละของร้อยละของไขมันมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ร้อยละ 6.69 (d=0.27) รองลงมาได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา ร้อยละ 5.97 (d=0.20) และปริมาณแลคเตทสูงสุดจากการทดสอบ 6x50 เมตร ร้อยละ 5.18 (d=0.46) ตามลำดับ

ตารางที่ 7: ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) ขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3)

ตัวแปร	ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	ความแตกต่าง, %การเปลี่ยนแปลง	p	Cohen's d
1. Anthropometric					
น้ำหนัก (กก.)	57.58±7.75	57.75±7.45	+0.18, 0.29	0.36	0.02, Trivial
ส่วนสูง (ซม.)	167.08±6.53	168.03±6.56	+0.95, 0.57	<0.01	0.15, Trivial
ร้อยละของไขมัน (ร้อยละ)	16.26±4.13	15.24±3.48	-1.02, -6.69	<0.01	0.27, Small
ดัชนีมวลกาย (กก/ม^2)	21.03±2.62	20.44±2.26	-0.60, -2.89	0.02	0.24, Small
2. Physical performance					
ความจุปอด (ลิตร)	3.69±0.62	3.81±0.62	0.13, 3.15	<0.01	0.19, Trivial
ความสูงในการกระโดด (ซม.)	38.17±6.73	38.98±6.47	0.81, 2.08	<0.01	0.12, Trivial
ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อ					
ABIR (องศา)	123.69±19.55	124.25±20.03	0.56, 0.45	0.05	0.03, Trivial
CE (องศา)	14.74±3.57	15.03±3.24	0.29, 1.93	0.02	0.09, Trivial
IR (องศา)	57.07±11.42	57.78±11.23	0.71, 1.23	<0.01	0.06, Trivial
ER (องศา)	100.69±13.51	101.17±13.22	0.83, 0.45	0.03	0.04, Trivial
SL (องศา)	86.21±12.27	87.55±12.08	1.34, 1.53	<0.01	0.11, Trivial
3. Tetherforce					
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน (นิวตัน)	39.21±8.96	41.07±8.08	1.86, 4.53	< 0.01	0.22,Small
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา (นิวตัน)	16.93±6.02	18.01±5.47	1.08, 5.97	< 0.01	0.20,Small
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว (นิวตัน)	55.25±16.55	56.57±15.42	1.31, 2.33	< 0.01	0.09,Trivial
4.Aerobic Performance					
ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (เมตร/วินาที)	1.30±0.08	1.35±0.06	0.04, 3.70	< 0.01	0.71,Moderate
ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (มิลลิโมล)	2.95±0.52	3.05±0.54	0.10, 3.28	< 0.01	0.19,Trivial
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	43.67±5.89	45.94±5.07	2.26, 4.06	< 0.01	0.41,Small
ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เมตร/วินาที)	1.43±0.09	1.47±0.07	0.05, 2.72	< 0.01	0.50,Small
ปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(มิลลิโมล)	7.44±1.63	7.61±1.55	0.17, 2.23	0.10	0.19,Trivial
5.Anaerobic Performance					
ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (เมตร/วินาที)	1.69±0.11	1.71±0.10	0.02, 1.17	< 0.01	0.19,Trivial
ดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย	3.30±0.31	3.34±0.31	0.04, 1.20	< 0.01	0.13,Trivial
ปริมาณแลคเตทสูงสุด (มิลลิโมล)	13.90±1.46	14.66±1.80	0.77, 5.18	< 0.01	0.46,Small
อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด	186.90±8.17	183.65±6.91	3.25, 1.76	< 0.01	0.46,Small
6. 5 Km Performance					
เวลาที่ในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร (นาที)	72.00±7.63	65.51±5.68	6.49, 9.01	< 0.01	0.96,Moderate

เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) ที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นมากที่สุดภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) คือ ร้อยละของไขมันคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.69 ($p<0.01$; $d=0.27$) และโดยภาพรวมการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายทั้ง น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับต่ำ (0.29-2.89) ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อยมาก ($d=0.02-0.24$) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ซึ่งประกอบด้วย ความจุปอด ความสูงในการกระโดด ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อ (ABIR, CE, IR, ER, SL) มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ (0.45-3.15) ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อยมาก ($d=0.03-0.19$)

ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) จากการทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำท่า ฟรีสไตล์ โดยการออกแรงว่ายเต็มที่ ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 30 วินาที 3 รูปแบบคือ การว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว (Arms only) การว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว (Legs only) และการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา (Whole body)โดยใช้อุปกรณ์ Swim force test พบว่ามีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ในระหว่าง 2.33 ถึง 5.97 ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อยมากถึงขนาดเล็กน้อย ($d=0.09-0.22$) การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคจากการทดสอบการว่าย 5 x 200 เมตร โดยเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได พบว่าตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุดได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดร้อยละ 4.06 ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับเล็กน้อย ($d=0.49$) รองลงมาได้แก่ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ ร้อยละ 3.70 ค่าค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง ($d=0.71$) ส่วนปัจจัยอื่นๆได้แก่ ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (ร้อยละ 3.28) ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ร้อยละ 2.72) และปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(ร้อยละ 2.32) มีค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อยมากถึงขนาดเล็กน้อย ($d=0.19-0.41$) ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคจากการทดสอบ 6 x 50 เพื่อประเมินสมรรถภาพด้านความเร็วอดทนพบว่าพบว่าตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุดได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุดร้อยละ 5.18 ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับเล็กน้อย ($d=0.46$) ส่วนปัจจัยอื่นๆได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย ดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย และอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ (1.17-1.76) ค่าขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับน้อยมากถึงขนาดเล็กน้อย ($d=0.19-0.46$) ตามลำดับ

ตอนที่ 5: โมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis)เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

โมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis: MRA) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนาย และนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน เป็นการดำเนินการเพื่อสร้างสมการทำนายที่ดีที่สุด โดยใช้วิธีการแบบ Stepwise โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ตามลำดับคือ การคัดเลือกตัวแปรทำนายความสามารถในการว่ายน้ำของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน โดยอ้างอิงจากงานวิจัยและทฤษฎีที่ผ่านมาจากนั้นทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบ Enter เพื่อตรวจสอบตัวแปรที่ทำนายตัวแปรเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญจนได้สมการทำนายที่ตัวแปรทำนายทุกตัวมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและทิศทางของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเป็นบวกหรือลบตามงานวิจัยที่ผ่านมา จากนั้นจึงสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมา ว่าตัวแปรทำนายใดที่ส่งผลต่อตัวแปรเกณฑ์สูงสุด และตัวแปรทำนายในสมการถดถอยสามารถร่วมกันอภิปรายความแปรปรวนของตัวแปรเกณฑ์ได้ร้อยละเท่าใด ซึ่งการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ขององค์ประกอบในแต่ละด้านที่ส่งผลต่อความสามารถและนำมาสร้างสมการพยากรณ์ในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน สามารถนำเสนอเป็นรายองค์ประกอบดังนี้

1.องค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometic) ได้แก่ ส่วนสูง (X1:Height) น้ำหนัก (X2:Weight) ความยาวแขน (X3:Arm Span) ร้อยละของไขมัน (X4:%Fat) และดัชนีมวลกาย (X5:BMI) นำเสนอดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย

องค์ประกอบของร่างกาย		X1	X2	X3	X4	X5	Y
ส่วนสูง	X1	1					
น้ำหนัก	X2	0.544**	1				
ความยาวแขน	X3	0.980**	0.457**	1			
ร้อยละของไขมัน	X4	-0.258	0.323*	-0.336*	1		
ดัชนีมวลกาย	X5	0.012	0.820**	-0.071	0.537**	1	
ผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร	Y	0.017	0.244	-0.008	0.454**	0.306*	1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 8 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกายแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.012-0.980 โดยองค์ประกอบด้านส่วนสูงและความยาวแขนมีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด (0.980; $p<0.01$) และองค์ประกอบด้านส่วนสูงและดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กันต่ำที่สุด

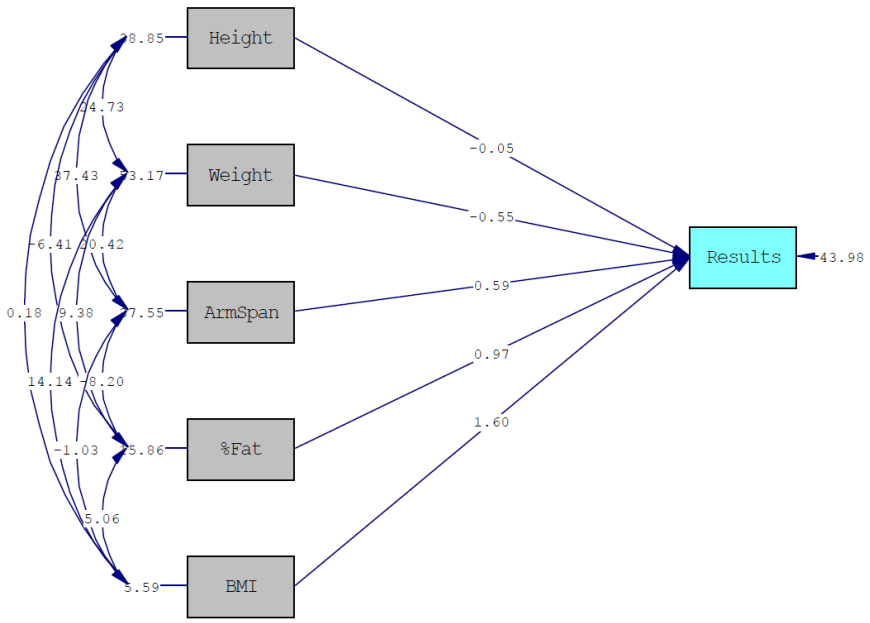
(0.012) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกายกับผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับร้อยละของไขมัน (0.454; $p<0.01$) และดัชนีมวลกาย (0.306; $p<0.01$) ตามลำดับ

การประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยวิธีการแบบ Enter ขององค์ประกอบของร่างกายจาก 5 องค์ประกอบหลักและนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 21 และตารางที่ 9 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำมาเขียนสมการทำนายความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ได้ดังนี้

5km performance = -40.70 -0.048 Height-0.546 Weight +0.591 Arm Span
+ 0.970 %Fat* + 1.604 BMI

R^2 = 0.249

เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2=0.249) ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปรได้แก่ ส่วนสูง (X1:Height) น้ำหนัก (X2:Weight) ความยาวแขน (X3:Arm Span) ร้อยละของไขมัน (X4:%Fat) และดัชนีมวลกาย (X5:BMI) สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนได้ถูกต้องร้อยละ 24.9



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

ภาพประกอบที่ 21: ค่าการประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณขององค์ประกอบของร่างกาย

ตารางที่ 9: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ องค์ประกอบของร่างกายที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

ตัวแปร	Beta	t-value	Sig.
1.ร้อยละของไขมัน (X4:%Fat)	0.503**	3.160	0.003
2.ดัชนีมวลกาย (X5:BMI)	0.491	0.979	0.332
3.น้ำหนัก (X2:Weight)	-0.516	-0.844	0.402
4.ความยาวแขน (X3:Arm Span)	0.444	0.624	0.536
5.ส่วนสูง (X1:Height)	-0.013	-0.016	0.988

$R=0.499$, $R^2= 0.249$, Adjusted $R^2 = 0.173$, $F = 3.308$, Sig < 0.01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($1.96 \leq$ t-value ≤ 2.576)

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($2.576 \leq$ t-value ≤ 3.290)

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (t-value ≥ 3.290)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (Beta) พบว่า ร้อยละของไขมันเป็นตัวแปรเดียวที่มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (0.503) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ส่วนอีก 4 ตัวแปรที่เหลือพบว่าไม่มีค่านัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นเมื่อนำปัจจัยด้านองค์ประกอบของร่างกายที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยพบว่าตัวแปรที่มีผลมากที่สุดคือ ร้อยละของไขมัน รองลงมาได้แก่ ดัชนีมวลกาย น้ำหนัก ความยาวแขน และส่วนสูง ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

2.สมรรถภาพทางกาย (Physical performance)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ได้แก่ ความจุปอด (X1:Lung capacity) ความสูงในการกระโดด (X2:Jump height) ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อซึ่งประกอบด้วย Shoulder Abduction in Internal Rotation (X3:ABIR) Combined Evaluation (X4: CE), Glenohumeral Internal Rotation (X5: IR) Glenohumeral External Rotation (X6:ER) Straight Leg Raise (X7:SL) นำเสนอดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรสมรรถภาพทางกาย

สมรรถภาพทางกาย		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y
ความจุปอด	X1	1							
ความสูงในการกระโดด	X2	0.292*	1						
ABIR	X3	0.279*	-0.052	1					
CE	X4	-0.041	0.096	0.150	1				
IR	X5	-0.235	0.291*	-0.498*	-0.391**	1			
ER	X6	-0.24	0.474**	0.014	0.029	0.178	1		
SL	X7	0.031	0.326*	-0.268*	-0.116	0.220	0.238	1	
ผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร	Y	-0.345**	0.119	-0.025	0.097	-0.077	-0.079	-0.246	1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

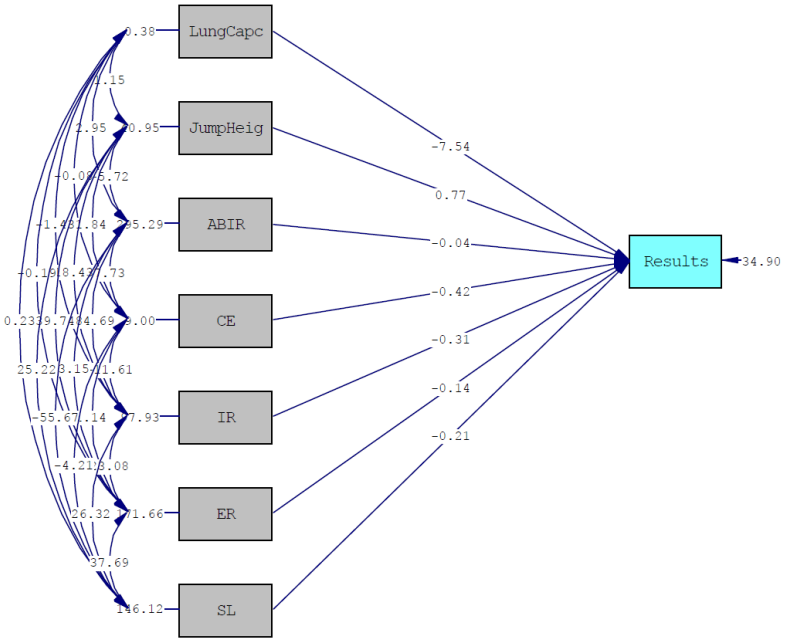
**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 10 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรสมรรถภาพทางกายแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.014-0.498 โดยองค์ประกอบด้านความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อระหว่าง Shoulder Abduction in Internal Rotation (X3:ABIR) กับ Glenohumeral Internal Rotation (X5: IR) มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด (-0.498; p<0.01) และความสัมพันธ์ระหว่าง Shoulder Abduction in Internal Rotation (X3:ABIR) กับ Glenohumeral External Rotation (X6:ER) มีความสัมพันธ์กันต่ำที่สุด (0.014;) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านสมรรถภาพทางกายกับผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับความจุปอด (-0.345; p<0.01) การประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยวิธีการแบบ Enter ของตัวแปรสมรรถภาพทางกายจาก 7 องค์ประกอบหลักและนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 22 และตารางที่ 10 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำมาเขียนสมการทำนายความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ได้ดังนี้

5 km performance = 128.190-7.542 Lung capacity**+0.775 Jump height
-0.036 ABIR-0.419 CE-0.306 IR*-0.143 ER* - 0.211 SL**

R^2 = 0.404

เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2=0.404) ตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัวแปรได้แก่ ความจุปอด ความสูงในการกระโดด ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อซึ่งประกอบด้วย Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR) Combined Evaluation (CE), Glenohumeral Internal Rotation (IR) Glenohumeral External Rotation (ER) Straight Leg Raise (SL) สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนได้ถูกต้องร้อยละ 40.4



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

ภาพประกอบที่22: ค่าการประมาณค่า (Estimate)ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรสมรรถภาพทางกาย

ตารางที่ 11: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ตัวแปรสมรรถภาพทางกายที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

ตัวแปร	Beta	t-value	Sig.
1.ความจุปอด	-0.607***	-4.548	0.000
2.ความสูงในการกระโดด	0.648***	4.167	0.000
3.SL	-0.333**	-2.680	0.010
4.IR	-0.395*	-2.507	0.016
5.ER	-0.246	-1.882	0.066
6.CE	-0.165	-1.259	0.214
7.ABIR	-0.079	-0.583	0.563

$R=0.636$, $R^2= 0.404$, Adjusted $R^2 = 0.317$, $F = 4.653$, Sig < 0.01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($1.96 \leq$ t-value ≤ 2.576)

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($2.576 \leq$ t-value ≤ 3.290)

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (t-value ≥ 3.290)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (Beta) ความจุปอด (X1:Lung capacity) ความสูงในการกระโดด (X2:Jump height) ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (-4.548, 4.167) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.001 ส่วน Straight Leg Raise (X7:SL) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (-2.680) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และGlenohumeral Internal Rotation (IR) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (-2.507) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 นอกจากนั้นเมื่อนำปัจจัยด้านสมรรถภาพทางกายที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยพบว่าตัวแปรที่มีผลมากที่สุดคือ ความจุปอด รองลงมาได้แก่ ความสูงในการกระโดด SL IR ER CE และ ABIR ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.ความสามารถในการออกแรง (Tetherforce)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านความสามารถในการออกแรง (Tetherforce)ได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว (X1: Whole force) แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน (X2: Arm force) แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา (X3: Leg force) นำเสนอดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรความสามารถในการออกแรง

สมรรถภาพทางกาย		X1	X2	X3	Y
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว	X1	1			
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน	X2	0.428**	1		
แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา	X3	0.250	0.463**	1	
ผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร	Y	-0.130	-0.203	-0.282*	1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

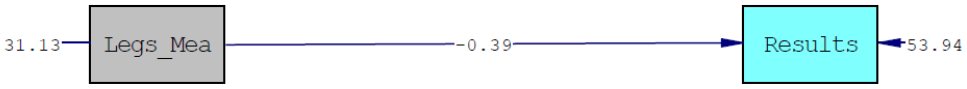
จากตารางที่ 12 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรสมรรถภาพทางกายแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.250-0.463 โดยองค์ประกอบด้านแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน (X2) กับ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา (X3) มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด (0.463; $p<0.01$) รองลงมาได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว (X1) กับแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน (X2) (0.428; $p<0.01$) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านความสามารถในการออกแรงกับผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา (-0.282; $p<0.05$)

การประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยวิธีการแบบ Enter ของตัวแปรความสามารถในการออกแรงจาก 3 องค์ประกอบหลักและนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 23 และตารางที่ 13 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำมาเขียนสมการทำนายความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ได้ดังนี้

5 km performance = 77.789 -0.387 Leg*

R^2 = 0.087

เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2=0.087) ตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวแปรได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว (X1: Whole force) แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน (X2: Arm force) แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา (X3: Leg force) สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนได้ถูกต้องร้อยละ 8.7



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

ภาพประกอบที่23: ค่าการประมาณค่า (Estimate)ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรความสามารถในการออกแรง

ตารางที่ 13: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ตัวแปรความสามารถในการออกแรงที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

ตัวแปร	Beta	t-value	Sig.
1.แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา	-0.237	-1.584	0.119
2.แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน	-0.077	-0.477	0.636
3. แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว	-0.038	-0.258	0.797

$R=0.296$, $R^2= 0.087$, Adjusted R^2 = 0.035, F = 1.659, Sig =0.187

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (1.96 ≤ t-value ≤ 2.576)

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2.576 ≤ t-value ≤ 3.290)

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (t-value ≥ 3.290)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (Beta) พบว่าไม่มีค่าใดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่มีความแตกต่างอย่างมีระดับนัยสำคัญที่ทางสถิติ นอกจากนั้นเมื่อนำปัจจัยความสามารถในการออกแรงส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยพบว่าตัวแปรที่มีผลมากที่สุดคือ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา รองลงมาได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้แขน และแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ทั้งตัว ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

4. ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Aerobic Performance)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Aerobic Performance) ได้แก่ ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X1: V_Anth) ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X2:La_Anth) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X3: VO_2max) ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X4:V_VO_2max) ปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(X5: La_VO_2max) นำเสนอดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิค

องค์ประกอบของร่างกาย		X1	X2	X3	X4	X5	Y
V_Anth	X1	1					
La_Anth	X2	-0.110	1				
VO_2max	X3	0.565**	-0.173	1			
V_VO_2max	X4	0.756**	-0.043	0.611**	1		
La_VO_2max	X5	-0.218	0.356**	0.043	-0.072	1	
ผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร	Y	-0.507**	-0.066	-0.592**	-0.614**	0.208	1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

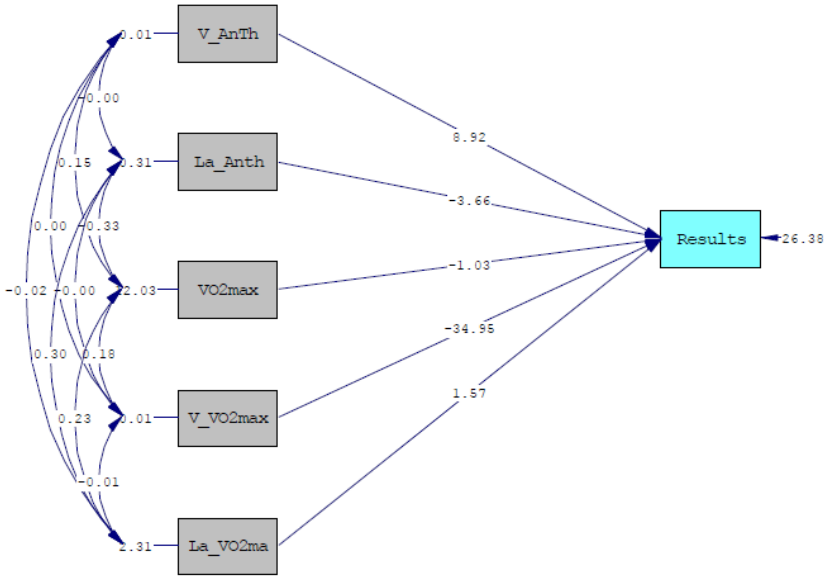
จากตารางที่ 14 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิค แต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.043-0.756 โดยองค์ประกอบด้านความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X1: V_Anth) กับความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X4:V_VO_2max) มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด (0.756; $p<0.01$) และปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X2:La_Anth) กับความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X4:V_VO_2max) มีความสัมพันธ์กันต่ำที่สุด (0.043) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกายกับผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X1) (-0.507; $p<0.01$) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X3)(-0.592; $p<0.01$) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X4) (-0.614; $p<0.01$) ตามลำดับ

การประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยวิธีการแบบ Enter ของตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคจาก 5 องค์ประกอบหลักและนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 24 และตารางที่ 14 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำมาเขียนสมการทำนายความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ได้ดังนี้

5km performance = 153.34 +8.697 V_Anth -3.668 La_Anth* -1.025 VO_2max**
-34.905 V_VO_2max** + 1.575 La_VO_2max*

R^2 = 0.550

เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2=0.550) ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปรได้แก่ ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X1: V_Anth) ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (X2:La_Anth) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X3: VO_2max) ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (X4:V_VO_2max) ปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(X5: La_VO_2max)สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนได้ถูกต้องร้อยละ 55.0



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

ภาพประกอบที่ 24: ค่าการประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบพลังงานแบบแอโรบิค

ตารางที่ 15: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ระบบพลังงานแบบแอโรบิคที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

ตัวแปร	Beta	t-value	Sig.
1. VO_2max	-0.465***	-3.634	.001
2. La_VO2max	0.313**	2.907	.005
3. La_Anth	-0.265*	-2.529	.015
4. V_VO_2max	-0.382*	-2.461	.017
5. V_Anth	0.084	.544	.589

R=0.742, R^2= 0.550, Adjusted R^2 = 0.505, F = 12.219, Sig < 0.01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (1.96 ≤ t-value ≤ 2.576)

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2.576 ≤ t-value ≤ 3.290)

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (t-value ≥ 3.290)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (Beta) พบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (-0.465) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.001 ปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(La_VO_2max) ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (0.313) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ส่วนปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (La_Anth) และความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (V_VO_2max) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (-0.265, -0.382) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ตามลำดับ นอกจากนั้นเมื่อนำปัจจัยด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยพบว่าตัวแปรที่มีผลมากที่สุดคือ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (V_VO_2max) รองลงมาได้แก่ ปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(La_VO_2max) ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (La_Anth) ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (V_VO_2max) และความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (V_Anth)ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

5.ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Performance)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Performance) ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (X1: Avg_Vel) ดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย (X2:Avg_SI) ปริมาณแลคเตทสูงสุด (X3: Max_La) อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (X4: Max_HR) นำเสนอดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16: แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค

องค์ประกอบของร่างกาย		X1	X2	X3	X4	Y
Avg_Vel	X1	1				
Avg_SI	X2	0.654**	1			
Max_La	X3	0.388**	0.195	1		
Max_HR	X4	0.094	-0.133	0.189	1	
ผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร	Y	-0.452**	-0.285*	-0.234	-0.103	1

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

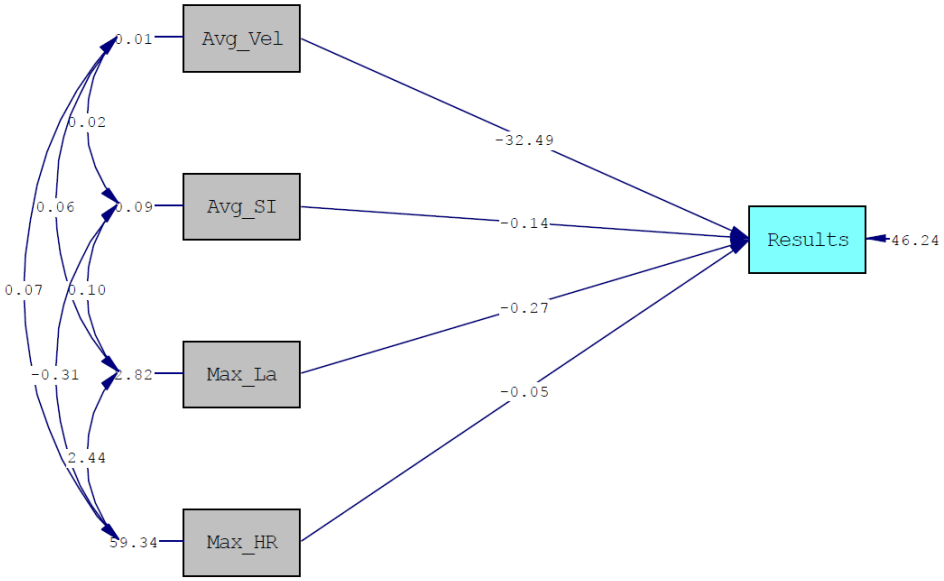
จากตารางที่ 16 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค แต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.094-0.654 โดยองค์ประกอบด้านความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (X1: Avg_Vel) กับดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย (X2:Avg_SI) มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด (0.654; $p<0.01$) และความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (X1: Avg_Vel) กับ อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (X4: Max_HR) มีความสัมพันธ์กันต่ำที่สุด (0.094) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกายกับผลการแข่งขัน 5 กิโลเมตร พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (X1: Avg_Vel) (-0.452; $p<0.01$) และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย (X2:Avg_SI) (-0.285; $p<0.01$) ตามลำดับ

การประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยวิธีการแบบ Enter ของตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคจาก 4 องค์ประกอบหลักและนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนสามารถแสดงดังภาพประกอบที่ 25 และตารางที่ 17 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถนำมาเขียนสมการทำนายความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ได้ดังนี้

5km performance = 137.67-32.535 Avg_Vel-0.114* Avg_SI-0.270 Max_La -0.052 Max_HR

R^2 = 0.211

เมื่อพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2=0.211) ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปรได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (X1: Avg_Vel) ดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย (X2:Avg_SI) ปริมาณแลคเตทสูงสุด (X3: Max_La) อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (X4: Max_HR)สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนได้ถูกต้องร้อยละ 21.1



Chi-Square=0.00, df=0, P-value=1.00000, RMSEA=0.000

ภาพประกอบที่ 25: ค่าการประมาณค่า (Estimate) ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค

ตารางที่ 17: ผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร

ตัวแปร	Beta	t-value	Sig.
1. Avg_Vel	-.421*	-2.358	.022
2. Max_La	-.059	-.432	.667
3. Max_HR	-.053	-.403	.689
4. Avg_SI	-.004	-.026	.979

R=0.742, R^2= 0.550, Adjusted R^2 = 0.505, F = 12.219, Sig < 0.01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (1.96 ≤ t-value ≤ 2.576)

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2.576 ≤ t-value ≤ 3.290)

***มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (t-value ≥ 3.290)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรอิสระในรูปแบบคะแนนมาตรฐาน (Beta) พบว่าความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (X1: Avg_Vel) เป็นเพียงตัวแปรเดียวที่มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (-0.421) ที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 นอกจากนั้นเมื่อนำปัจจัยด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมาจัดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย พบว่าตัวแปรที่มีผลมากที่สุดคือ ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (Avg_Vel) รองลงมาได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุด (Max_La) อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Max_HR) และดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย (Avg_SI) ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

บทที่ 5: สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ (1) ศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometrics) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tether force) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) และความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) และ (2) เพื่อใช้เทคนิคของโมเดลสมการโครงสร้างในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนายซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometrics) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tether force) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ทั้งระบบพลังงานแบบแอโรบิค (Aerobic Performance) และแอนแอโรบิค (Anaerobic Performance) ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน

ในภาพรวมของผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรมีการพัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปีอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 9.01 เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุด 3 อันดับแรกภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์พบว่า ร้อยละของไขมันมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ร้อยละ 6.69 ($d=0.27$, Small) รองลงมาได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขาร้อยละ 5.97 ($d=0.20$, small) และปริมาณแลคเตทสูงสุดจากการทดสอบ 6x50 เมตร ร้อยละ 5.18 ($d=0.46$, small) ตามลำดับ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยวิธีการแบบ Enter ของตัวแปรแต่ละด้านที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนพบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometrics) สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนได้ถูกต้องร้อยละ 24.9 ตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัวแปรของสมรรถภาพทางกายสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถได้ถูกต้องร้อยละ 40.4 ตัวแปรความสามารถในการออกแรงโดยพิจารณาจากแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถได้ถูกต้องร้อยละ 8.7 ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคจาก 5 องค์ประกอบหลักสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถได้ถูกต้องร้อยละ 55.0 และตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคจาก 4 องค์ประกอบหลักสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถได้ถูกต้องร้อยละ 21.1 ตามลำดับ

การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายได้กำหนดและอธิบายรูปแบบของการวางแผนการฝึกซ้อมของนักกีฬาโดยเรียกว่าแบบดั้งเดิม (Traditional models) โดยประกอบด้วยวงรอบของการฝึกประมาณ 2-3 วงรอบการฝึก/ปี และจำนวนสัปดาห์ของการฝึก 8-16 สัปดาห์ / 1 วงรอบการฝึก โดยในรายละเอียดของการฝึกในแต่ละสัปดาห์จะต้องกำหนดให้มีความเหมาะสมและระยะเวลาที่เพียงพอต่อการปรับตัวของนักกีฬาต่อรูปแบบการฝึกทั้งระบบพลังงาน เทคนิคการ

ว่ายและความหนักในการฝึกที่แตกต่างกันในแต่ละสัปดาห์ การประเมินและติดตามปริมาณ (Volume) ความหนักในการฝึกซ้อม (Training load) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) จำนวนทั้งสิ้น 12 สัปดาห์ ประกอบด้วยช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory phase) 6 สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์ และช่วงของการแข่งขัน (Competition) 2 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับการจัดรูปแบบการฝึกซ้อมของ Zacca และคณะ (2020) ที่กำหนดรูปแบบการฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบที่ 1 ของปี (Marcocycle 1) จำนวนทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ โดยกำหนดช่วงของการฝึกเป็นช่วงเตรียมความพร้อมทั่วไป (Preparatory phase) 6 สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์ ช่วงของการแข่งขัน (Competition) 2 สัปดาห์ และช่วงเปลี่ยนผ่านสู่การฝึกวงรอบใหม่ (Transition phase) อีก 2 สัปดาห์ นอกจากนั้น Pyne และ Goldsmith (2008) ยังได้เสนอแนะว่า การวางแผนการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำเพื่อเตรียมเข้าร่วมการแข่งขันควรจะต้องมีโครงสร้างการฝึกอย่างน้อย 14 สัปดาห์และวางรูปแบบและวัตถุประสงค์ของการฝึกให้มีความสอดคล้องกับแต่ละช่วงในการฝึกเช่น ควรประกอบด้วยการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนแบบแอโรบิค 4 สัปดาห์ในช่วงเริ่มต้น (Aerobic phase) การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค (Aerobic + Anaerobic phase) 4 สัปดาห์ การฝึกเพื่อพัฒนาความพร้อมสูงสุดของนักกีฬาทั้งทางด้านระบบพลังงานและสมรรถภาพทางกาย (Transition phase) 3 สัปดาห์ และช่วงของการลดปริมาณการฝึกและเตรียมพร้อมเข้าสู่การแข่งขันรายการสำคัญ (Taper and Competition) 3 สัปดาห์

อย่างไรก็ตามระยะเวลาของวงรอบการฝึกไม่ได้มีการกำหนดไว้แบบตายตัว โดยที่ผู้ฝึกสอนสามารถปรับรูปแบบและวิธีการฝึกได้ตามเป้าหมายของการฝึกและโปรแกรมการแข่งขัน Issurin และคณะ (Issurin et al., 2016) ได้กำหนดช่วงของการฝึกตามวัตถุประสงค์ (Multi-targeted block periodization) ซึ่งในแต่ละช่วงของการฝึกประกอบด้วยระยะเวลาของการฝึก 2-4 สัปดาห์ โดยในช่วงเริ่มต้นเน้นรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาพื้นฐาน เทคนิค ทักษะและระบบความอดทนพื้นฐาน (Accumulation) หลังจากนั้นจึงพัฒนาเทคนิคเฉพาะและระบบพลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค (Transmutation) และในช่วงสุดท้ายเป็นช่วงลดปริมาณการฝึกและเตรียมเข้าร่วมการแข่งขัน (Realization) Hellard และคณะ (Hellard et al., 2017) ได้กำหนดสัดส่วนและองค์ประกอบของการฝึกออกเป็น 4 ประเภทในในระยะเวลาการฝึกทั้งสิ้น 11 สัปดาห์สำหรับนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้น ระยะกลาง และระยะไกล ประกอบด้วย ช่วงลดปริมาณการฝึก (Taper) ระยะเวลาฝึก 1-2 สัปดาห์ก่อนการแข่งขัน ช่วงระยะสั้น (Short term) ในสัปดาห์ที่ 3-5 ก่อนการแข่งขัน ช่วงกลาง (Medium term) ในสัปดาห์ที่ 6-8 ก่อนการแข่งขัน และช่วงระยะยาว (Long term) ในสัปดาห์ที่ 9-11ก่อนการแข่งขัน

