การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์

POST ACTIVATION PERFORMANCE ENHANCEMENT IN SPRINT KAYAK ATHLETES

วทัญญู คำรส

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์

วทัญญู คำรส

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

POST ACTIVATION PERFORMANCE ENHANCEMENT IN SPRINT KAYAK ATHLETES

WATUNYOU KHAMROS

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY

(Sport and Exercise Science)

Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์

ของ

วทัญญู คำรส

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.เกริกวิทย์ พงศ์ศรี)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ราชนาวี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาด)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทิต มิตรานันท์)

ชื่อเรื่อง	การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์
ผู้วิจัย	วทัญญู คำรส
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

กลไกวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นสามารถเพิ่มสมรรถนะทางความเร็วหรือพลังของกล้ามเนื้อโดยอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติภายหลังจากได้รับการกระตุ้นร่างกายโดยวิธีการปรับสภาพผ่านไปหลายนาที กลไกเหล่านี้สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในกีฬาที่ใช้สมรรถนะด้านความเร็วหรือพลังเป็นสมรรถนะหลัก การศึกษานี้เป็นการประเมินการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในกีฬาเรือคยัค ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย เพศชาย จำนวน 12 คน และการศึกษาที่ 2 เป็นการศึกษาวิธีการประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ 2 ครั้งภายในวันเดียวกัน ในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย เพศชาย จำนวน 10 คน การออกแบบการศึกษาจะใช้วิธีการทดลองแบบไขว้สลับ ทั้ง 2 การศึกษา จะใช้วิธีการทดลองที่แตกต่างกัน 3 วิธีได้แก่ โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (2 เซต x 4 ครั้ง x 80% ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง x ท่าเบนช์เพรส และท่าเบนช์ โรว) โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (2 เซต x 20 วินาที x พักระหว่างเที่ยว 2 นาที) และกลุ่มควบคุม ซึ่งมีการปรับสภาพร่างกายด้วยตนเอง ภายหลังการได้รับการปรับสภาพจะทำการทดสอบการพาย 3 นาที ตัวแปรที่ทำการวัดและวิเคราะห์ทั้ง 2 การศึกษา ได้แก่ พลังในการพายสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที ระยะทางโดยรวม เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในเลือด วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น ผลการศึกษาพบว่า การกระตุ้นด้วยแรงต้านและการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดระยะเวลาสั้น ๆ ช่วยเพิ่มพลังสูงสุดในการพายชั่วขณะ ในการแข่งขันครั้งแรกของวัน อย่างไรก็ตามการใช้แรงต้านจะทำให้สมรรถนะทางด้านร่างกายลดลง และการปรับสภาพล่วงหน้าโดยการพายด้วยความเร็วสูงสุดมีแนวโน้มที่จะช่วยให้มีการรักษาระดับสมรรถนะได้ดีกว่าในการแข่งขันครั้งต่อมา ภายหลังได้รับการปรับสภาพโดยการใช้แรงต้านและการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ จะมีการเพิ่มของปริมาณแลคเตทในเลือดระดับสูง โดยเฉพาะการใช้แรงต้านจะทำให้ปริมาณแลคเตทในเลือดยังคงอยู่ในร่างกายไปจนถึงช่วงหลังการแข่งขัน โปรแกรมการปรับสภาพล่วงหน้าทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างด้านสรีรวิทยา การประยุกต์ใช้วิธีดังกล่าวควรมีการพิจารณาเกี่ยวกับความล้าที่เกิดขึ้นซึ่งอาจจะส่งผลสมรรถนะด้านอื่น ๆ

คำสำคัญ : พลังสูงสุด, การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ, การปรับสภาพล่วงหน้า, การกระตุ้นกล้ามเนื้อ, อัตราการพัฒนาแรง

Title	POST ACTIVATION PERFORMANCE ENHANCEMENT IN SPRINT KAYAK ATHLETES
Author	WATUNYOU KHAMROS
Degree	DOCTOR OF PHILOSOPHY
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Krirkwit Phongsri , PhD

The post-activation performance enhancement (PAPE) mechanism can improve power or speed by increasing the maximum voluntary contraction (MVC), the muscles after preconditioning for several minutes. These mechanisms encourage the sport that uses power or speed as key performances. The present study examined post-activation performance enhancement in kayak paddles. The first study was a comparison of post-activation performance enhancement methods on sprint kayak performance among 12 men's Kayak sprint athletes Thai national team, and the second study applied the post-activation performance enhancement methods in a simulated kayak sprint competition twice a day in ten the men's kayak sprint Thai national team. A randomized crossover trial was used in both studies. Both studies employed PAPE according to three different protocols: resistance protocol; performing resistance condition by bench press and bench row 2x4x80%1RM, the maximum speed paddle; paddle at maximum speed 2x20 seconds. There was a rest interval of two minutes, and the control group; self-preconditioning and after PAPE condition followed by the three-minute test. Maximum power, power average, stroke per minute, distance total, heart rate percentage, and blood lactate concentration were measured and analyzed for both studies. The resistance activation and maximum speed paddle only improved maximum power performance temporarily in the first competition of the day and it seems the resistance protocol was reduced effect on average power performance. and the maximum-speed paddle will tend to maintain performance better than in the second time. After PAPE intervention, the resistance protocol, and the maximum speed paddle increased blood lactate continuously, especially resistance protocol had blood lactate remain within physical after competition. The physiology of both preconditioning was different. The application of this method should be taken into consideration regarding the fatigue that occurs, which may affect other performances.

Keyword : Maximum power, Maximum voluntary contraction, Preconditioning, Muscle activation, Rate of force development

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตากรุณาจาก อาจารย์ ดร.เกริกวิทย์ พงศ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์หลัก และคณาจารย์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่คอยดูแล ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง สิ่งเหล่านี้ช่วยให้ข้าพเจ้าผ่านพ้นอุปสรรคและประสบความสำเร็จตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา "70 ปี 70 ทุน มศว คืนสู่สังคม" แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ปีปทุม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทิต มิตรานันท์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะกรรมการในการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาในการศึกษา และให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบแก่ข้าพเจ้า และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ราชนาวี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้เกียรติสละเวลาอันมีค่า มาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ของข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้ที่ประสิทธิ์ประสาท วิชาความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ฝ่ายเทคนิคและวิทยาศาสตร์การกีฬา และฝ่ายเรือคยัค แคนู สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย และสถานที่ในการเก็บข้อมูลการวิจัย

ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย นักวิทยาศาสตร์การกีฬา สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย ที่ช่วยเหลือในทุกขั้นตอนการทดลอง และกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย ที่เสียสละเวลาในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่เปรียบเสมือนแรงผลักดัน ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอดในทุก ๆ เรื่อง ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ร่วมรุ่นปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก ให้กำลังใจและคำแนะนำแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอดการศึกษา การศึกษาในครั้งนี้ประสบความสำเร็จได้เพราะทุกท่าน ขอให้ทุกท่านประสบความสำเร็จในหน้าที่การงาน เหนือสิ่งอื่นใด องค์ความรู้ คุณค่าและประโยชน์จากการศึกษาในครั้งนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมา

วทัญญู คำรส

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของงานวิจัย 4

ความสำคัญของงานวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น 5

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน 5

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด 5

กลุ่มควบคุม 5

การทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที 5

สมรรถนะ 6

ขอบเขตของการวิจัย 6

การศึกษาที่ 1 6

การเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่มีต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์ 6

ประชากรในการวิจัย 6
ตัวแปรที่ศึกษา 6
การศึกษาที่ 2 7
การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ 7
ประชากรในการวิจัย 7
ตัวแปรที่ศึกษา 7
กรอบแนวคิดการวิจัย 9
การศึกษาที่ 1 9
การศึกษาที่ 2 9
สมมติฐานในการวิจัย 10
สมมติฐานการศึกษาที่ 1 10
สมมติฐานการศึกษาที่ 2 10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
กลไกทางด้านสรีรวิทยาของการเพิ่มสมรรถนะหลังการถูกกระตุ้น 10
การประยุกต์ใช้การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬา 19
การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และชนิดกีฬาอื่น ๆ 33
บทที่ 3 การศึกษาที่ 1 40
การเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่มีต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์ 40
บทนำ 42
วิธีดำเนินการวิจัย 44
กลุ่มตัวอย่าง 44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 44

การดำเนินการทดลอง 45
การทดสอบข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง 46
โปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น 48
โปรแกรมการทดสอบ 49
ตัวแปรในการทดลอง 50
ภาพรวมขั้นตอนการทดลอง 50
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล 53
ผลการวิจัย 54
ข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกาย 54
ด้านสมรรถนะ 54
พลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม 54
ด้านสรีรวิทยา 57
เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในเลือด 57
บทที่ 4 การศึกษาที่ 2 64
การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ 64
บทนำ 66
วิธีการดำเนินการวิจัย 68
กลุ่มตัวอย่าง 68
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 69
การดำเนินการทดลอง 69
การทดสอบข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง 71
โปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น 72

โปรแกรมการทดสอบ 74
ตัวแปรในการทดลอง 75
ภาพรวมขั้นตอนการทดลอง 75
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล 76
ผลการวิจัย 79
ข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกาย 79
ด้านสมรรถนะ 79
พลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม 79
เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยพลังในการพาย 88
ด้านสรีรวิทยา 90
เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในเลือด 90
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 103
อภิปรายผลการศึกษาที่ 1 103
สมรรถนะในการพาย 103
การตอบสนองด้านสรีรวิทยา 105
สรุปผลการศึกษาที่ 1 107
อภิปรายผลการศึกษาที่ 2 108
สมรรถนะในการพาย 108
การตอบสนองด้านสรีรวิทยา 111
สรุปผลการศึกษาที่ 2 113
ภาพรวมสรุปผลการวิจัย 115
การนำไปประยุกต์ใช้ 116
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป 116

ข้อจำกัดงานวิจัย 118
การประยุกต์ผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้ 118
บรรณานุกรม 119
ภาคผนวก 134
ภาคผนวก ก ใบรับรองการขอจริยธรรมการวิจัยที่ทำในมนุษย์ 135
ภาคผนวก ข หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย 137
ภาคผนวก ค เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย 140
ภาคผนวก ง แบบบันทึกข้อมูล 145
ภาคผนวก จ ภาพประกอบการดำเนินการทดลอง 147
บรรณานุกรม 149
ประวัติผู้เขียน 150

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงการศึกษาเกี่ยวกับกลไกทางด้านสรีรวิทยาของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (Post-activation performance enhancement; PAPE) 16

ตาราง 2 การประยุกต์ใช้การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬา 25

ตาราง 3 การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และชนิดกีฬาอื่น ๆ 36

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง 54

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบต่อการทดสอบการพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ 3 นาที จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว 55

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองจากการตรวจสอบค่าอิทธิพลของช่วงเวลาของการทดลอง วิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ 58

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาจากการตรวจสอบค่าอิทธิพลโปรแกรมการทดลอง วิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว 61

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง 79

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสมรรถนะในการพาย โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำ 80

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำในตัวแปรแต่ละระดับ 81

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 82

ตาราง 12 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถนะในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 83

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 84

ตาราง 14 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถนะในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 85

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (Hotelling T^2) ของการจำลองการแข่งขัน 86

ตาราง 16 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถนะในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 87

ตาราง 17 เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสุดในการพาย 88

ตาราง 18 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าเฉลี่ยพลังในการพาย 88

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสมรรถนะในการพาย โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำ 90

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำในตัวแปรแต่ละระดับ 91

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 92

ตาราง 22 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านปริมาณแลคเตทในเลือดในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 92

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 95

ตาราง 24 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านปริมาณแลคเตทในเลือดในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 96

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (Hotelling T^2) ของปริมาณแลคเตทในเลือดของการจำลองการแข่งขัน 100

ตาราง 26 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 101

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย 9

ภาพประกอบ 2 ความแตกต่างของกลไกทางด้านสรีรวิทยาระหว่างศักยภาพหลังการกระตุ้น (Post-activation potential; PAP) (ซ้าย) และการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (Post-activation performance enhancement; PAPE) (ขวา) 11

ภาพประกอบ 3 กลไกทางด้านสรีรวิทยาของศักยภาพหลังการกระตุ้น (Post-activation potential; PAP) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของ ฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซินไลท์เชน (Phosphorylation myosin light chain) (Blazevich & Babault, 2019) อ้างอิงจาก 12

ภาพประกอบ 4 ความแตกต่างของระยะเวลาหลังจากการถูกกระตุ้นระหว่าง การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) กับ ศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) 13

ภาพประกอบ 5 ศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) อาจจะส่งผลต่อการออกกำลังกายที่ใช้ความความอดทนเป็นหลัก 14

ภาพประกอบ 6 แนวคิดการนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) ไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพให้กับนักกีฬา 20

ภาพประกอบ 7 แนวคิดการนำไปใช้งานของวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) 22

ภาพประกอบ 8 การเข้ารับการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 1 46

ภาพประกอบ 9 ขั้นตอนการทดลองในแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 1 52

ภาพประกอบ 10 พลังสูงสุดในการพายของโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบ 56

ภาพประกอบ 11 ปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาการทดลองของโปรแกรมการทดลองแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน ยกเว้น ช่วงหลังการกระตุ้น และก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน 59

ภาพประกอบ 12 ความแตกต่างของระดับปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาการทดสอบของโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบ 62

ภาพประกอบ 13 การเข้ารับการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 1 71

ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการทดลองในแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 2 78

ภาพประกอบ 15 พลังสูงสุดในการพายของโปรแกรมการทดลองแต่ละรูปแบบในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 84

ภาพประกอบ 16 ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการกระตุ้นของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 93

ภาพประกอบ 17 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 94

ภาพประกอบ 18 ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการกระตุ้นของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 97

ภาพประกอบ 19 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 98

ภาพประกอบ 20 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 99

ภาพประกอบ 21 ภาพรวมผลการศึกษาที่ 1 108

ภาพประกอบ 22 ภาพรวมผลการศึกษาที่ 2 115

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (Post-activation performance enhancement; PAPE) เป็นรูปแบบที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาการทำงานของร่างกาย (Blazevich & Babault, 2019; Boullosa, 2021; Boullosa, Beato, et al., 2020; Ciocca et al., 2021; Krzysztofik et al., 2020) กลไกทางด้านสรีรวิทยาการทำงานของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเกิดจากการเพิ่มของอุณภูมิในกล้ามเนื้อ และการไหลเวียนของน้ำภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ รวมไปถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ (Blazevich & Babault, 2019; Boullosa, 2021) และอาจจะมีการสนับสนุนจากกระบวนการทำงานของไมโอซินไลท์เชนฟอสโฟรีเลชั่นเล็กน้อย (Zimmermann et al., 2020) โดยวิธีของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นจะถูกนำมาใช้ในช่วงการอบอุ่นและเตรียมความพร้อมร่างกาย (Cuenca-Fernández et al., 2020) โดยอาจจะเรียกว่า วิธีการปรับสภาพล่วงหน้า (Preconditioning) โดยวิธีการดังกล่าวสามารถเพิ่มอัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development) โดยเป็นแรงที่เกิดขึ้นเองภายหลังจากการที่กล้ามเนื้อมีการทำงานในลักษณะหดตัวด้วยความแรงสูงเมื่อเวลาผ่านไปหลายนาที (Blazevich & Babault, 2019; Prieske et al., 2020) ซึ่งเป็นผลทำให้รูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเกิดการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพด้าน ความแข็งแรง (Garbisu-Hualde & Santos-Concejero, 2021) ความเร็ว หรือพลัง (Bielitzki et al., 2021; Brink et al., 2021; Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับนักกีฬา (Boullosa, 2021) โดยวิธีการกระตุ้นอาจจะใช้กิจกรรมที่เป็นลักษณะแรงต้าน (M. Krzysztofik et al., 2021; Krzysztofik et al., 2020; Michal Krzysztofik et al., 2021; Smith et al., 2014) การออกแรงเพื่อให้กล้ามเนื้อมีการทำงานที่ความเร็วสูง (Brink et al., 2021) หรือการกระโดดเพื่อเป็นการกระตุ้น (Boullosa, Abad, et al., 2020; de Poli et al., 2020) ซึ่งรูปแบบดังกล่าวเหมาะสำหรับการกระตุ้นเพื่อเพิ่มสมรรถนะในกับนักกีฬา (Borba et al., 2017)

โหลดในการกระตุ้นจะใช้ความหนักที่ค่อนข้างสูงและปริมาณที่ต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดความล้าแก่ร่างกาย ซึ่งจะทำให้นักกีฬาสามารถแสดงสมรรถนะได้อย่างเต็มที่ (Golas et al., 2016; Mason et al., 2020; Ribeiro et al., 2021) โดยการศึกษาวิเคราะห์อภิมานแนะนำโหลดในการกระตุ้นที่ความหนักมากกว่า 70% 1RM จำนวนครั้งน้อยกว่า 6 ครั้ง ประมาณ 2-3 เซต

(Boullosa, 2021; Golas et al., 2017; Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013) และมีระยะเวลาพักประมาณ 5-15 นาที (Bevan et al., 2009; Blazevich & Babault, 2019; Boullosa, 2021; Mc et al., 2017; Seitz & Haff, 2016) ประสิทธิภาพภายหลังจากการกระตุ้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักกีฬา (Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013) นักกีฬาที่มีประสบการณ์สูงจะได้รับประโยชน์จากการถูกกระตุ้นกล้ามเนื้อได้ดียิ่งขึ้น (Doma et al., 2016; Garbisu-Hualde & Santos-Concejero, 2021; Golas et al., 2016) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความหนักที่เหมาะสม ระยะเวลาการฟื้นคืนสภาพ ความพร้อมของร่างกาย และชนิดกีฬาที่มีความเหมาะสม (Boullosa, 2021; Boullosa, Beato, et al., 2020; Kobal et al., 2019) การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในกีฬาเริ่มเป็นที่นิยมกันมากขึ้นเมื่อในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาในกีฬาที่ใช้สมรรถภาพด้านความเร็ว และพลัง เป็นสมรรถภาพที่สำคัญ

เรือคยัค สปริ้นท์ เป็นหนึ่งชนิดกีฬาที่ต้องอาศัยสมรรถนะด้านความเร็วในการพาย (McDonnell, 2013) โดยขั้นตอนการอบอุ่นร่างกายมีส่วนช่วยในการเพิ่มความสามารถในการพายได้ดีขึ้น (Akca & Aras, 2018; Bishop et al., 2003) ซึ่งรูปแบบการอบอุ่นร่างกายต้องมีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องกับเรือคยัค สปริ้นท์ โดยคุณสมบัตินักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ จะอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนเป็นตัวช่วยในการออกแรงในการพาย (Michael et al., 2008; Pickett et al., 2018) วิธีการปรับสภาพล่วงหน้าในช่วงการอบอุ่นร่างกายควรมีความเฉพาะเจาะจงกับการพายเรือคยัค สปริ้นท์ โดยการศึกษาที่ผ่านมาของ McKean and Burkett (2014) และ Ualí et al. (2012) มีการศึกษาในกลุ่มกล้ามเนื้อช่วงบน โดยเรือคยัค สปริ้นท์จะฝึกการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อในลักษณะการดึงเข้า (Pull) และการดันออก (Press) ซึ่งมีความสอดคล้องกับท่าที่ใช้ฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีความเฉพาะสำหรับเรือคยัค สปริ้นท์ ซึ่งการใช้แรงต้านแบบมีการเคลื่อนไหวในช่วงการอบอุ่นร่างกายจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็ว (Smith et al., 2014) นอกจากนี้การอบอุ่นร่างกายโดยการออกแรงในการเคลื่อนไหวออกแรงสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นแนวทางในการใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะแก่นักกีฬา (Doma et al., 2016; Penichet-Tomas et al., 2020) ซึ่งใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ ช่วยในการกระตุ้นความสามารถในการพาย (Bishop et al., 2003) โดยในขั้นตอนการกระตุ้นในช่วงการอบอุ่นร่างกายไม่ควรใช้จำนวนครั้งหรือระยะเวลาที่นานมากจนเกินไป หรือหากมีการใช้แรงต้านเป็นวิธีกระตุ้นควรใช้น้ำหนักที่ต่ำกว่าน้ำหนักสูงสุดเป็นตัวช่วยในการกระตุ้น (Farup & Sørensen, 2010) ทั้งนี้การอบอุ่นร่างกายที่หนักเกินไปจะลดทอนประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายซึ่งรวมไปถึงสมรรถนะด้านการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Bishop et al., 2001) ซึ่งถือเป็นสมรรถนะที่

สำคัญในการแข่งขัน (Byrnes & Kearney, 1997; Michael et al., 2008). วิธีการเตรียมความพร้อมโดยการนำกิจกรรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงและปริมาณต่ำมาใช้ในช่วงการอบอุ่นร่างกายโดยใช้วิธีการกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อและท่าที่เฉพาะเจาะจง (Bench Press, Bench Row) กับเรือคยัค สปริ้นท์ (Romagnoli et al., 2022) หรือ การกระตุ้นโดยออกแรงสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ (All-out) ในลักษณะของการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงาน อาจจะเป็นวิธีที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ รวมไปถึงการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งถือว่าการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนถือเป็นระบบพลังงานที่สำคัญสำหรับเรือคยัค สปริ้นท์ (Bishop et al., 2001; Byrnes & Kearney, 1997; Michael et al., 2008)

จากความแตกต่างของวิธีการกระตุ้นอาจจะส่งผลทำให้กลไกทางด้านสรีรวิทยาและสมรรถนะทางด้านร่างกายที่แตกต่างกัน โดยการใช้แรงต้านที่ความหนักสูงและปริมาณต่ำที่มีกลไกทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในสภาวะขาดเลือดและอยู่ในสภาวะความตึงตัวสูง (Time under tension; TUT) เกิดสภาวะการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle Stiffness) (Dankel & Razzano, 2020) ซึ่งกลไกดังกล่าวจะสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development; RFD) เช่นเดียวกับการกระตุ้นโดยการใช้วิธีการออกแรงพายด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ จะช่วยให้มีการระดมการทำงานของหน่วยยนต์ (Motor unit) ในกล้ามเนื้อ ทำให้มีการขับเคลื่อนของระบบประสาท (Neural drive) (Heckman & Enoka, 2012) และช่วยในการกระตุ้นต่อตอบสนองต่อการสั่งการของระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System : CNS) ซึ่งควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อได้เป็นอย่างดี อย่างรก็ตามกับการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบมีความคล้ายกันเกี่ยวกับการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นพลังงานหลักในการปฏิบัติ ซึ่งช่วยให้ร่างกายมีการกระตุ้นระบบพลังงานที่ใกล้เคียงกับการแข่งขัน และมีการเพิ่มของอัตราการพัฒนาแรง (Aagaard et al., 2002; Tillin & Bishop, 2009) เช่นเดียวกัน จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ามีการอธิบายเกี่ยวกับวิธีการใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการกระตุ้น อย่างไรก็ตามความแตกต่างของกลไกทางด้านสรีรวิทยาในแต่ละวิธีการกระตุ้นนนั้นมีความแตกต่างกัน จึงเป็นที่น่าสนใจว่าวิธีการกระตุ้นทั้ง 2 วิธีจะส่งผลต่อต่อตัวแปรทางด้านสมรรถนะและสรีรวิทยาในการพายเรือคยัค สปริ้นท์อย่างไรบ้าง

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นรูปแบบการเตรียมความพร้อมร่างกายรูปแบบใหม่ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยมีความแตกต่างกับวิธีของศักยภาพภายหลังการถูกกระตุ้น (Post activation potential; PAP) ซึ่งการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นจะช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะทางด้านความความเร็วหรือพลังในช่วงระยะเวลา

ภายหลังการถูกกระตุ้นที่ล่าช้ากว่าศักยภาพภายหลังการถูกกระตุ้น จากการที่วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นแนวคิดและทฤษฎีใหม่ และมีการนำมาศึกษาและประยุกต์ใช้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทำให้การศึกษาในเรื่องนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายรวมถึงยังไม่มีการนำไปใช้กับกีฬาชนิดต่าง ๆ มากนัก ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการนำวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมร่างกายแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นมาศึกษาและประยุกต์เพิ่มเติมในกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ เป็นสิ่งที่มีความน่าสนใจ ประกอบกับผู้วิจัยเห็นว่าแนวคิดจากทฤษฎีดังกล่าว มีความสอดคล้องกับการช่วยกระตุ้นร่างกายในการแข่งขันกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการศึกษาซึ่งประกอบด้วยการศึกษาที่ 1 ผลฉับพลันของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นต่อสมรรถนะและการตอบสนองทางสรีรวิทยาในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และการศึกษาที่ 2 การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของความแตกต่างทางด้านสมรรถนะของรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นต่อการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงานของนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ทีมชาติไทย

2. เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นต่อการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ บนเรือคยัควัดงานของนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย

ความสำคัญของงานวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลจากการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น แต่ละรูปแบบที่ส่งผลต่อสมรรถนะการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงาน ซึ่งจะเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิชาการต่อไปในอนาคต

2. ทำให้ทราบถึงผลของการนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น ในลักษณะการใช้งานในระหว่างการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

3. สามารถนำผลการวิจัยไปเผยแพร่เพื่อให้ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา หรือผู้ที่สนใจ ในการนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นไปพัฒนากับการใช้งานในชนิดกีฬาอื่น ๆ

นิยามศัพท์เฉพาะ

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น

(Post activation performance enhancement: PAPE)

หมายถึงการเตรียมความพร้อมของร่างกายโดยใช้วิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาโปรแกรมการกระตุ้น 2 รูปแบบ ได้แก่ โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน และโปรแกรมการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

(Resistance Protocol: RPT)

หมายถึงโปรแกรมการกระตุ้นโดยใช้โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) และท่าเบนช์ โรว (Bench row) จำนวน 2 เซต เซตละ 4 ครั้ง ที่ความหนัก 80% ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด

(Maximum speed paddle; MSP)

หมายถึงโปรแกรมการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด จำนวน 2 เซต เซตละ 10 วินาที พักระหว่างเซต 2 นาที

กลุ่มควบคุม

(Control group: CON)

หมายถึงกลุ่มที่เตรียมความพร้อม อบอุ่นร่างกาย กระตุ้นร่างกายด้วยตนเองโดยใช้ระยะเวลาไม่เกิน 10 นาที

การทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที

(3 Minute Test All-out: 3MT)

การทดสอบโดยให้กลุ่มตัวอย่างพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ 3 นาที เป็นรูปแบบที่ออกแบบมาเพื่อค้นหากำลังวิกฤต (Critical Power; CP) และความสามารถในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic work capacity) การนำรูปแบบการทดสอบดังกล่าวมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นการให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบโดยการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงานแบบเต็มที่จนหมดแรงในระยะเวลา 3 นาที เพื่อทดสอบผลจากโปรแกรมการถูกกระตุ้น

สมรรถนะ

(Performance)

หมายถึงความสามารถทางด้านร่างกายต่อการพายเรือคยัค สปริ้นท์ที่แสดงในรูปแบบของตัวแปร พลังสูงสุดในการพาย (Maximum Power: Mpw) ค่าเฉลี่ยของพลัง (Power average: Pavr) อัตราการพายต่อนาที (Stroke per minute: SPM) และระยะทางโดยรวม (Distance total: Dist)

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาที่ 1

การเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่มีต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์

Comparison of post activation performance enhancement methods on sprint kayak performance

ประชากรในการวิจัย

นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทยที่ทำการฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ และเอเชี่ยนเกมส์ เพศชาย อายุ 19-26 ปี โดยทำการฝึกซ้อมต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 2 ปี

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย จำนวน 12 คน โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ

รูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น 3 รูปแบบแตกต่างกัน ดังนี้

1. โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (Resistance Protocol: RPT)

2. โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (Maximum speed paddle: MSP)

3. การกระตุ้นด้วยวิธีการของกลุ่มตัวอย่าง (Control group: CON)

ตัวแปรตาม

1. พลังสูงสุดในการพาย (Maximum Power: Mpw)
2. ค่าเฉลี่ยของพลัง (Power average: Pavr)
3. อัตราการพายต่อนาที (Stroke per minute: SPM)
4. ระยะทางโดยรวม (Distance total: Dist)
5. เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ (Percentage of heart rate: PHR)
6. ปริมาณแลคเตทในเลือด (Blood Lactate: [La-]b)