ในโครงสร้างของรูปแบบและวงรอบการฝึกของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน Baldassarre และคณะ (2018) ทำการเก็บข้อมูลปริมาณการฝึกของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนระยะทาง 10 กิโลเมตร ที่เตรียมตัวฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาโอลิมปิค 2016 จำนวน 8 คน (ชาย 3, หญิง 5) ระยะเวลาฝึกซ้อมทั้งสิ้น (47-50 สัปดาห์) จำนวนครั้งการฝึกซ้อม 446±37 ครั้ง ทำการบันทึกปริมาณและความหนักของการฝึกซ้อม (Training load and volume: TV) และประเมินระดับความหนักในการฝึกจากการประเมินการรับรู้ความหนักในการฝึกซ้อม (Training intensity distribution : TID) พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการฝึกต่อสัปดาห์มีระยะทางประมาณ 80.94±5.44 กิโลเมตร และระดับความหนักในการฝึกจากการประเมินการรับรู้ความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76±8.11% ในโซนความหนักเบา (Z1) ร้อยละ 17.70±6.79% ในโซนความหนักปานกลาง (Z2) และร้อยละ 5.47±5.93% ในโซนความหนักมาก (Z3) Pla และคณะ (2019) ศึกษา

เกี่ยวกับการจัดโครงสร้างโปรแกรมการฝึก ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยา ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่เตรียมตัวเข้าร่วมการแข่งขันชิงแชมป์โลก พบว่าปริมาณการฝึกซ้อมเฉลี่ยรายสัปดาห์เท่ากับ 85 ± 21 กิโลเมตร คิดเป็น 39 ± 8% ในโซนความหนักที่ปริมาณแลคเตทน้อยกว่า 2 มิลลิโมล (Z1) ร้อยละ 53 ± 8% ในโซนความหนักที่ปริมาณแลคเตทระหว่าง 2 ถึง 4 มิลลิโมล (Z2) และร้อยละ 8 ± 4% ในโซนความหนักที่ปริมาณแลคเตทระหว่างมากกว่า 4 มิลลิโมล (Z3)

ระยะทางการฝึกซ้อมเฉลี่ยของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนจากการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งคำนวณจากระยะทางการฝึกซ้อมรวมเฉลี่ยรายสัปดาห์และความหนักในการฝึกซ้อมเฉลี่ยพบว่าในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) 6 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 43.8 ± 7 กิโลเมตร/ สัปดาห์ และความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ย 88.7 ± 11 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 51.8±8.0 กิโลเมตร/ สัปดาห์ และความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ย 107.5 ± 9.0 และช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 33.0 ± 4.0 กิโลเมตร/ สัปดาห์และความหนักในการฝึกซ้อมมีค่าเฉลี่ย 67.0 ± 6.0 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ทั้งนี้ระยะทางที่นักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนใช้ในการฝึกในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) ในครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าการศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่ทำการฝึกซ้อมในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 1ของปี (Marcocycle 1) ซึ่งมีปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit : T.U.) สูงสุดในช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) 4 สัปดาห์ (37.50± 3.31 กิโลเมตร; 53.0±25.0 หน่วยฝึก / สัปดาห์) (Zacca et al.,2020) อย่างไรก็ตามปริมาณในการฝึกเฉลี่ยต่อสัปดาห์ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนจากการศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณน้อยกว่า ระยะทางในการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่เตรียมตัวเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาโอลิมปิค (Baldassarre et al., 2018; 80.94±5.44 กิโลเมตร) และนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่เตรียมตัวเข้าร่วมการแข่งขันชิงแชมป์โลก (Pla et al., 2019; 85 ± 21 กิโลเมตร) แต่อย่างไรก็ตามระยะทางในการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในครั้งนี้ เป็นไปตามข้อเสนอแนะของ Chatard และ Stewart (2011) ที่ระบุว่านักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนควรมีปริมาณของการฝึกซ้อมรวมเฉลี่ยรายสัปดาห์ประมาณ 35-60 กิโลเมตร / สัปดาห์

การประเมินความสัมพันธ์ของปริมาณและความหนักของการฝึก (Training workloads) โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายใน (Internal training workloads) และระดับการตอบสนองและการฟื้นสภาพของร่างกายนักกีฬา (Recovery-stress) มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการประเมินระดับการปรับตัวของนักกีฬาต่อรูปแบบการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอน และเพื่อป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดการฝึกซ้อมเกิน (Overtraining) ในการวิจัยในครั้งนี้ การประเมินปริมาณการฝึกจากปัจจัยภายในและการประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้าของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนประกอบด้วยรูปแบบการประเมินระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: sRPEh) การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: sRPEkm) และการประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่การรับรู้ระดับของความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) คุณภาพของการนอน (Sleep quality) และดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) ซึ่งเป็นผลรวมของคะแนนประเมินทั้ง 4 องค์ประกอบ (Hooper & Mackinnon, 1995; Foster et al., 2001; Nagle et al., 2015; Collette et al., 2018; Clemente et al., 2021)

การประเมินปริมาณการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำจากปัจจัยภายใน (Internal training workloads) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตามรูปแบบการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกของผู้ฝึกสอนในวงรอบการ

ฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) พบว่าระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) และในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) มีค่าเฉลี่ย 219.2±31 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) มีค่าเฉลี่ย 362.3±41 หน่วยฝึก/สัปดาห์และช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) มีค่าเฉลี่ย 132.5±24 หน่วยฝึก/สัปดาห์ การประเมินการระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) คูณกับระยะเวลารวมในการฝึกซ้อมในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) มีค่าเฉลี่ย 8.2±0.8 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) มีค่าเฉลี่ย 12.4±1.9 หน่วยฝึก/สัปดาห์ และช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) มีค่าเฉลี่ย 8.4±0.6 หน่วยฝึก/สัปดาห์ ซึ่งระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{km}$) และการประเมินระดับความหนักในการฝึกในแต่ละครั้ง (Session RPE: $sRPE^{h}$) ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าที่ได้จากการประเมินตามวงรอบการฝึกของนักกีฬาว่ายน้ำหญิงที่มีความสามารถสูงจำนวน 17 สัปดาห์ (123.6 ถึง 440.5 หน่วยฝึก/สัปดาห์) (Collette et al., 2018) และในนักกีฬาว่ายน้ำที่มีความสามารถสูงในระยะเวลาการฝึกซ้อมทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ (424 ± 250 หน่วยฝึก/สัปดาห์) (García-Ramos et al., 2015)

การประเมินสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Well-being) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่การรับรู้ระดับของความเครียด (Stress) อาการเมื่อยล้า (Fatigue) อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) คุณภาพของการนอน (Sleep quality) และดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) ซึ่งเป็นผลรวมของคะแนนประเมินทั้ง 4 องค์ประกอบพบว่าในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) มีค่าเฉลี่ย 3.1±0.7, 3.4±1.1, 3.5±0.7 ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) มีค่าเฉลี่ย 3.6±1.0,4.1±0.6, 4.1±0.6 และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) มีค่าเฉลี่ย 3.2±1.0, 3.5±0.8, 3.5±0.8 ตามลำดับ คุณภาพของการนอน (Sleep quality) ในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) มีค่าเฉลี่ย 4.4±0.5 ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) มีค่าเฉลี่ย 3.9±0.8 และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) มีค่าเฉลี่ย 3.9±0.9 ส่วนดัชนีของฮูปเปอร์ (Hooper index) ในช่วงเตรียมความพร้อม (Preparatory phase) มีค่าเฉลี่ย 14.4±1.2 ช่วงเฉพาะเจาะจง (Specific phase) มีค่าเฉลี่ย 15.1±1.4 และและช่วงของการแข่งขัน (Competition phase) มีค่าเฉลี่ย 13.4±1.2 ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าในช่วงของการฝึกซ้อมที่มุ่งเน้นการพัฒนาเทคนิคเฉพาะและระบบพลังงานแบบแอโรบิตและแอนแอโรบิคในช่วงของการฝึกซ้อมแบบเฉพาะเจาะจง (Specific phase) จะส่งผลโดยตรงต่อการตอบสนองทางด้านร่างกาย อารมณ์ และอาการเมื่อยล้า (Pyne & Goldsmith, 2008; Collette et al., 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่แสดงให้เห็นว่าในช่วงเริ่มต้นของการฝึกนักกีฬาว่ายน้ำตามวงรอบการฝึกจะให้ความสำคัญเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาพื้นฐาน เทคนิค ทักษะและระบบความอดทนพื้นฐาน (Accumulation) หลังจากนั้นจึงพัฒนาเทคนิคเฉพาะและระบบพลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิค (Transmutation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางด้านแอโรบิคพื้นฐาน (Anaerobic threshold) (Pla et al., 2019)และในช่วงสุดท้ายเป็นช่วงลดปริมาณการฝึกและเตรียมเข้าร่วมการแข่งขัน (Realization) (Issurin et al., 2016; Hellard et al., 2017)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบและปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) พบว่า ร้อยละของไขมันมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดร้อยละ 6.69 รองลงมาได้แก่ แรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขา ร้อยละ 5.97 และปริมาณแลคเตทสูงสุดจากการทดสอบ 6x50 เมตร ร้อย

ละ 5.18 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020) ที่ทำการติดตามและประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวฟิสิกส์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบการฝึกซ้อมวงรอบแรก (First Marcocycle) ของการวางแผนการฝึกซ้อมรายปีแบบดั้งเดิม (Traditional marcocycle) พบว่าองค์ประกอบของร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 6 ในวงรอบการฝึกซ้อมวงรอบแรก และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 13 ในวงรอบการฝึกที่สอง และเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ในวงรอบการฝึกที่สาม

นอกจากนั้นในวงรอบการฝึกที่สามของการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในครั้งนี้ เป็นการวางโปรแกรมการฝึกซ้อมในวงรอบสุดท้ายที่มุ่งเน้นการพัฒนาขีดความสามารถสูงสุดทั้งทางด้านร่างกาย เทคนิค และระบบพลังงานทั้งแอโรบิคและแอนแอโรบิครวมทั้งการฝึกร่างกายบนบก (Dryland) ทำให้ส่งผลโดยตรงต่อแรงเฉลี่ยในการว่ายโดยใช้ขาจากการทดสอบ Tetherforce และปริมาณแลคเตทสูงสุดในการจากการทดสอบ 6x50 เมตร ซึ่งแสดงถึงความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนโรบิคทั้งความสามารถในการทนทานต่อกรดแล็คติค (Lactate tolerance) และความสามารถหรือกำลังของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic power) ซึ่งจากการศึกษาของ Nagle Zera และคณะ (Zera et al., 2021) พบว่าการประเมินความสามารถในการออกแรงว่ายมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการว่ายน้ำและความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคจากการทดสอบ Wingate นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพบว่าองค์ประกอบของร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งมวลน้ำหนักตัวโดยไม่รวมไขมัน (Lean mass) มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อแรงในการว่ายสูงสุด (Peak force) และแรงในการว่ายน้ำเฉลี่ย (Mean force) โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ (Zera et al., 2022)

เมื่อพิจารณาในภาพรวมขององค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometrics) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ความสามารถในการออกแรง (Tether force) ตัวแปรทางด้านระบบพลังงาน (Bioenergetics) ที่มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) พบว่าภาพรวมการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายทั้ง น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกายมีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 0.29-2.89) ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายที่เปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนที่ต่ำ ตรงข้ามกับผลการศึกษาของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020) ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงทางขององค์ประกอบของร่างกายและความสามารถของระบบพลังงานเป็นองค์ประอบสำคัญที่มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบการฝึก 1 ฤดูกาลฝึก (อายุเฉลี่ย 14.2 -14.9 ปี) สมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ซึ่งประกอบด้วย ความจุปอด ความสูงในการกระโดด ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อ (ABIR, CE, IR, ER, SL) มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 0.45-3.15) ภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์

ปริมาตรและความจุปอดที่ได้จากการวัดปริมาตรของลมหายใจหรือปริมาตรอากาศในปอดที่สัมพันธ์กับการระบายลมหายใจโดยวิเคราะห์ตัวแปร FVC (Forced Vital Capacity) ของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในครั้งนี้มีค่าเฉลี่ย (3.69-3.81ลิตร) ซึ่งโดยธรรมชาติของนักกีฬาประเภทอดทนจะต้องมีขนาดของความจุปอดที่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณถุงลมปอด (Pulmonary alveoli) เพื่อทำหน้าที่ในการลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างอากาศกับเลือด (Armour et al., 1993) การตรวจวัดหาความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซในปอด (Diffusing lung capacity) พบว่ามีความสัมพันธ์กับความสูงของนักกีฬาและมีค่าเฉลี่ยที่สูงในนักกีฬาประเภททนทาน (Lazovic et al., 2018) และส่งผลโดยตรงสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดซึ่งโดยปกติมีค่าสูงกว่าคนทั่วไปประมาณร้อยละ 80-90 (Zauner et al., 2012) นอกจากนั้น Popovic และคณะ (Popovic et

al., 2016) ยังพบว่าความจุปอดของการหายใจเข้าออกเต็มที่ (Vital capacity: VC) ในนักกีฬาว่ายน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักกีฬานักกีฬาฟุตบอล ปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว แรง จนหมด หลังจากหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (Forced Vital Capacity :FVC) และมีค่าเฉลี่ยสูงเมื่อนักกีฬาว่ายน้ำมีขนาดโครงสร้างที่สูงใหญ่ และช่วงเวลาฝึกที่นักกีฬาพัฒนาความอดทนร่วมกับการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็ว จะทำให้นักกีฬามีค่าปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว FVC สูงขึ้นด้วย

ความสามารถในการกระโดดซึ่งใช้เพื่อการประเมินกำลังของขามีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับความสามารในการถออกตัวของนักกีฬาว่ายน้ำ (r=0.50-0.77) (Ramos et al., 2015) โดยที่ความสามารถในการออกแรงซึ่งประเมินจากความสามารถในการกระโดดของขาแต่ละข้าง ไม่มีความแตกต่างในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน และความสามารถในการกระโดดสูงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ในระยะทาง 25 ถึง 50 เมตร (r=0.82-0.87) และความสามารถในการเตะขาว่ายในระยะทาง 25 และ 50 เมตร (r=0.78-0.79) ตามลำดับ(Phukan et al., 2021) นอกจากนั้นความสามารถในการกระโดดยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการออกแรงว่ายน้ำอีกด้วย (r=0.65 ถึง 0.72) (Loturco et al., 2016) ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อจากการประเมินตามรูปแบบของ Walker และคณะ (Walker et al., 2016) โดยประเมินจาก 5 องค์ประกอบได้แก่ ABIR, CE, IR, ER, SL เป็นค่าที่อยู่ในช่วงปกติ ไม่มีการเคลื่อนไหวใดแสดงถึงความผิดปกติอันจะนำไปสู่อาการบาดเจ็บ

การประเมินความสามารถในการออกแรงว่ายจากการทดสอบ Tethered swim test ภายในระยะเวลา 30 วินาทีนั้น เป็นรูปแบบการทดสอบแรง(Force)และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ในการว่ายน้ำของนักกีฬาของนักกีฬาว่ายน้ำใน 3 รูปแบบคือ การว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว (Arms only) การว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว (Legs only) และการว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา (Whole body) (Morouco et al., 2011) โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ในระหว่าง 2.33 ถึง 5.97 ทั้งนี้จากผลการศึกษาวิจัยโดยการประเมินความสามารถในการออกแรงของนักกีฬาว่ายน้ำที่ผ่านมาพบว่า ท่าว่ายที่มีค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) สูงสุดตามลำดับได้แก่ ท่ากบ ท่าผีเสื้อ ท่าฟรีสไตล์ และท่ากรรเชียง ค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ในการทดสอบโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา 30 วินาทีสามารถนำมาใช้เพื่อประเมินความสามารถของระบบพลังงานแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ของนักกีฬาว่ายน้ำที่มีความเฉพาะเจาะจงมากกว่าการทดสอบ Wingate ค่าเฉลี่ยของแรง (Force)และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการว่ายของนักกีฬาในระยะสั้น (50-100 เมตร) และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) สามารถนำไปเป็นตัวบ่งชี้ของความสามารถของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการออกแรง (Stroking force production) ในการว่ายของนักกีฬาในแต่ละสโตรกและในแต่ละระยะทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาอย่างละเอียด (Morouco et al., 2011) นอกจากนั้น Zamparo และคณะ (Zamparo et al.,2005) ได้ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจเกี่ยวกับการใช้ขาสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำไว้อย่างน่าสนใจว่านักกีฬาว่ายน้ำควรใช้ขาเตะเพื่อการพยุงลำตัวเป็นหลักโดยความสามารถในการขับเคลื่อนหรือว่ายไปข้างหน้าควรเป็นหน้าที่ของรยางค์ส่วนบนเป็นหลัก

ความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนมีองค์ประกอบร่วมกันในหลายปัจจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคในการยืนระยะการทำงานที่ดี (Aerobic capacity)

ความสามารถในการควบคุมความเร็วในการว่ายที่ระดับแอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (V_Anth) อย่างต่อเนื่องและการว่ายโดยรักษาระดับความเร็วคงที่ที่ระดับ 80-90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (Vanheest et al.,2004; Baldassarre et al., 2017) ทั้งนี้สมรรถภาพการใช้ออกซิจนสูงสุดและค่าสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิคเทรสโฮล์ดเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถด้านความอดทนโดยเฉพาะในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน (Joyner & Coyle, 2008) ในการวิจัยในครั้งนี้การทดสอบความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคจากการทดสอบการว่าย 5 x 200 เมตร โดยเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได พบว่าตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุดได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดร้อยละ 4.06 รองลงมาได้แก่ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ ร้อยละ 3.70 ส่วนปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ปริมาณแลคเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ ร้อยละ 3.28 ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ร้อยละ 2.72 และปริมาณแลคเตทที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดร้อยละ 2.32 อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงความสามารถของระบบพลังงานได้แก่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ ความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 3 ของปี (Marcocycle 3) มีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาน้อยกว่าการศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนอายุระหว่าง 14-15 ปี ในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 1 (Marcocylce 1) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 12 (Zacca et al., 2020) นอกจากนั้นจากรายงานการวิจัยของ Zacca และคณะ (Zacca et al., 2020) ยังพบว่าองค์ประกอบทางด้านเทคนิคในการว่ายมีความสัมพันธ์และอิทธิพลโดยตรงต่อความสามารถในการว่ายน้ำในระยะทาง 400 เมตรคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละ 85

เมื่อพิจารณาถึงค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (43.67±5.89 ถึง 45.94±5.07 มิลลิโมล/นาที/กิโลกรัม)และค่าความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ของของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ต่ำกว่านักกีฬาที่ต่ำกว่านักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่เข้าร่วมการแข่งขันชิงแชมป์โลก (58.5±5.07 มิลลิโมล/นาที/กิโลกรัม) (Pla et al., 2019) และมีค่าเฉลี่ยต่ำว่านักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่ฝึกในวงรอบการฝึกวงรอบที่ 1 (Marcocylce 1) ระยะเวลาทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ (51.6 – 53.3 มิลลิโมล/นาที/กิโลกรัม) (Zacca et al., 2020) ค่าปริมาณแล็คเตทที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ (2.95 ถึง 3.05 มิลลิโมล) มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่างานวิจัยในนักกีฬาว่ายน้ำระดับนานาชาติที่ว่ายท่าฟรีสไตล์ (3.3 ±1.0 มิลลิโมล) ท่ากรรเชียง (3.9 ±1.1 มิลลิโมล) ท่ากบ (2.9 ±1.0 มิลลิโมล) และท่าผีเสื้อ (4.5 ±1.4 มิลลิโมล) (Carvalho et al., 2020) ส่วนค่าความเร็วที่แอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ของของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนในครั้งนี้ (1.30 ถึง 1.35 เมตร/วินาที) มีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าความเร็วที่ศึกษาในนักกีฬาว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ในระดับนานาชาติ (1.45 เมตร/วินาที) แต่มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าในนักกีฬาว่ายน้ำท่าผีเสื้อในระดับนานาชาติ (1.29 เมตร/วินาที) และท่ากบในนักกีฬาระดับนานาชาติ (1.09 เมตร/วินาที) ตามลำดับ

ในธรรมชาติของการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนซึ่งนักกีฬาจะต้องเร่งความเร็วเพื่อเข้าเส้นชัยในรอบสุดท้ายนั้น การเร่งความเร็วในการว่ายโดยที่ร่างกายต้องพยายามเพิ่มความสามารถในการปรับสมดุลกรด–ด่าง (buffer) และความอดทนของกล้ามเนื้อต่อการเกิดกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นในขณะที่ออกแรงของแขนและขาเพื่อเพิ่มความเร็วจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนเป็นอย่างดี (Baldassarre et al., 2019) ถึงแม้ว่าจากการรายงานการวิจัยที่ผ่านมาจะระบุว่าความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอดรบิคมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับความสามารถในการแข่งขันว่ายน้ำในระยะทาง 200 และ 400 เมตร มากกว่าในระยะทาง 50

และ 800 เมตร และที่สำคัญที่สุดคือความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะทางในการว่ายที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 400 เมตร (Campos et al., 2017) การประเมินความสามารถของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิคในการวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการทดสอบความเร็วอดทน 6 x50 เมตร เพื่อประเมินองค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์และสมรรถนะในการว่ายน้ำได้แก่ ความเร็วในการว่ายน้ำ ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ และสมรรถภาพของระบบแอนแอโรบิค ได้แก่ ปริมาณแล็คเตทสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Tanner & Gore.,2012) พบว่าตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามากที่สุดได้แก่ ปริมาณแลคเตทสูงสุดมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.18 ส่วนปัจจัยอื่นๆได้แก่ ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย ดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย และอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ในระดับต่ำร้อยละ 1.17-1.76

การประเมินความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทน (Aerobic Capacity) และการประเมินพลังของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ของนักกีฬาว่ายน้ำ สามารถอธิบายบนพื้นฐานความสัมพันธ์ของกลไกการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาต่อค่าปริมาณแล็คเตทในเลือด ดังนั้นหากพิจารณาความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทนของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Capacity) จากการทดสอบ 6 x 50 เมตร นั้นสามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบความเร็วในการว่าย ดัชนีชี้วัดความสามารถของการว่ายน้ำ และปริมาณแล็คเตทสูงสุดของนักกีฬาแต่ละคน เพื่อที่จะใช้ระดับของค่าแลคเตทในเลือดบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการใช้แหล่งพลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ซึ่งสามารถบอกถึงลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมว่าสอดคล้องกับแหล่งพลังงานที่จะใช้หรือไม่ ปริมาณแล็คเตทในกระแสเลือดภายหลังการว่ายน้ำอย่างเต็มความสามารถ จะบ่งบอกถึงความสามารถของการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสของกล้ามเนื้อ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของปริมาณแล็คเตทขึ้นอยู่กับความสามารถในการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิค ปริมาณการสะสมของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ อัตราการผลิตแลคเตท ปริมาณบัฟเฟอร์ของแลคเตทในกล้ามเนื้อ ระยะทางการว่าย ดังนั้นถ้านักกีฬาสามารถว่ายได้ด้วยความเร็วระดับสูงและปริมาณแล็คเตทสูงสุด (Peak blood lactate) อยู่ในระดับสูงแสดงว่านักกีฬาคนนั้นมีความสามารถในการสร้างความเร็วได้ดีและทนทานต่อปริมาณแล็คเตทที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นคุณลักษณะของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน นอกจากนั้นยังสามารถบอกถึงลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมว่าสอดคล้องกับแหล่งพลังงานที่จะใช้หรือไม่ได้อีกด้วย (Tanner & Gore., 2012; Baldassarre et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Toussaint และ Hollander (Toussaint & Hollander, 1994) ซึ่งระบุว่าการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาจะเพิ่มขึ้น 10 % ถ้าพัฒนาด้านเทคนิคและสมรรถภาพทางด้านระบบพลังงานโดยเฉพาะสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและพลังของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณของตัวแปรแต่ละด้านที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชนพบว่าองค์ประกอบที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแข่งขันได้มากที่สุดคือ ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิคร้อยละ 55.0 รองลงมาได้แก่ ตัวแปรของสมรรถภาพทางกาย ร้อยละ 40.4 ตัวแปรองค์ประกอบของร่างกาย ร้อยละ 24.9 ตัวแปรทางด้านระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิค ร้อยละ 21.1 และตัวแปรทางด้านความสามารถในการออกแรงคิดเป็นร้อยละ 8.7 ตามลำดับ ดังนั้นโมเดลสมการโครงสร้างเพื่อตรวจสอบตัวแปรทำนาย ที่สามารถนำมาสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน ตาม

ผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบว่า ความเร็วในการว่ายที่ระดับแอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (r=-0.507) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (r=-0.592) และความเร็วที่ระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (r=-0.614) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน สอดคล้องกับผลการศึกษาในกีฬาว่ายน้ำมาราธอนที่ผ่านมาพบว่าความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนควรประกอบด้วยความสามารถของระบบพลังงานแบบแอโรบิคในการยืนระยะการทำงานที่ดี ร่วมกับความสามารถในการควบคุมความเร็วในการว่ายที่ระดับแอนแอโรบิคเทรสโฮลด์ (Anth) อย่างต่อเนื่องและการว่ายโดยรักษาระดับความเร็วคงที่ที่ระดับ 80-90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ทั้งนี้ในภาพรวมจึงสามารถสรุปได้ว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิจนสูงสุดและค่าสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิคเทรสโฮล์ดเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถด้านความอดทนโดยเฉพาะในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน (Vanheest et al.,2004; Joyner & Coyle, 2008; Baldassarre et al., 2017)

ปัจจัยทางด้านสมรรถภาพทางกาย (Physical performance) ซึ่งประกอบด้วย ความจุปอด กำขังขาซึ่งประเมินจากความสูงในการกระโดด ความสามารถในการเคลื่อนไหวและความยืดหยุ่นของข้อต่อ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตรของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนเยาวชน จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาตรและความจุปอดที่ได้จากการวัดปริมาตรของลมหายใจหรือปริมาตรอากาศในปอดที่สัมพันธ์กับการระบายลมหายใจโดยวิเคราะห์ตัวแปร FVC (Forced Vital Capacity) มีความสัมพันธ์เชิงลบกับเวลาที่ใช้ในการแข่งขัน (r=-0.345) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Popovic และคณะ (Popovic et al., 2016) ยังพบว่าความจุปอดของการหายใจเข้าออกเต็มที่ (Vital capacity: VC) ในนักกีฬาว่ายน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักกีฬานักกีฬาฟุตบอล ปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว แรง จนหมด หลังจากหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (Forced Vital Capacity: FVC) และมีค่าเฉลี่ยสูงเมื่อนักกีฬาว่ายน้ำมีขนาดโครงสร้างที่สูงใหญ่ และช่วงเวลาฝึกที่นักกีฬาพัฒนาความอดทนร่วมกับการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็ว จะทำให้นักกีฬามีค่าปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างเร็ว FVC สูงขึ้นด้วย

การประเมินความสามารถในการออกแรงว่ายจากการทดสอบ Tethered swim test พบว่าความสามารถในการว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว (Legs only) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร (r=-0.282) ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าเฉลี่ยของแรง (Force) และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ไปเป็นตัวบ่งชี้ของความสามารถของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการออกแรง (Stroking force production) ในการว่ายของนักกีฬาในแต่ละสโตรกและในแต่ละระยะทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาอย่างละเอียด (Soares et al., 2010; Morouco et al., 2011; Amaro et al., 2017) นอกจากนั้น Zamparo และคณะ (Zamparo et al., 2005) ได้ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจเกี่ยวกับการใช้ขาสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำไว้อย่างน่าสนใจว่านักกีฬาว่ายน้ำควรใช้ขาเตะเพื่อการพยุงลำตัวเป็นหลักโดยความสามารถในการขับเคลื่อนหรือว่ายไปข้างหน้าควรเป็นหน้าที่ของรยางค์ส่วนบนเป็นหลัก

เมื่อพิจารณาความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทน (Aerobic Capacity) และการประเมินพลังของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ของนักกีฬาว่ายน้ำพบว่า ความเร็วเฉลี่ยในการว่าย (r=-0.452) กับดัชนีชี้วัดความสามารถในการว่ายน้ำเฉลี่ย (r=-0.285) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแข่งขันระยะทาง 5 กิโลเมตร ในธรรมชาติของการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนซึ่งนักกีฬาจะต้องเร่งความเร็วเพื่อเข้าเส้นชัยในรอบสุดท้ายนั้น ความสามารถของการยืนระยะและการประเมิน

พลังของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก สามารถอธิบายบนพื้นฐานความสัมพันธ์ของกลไกการปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาต่อค่าปริมาณแล็คเตทในเลือด ดังนั้นถ้านักกีฬาสามารถว่ายได้ด้วยความเร็วระดับสูงและปริมาณแล็คเตทสูงสุด (Peak blood lactate) อยู่ในระดับสูงแสดงว่านักกีฬาคนนั้นมีความสามารถในการสร้างความเร็วได้ดีและทนทานต่อปริมาณแล็คเตทที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นคุณลักษณะของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอน นอกจากนั้นยังสามารถบอกถึงลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมว่าสอดคล้องกับแหล่งพลังงานที่จะใช้หรือไม่ได้อีกด้วย (Tanner & Gore., 2012; Baldassarre et al., 2019)

บรรณานุกรม

Amaro, N. M., Morouço, P. G., Marques, M. C., Fernandes, R. J., & Marinho, D. A. (2017). Biomechanical and bioenergetical evaluation of swimmers using fully-tethered swimming: A qualitative review.

Armour, J., Donnelly, P., & Bye, P. (1993). The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? European respiratory journal, 6(2), 237-247.

Anderson, M. E., Hopkins, W. G., Roberts, A. D., & Pyne, D. B. (2006). Monitoring seasonal and long-term changes in test performance in elite swimmers. European journal of sport science, 6(3), 145-154.

Baldassarre, R., Bonifazi, M., Zamparo, P., & Piacentini, M. F. (2017). Characteristics and challenges of open-water swimming performance: a review. International Journal of Sports Physiology and Performance, 12(10), 1275-1284.

Baldassarre, R., Pennacchi, M., La Torre, A., Bonifazi, M., & Piacentini, M. F. (2019). Do the fastest open-water swimmers have a higher speed in middle-and long-distance pool swimming events? Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 4(1), 15.

Bangsbo, J., Mohr, M., Poulsen, A., Perez-Gomez, J., & Krustrup, P. (2006). Training and testing the elite athlete. J Exerc Sci Fit, 4(1), 1-14.

Barbosa, T. M., Bragada, J. A., Reis, V. M., Marinho, D. A., Carvalho, C., & Silva, A. J. (2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. Journal of science and medicine in sport, 13(2), 262-269.

Barbosa, T. M., Costa, M., Marinho, D. A., Coelho, J., Moreira, M., & Silva, A. J. (2010). Modeling the links between young swimmers' performance: energetic and biomechanic profiles. Pediatric Exercise Science, 22(3), 379-391.

Barbosa, T.M., Morouço, P., Jesus, S., Feitosa, W., Costa, M.J., Marinho, D., Silva, A. and Garrido, N. (2013). The interaction between intra-cyclic variation of the velocity and mean swimming velocity in young competitive swimmers. International journal of sports medicine 34, 123-130.

Campos, E. Z., Kalva-Filho, C. A., Gobbi, R. B., Barbieri, R. A., Almeida, N. P., & Papoti, M. (2017). Anaerobic contribution determined in swimming distances: relation with performance. Frontiers in physiology, 8, 755.

Carvalho, D. D., Soares, S., Zacca, R., Sousa, J., Marinho, D. A., Silva, A. J., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2020). Anaerobic threshold biophysical characterisation of the four swimming techniques. International Journal of Sports Medicine, 41(05), 318-327.

Chatard, J.-C., & Mujika, I. (1999). Training load and performance in swimming. Biomechanics and medicine in swimming VIII, 429-434.

Chatard, J., & Stewart, A. (2011). World Book of Swimming: From Science to Performance.

Clarys, J. (1996). The historical perspective of swimming science. Biomechanics and medicine in swimming VII.

Clemente, F., Silva, R., Arslan, E., Aquino, R., Castillo, D. and Mendes, B. (2021). The effects of congested fixture periods on distance-based workload indices: A full-season study in professional soccer players. Biology of sport 38, 37-44.

Collette, R., Kellmann, M., Ferrauti, A., Meyer, T. and Pfeiffer, M. (2018). Relation between training load and recovery-stress state in high-performance swimming. Frontiers in physiology 9, 845.

Costa, M.J., Marinho, D.A., Reis, V.M., Silva, A.J., Marques, M.C., Bragada, J.A. and Barbosa, T.M. (2010) Tracking the performance of world-ranked swimmers. Journal of Sports Science and Medicine 411-417.

Costa, A.M., Marques, M.C., Louro, H., Ferreira, S.S. and Marinho, D.A. (2013). The relative age effect among elite youth competitive swimmers. European journal of sport science 13, 437-444.

Cooley, W. W. (1978). Explanatory observational studies. Educational researcher, 7(9), 9-15.

De Jesus, K., Guidetti, L., Vilas-Boas, J., Baldari, C. and Fernandes, R. (2014). Which are the best VO2 sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? International journal of sports medicine 35, 1030-1036.

Elliott, A.C. and Woodward, W.A. (2007). Statistical analysis quick reference guidebook: With SPSS examples. Sage.

Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshal, P. and Dodge, C. (2001) A new approach to monitoring exercise training. The Journal of Strength & Conditioning Research 15, 109-115.

Gabbett, T.J., Nassis, G.P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D. and Beard, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data, Vol. 51, BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine, pp. 1451-1452.

García-Ramos, A., Feriche, B., Calderón, C., Iglesias, X., Barrero, A., Chaverri, D., Schuller, T., & Rodríguez, F. A. (2015). Training load quantification in elite swimmers using a modified version of the training impulse method. European journal of sport science, 15(2), 85-93.

Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. Sports Medicine, 44(2), 139-147.

Hellard, P., Scordia, C., Avalos, M., Mujika, I., & Pyne, D. B. (2017). Modelling of optimal training load patterns during the 11 weeks preceding major competition in elite swimmers. Applied physiology, nutrition, and metabolism, 42(10), 1106-1117.

Hohmann, A. and Seidel, I. (2010) Talent prognosis in young swimmers.

Hooper, S.L. and Mackinnon, L.T. (1995) Monitoring overtraining in athletes. Sports Medicine 20, 321-327.

Issurin, V. B. (2016). Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: a review. Sports medicine, 46(3), 329-338.

Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. The Journal of physiology, 586(1), 35-44.

Knechtle, B., Christinger, N., Kohler, G., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2009). Swimming in ice cold water. Irish journal of medical science, 178(4), 507-511.

Lazovic, B., Zlatkovic-Svenda, M., Grbovic, J., MilenkoviĆ, B., Sipetic-Grujicic, S., Kopitovic, I., & Zugic, V. (2018). Comparison of lung diffusing capacity in young elite athletes and their counterparts. *Pulmonology*, *24*(4), 219-223.

Marcoulides, G. A., & Schumacker, R. E. (2001). New developments and techniques in structural equation modeling. Psychology Press.

Morais, J. E., Saavedra, J. M., Costa, M. J., Silva, A. J., Marinho, D. A., & Barbosa, T. M. (2013). Tracking young talented swimmers: follow-up of performance and its biomechanical determinant factors. Acta of bioengineering and biomechanics, 15(3), 129-138.

Morais, J. E., Marques, M. C., Marinho, D. A., Silva, A. J., & Barbosa, T. M. (2014). Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. Human movement science, 37, 111-122.

Morais, J.E., Silva, A.J., Marinho, D.A., Marques, M.C., Batalha, N. and Barbosa, T.M. (2016) Modelling the relationship between biomechanics and performance of young sprinting swimmers. European journal of sport science 16, 661-668.

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., Geyssant, 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.

Nagle, J.A., McMillan, J.L., Munkasy, B.A., Joyner, A.B., Roorda, A., Scott, M.K. and Rossi, S.J. (2015) Changes in Swim Performance and Perceived Stress and Recovery in Female Collegiate Swimmers Across a Competitive Season. Journal of Swimming Research 23.

Pendergast, D., Capelli, C., Craig, A., Di Prampero, P., Minetti, A., Mollendorf, J., Termin, I. and Zamparo, P. (2006) Biophysics in swimming. Portuguese Journal of Sport Sciences 6, 185-189.

Phukan, M. I., Thapa, R. K., Kumar, G., Bishop, C., Chaabene, H., & Ramirez-Campillo, R. (2021). Inter-limb jump asymmetries and their association with sport-specific performance in young male and female swimmers. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(14), 7324.

Pla, R., Aubry, A., Resseguier, N., Merino, M., Toussaint, J.-F., & Hellard, P. (2019). Training organization, physiological profile and heart rate variability changes in an open-water world champion. International Journal of Sports Medicine, 40(08), 519-527.

Pyne, D.B., Lee, H. and Swanwick, K.M. (2001) Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. Medicine and science in sports and exercise 33, 291-297.

Pyne, D. B., & Goldsmith, W. M. (2008). Training and testing of competitive swimmers. Handbook of Sports Medicine and Science: Swimming, 2nd ed.; Stager, JM, Tanner, DA, Eds, 128-143.

Raykov, T. (2012). Scale construction and development using structural equation modeling.

Schumacker, R. E., & Lomax, R. G. (2004). A beginner's guide to structural equation modeling. psychology press.

Shaw, G., Boyd, K. T., Burke, L. M., & Koivisto, A. (2014). Nutrition for swimming. International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 24(4), 360-372.

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 & medicine, 12(4), 623.

Soares, S., Silva, R., Aleixo, I., Machado, L., Fernandes, R., Maia, J., & Vilas-Boas, J. (2010). Evaluation of force production and fatigue using an anaerobic test performed by differently matured swimmers. Book of proceedings of the XI Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming.

Tanner, R.K., Fuller, K.L. and Ross, M.L. (2010). Evaluation of three portable blood lactate analysers: Lactate Pro, Lactate Scout and Lactate Plus. European journal of applied physiology 109, 551-559.

Tanner, R. and Gore, C. (2012) Physiological tests for elite athletes. Human kinetics.

Thornton, H. R., Delaney, J. A., Duthie, G. M., & Dascombe, B. J. (2019). Developing athlete monitoring systems in team sports: data analysis and visualization. International Journal of Sports Physiology and Performance, 14(6), 698-705.

Tipton, M., & Bradford, C. (2014). Moving in extreme environments: open water swimming in cold and warm water. Extreme physiology & medicine, 3(1), 1-11.

Toussaint, H. M., & Hollander, A. P. (1994). Energetics of competitive swimming. Sports medicine, 18(6), 384-405.

Toubekis, A. G., Tsami, A. P., Smilios, I. G., Douda, H. T., & Tokmakidis, S. P. (2011). Training-induced changes on blood lactate profile and critical velocity in young swimmers. The Journal of Strength & Conditioning Research, 25(6), 1563-1570.

Toubekis, A. G., & Tokmakidis, S. P. (2013). Metabolic responses at various intensities relative to critical swimming velocity. The Journal of Strength & Conditioning Research, 27(6), 1731-1741.

VanHeest, J. L., Mahoney, C. E., & Herr, L. (2004). Characteristics of elite open-water swimmers. Journal of Strength and Conditioning Research, 18(2), 302-305.

Veiga, S., Rodriguez, L., González-Frutos, P., & Navandar, A. (2019). Race strategies of open water swimmers in the 5-km, 10-km, and 25-km races of the 2017 FINA World Swimming Championships. Frontiers in Psychology, 10, 654.

Walker, H., Pizzari, T., Wajswelner, H., Blanch, P., Schwab, L., Bennell, K. and Gabbe, B. (2016) The reliability of shoulder range of motion measures in competitive swimmers. Physical Therapy in Sport 21, 26-30.

Zacca, R., Azevedo, R., Chainok, P., Vilas-Boas, J. P., Castro, F. A. d. S., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2020). Monitoring age-group swimmers over a training macrocycle: energetics, technique, and anthropometrics. The Journal of Strength & Conditioning Research, 34(3), 818-827.

Zamparo, P., Bonifazi, M., Faina, M., Milan, A., Sardella, F., Schena, F., & Capelli, C. (2005). Energy cost of swimming of elite long-distance swimmers. European Journal of Applied Physiology, 94(5), 697-704.

Zauner, C. W., Maksud, M. G., & Melichna, J. (1989). Physiological considerations in training young athletes. Sports medicine, 8(1), 15-31.

Zera, J. N., Nagle, E. F., Nagai, T., Lovalekar, M., Abt, J. P., & Lephart, S. M. (2021). Tethered swimming test: Reliability and the association with swimming performance and land-based anaerobic performance. The Journal of Strength & Conditioning Research, 35(1), 212-220.

Zera, J. N., Nagle, E. F., Connell, E., Curtin, E., Marget, W., Simonson, A. P., Nagai, T., Abt, J., & Lephart, S. (2022). Gender Differences and the Influence of Body Composition on Land and Pool-Based Assessments of Anaerobic Power and Capacity. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(13), 7902.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 ประวัตินักวิจัย

1.ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ชื่อ นายพรพจน์ ไชยนอก อายุ 41 ปี

1.2 ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

1.3. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ. ชลบุรี 20131
โทรศัพท์ 0-3839-0045 โทรสาร 0-3839-0045 E-mail: Phornpot_buu@hotmail.com

1.4 ประวัติการศึกษา

2546	วท.บ. (วิทยาศาสตร์การกีฬา)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2549	วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา)	มหาวิทยาลัยมหิดล
2565	D.Sc. (Sports Science)	University of Porto

1.5 .สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ ชีวฟิสิกส์ในกีฬาว่ายน้ำ, ชีวกลศาสตร์การกีฬา

2.ตำแหน่ง / ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ

2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านกีฬา

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาของการกีฬาแห่งประเทศไทย (กีฬาว่ายน้ำ) ปี 2009 – 2011 และ (2017-ปัจจุบัน)

2. ปฏิบัติหน้าที่เลขานุการคณะกรรมการวิทยาศาสตร์การกีฬา สมาคมว่ายน้ำแห่งประเทศไทย (2009 – 2011)

3. คณะทำงานโครงการจัดทำแผนยุทศาสตร์พัฒนากีฬาชาติลาว ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณโครงการจากกรมพัฒนาความร่วมมือระหว่างประเทศ กระทรวงการต่างประเทศ ราชอาณาจักรไทย (2017-2018)

4.ประธานฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย (2017 – 2019)

2.2 ตำแหน่งบริหาร

1. รองคณบดีฝ่ายอำนวยการ วิเทศสัมพันธ์ และบริการวิชาการ (1 ต.ค. 2558 – 31 ส.ค. 2559)

2. ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายอำนวยการและวิเทศสัมพันธ์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา (9 ส.ค. 2553 – 29 ก.พ. 2555)

3.ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายกิจการนิสิต วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การกีฬา (1 ส.ค. 2550 – 28 พ.ค. 2552)

4.รองคณบดีฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ (1 ต.ค. 2565 – ปัจจุบัน)

3.ผลงานทางวิชาการ/งานวิจัยและการเผยแพร่

3.1. Oral Presentation

3.1.1 Chainok, P (2007). *Kinematic parameters of the sprint start and start acceleration in Thai national female and youth national female sprinters*. The International Conference on Sport Science. Hanoi Vietnam.

3.1.2. Kramudsree, T., Chainok, P (2008). *Biomechanical Study of Sprint Start and Sprint Velocity of Thailand National Team Sprinters*. Seminar in Sport Science Project. Rayong Thailand.

3.1.3.Chainok, P . *An Integral Approach in Sport Science Application in Training Camp and Competition of Thai National Swimming Athletes*. The International Scientific Congress "Scientific Research for Development of Culture, Sport and Tourism".13-15 December,2009 , Bacninh University , Hanoi Vietnam.

3.1.4 Chainok, P.,Zacca, R., Tumnark, P., Bogachko, P., Fernandes, R., Vilas-Boas J.P. (2014). *Three-dimensional analysis of grab- and track-start in Thailand Swim Team: a case study.* Abstract book of the IV NSCA International Conference Catholic University San Antonio (UCAM). Murcia, Spain.

3.1.5 Chainok, P., Wakkee, W., Pattanapreecha, N., Tongroch, N., Bangmek, N., Sripakdee ,S., Tongnilpan, N. (2017). *The effect of land based active recovery protocol on blood lactate clearance after sprint in young swimmers : a pilot study*. The International Conference on Sport Management (ICSM 2017). 14-15 Sepember, 2017. Ton Duc Thang University. Vietnam

3.1.6 Chainok, P.,Wakkee, W., Pattanapreecha, N., Tongroch, N., Bangmek, N., Sripakdee ,S., Tongnilpan, N. (2017). *The effect of land based active recovery protocol on blood lactate clearance after sprint in young swimmers : a pilot study*. The International Conference on Sport Management (ICSM 2017). 14-15 September, 2017. Ton Duc Thang University. Vietnam

3.1.7 Tongdaeng, N., Suwannawath, N., Seelae, N., Boonying, N., Chainok, P. (2017). *A Kinematical comparison in two difference preparation pattern of pencak silat kicking techniques*. The International Conference on Sport Management (ICSM 2017). 14-15 September, 2017. Ton Duc Thang University. Vietnam.

3.1.8 P. Chainok; N. Tognillpant; S. Sripakdee ;R. Zacca ; J. P. Vilas-Boas ; R. J. Fernandes (2018). *Post-competition blood lactate concentration and stroke kinematics in Thai swimmers*. Abstract book of the XIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. University of Tsukuba. Tsukuba, Japan.

3.1.9 Jamrern R., Pinvilirat T., Srisaart N., Onhae A., Pankaew W. & Chainok P. (2019). *Physiological response during a simulation combat in young Thai taekwondo athletes: Heart rate variability and blood lactate approach*. International conference on Sport Science 2019 (17-18 December 2019). (p. 439-445). Sport and Tourism publishing house, Ho Chi Ming City, Vietnam.

3.1.10 Chainok P., Nakkanueng H., Matjiur R., Temsiriphan P., Sowhasun I. & Jamrern R. *(2019). Comparing the propulsive forces contribution among sprinter, open water and recreation swimmers: A Tethered Swimming Test.* International conference on Sport Science 2019 *(17-18 December 2019). (p. 439-445).* Sport and Tourism publishing house, Ho Chi Ming City, Vietnam.

3.1.11 Fernandes, R.J.; de Jesus, K.; Chainok, P.; Soares, S.; Machado, L.; Vilas-Boas, J.P. (2021). Starting and turning. Swimming biomechanics round table of the 31st Conference of the European Society for Biomaterials and 43rd Annual Congress of the Iberian Society of Biomechanics and Biomaterials. On-line.

3.2. Poster Presentation

3.2.1 Chainok, P., Tumnark, P., Baldari, C.., Vilas-Boas, J.P. & Fernandes, R. (2014). *Physiological characteristics of Thai swimmers: an exploratory approach.* Abstract book of the XII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, pp.181. Australian Institute of Sport. Canberra, Australia.

3.2.2. Tumnark, P., Pitaksathienkul, C.,Chainok, P., Conceição F.,Vilas- Boas, J.P.(2014) *Biomechanical analysis of the snatch in novice weightlifters – A case study*. Abstract book of the IV NSCA International Conference Catholic University San Antonio (UCAM). Murcia, Spain.

3.2.3 João Ribeiro, Ana Sousa , Pedro Figueiredo, Phornpot Chainok, Ana Silva, Valdir Junior, João Paulo VilasBoas, Ricardo J Fernandes. (2014). Energy system contribution during 100m front crawl swimming (Abstract). Abstract book of International Congress of Exercise and Sport Performance , pp.51. Polytechnic of Guarda , Portugal.

3.2.4 Manuel Vítor, Karla de Jesus, Luís Mourão, Sara Tribuzi, Pedro Gonçalves , Kelly de Jesus, Valdir Ramos, Phornpot Chainok , Rodrigo Zacca , Mariana Marques, Mário Vaz , João Paulo Vilas-Boas , Ricardo J. Fernandes. (2015). CARACTERIZAÇÃO BIOMECÂNICA DA FASE DE BLOCO NA PARTIDA TRACK MODIFICADA EM NATAÇÃO – ESTUDO PILOTO. Abstract book of the 6th Congresso Nacional de Biomecanica , pp...., Monte Real, Leiria, Portugal.

3.2.5 Morouço, P., Ribeiro, J., Zacca, R., Chainok, P., Ramos, V., Fernandes, R.J., Abraldes, J.A. (2015). INTERAÇÃO ENTRE A VARIAÇÃO INTRACÍCLICA DA VELOCIDADE E A VELOCIDADE DE NADO DE

NADADORES MASTERS. Abstract book of the 6th Congresso Nacional de Biomecanica , pp...., Monte Real, Leiria, Portugal.

3.2.6 Phornpot Chainok, Jessy Laurer, Rodrigo Zacca, Rita Barbosa, Pedro Goncalves, Ricardo Fernandes and João Paulo Vilas-Boas (2016). NEUROMUSCULAR ACTIVATION DURING ROTATION AND PUSH-OFF PHASES OF BACKSTROKE TO BREASTSTROKE TURNING TECHNIQUES IN AGE-GROUP SWIMMERS

Proceedings of the 27 International Symposium on Biomechanics in Sports, Tsukuba, Japan.

3.2.7 P.Chainok .,N. Tognillpant., S. Sripakdee., R. Zacca ., J. P. Vilas-Boas & R. J. Fernandes (2018). *Characteristics of blood lactate removal during competition in young swimmers*. Abstract book of the XIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. University of Tsukuba. Tsukuba, Japan.

3.3. Workshop

3.3.1. Chainok, P, Fernandes, R., Baldari, C., Tumnark, P., Buranarugsa, R., Vilas-Boas, J.P (2013). Workshop on swimming science "biomechanical and physiological contribution to swimming performance : views on the sport scientist and coaching perspective for swimming development ". Sport Authority of Thailand, Bangkok, Thailand.

3.3.2. Fernandes, R.; Zacca, R., Chainok, P.,Tumnark, P.,Abraldes, J. (2014). Workshop on evaluation of aquatic performance through strength assessment. The IV NSCA International Conference. Catholic University San Antonio (UCAM). Murcia, Spain.

3.4 Book Chapter (Conference Book)

de Jesus, K. Kelly de Jesus, Luis Mourão, Phornpot Chainok, Pedro Gonçalves, Hélio Roesler, Ricardo J. Fernandes, Mário A. P. Vaz and João Paulo Vilas-Boas (2015). Backstroke immersed until current handgrips configuration: an overview of findings. In: Contemporary Swim Start Research: Conference Book: Young Experts' Workshop on Swim Start Research 2015, Meyer & Meyer Sport, pp. 60-66.

3.5. Publications

3.5.1 International Journal Publications

(1) Chainok, P, Zacca, R., Tumnark, P., Bogachko, P., Fernandes, R.J., Vilas-Boas J.P. (2014). Three-dimensional analysis of grab- and track-start in Thailand swim team: a case study (abstract). Revista de Ciencias de la Atividade Física y del deporte, 9 (25 – suplemento): 76.