การศึกษาที่ 2

การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์

Applied post activation performance enhancement methods in a simulated kayak sprint competition

ประชากรในการวิจัย

นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทยที่ทำการฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬาซีเกมส์ และเอเชี่ยนเกมส์ เพศชาย อายุ 19-26 ปี โดยทำการฝึกซ้อมต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 2 ปี

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

นักกีฬาเรือนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย จำนวน 10 คน โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ

รูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น 3 รูปแบบแตกต่างกัน

1. โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (Resistance Protocol: RPT)
2. โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัควัดงานด้วยความเร็วสูงสุด (Maximum speed paddle: MSP)
3. การกระตุ้นด้วยวิธีการของกลุ่มตัวอย่าง (Control group CON)

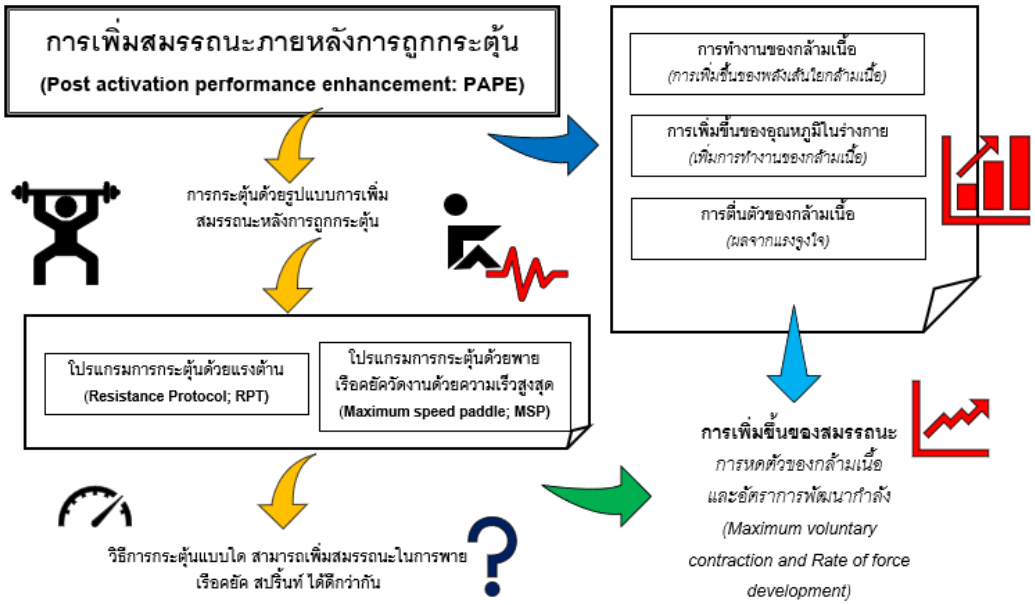
โปรแกรมการกระตุ้นทุกรูปแบบจะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการจำลองการแข่งขัน 2 ครั้ง

ตัวแปรตาม

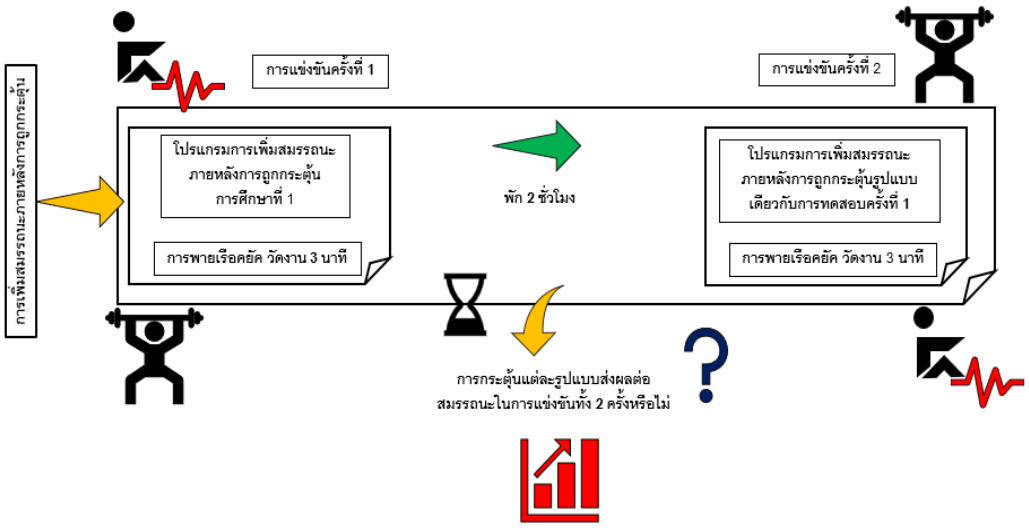
1. พลังสูงสุดในการพาย (Maximum Power: Mpw)
2. ค่าเฉลี่ยของพลัง (Power average: Pavr)
3. อัตราการพายต่อนาที (Stroke per minute: SPM)
4. ระยะทางโดยรวม (Distance total: Dist)
5. เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ (Percentage of heart rate: PHR)
6. ปริมาณแลคเตทในเลือด (Blood Lactate: [La-]b)
7. เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังในการพาย (%Power decrement: %PDcr)

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาที่ 1



การศึกษาที่ 2



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

สมมติฐานการศึกษาที่ 1

วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อสมรรถนะและการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาในการพายเรือคยัควัดงานแตกต่างกัน

สมมติฐานการศึกษาที่ 2

วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อสมรรถนะและการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาในการจำลองการแข่งครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 ที่แตกต่างกัน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- กลไกทางด้านสรีรวิทยาของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น
- การประยุกต์ใช้การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬา
- การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และชนิดกีฬาอื่น ๆ

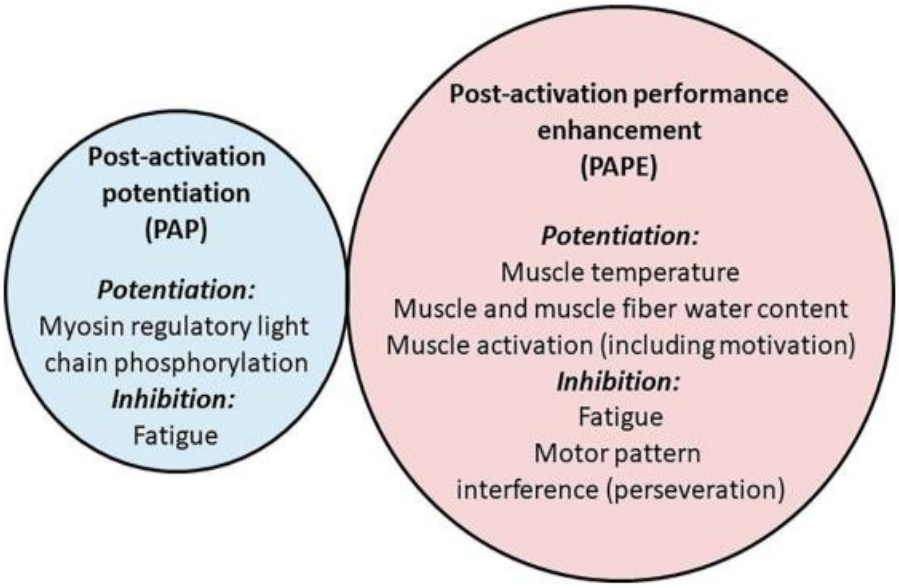
กลไกทางด้านสรีรวิทยาของการเพิ่มสมรรถนะหลังการถูกกระตุ้น

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น เป็นกลไกการเพิ่มขึ้นของแรงในระยะฉับพลันที่เกิดขึ้นเอง โดยเป็นรูปแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบที่ช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนากำลัง (Rate of force development) หรือแรงในการหดตัวด้วยความเร็วสูง จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น และศักยภาพหลังการกระตุ้นของ Blazevich and Babault (2019) พบว่าการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นมีความคล้ายคลึงกับลักษณะของรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการนำมาใช้แพร่หลายในช่วงหลายปีก่อนหน้านี้ เช่น มีแรงหดตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น มีความล่าช้าก่อนการเกิดการเพิ่มขึ้นของแรงซึ่งเกิดจากความล้าที่สามารถควบคุมได้จากการถูกกระตุ้น และการตอบสนองของกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type II) หรือกล้ามเนื้อที่มีสัดส่วนของกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เป็นหลัก โดยการเกิดขึ้นทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมที่มีการกระตุ้นในลักษณะคล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาในช่วงที่ผ่านมาพบว่าการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบนี้มีความแตกต่างกันในการนำไปประยุกต์ใช้จริง (ภาพประกอบ 2) โดยความแตกต่างที่เกิดขึ้นของการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบได้แก่

1. ระยะเวลาของการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่กล้ามเนื้อแตกต่างกัน หลังจากผ่านกิจกรรมที่มีการกระตุ้นกล้ามเนื้อ โดยรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น จะมีระยะเวลามากกว่าศักยภาพหลังการกระตุ้นหลายนาที (ศักยภาพหลังการกระตุ้นประมาณ 28 วินาที)

2. อิทธิพลจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการไหลเวียนของของเหลวในกล้ามเนื้อ การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นจะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการไหลเวียนของกล้ามเนื้อ ซึ่งรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น ไม่เกิดกลไกดังกล่าว และ

3.การทำงานของกลไกทางระบบประสาทอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่อกลไกการทำงานของรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น

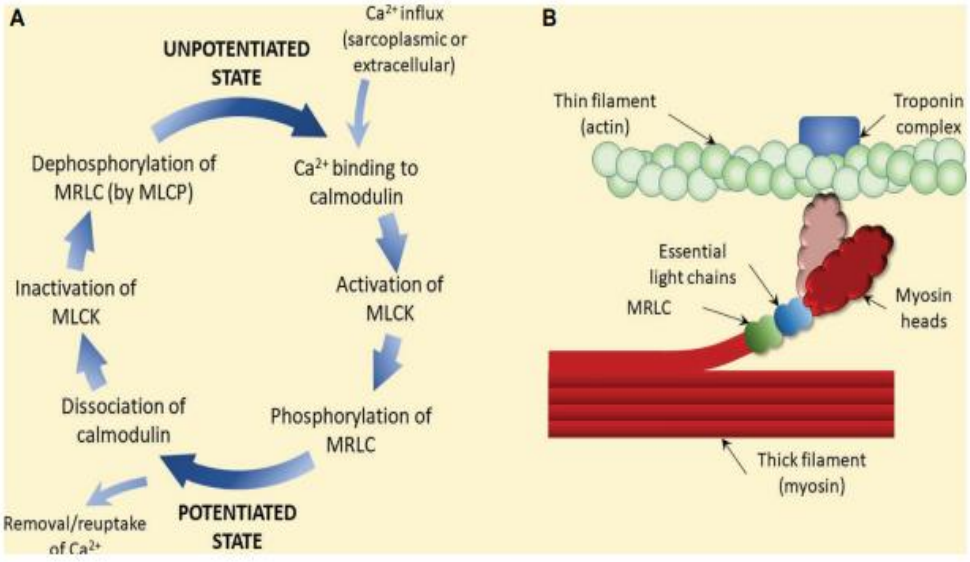


ภาพประกอบ 2 ความแตกต่างของกลไกทางด้านสรีรวิทยาระหว่างศักยภาพหลังการกระตุ้น (Post-activation potential; PAP) (ซ้าย) และการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (Post-activation performance enhancement; PAPE) (ขวา)

ที่มา: Blazevich and Babault (2019)

การตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะภายหลังจากการหดตัวของการปรับสภาพ (Conditioning contraction; CC) ของ Zimmermann et al. (2020) พบว่าการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพแบบเฉียบพลันของรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น อาจจะเป็นผลต่อเนื่องมาจากการทำงานของศักยภาพหลังการกระตุ้น ซึ่งเกิดจากกลไกการทำงานของฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซินไลท์เชน (Phosphorylation myosin light chain) และกลไกอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (ภาพประกอบ 3) ทำให้เกิดการกระตุ้นในระดับสูง แต่ไม่ได้เกิดจากการทำงานโดยอัตโนมัติซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นกับรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น อย่างไรก็ตามกลไกบางส่วนของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นมีความแตกต่างกับศักยภาพหลังการกระตุ้นอย่างเห็นได้ชัด เช่น ประสิทธิภาพของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นยังคงอยู่ภายหลังจากศักยภาพ

หลังการกระตุ้นลดลงหรือหายไป (ภาพประกอบ 4) แม้ว่ากลไกทางด้านสรีรวิทยาของศักยภาพหลังการกระตุ้นมีความแตกต่างกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น อย่างไรก็ตาม Boullosa, Beato, et al. (2020) ได้มีการการเสนอเกี่ยวกับอนุกรมวิธานใหม่เกี่ยวกับกลไกภายหลังการถูกกระตุ้น โดยแนะนำว่าสามารถนำกลไกดังกล่าวมาใช้อธิบายเพื่อสนับสนุนกลไกการทำงานระหว่างรูปแบบได้ในบางกรณี นอกจากนี้ Prieske et al. (2020) ได้ทำการศึกษาทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความแตกต่างของระยะเวลาระหว่างการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นกับศักยภาพหลังการกระตุ้นและได้แนะนำว่า ควรเรียกศัพท์เกี่ยวกับการกระตุ้นเหล่านี้ให้ถูกต้องตามกลไกการทำงานของแต่ละรูปแบบ โดยควรใช้คำว่าศักยภาพหลังการกระตุ้นเพื่อเป็นตัวบ่งชี้การเพิ่มขึ้นของกำลังของกล้ามเนื้อหรือการผลิตแรงบิดในระหว่างการกระตุกของกล้ามเนื้อที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า และคำว่าการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเพื่ออ้างถึงความแข็งแรงสูงสุด พลัง และความเร็วหลังจากการหดตัวของการมีกิจกรรมการปรับสภาพ

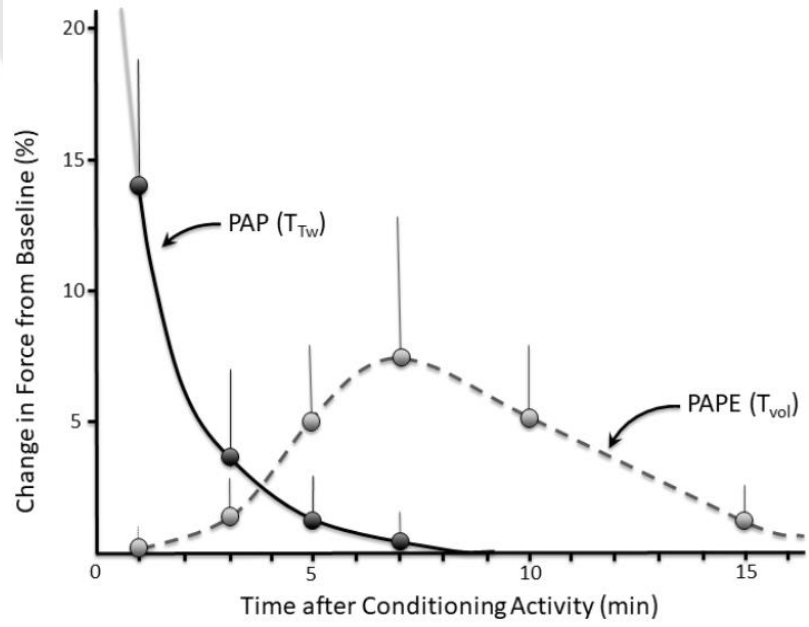


ภาพประกอบ 3 กลไกทางด้านสรีรวิทยาของศักยภาพหลังการกระตุ้น (Post-activation potential; PAP) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของ ฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซินไลท์เชน (Phosphorylation myosin light chain) (Blazevich & Babault, 2019) อ้างอิงจาก

ที่มา: Manning and Stull (1979)

การศึกษาเกี่ยวกับการนำรูปแบบการกระตุ้นไปใช้เพื่อเพิ่มสมรรถนะด้านความแข็งแรงในนักกีฬา Garbisu-Hualde and Santos-Concejero (2021) ได้อธิบายว่าความเข้มข้นสูงช่วยให้เกิดการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการแสดงสมรรถนะด้านความแข็งแรงที่ดีขึ้น โดยนักกีฬาที่มี

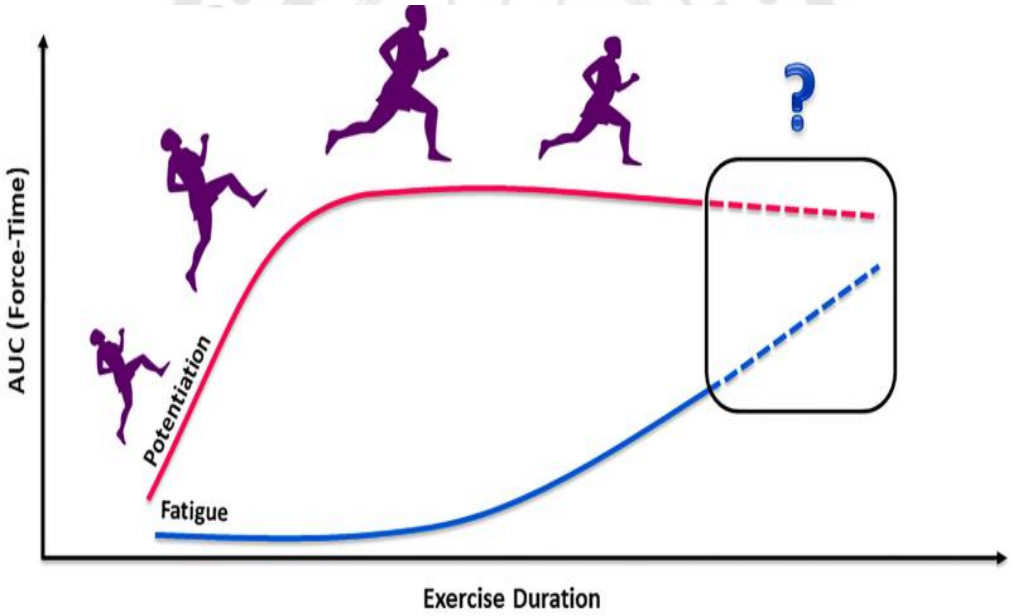
ประสบการณ์จะได้รับประโยชน์จากการใช้รูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้นมากที่สุด เนื่องจากนักกีฬาที่มีการฝึกมาระยะหนึ่งจะมีการพัฒนาสัดส่วนของกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 โดยจะมีความไวต่อความเข้มข้นของแคลเซียม ในการเข้าสู่กระบวนการทำงานของฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซินไลท์เชน ทำให้ได้รับประโยชน์จากการกระตุ้นมากกว่านักกีฬาที่มีสัดส่วนกล้ามเนื้อชนิดอื่น ๆ ซึ่งภาระของความเข้มข้นจะอยู่ที่ 65% ของ 1RM จะต้องใช้ระยะเวลาในการพักนานมากขึ้น จากระยะเวลาที่พักทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 7-8 นาที อย่างไรก็ตามความเข้มข้นอาจจะมากถึง 85-90% แต่อาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการพักที่มากขึ้น ซึ่ง Jo et al. (2010) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับเรื่องนี้ว่าผู้ที่แข็งแรงอาจจะมีระยะเวลาในการพักน้อยลงหลังจากการกระตุ้น (5-10 นาที) มากกว่าผู้ที่อ่อนแอกว่า นอกจากนี้การศึกษาของ Tillin and Bishop (2009) ได้ศึกษาด้านการนำเสนอกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของหน่วยยนต์ที่สูงกว่าและการเพิ่มขึ้นของมุมเพนเนชั่น (Pennation angle) ฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซีนไลท์เชน พบว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้างไว้กับที่อาจจะเกิดความล้ามากกว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว การเลือกใช้ศักยภาพหลังการกระตุ้นในการแข่งขันควรพิจารณาเฉพาะผลจากการศึกษาของกิจกรรมที่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น



ภาพประกอบ 4 ความแตกต่างของระยะเวลาหลังจากการถูกกระตุ้นระหว่าง การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) กับ ศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)

ที่มา: Blazevich and Babault (2019) ประยุกต์จากข้อมูลของ Seitz and Haff (2016)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการนำเสนอหลักฐานเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) ในนักกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทนของ Boullosa et al. (2018) โดยการศึกษาภาพรวมเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้นในกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน พบว่ายังมีกลไกของศักยภาพหลังการกระตุ้นบางส่วนเกิดขึ้น เช่น กลไกการเกิดขึ้นของฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซินไลท์เชน อาจจะเป็นกลไกที่จะช่วยเพิ่มสมรรถนะให้กับนักกีฬาที่ใช้ความอดทนเป็นหลัก โดยอาจจะเป็นกีฬาที่ใช้ความอดทนในระดับต่ำ ซึ่งกลไกดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงระดับที่ใกล้เคียงกันระหว่างกล้ามเนื้อชนิดเส้นใยกระตุกช้าและกล้ามเนื้อชนิดเส้นใยกระตุกเร็ว หรือการออกกำลังกายในระดับต่ำอาจจะช่วยให้เกิดศักยภาพหลังการกระตุ้นหรือการปรับสมดุลของความล้า อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบอย่างชัดเจนว่ากลไกการเกิดขึ้นเหล่านี้มีบทบาทอย่างไรในระหว่างการฝึกซ้อมและแข่งขัน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อความล้า หรือเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ (ภาพประกอบ 5)



ภาพประกอบ 5 ศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) อาจจะส่งผลต่อการออกกำลังกายที่ใช้ความความอดทนเป็นหลัก

ที่มา: Boullosa et al. (2018)

จากการทบทวนข้างต้นแสดงให้เห็นเกี่ยวกับกลไกทางด้านสรีรวิทยาของรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นซึ่งมีความเกี่ยวข้องบางลักษณะกับรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น และมีความแตกต่างในบริบทของกลไกทางด้านสรีรวิทยาบางส่วน เช่นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การไหลเวียนของของเหลวในร่างกาย การทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อบางส่วน และระยะเวลาในการนำไปใช้ โดยที่กลไกดังกล่าวจะช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนากำลัง หรือแรงในการหดตัวด้วยความเร็วสูงซึ่งถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะช่วยให้นักกีฬาเพิ่มความสามารถแสดงสมรรถนะในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้ดี การศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นถือเป็นทฤษฎีใหม่ที่มีการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้ ทำให้คำตอบเกี่ยวกับกลไกทางด้านสรีรวิทยาบางส่วนยังไม่ทราบได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามจากทฤษฎีเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้นที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลายก่อนหน้านี้ทำให้พอจะทราบได้ว่ากลไกทางด้านสรีรวิทยาพื้นฐานบางส่วนที่คล้ายคลึงกันสามารถนำมาอธิบายเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นได้ งานวิจัยเกี่ยวกับกลไกทางด้านสรีรวิทยาของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นสามารถศึกษาได้จากตารางสรุปงานวิจัยถัดไป

ตาราง 1 แสดงการศึกษาเกี่ยวกับกลไกทางด้านสรีรวิทยาของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (Post-activation performance enhancement; PAPE)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Blazevich and Babault (2019)	ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) และศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	-	กลไกการทำงานของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นและศักยภาพหลังการกระตุ้น มีความคล้ายคลึงกันและแตกต่างกัน
Boullosa, Beato, et al. (2020)	การเสนอเกี่ยวกับอนุกรมวิธานใหม่เกี่ยวกับกลไกภายหลังการถูกกระตุ้น	Meta analysis	ศักยภาพหลังการกระตุ้นมีความแตกต่างกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นทางด้านสรีรวิทยา สามารถใช้เพื่อสนับสนุนกลไกการทำงานได้ในบางกรณี
Boullosa et al. (2018)	การนำเสนอหลักฐานเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) ในนักกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน	-	กลไกของศักยภาพหลังการกระตุ้นเกิดขึ้นในกีฬาประเภทที่ใช้ความอดทนเป็นหลัก อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบถึงบทบาทที่ชัดเจนและแน่นอน
Garbisu-Hualde and Santos-Concejero (2021)	ทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการผสมผสานศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแข็งแรง	-	ความเข้มข้น 65% 1-3 เซต เป็นปริมาณที่เพียงพอที่จะกระตุ้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

ตาราง 1 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Prieske et al. (2020)	ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความแตกต่างของระยะเวลาระหว่างการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) กับศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	-	ควรแยกใช้คำว่า ศักยภาพหลังการกระตุ้น กับคำว่า การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น เว้นแต่จะใช้ในกรณีที่มีการกล่าวถึงการสนับสนุนกลไกระหว่างกัน
Thomas et al. (2017)	ประเมินพื้นฐานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยใช้การกระตุ้นสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าของเส้นประสาทกล้ามเนื้อต้นขา	นักกีฬาชาย จำนวน 11 คน	การเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายที่มีแรงต้านไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกับการทำงานของศักยภาพหลังการกระตุ้นหรือการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อ
Tillin and Bishop (2009)	นำเสนอกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของหน่วยยนต์ที่สูงกว่าและการเพิ่มขึ้นของมุมเพนเนชั่น ฟอสโฟรีเลชั่นไมโอซีนไลท์เชน	-	ชนิดของรูปแบบการปรับสภาพอาจจะส่งผลต่อกลไกของศักยภาพหลังการกระตุ้นและความล้าที่แตกต่างกัน การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้างไว้กับที่อาจจะเกิดความล้ามากกว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว

ตาราง 1 (ต่อ)

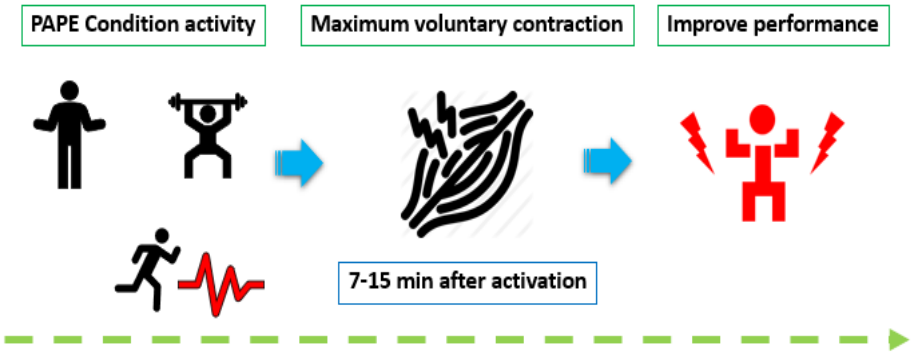
ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Zimmermann et al. (2020)	ตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของสมรรถนะภายหลังจากการหดตัวของการปรับสภาพว่ามีความเกี่ยวข้องกับศักยภาพหลังการกระตุ้นหรือไม่	-	ศักยภาพหลังการกระตุ้นเกิดจากการทำงานของฟอสโฟรีเลชั่น ไมโอซินไลท์เชน ทำให้เกิดการกระตุ้นในระดับสูง แต่ไม่ได้เกิดจากการทำงานโดยอัตโนมัติ
Jo et al. (2010)	ศึกษาผลของระยะเวลาการฟื้นคืนสภาพหลังการกระตุ้นที่อาจจะส่งผลต่อพลังของกล้ามเนื้อ	อาสาสมัครผู้มีสุขภาพดี จำนวน 12 คน	ระยะเวลาการฟื้นคืนสภาพอาจจะไม่ส่งผลต่อเวลา ผู้ที่แข็งแรงอาจจะมีระยะเวลาในการพักน้อยลงหลังจากการกระตุ้น (5-10 นาที) ผู้ที่อ่อนแอกว่าจะมีระยะเวลาพักน้อยกว่า (15-20 นาที)

การประยุกต์ใช้การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬา

การนำรูปแบบวิธีการปรับสภาพล่วงหน้า (Preconditioning) โดยการออกกำลังกายเป็นวิธีที่จะช่วยเพิ่มสมรรถนะและความพร้อมของร่างกายให้กับนักกีฬาในการแสดงความสามารถ (ภาพประกอบ 6) โดยการนำวิธีการดังกล่าวมาปรับใช้อาจจะอยู่ในช่วงของโดยอาจจะนำมาใช้ในช่วงการอบอุ่นร่างกายโดยที่ภาระงานในการอบอุ่นร่างกายที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความพร้อมให้กับนักกีฬาได้ (Macintosh et al., 2012) โดยรูปแบบการใช้แรงต้าน (Resistance training) ที่มีปริมาณต่ำ ความเข้มข้นสูง โดยปฏิบัติในท่าต่าง ๆ เช่นท่า สควอท (Squat) พาวเวอร์ คลีน (Power clean) จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรง ความเร็ว และพลัง เช่นเดียวกับการออกกำลังกายที่ความหนักสูงในระยะเวลาสั้น ๆ (น้อยกว่า 30 วินาที) เช่น การวิ่งที่ความเร็วสูงสุด จะช่วยปรับปรุงเวลาในการแสดงสมรรถนะในการวิ่งด้วยความเร็วสูง นอกจากนี้การเคลื่อนไหวที่เฉพาะเจาะจงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกันได้ดียิ่งขึ้น (Mason et al., 2020) สอดคล้องกับ Borba et al. (2017) ที่กล่าวว่าการกระตุ้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และพลัง สามารถทำได้โดยวิธีการใช้รูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น ซึ่งอยู่ในช่วง 1-10 นาทีหลังการถูกกระตุ้น โดยอาจจะใช้รูปแบบการฝึกท่าสควอท การกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด เป็นการกระตุ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านร่างกาย ซึ่งรูปแบบการกระตุ้นเหล่านี้เป็นรูปแบบที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับร่างกายได้จริง นอกจากนี้ กลยุทธ์ศักยภาพหลังการกระตุ้น การปรับสภาพทำให้เกิดสภาวะขาดเลือด การออกกำลังกายในตอนเช้าก็เป็นรูปแบบที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายได้เป็นอย่างดี (Kilduff et al., 2013).

ในปัจจุบันรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นโดยใช้ช่วงการปรับสภาพสภาพล่วงหน้าจะเป็นกลยุทธ์ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับนักกีฬา (ภาพประกอบ 7) การศึกษาของ Boullosa (2021) ได้แนะนำว่าภาระงานของรูปแบบการกระตุ้นที่ความหนักสูง (>70%) ของ 1RM ที่ประมาณ 6 ครั้ง จำนวน 2-3 เซต และพักหลังจากการกระตุ้นประมาณ 5-10 นาที ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูง และการขว้าง หรือ การทุ่ม พุ่ง ขว้าง ในนักกีฬาที่ใช้ความแข็งแรงหรือพลังเป็นสมรรถนะหลัก โดยประสิทธิภาพจากการนำไปใช้นั้นควรคำนึงถึงปัจจัยที่แตกต่างของแต่ละบุคคล เช่น ความแข็งแรงหรือประสบการณ์ (Seitz & Haff, 2016) ซึ่งรูปแบบการกระตุ้นที่นิยมใช้บ่อยมากที่สุดอาจจะเป็นการนำแรงต้านมาใช้เช่น ท่าสควอท หรือการเคลื่อนไหวแบบบอลลิสติก (Ballistic) และอาจจะรวมไปถึงการนำยางยืด สายรัด มาปรับใช้ตามความเหมาะสม ซึ่งการเพิ่มประสิทธิในการทำงานของร่างกายควรมีการปรับให้เหมาะสม

กับแต่ละบุคคล เนื่องจากโครงสร้างทางด้านสรีรวิทยาของแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ปริมาณที่ใช้ในการกระตุ้นหรือระยะเวลาในการฟื้นคืนสภาพของแต่ละคนก็ควรความแตกต่างกัน การปรับวิธีการในการนำไปใช้งานนั้น ควรปรับให้เกิดความสมดุลกันระหว่างการกระตุ้นทางสรีรวิทยาและความเหนื่อยล้า (Chaouachi et al., 2011; Cuenca-Fernández et al., 2020) โดยรูปแบบการกระตุ้นแต่ละรูปแบบจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกัน การศึกษาในปัจจุบันจึงมีความหลากหลายในการนำรูปแบบการกระตุ้นร่างกายมาใช้ในขั้นการอบอุ่นร่างกายและเตรียมความพร้อม



ภาพประกอบ 6 แนวคิดการนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) ไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพให้กับนักกีฬา

ในกีฬาที่ต้องใช้ความเร็วเป็นสมรรถนะหลักในการแข่งขันรูปแบบการใช้การฝึกความแข็งแรงมากระตุ้นนั้นถือว่ามีความเหมาะสมกัน จากการศึกษาของ Chatzopoulos et al. (2007) ได้ตรวจสอบผลของศักยภาพหลังการกระตุ้น ภายพลังจากการถูกกระตุ้นด้วยแรงต้านที่ความเข้มข้นสูงต่อความเร็วในการวิ่งเนื่องจากการฝึกด้วยแรงต้านอย่างหนักในนักกีฬาประเภททีมจำนวน 15 คน พบว่าหลังจาก 5 นาทีที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้น โดยการฝึกด้วยแรงต้านสามารถฝึกร่วมกับการฝึกความเร็วได้ดี ควรใช้รูปแบบเหล่านี้ในช่วงการฝึกหรือแข่งขัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Smith et al. (2014) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการน้ำรูปแบบการอบอุ่นร่างกายมาใช้กับอาสาสมัคร ซึ่งพบว่าการใช้แรงต้านในการอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดมากกว่าการอบอุ่นร่างกายที่ไม่ใช้แรงต้าน นอกจากนี้การใช้รูปแบบการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับการทดสอบหรือการแข่งขันยังเป็นอีกหนึ่งรูปแบบที่มีการนำมาใช้ในการฝึก โดยการศึกษาของ Brink et al. (2021)

ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความเข้มข้น ความเฉพาะเจาะจง และผลลัพธ์ของการเร่งความเร็วสูงสุดในนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ เพศชาย พบว่าการเร่งความเร็วสูงสุด อาจจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเร่งด้วยความเร็วสูงสุดภายหลัง 2 นาที ซึ่งการเร่งความเร็วสูงสุด 20 เมตร 2 ครั้ง อาจจะช่วยตอบสนองต่อการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น โดยการกระตุ้นที่มีความคล้ายคลึงกับรูปแบบการทดสอบหรือแข่งขันสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผลลัพธ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Matusinski et al. (2021) ที่ตรวจสอบผลกระทบฉับพลันของการกระตุ้นด้วยแรงต้านในนักวิ่งระยะสั้นชั้นนำ เพศหญิง ซึ่งพบว่าแรงต้านทางจากการวิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้น โดยที่ภาระความเข้มข้นที่ 10% จากการใช้แรงต้าน จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้นได้ดี นอกจากนี้จากการตรวจสอบระยะเวลาและความสามารถในการทำซ้ำของศักยภาพหลังการกระตุ้น Mc et al. (2017) ได้สรุปผลจากการศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้น โดยพบว่าศักยภาพหลังการกระตุ้น สามารถคงอยู่ได้นานถึง 11 นาที หลังจากการกระตุ้นด้วยท่าแบค สควอท (Back Squat) และการนำรูปแบบพลัยโอเมตริกมาปรับใช้ในการกระตุ้นของ Ciocca et al. (2021) พบว่า การนำพลัยโอเมตริกมาใช้ในการฝึกก่อน 2 นาที สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอความเร็ว

การเพิ่มสมรรถนะหลังภายการถูกกระตุ้นในกีฬาในการกระโดด จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Boullosa et al. (2013) ได้ทำการประเมินผลเฉียบพลันของการฝึกท่าฮาล์ฟ สควอท (Half Squat) ที่ส่งผลต่อศักยภาพในการกระโดดในกลุ่มผู้ที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านเพศชาย พบว่า การที่จะเพิ่มประสิทธิภาพที่เหมาะสม โดยใช้การกระตุ้นที่ภาระงานที่ความหนัก 5RM นั้น ขึ้นอยู่กับระยะเวลาพักระหว่างการฝึกในท่าการฝึกท่าฮาล์ฟ สควอท กับระยะเวลาในการกระโดด ซึ่งการใช้การฝึกท่าฮาล์ฟ สควอท ที่ความหนัก 5RM ระยะเวลาพักที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 9 นาที อย่างไรก็ตามภาย หากต้องการกระตุ้นภายในระยะเวลาพัก 1 นาที แนวทางในการใช้รูปแบบปรับสภาพ อาจจะเป็นแนวทางเหมาะสมกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Golas et al. (2017) ที่ทำการประเมินการเปลี่ยนของอัตราการพัฒนากำลังในกลุ่มนักกีฬาสกีกระโดดไกลชั้นนำโดยพบว่าความเข้มข้นในการกระตุ้นที่เหมาะสมมากที่สุดควรประเมินเป็นรายบุคคล ซึ่งภาระงานควรอยู่ที่ประมาณ 60-100% ของ 1RM สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ ที่ทำการศึกษาผลกระทบของศักยภาพหลังการกระตุ้นต่อประสิทธิภาพในกิจกรรมที่ใช้แรงระเบิดในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกอย่างดี โดยพบว่าระยะเวลาพักของแต่ละคนมีความแตกต่างกันเนื่องจากนักกีฬามีความแตกต่างกันในเรื่องของความแข็งแรงและประสบการณ์ นักกีฬาที่มีความแข็งแรงสูง สามารถรับภาระในการกระตุ้นได้มากกว่า 130% ของ 1RM (Golas et al., 2016) โดยที่จำนวนครั้งอาจจะอยู่ที่ประมาณ

1-3 เซต ความเข้มข้นระดับปานกลางไปจนถึงสูง อาจจะเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยในการเพิ่มสมรรถนะแก่นักกีฬา (Kobal et al., 2019) อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Farup and Sørensen (2010) ซึ่งทำการศึกษาลักษณะการพัฒนาแรงในร่างกายช่วงบนหลังได้รับการฝึกความแข็งแรงสูงสุดท่าเบนช์ เพรส นักกีฬาที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงเพศชาย จำนวน 8 คน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างของพลังสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังได้รับการกระตุ้น นอกจากนี้ Cuenca-Fernández et al. (2017) ได้ประเมินการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น และได้แนะนำว่า การกระตุ้นกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนบน และรยางค์ส่วนล่าง สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการกระโดด อย่างไรก็ตามไม่สามารถระบุได้ว่าการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเกิดขึ้นนอกเหนือจากตำแหน่งที่ถูกกระตุ้นหรือไม่

ภาพประกอบ 7 แนวคิดการนำไปใช้งานของวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE)

ที่มา: Boullosa (2021)

กีฬาประเภทที่ต้องใช้ความอดทนเป็นสมรรถนะหลัก จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Boullosa, Abad, et al. (2020) ได้ทำการประเมินผลของการกระโดดในท่าดรอป จัมพ์ (Drop jump) ต่อสมรรถนะในการวิ่ง 1,000 เมตร ในนักวิ่งระยะไกลชั้นนำทั้งชายและหญิง จำนวน 20 คน พบว่ากระโดดในท่าดรอป จัมพ์ จำนวน 5 ครั้ง มีโอกาสที่จะเป็นไปได้ที่จะช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการวิ่งระยะ 1,000 เมตร ในนักวิ่งมาราธอนเพศชาย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Low et al. (2019) ซึ่งได้อธิบายลักษณะพิเศษของการกระตุ้นการปรับสภาพรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น พบว่าการใช้ยางรัดกล้ามเนื้อควบคู่กับการฝึกท่า สควอท จัมพ์ (Squat jump) ซึ่งเป็นรูปแบบการกระตุ้น เป็นระยะเวลาก่อนการฝึก 5 นาทีสามารถช่วยลดระยะเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่ง และการศึกษาของ de Poli et al. (2020) ที่พบว่าศักยภาพหลังการกระตุ้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และศักยภาพหลังการกระตุ้น

โดยวิธีการกระโดดยังไม่พบผลกระทบใด ๆ เกี่ยวกับระบบประสาทกล้ามเนื้อ นอกจากนี้การศึกษาที่แตกต่างออกไปจากการใช้ภาระความเข้มข้นมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านความทนทานของ Sevilmis and Atalag (2019) ในผู้ชายที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายเป็นประจำ พบว่าการใช้ภาระความเข้มข้นสูงกว่าสูงสุดอาจจะเป็นวิธีการเพิ่มศักยภาพหลังการกระตุ้นด้านความทนทานให้กับกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับการศึกษาของ (Silva et al., 2014) ที่ทำการตรวจสอบการออกกำลังกายด้วยการฝึกความแข็งแรงจำนวน 5 ครั้งต่อประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน 20 กิโลเมตรในนักปั่นจักรยาน โดยพบว่าการออกกำลังกายในรูปแบบการฝึกความแข็งแรงที่ความหนักสูงสุด 5 ครั้ง เป็นวิธีที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน 20 กิโลเมตร

ด้านการศึกษาผลจากการกระตุ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความแข็งแรงของ จากการวิเคราะห์อภิมานเพื่อกำหนดผลของกิจกรรมการปรับสภาพต่อสมรรถนะในท่าเบนช์ เพรส (Bench press) ของ Michal Krzysztofik et al. (2021) ซึ่งพบว่ากิจกรรมการปรับสภาพทำให้เกิดการเพิ่มสมรรถนะหลังการถูกกระตุ้น เล็กน้อยในท่าเบนช์ เพรส ควรนำรูปแบบการปรับสภาพมาใช้ก่อนการฝึก โดยที่ใช้ความเข้มข้นระดับปานกลาง (60-84% ของ 1RM) 5-7 นาที ก่อนการฝึก สอดคล้องกับการศึกษาเกี่ยวกับเพื่อประเมินผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น ต่อปริมาณการฝึกด้วยแรงต้านในท่าเบนช์ เพรส ของ Krzysztofik et al. (2020) โดยพบว่าวิธีการของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น สามารถเพิ่มระยะเวลาภายใต้ความตึงตัวของกล้ามเนื้อโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนครั้ง ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพทางด้านความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาผลกระทบเฉียบพลันของการฝึกท่า เบนช์ เพรส ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความเร็ว ต่อท่าเบนช์ เพรส โทรว์ (Bench press throw) แบบยกขาและไม่ยกขา ในนักกีฬาวอลเลย์บอลนั่งระดับชั้นนำ พบว่าการฝึกท่าเบนช์ เพรส ที่ความหนัก 60-10% ของ 1RM สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพท่าเบนช์ เพรส โทรว์ (Bench press throw) ในลักษณะที่มีการนอนแบบยกขา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำรูปแบบการกกระตุ้นด้วยความแข็งแรง การกระโดด การวิ่งหรือการใช้กิจกรรมที่ใช้ความหนักในระดับที่สูงมาใช้การเตรียมความพร้อมช่วงการอบอุ่นร่างกายสามารถส่งผลทำให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านร่างกาย

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาพบว่ามีการนำไปใช้กับกีฬาหลากหลายชนิด รวมไปถึงการนำไปศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพด้านต่าง ๆ เช่น สมรรถภาพด้านความเร็ว พลัง ความแข็งแรง และความอดทน การศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการนำวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นควรใช้ในช่วงการอบอุ่นร่างกายเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมอีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดง

สมรถถนะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามวิธีการนำไปใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับความเฉพาะเจาะจงของแต่ละชนิดกีฬา กิจกรรม ระยะเวลาความสมดุลระหว่างความล้าที่เกิดขึ้น กับการเพิ่มประสิทธิภาพของร่างกาย ความเฉพาะของบุคคล โดยที่ผู้เล่นที่มีประสบการณ์ซึ่งได้รับการฝึกฝนมาอย่างดี มีความแข็งแรงมากกว่า จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงสมรรถนะทางด้านร่างกายได้ดีกว่า การศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น สามารถศึกษาได้จากตารางถัดไป

ตาราง 2 การประยุกต์ใช้การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬา

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Boullosa et al. (2013)	ประเมินผลเฉียบพลันของการฝึกท่าฮาล์ฟสควอท (Half Squat) ที่ส่งผลต่อศักยภาพในการกระโดด	ผู้ที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้าน เพศชาย จำนวน 12 คน	การกระตุ้นที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับระยะเวลาระหว่างการฝึกในท่าการฝึกท่าฮาล์ฟ สควอท ที่ความหนัก 5RMกับระยะเวลาในการกระโดด
Boullosa, Abad, et al. (2020)	ประเมินผลของการกระโดดในท่าดรอป จัมพ์ ต่อสมรรถนะในการวิ่ง 1,000 เมตร	นักวิ่งระยะไกลชั้นนำ จำนวน 20 คน (ชาย 10 คน หญิง 10 คน)	กระโดดในท่าดรอป จัมพ์ ในนักกีฬาเพศชาย มีโอกาสที่จะเป็นไปได้ในการเพิ่มสมรรถนะในการวิ่ง 1,000 เมตร
Boullosa (2021)	อภิปรายเกี่ยวกับกลยุทธิ์การออกกำลังกายแบบปรับสภาพประเภทต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการฝึกและการทดสอบ	-	การนำกลยุทธิ์การอบอุ่นร่างกายการปรับสภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน จำเป็นต้องมีการศึกษาแบบเฉพาะเจาะจงในแต่ละบุคคล
Borba et al. (2017)	ประเมินการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) ในนักกีฬากรีฑา	-	การฝึกท่า สควอท การกระโดด การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด เป็นการกระตุ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านร่างกาย และควรนำมาใช้ในการเพิ่มสมรรถภาพนักกีฬา

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Brink et al. (2021)	ศึกษาความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างความเข้มข้น ความเฉพาะเจาะจง และผลลัพธ์ของการเร่งความเร็วสูงสุด	นักกีฬาฟุตบอลอาชีพ เพศชาย อายุ 24 ปี จำนวน 27 คน	การเร่งความเร็วสูงสุด อาจจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเร่งด้วยความเร็วสูงสุดภายหลัง 2 นาที
Chaouachi et al. (2011)	เปรียบเทียบปริมาณและความเข้มข้นของการกระตุ้นโดยวิธีการปรับสภาพที่แตกต่างกันในช่วงฟื้นคืนสภาพ 15 นาที	นักกีฬาวอลเลย์บอลชั้นนำ เพศชาย อายุ 22 ปี จำนวน 12 คน	การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะในการกระโดดไม่สามารถกำหนดได้ว่าเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาใด
Chatzopoulos et al. (2007)	ตรวจสอบผลของศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) ภายพลังจากการถูกกระตุ้นด้วยแรงต้านที่ความเข้มข้นสูงต่อความเร็วในการวิ่ง	นักกีฬาประเภททีมจำนวน 15 คน อายุ 18-25 ปี	ภายหลังจาก 5 นาทีที่ได้รับการฝึกด้วยแรงต้านสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้น
Ciocca et al. (2021)	ตรวจสอบผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) ในรูปแบบ พลัยโอเมตริกต่อการชะลอความเร็ว	นักฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 18 คน	ภายหลังการฝึกแบบพลัยโอเมตริก 2 นาที สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอความเร็ว

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Cuenca-Fernández et al. (2017)	ประเมินการเพิ่มสมรรถนะหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) ในท่าสควอท จัมพ์ (Squat jump) และ พาวเวอร์พุชอัพ (Power push up)	นักกีฬาว่ายน้ำ จำนวน 15 คน	การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนบน และรยางค์ส่วนล่าง สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการกระโดดได้ดีขึ้น
de Poli et al. (2020)	การศึกษาที่ 1: การประเมินความล้าด้วยเทคนิคการกระตุ้นกล้ามเนื้อ	นักจักรยานสมัครเล่นจำนวน 14 คน	แม้จะเกิดความล้าที่สูงขึ้นแต่วิธีการการกระโดด จะเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน
	การศึกษาที่ 3: การประเมินหลังการถูกกระตุ้นโดยการกระโดดแบบซ้ำ ๆ	นักจักรยานสมัครเล่นจำนวน 8 คน	แรงหดตัวในการกระตุ้นสูงสุดเพิ่มขึ้น
Farup and Sørensen (2010)	ศึกษาลักษณะการพัฒนาแรงในร่างกายช่วงบนหลังได้รับการฝึกความแข็งแรงสูงสุดท่าเบนช์ เพรส	นักกีฬาที่ได้รับการฝึกความแข็งแรงเพศชาย จำนวน 8 คน	ไม่มีความแตกต่างของพลังสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังได้รับการกระตุ้น
Golas et al. (2016)	ศึกษาผลกระทบของศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)ต่อประสิทธิภาพในกิจกรรมที่ใช้แรงระเบิด	นักกีฬาที่ได้รับการฝึกอย่างดี จำนวน 31 คน	นักกีฬาที่มีการฝึกอย่างดีสามารถรับภาระจากการกระตุ้นมากถึง 130% ของ 1RM

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Golas et al. (2017)	ประเมินการเปลี่ยนของอัตราการพัฒนากำลัง	นักกีฬาสกีกระโดดไกลชั้นนำ จำนวน 16 คน	ภาระงานที่มีประสิทธิภาพที่สุดในของศักยภาพหลังการกระตุ้นคือ 80% ของ 1RM
Evetovich et al. (2015)	ประเมินผลของศักยภาพหลังการกระตุ้นการศึกษาที่ 1: ผลต่อความสามารถในการกระโดด แนวดิ่งและแนวนอน	นักกีฬามหาวิทยาลัยเพศชาย จำนวน 12 คน เพศหญิง จำนวน 8 คน	การกระโดดในแนวดิ่งมีค่าเพิ่มขึ้น
	การศึกษาที่ 2: ผลต่อประสิทธิภาพในการขว้าง	นักกีฬามหาวิทยาลัยเพศชาย จำนวน 6 คน เพศหญิง จำนวน 4 คน	ประสิทธิภาพในการฝึกท่า Bench press มีค่าเพิ่มขึ้น
	การศึกษาที่ 3: ผลต่อประสิทธิภาพในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด	นักกีฬาฟุตบอล จำนวน 7 คน	ระยะเวลาในการวิ่งลดลง
	การศึกษาที่ 4: ผลต่อความสามารถในการกระโดดแนวดิ่ง	นักกีฬาฟุตบอล จำนวน 11 คน	ไม่มีความแตกต่างกันทุกตัวแปร
Guerra Jr et al. (2020)	ตรวจสอบความสัมพันธ์ของศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	นักฟุตบอลเพศชาย จำนวน 24 คน	การฝึกพลัยโอเมตริกกับการวิ่งลากเลื่อน (Sled) สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการกระโดดแก่นักกีฬาฟุตบอล

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Kilduff et al. (2013)	อภิปรายเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่อาจจะเพิ่มประสิทธิภาพของกีฬาที่ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ความหนักสูง	-	กลยุทธ์ศักยภาพหลังการกระตุ้น การปรับสภาพทำให้เกิดสภาวะขาดเลือด การออกกำลังกายในตอนเช้า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของนักกีฬา
Kobal et al. (2019)	เปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกท่าฮาล์ฟ สควอท (Half squat) ที่มีภาระความเข้มข้นแตกต่างกัน	อาสาสมัครเพศชายที่มีการฝึกฝนมาอย่างดีจำนวน 18 คน	การใช้ท่าฮาล์ฟ สควอท จำนวน 1-3 เซต ที่ใช้ภาระความเข้มข้นระดับปานกลางไปจนถึงสูง อาจจะเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยในการเพิ่มสมรรถนะแก่นักกีฬา
Low et al. (2019)	อธิบายลักษณะพิเศษของการกระตุ้นการปรับสภาพรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	นักวิ่งระยะไกลสุขภาพดี จำนวน 12 คน	การใช้ยางรัด (Band-Resisted) ควบคู่กับท่า สควอท จัมพ์ ก่อนการวิ่ง สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่ง
Macintosh et al. (2012)	ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	-	ศักยภาพหลังการกระตุ้น เป็นผลมาจากการกระตุ้นกล้ามเนื้อเป็นการเพิ่มการหดตัวสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ และจะสลายไปในเวลาประมาณ 4-6 นาที

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Mason et al. (2020)	การทบทวนอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการเพิ่มการแทรกแซงการออกกำลังกายเป็นกลยุทธ์เพื่อเตรียมตัวในการแข่งขันกีฬาประเภททีม	Systematic review	การฝึกด้วยแรงต้านในปริมาณต่ำ ความเข้มข้นสูง จะส่งผลทำให้เกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยา และประสิทธิภาพมากกว่าการฝึกในปริมาณที่สูง
Matusinski et al. (2021)	ตรวจสอบผลกระทบฉับพลันของการกระตุ้นด้วยแรงต้าน	นักวิ่งระยะสั้นชั้นนำ เพศหญิง จำนวน 10 คน	แรงต้านทางจากการวิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้น โดยที่ภาระความเข้มข้นที่ 10% จะช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการวิ่งระยะสั้นได้ดี
Mc et al. (2017)	ตรวจสอบระยะเวลาและความสามารถในการทำซ้ำของศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	นักกีฬาภาคสนามของ NCAA เพศชาย จำนวน 29 คน	ศักยภาพหลังการกระตุ้นสามารถคงอยู่ได้นานถึง 11 นาที หลังจากการกระตุ้นด้วยท่า Back Squat
Michal Krzysztofik et al. (2021)	การวิเคราะห์อภิมานเพื่อกำหนดผลของกิจกรรมการปรับสภาพต่อสมรรถนะในท่าเบนช์ เพรส (Bench press)	Meta analysis	กิจกรรมการปรับสภาพทำให้เกิดการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น เล็กน้อยในท่าเบนช์ เพรส

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Seitz and Haff (2016)	การวิเคราะห์อภิมานเกี่ยวกับผลของการปรับสภาพต่อศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP)	Meta analysis	วิธีการปรับสภาพทำให้เกิดศักยภาพหลังการกระตุ้นเล็กน้อยใน การกระโดด การขว้างของลำตัวช่วงบน และมีผลระดับปานกลางต่อรูปแบบการวิ่ง ระดับของการเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงและประสบการณ์ของนักกีฬา
Sevilmis and Atalag (2019)	ศึกษาผลของศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) ต่อสมรรถภาพด้านความอดทนของกล้ามเนื้อ	ผู้ชายที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายเป็นประจำ จำนวน 42 คน	การใช้ภาระความเข้มข้นสูงกว่าสูงสุดเป็นวิธีการเพิ่มศักยภาพภายหลังการกระตุ้นด้านความทนทานให้กับกล้ามเนื้อ
Silva et al. (2014)	ตรวจสอบการออกกำลังกายด้วยการฝึกความแข็งแรงจำนวน 5 ครั้งต่อประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน 20 กิโลเมตร	นักปั่นจักรยานจำนวน 11 คน	การออกกำลังกายในรูปแบบการฝึกความแข็งแรงที่ความหนักสูงสุด 5 ครั้ง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน 20 กิโลเมตร
(Smith et al., 2014)	ตรวจสอบผลของการอบอุ่นร่างกายแบบศักยภาพหลังการกระตุ้นที่ส่งผลต่อความเร็ว	อาสาสมัครเพศชาย และเพศหญิงจำนวน 24 คน	การใช้แรงต้านช่วยในการอบอุ่นร่างกายมีแนวโน้มช่วยให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการวิ่งระยะ 40 เมตร มากกว่าการไม่ใช้แรงต้าน

ตาราง 2 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Vargas-Molina et al. (2021)	เปรียบเทียบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) ในการออกกำลังกายแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้างไว้และการออกกำลังกายแบบมีการเคลื่อนไหวต่อการกระโดดในแนวดิ่ง	ผู้ชายที่ได้รับการฝึกฝนและมีสุขภาพดี จำนวน 18 คน	การออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบไม่มีการเพิ่มประสิทธิภาพในผู้ชายที่ได้รับการฝึกฝนและมีสุขภาพดี
Cuenca-Fernández et al. (2020)	ทดสอบวิธีการของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น (PAPE) ในนักกีฬาว่ายน้ำ	นักกีฬาว่ายน้ำ จำนวน 14 คน	การใช้โปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเข้ามาช่วยอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการว่ายน้ำได้ดีขึ้น

การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และชนิดกีฬาอื่น ๆ

เพื่อที่จะให้นักกีฬามีความพร้อมในการฝึกซ้อมหรือแข่งขัน การอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมความพร้อมนักกีฬาเป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับนักกีฬาอย่างยิ่ง ปัจจุบันได้มีการนำรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้อมาศึกษาเพื่อปรับใช้ในการอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการฝึกซ้อมและแข่งขันในกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ (Lum et al., 2021) โดยรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้ออาจจะใช้วิธีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบค้างอยู่กับที่ การใช้หดตัวแบบมีการเคลื่อนไหว การพายแบบออกแรงสูงสุดเต็มที่ หรือการกระตุ้นด้วยความแข็งแรง โดยการศึกษาเกี่ยวกับการนำแรงต้านมาใช้ในการกระตุ้นของ Lum et al. (2021) ทำการเปรียบเทียบผลของการใช้การฝึกความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกที่มีต่อประสิทธิภาพการพายเรือคยัค สปริ้นท์ โดยเปรียบเทียบกับการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม ในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ จำนวน 20 คน การฝึกความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกในนักกีฬาคยัค สปริ้นท์ สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายได้ดีกว่าการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม และได้เสนอแนะว่า การฝึกความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกช่วยให้มีการพัฒนาสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์ เนื่องจากมุมองศาในการฝึกมีลักษณะคล้ายกับท่าทางในการพายเริ่มต้นของเรือคยัค ปริ้นท์ ทำให้สามารถออกแรงได้มากขึ้น อีกทั้งการฝึกความแข็งแรงควบคู่ช่วงบนกับช่วงล่างที่สัมพันธ์กับสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแรงพายได้อย่างดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Liow and Hopkins (2003) ทำการตรวจสอบผลของการยกน้ำหนักแบบช้า และพลังระเบิดต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์ ในกลุ่มนักกีฬาเรือคยัคเพศชาย จำนวน 27 คน และเพศหญิง จำนวน 11 คน ผลการศึกษาพบว่า การยกน้ำหนักแบบช้า จะช่วยเพิ่มความสามารถในช่วงการเร่งความเร็ว การฝึกแบบแรงระเบิดจะช่วยในการพัฒนาความเร็วสั้น ๆ ในช่วงการออกตัวในการพายเรือคยัค สปริ้นท์ ซึ่งการฝึกยกแบบช้า ๆ จะช่วยเพิ่มอัตราการเร่งความเร็วได้ดีกว่าการฝึกแรงระเบิด อย่างไรก็ตามการฝึกแบบแรงระเบิดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วในช่วงการออกตัว เช่นเดียวกับ Akca and Aras (2018) ยังได้แนะนำว่าควรใช้วิธีการอบอุ่นร่างกายที่ความหนักสูงในระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนทำการพายเรือคยัค

นอกจากนี้การอบอุ่นร่างกายด้วยการะตุ้นโดยใช้การออกแรงสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นอีกวิธีนึงที่จะช่วยในการเพิ่มสมรรถนะให้กับนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ โดย Bishop et al. (2001) ทำการศึกษาอิทธิพลของการอบอุ่นร่างกายต่อสมรรถนะสูงสุดในการพายเรือคยัควัดงานในกลุ่มนักกีฬาเรือคยัค จำนวน 8 คน โดยใช้วิธีการเปรียบวิธีการอบอุ่นร่างกายที่ความหนักแตกต่างกัน ได้แก่ การอบอุ่นร่างกายที่ระดับการใช้ออกซิเจนเป็นพลังงานหลัก การอบอุ่นร่างกายที่ระดับการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นพลังงานหลัก และการอบอุ่นร่างกายโดยใช้การผสม

กันระหว่างการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน พบว่าการอบอุ่นร่างกายที่ใช้การผสมผสานระหว่างการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนมีผลต่อค่าเฉลี่ยของพลังในการพายได้ดีกว่ารูปแบบอื่น ๆ เช่นเดียวกับการศึกษาของเขาในปี 2003 โดยศึกษาและประเมินผลของการอบอุ่นร่างกายที่ใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ สามารถเพิ่มการดูดซึมการใช้ออกซิเจนได้หรือไม่ และไม่ลดของสภาวะการขาดออกซิเจน และเพิ่มสมรรถนะในการพายสูงสุด ในนักกีฬาเรือคยัค 500 เมตร เพศชาย จำนวน 8 คน โดยทำการอบอุ่นร่างกายแบบหนักสลับช่วง ในช่วง 5 นาทีสุดท้ายของการอบอุ่นร่างกาย ผลการศึกษาพบว่า การอบอุ่นร่างกายโดยใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายเรือคยัคเต็มที่ 2 นาทีได้ดีการการอบอุ่นร่างกายแบบต่อเนื่อง (Bishop et al., 2003) อย่างไรก็ตามมีข้อขัดแย้งเกิดขึ้นในการศึกษาของ Dingley et al. (2020) ที่ทำการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของการอบอุ่นร่างกายด้วยตนเอง การอบอุ่นร่างกายแบบต่อเนื่อง และการอบอุ่นร่างกายสูงเป็นช่วง ๆ ต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์ ในกลุ่มนักกีฬา นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ระดับชาติ 12 คน ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพในการอบอุ่นร่างกาย ผู้ฝึกสอนควรประยุกต์วิธีการอบอุ่นร่างกายดังกล่าวให้มีความเหมาะสม

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในชนิดกีฬาที่มีความใกล้เคียงและลักษณะคล้ายกันในกีฬาเรือกรรเชียง เกี่ยวกับการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น ในลักษณะแบบมีการเคลื่อนไหวนักกีฬาเรือกรรเชียงเพศหญิงของ Harat et al. (2020) พบว่าการใช้กลยุทธ์การอบอุ่นร่างกายแบบมีการเคลื่อนไหวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของพลังในการพายระยะสั้นในนักกีฬาเรือกรรเชียงเพศหญิง สอดคล้องกับจากการศึกษาด้วยรูปแบบการกระตุ้นแบบมีการเคลื่อนไหวของ Doma et al. (2016) ซึ่งได้ทำการศึกษาการพิจารณาศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) แบบการหดตัวแบบมีการเคลื่อนไหวสูงสุดในนักกีฬาเรือกรรเชียงผู้มีประสบการณ์ พบว่าการปรับสภาพของรูปแบบการหดตัวแบบมีการเคลื่อนไหวสูงสุดสามารถช่วยเพิ่มค่าเฉลี่ยของพลังระหว่างการพายเรือกรรเชียงสปรินท์ในนักกีฬาผู้มีประสบการณ์ในการพายเรือกรรเชียง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Penichet-Tomas et al. (2020) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับผลของศักยภาพหลังการกระตุ้นที่แตกต่างกันต่อสมรรถนะในการพายเรือกรรเชียง โดยการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนักกีฬาเรือกรรเชียง พบว่าการหดตัวแบบมีการเคลื่อนไหวสูงสุดในระหว่างการอบอุ่นร่างกายนักกีฬาเรือกรรเชียง สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายระยะสั้นได้ ซึ่งศักยภาพหลังการกระตุ้นในการอบอุ่นร่างกายแบบการหดตัวแบบมีการเคลื่อนไหวสูงสุด สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพายเรือกรรเชียงระยะสั้น ซึ่งใช้ในช่วงของการออกตัวในการแข่งขัน

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการปรับสภาพแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อของ Feros et al. (2012) ได้ทำการพิจารณาเกี่ยวกับศักยภาพหลังการกระตุ้นต่อการพายเรือกรรเชียงบกระยะ 1,000 เมตร ในกลุ่มนักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติออสเตรเลีย โดยผลการศึกษาพบว่า การหดตัวแบบค้างอยู่กับที่ในการอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายเรือกรรเชียงบกระยะสั้น การเพิ่มรูปแบบการปรับสภาพแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อค้างแบบอยู่กับที่ในช่วงการอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยเพิ่มค่าเฉลี่ยของพลังและค่าเฉลี่ยของสโตรกได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้สามารถพายเรือในระยะ 1,000 เมตรได้ดียิ่งขึ้น สิ่งที่สำคัญคือผู้ฝึกสอนควรนำรูปแบบการปรับสภาพไปใช้กับนักกีฬาเรือกรรเชียงแต่ละคน สอดคล้องกับการศึกษาของ Feros (2010b) ซึ่งได้ทำการประยุกต์การนำรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น เพื่อออกแบบวิธีการในการอบอุ่นร่างกายของนักกีฬาเรือกรรเชียงระดับชั้นนำ ซึ่งได้แนะนำว่าการเลือกใช้วิธีการของศักยภาพหลังการกระตุ้นแบบหดตัวค้างไว้กับที่สามารถทำได้ เนื่องจากปฏิบัติได้ง่าย ไม่เพียงแต่ใช้ก่อนการแข่งขัน ยังสามารถใช้ฝึกเพื่อลดระดับความล้าในระหว่างการฝึกได้อีกด้วย เช่นเดียวกับการศึกษาเรื่องเปรียบเทียบระหว่างการอบอุ่นร่างกาย 2 รูปแบบที่มีผลต่อระยะเวลาการพายเรือกรรเชียงบกระยะ 1,000 เมตร และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลัง สโตรก ปริมาณแลคเตทในเลือด และอัตราการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยระหว่างการปรับสภาพการอบอุ่นร่างกาย และการศึกษาที่เพิ่มเติมพบว่า การใช้วิธีการอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในช่วงระยะในการพาย 500 เมตรแรก จากการพายระยะทาง 1,000 เมตร ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาในการพาย 1,000 เมตร และการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของพลังในการพายเรือกรรเชียงอาจจะเกิดจากวิธีการอบอุ่นร่างกาย ซึ่งเกิดจากการหดตัวแบบค้างไว้อยู่กับที่ (Feros, 2010a).

การนำรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ มีการศึกษาค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับกีฬาชนิดอื่น ๆ ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ามีการนำรูปแบบการกระตุ้นกล้ามเนื้อ โดยใช้วิธีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวสูงสุด มาใช้ประยุกต์เพื่อเพิ่มสมรรถนะทางด้านร่างกายของนักกีฬา การศึกษาที่เกี่ยวข้องสามารถดูได้จากตารางถัดไป

ตาราง 3 การกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และชนิดกีฬาอื่น ๆ

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Akca and Aras (2018)	เปรียบเทียบการอบอุ่นร่างกาย 2 รูปแบบต่อความสามารถในการฝึกท่าเบนช์ เพรส ที่ความหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง นักกีฬาคยัค สปริ้นท์	นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ที่มีการฝึกอย่างดีจำนวน 11 คน	ควรมีการอบอุ่นร่างกายที่ความหนักต่ำ และตามด้วยการออกแรงที่มีความหนักสูงในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนการพาย
Bishop et al. (2001)	ศึกษาอิทธิพลของการอบอุ่นร่างกายต่อสมรรถนะสูงสุดในการพายเรือคยัควัดงาน	นักกีฬาเรือคยัค จำนวน 8 คน	การอบอุ่นร่างกายที่ใช้โหลดหนักเกินไปจะลดพลังการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการพาย
Bishop et al. (2003)	เพื่อประเมินผลของการอบอุ่นร่างกายที่ใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ สามารถเพิ่มการดูดซึมการใช้ออกซิเจนได้หรือไม่ โดยไม่ลดของสภาวะการขาดออกซิเจน และเพิ่มประสิทธิภาพสูงสุด	นักกีฬาเรือคยัค 500 เมตร เพศชาย จำนวน 8 คน	การอบอุ่นร่างกายโดยใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายเรือคยัคเต็มที่ 2 นาที ได้ดีการการอบอุ่นร่างกายแบบต่อเนื่อง

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Dingley et al. (2020)	ตรวจสอบประสิทธิภาพของการอบอุ่นร่างกายด้วยตนเอง การอบอุ่นร่างกายแบบต่อเนื่องและการอบอุ่นร่างกายสูงเป็นช่วง ๆ ต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์	นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ระดับชาติ 12 คน	ไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพในการอบอุ่นร่างกาย
Feros (2010a)	การศึกษาที่ 1: เปรียบเทียบระหว่างการอบอุ่นร่างกาย 2 รูปแบบต่อระยะเวลาการพายเรือกรรเชียงบกระยะ 1000 เมตร	นักกีฬาเรือกรรเชียงทีมชาติออสเตรเลีย จำนวน 10 คน	การใช้วิธีการอบอุ่นร่างกายสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในช่วงระยะ 500 เมตรแรก จากการพาย 1000 เมตร ซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาในการพาย 1000 เมตร
	การศึกษาที่ 2: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลัง สโตรก ปริมาณแลคเตทในเลือด และอัตราการรับรู้ความรู้สึกเหนื่อยระหว่างการปรับสภาพการอบอุ่นร่างกาย		การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยของพลังอาจจะเกิดจากวิธีการอบอุ่นร่างกาย ซึ่งเกิดจากการหดตัวแบบค้างไว้อยู่กับที่

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Feros (2010b)	การประยุกต์ศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) เพื่อออกแบบ วิธีการในการอบอุ่นร่างกายของนักกีฬาเรือกรรเชียงชั้นนำ		วิธีการของศักยภาพหลังการกระตุ้นสามารถทำได้ในช่วงการอบอุ่นร่างกาย และระหว่างการฝึกซ้อมเพื่อลดระดับความล้าในร่างกาย
Harat et al. (2020)	ศึกษาวิธีการของรูปแบบศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) แบบมีการเคลื่อนไหวนักกีฬาเรือกรรเชียงเพศหญิง	นักกีฬาเรือกรรเชียง เพศหญิง จำนวน 40 คน	การใช้กลยุทธ์การอบอุ่นร่างกายแบบมีการเคลื่อนไหวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของพลังในการพายระยะสั้นในนักกีฬาเรือกรรเชียงเพศหญิง
Liow and Hopkins (2003)	ตรวจสอบผลของการยกน้ำหนักแบบช้า และพลังระเบิดต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปรินท์	นักกีฬาเรือคยัคเพศชาย จำนวน 27 คน และเพศหญิง จำนวน 11 คน	การยกน้ำหนักแบบช้า จะช่วยเพิ่มความสามารถในช่วงการเร่งความเร็ว การฝึกแบบแรงระเบิดจะช่วยในการพัฒนาความเร็วสั้น ๆ ในช่วงการออกตัว
Lum et al. (2021)	เปรียบเทียบผลของการใช้การฝึกความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกที่มีต่อประสิทธิภาพการพายเรือคยัค สปริ้นท์ โดยเปรียบเทียบกับการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม	นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ จำนวน 20 คน	การฝึกความแข็งแรงแบบไอโซเมตริกในนักกีฬาคยัค สปริ้นท์ สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายได้ดีกว่าการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม

ตาราง 3 (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	กลุ่มตัวอย่าง	ผลการวิจัย
Penichet-Tomas et al. (2020)	ศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับผลของศักยภาพหลังการกระตุ้น (PAP) ที่แตกต่างกันต่อสมรรถนะในการพายเรือกรรเชียง	นักกีฬาเรือกรรเชียง จำนวน 7 คน	การหดตัวแบบมีการเคลื่อนไหวสูงสุดในระหว่างการอบอุ่นร่างกายนักกีฬาเรือกรรเชียงสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะในการพายระยะสั้นได้

บทที่ 3
การศึกษาที่ 1

การเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่มีต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์

ชื่อเรื่อง	การเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่มีต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์
ผู้วิจัย	วทัญญู คำรส
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่แตกต่างกันต่อสมรรถนะและสรีรวิทยาในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ เพศชาย ทีมชาติไทย จำนวน 12 คน โดยการทดลองแบบไขว้สลับ การทดลองประกอบด้วยโปรแกรมการกระตุ้น 3 รูปแบบ ได้แก่ โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (2 เซต x 4 ครั้ง x 80% ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง x ท่าเบนช์ เพรส และท่าเบนช์ โรว) โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (2 เซต x 20 วินาที x พักระหว่างเที่ยว 2 นาที) และกลุ่มควบคุม จากนั้นทำการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ตัวแปรที่ทำการวัดได้แก่ พลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที ระยะทางการพายโดยรวม เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในแต่ละช่วงของการทดลอง ผลการศึกษาหลักพบว่า พลังสูงสุดของกลุ่มที่ใช้การกระตุ้นด้วยแรงต้าน และการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ (ช่วงเวลา x โปรแกรมการทดลอง) ของปริมาณแลคเตทในเลือด โดยกลุ่มที่กระตุ้นด้วยแรงต้าน และกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีปริมาณแลคเตทสูงกว่ากลุ่มควบคุมในช่วงหลังการกระตุ้นและช่วงก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที กลุ่มที่กระตุ้นด้วยการพายด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงวิธีการกระตุ้นแบบอื่น ๆ และช่วงหลังการพายนาทีที่ 6 กลุ่มที่ใช้แรงต้านจะมีปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุม การใช้วิธีการปรับสภาพล่วงหน้าโดยการใช้แรงต้านหรือการพายด้วยความเร็วสูงสุดสามารถช่วยเพิ่มพลังสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ และจะเกิดปริมาณแลคเตทในเลือดเพิ่มขึ้นภายหลังได้รับการกระตุ้น ปริมาณแลคเตทดังกล่าวยังคงอยู่ในร่างกายเป็นระยะเวลาหลาย

นาที การใช้วิธีการดังกล่าวสามารถเพิ่มพลังสูงสุดอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวไม่ส่งผลต่อความแตกต่างทางด้านสมรรถนะด้านอื่น ๆ

คำสำคัญ: พลังสูงสุด การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ อัตราการพัฒนาแรง การกระตุ้นกล้ามเนื้อ การปรับสภาพล่วงหน้า

Title	COMPARISON OF POST-ACTIVATION OF PERFORMANCE ENHANCEMENT ON DIFFERENT METHODS ON SPRINT KAYAK PERFORAMANCE
Author	WATUNYOU KHAMROS
Degree	DOCTOR OF PHYLOSOPHY
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Krirkwit Phongsri, PhD

This study aimed to compare PAPE differently on physiological and performance in kayak sprint. A randomized crossover trial was used to recruit 12 men from the kayaking and paddling sub-elite for this study. All participants completed three different protocols: Resistance protocol (2 x 4 x 80%1RM x bench press and bench row); Maximum speed paddle (2 x 20-sec x 2-minute rest interval); and the control group followed by the 3-minute test. Maximum power, power average, stroke per minute, distance total, percentage of heart rate, and blood lactate concentration each period were measured. The main effect of One-way MANOVA found that only maximum power performances in resistance activated and maximum paddle methods were higher than the control group. There was an interaction (Intervention x Period) on blood lactate concentration, resistance activation, and maximum sprint paddle that was higher than the control group after the post-intervention period. Before the three-minute test period, the maximum sprint paddle is different from the other group, and after the 6-minute test, resistance activation was higher than in the control group. Preconditioning by using the resistance or maximum speed paddle method can temporarily improve maximum

power. Blood lactate increased after the intervention, persisted after the intervention, and continued for several minutes. Implementation of such a model greatly increased the maximum power performance. However, there was no difference in other competencies yet.

Keywords: Maximum power, Maximum voluntary contraction, Rate of force development, Muscle activation, Preconditioning Muscle activation

บทนำ

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นรูปแบบที่มีการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของร่างกาย โดยสามารถนำมาใช้สำหรับการปรับสภาพล่วงหน้าในช่วงหลังการอบอุ่นร่างกาย การอบอุ่นร่างกายอีกครั้ง การทดสอบ และการฝึกเชิงซ้อน (Boullosa, 2021) กลไกของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น จะมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในร่างกาย และการไหลเวียนของน้ำภายในร่างกาย ซึ่งกลไกดังกล่าวจะเพิ่มระดับของแรงและฟังก์ชันการทำงานของกล้ามเนื้อ (Blazevich & Babault, 2019; Boullosa, 2021) ซึ่งทำให้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดโดยการกระตุ้นจากศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ในระยะเวลาเพียงสั้น ๆ (Macintosh et al., 2012; Seitz & Haff, 2016; Wilson et al., 2013) ระยะเวลาหลังการการได้รับการกระตุ้นของรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นจะใช้เวลาที่นานกว่า (Prieske et al., 2020) โดยภาระงานที่ใช้ในการกระตุ้นจะเน้นไปที่ความหนักในระดับที่สูงและปริมาณที่น้อย เพื่อหลีกเลี่ยงความล้าที่จะเกิดขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อการแสดงสมรรถนะสูงสุด (Boullosa et al., 2018; Boullosa et al., 2013; Golas et al., 2016; Mason et al., 2020) เมื่อระยะเวลาผ่านไป กลไกที่เกิดจากการกระตุ้นจะช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของแรงในระหว่างการหดตัวด้วยความเร็วสูงหรืออัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development) (Blazevich & Babault, 2019) ทำให้ร่างกายมีความพร้อมสำหรับการแสดงสมรรถนะในระดับสูงที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว พลัง ความแข็งแรง (Brink et al., 2021; Kilduff et al., 2013; Michal Krzysztofik et al., 2021) สอดคล้องกับเรือคยัค สปรินท์ ซึ่งเป็นกีฬาที่มีระยะทางแข่งขันทางตรงระยะทาง 200 500 และ 1000 เมตร (McDonnell, 2013)ซึ่งจะต้องใช้สมรรถนะด้านความเร็วและพลังในการแข่งขันเป็นหลัก นักกีฬาจะต้องมีความสามารถในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในระดับที่สูง ประกอบกับอัตราส่วนการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนในระดับต่ำ และอาศัยความแข็งแรงจากกล้ามเนื้อส่วนบนในการเคลื่อนไหว (Michael et al., 2008)ซึ่งจะต้องมีเตรียมความพร้อมเพื่อให้นักกีฬาสามารถแสดงสมรรถนะได้อย่างเหมาะสม

กลยุทธ์ในการอบอุ่นร่างกายให้พร้อมการแข่งขันเป็นวิธีที่จะช่วยกระตุ้นให้นักกีฬามีความพร้อมในวันแข่งขัน ซึ่ง Akca and Aras (2018) ได้แนะนำว่าควรมีการอบอุ่นร่างกายที่ความหนักต่ำ ตามด้วยการออกแรงที่ความหนักสูงในระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนการพาย สอดคล้องกับ Bishop et al. (2003) ที่ได้ระบุว่า การอบอุ่นร่างกายที่ใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของพลังสูงสุด และพลังเฉลี่ยในการพายเรือคยัคได้เป็นอย่างดี ซึ่งให้ผลดีกว่าการอบอุ่นร่างกายแบบต่อเนื่อง แม้ว่าหลังจากอบอุ่นร่างกายแบบใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ จะทำให้ปริมาณแลคเตทในเลือดยังคงอยู่ในระดับสูงหลังจากการอบอุ่นร่างกาย นอกจากนี้การเพิ่มโปรแกรมความแข็งแรงเคลื่อนไหว สามารถช่วยเพิ่มแรงในการเคลื่อนไหวได้ในระยะเวลาสั้น ๆ (Young et al., 2015) เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายซึ่งจะช่วยให้มีการกระตุ้นหน่วยยนต์มากกว่าการเกร็งกล้ามเนื้อแบบค้างไว้กับที่ (Tillin & Bishop, 2009) นอกจากนี้ Liow and Hopkins (2003) ได้แนะนำว่า การฝึกยกน้ำหนักแบบช้า ๆ จะช่วยกระตุ้นและเพิ่มอัตราการเร่งความเร็วได้ดีกว่าการฝึกแรงระเบิด อย่างไรก็ตามการฝึกแบบแรงระเบิดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วในช่วงการออกตัว อย่างไรก็ตามไม่ควรมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยใช้แรงต้านที่จำนวนครั้งมากจนเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดความล้าได้ ภาระงานของการฝึกควรใช้น้ำหนักที่ต่ำกว่าน้ำหนักสูงสุดเป็นตัวกระตุ้น(Farup & Sørensen, 2010) และฝึกในท่าที่มีการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเฉพาะเจาะจงของการฝึกท่าที่มีลักษณะการดึง (Pull) และท่าที่มีการผลัก (Press) เป็นท่าที่จะสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการพายเรือคยัคได้อย่างมีประสิทธิภาพ (McKean & Burkett, 2014; Romagnoli et al., 2022)

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นรูปแบบวิธีการปรับสภาพล่วงหน้ารูปแบบใหม่ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมาที่มีความแตกต่างกับศักยภาพหลังการกระตุ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาในเรื่องนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักในการนำไปใช้กับกีฬาชนิดต่าง ๆ เช่นเดียวกับในกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการนำวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเตรียมความพร้อมร่างกายแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นมาศึกษาและประยุกต์เพิ่มเติมในกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ จึงเป็นสิ่งที่มีความน่าสนใจ ประกอบกับเป็นแนวคิดและทฤษฎีใหม่ที่เกิดขึ้นและมีการนำมาใช้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นมาศึกษาเพื่อที่จะนำรูปแบบเหล่านี้ไปปรับใช้กับกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ และเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาแบบไขว้สลับ (A randomized crossover design) โดยใช้แผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square) (Yu et al., 2016) เปรียบเทียบสมรรถนะของนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ภายหลังการได้รับโปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นโดยการใช้แรงต้านที่ความหนักสูงและปริมาณต่ำ และวิธีการกระตุ้นโดยการออกแรงภายเต็มที่ในระยะเวลาสั้น ๆ หรือการกระตุ้นด้วยตนเอง การศึกษาในครั้งได้รับการอนุมัติจริยธรรมโดยคณะกรรมการพิจารณาการทำวิจัยในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC-G-210/2565E)

กลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (G*Power 3.1.9.7, Franz Fual, Universität Kiel, Germany) Effect Size 0.74 (Penichet-Tomas et al., 2020) (Power of test; 1-β 0.80) ได้แก่ นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย เพศชาย ที่เข้าร่วมการแข่งขันระดับนานาชาติ จำนวน 12 คน อายุ 25.4 ± 4.6 ส่วนสูง 176 ± 6.1 น้ำหนัก 75.5 ± 4.4

เกณฑ์การคัดเข้ากลุ่มตัวอย่าง

1.นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ชาติไทยที่มีการฝึกซ้อมอย่างน้อย 2 ปี

2.จะต้องไม่มีการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัคตลอดระยะเวลาในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา

3.ผู้ที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออกกลุ่มตัวอย่าง

1.ผู้ที่มีอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ เอ็น หรือข้อต่ออย่างรุนแรงในระหว่างช่วงการทดลอง และไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

2.ผู้ที่ต้องการถอนตัวออกจากงานวิจัย

3.ผู้ที่ไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดในระหว่างการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.เครื่องวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊สแบบพกพา (PNOE, ENDO Medical, Palo Alto, CA, USA)

2.เรือคยัควัดงาน (Kayak Ergometer, WEBA Sport und med. Artikel GmbH, Liesneckgasse, Wien, Austria)

3.เครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด (Lactate Plus Meter, Nova Biomedical, MA, USA)

4.แผ่นรองรับเลือด (Lactate Plus Meter Test Strips, Nova Biomedical, MA, USA)

5.โปรแกรมคอมพิวเตอร์ WebaScience V.1.9.6.0 (WEBA Sport und med. Artikel GmbH, Liesneckgasse, Wien, Austria)

6.อุปกรณ์ฝึกด้วยน้ำหนัก (Machine weight) ท่าเบนช์ เพรส (Bench Press) และเบนช์ โรว (Bench Row)

7.เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ พร้อมสายคาดอก (Polar H10, Kempele, Finland)

การดำเนินการทดลอง

การออกแบบการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องได้รับการกระตุ้นกล้ามเนื้อทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด และกลุ่มควบคุม โดยใช้การศึกษาแบบไขว้สลับ การเข้าร่วมการทดสอบแต่ละครั้งจะถูกสุ่มแบบลาตินสแควร์

กลุ่มตัวอย่างจะเข้ารับการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี จังหวัดระยอง ทั้งหมด 5 ครั้ง การทดลองทุกครั้งจะเริ่มในเวลา 06.30-10.00 น.

การควบคุมกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างจะต้องไม่ได้รับอาหารเสริมทุกชนิดก่อนการทดลอง 7 วัน ไม่มีการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางถึงสูงก่อนการทดลอง 48 ชั่วโมงและจะไม่รับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนและแอลกอฮอล์ก่อนการทดลอง 24 ชั่วโมง

การเข้าทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

ในครั้งแรกของการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างจะเริ่มต้นจากการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง) จากนั้นทดสอบความแข็งแรงสูงสุดในท่า

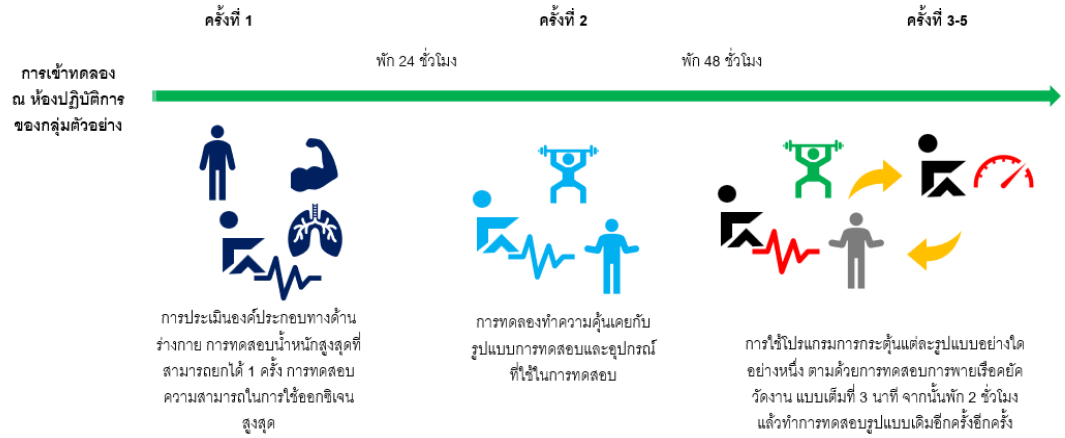
เบนช์ เพรส (Bench Press) ตามด้วยท่าเบนช์ โรว (Bench Row) ตามด้วยการพัก 3 ชั่วโมง และทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากนั้นพัก 24 ชั่วโมง

การเข้าทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

กลุ่มตัวอย่างจะทำความคุ้นเคยกับรูปแบบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยเริ่มจากการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดและการทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที ซึ่งการทำความคุ้นเคยกับรูปแบบการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบจะทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความคุ้ยเคยกับการทดสอบมากขึ้น จากนั้นพัก 48 ชั่วโมงแล้วเข้าสู่การทดลองครั้งถัดไป

การเข้าทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 3-5

การทดลองตั้งแต่ครั้งที่ 3 ถึงครั้งที่ 5 กลุ่มตัวอย่างทดสอบตามรูปแบบที่กำหนดอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามรูปแบบที่กำหนด โดยการทดสอบแต่ละรูปแบบจะมีระยะเวลาในการพักหลังการทดลองอย่างน้อย 72 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 8 การเข้ารับการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 1

การทดสอบข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง

การประเมินองค์ประกอบทางด้านร่างกาย

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะเข้ารับการทดสอบในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยก่อนการทดสอบห้ามมีกิจกรรมทางกายในระดับปานกลางถึงหนักก่อนการทดลอง 48

ชั่วโมง และงดรับประทานเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน 24 ชั่วโมงก่อนการทดลองครั้งแรกของการทดสอบจะทำการประเมิน น้ำหนัก ส่วนสูง การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง

การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง

การทดสอบน้ำหนักสูงสุดจะใช้วิธีการทดสอบแบบการพยายามยกจนไม่สามารถยกต่อไปได้ (Volitional muscle failure) โดยนักวิทยาศาสตร์การกีฬาเป็นผู้ประเมิน โดยการทดสอบทั้งหมดจะใช้นักวิทยาศาสตร์การกีฬาที่มีความเชี่ยวชาญในการประเมินเพียงคนเดียว เพื่อให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือแบบภายในผู้ประเมิน (Intra- reliability) การทดสอบจะใช้ท่าเบนช์ เพรส และท่าเบนช์ โรว โดยเริ่มจากการทดสอบทีละท่า กลุ่มตัวอย่างจะเริ่มทำการเตรียมความพร้อมด้วยการออกแรงยกน้ำหนักเบา ๆ 5-10 ครั้ง พัก 1 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะทำการประเมินน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างสามารถยกได้ 3-5 ครั้ง โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม และทำการพัก 2-4 นาที จากนั้นจะประเมินน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างสามารถยกได้ 2-3 ครั้ง โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม ทำการพัก 2-4 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะประเมินเพื่อเพิ่มน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างยกได้สูงสุด 1ครั้ง โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม หากกลุ่มตัวอย่างสามารถยกต่อไปได้อีก ให้พัก 2-4 นาที โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม หากกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถยกได้ให้ทำการลบเอาน้ำหนักออก 2-4 กิโลกรัมสำหรับท่าที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อช่วงบน การเพิ่มหรือลดน้ำหนักจะกระทำต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่ากลุ่มตัวอย่างจะสามารถยกได้ที่ความหนักสูงสุด (Haff & Triplett, 2016).

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดใช้อุปกรณ์วิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊สแบบพกพา (PNOE, ENDO Medical, Palo Alto, CA, USA) มีความน่าเชื่อถือ r=0.98 (Tsekouras et al., 2019) การทดสอบแบบ (Breath-by-Breath; BBB) ในการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊สของระบบหายใจ การเริ่มต้นการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มต้นทดสอบทำการอบอุ่นร่างกายบนเรือคยัควัดงาน เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจะทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) บนบริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อช่วงบนและช่วงล่างผสมผสานกัน 5 นาที เมื่อทำการอบอุ่นร่างกายเสร็จสิ้นกลุ่มตัวอย่างจะทำการสวมเครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบพกพา วิธีการทดสอบเริ่มจากการพายที่ความหนัก 100 วัตต์ จากนั้นจะเพิ่ม 30 วัตต์ ทุก ๆ 2 นาที ประยุกต์จาก Santos (2012) จนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ การสิ้นสุดการทดสอบจะต้องตรงตามเงื่อนไขสิ้นสุดการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างน้อย 3 จาก 5 ข้อ ได้แก่ ออกซิเจนมี

การเปลี่ยนแปลงน้อย 150 มิลลิลิตร/นาที อัตราการส่วนการแลกเปลี่ยนแก๊ส (RER) เท่ากับหรือมากกว่า 1.1 อัตราการเต้นของหัวใจถึงจุดใกล้จุดสูงสุด และกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถทดสอบต่อไปได้ การทดสอบดังกล่าวจะมีระยะเวลาประมาณ 8-12 นาที

โปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT)

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านจะใช้ท่าเบนช์ เพรส และท่าเบนช์ โรว โดยกำหนดการยกจำนวน 2 เซต เซตละ 4 ครั้ง ที่ความหนัก 80% ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง (1 Repetition Maximum; 1RM) กลุ่มตัวอย่างอย่างแต่ละคนจะใช้ความหนักของตนเองในการทดลอง การใช้ปริมาณการกระตุ้นด้วยโหลดดังกล่าวประยุกต์ตามคำแนะนำจากการศึกษาของ Boullosa (2021) โดยกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มจากการฝึกท่าเบนช์ เพรส ก่อน หลังจากนั้นพัก 2 นาที แล้วต่อด้วยฝึกท่าเบนช์ โรว์ ทำสลับกัน จนครบ 2 เซต

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (MSP)

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด โดยทำการพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ในระยะเวลาสั้น ๆ จำนวน 2 เซต เซตละ 10 วินาที พักระหว่างเซต 2 นาที ในระหว่างการพายกลุ่มตัวอย่างจะพายโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้กระตุ้นและควบคุมเวลา

กลุ่มควบคุม (CON)

กลุ่มควบคุมไม่มีการกำหนดรูปแบบการกระตุ้นโดยให้กลุ่มตัวอย่างเตรียมความพร้อมโดยการกระตุ้นด้วยตนเองโดยมีระยะเวลาประมาณไม่เกิน 10 นาที หลังจากการอบอุ่นร่างกาย

ปริมาณภาระงานที่ใช้ในการกระตุ้น

ปริมาณภาระงานที่ใช้ในการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบ จะใช้วิธีการกำหนดพลังงานประมาณ 5-6 kcal·min^{-1} ในแต่ละรูปแบบการกระตุ้น โดยคำนวณจากช่วงการปฏิบัติ โดยวิธีการใช้แรงต้านอ้างอิงจากการศึกษาของ Reis et al. (2011) ที่อธิบายว่า การใช้ความหนักที่ 80% ของ 1 RM จะมีการใช้พลังงานประมาณ 7-10 kcal·min^{-1} และวิธีการออกแรงพายโดยใช้ความหนักสูงสุด อ้างอิงจากการศึกษาของ Machado et al. (2020) จะใช้พลังงานประมาณ 14-15 kcal·min^{-1}

วิธีการคำนวณพลังงานในการกระตุ้นจะใช้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\left(\frac{\text{ระยะเวลาในการปฏิบัติ}}{\text{ระยะเวลาต่อหน่วย}}\right) x \text{การใช้พลังงานต่อนาที}$$

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT)

การใช้แรงต้านจะใช้จำนวนการยกทั้งหมดเท่ากับ 2 ท่า x 2 เซต x 4 ครั้ง เท่ากับ 16 ครั้ง กำหนดให้จังหวะการยกในอัตราส่วนเท่ากับ 1:2 วินาที (งาน:พัก) ระยะเวลาในการปฏิบัติเท่ากับ 32 วินาที เมื่อคำนวณโหลดที่ใช้ในการกระตุ้นจะเท่ากับ 5.3 kcal·min^{-1}

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (MSP)

การออกแรงพายโดยใช้ความหนักสูงสุดเท่ากับ 2 เซต x 10 วินาที เท่ากับระยะเวลาในการปฏิบัติ 20 วินาที เมื่อคำนวณโหลดที่ใช้ในการกระตุ้นจะเท่ากับ 5 kcal·min^{-1}

ภายหลังจากการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งกลุ่มตัวอย่างจะทำการพักประมาณ 7-10 นาที เพื่อให้ร่างกายมีการพักหลังจากการได้รับการกระตุ้นประยุกต์จากการศึกษาของ Seitz and Haff (2016) ช่วงเวลาพักดังกล่าวจะเป็นช่วงเวลาที่เกิดกลไกการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น จากนั้นจะทำการทดสอบการพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ 3 นาที

โปรแกรมการทดสอบ

การทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที (3MT)

การออกแรงในการปฏิบัติกิจกรรมด้วยการออกแรงแบบเต็มที่ 3 นาที เป็นรูปแบบที่ออกแบบมาเพื่อค้นหากำลังวิกฤต (Critical Power; CP) และความสามารถในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic work capacity) (H. Bergstrom et al., 2012; Cheng et al., 2012; Vanhatalo et al., 2007) อย่างไรก็ตามแนวคิดของกำลังวิกฤตในปัจจุบันได้ให้ความเห็นว่าไม่ควรมีการแยกรูปแบบการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนออกจากกัน เนื่องจากกำลังวิกฤตเป็นรูปแบบการทำงานร่วมกันแบบบูรณาการของระบบพลังงาน (Poole et al., 2016) อย่างไรก็ตามการทดสอบ 3 นาทียังเป็นรูปแบบการทดสอบที่สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic work capacity) ได้ (H. Bergstrom et al., 2012; H. C. Bergstrom et al., 2012; Burnley et al., 2006; Cheng et al., 2012; Vanhatalo et al.,

2007) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการประยุกต์จากการศึกษาก่อนหน้านี้โดยให้กลุ่มตัวอย่างพายโดยไม่กำหนดความหนักเพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกาย 1-2 นาที การปรับลดระยะเวลาจากการศึกษาก่อนหน้านี้ เนื่องจากต้องการให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงพายในช่วง 3 นาทีได้มากที่สุด จากนั้นตามด้วยการพายแบบเต็มที่ 3 นาที การทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที จะไม่มีการกำหนดความหนักในการพายโดยกลุ่มตัวอย่างจะพายแบบเต็มที่เป็นเวลา 3 นาที การพายจะควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ WebaScience ในระหว่างการพายกลุ่มตัวอย่างจะไม่เห็นหน้าจอตัวเลข เพื่อหลีกเลี่ยงการวางแผนในการพายและจะถูกกระตุ้นให้ออกแรงเต็มที่โดยผู้วิจัย

ตัวแปรในการทดลอง

ตัวแปรด้านสมรรถนะ

ข้อมูลด้านพลังสูงสุดในการพาย (Mpw) ค่าเฉลี่ยของพลัง (Pavr) อัตราการพายต่อนาที (SPM) และ ระยะทางโดยรวม (Dist) จะถูกบันทึกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ WebaScience

ตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา

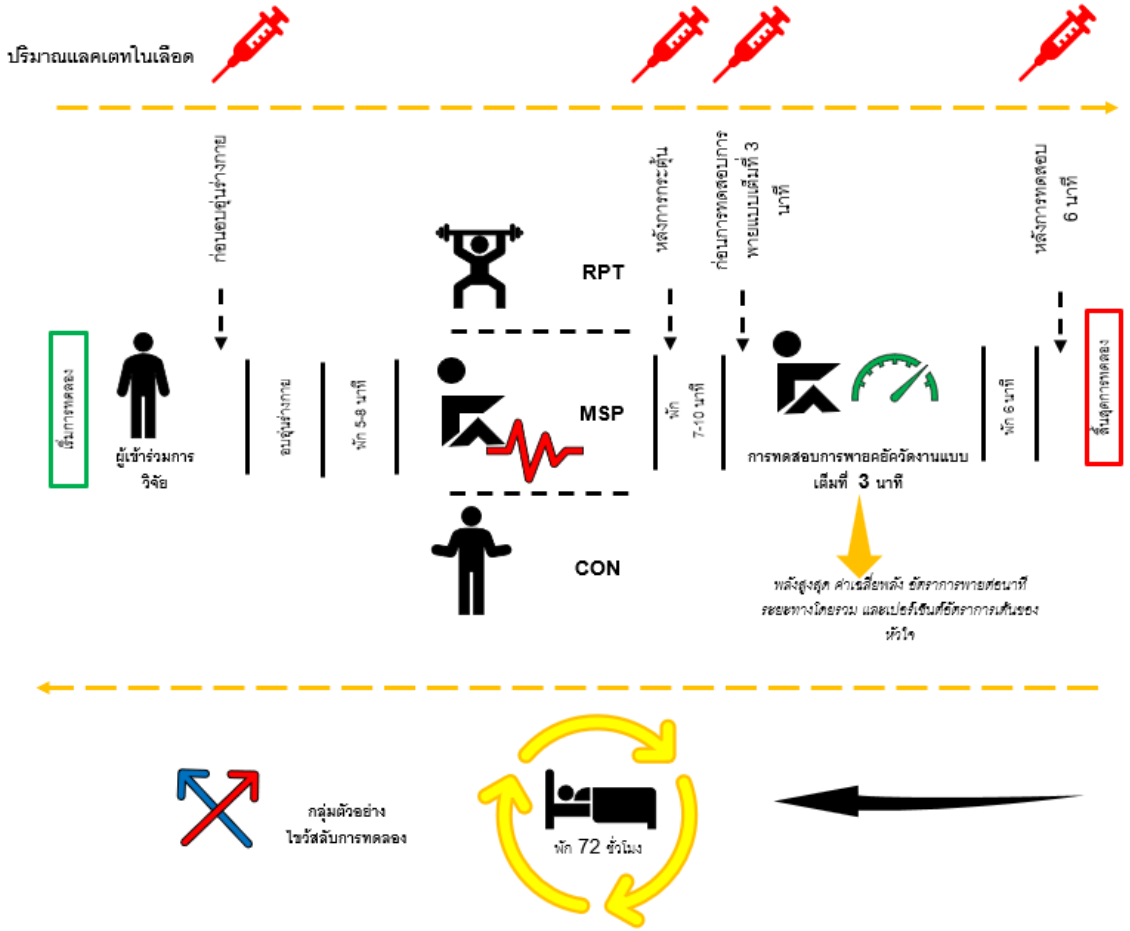
กลุ่มตัวอย่างจะสวมใส่สายคาดอกเพื่อวัดเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ (PHR) โดยในระหว่างการทดสอบจะควบคุมและบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจตลอดทุกช่วงเวลาของการทดลอง

ปริมาณแลคเตทในเลือด ([La-]b) ถูกบันทึกในช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกาย หลังการถูกกระตุ้น ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที และหลังการทดสอบ 6 นาที โดยจะทำการเจาะเลือดบริเวณติ่งหู (earlobe) ตัวอย่างปริมาณแลคเตทจะถูกเก็บที่ปริมาณ 0.7 ไมโครลิตร โดยผู้วิจัยเก็บใส่แผ่นรองรับเลือด จากนั้นจะนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด เพื่อวิเคราะห์ผล โดยบริเวณที่ทำการเจาะจะถูกเช็ดและทำความสะอาดโดยสำลีชุบแอลกอฮอล์ และมีการทำความสะอาดด้วยสำลีสะอาด

ภาพรวมขั้นตอนการทดลอง

การทดลองเริ่มจากกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี ในช่วงเวลา 06.30 - 10.00 น. ของวันที่นัดหมาย จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะทำการตรวจปริมาณแลคเตทในเลือด ด้วยอุปกรณ์ ที่ปริมาณ 0.7 มิลลิโมล จากนั้นจะนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด เพื่อทดสอบปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการอบอุ่นร่างกาย ที่ความหนัก 50-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย

โดยการดึงเครื่องตามรูปแบบที่กำหนดและทำการพัก 5 นาที เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่รูปแบบการกระตุ้นด้วยโปรแกรมที่กำหนด ได้แก่ โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT) โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (MSP) และกลุ่มคสบคุม (CON) อย่างใดอย่างหนึ่ง หลังจากได้รับโปรแกรมการกระตุ้นกลุ่มตัวอย่างทำการกระตุ้นเสร็จแล้วกลุ่มตัวอย่างจะทำการตรวจปริมาณแลคเตทในเลือดครั้งที่ 2 โดยกลุ่มตัวอย่างจะทำการนั่งพัก 7-10 นาที และเมื่อครบเวลาที่กำหนดจะทำการตรวจวัดปริมาณแลคเตทในเลือดเป็นครั้งที่ 3 จากนั้นจะเริ่มทำการทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที บนเรือคยัควัดงาน โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องพายเต็มที่ โดยกลุ่มตัวอย่างจะไม่ทราบตัวเลขในขณะพายและได้รับการกระตุ้นในการพายจากผู้วิจัยตลอดการทดสอบ เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้วจะทำการนั่งพักประมาณ 6 นาที เพื่อวัดปริมาณแลคเตทในเลือดอีกครั้ง เมื่อกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองเสร็จสิ้น กลุ่มตัวอย่างจะทำการพักอย่างน้อย 72 ชั่วโมง เพื่อรอทำการทดลองในรูปแบบต่อไป



ภาพประกอบ 9 ขั้นตอนการทดลองในแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 1

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางด้านสถิติข้อมูลจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS version 26, IBM, Chicago, Illinois, United States of America) โดยแสดงในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบของ ชาพิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk)

ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One Way MANOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปร พลังสูงสุดในการพาย (Mpw) ค่าเฉลี่ยของพลัง (Power average; Pavr) อัตราการพายต่อนาที (SPM) ระยะทางโดยรวม (Dist) และเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ (PHR)โดยข้อมูลต้องเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นได้แก่ การแจกแจงของข้อมูลปกติ ข้อมูลจะต้องมีความสัมพันธ์กัน และความแปรปรวนเท่ากัน หากไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื่องต้นจะเลือกใช้สถิติ Pillai's Trace ในการอ่านค่าแทน

ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two Way ANOVA with Repeated measure) ในการวิเคราะห์ข้อมูลของ ปริมาณแลคเตทในเลือด ([La-]b) ในแต่ละช่วงของการวัดซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณแลคเตทในเลือดกลุ่มการทดลองกับช่วงเวลาการทดลอง (ช่วงเวลาการทดลอง X โปรแกรมการทดลอง) และเลือกดูผลการวิเคราะห์จากตารางเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise comparison) เพื่อดูค่าปฏิสัมพันธ์ของอิทธิพลของช่วงเวลาการทดลอง และอิทธิพลของโปรแกรมการทดลอง

กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq .05$ ทุกสถิติที่ใช้ในการทดสอบ

ผลการวิจัย

ข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกาย

ข้อมูลองค์ประกอบของทางด้านร่างกายของกลุ่มตัวอย่างแสดงดังตาราง 4 โดยข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง ประกอบด้วยท่าเบนช์เพรส และเบนช์โรว ซึ่งน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้งจะใช้เป็นโหลดสำหรับการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูล		ค่าเฉลี่ย
อายุ (ปี)		25.40 ± 4.60
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		75.50 ± 4.43
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		176 ± 6.15
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)		52.74 ± 5.30
น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง (กิโลกรัม)	ท่าเบนช์ เพรส (Bench Press)	111.25 ± 13.29
	ท่าเบนช์ โรว (Bench Row)	109.70 ± 8.87

ด้านสมรรถนะ

พลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม

การศึกษาตัวแปรทางด้านสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการพาย จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพหุคูณแบบทางเดียว พบว่า สมรรถนะในการพายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ (ตาราง 5) โดยพบว่าพลังสูงสุดในการพายระหว่างโปรแกรมการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .013$) เมื่ออ่านค่าจากตารางการเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการ

พายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (RPT vs CON; p = .021, MSP vs CON; p = .047 ตามลำดับ) (ภาพประกอบ 10) ขณะที่ตัวแปรด้านค่าเฉลี่ยของพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบต่อการทดสอบการพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ 3 นาที จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว

ตัวแปร	Mpw	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	Pavr	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	SPM	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	Dist	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	PHR	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	ระหว่างโปรแกรมพหุคูณ
	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
CON	243.27 ±15.90		205.27 ±14.6		102.36 ± 5.55		637.27 ±18.48		90.25 ±3.15		
MSP	271.90* ±26.15	.013#	207.6 ±14.65	0.526	105.5 ± 2.75	.159	644 ±10.74	.161	92.41 ±2.31	.214	.020+
RPT	274.90* ±31.99		199.45 ±20.5		102.09 ± 4.13		630 ±17.88		91.00 ±3.42		

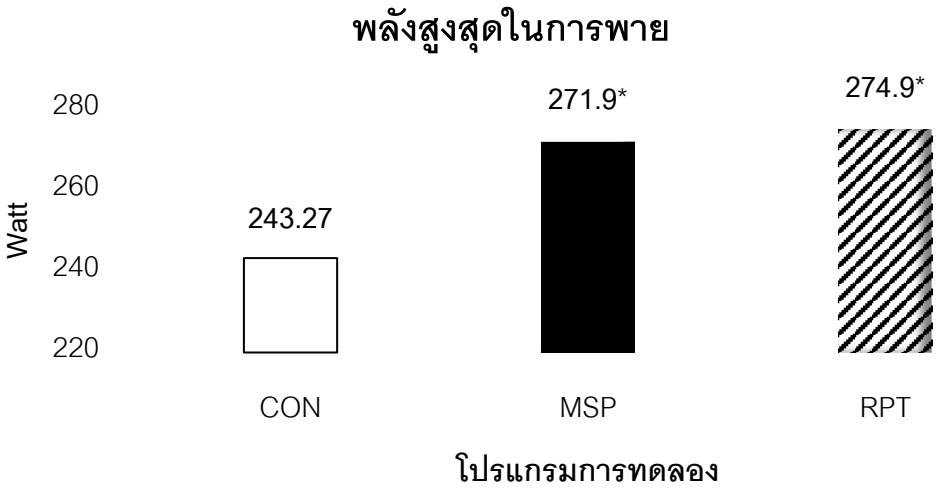
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมการทดลอง

+ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

Mpw; พลังสูงสุดในการพาย Pavr; ค่าเฉลี่ยพลัง SPM; อัตราการพายต่อนาที Dist; ระยะทางโดยรวม และ PHR; เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ



ภาพประกอบ 10 พลังสูงสุดในการพายของโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรทางด้านสมรรถนะในการพายจากการวิเคราะห์กระบวนการทางสถิติสามารถสรุปได้ดังนี้

- พลังสูงสุดในการพายของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดไม่มีความแตกต่างกัน โดยทั้ง 2 กลุ่มมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัด

- ตัวแปรด้านค่าเฉลี่ยของพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวมของทุกโปรแกรมการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน

ด้านสรีรวิทยา

เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในเลือด

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพหุคูณแบบทางเดียว พบว่า ระหว่างโปรแกรมการทดลอง เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p = .214)

การวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาการทดลอง จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการทดลอง X โปรแกรมการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 โดยพบว่า มีอิทธิพลของช่วงเวลาการทดลอง (*p = .0.01*) และอิทธิพลของโปรแกรมการทดลอง (p = .0.01) ทำให้ต้องมีการอ่านค่าจากตารางการเปรียบเทียบรายคู่

การวิเคราะห์อิทธิพลของช่วงเวลาการทดลองในการทดสอบภายในกลุ่มทุกโปรแกรมการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างของ ช่วงเวลาหลังการกระตุ้น ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที และหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 (ตาราง 6) ยกเว้นช่วงหลังการกระตุ้น และก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาทีของโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (p = 1.00) และโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (p = .497) (ภาพประกอบ 11)

ตาราง 6 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองจากการตรวจสอบค่าอิทธิพลของช่วงเวลาของการทดลอง วิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

กลุ่มการทดลอง	ช่วงเวลาการทดลอง	ค่าเฉลี่ย	การทดสอบภายในกลุ่ม	อิทธิพลช่วงเวลาการทดลอง
CON	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	1.16 ± 0.26	.001**	.001^{++}
	หลังการกระตุ้น	2.12 ± 0.46		
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	1.68 ± 0.40		
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	10.62* ± 0.78		
MSP	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	1.20 ± 0.16	.001**	
	หลังการกระตุ้น	4.23^{+} ± 1.33		
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	4.27$^{\#}$ ± 1.31		
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	11.28* ± 1.62		
RPT	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	1.17 ± 0.10	.001**	
	หลังการกระตุ้น	3.60^{+} ± 0.95		
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	3.05$^{\#}$ ± 0.64		
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	12.33* ± 2.10		

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาภายในโปรแกรมการทดลอง*

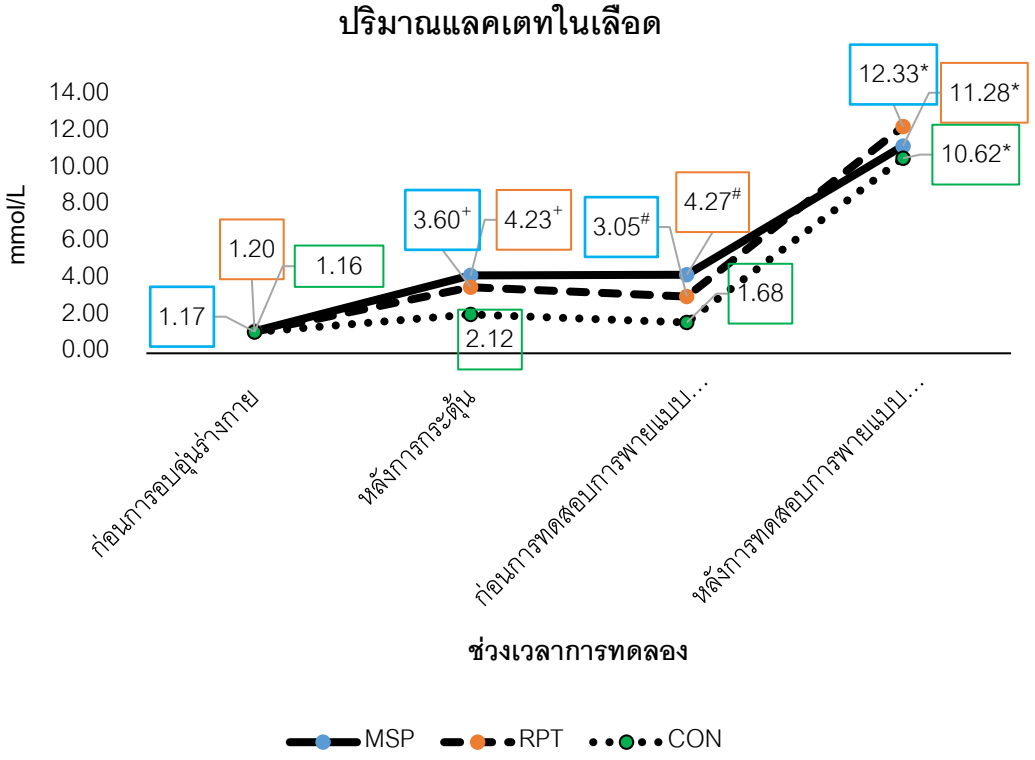
 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาภายในโปรแกรมการทดลอง ยกเว้นช่วงหลังการกระตุ้น

++ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ p < .05

+ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาภายในโปรแกรมการทดลอง ยกเว้นช่วงก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที

*** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบภายในโปรแกรมการทดลอง*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน



ภาพประกอบ 11 ปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาการทดลองของโปรแกรมการทดลองแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน ยกเว้น ช่วงหลังการกระตุ้น และก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาภายในโปรแกรมการทดลอง*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาภายในโปรแกรมการทดลอง ยกเว้น ช่วงหลังการกระตุ้น

+ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับทุกช่วงเวลาภายในโปรแกรมการทดลอง ยกเว้น ช่วงก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

การวิเคราะห์อิทธิพลของโปรแกรมการทดลองในการทดสอบระหว่างโปรแกรมการทดลอง (ตาราง 7) พบว่า หลังการกระตุ้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .023)

เมื่อตรวจสอบจากตารางการเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน และโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ (RPT vs CON; $p = .003$ และ MSP vs CON; $p = .001$ ตามลำดับ)

อิทธิพลของโปรแกรมการทดลอง ช่วงก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที จากการทดสอบระหว่างกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .038$) จากการตรวจสอบตารางเปรียบเทียบภายหลัง โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (3.05 ± 0.64) และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (MSP vs RPT; $p = .007$ และ MSP vs CON; $p = .001$ ตามลำดับ) กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (MSP vs CON; $p = .002$)

การทดสอบระหว่างกลุ่มในช่วงหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.043$) จากการตรวจสอบตารางการเปรียบเทียบภายหลัง พบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (RPT vs CON; $p = .041$) และไม่พบความแตกต่างของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองอื่น ๆ (ภาพประกอบ 12)

ตาราง 7 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาจากการตรวจสอบค่าอิทธิพลโปรแกรมการทดลอง วิเคราะห์ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ช่วงการทดลอง	โปรแกรมการทดลอง	ค่าเฉลี่ย	การทดสอบระหว่างกลุ่ม	อิทธิพลโปรแกรมทดลอง
ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	CON	1.16 ± 0.26	.721	.001**
	MSP	1.20 ± 0.16		
	RPT	1.17 ± 0.10		
หลังการกระตุ้น	CON	2.12 ± 0.46	.023+	
	MSP	4.23* ± 1.33		
	RPT	3.60* ± 1.03		
ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที	CON	1.68 ± 0.40	.038+	
	MSP	4.27*# ± 1.31		
	RPT	3.05# ± 0.64		
หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	CON	10.62 ± 0.78	.043+	
	MSP	11.28 ± 1.62		
	RPT	12.33* ± 2.11		

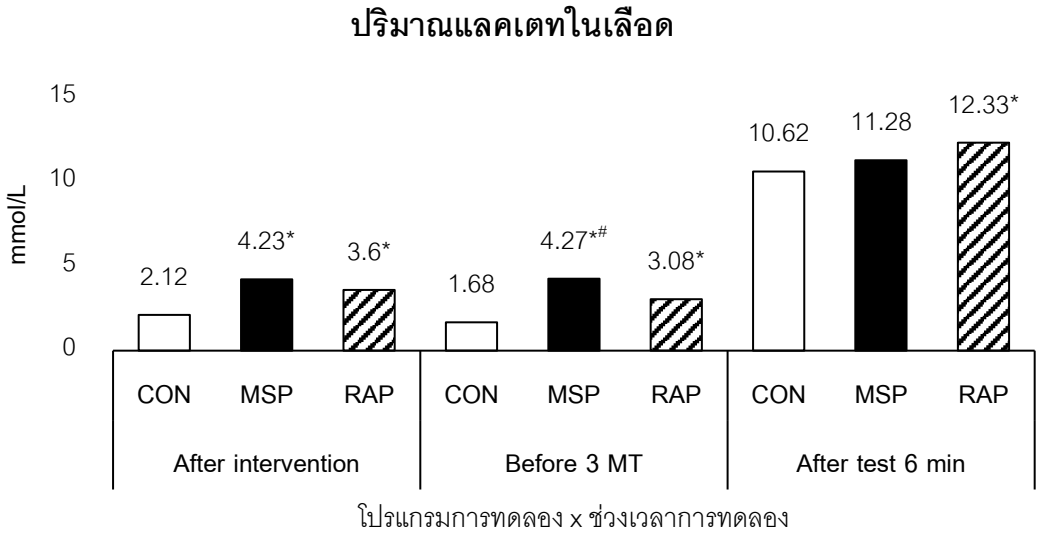
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT)

+ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโปรแกรมการทดลอง

*** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน



ภาพประกอบ 12 ความแตกต่างของระดับปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วงเวลาการทดสอบของโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการกระตุ้น (RPT)

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจทุกรูปแบบโปรแกรมการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน

- ก่อนการอบอุ่นร่างกายปริมาณแลคเตทในเลือดไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่ม

- หลังการกระตุ้นปริมาณแลคเตทในเลือดของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม

- ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ปริมาณแลคเตทในเลือดของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านจะมีค่าสูงกว่าคุมควบคุม

- หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 พบว่าปริมาณแลตเตทในเลือดในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและกลุ่มควบคุม

- เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของช่วงเวลาในการทดลอง พบว่า ทุกช่วงเวลาการทดลองในทุกโปรแกรมการทดลองมีความแตกต่างกัน ยกเว้น ช่วงหลังการกระตุ้นกับช่วงก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ในกลุ่มได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน ไม่มีความแตกต่างของปริมาณแลคเตทในเลือด

บทที่ 4
การศึกษาที่ 2

การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์

ชื่อเรื่อง การเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นที่มีต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัค สปริ้นท์

ผู้วิจัย วทัญญู คำรส

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.เกริกวิทย์ พงศ์ศรี

จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้คือการประยุกต์ใช้วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค 2 ครั้งในวันเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้คือนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทยจำนวน 10 คน โดยจะได้รับโปรแกรมการกระตุ้นที่แตกต่างกันในรูปแบบทดลองแบบตัดขวาง ได้แก่ การกระตุ้นด้วยแรงต้าน (2 เซต x 4 ครั้ง x 80% ของน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง x ท่าเบนช์ เพรส และท่าเบนช์ โรว) การกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (2 เซต x 20 วินาที x พักระหว่างเที่ยว 2 นาที) และกลุ่มควบคุม จากนั้นทำการทดสอบการพาย 3 นาที ตัวแปรที่ทำการประเมินได้แก่ พลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที ระยะทางการพายโดยรวม เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในเลือดแต่ละช่วงของการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการทดลองและโปรแกรมการทดลอง (ช่วงเวลา x โปรแกรมการทดลอง) ผลการศึกษาในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 พบว่า การกระตุ้นด้วยแรงต้าน และการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ระหว่างช่วงเวลาการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังในการพายและระยะทางโดยรวมในการแข่งขันขันครั้งที่ 2 ของกลุ่มที่กระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าเฉลี่ยลดลงกว่าการแข่งขันครั้งที่ 1 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 ในกลุ่มที่กระตุ้นด้วยแรงต้าน มีค่าสูงกว่าก่อนการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 ปริมาณแลคเตทในเลือดของการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 ในช่วงหลังการกระตุ้น ก่อนการจำลองการแข่งขัน และหลังการจำลองการแข่งขัน กลุ่มที่กระตุ้นด้วยแรงต้าน และกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยของ

ปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุม วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นโดยใช้แรงต้านหรือการพายด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสามารถเพิ่มสมรรถนะด้านพลังสูงสุดในช่วงการแข่งขันครั้งแรกของวันเท่านั้น การใช้แรงต้านในการกระตุ้นมีการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือด และอาจจะไปลดสมรรถนะด้านอื่น ๆ ในการแข่งขันครั้งที่ 2 ของวัน

คำสำคัญ: พลังสูงสุด การจำลองการแข่งขัน การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ การกระตุ้นกล้ามเนื้อ การลดลงของพลัง

Title	APPLIED POST-ACTIVATION OF PERFORMANCE ENHANCEMENT ON SUIMULATED IN KAYAK PERFORAMANCE
Author	WATUNYOU KHAMROS
Degree	DOCTOR OF PHYLOSOPHY
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Krirkwit Phongsri, PhD

The post-activation performance enhancement (PAPE) improved maximum voluntary contraction (MVC) after activation, kayak sprint sport may benefit from this method of competition. The goal of this study was to use post-activation performance enhancement in kayak sprint competitive simulation twice (The first simulated; S1 and the second simulated; (S2) on the kayak ergometer on the same day. Ten national team kayak paddlers performed different protocols in a crossover design: resistance protocol (2 x 4 x 80%1RM x bench press and bench row), maximum sprint paddle (ergometer all-out 2 x 10-sec x rest interval 2 min), and the control group (CON; individual activity condition) followed the 3-minute test (3MT). Maximum power, power average, stroke per minute, distance total, percentage of heart rate, and blood lactate concentration (before warm-up, after condition, before 3MT, and after test 6 minutes) were recorded during the simulation competition. The two Way-MANOVA analysis reveals no difference in interaction (time x trial). The main effect of the study found that the resistance protocol and maximum sprint paddle had higher maximum powers in S1 than the control group.

The power average and distance total in resistance protocol S2 decreased significantly more than in S1. The resistance protocol in S2 has a higher blood lactate concentration before the intervention period than S1. Furthermore, blood lactate concentrations from the resistance protocol and maximum sprint paddle were also higher in the after-condition and before 3-MT periods than in the control group and continued to rise until after the test 6 minutes, particularly in S2. The PAPE conditioning, which used the resistance activation protocol and maximum sprint paddle, improved maximum power only in the first competition of the day, and it appears that the resistance activation protocol caused blood lactate concentrations to accumulate, and potentially lowering performance in the second competition of the day. There was an appropriate load for activation before competition twice a day.

Keyword: Maximum power, Stimulation competition, Maximum voluntary contraction, Muscle activation, Performance decrement

บทนำ

เรือคยัค สปริ้นท์ เป็นหนึ่งชนิดกีฬาที่ต้องอาศัยสมรรถนะด้านความเร็วในการพาย การแข่งขันจะประกอบด้วยการแข่งขันทางตรงระยะทาง 200 500 และ 1,000 เมตร (McDonnell, 2013) นักกีฬาจะต้องอาศัยพลังและความเร็วเป็นสมรรถภาพหลักในการแข่งขัน และอาศัยความสามารถในการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในระดับที่สูง และอัตราส่วนการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนในระดับต่ำเป็นพลังงานในการแข่งขัน โดยจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อช่วงบนในการเคลื่อนไหว (Michael et al., 2008) การเตรียมความพร้อมต่อการแสดงความสามารถทางด้านความเร็ว พลัง การใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน รวมไปถึงการทำงานสอดประสานกันของกล้ามเนื้อช่วงบนจึงมีความสำคัญต่อการแข่งขัน กลยุทธ์ในการอบอุ่นร่างกายเป็นวิธีที่จะช่วยกระตุ้นให้นักกีฬามีความพร้อมในวันแข่งขัน ควรมีการอบอุ่นร่างกายที่ความหนักต่ำ ตามด้วยการออกแรงที่ความหนักสูงในระยะเวลาสั้น ๆ หรือการกระตุ้นด้วยการออกแรงสูงเป็นช่วง ๆ จะช่วยให้นักกีฬามีความพร้อมก่อนการแข่งขันมากกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งแม้ว่าหลังจากอบอุ่นร่างกายแบบใช้ความหนักสูงเป็นช่วง ๆ จะทำให้ปริมาณแลคเตทในเลือดยังคงอยู่ในระดับสูงหลังจากการอบอุ่นร่างกายก็ตาม (Akca & Aras, 2018; Bishop et al., 2003).

วิธีการปรับสภาพล่วงหน้า (Preconditioning) โดยการเคลื่อนไหวของร่างกายในระยะเวลาสั้น ๆ ด้วยการออกแรงสูงสุดจะช่วยให้มีการกระตุ้นทำงานของหน่วยยนต์ (Tillin & Bishop, 2009) ทำให้มีการขับเคลื่อนระบบประสาท (Neural drive) ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนาแรง เช่นเดียวกับการกระตุ้นโดยใช้โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงแบบมีการเคลื่อนไหว สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหวได้ในระยะเวลาสั้น ๆ (Young et al., 2015) โดยการฝึกยกน้ำหนักแบบช้า ๆ จะช่วยกระตุ้นและเพิ่มอัตราการเร่งความเร็วได้ดีกว่าการฝึกแรงระเบิด และการฝึกแบบแรงระเบิดจะช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านความเร็วในช่วงการออกตัว (Liow & Hopkins, 2003) อย่างไรก็ตามไม่ควรมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยใช้แรงต้านที่จำนวนครั้งมากจนเกินไป ซึ่งอาจจะจะทำให้เกิดความล้าได้ โหลดของการกระตุ้นโดยใช้แรงต้านควรใช้น้ำหนักที่ต่ำกว่าน้ำหนักสูงสุดเป็นโหลดในการกระตุ้นกล้ามเนื้อ (Farup & Sørensen, 2010) ซึ่งการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเฉพาะเจาะจงของการฝึกท่าที่มีลักษณะการดึง (Pull) และท่าที่มีการผลัก (Press) เป็นท่าที่จะสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการพายเรือคยัคได้อย่างมีประสิทธิภาพ (McKean & Burkett, 2014; Romagnoli et al., 2022).

ในระหว่างการแข่งขันนักกีฬาอาจจะต้องมีการแข่งขัน 1-2 ครั้งต่อวัน และมีระยะเวลาพักระหว่างการแข่งขัน อย่างน้อย 2-3 ชั่วโมง จากระยะเวลาพักดังกล่าวทำให้การแข่งขันแต่ละวันมีช่วงเวลาในการพัก การฟื้นคืนสภาพ ค่อนข้างน้อย อีกทั้งการแข่งขัน 2 ครั้งต่อวันอาจจะทำให้สมรรถนะในการแข่งขันของนักกีฬาลดลง (Gallo-Salazar et al., 2017; Knicker et al., 2011) ทำให้นักกีฬาต้องมีกลยุทธ์การเตรียมความพร้อมให้เหมาะสมกับการแข่งขัน การเตรียม ความพร้อมร่างกายก่อนการแข่งขันอีกครั้ง (Re-Warm Up) เป็นรูปแบบที่นิยมนำมาใช้มากมายในปัจจุบัน ซึ่งแนวทางหรือวิธีในการใช้นั้น อาจจะใช้การเพิ่มความหนักให้กับร่างกายในช่วงสั้น 2 นาที หรือการนำรูปแบบการอบอุ่นร่างกายในช่วงสั้น ๆ (Short Active Warm Up) มาใช้สำหรับนักกีฬา (Silva et al., 2018) การอบอุ่นร่างกายอีกครั้งเพื่อเตรียมการแข่งขันหลังจากการพักในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยจะเน้นการอบอุ่นร่างกายประมาณ 10-15 นาที โดยเป็นการค่อย ๆ เพิ่มระดับความหนักจากระดับปานกลางไปจนถึงระดับเกือบสูงสุด (Silva et al., 2018) โดยการกระตุ้นแบบออกแรงสูงสุดระยะเวลาสั้น ๆ หรืออาจจะมีการนำแรงต้านมาประยุกต์ใช้เพื่อกระตุ้นกล้ามเนื้อ (Farup & Sørensen, 2010; Young et al., 2015) ให้พร้อมต่อการแข่งขันอีกครั้ง หากมีการอบอุ่นร่างกายที่หนักเกินไปจะลดสมรรถนะด้านการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และการหดตัวของกล้ามเนื้อในการพายเรือคยัค (Bishop et al., 2001) กลยุทธ์การเตรียมความพร้อมร่างกายที่จะต้องมีการเตรียมความพร้อมร่างกายเพื่อให้กล้ามเนื้อมีความพร้อมสำหรับการแข่งขันมากที่สุด

การที่นักกีฬามีการแข่งขันหลายครั้งในเวลา 1 วัน อาจจะมีการสะสมของความล้าที่เกิดขึ้น ซึ่งนอกเหนือจากกลยุทธ์การฟื้นคืนสภาพในหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ วิธีการนำการกระตุ้นกลยุทธ์การเตรียมความพร้อมในการแข่งขันครั้งถัดไปจึงมีความสำคัญ โดยปกติทั่วไปนักกีฬาจะมีการอบอุ่นร่างกายตามที่ตนเองปฏิบัติเป็นประจำ ซึ่งอาศัยวิธีการที่ตนเองเคยฝึกมาใช้ในการอบอุ่นร่างกาย อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัจจัยในการแข่งขันหลายครั้งภายใน 1 วันอาจจะส่งผลต่อความล้าที่เกิดขึ้นทำให้ปัญหาดังกล่าวอาจจะทำให้มีการลดลงของระดับความสามารถของนักกีฬา จึงเป็นที่น่าสนใจว่ารูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการนำมาใช้สำหรับการกระตุ้นนักกีฬาก่อนการแข่งขัน สามารถช่วยกระตุ้นเพื่อเพิ่มระดับความสามารถของนักกีฬาหรือสามารถช่วยรักษาระดับสมรรถนะหลักที่สำคัญของเรือคยัค สปริ้นท์ในการแข่งขันครั้งที่ 2 ได้หรือไม่ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นมาทดลองโดยประยุกต์เป็นรูปแบบการแข่งขัน 2 ครั้ง โดยเปรียบเทียบจากการทดสอบครั้งที่ 1 และการทดสอบครั้งที่ 2 โดยมีระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบ 2 ชั่วโมง

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาแบบไขว้สลับ (A randomized crossover design) โดยใช้แผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square) (Yu et al., 2016) เปรียบเทียบสมรรถนะของเรือคยัค สปริ้นท์ภายหลังการได้รับโปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นโดยการใช้แรงต้านที่ความหนักสูงและปริมาณต่ำ และวิธีการกระตุ้นโดยการออกแรงภายเต็มที่ในระยะเวลาสั้น ๆ หรือวิธีการกระตุ้นร่างกายด้วยตนเองของกลุ่มตัวอย่าง การศึกษาในครั้งได้รับการอนุมัติจริยธรรมโดยคณะกรรมการพิจารณาการทำวิจัยในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC-G-210/2565E)

กลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (G*Power 3.1.9.7, Franz Fual, Universität Kiel, Germany) Effect Size 0.96 จากการศึกษาที่ 1 (Power of test; 1-β 0.80) ได้แก่ นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย ที่เข้าร่วมการแข่งขันระดับนานาชาติ จำนวน 10 คน อายุ 26.20 ± 3.70 ส่วนสูง 178 ± 4.48 น้ำหนัก 73.10 ± 5.51

เกณฑ์การคัดเข้ากลุ่มตัวอย่าง

1.นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ชาติไทยที่มีการฝึกซ้อมอย่างน้อย 2 ปี

2.จะต้องไม่มีการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการพายเรือคยัคตลอดระยะเวลาในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา

3.ผู้ที่ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ

เกณฑ์การคัดออกกลุ่มตัวอย่าง

1.ผู้ที่มีอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ เอ็น หรือข้อต่ออย่างรุนแรงในระหว่างช่วงการทดลอง และไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้

2.ผู้ที่ต้องการถอนตัวออกจากงานวิจัย

3.ผู้ที่ไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดในระหว่างการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.วิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊สแบบพกพา (PNOE, ENDO Medical, Palo Alto, CA, USA)

2.เรือคยัควัดงาน (Kayak Ergometer, WEBA Sport und med. Artikel GmbH, Liesneckgasse, Wien, Austria)

3.เครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด (Lactate Plus Meter, Nova Biomedical, MA, USA)

4.แผ่นรองรับเลือด (Lactate Plus Meter Test Strips, Nova Biomedical, MA, USA)

5.โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (WebaScience V.1.9.6.0 (WEBA Sport und med. Artikel GmbH, Liesneckgasse, Wien, Austria)

6.อุปกรณ์ฝึกด้วยน้ำหนัก (Machine weight) ท่าเบนช์ เพรส (Bench Press) และ ท่าเบนช์ โรว (Bench Row)

7.เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ พร้อมสายคาดอก (Polar H10, Kempele, Finland)

การดำเนินการทดลอง

การออกแบบการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องได้รับการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ การใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัค

บนเครื่องวัดงานด้วยความเร็วสูงสุดและการกระตุ้นร่างกายด้วยตนเอง โดยใช้การศึกษาแบบไขว้สลับ แผนการเข้าร่วมการทดสอบแต่ละครั้งจะถูกสุ่มแบบลาตินสแควร์

กลุ่มตัวอย่างจะเข้ารับการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี จังหวัดระยอง ทั้งหมด 5 ครั้ง การทดลองทุกครั้งจะเริ่มในเวลา 06.00-11.00 น.

การควบคุมกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างจะต้องไม่ได้รับอาหารเสริมทุกชนิดก่อนการทดลอง 7 วัน งดการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางถึงสูงก่อนการทดลอง 48 ชั่วโมง และงดรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนและแอลกอฮอล์ก่อนการทดลอง 24 ชั่วโมง

ระหว่างการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 กลุ่มตัวอย่างจะได้รับประทานขนมปัง 2 แผ่น ซึ่งให้พลังงานไม่เกิน 170 กิโลแคลอรี่ และน้ำดื่มเพื่อเทียบเคียงกับสถานการณ์ในวันแข่งขันจริงที่มีระยะเวลาจำกัดในระหว่างการแข่งขัน และไม่ส่งผลต่อระบบย่อยอาหารของกลุ่มตัวอย่าง

การเข้าทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

ในครั้งแรกของการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างจะเริ่มต้นจากการประเมินองค์ประกอบของร่างกาย (ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง) จากนั้นทดสอบความแข็งแรงสูงสุดในท่าเบนช์ เพรส (Bench Press) ตามด้วยท่าเบนช์ โรว (Bench Row) และพัก 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และพัก 24 ชั่วโมง เพื่อรอการทดลองครั้งต่อไป

การเข้าทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

กลุ่มตัวอย่างจะทำความคุ้นเคยกับรูปแบบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยเริ่มจากการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยโปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้านโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และการทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที ซึ่งการทำความคุ้นเคยกับรูปแบบการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบจะทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความคุ้ยเคยกับการทดสอบมากขึ้น จากนั้นพัก 48 ชั่วโมงแล้วเข้าสู่การทดลองครั้งถัดไป

การเข้าทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 3-5

การทดลองตั้งแต่ครั้งที่ 3 ถึง 5 กลุ่มตัวอย่างทดลองตามรูปแบบที่กำหนดอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามรูปแบบที่กำหนด โดยการทดลองดังกล่าวจะเป็นการประยุกต์ใกล้เคียงกับการแข่งขัน 2 ครั้ง เมื่อเสร็จสิ้นครั้งที่ 1 จะมีระยะเวลาพักห่างกับครั้งที่ 2 ประมาณ 2 ชั่วโมง การเว้น

ช่วงระยะเวลาดังกล่าวประยุกต์จากการแข่งขันจริงที่มีระยะเวลาพักระหว่างรอบการแข่งขัน หรือระยะเวลากำหนดการแข่งขันของนักกีฬาที่ลงแข่งขันมากกว่า 1 ครั้งต่อวัน การทดลองแต่ละรูปแบบจะมีระยะเวลาในการพักหลังการทดลองอย่างน้อย 72 ชั่วโมง

การประเมินองค์ประกอบทางด้านร่างกาย

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะเข้ารับการทดสอบในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยก่อนการทดสอบห้ามมีกิจกรรมทางกายในระดับปานกลางถึงหนักก่อนการทดลอง 48 ชั่วโมง และงดรับประทานเครื่องดื่มหรืออาหารที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง การประเมินองค์ประกอบร่างกายจะทำการประเมิน น้ำหนัก ส่วนสูง อัตราการเต้นของหัวใจ

ภาพประกอบ 13 การเข้ารับการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 1

การทดสอบข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง

การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง

การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้งจะใช้นักวิทยาศาสตร์การกีฬาที่มีความเชี่ยวชาญเพียงคนเดียวในการประเมินการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (Intra-rater reliability) โดยการทดสอบเลือกใช้วิธีการพยายามยกจนไม่สามารถยกต่อไปได้ (Volitional muscle failure) ซึ่งจะทดสอบในท่าเบนช์ เพรส และท่าเบนช์ โรว โดยจะเริ่มจากการทดสอบทีละท่า โดยกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มทำการเตรียมความพร้อมด้วยการออกแรงยกน้ำหนักเบา ๆ 5-10 ครั้ง จากนั้นพัก 1 นาที ในการทดสอบครั้งแรกผู้วิจัยจะทำการ

ประเมินน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างสามารถยกได้ 3-5 ครั้ง โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม และทำการพัก 2-4 นาที จากนั้นจะประเมินน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างสามารถยกได้ 2-3 ครั้ง โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม ทำการพัก 2-4 นาที จากนั้นผู้วิจัยจะประเมินเพื่อเพิ่มน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างยกได้สูงสุด 1ครั้ง โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม หากกลุ่มตัวอย่างสามารถยกต่อไปได้อีก ให้พัก 2-4 นาที โดยเพิ่มน้ำหนัก 4-9 กิโลกรัม หากกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถยกได้ให้ทำการลบเอาน้ำหนักออก 2-4 กิโลกรัมสำหรับท่าที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อช่วงบน การเพิ่มหรือลดน้ำหนักจะกระทำต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่ากลุ่มตัวอย่างจะสามารถยกได้ที่ความหนักสูงสุด (Haff & Triplett, 2016).