(2) K. de Jesus, K. de Jesus, P. Figueiredo, P. Gonçalves., P. Chainok ., R.J. Fernandes, J.P. Vilas-Boas (2016). The effect of different foot and hand set-up positions on backstroke start performance. Journal of Biomechanics. 2016; 15 (4) : 481-496. https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1182580

(3) Rodrigo Zacca, Rui Azevedo, Phornpot Chainok, João Paulo Vilas-Boas, Flávio A. de S. Castro6, David B. Pyne, Ricardo J. Fernandes (2018). Monitoring age-group swimmers over a training macrocycle: energetics, technique and anthropometrics. Journal of Strength & Conditioning Research. 2020; 34 (3) : 818-827. https://doi: 10.1519/JSC.0000000000002762

(4) Chainok, P., Machado, L., de Jesus, K., Abraldes, J. A., Borgonovo-Santos, M., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2021). Backstroke to Breaststroke Turning Performance in Age-Group Swimmers: Hydrodynamic Characteristics and Pull-Out Strategy. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(4), 1858. https://doi.org/10.3390/ijerph18041858

(5) Phornpot Chainok, Karla de Jesus, Leandro Coelho, Helon Vicente Hultmann Ayala, Mateus Gheorghe de Castro Ribeiro , Ricardo J Fernandes, Joao Paulo Vilas-Boas. (2021). Modeling and predicting the backstroke to breaststroke turns performance in age-group swimmers. Sports Biomechanics , 12(15), 1-22. https://doi.org/10.1080/14763141.2021.2005127

(6) Phornpot Chainok, Jessy Lauer, Pedro Goncalves Karla de Jesus, , Ricardo J Fernandes, Joao Paulo Vilas-Boas. (2022). Backstroke-to-Breaststroke Turns Muscular Activity. A Study Conducted in Age Group Swimmers. Journal of Sports Science & Medicine 21:402-412. https://doi.org/10.52082/jssm.2022.402

(7) Chainok, P., De Jesus, K., Mourão, L., Fonseca, P.F.P., Zacca, R., Fernandes, R.J. and Vilas-Boas, J.P. (2022). Biomechanical Features of Backstroke to Breaststroke Transition Techniques in Age-Group Swimmers. Frontiers in Sports and Active Living 4. https://doi.org/10.3389/fspor.2022.802967

(8) Jumren R, Chinok P, Intacharoen P, Sukdee N. A Construction of 6-Directions Agility Step Test (6-DAS) in Elite Taekwondo Athletes. JEPonline 2022;25(4):64-74.

3.5.2 National Journal Publications

(1) พรพจน์ ไชยนอก และศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์. การบูรณาการวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อการฝึกซ้อมและการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำ. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ. 2555. 13 (2) 1-17. **TCI 1**

(2) รังสฤษฏ์ จำเริญ, สุธนะ ติงศภัทิย์, พรพจน์ ไชยนอก. *ขนาดและส่วนประกอบร่างกายของนักกีฬาเทควันโดในการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติ ครั้งที่ 32* . วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และสันทนาการ. 2560. 43 (2) : **TCI 2**

(3) พรพจน์ ไชยนอก, ฮัมดาน นาคคนึง, รดมยศ มาตเจือ, ไอริณ ซอหะซัน, ศักดรินทร์ ธรรมวงศ์ และยุทธนา เรียนสร้อย. *การวิเคราะห์ความสามารถในการว่ายน้ำ 10 กิโลเมตรจากองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง และชีวพลังงาน : การศึกษาภาคตัดขวาง*. วารสารคณะพลศึกษา. 2562. 22 (2) 24-35. **TCI 1**

(4) พรพจน์ ไชยนอก, นันทพล ทองนิลพันธ์ และชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์. *ปริมาณแลคเตทสูงสุดภายหลังการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำ เยาวชน : ผลของปัจจัยทางเพศ รูปแบบ และระยะทางในการว่าย*.วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ. 2562. 20 (3) 35-53. **TCI 1**

(5) พรพจน์ ไชยนอก, ฮัมดาน นาคคนึง, ไอริณ ซอหะซัน, รดมยศ มาตเจือ และศักดรินทร์ ธรรมวงศ์. *การติดตามความสามารถจากองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรง ระบบชีวพลังงานและชีวกลศาสตร์ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนในวงรอบของการฝึกซ้อม*.วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ. 2563.12 (1) 23-33. **TCI 2**

(6) พรพจน์ ไชยนอก โมเสส หะยีมะ ไอริณ ซอหะซัน และฮัมดาน นาคคะนึง.*การวิเคราะห์กลยุทธ์และคุณลักษณะของความสามารถในการว่ายน้ำในการแข่งขันกีฬาแห่งชาติครั้งที่ 45*.วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ. 2563. 21 (1) 36-48. **TCI 2**

(7) พรพจน์ ไชยนอก ฮัมดาน นาคคนึง ไอริณ ซอหะซัน และ รดมยศ มาตเจือ. การวิเคราะห์กลยุทธ์เฉพาะในการว่ายน้ำรายการเดี่ยวผสม 200 และ 400 เมตรของนักกีฬาว่ายน้ำในการแข่งขันกีฬาแห่งชาติครั้งที่ 45. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ. 2563. 21 (2) 207-221. **TCI 2**

(8) ยุทธนา เรียนสร้อย พรพจน์ไชยนอก นันทพล ทองนิลพันธ์ เอกรัตน์ อ่อนน้อม และ ศักดรินทร์ ธรรมวงศ์. ผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกแบบผสมผสานที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิกและ แอนแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนช่วงเตรียมความพร้อมก่อนช่วงการแข่งขัน.วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ. 2564.13 (3) 69-83. **TCI 2**

(9) รังสฤษฏ์ จำเริญ, ปัญญา อินทเจริญ, นาคิน คำศรีและพรพจน์ไชยนอก. (2564). การวิคราะห์เกมการแข่งขันและความสามารถของนักกีฬาเทควันโดในระดับเยาวชน. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ, 12(3), 13-22.

3.6 งานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณ

3.6.1 Research Grant from the Sport Authority of Thailand : Planning and Development System for Sport Excellence. Pitakwong S.,Meekun K.,Puangsuwan S., Sootmongkol A., Plungsuwan S., Chainok P. (2007)

3.6.2 Research Grant from the Sport Authority of Thailand: A Survey and study of state an environmental related to Sport Organization , Athletes and Human Resource of Sport Excellence. Pitakwong S.,Meekun K.,Puangsuwan S., Sootmongkol A.,Plungsuwan S., Chainok P.

3.6.3 Research Grant from the Sport Authority of Thailand: The effect of differences recovery protocols on blood lactate clearance following race paced swimming of young Thai national swimmers. Chainok, P., Tongillapant, N. (2017)

3.6.4 Research Grant from the Faculty of Sport Science, Burapha University. Development of the BUU Swimming Race Analysis Software. Chainok, P. (2017)

3.6.5 Research Grant from the Sport Authority of Thailand: Performance Analysis of Young Thai National Taekwondo Athletes : Biomechanical , Notational and Physiological Approach. Jamrern R. & P.Chainok *(2019).*

ภาคผนวก 2 เอกสารรับรองการดำเนินการวิจัยในมนุษย์ โดยคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้น

1. รหัสโครงการวิจัย : HS007/2563

(สำนักงานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นผู้ออกรหัสโครงการวิจัย)

1.1 ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย

1.2 ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ) Structural equation modeling of its determinant factors of Thai Open water swimming performance

2. คณะผู้วิจัย

2.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ – สกุล นายพรพจน์ ไชยนอก ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

หน่วยงานที่สังกัด คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

โทรศัพท์ 086-4133553 E-mail Phornpot @ go.buu.ac.th

2.2 ผู้ร่วมวิจัย

(1) ชื่อ – สกุล.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....

หน่วยงานที่สังกัด.....

โทรศัพท์..... E-mail.....

(2) ชื่อ – สกุล.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....

หน่วยงานที่สังกัด.....

โทรศัพท์..... E-mail.....

(3) ชื่อ – สกุล.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....

หน่วยงานที่สังกัด.....

โทรศัพท์..... E-mail.....

(4) ชื่อ – สกุล.....ตำแหน่งทางวิชาการ.....

หน่วยงานที่สังกัด.....

โทรศัพท์..... E-mail.....

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

3. โครงการวิจัยมีเนื้อหาในกลุ่มสาขาใด

[✓] กลุ่มคลินิก / วิทยาศาสตร์สุขภาพ / วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[ ] กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

4. วัตถุประสงค์ของการขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ครั้งนี้เพื่อ

☐ ประกอบการยื่นขอรับทุนสนับสนุนการวิจัย โปรดระบุหน่วยงานที่ขอทุน.....

.....

(เมื่อได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยแล้ว ต้องขอรับการพิจารณาจริยธรรมฯ เพื่อดำเนินการวิจัยอีกครั้ง)

☐ ดำเนินโครงการวิจัยให้เป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัย จาก

☐ งบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล)

ปีงบประมาณ พ.ศ. .....จำนวนเงิน.....บาท

☐ งบประมาณเงินรายได้ส่วนงานคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 จำนวนเงิน 80,000 บาท

☐ องค์กรเอกชน (NGO : Non Government Organization)

ชื่อองค์กรเอกชน.....

ระยะเวลาที่รับทุนวันที่ .....ถึงวันที่.....

จำนวนเงิน.....บาท

☐ หน่วยงานอื่น ๆ ระบุ.....

ระยะเวลาที่รับทุนวันที่ .....ถึงวันที่.....

จำนวนเงิน.....บาท

☐ ทุนส่วนตัว จำนวนเงิน.....บาท

☐ ประกอบการดำเนินงาน

[ ] วิทยานิพนธ์ [ ] ดุษฎีนิพนธ์

[ ] อื่น ๆ ของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา โปรดระบุ .....

☐ โครงการวิจัยของบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัย เพื่อขอศึกษาวิจัยกับ บุคลากร นิสิต ผู้ป่วย/ผู้ใช้บริการของมหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มาแล้วหรือไม่

[ ] ยังไม่ได้ผ่าน

[ ] ผ่านแล้วจาก ชื่อคณะกรรมการ.....

สถาบัน.....

เลขที่รับรอง.....วันที่รับรอง.....ถึงวันที่.....

ส่วนที่ 2 หลักฐานแนบประกอบการพิจารณา

☐ 1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา (AF 06-01)

☐ 2. โครงร่างการวิจัย หรือโครงการวิจัย (ภาษาไทย และ/หรือ ภาษาอังกฤษ) พร้อมประวัติความรู้ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ด้านการวิจัย (Curriculum Vitae)

☐ 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Participant Information Sheet) (AF 06-02)

☐ 4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form) (AF 06-03)

☐ 5. แบบเก็บรวมรวบข้อมูล เช่น แบบบันทึกข้อมูล (Data Collection Form) แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ หรืออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

☐ 6. แบบแสดงการขัดแย้งทางผลประโยชน์ (Conflict of Interest) (AF 06-04) (ถ้ามี) กรณีที่โครงการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากหน่วยงานที่สร้างผลประโยชน์เชิงธุรกิจ ให้แนบเอกสารด้วย เช่น บริษัทยา

☐ 7. เอกสารเพิ่มเติม ตามข้อกำหนดต่อไปนี้ (ถ้ามี)

- ☐ 7.1 เอกสารประกัน (Insurance) ถ้าเป็นโครงการวิจัยของบริษัทเอกชน
- ☐ 7.2 เอกสารที่มีการรับรองการวิจัยในประเทศ หรือหน่วยงานอื่นอยู่แล้ว
- ☐ 7.3 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือการวิจัย

☐ 8. เอกสารอื่น ๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 3 รายละเอียดของโครงการวิจัย

1. โครงการวิจัยที่เสนอขอรับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์นี้ มีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น.....1.....ระยะ
2. การขอรับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ครั้งนี้ ครอบคลุมเนื้อหาการวิจัยระยะที่.....1.....ของโครงการฯ
3. วัตถุประสงค์การวิจัย (ที่ขอรับรองฯ) :

(1) ศึกษาอิทธิพลของจากองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย

(2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย

4. ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Participants) หรือกลุ่มตัวอย่าง (Samples / Subjects) : ระบุรายละเอียดของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยว่าเป็นใคร จำนวนกี่คน คำนวณหรือกำหนดมาอย่างไร และสถานที่ที่เก็บข้อมูลที่ใด หากศึกษาหลายสถานที่ระบุด้วยว่าที่ละกี่คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย จำนวนทั้งสิ้น 50 คน (ชาย 25 คน หญิง 25 คน) ที่มีอายุระหว่าง 14 - 23 ปี ที่รวมตัวฝึกซ้อมร่วมกัน ณ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต กรุงเทพมหานคร ภายใต้โครงการพัฒนาความสามารถนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนของสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศ

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

ไทย และเป็นไปตามรายงานการวิจัยของ Marsh และคณะ (1998) ที่ระบุว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ควรมีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยที่สุด 50 คน

5. การได้มาซึ่งผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง: ระบุวิธีการผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งเกณฑ์การคัดเข้า – คัดออก โดยละเอียด

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย จำนวนทั้งสิ้น 50 คน (ชาย 25 คน หญิง 25 คน) อายุระหว่าง 14 - 23 ปี ที่รวมตัวฝึกซ้อมร่วมกัน ณ มหาวิทยาลัยรัตนบัณฑิต กรุงเทพมหานคร ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณโครงการจากกองทุนพัฒนากีฬาชาติ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยและคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัยดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย อายุระหว่าง 14-23 ปี

2. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทยที่เคยผ่านการแข่งขันระดับชาติและระดับนานาชาติ

3. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทยที่มีประสบการณ์ในการแข่งขันมาแล้วไม่ต่ำกว่า 3 ปี

4. มีสมรรถภาพทางกายแข็งแรงและไม่มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อม

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1.มีอาการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อม

2.ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ครบตามแบบแผนการวิจัยที่กำหนด

3.ผู้เข้าร่วมวิจัยสมัครใจขอออกจากโครงการ

ทั้งนี้ในช่วงเริ่มต้นของโครงการในทุกปีงบประมาณ สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยจะมีการปฐมนิเทศชี้แจงนักกีฬา ผู้ฝึกสอน และผู้ปกครอง ที่สนใจเข้าร่วมโครงการโดยละเอียด รวมถึงชี้แจงถึงสิทธิประโยชน์ค่าตอบแทนที่จะได้รับขณะเข้าร่วมโครงการ ซึ่งเป็นไปตามความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการ ซึ่งหลังจากนักกีฬา ผู้ฝึกสอน และผู้ปกครองเข้าใจในรายละเอียดและข้อตกลงในการเข้าร่วมโครงการแล้ว จึงมีการลงนามในบันทึกข้อตกลงระหว่างตัวนักกีฬากับสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยไว้เป็นลายลักษณ์อักษร

6. ระบุวิธีดำเนินการวิจัย และกระบวนการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง โดยละเอียด (หากเป็นการทดลองให้ระบุกิจกรรมการทดลองอย่างละเอียดของทุกกลุ่ม)

วิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาโมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดซ้ำ (Single-group, repeated-measures design) โดยมีผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้งสิ้น 50 คนระยะเวลาของการดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 15 เดือน คือตั้งแต่เดือน (ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564) โดยมีรายละเอียดในการวิธีดำเนินการวิจัย และกระบวนการเก็บข้อมูลดังนี้

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

6.1 ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ในเดือน กันยายน 2563 สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยจะมีการปฐมนิเทศชี้แจงนักกีฬา ผู้ฝึกสอน และผู้ปกครอง ที่สนใจเข้าร่วมโครงการโดยละเอียด รวมถึงชี้แจงถึงสิทธิประโยชน์ ค่าตอบแทนที่จะได้รับขณะเข้าร่วมโครงการ ซึ่งเป็นไปตามความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการ ซึ่งหลังจากนักกีฬา ผู้ฝึกสอน และผู้ปกครองเข้าใจในรายละเอียดและข้อตกลงในการเข้าร่วมโครงการแล้ว จึงมีการลงนามในบันทึกข้อตกลงระหว่างตัวนักกีฬากับสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยไว้เป็นลายลักษณ์อักษร

6.2 ดำเนินการศึกษานำร่อง (Pilot)

ในเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน โดยมีรายละเอียดในการวิธีดำเนินการวิจัย และกระบวนการเก็บข้อมูลดังนี้

(1) ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลให้กับผู้ปกครอง นักกีฬา ผู้ฝึกสอน จำนวน 15 คนได้รับทราบ พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย และเมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจึงให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย

*(2) **วันที่ 1** มีรายละเอียดการทดสอบดังนี้*

2.1 การทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย (Anthropometry) ประกอบด้วย

- ชั่งน้ำหนัก วัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ TANITA

- วัดส่วนสูง วัดโดยเครื่องวัดส่วนสูงแบบแขวน

- ความยาวของช่วงแขน (arm span) โดยใช้สายวัด

- ความกว้างของรอบอก (Chest perimeter) โดยใช้สายวัด

- วัดปริมาณของไขมันจากผลรวมของการวัด 7ตำแหน่ง อันประกอบด้วยTriceps, Biceps, Subscapular, Supraspinale, Abdominal, Front thigh, Medial calf ตามแบบทดสอบของ Australian Institute of Sport (AIS) โดยใช้ Skinfold Calipers

ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 15 นาที / คน

2.2 ทดสอบความสามารถทางกาย (Physical Fitness) ประกอบด้วย

-ทดสอบความสามารถและกำลังในการกระโดดโดยใช้เครื่องวัดความสามารถและกำลังในการกระโดด (Kinematic Measurement System: KMS, Australia)

-ทดสอบความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry (Tanner & Gore., 2012)

-ทดสอบปริมาตรและความจุปอด (Measurement of Lung Volumes and Capacities) โดยเครื่องวัดความจุปอดแบบดิจิตอล TKK 11510 ซึ่งมีช่วงในการวัดตั้ง แต่ 0.01 ถึง 8.00 ลิตร

ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 30 นาที / คน

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

วันที่ 2 พัก

วันที่ 3 ทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรง มีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

3.1 ทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test โดยมีลำดับขั้นของการทดสอบดังนี้

(1) นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย 15 นาที

(2) นักกีฬาทำการทดสอบความสามารถในการออกแรงว่ายโดยใช้ขาอย่างเดียว 30 วินาที จากนั้นนักกีฬาพัก 30 นาที

(3) นักกีฬาทำการทดสอบความสามารถในการออกแรงว่ายโดยใช้แขนอย่างเดียว 30 วินาที จากนั้นนักกีฬาพัก 30 นาที

(4) นักกีฬาทำการทดสอบความสามารถในการออกแรงว่ายโดยใช้ทั้งแขนและขา 30 วินาที

ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 1ชั่วโมง 15 นาที / คน

วันที่ 4 พัก

วันที่ 5 การทดสอบเพื่อประเมินสมรรถภาพการใช้แอโรบิค (Aerobic Capacity) *โดยทดสอบการว่ายโดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได 200 เมตร จำนวน 5 เที่ยว (5x200 m Incremental Step test) มีรายละเอียดการทดสอบดังนี้*

(1) นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย 15 นาที ระยะทางว่ายน้ำ 400 เมตร

(2) ขณะพักก่อนการทดสอบ :

- ทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนขณะพักจำนวน 3 นาที โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas analyzing) แบบพกพา (K5 Portable Gas Analyser, Rome Italy)

- การทดสอบความเข้มข้นของเลือด (Blood test) โดยเครื่อง Portable Lactate Scout t (LS, SensLab GmbH, Germany) โดยการเจาะเลือดซึ่งจะดำเนินการโดยนักเทคนิคการแพทย์จากการกีฬาแห่งประเทศไทยที่มีประสบการณ์เฉพาะเกี่ยวกับการเจาะเลือดเพื่อทดสอบสำหรับนักกีฬาโดยตรง ขั้นตอนของการเจาะเลือดนั้นเริ่มจากการเช็ดบริเวณปลายนิ้วที่เจาะโดยแอลกอฮอลล์เพื่อทำความสะอาด จากนั้นใช้เข็มเจาะเลือดแบบปากกาเจาะเพื่อให้ได้เลือด 05µl เพื่อหยดลงบนแผ่นวัดกรดแล็คติกและวิเคราะห์ความเข้มข้นของเลือดโดยเครื่อง Portable Lactate Scout โดยใช้เวลาดำเนินการไม่เกิน 15 วินาทีต่อครั้ง จากนั้นทำการเช็ดที่บริเวณที่เจาะอีกครั้งเพื่อทำความสะอาดและใช้เทปกาวกันน้ำปิดทับเพื่อป้องกันน้ำเข้า

-ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Heart rate variability) โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้น ของหัวใจ (Polar V800) (Polar Electro Oy, Kempele, Finland)

- ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion: RPE)

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

(3) <u>การว่าย 200 เมตรรอบที่ 1</u> ที่เวลาบวกเพิ่ม 20 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตรของนักกีฬารายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

-นักกีฬาทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 200 เมตรโดยใช้เวลาบวกเพิ่ม 20 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตร ผู้ช่วยวิจัยจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count) ในแต่ละระยะทาง 50 เมตร

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระ ผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระยะเวลา 30 วินาที ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 5 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 2

(4) <u>การว่าย 200 เมตรรอบที่ 2</u> ที่เวลาบวกเพิ่ม 15 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตรของนักกีฬารายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

-นักกีฬาทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 200 เมตรโดยใช้เวลาบวกเพิ่ม 15 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตร ผู้ช่วยวิจัยจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count) ในแต่ละระยะทาง 50 เมตร

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระ ผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระยะเวลา 30 วินาที ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 5 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 3

(5) <u>การว่าย 200 เมตรรอบที่ 3</u> ที่เวลาบวกเพิ่ม 10 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตรของนักกีฬารายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

-นักกีฬาทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 200 เมตรโดยใช้เวลาบวกเพิ่ม 10 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตร ผู้ช่วยวิจัยจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count) ในแต่ละระยะทาง 50 เมตร

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระ ผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระยะเวลา 30 วินาที ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 5 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 4

(6) <u>การว่าย 200 เมตรรอบที่ 4</u> ที่เวลาบวกเพิ่ม 5 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตรของนักกีฬารายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

-นักกีฬาทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 200 เมตรโดยใช้เวลาบวกเพิ่ม 5 วินาทีจากเวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตร ผู้ช่วยวิจัยจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count) ในแต่ละระยะทาง 50 เมตร

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระ ผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระยะเวลา 30 วินาที ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 5 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 5

(7) <u>การว่าย 200 เมตรรอบที่ 5</u> ที่เวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตรของนักกีฬารายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

-นักกีฬาทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 200 เมตรโดยใช้เวลาที่ดีที่สุดในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 200 เมตร ผู้ช่วยวิจัยจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count) ในแต่ละระยะทาง 50 เมตร

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระ ผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระยะเวลา 30 วินาที ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

(8) ขณะฟื้นสภาพภายหลังจากการว่าย

-ผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระยะเวลา 2 นาที ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย นาทีที่ 3, 5, 7

ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 35 นาที / คน

วันที่ 6,7 พัก

วันที่ 8 ทดสอบความเร็วอดทน(Speed Endurance) *โดยการทดสอบการว่ายฟรีสไตล์ 50 เมตร 8 เที่ยว 8x50m Speed Endurance*

มีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

(1) นักกีฬาอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ระยะทางว่ายน้ำ 400 เมตร

(2) ขณะพักก่อนการทดสอบ :

- การทดสอบความเข้มข้นของเลือด (Blood test) โดยเครื่อง Portable Lactate Scout t (LS, SensLab GmbH, Germany)

-ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Heart rate variability) โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้น ของหัวใจ (Polar V800) (Polar Electro Oy, Kempele, Finland)

- ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัด (Borg's Rate of Perceived Exertion: RPE)

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

(3) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 1 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 2

(4) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 2 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 3

(5) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 3 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 4

(6) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 4 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 5

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

(6) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 5 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 6

(7) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 6 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 7

(8) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 7 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

-นักกีฬาพักจนจะครบ 2 นาที (รวมเวลาที่ใช้ในการว่ายและเวลาที่ใช้ในการพัก) ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณนักกีฬาเตรียมตัวว่ายในรอบที่ 8

(9) นักกีฬาว่ายน้ำฟรีสไตล์ 50 เมตรครั้งที่ 8 โดยการกระโดดจากแท่นสตาร์ท

-ผู้ช่วยวิจัยให้สัญญาณปล่อยตัวและจับเวลาเริ่มต้น

-ผู้ช่วยวิจัยบันทึกเวลาในการว่าย อัตรารอบแขนในการว่าย (Stroke rate) จำนวนแขนที่ใช้ในการว่าย (Stroke count)

-เมื่อนักกีฬาแตะขอบสระผู้ช่วยวิจัยทำการ ทดสอบความเข้มข้นของเลือด ทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบการรับรู้ความเหนื่อย

ใช้ระยะเวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 20 นาที / คน

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

6.3 ทดสอบครั้งที่ 1 (หลังจากการแข่งขันชิงแชมป์ประเทศไทยสนามที่ 1 เสร็จสิ้น เมษายน 2564) โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

(1) ประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit: T.U.) โดยการบันทึกข้อมูลจากผู้ฝึกสอนของนักกีฬารายบุคคลเป็นรายสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนมกราคม –มีนาคม พ.ศ. 2564

(2) การทดสอบองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย รายละเอียด ลำดับขั้นและวิธีการทดลอง เช่นเดียวกันกับที่ได้ทดลองในการศึกษานำร่อง (Pilot study)

6.4 ทดสอบครั้งที่ 2 (หลังจากการแข่งขันชิงแชมป์ประเทศไทยสนามที่ 2 เสร็จสิ้น กรกฎาคม 2564) โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

(1) ประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit: T.U.) โดยการบันทึกข้อมูลจากผู้ฝึกสอนของนักกีฬารายบุคคลเป็นรายสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนเมษายน –มิถุนายน พ.ศ. 2564

(2) การทดสอบองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย รายละเอียด ลำดับขั้นและวิธีการทดลอง เช่นเดียวกันกับที่ได้ทดลองในการศึกษานำร่อง (Pilot study) และการทดสอบครั้งที่ 1

6.5 ทดสอบครั้งที่ 3 (หลังจากการแข่งขันชิงแชมป์ประเทศไทยสนามที่ 3 เสร็จสิ้น พฤศจิกายน 2564) โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

(1) ประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (Training Unit: T.U.) โดยการบันทึกข้อมูลจากผู้ฝึกสอนของนักกีฬารายบุคคลเป็นรายสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม –กันยายน พ.ศ. 2564

(2) การทดสอบองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย รายละเอียด ลำดับขั้นและวิธีการทดลอง เช่นเดียวกันกับที่ได้ทดลองในการศึกษานำร่อง (Pilot study) การทดสอบครั้งที่ 1 และการทดสอบครั้งที่ 2

6.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

6.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬา

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบองค์ประกอบทางกาย ประกอบด้วย

- น้ำหนัก วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าโดยตรงจากเครื่องมือ

- วัดส่วนสูง วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าโดยตรงจากเครื่องมือ

- ความยาวของช่วงแขน (arm span) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าโดยตรงจากสายวัด หน่วยเป็นเซนติเมตร

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

- ความกว้างของรอบอก (Chest perimeter) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าโดยตรงจากสายวัด หน่วยเป็นเซนติเมตร

- วัดปริมาณของไขมัน โดยใช้ผลรวมของปริมาณไขมันของการวัด 7 ตำแหน่งที่อ่านค่าเป็นหน่วยเซนติเมตร

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถทางกาย

-วิเคราะห์ความสามารถและกำลังในการกระโดดจากโปรแกรมวิเคราะห์ Kinematic Measurement System: KMS) โดยประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1.ความสูงในการกระโดด Jump Height (cm) ซึ่งPower Output สามารถจะคำนวณได้ โดยฐานในการคำนวณนั้นมาจากความสูงในการกระโดด เวลาลอยตัวในอากาศและ น้ำหนักของตัวผู้เข้ารับการทดสอบดังสมการ

Jump height = (g x flight time x flight time) / 8

2.แรงในการกระโดดขึ้น Take off Force (N)

3.แรงในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น Impact Force (N)

4.ความเร็วเริ่มต้นในการกระโดด (Take off Speed) (m/s)

5.กำลังสูงสุดในขณะย่อ Max .Concentric Power (W)

6.งานสูงสุดในขณะย่อ Concentric Work (J)

-วิเคราะห์ความสามารถและองศาในการเคลื่อนไหวของข้อต่อทั้ง 2 ลักษณะคือ Static anthropometry และ Functional anthropometry ตามรูปแบบของ Australia Institute of Sports (AIS)

-วิเคราะห์ปริมาตรและความจุปอด (Measurement of Lung Volumes and Capacities) โดยเครื่องวัดความจุปอดแบบดิจิตอล TKK 11510 ซึ่งมีช่วงในการวัดตั้ง แต่ 0.01 ถึง 8.00 ลิตร

(3) การทดสอบแรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ Tethered Swim test ภายในระยะเวลา 30 นาทีนั้น เป็นรูปแบบการทดสอบแรง (Force)และความสามารถในการออกแรง (Propulsion Force) ในการว่ายน้ำของนักกีฬาของนักกีฬารายบุคคล ซึ่งผลที่ได้จากทดสอบนั้นมีค่าดังต่อไปนี้

1.Maximal force (N) แรงสูงสุดในการว่ายในระยะเวลา 30 วินาที

2.Mean force (N) แรงเฉลี่ยในการว่ายในระยะเวลา 30 วินาที

3.Maximal force (% BW) แรงสูงสุดในการว่ายในระยะเวลา 30 วินาที หารด้วยน้ำหนักตัวของนักกีฬา

4.Mean force (% BW) แรงเฉลี่ยในการว่ายในระยะเวลา 30 วินาทีหารด้วยน้ำหนักตัวของนักกีฬา

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

5.Initial 5s mean force (N)แรงเฉลี่ยในการว่ายในระยะเวลา 5 วินาทีแรกของการทดสอบ

6.Final 5s mean force (N) แรงเฉลี่ยในการว่ายในระยะเวลา 5 วินาทีสุดท้ายของการทดสอบ

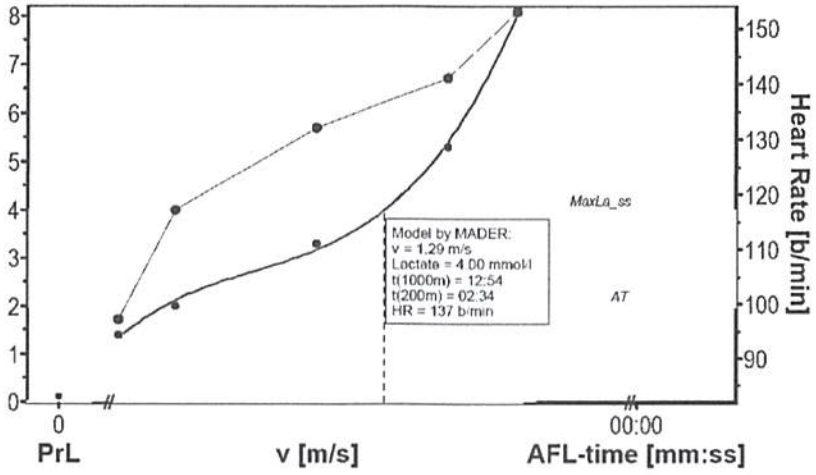
7.Fatigue index (%) ดัชนีชี้วัดความเมื่อยล้าซึ่งคำนวณได้จากสมการ

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

(4) การประเมินความสามารถของชีวพลังงาน (Bioenergetics) ประกอบด้วยการทดสอบ 2 รูปแบบคือ (1) การประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนและความอดทนของร่างกาย (Aerobic endurance) โดยการทดสอบจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) จากการทดสอบ 5 x 200 โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได (Incremental step test) (2) การทดสอบความเร็วอดทน(Speed Endurance) เพื่อประเมินความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทน (Capacity) ของระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกโดยการทดสอบ 8x50 Speed Endurance

-การวิเคราะห์ความสามารถในการใช้ออกซิเจนและความอดทนของร่างกาย (Aerobic endurance) โดยการทดสอบจุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิก เธรชโฮลด์ (Anaerobic Threshold) มีรายละเอียดของการวิเคราะห์ดังนี้ คือ

- การวิเคราะห์จุดเริ่มล้าหรือแอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (Anaerobic threshold) ตามรูปแบบของ Pyne, Lee & Swanwick, 2001 โดยนำค่าปริมาณแลคเตทจากการทดสอบทั้งขณะพัก ค่าที่ได้จากการว่ายในแต่ละเที่ยวและหลังจากว่าย จำนวนทั้งสิ้น 9 ครั้งพร้อมกับค่าของความเร็วมาคำนวณหาค่าความเร็วที่ระดับแอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ (v4) โดยใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear และ Exponential interpolation)



(Pyne DB, Lee H, Swanwick KM. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. Medicine and science in sports and exercise. 2001;33(2):291-7.

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

-การวิเคราะห์สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำการวิเคราะห์อัตราแลกเปลี่ยนแก๊สตามรูปแบบการวิเคราะห์กลไกการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2 Kinetics) โดยใช้ช่วงเวลาของการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ 10 วินาทีเพื่อประเมินค่าของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ตามรูปแบบการวิจัยของ Kelly และคณะ (2014) (De Jesus K, Guidetti L, Vilas-Boas JP, Baldari C, Fernandes RJ. Which are the best VO2 sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? International journal of sports medicine. 2014;35(12):1030-6.)