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดใช้อุปกรณ์วิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊สแบบพกพา (PNOE, ENDO Medical, Palo Alto, CA, USA) มีความน่าเชื่อถือ r =0.98 (Tsekouras et al., 2019) การทดสอบแบบ (Breath-by-Breath; BBB) ในการวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแก๊สของระบบหายใจ การเริ่มต้นการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มต้นทดสอบทำการอบอุ่นร่างกายบนเรือคยัควัดงานเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจะทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว บนบริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อช่วงบนและช่วงล่างผสมผสานกัน 5 นาที เมื่อทำการอบอุ่นร่างกายเสร็จสิ้นกลุ่มตัวอย่างจะทำการสวมเครื่องวิเคราะห์การแก๊สแบบพกพา วิธีการทดสอบเริ่มจากการพายที่ความหนัก 100 วัตต์ จากนั้นจะเพิ่ม 30 วัตต์ ทุก ๆ 2 นาที ประยุกต์จาก Santos (2012) จนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบ การสิ้นสุดการทดสอบจะต้องตรงตามเงื่อนไขสิ้นสุดการทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างน้อย 3 จาก 5 ข้อ ได้แก่ ออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงน้อย 150 มิลลิลิตร/นาที อัตราการส่วนการแลกเปลี่ยนแก๊ส (RER) เท่ากับหรือมากกว่า 1.1 อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในระดับใกล้เคียงสูงสุด และกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถทดสอบต่อไปได้ ซึ่งการทดสอบจะมีระยะเวลาประมาณ 8-12 นาที

โปรแกรมการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้าน

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้านจะใช้ท่าเบนช์ เพรส และท่าเบนช์ โรว โดยกำหนดการยกจำนวน 2 เซต เซตละ 4 ครั้ง ที่ความหนัก 80% ของ น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง (1 Repetition Maximum; 1RM) โดยกลุ่มตัวอย่างอย่างแต่ละคนจะใช้ความหนักของตนเอง ซึ่งการใช้ปริมาณของโหลดในการศึกษานี้ประยุกต์ตามคำแนะนำจากการศึกษาของ Boullosa

(2021) โดยกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มจากการฝึกท่าเบนช์ เพรส ก่อน หลังจากนั้นพัก 2 นาที แล้วต่อด้วยฝึกท่าเบนช์ โรว์ ทำสลับกัน จนครบ 2 เซต

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด โดยทำการพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ จำนวน 2 เซต เซตละ 10 วินาที พักระหว่างเซต 2 นาที ในระหว่างการพายกลุ่มตัวอย่างจะพายโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้กระตุ้นและควบคุมเวลา

กลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุมจะไม่มีการกำหนดรูปแบบการกระตุ้นโดยให้กลุ่มตัวอย่างเตรียมความพร้อมโดยการกระตุ้นด้วยตนเองโดยมีระยะเวลาไม่เกิน 10 นาที หลังจากการอบอุ่นร่างกายพื้นฐาน

ภายหลังการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่ง กลุ่มตัวอย่างจะพักประมาณ 7-10 นาที เพื่อให้ร่างกายมีการพักหลังจากการได้รับการกระตุ้นประยุกต์จากการศึกษาของ Seitz and Haff (2016) ในช่วงเวลาดังกล่าวจะเกิดกลไกการทำงานของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น และตามด้วยทดสอบการพายเรือคยัควัดงานแบบเต็มที่ 3 นาที

ปริมาณภาระงานที่ใช้ในการกระตุ้น

ปริมาณภาระงานที่ใช้ในการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบ จะใช้วิธีการกำหนดพลังงานประมาณ 5-6 kcal·min^{-1} ในแต่ละรูปแบบการกระตุ้น โดยคำนวณจากช่วงการปฏิบัติ โดยวิธีการใช้แรงต้านอ้างอิงจากการศึกษาของ Reis et al. (2011) ที่อธิบายว่า การใช้ความหนักที่ 80% ของ 1 RM จะมีการใช้พลังงานประมาณ 7-10 kcal·min^{-1} และวิธีการออกแรงพายโดยใช้ความหนักสูงสุด อ้างอิงจากการศึกษาของ Machado et al. (2020) จะใช้พลังงานประมาณ 14-15 kcal·min^{-1}

วิธีการคำนวณพลังงานในการกระตุ้นจะใช้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\left(\frac{\text{ระยะเวลาในการปฏิบัติ}}{\text{ระยะเวลาต่อหน่วย}}\right) x \text{การใช้พลังงานต่อนาที}$$

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT)

การใช้แรงต้านจะใช้จำนวนการยกทั้งหมดเท่ากับ 2 ท่า x 2 เซต x 4 ครั้ง เท่ากับ 16 ครั้ง กำหนดให้จังหวะการยกในอัตราส่วนเท่ากับ 1:2 วินาที (งาน:พัก) ระยะเวลาในการปฏิบัติเท่ากับ 32 วินาที เมื่อคำนวณโหลดที่ใช้ในการกระตุ้นจะเท่ากับ 5.3 $kcal \cdot min^{-1}$

โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (MSP)

การออกแรงพายโดยใช้ความหนักสูงสุดเท่ากับ 2 เซต x 10 วินาที เท่ากับระยะเวลาในการปฏิบัติ 20 วินาที เมื่อคำนวณโหลดที่ใช้ในการกระตุ้นจะเท่ากับ 5 $kcal \cdot min^{-1}$

โปรแกรมการทดสอบ

การทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที (3MT)

การออกแรงในการปฏิบัติกิจกรรมด้วยการออกแรงแบบเต็มที่ 3 นาที เป็นรูปแบบที่ออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์กำลังวิกฤต (Critical Power; CP) และความสามารถในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic work capacity) (H. Bergstrom et al., 2012; Burnley et al., 2006; Cheng et al., 2012; Vanhatalo et al., 2007) ซึ่งแนวคิดของค่ากำลังวิกฤตในปัจจุบันได้ให้ความเห็นว่าไม่ควรแยกรูปแบบการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนหรือไม่ใช้ออกซิเจนออกจากกัน เนื่องจากกำลังวิกฤตเป็นรูปแบบการทำงานร่วมกันแบบบูรณาการของระบบพลังงาน (Poole et al., 2016) อย่างไรก็ตามการทดสอบ 3 นาทียังเป็นรูปแบบการทดสอบที่สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic work capacity) ได้ (H. C. Bergstrom et al., 2012; Cheng et al., 2012; Vanhatalo et al., 2007) การทดสอบกายพายแบบเต็มที่ 3 นาที เป็นการประยุกต์จากการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยการศึกษาในครั้งนี้จะให้กลุ่มตัวอย่าง ทำการพายโดยไม่กำหนดความหนัก 1-2 นาที จากนั้นจะตามด้วยการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาทีต่อเนื่อง การทดสอบนี้เป็นการลดระยะเวลาในการพายช่วงแรกเพื่อที่จะให้กลุ่มตัวอย่างสามารถออกแรงในการพายได้อย่างเต็มที่ตลอดระยะเวลาที่กำหนด การพายจะควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (WebaScience) ในระหว่างการพายกลุ่มตัวอย่างจะไม่เห็นหน้าจอตัวเลขในระหว่างการพาย เพื่อหลีกเลี่ยงการวางแผนในการพายของกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างจะถูกกระตุ้นให้ออกแรงเต็มที่โดยผู้วิจัย

ตัวแปรในการทดลอง

ตัวแปรด้านสมรรถนะ

ตัวแปรพลังสูงสุดในการพาย (Mpw) ค่าเฉลี่ยของพลัง (Pavr) อัตราการพายต่อนาที (SPM) และ ระยะทางโดยรวม (Dist) จะถูกประเมินและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ WebaScience

เปอร์เซ็นต์การลดของพลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยของพลังในการพายจะคำนวนโดยใช้สูตรเศษส่วน (Fraction) ที่มีค่าพลังการทดสอบระดับสูง (Vickers, 2001) ดังนี้

$$\frac{(S1 - S2)}{S1} x100$$

โดยสมการถูกแทนค่าดังนี้

$S1$ = การแข่งขันครั้งที่

$S2$= การแข่งขันครั้งที่ 2

ตัวแปรทางด้านสรีรวิทยา

กลุ่มตัวอย่างจะสวมใส่สายคาดอกเพื่อวัดเป็นเซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ (PHR) โดยในระหว่างการทดสอบจะควบคุมและบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจ ตลอดเวลาในการทดลอง

ปริมาณแลคเตทในเลือด ([La-]b) ถูกบันทึกในช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกาย หลังการถูกกระตุ้น ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที และหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 โดยจะทำการเจาะเลือดบริเวณติ่งหู (earlobe) ตัวอย่างปริมาณแลคเตทในเลือดจะถูกเก็บที่ปริมาณ 0.7 ไมโครลิตร โดยผู้วิจัยเก็บใส่แผ่นรองรับเลือด จากนั้นจะนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด เพื่อวิเคราะห์ผล โดยบริเวณที่ทำการเจาะจะถูกเช็ดและทำความสะอาดโดยสำลีชุบแอลกอฮอล์ และมีการทำความสะอาดด้วยสำลีสะอาด

ภาพรวมขั้นตอนการทดลอง

การทดลองเริ่มจากกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี ในช่วงเวลา 06.00 - 11.00 น. ของวันที่นัดหมาย จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะทำ

การตรวจปริมาณแลคเตทในเลือด ด้วยอุปกรณ์ ที่ปริมาณ 0.7 มิลลิโมล จากนั้นจะนำเข้าเครื่องวิเคราะห์ปริมาณแลคเตทในเลือด เพื่อทดสอบปริมาณแลคเตทในเลือดในช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกาย ที่ความหนัก 50-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายโดยการดึงเครื่องตามรูปแบบที่กำหนดและทำการพัก 5 นาที เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่รูปแบบการกระตุ้นด้วยโปรแกรมที่กำหนด (โปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้าน(Resistance Protocol; RPT), โปรแกรมการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด (Maximum speed paddle; MSP) โปรแกรมการอบอุ่นร่างกายด้วยตนเอง (Control Group; CON) อย่างใดอย่างหนึ่ง หลังจากได้รับโปรแกรมการกระตุ้นกลุ่มตัวอย่างทำการกระตุ้นเสร็จแล้วกลุ่มตัวอย่างจะทำการตรวจปริมาณแลคเตทในเลือดครั้งที่ 2 โดยกลุ่มตัวอย่างจะทำการนั่งพัก 7-10 นาที และเมื่อครบเวลาที่กำหนดจะทำการตรวจวัดปริมาณแลคเตทในเลือดเป็นครั้งที่ 3 จากนั้นจะเริ่มทำการทดสอบการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที บนเรือคยัควัดงาน โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องพายเต็มที่ และจะไม่ทราบตัวเลขในระหว่างการพายและได้รับการกระตุ้นในการพายจากผู้วิจัยตลอดการทดสอบ เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้วจะทำการนั่งพักประมาณ 6 นาที เพื่อวัดปริมาณแลคเตทในเลือดอีกครั้ง เมื่อกลุ่มตัวอย่างทำการทดลองครั้งที่ 1 เสร็จสิ้น จะทำการพักประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อทำการทดสอบในรูปแบบเดิมอีกครั้ง วิธีการทดลองดังกล่าวเป็นการจำลองการแข่งขันที่มากกว่า 1 ครั้งต่อวันและมีระยะเวลาในการพักระหว่างรอบการแข่งขันหรือรายการแข่งขันประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นกลุ่มตัวอย่างจะทำพักอย่างน้อย 72 ชั่วโมง เพื่อรอทำการทดลองในรูปแบบต่อไป

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางด้านสถิติข้อมูลจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS version 26, IBM, Chicago, Illinois, United States of America) โดยแสดงในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สถิติทดสอบของ ชาพิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk)

เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสุด และค่าเฉลี่ยของพลังในการพาย ในการแข่งขันครั้งที่ 1 และการแข่งขันครั้งที่ 2 แสดงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ย

ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated-measures MANOVA) ในการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปร พลังสูงสุดในการพาย (Maximum power; Mpw) ค่าเฉลี่ยของพลัง (Power average; Pavr) อัตราการพายต่อนาที (Stroke per minute; SPM) ระยะทางโดยรวม (Distance total; Dist) และเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ (Percentage of heart rate; PHR) ร่วมกัน และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลของปริมาณแลคเตทในเลือด (Blood Lactate; [La-]b) ในแต่ละช่วงของการวัด โดยใช้การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์แบบ 2 ทาง

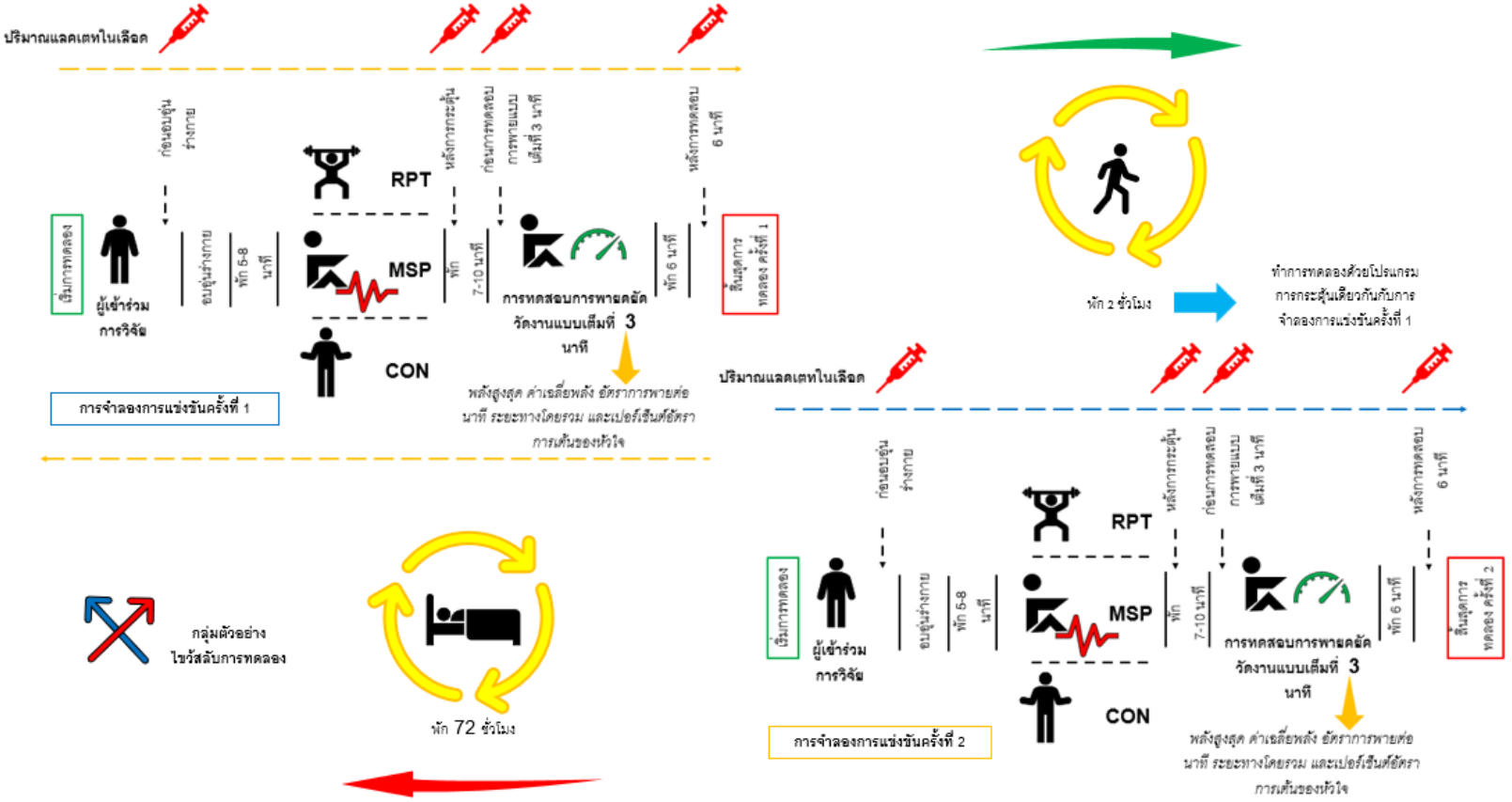
ระหว่างโปรแกรมการทดลองกับช่วงเวลา (การจำลองการแข่งขัน) (Two-way Interaction; Trial X Time) โดยใช้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

หากพบปฏิสัมพันธ์จะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณตัวแปรหลักอย่างง่าย โดยการวิเคราะห์ตัวแปร 3 ระดับ (โปรแกรมการทดลอง) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One way MANOVA) และการวิเคราะห์ตัวแปร 2 ระดับ (ช่วงเวลาการจำลองการแข่งขัน) ใช้สถิติโฮเทลลิ่ง ทีสแควร์ (Hotelling T^2) โดยใช้วิธีการของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni)

หากไม่พบปฏิสัมพันธ์แบบ 2 ทาง จะไม่มีการวิเคราะห์สถิติต่อไป และจะแสดงผลข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นได้แก่ การแจกแจงของข้อมูลปกติ ข้อมูลจะต้องมีความสัมพันธ์กัน และความแปรปรวนเท่ากัน หากไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื่องต้นจะเลือกใช้สถิติ Pillai's Trace ในการอ่านค่าแทน

กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ ทุกสถิติที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพประกอบ 14 ขั้นตอนการทดลองในแต่ละครั้งในการศึกษาที่ 2

ผลการวิจัย

ข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกาย

ข้อมูลองค์ประกอบของทางด้านร่างกายของกลุ่มกลุ่มตัวอย่างแสดงในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตาราง 8) โดยข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วยด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง ประกอบด้วยท่าเบนช์เพรส (Bench Press) และเบนช์โรว (Bench Row)

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยข้อมูลองค์ประกอบทางด้านร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูล		ค่าเฉลี่ย
อายุ (ปี)		26.20 ± 3.70
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		73.10 ± 5.51
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		178 ± 4.48
ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)		53.45 ± 6.10
น้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง (กิโลกรัม)	ท่าเบนช์ เพรส (Bench Press)	111.46 ± 11.09
	ท่าเบนช์ โรว (Bench Row)	109.33 ± 8.10

ด้านสมรรถนะ

พลังสูงสุด ค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม

การวิเคราะห์ตัวแปรทางด้านสมรรถนะภายหลังการได้รับโปรแกรมการถูกกระตุ้นทั้ง 3 รูปแบบในการจำลองครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทางพบว่ามีปฏิสัมพันธ์แบบ 2 ทาง ($p = .013$) (ตาราง 9) ทำให้ต้องมีการแยกตัวแปรในการวิเคราะห์โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว โดยแยกวิเคราะห์ตัวแปร 3 ระดับ (โปรแกรมการทดลอง) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One way MANOVA) และการวิเคราะห์ตัวแปร 2 ระดับ (ช่วงเวลาการจำลองการแข่งขัน) ใช้สถิติโฮเทลลิ่ง ทีสแควร์ (Hotelling T^2) (ตาราง 10)

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสมรรถนะในการพาย โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำ

ผลการทดลอง		F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]
ระหว่างการทดลอง	โปรแกรมการทดลอง	2.032	.047*	.379	.846
ภายในการทดลอง	การจำลองการแข่งขัน	5.376	.002*	.629	.970
	ปฏิสัมพันธ์ (การจำลองการแข่งขัน x โปรแกรมการทดลอง)	2.562	.013*	.435	.931

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำในตัวแปรแต่ละระดับ

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]	Two-way MANOVA
การจำลองการแข่งขัน	พลังสูงสุดในการพาย	6.661	.016*	.217	.697	.002*
	ค่าเฉลี่ยของพลัง	24.117	.001*	.501	.997	
	อัตราการพายต่อนาที	1.413	.246	.056	.207	
	ระยะทางโดยรวม	15.757	.001*	.396	.968	
	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ	7.049	.014*	.227	.722	
โปรแกรมการทดลอง	พลังสูงสุดในการพาย	3.679	.040*	.235	.620	.047*
	ค่าเฉลี่ยของพลัง	.494	.616	.040	.121	
	อัตราการพายต่อนาที	1.440	.257	.107	.278	
	ระยะทางโดยรวม	.645	.534	.051	.145	
	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ	1.537	.236	.114	.294	
ปฏิสัมพันธ์ (การจำลองการแข่งขัน x โปรแกรมการทดลอง)	พลังสูงสุดในการพาย	.942	.404	.073	.194	.013*
	ค่าเฉลี่ยของพลัง	2.224	.130	.156	.408	
	อัตราการพายต่อนาที	.969	.394	.075	.198	
	ระยะทางโดยรวม	1.131	.339	.086	.225	
	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ	1.927	.167	.138	.360	

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียวที่มีตัวแปร 3 ระดับ ในช่วงการจำลองการแข่งขันแต่ละช่วง พบว่าการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังสูงสุดในการพาย (ตาราง 11) เมื่อทำการเปรียบเทียบภายหลังพบว่า พลังสูงสุดในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ (ตาราง 12) ซึ่งพบว่า พลังสูงสุดของการพายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .017$) เมื่ออ่านค่าจากการเปรียบเทียบภายหลัง พบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างของตัวแปรอื่น ๆ ในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]	Two-way MANOVA
โปรแกรมการทดลอง	พลังสูงสุดในการพาย	4.871	.017*	.289	.749	.016
	ค่าเฉลี่ยของพลัง	.044	.957	.004	.056	
	อัตราการพายต่อนาที	1.512	.241	.112	.290	
	ระยะทางโดยรวม	.645	.534	.051	.145	
	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ	2.760	.083	.187	.492	

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

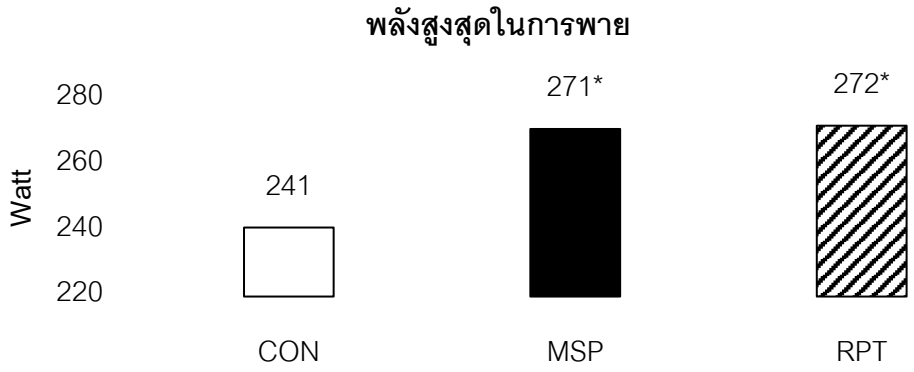
ตาราง 12 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถนะในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

	โปรแกรมการทดลอง	ระยะทางที่ผู้ถูกทดสอบพายได้มากที่สุดในเวลา 1 นาที	ค่าเฉลี่ยของอัตราการตีกลับของน้ำหนักมือต่อพลัง	อัตราการตีกลับของน้ำหนักมือต่อพลัง	ระยะทางที่ผู้ถูกทดสอบพายได้ในเวลา 1 นาที	ค่าเฉลี่ยของอัตราการตีกลับของน้ำหนักมือต่อพลังในช่วงเวลา 1 นาที
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1	CON	241.00 ± 16.02	202.00 ± 13.71	101.78 ± 4.55	633.33 ± 20.02	89.33 ± 2.60
	MSP	271.00 ± 27.26	203.56 ± 13.010	105.00 ± 3.28	642.22 ± 12.04	92 ± 2.12
	RPT	272.00 ± 26.84	203.67 ± 13.09	102.00 ± 2.36	635.22 ± 10.44	89.89 ± 2.85
	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	.017*	.957	.241	.534	.083

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียวที่มีตัวแปร 3 ระดับ ในช่วงการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรด้านสมรรถนะในการพาย (ตาราง 13 และตาราง 14)



การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

โปรแกรมการทดลอง

ภาพประกอบ 15 พลังสูงสุดในการพายของโปรแกรมการทดลองแต่ละรูปแบบในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]	Two-way MANOVA
โปรแกรมการทดลอง	พลังสูงสุดในการพาย	1.335	.280	.093	.262	.517
	ค่าเฉลี่ยของพลัง	.756	.480	.055	.164	
	อัตราการพายต่อนาที	.408	.669	.030	.109	
	ระยะทางโดยรวม	.678	.517	.050	.152	
	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ	.956	.398	.068	.198	

ตาราง 14 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถนะในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

	โปรแกรมการทดลอง	พลังสูงสุดในการพาย	ค่าเฉลี่ยของพลัง	อัตราการพายต่อนาที	ระยะทางโดยรวม	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2	CON	236.88 ± 32.84	195.33 ± 15.00	104.55 ± 3.67	626.66 ± 15.81	90.44 ± 2.78
	MSP	258.40 ± 32.21	197.60 ± 29.75	104.90 ± 3.17	635.00 ± 30.64	92.5 ± 3.37
	RPT	251.70 ± 21.43	186.50 ± 14.81	103.50 ± 3.92	623.00 ± 21.10	91.3 ± 3.52
	ระหว่างโปรแกรมการทดลอง	.280	.480	.669	.517	.398

CON; กลุ่มควบคุม MSP; กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียวกรณีตัวแปรอิสระมี 2 ระดับ (Hotelling T2) ในแต่ละโปรแกรมการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (ตาราง 15) ของตัวแปรด้าน พลังสูงสุดในการพาย ค่าเฉลี่ยของพลัง ระยะทางโดยรวม และเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (Hotelling T^2) ของการจำลองการแข่งขัน

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]
การจำลองการแข่งขัน	พลังสูงสุดในการพาย	6.661	.016*	.217	.697
	ค่าเฉลี่ยของพลัง	24.117	.001*	.501	.997
	อัตราการพายต่อนาที	1.413	.246	.056	.207
	ระยะทางโดยรวม	15.757	.001*	.396	.968
	เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ	7.049	.014*	.227	.722

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P ≤ .05*

เมื่อแยกวิเคราะห์จากสถิติหลักของโปรแกรมการทดลองแต่ละรูปแบบจะพบว่า ในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 กลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจในสูงกว่าการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .012)

กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นด้วยการพายด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยพลัง และระยะทางโดยรวมลดลงในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .011 และ p = .020 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้านมีความแตกต่างกันของ ตัวแปรด้านพลังสูงสุดในการพาย ค่าเฉลี่ยพลัง และระยะทางโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 โดยพลังสูงสุดในการพายมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = .036) ค่าเฉลี่ยพลังในการแข่งขันครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .001) เมื่อเปรียบเทียบกับการแข่งขันครั้งที่ 1 และตัวแปรระยะทางโดยรวมในการแข่งขันครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการแข่งขันครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .003) (ตาราง 16)

ตาราง 16 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถนะในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

โปรแกรมการทดลอง	การจำลองการแข่งขัน	พลังสูงสุดในการพาย	ค่าเฉลี่ยของพลังในการพาย	อัตราการตีต่อนาที	ระยะทางในการพาย	เปอร์เซ็นต์ของการเต้นของหัวใจ
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
CON	1	241.00 ± 16.02	202.00 ± 13.71	101.78 ± 4.55	633.33 ± 20.02	89.33 ± 2.59
	2	236.88 ± 32.84	195.33 ± 15.00	104.55 ± 3.67	626.66 ± 15.81	90.44 ± 2.78
	ระหว่างช่วงเวลา	.770	.182	.089	.263	.012*
MSP	1	271.00 ± 27.26	203.56 ± 3.010	105.00 ± 3.28	642.22 ± 12.04	92.00 ± 2.12
	2	258.40 ± 32.21	197.6 ± 29.75	104.90 ± 3.17	635.00 ± 30.64	92.50 ± 3.37
	ระหว่างช่วงเวลา	.076	.011*	.888	.020*	1.00
RPT	1	272.00 ± 26.84	203.67 ± 13.09	102.00 ± 2.36	642.22 ± 12.01	89.88 ± 2.84
	2	251.70 ± 21.43	186.50 ± 14.81	103.05 ± 3.92	623.00 ± 21.10	91.30 ± 3.52
	ระหว่างช่วงเวลา	.036*	.001*	.674	.003*	.070

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสุดและค่าเฉลี่ยพลังในการพาย

เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยการลดลงของพลังสูงสุดในการพายของการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีเปอร์เซ็นต์การลดงลงของพลังในการพายมากที่สุดที่ 7.46% รองลงมาได้แก่ โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดที่ 4.65% และกลุ่มควบคุมมีการลดลงของพลังสูงสุดที่ 1.70%

ตาราง 17 เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสุดในการพาย

โปรแกรมการทดลอง	การแข่งขันครั้งที่ 1	การแข่งขันครั้งที่ 2	เปอร์เซ็นต์การลดลง
CON	241.00 ± 16.02	236.88 ± 32.86	1.70%
MSP	271.00 ± 27.25	258.40 ± 32.21	4.65%
RPT	272.00 ± 26.84	251.70 ± 21.43	7.46%

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ตาราง 18 เปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าเฉลี่ยพลังในการพาย

โปรแกรมการทดลอง	การแข่งขันครั้งที่ 1	การแข่งขันครั้งที่ 2	เปอร์เซ็นต์การลดลง
CON	202.00 ± 13.71	195.33 ± 15.00	3.30%
MSP	203.55 ± 13.09	197.6 ± 29.75	2.92%
RPT	203.66 ± 13.08	186.50 ± 14.81	8.42%

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ค่าเฉลี่ยของพลังในโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าเฉลี่ยลดลงสูงสุดที่ 8.42% โดยที่กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยการลดงที่ 3.30% และโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยลดลงที่ 2.92%

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสมรรถนะโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางด้านสถิติสามารถสรุปได้ดังนี้

- พลังสูงสุดในการพายของการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 ในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างในตัวแปรอื่น ๆ รวมไปถึงการจำลองการแข่งขันในครั้งที่ 2

- ตัวแปรด้านค่าเฉลี่ยพลังและระยะทางโดยรวม ของกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบมีค่าลดลงในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าเฉลี่ยลดลงของพลังสูงสุดในการพายในการแข่งขันครั้งที่ 2

-เปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสูด และค่าเฉลี่ยของพลังในโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีการลดลงมากกว่าโปรแกรมอื่น ๆ

ด้านสรีรวิทยา

เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณแลคเตทในเลือด

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำร่วมกับตัวแปรด้านสมรรถนะ พบว่า เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างทางสถิติ (p = .889) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแข่งขันครั้งที่ 1 กับการแข่งขันครั้งที่ 2