-การทดสอบความเร็วอดทน(Speed Endurance) เพื่อประเมินความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทน (Capacity) ของระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกโดยการทดสอบ 8x50 Speed Endurance สามารถทำได้โดยเอาผลของค่าปริมาณแลคเตทจากการทดสอบทั้งขณะพัก ค่าที่ได้จากการว่ายในแต่ละเที่ยว จำนวนทั้งสิ้น 9 ครั้งพร้อมกับค่าของความเร็วมาวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถของร่างกายที่ทนทานต่อปริมาณแลคเตท (Lactate tolerance) ค่าที่ได้จะเป็นดัชนีบ่งชี้ความสามารถในการผลิตความเร็วเพื่อต่อต้านปริมาณแลคเตท ตามรูปแบบการทดสอบของ Australia Institute of Sports (AIS)

6.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov Test (K-S Test)

2. วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย (x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของตัวแปร

3.วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง โดยใช้โปรแกรม AMOS โดยมีขั้นตอนดังนี้

-การกำหนดข้อมูลเฉพาะของโมเดล

-การระบุค่าเป็นไปได้ของโมเดล

-การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล

-การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล

-การปรับโมเดลเพื่อให้ได้โมเดลที่สมบูรณ์

7. ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาพร่างกายและสรีระของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง (ถ้าไม่มีความเสี่ยงให้ระบุว่า "ไม่มี") กรณีที่มีความเสี่ยง ผู้วิจัยมีวิธีการป้องกันอย่างไร และหากมีผลเกิดขึ้นจะแก้ไขอย่างไร (โปรดอธิบายให้ชัดเจน)

เนื่องจากโครงการวิจัยเป็นการศึกษาโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทยในลักษณะสหสัมพันธ์ของปัจจัย ซึ่งการทดสอบปัจจัยทางด้านองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงาน ต้องอาศัยระยะเวลาในการเก็บข้อมูล อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้กำหนดระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบโดยกำหนดให้ระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งไม่เกิน 1 ชั่วโมง 15 นาที / ครั้ง และต้องมีระยะเวลาในการพักฟื้นก่อนที่จะไปทดสอบในองค์ประกอบด้านอื่นๆอย่างน้อย 24 ชั่วโมงตามหลักการว่าด้วยระยะเวลาของการฟื้นสภาพร่างกาย

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

8. ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาพจิตใจของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง (ถ้าไม่มีความเสี่ยงให้ระบุว่า "ไม่มี") กรณีที่มีความเสี่ยง ผู้วิจัยมีวิธีการป้องกันอย่างไร และหากมีผลเกิดขึ้นจะแก้ไขอย่างไร (โปรดอธิบายให้ชัดเจน)

"ไม่มี" เนื่องจากการดำเนินโครงการดังกล่าว ดำเนินการภายใต้ความสมัครใจและการสนับสนุนงบประมาณโครงการจากกองทุนพัฒนากีฬาชาติ และมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย นักกีฬาที่เข้าร่วมการฝึกซ้อมสามารถสมัครใจขอออกจากโครงการได้ตลอดเวลา

9. ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อสภาพทางสังคมหรือการดำเนินชีวิตของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง (ถ้าไม่มีความเสี่ยงให้ระบุว่า "ไม่มี") กรณีที่มีความเสี่ยง ผู้วิจัยมีวิธีการป้องกันอย่างไร และหากมีผลเกิดขึ้นจะแก้ไขอย่างไร (โปรดอธิบายให้ชัดเจน)

"ไม่มี"

10. ประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง จะได้รับจากการวิจัย โดยระบุประโยชน์ทางตรง และประโยชน์ทางอ้อม

ประโยชน์ทางตรงที่นักกีฬาจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้คือ นักกีฬาจะได้รับการประเมินและพัฒนาความสามารถทางกายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อให้สามารถคงสถานะของนักกีฬาในโครงการได้อย่างต่อเนื่องตามหลักการว่าด้วยการพัฒนานักกีฬาระยะยาว

ประโยชน์ทางอ้อมที่ผู้เข้าร่วมจะได้รับคือ ได้รับการประเมินโปรแกรมการฝึกซ้อมของผู้ฝึกสอนที่สัมพันธ์กับลักษณะของการพัฒนาความสามารถของนักกีฬารายบุคคล ตลอดจนได้รับการติดตามความสม่ำเสมอของระดับความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย จำนวน 1 ฤดูกาลฝึกซ้อม (ตุลาคม 2563 – ธันวาคม 2564) เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดโปรแกรมในการฝึกซ้อมที่เหมาะสมเป็นรายบุคคลต่อไป

11. กรณีที่ผู้วิจัยได้จัดค่าชดเชยการเสียเวลา หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทาง หรือของที่ระลึกให้กับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง โปรดระบุรายละเอียด และมูลค่าให้ชัดเจน (ทั้งนี้ขอให้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยด้วย และสอดคล้องกับงบประมาณในโครงการวิจัยที่วางแผนไว้)

"ไม่มี"

12. ระยะเวลาของการดำเนินโครงการวิจัย

12.1 ระยะเวลาทั้งหมดตลอดโครงการ จำนวน .....1.....ปี.....3..... เดือน

12.2 วันที่เริ่มโครงการวิจัย วันที่.....1..... เดือน.....ตุลาคม..... พ.ศ. ....2563.....

12.3 วันที่คาดว่าจะเริ่มเก็บข้อมูล หรือทำการทดลองกับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่าง

วันที่...30..... เดือน....ตุลาคม..... พ.ศ. ...2563..... ถึง วันที่..30..... เดือน..พฤศจิกายน.. พ.ศ. .2564

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

12.4 วันที่คาดว่าโครงการวิจัยจะแล้วเสร็จหรือปิดโครงการวิจัย วันที่..30.... เดือน.....เมษายน.... พ.ศ. 2565

13. ประเด็นที่ต้องการให้คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา พิจารณาเพิ่มเติมเป็นกรณีพิเศษ

"ไม่มี"

ข้าพเจ้ารับทราบว่าคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา จะไม่พิจารณาให้การรับรองการดำเนินการเก็บข้อมูลหรือการทดลองกับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย/กลุ่มตัวอย่างไปแล้ว และข้าพเจ้าขอรับรองว่า ข้อมูลทั้งหมดที่นำเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในเอกสารนี้มีความถูกต้องทุกประการ

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กรณีเป็นวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์/ อื่นๆ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์/อื่น ๆ ให้การรับรองความถูกต้องของข้อมูล

ลงชื่อ.....

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์/อื่น ๆ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

(Participant Information Sheet)

รหัสโครงการวิจัย : HS007/2563

(สำนักงานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นผู้ออกรหัสโครงการวิจัย)

ชื่อโครงการวิจัย : โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย : Structural equation modeling of its determinant factors of Thai open water swimming performance

เรียน *ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย*

ข้าพเจ้า นายพรพจน์ ไชยนอก ตำแหน่ง อาจารย์ สังกัดคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ก่อนที่ท่านตกลงเข้าร่วมการวิจัยดังกล่าว ขอเรียนให้ท่านทราบรายละเอียดของโครงการวิจัยเรื่อง โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย : Structural equation modeling of its determinant factors of Thai Open water swimming performance ดังนี้ โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของจากองค์ประกอบและความสามารถทางกาย ความสามารถในการใช้แรงและชีวพลังงานที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทยและเพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทยจำนวน 1 ฤดูกาลฝึกซ้อม ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2563 ถึง พฤศจิกายน 2564 การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา *การขอถอนตัวออกจากโครงการจะไม่มีผลต่อการฝึกซ้อมของนักกีฬาแต่อย่างใด* ข้าพเจ้าจะดำเนินการวิจัยโดยเก็บข้อมูลใน 3 ช่วงคือ ครั้งที่1 เดือนเมษายน 2564 ครั้งที่2 กรกฎาคม 2564 และครั้งที่3 พฤศจิกายน 2564 ข้าพเจ้าจะดำเนินการวิจัยโดย (1) การประเมินข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของโปรแกรมการฝึกซ้อมภายใต้รูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันตามปริมาณและความหนักที่ใช้ในการฝึกซ้อมเฉลี่ย (2) การประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (3) การทดสอบความสามารถทางกาย (4) การทดสอบแรงและความสามารถในการใช้แรงในการว่ายน้ำโดยใช้อุปกรณ์ ภายในระยะเวลา 30 วินาที (5) การติดตามและประเมินจุดเริ่มล้าและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการทดสอบ 5 x 200 โดยการเพิ่มความเร็วแบบขั้นบันได้และ 6) ทดสอบความเร็วอดทนเพื่อประเมินความสามารถของการยืนระยะการทำงานหรือความอดทนของระบบพลังงานแบบแอโรบิคและแอนแอโรบิคโดยการทดสอบ 8 x 50 ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้กำหนดให้ *ระยะเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้งมีจำนวนทั้งสิ้น 8 วัน และในแต่ละครั้งใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง 15 นาที*

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

โดยท่านจะมีระยะเวลาในการพักฟื้นก่อนที่จะไปทดสอบในองค์ประกอบด้านอื่นๆอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ก่อนเข้าร่วมการทดสอบในแต่ละครั้งข้าพเจ้าขอให้ท่านเตรียมความพร้อมทางด้านร่างกายและพักผ่อนให้เพียงพอ โดยงดเว้นการออกกำลังกายอย่างหนักอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

การวัดองค์ประกอบทางด้านความเข้มข้นของเลือดนั้นข้าพเจ้าจะทำการทดสอบใน 2 รูปแบบการทดสอบคือ (1) การทดสอบว่ายน้ำฟรีสไตล์ 200 เมตร 5 เที่ยว และทำการทดสอบโดยใช้เข็มเจาะเลือดแบบปากกาเจาะที่บริเวณปลายนิ้วก่อนการว่าย ภายหลังการว่ายในแต่ละรอบจำนวน 5 ครั้ง และภายหลังการว่ายเสร็จนาทีที่ 3,5,7 รวมทั้งสิ้น 9 ครั้ง (2) การทดสอบความเร็วอดทน โดยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 50 เมตร 8 เที่ยว และทำการทดสอบโดยใช้เข็มเจาะเลือดแบบปากกาเจาะที่บริเวณปลายนิ้วก่อนการว่าย ภายหลังการว่ายในแต่ละรอบจำนวน 8 ครั้งรวมทั้งสิ้น 9 ครั้ง โดยการเจาะเลือดจะดำเนินการโดยนักเทคนิคการแพทย์จากการกีฬาแห่งประเทศไทยที่มีประสบการณ์เฉพาะเกี่ยวกับการเจาะเลือดเพื่อทดสอบสำหรับนักกีฬาโดยตรง ขั้นตอนของการเจาะเลือดนั้นเริ่มจากการเช็ดบริเวณปลายนิ้วที่เจาะโดยแอลกอฮอลล์เพื่อทำความสะอาด จากนั้นใช้เข็มเจาะเลือดแบบปากกาเจาะเพื่อให้ได้เลือด 05µl เพื่อหยดลงบนแผ่นวัดกรดแล็คติกและวิเคราะห์ความเข้มข้นของเลือดโดยเครื่อง Portable Lactate Scout โดยใช้เวลาดำเนินการไม่เกิน 15 วินาทีต่อครั้ง จากนั้นทำการเช็ดที่บริเวณที่เจาะอีกครั้งเพื่อทำความสะอาดและใช้เทปกาวกันน้ำปิดทับเพื่อป้องกันน้ำเข้า
นอกจากนั้นผู้ช่วยวิจัยจะทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบคาดอก และประเมินความหนักของการออกกำลังกายและวัดการรับรู้ความเหนื่อยโดยใช้แบบวัดการรับรู้ความเหนื่อย *ทั้งนี้การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปตามมาตรฐานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยสูงสุดต่อท่านและหากพบว่าท่านไม่พร้อมที่ทำการทดสอบอันเนื่องมาจากสาเหตุใดก็ตามทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ท่านสามารถขอออกจากการทดสอบโดยทันที*

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่านจะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ข้อมูลของท่านจะถูกนำเสนอหรือเผยแพร่ในภาพรวม ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ *โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่านและข้อมูลจะถูกทำลายหลังการเผยแพร่ผลงานวิจัยแล้วเป็นเวลา 1 ปีโดยวิธีการทำลายเอกสาร ทั้งนี้ท่านจะได้รับรายงานผลการวิเคราะห์จากการทดสอบในทุกๆด้านเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการปรับการฝึกซ้อมให้มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบต่อไป*
หากท่านมีคำถามหรือข้อสงสัยประการใด ท่านสามารถติดต่อข้าพเจ้า นายพรพจน์ ไชยนอก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา 038-390045 โทรสาร 038-390045 E-mail: phornpot@go.buu.ac.th ข้าพเจ้ายินดีตอบคำถามและข้อสงสัยของท่านทุกเมื่อ ทั้งนี้หากท่านพบว่าข้าพเจ้าไม่ปฏิบัติตามที่ได้ชี้แจงไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถแจ้งมายังคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม หมายเลขโทรศัพท์ 038-102620 เมื่อท่านพิจารณาแล้วเห็นสมควรเข้า

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

ร่วมในการวิจัยนี้แล้วขอความกรุณาลงนามในใบยินยอมร่วมโครงการที่แนบมาด้วยนี้ และขอขอบพระคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

ลงชื่อ

(นายพรพจน์ ไชยนอก)
หัวหน้าโครงการวิจัย

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

เอกสารแสดงความยินยอม

ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form)

รหัสโครงการวิจัย : HS007/2563

(สำนักงานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นผู้ออกรหัสโครงการวิจัย)

โครงการวิจัยเรื่อง โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย

ให้คำยินยอม วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียดต่างๆ ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคำอธิบายดังกล่าวครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะถอนตัวได้*ตลอดเวลา โดยที่การถอนตัวของข้าพเจ้าจะไม่มีผลต่อการเป็นนักกีฬาทีมชาติไทย*

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในส่วนที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้วมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

กรณีที่ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหรือเขียนหนังสือได้ ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในเอกสารแสดงความยินยอมให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงลงนามหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือของข้าพเจ้าในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม .....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม .....พยาน

(.....)

BUU IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

<u>หมายเหตุ</u> กรณีที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยให้ความยินยอมด้วยการประทับลายนิ้วหัวแม่มือ ขอให้มีพยานลงลายมือชื่อรับรองด้วย

เอกสารแสดงความยินยอม

ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form)

(สำหรับผู้ที่มีอายุตั้งแต่ ๑๒ ปี แต่ไม่ถึง ๑๘ ปี)

รหัสโครงการวิจัย : HS007/2563

โครงการวิจัยเรื่อง : โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาว่ายน้ำมาราธอนทีมชาติไทย

ให้คำยินยอม วันที่..... เดือน..... พ.ศ .....

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียดต่างๆ ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคำอธิบายดังกล่าวครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะถอนตัวได้ตลอดเวลา โดยที่การถอนตัวของข้าพเจ้าจะไม่มีผลต่อการเป็นนักกีฬาทีมชาติไทย

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้วมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม .....ผู้ยินยอม

(.....)

ข้าพเจ้า.....บิดามารดาหรือผู้ปกครอง ยินยอมให้

.....เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้

กรณีที่ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหรือเขียนหนังสือได้ ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในเอกสารแสดงความยินยอมให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงลงนามหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือของข้าพเจ้าในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

ลงนาม .....

(.....)

บิดามารดาหรือผู้ปกครอง

ลงนาม .....พยาน

(.....)

หมายเหตุ กรณีที่บิดา มารดา หรือผู้ปกครองให้ความยินยอมด้วยการประทับลายนิ้วหัวแม่มือ ขอให้มีพยานลงลายมือชื่อรับรองด้วย

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

Thailand Open water :2020

n x 200 Incremental Step Test :

ID.....Age.....

Location..... Pool Length ☐ 50m ☐ 25m

Test Date (D/M/Y)..... Swimmers Stroke ☐ Fr.....☐ Br.....☐ Ba.....☐Bu.....

Junior / Senior / Medley (Circle one)

Resting : La-..... HR.....RPE.....

@ 5min interval

Steps	เวลากำหนด (วินาที)	เวลาที่ทำได้ (วินาที)					Stroke Count (n)				Stroke Rate (Cycles/min)				BLa- (Mmol)	HR (bt/min)	RPE
		1st50m	2nd50m	3rd50m	4th50m	200m	1st50m	2nd50m	3rd50m	4th50m	1st50m	2nd50m	3rd50m	4th50m			
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
@ Recovery		3rd min															
		5th min															
		7th min															
		9th min															

Commences :.....

.....

.....

.....

.....

Thailand Swimming Association: Floor 21 Chalermprakiet 7th cycle Birthday Anniversary Commemoration Building 286 Sports Authority of Thailand Ramkhamhaeng Road.
Contact (+66)2 170 9468
(+66)2 170 9469
thaitsa@swimming.or.th

Version 2.0/ July 29, 2020

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

ID.....

Location.....

Test Date (D/M/Y)..... ☐ Water Polo ☐ Open water ☐ Diving ☐ Synchronized swimming

☐Swimmers Stroke ☐ Fr.....☐ Br.....☐ Ba.....☐Bu.....

การทดสอบ	ค่าปกติ (Normal range)
1.Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR)	1. > 140 ^{o}
2. Glenohumeral Internal Rotation (IR) and External Rotation (ER) ROM	1. 40 ^{o} – 50 ^{o} (freestyle, butterfly and backstroke) 2. breaststroke (a little as require)
3. Upper Limb Tension Test :ULTT	1.< -10
4. Combined Elevation	1. 5^{o} – 15^{o}
5. Hypermobility	-
6. Dorsiflexion	1. 11^{o} - 14 ^{o}
7.Ankle Plantar flexion	1. > 165^{o} 2. crucial for freestyle, butterfly and backstroke
8. Straight Leg Raise (S.L.R.)	1.> 70^{o}
9.Hip Flexion	1.> 100^{o}
10. Hip extension	1. 20^{o} – 30^{o}
11.Hip internal rotation	1. > 40^{o}
12. Hip internal rotation and tibial external rotation	1.90^{o} 2.Crucial for breaststroke swimmers
13. Thoracic Rotation	1. >70^{o}

BUU-IRB Approved
24 ส.ค. 2563

Anthropometry Swimming Screening

การทดสอบ	Right	Left
1.Shoulder Abduction in Internal Rotation (ABIR)		
2. Glenohumeral Internal Rotation (IR) and External Rotation (ER) ROM		
3. Upper Limb Tension Test :ULTT		
4. Combined Elevation		
5. Hypermobility		
6. Dorsiflexion		
7.Ankle Plantar flexion		
8. Straight Leg Raise (S.L.R.)		
9.Hip Flexion		
10. Hip extension		
11.Hip internal rotation		
12. Hip internal rotation and tibial external rotation		
13. Thoracic Rotation		

BUU-IRB Approved
2 4 ส.ค. 2563

Thailand Open water 2020

8x50m Speed Endurance Test

ID .....

Location..... Pool Length ☐ 50m ☐ 25m

Test Date (D/M/Y)..... Swimmers Stroke ☐ Fr.....☐ Br.....☐ Ba.....☐Bu.....

Junior / Senior / Medley (Circle one)

Resting : La-..... HR.....RPE.....

*** on a 2.00 min cycle in Pool**

Steps	25m time (s)	50m time (s)	Stroke Count (n)	Stroke Rate (SR)	Stroke Length (SL)	Stroke Index (SI)	BLa- (Mmol)	Heart rate (bpm)	RPE
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

*Notes: SR = (60 × 3) / Time for 3 Strokes cycle (in seconds)

SL = (V × 60) / SR (strokes · min–1)

Stroke Efficiency (Stroke Index : SI) = Velocity X SL

Commences :.....

.....

.....

.....

.....

Thailand Swimming Association: Floor 21 Chalermprakiet 7th cycle Birthday Anniversary Commemoration Building 286 Sports Authority of Thailand Ramkhamhaeng Road.

Contact (+66)2 170 9468

(+66)2 170 9469

thaitsa@swimming.or.th

Version 2.0/ July 29, 2020

BUU-IRB Approved

2 4 ส.ค. 2563