การวิเคราะห์ตัวแปรทางด้านปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังการได้รับโปรแกรมการถูกกระตุ้นทั้ง 3 รูปแบบในการจำลองครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำพบว่า มีปฏิสัมพันธ์แบบ 2 ทาง (p = .001) (ตาราง 19) ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว โดยแยกวิเคราะห์ตัวแปร 2 ระดับ (โปรแกรมการทดลอง) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One way MANOVA) และการวิเคราะห์ตัวแปร 2 ระดับ (ช่วงเวลาการจำลองการแข่งขัน) ใช้สถิติโฮเทลลิ่ง ทีสแควร์ (Hotelling T^2)

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านสมรรถนะในการพาย โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำ

ผลการทดลอง		F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]
ระหว่างการทดลอง	โปรแกรมการทดลอง	13.924	.001*	.690	1.000
ภายในการทดลอง	การจำลองการแข่งขัน	490.831[b]	.001*	.988	1.000
	ปฏิสัมพันธ์ (การจำลองการแข่งขัน x โปรแกรมการทดลอง)	13.301	.001*	.680	1.000

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05*

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณสองทางแบบวัดซ้ำในตัวแปรแต่ละระดับ

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power[d]	Two-way MANOVA
การจำลองการแข่งขัน	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	425.923	.001*	.940	1.000	.001*
	หลังการกระตุ้น	98.246	.001*	.784	1.000	
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	6.208	.019*	.187	.671	
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	805.062	.001*	.968	1.000	
โปรแกรมการทดลอง	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	221.935	.000*	.943	1.000	.001*
	หลังการกระตุ้น	8.140	.002*	.376	.937	
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	13.848	.000*	.506	.996	
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	3.684	.038*	.214	.627	
ปฏิสัมพันธ์ (การจำลองการแข่งขัน x โปรแกรมการทดลอง)	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	230.883	.000	.945	1.000	.001*
	หลังการกระตุ้น	11.054	.000	.450	.984	
	ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที	2.643	.089	.164	.480	
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	3.264	.054	.195	.572	

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียวที่มีตัวแปร 3 ระดับ ในช่วงการจำลองการแข่งขันแต่ละช่วง พบว่าการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณแลคเตทในเลือด (p = .001) (ตาราง 21) เมื่อทำการเปรียบเทียบภายหลังพบว่าช่วงหลังการกระตุ้น และก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที ในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .001) (ตาราง 22) ค่าเฉลี่ยแสดงดังภาพประกอบ 16 และภาพประกอบ 17

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]	Two-way MANOVA
โปรแกรมการทดลอง	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	2.714	.084	.167	.491	.001*
	หลังการกระตุ้น	9.896	.001*	.423	.972	
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	18.975	.001*	.584	1.000	
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	2.363	.113	.149	.436	

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05*

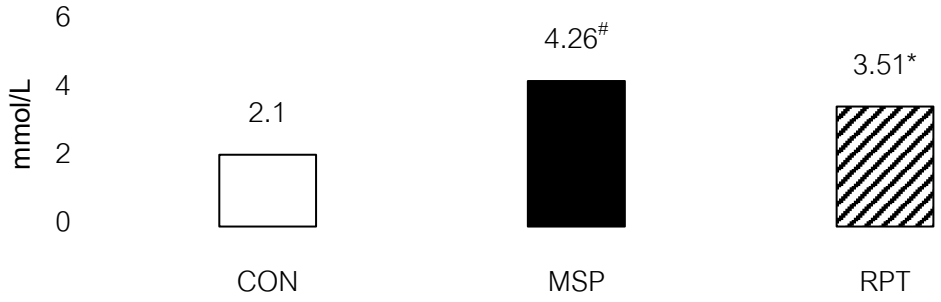
ตาราง 22 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านปริมาณแลคเตทในเลือดในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

	โปรแกรมการทดลอง	**ก่อนการอบอุ่นร่างกาย**	**หลังการกระตุ้น**	**ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที**	**หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6**
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1	CON	1.16 ± 0.51	2.10 ± 0.50	1.62 ± 0.41	10.60 ± 0.86
	MSP	1.31 ± 0.20	4.26 ± 1.46	4.33 ± 1.42	11.44 ± 1.73
	RPT	1.13 ± 0.18	3.51 ± 1.12	2.99 ± 0.82	12. 29 ± 2.30
	การทดสอบระหว่างกลุ่ม	.084	.001*	.001*	.113

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการกระตุ้น



การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

โปรแกรมการทดลอง

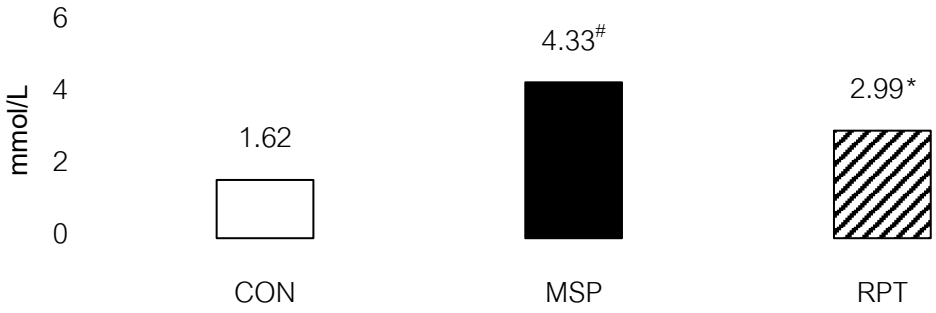
ภาพประกอบ 16 ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการกระตุ้นของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT) และกลุ่มควบคุม (CON)

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที



การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

โปรแกรมการทดลอง

ภาพประกอบ 17 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยแรงต้าน (RPT) และกลุ่มควบคุม (CON)

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณแลคเตทในเลือด (p = .003) (ตาราง 23) เมื่อทำการเปรียบเทียบภายหลังพบว่า ช่วงหลังการกระตุ้น ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที และหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 ในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 (ตาราง 24) ซึ่งพบว่าช่วงหลังการกระตุ้น (ภาพประกอบ 18) ก่อนการพาย 3 นาที (ภาพประกอบ 19) และหลังการพายนาทีที่ 6 (ภาพประกอบ 20) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = .021; p=.006 และ p=.001 ตามลำดับ)

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]	Two-way MANOVA
โปรแกรมการทดลอง	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	1.524	.236	.101	.296	.003*
	หลังการกระตุ้น	4.468	.021*	.249	.717	
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	6.211	.006*	.315	.856	
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	9.120	.001*	.403	.960	

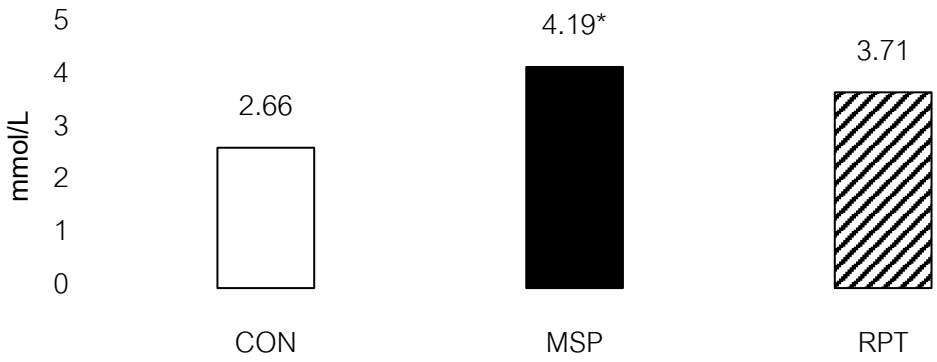
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05*

ตาราง 24 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านปริมาณแลคเตทในเลือดในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

	โปรแกรมการทดลอง	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	หลังการกระตุ้น	ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2	CON	1.49 ± 0.35	2.66 ± 1.28	2.04 ± 1.00	10.01 ± 1.13
	MSP	1.70 ± 0.38	4.19 ± 0.88	3.87 ± 1.56	12.17 ± 1.43
	RPT	1.45 ± 0.29	3.71 ± 1.28	2.84 ± 0.77	13.20 ± 2.31
	การทดสอบระหว่างกลุ่ม	.236	.021*	.006*	.001*

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน



การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

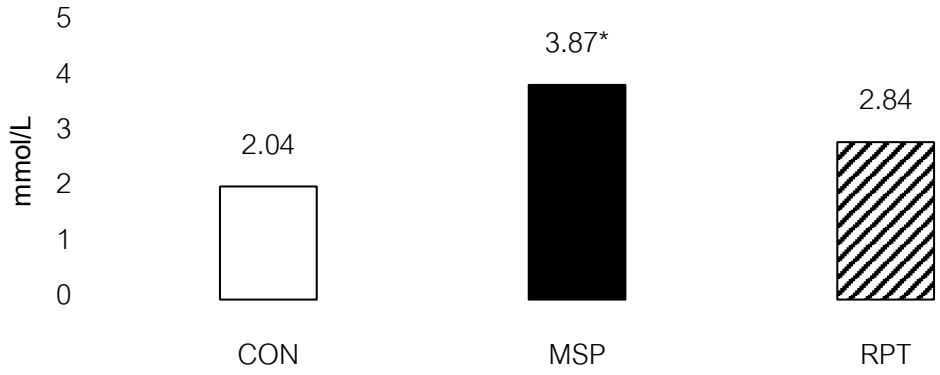
โปรแกรมการทดลอง

ภาพประกอบ 18 ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการกระตุ้นของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที



การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

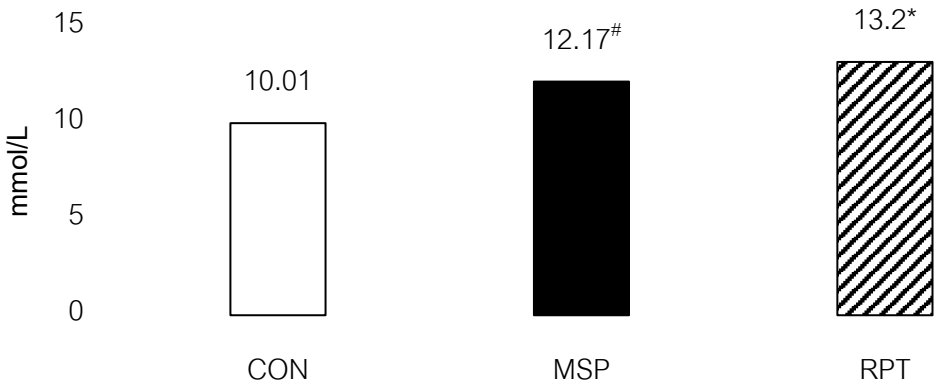
โปรแกรมการทดลอง

ภาพประกอบ 19 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6



การจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

โปรแกรมการทดลอง

ภาพประกอบ 20 ปริมาณแลคเตทในเลือดก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)*

 # แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ p < .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (CON)

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียวกรณีตัวแปรอิสระมี 2 ระดับ (Hotelling T2) ในโปรแกรมการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ (ตาราง 25) โดยพบว่า ช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกาย หลังการถูกกระตุ้น และหลังการพายนาทีที่ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .001$) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = .019$ เมื่อเปรียบเทียบภายหลัง พบว่า ในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแลคเตทในเลือด ในช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกายของการแข่งขันครั้งที่ 2 สูงกว่าการแข่งขันในครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ หลังการได้รับการกระตุ้นในการแข่งขันครั้งที่ 2 ในกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแรงต้าน และกระตุ้นด้วยการพายด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าช่วงเวลาเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับการแข่งขันครั้งที่ 1 และหลังการพายนาทีที่ 6 ในการแข่งขันครั้งที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแรงต้านและการพายด้วยความเร็วสูงสุดจะมีค่าสูงกว่าการแข่งขันครั้งที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$ (ตาราง 26)

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (Hotelling T^2) ของปริมาณแลคเตทในเลือดของการจำลองการแข่งขัน

ข้อมูล	ตัวแปร	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power [d]
การจำลองการแข่งขัน	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	425.923	.001*	.940	1.000
	หลังการกระตุ้น	98.246	.001*	.784	1.000
	ก่อนการทดสอบการพาย 3 นาที	6.208	.019*	.187	.671
	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6	805.062	.001*	.968	1.000

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

ตาราง 26 การเปรียบเทียบภายหลังค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละโปรแกรมการทดลองในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

โปรแกรมการทดลอง	การจำลองการแข่งขัน	ก่อนการอบอุ่นร่างกาย	หลังการกระตุ้น	ก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที	หลังการทดสอบการพายนาทีที่ 9
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
CON	1	1.16 ± 0.51	2.10 ± 0.50	1.62 ± 0.41	10.60 ± 0.86
	2	1.49 ± 0.35	2.66 ± 1.28	2.04 ± 1.00	10.01 ± 1.13
	การทดสอบระหว่างช่วงเวลา	.033*	.055	.010*	.001*
MSP	1	1.31 ± 0.20	4.26 ± 1.46	4.33 ± 1.42	11.44 ± 1.73
	2	1.70 ± 0.38	4.19 ± 0.88	3.87 ± 1.56	12.17 ± 1.43
	การทดสอบระหว่างช่วงเวลา	.001*	.001*	.712	.001*
RPT	1	1.13 ± 0.18	3.51 ± 1.12	2.99 ± 0.82	12. 29 ± 2.30
	2	1.45 ± 0.29	3.71 ± 1.28	2.84 ± 0.77	13.20 ± 2.31
	การทดสอบระหว่างช่วงเวลา	.001*	.001*	.066	.001*

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < .05$*

CON; กลุ่มควบคุม MSP; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และ RPT; โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ สามารถสรุปได้ดังนี้

- เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจในกลุ่มทดลองในการแข่งขันครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าครั้งที่ 1 แต่ไม่มีความแตกต่างในเวลาการทดลอง และโปรแกรมการทดลองอื่น ๆ

- ปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการกระตุ้นในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมในช่วงหลังได้รับการกระตุ้น โดยที่กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีปริมาณแลคเตทในเลือดสูงต่อเนื่องไปจนถึงช่วงก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที

- ปริมาณแลคเตทในเลือดช่วงการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในช่วงหลังการกระตุ้นและก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที และหลังการทดสอบการพายในนาทีที่ 6 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุม

เปรียบเทียบปริมาณแลคเตทในเลือดระหว่างช่วงเวลาการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และการแข่งขันครั้งที่ 2 พบว่าช่วงเวลาก่อนการอบอุ่นร่างกายในช่วงการจำลองการแข่งขัน 2 ของทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 เช่นเดียวกับช่วงภายหลังการพายในนาที่ 6 ทุกกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกับการแข่งขันครั้งที่ 1

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มสมรรถนะความสามารถในการทำงานของร่างกายที่เพิ่มขึ้น โดยอาศัยการกระตุ้นกล้ามเนื้อมัดหลักที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของกีฬาชนิดนั้น ๆ ภายหลังการกระตุ้นจะมีช่วงเวลาในการพัก เพื่อที่จะให้ร่างกายมีการตอบทางด้านกลไกของสรีรวิทยาเพื่อสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของแรงหรือพลัง วิธีการดังกล่าวจะช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านความเร็ว พลัง และความแข็งแรงเป็นหลัก โดยจะช่วยเพิ่มสมรรถนะให้กับนักกีฬาในช่วงก่อนการฝึกซ้อมและแข่งขันได้เป็นอย่างดี ซึ่งกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ คือหนึ่งในกีฬาที่อาศัยสมรรถนะด้านความเร็วและพลังเป็นสมรรถนะหลักในการแข่งขัน นักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์อาจจะได้รับประโยชน์จากวิธีการดังกล่าว การศึกษาในครั้งนี้จึงถูกแบ่งออกเป็น 2 การศึกษาได้แก่ การศึกษาที่ 1 ผลฉับพลันของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นต่อสมรรถนะเรือคยัค สปริ้นท์ โดยเป็นการศึกษาเกี่ยวกับเปรียบเทียบโปรแกรมการกระตุ้นโดยใช้แรงต้านและโปรแกรมการพายเรือคยัคบนเครื่องวัดงานด้วยความเร็วสูงสุด ตามด้วยการทดสอบสมรรถนะในการพายเรือแบบเต็มที่ 3 นาที โดยศึกษาตัวแปรสมรรถนะที่เกี่ยวข้องในการพาย และตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบและแต่ละช่วง ที่เกิดขึ้นของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น และการศึกษาที่ 2 การประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในการจำลองการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นจากการศึกษาที่ 1 มาประยุกต์ใช้ในระหว่างการจำลองการแข่งขัน 2 ครั้งภายใน 1 วัน ทำการศึกษาตัวแปรสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการพาย และตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นในแต่ละโปรแกรมการกระตุ้นและช่วงเวลาของการแข่งขันทั้ง 2 ครั้ง

อภิปรายผลการศึกษาที่ 1

สมรรถนะในการพาย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของวิจัยการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย โดยเป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบไขว้สลับ และใช้แผนการทดลองในการวิจัยแบบลาตินสแควร์ โดยผลการศึกษาพบว่า วิธีการการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในรูปแบบการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดและโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านสามารถช่วยเพิ่มพลังสูงสุดในระหว่างการทดสอบการพายแบบ

เต็มที่ 3 นาที อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างในตัวแปรด้านค่าเฉลี่ยพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม

ผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับทางด้านสมรรถนะในการพายในรูปแบบการกระตุ้นด้วยการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านในช่วงการปรับสภาพล่วงหน้าสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านพลังสูงสุดในการพาย (Borba et al., 2017; Brink et al., 2021; Michal Krzysztofik et al., 2021) การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะด้านพลังและความเร็วเป็นกลไกทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นภายหลังได้รับการกระตุ้น โดยวิธีการกระตุ้นที่มีลักษณะการออกแรงสูงสุดแบบเต็มที่ในระยะเวลาสั้น ๆ (Heckman & Enoka, 2012) หรือการใช้แรงต้าน จะเพิ่มระดับของการขับเคลื่อนระบบประสาท (Neural drive) ซึ่งเกิดจากการระดมการทำงานของหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อ (Motor unit) การทำงานดังกล่าวจะมีการปลดปล่อยศักยภาพของอัตราการเข้ารหัส (Rate coding) ซึ่งอัตราการเข้ารหัสจะมีส่วนสำคัญในการสร้างพลังและความเร็วของกล้ามเนื้อซึ่งนำไปสู่การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ (Maximum voluntary contraction; MVC) เมื่อมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) ที่เพิ่มมากขึ้นอัตราการเข้ารหัสจะทำได้ดีมากขึ้น และส่งผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มากขึ้น จึงทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยแรงสูงสุดมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Heckman & Enoka, 2012) อย่างไรก็ตามกระบวนการทำงานดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในระหว่างการเคลื่อนไหว เมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งอัตราการเข้ารหัสจะมีการคายประจุของเซลล์ประสาทลดลงอย่างต่อเนื่อง (Enoka & Duchateau, 2017) การปรับลดอัตราที่เกิดขึ้นดังกล่าวเป็นผลจากการทำงานของเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) และการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ (Taylor et al., 2016) ทำให้การทำงานของอัตราการเข้ารหัสลดลง ทำให้ผลจากการกระตุ้นที่มีการระดมหน่วยยนต์ในการทำงานก่อนหน้านี้ลดประสิทธิภาพลง

กลไกดังกล่าวส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนาแรง (Aagaard et al., 2002; Tillin & Bishop, 2009) นอกจากนี้การใช้แรงต้านมาช่วยในการกระตุ้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัว (Muscle Stiffness) ภายหลังวิธีการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน (Dankel & Razzano, 2020) โดยการแข็งตัวของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการได้รับแรงต้านหรือการกระตุ้นนั้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงจากกล้ามเนื้อ (Edman & Josephson, 2007) กลไกที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อดังกล่าวจึงส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อในระหว่างการพายชั่วขณะ การเพิ่มขึ้นของพลังภายหลังได้รับการกระตุ้น จึงมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเกิดขึ้นของแรงภายหลังได้รับการกระตุ้น เช่น การไหลเวียนของของเหลวหรือน้ำที่ไหลเวียนภายในกล้ามเนื้อ ซึ่งน้ำหรือของเหลวจะ

ไหลเวียนเข้าสู่เส้นใยกล้ามเนื้อภายหลังการกระตุ้น กลไกดังกล่าวอาจจะเป็นตัวกระตุ้นทำให้มีการเพิ่มขึ้นของการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Eng & Roberts, 2018) ส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development: RFD) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของแรงที่เพิ่มขึ้นภายหลังการถูกกระตุ้น เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ ภายหลังได้รับการกระตุ้น (Edman & Josephson, 2007).

จากการที่เกิดการไหลเวียนของของเหลวภายในกล้ามเนื้อมีการไหลเวียนเพิ่มอาจจะส่งผลทำให้มีปัจจัยทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อเช่น มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ (Blazevich & Babault, 2019) โดยกลไกการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะมีการเพิ่มขึ้นภายหลังการอบอุ่นร่างกาย สอดคล้องกับการอบอุ่นร่างกายโดยการถูกกระตุ้นโดยการใช้โหลดที่สูงมากขึ้น จะทำให้ร่างกายมีความร้อนในกล้ามเนื้อที่มากกว่าปกติ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่า กลไกทางด้านสรีรวิทยาที่เกี่ยวของกับการไหลเวียนของเลือดหรือของเหลวในร่างกาย และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอาจจะเป็นปัจจัยส่งผลต่อแรงและความเร็วภายหลังการถูกกระตุ้น (Blazevich & Babault, 2019; Eng & Roberts, 2018) นอกจากนี้ระดับความตื่นตัวของร่างกายภายหลังได้รับการกระตุ้นในรูปแบบที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วยังมีความสัมพันธ์กับพลังของกล้ามเนื้อ (Schmidt et al., 2009) ข้อเท็จจริงจากการศึกษาดังกล่าวอาจจะเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เกิดขึ้นจากวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นร่วมกับการไหลเวียนของของเหลวในร่างกาย และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อ (Blazevich & Babault, 2019) วิธีการกระตุ้นด้วยแรงต้านที่ความหนักสูงปริมาณต่ำ (Chatzopoulos et al., 2007; Garbisu-Hualde & Santos-Concejero, 2021; Michal Krzysztofik et al., 2021) และวิธีการออกแรงเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ (Akca & Aras, 2018; Bishop et al., 2003; Živanović, 2022) ในช่วงการเตรียมความพร้อมหรือการอบอุ่นร่างกาย จึงเป็นวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มอัตราการพัฒนาแรงในการพายได้ (Borba et al., 2017; Cuenca-Fernández et al., 2020; Mason et al., 2020).

การตอบสนองด้านสรีรวิทยา

การศึกษาทางด้านปริมาณแลคเตทในเลือด โดยการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองพบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดและโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุมในช่วงเวลาหลังการกระตุ้น และช่วงเวลาก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าเฉลี่ยของการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดที่สูงกว่า

กลุ่มควบคุมในช่วงเวลาหลังการทดสอบการพายในนาทีที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบภายในช่วงเวลาของแต่ละกลุ่มการทดลองพบว่าทุกช่วงเวลาของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน ยกเว้น ช่วงเวลาหลังการกระตุ้น และช่วงเวลาก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที ของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด และโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน

ภายหลังการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดในระหว่างการกระตุ้นจนถึงช่วงหลังการกระตุ้นร่างกายจะมีการใช้พลังงานในระดับสูง โดยเฉพาะภายหลังวิธีการใช้แรงต้านในการกระตุ้นจะทำให้เกิดการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดสูงขึ้น (Lawson et al., 2022; Linnamo et al., 1998) และปริมาณแลคเตทในเลือดดังกล่าวยังคงสภาพในร่างกาย เนื่องจากภายหลังการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านกล้ามเนื้อจะอยู่ในสภาวะขาดเลือดและอยู่ในช่วงเวลาภายใต้ความตึงตัวสูง (Time under tension; TUT) ร่างกายจึงความต้องการในการใช้พลังงานโดยเฉพาะการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนมากขึ้นในกล้ามเนื้อมากขึ้น (Scott, 2006; Scott et al., 2011) โดยการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนส่งผลให้ปริมาณแลคติกในร่างกายเพิ่มขึ้นฉับพลัน (Gentil et al., 2006; Lopes et al., 2018; Wirtz et al., 2014) สอดคล้องกับรูปแบบการกระตุ้นด้วยการออกแรงสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งเป็นการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเป็นต้นตอของการเกิดการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือด ทำให้ปริมาณแลคเตทในเลือดดังกล่าวยังคงอยู่ในร่างกายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (Goodwin et al., 2007; Sang-Yong et al., 2018) ภายหลังการได้รับการกระตุ้นไปแล้ว ทำให้วิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อในช่วงการเตรียมความพร้อมหรือการอบอุ่นของร่างกายจะมีการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดที่สูงกว่าการอบอุ่นร่างกายด้วยตนเอง

ในระหว่างการพายเรือคยัคโดยการออกแรงสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจจะมีค่าเฉลี่ยสูงมากกว่า 89% ของอัตราเต้นของหัวใจสูงสุด (Michael et al., 2008; Van Someren & Oliver, 2002) โดยมีการพลังงานจากอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate; ATP) ในการทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะการหดตัวและคลายตัว (Barclay, 2017) ด้วยความเร็วสูงและเกิดการสันดาปพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นหลัก ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือด (Gentil et al., 2006; Wirtz et al., 2014) ที่สูงขึ้น ส่งผลทำร่างกายมีการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังการทดสอบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นภายหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 (Jones et al., 2015; Perret & Mueller, 2007). จากการที่วิธีการออกกำลังกายด้วยแรงต้านก่อให้เกิดการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดระดับที่สูง (Brown et al., 1990; Linnamo et al., 1998; Lopes et al., 2018; Wirtz et al., 2014) เกิดจากผลของช่วงเวลาภายใต้ความตึงตัว

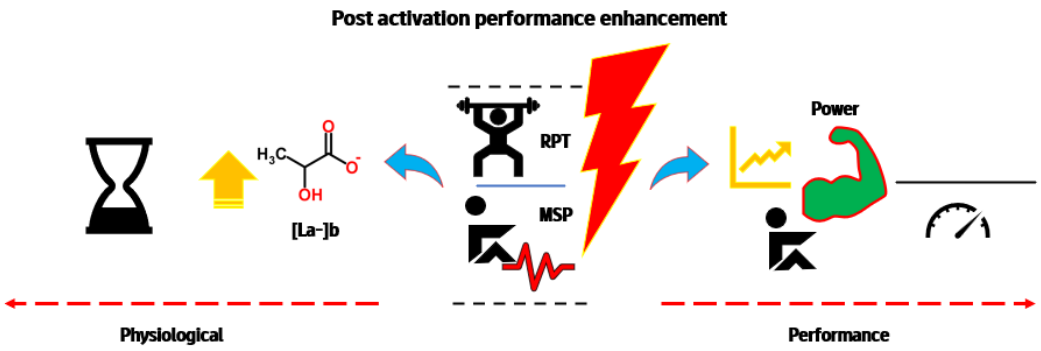
กล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายแบบแรงต้านทำให้เกิดความล้าภายในกล้ามเนื้อสูงกว่ารูปแบบการออกกำลังกายโดยกายที่ไม่ใช้แรงต้าน (Tran et al., 2006) กลไกดังกล่าวทำให้การทำงานของกล้ามเนื้ออยู่ในสภาวะความล้าที่สูงกว่าวิธีการอื่น ๆ ซึ่งส่งผลต่อการคงสภาพของปริมาณแลคเตทในเลือดถึงช่วงภายหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6

สรุปผลการศึกษาที่ 1

กลยุทธ์วิธีการปรับสภาพล่วงหน้าโดยใช้หลักการเพิ่มสมรรถนะภายหลังกายถูกกระตุ้นโดยวิธีการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและโปรแกรมการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดในช่วงระหว่างการเตรียมความพร้อมอบอุ่นร่างกาย สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านพลังสูงสุดในการพายได้อย่างดี แต่ไม่มีความแตกต่างด้าน ค่าเฉลี่ยของพลัง อัตราการพายต่อนาที และระยะทางโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบกับการอบอุ่นร่างกายด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามกลับพบว่าแนวโน้มของ วิธีการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยพลังลดลง ซึ่งการลดลงของตัวแปรดังกล่าวสอดคล้องกับระยะทางโดยรวมที่ลดลงเช่นกัน อย่างไรก็ดีโปรแกรมการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยพลังและระยะทางโดยรวมที่ดีกว่า ตามข้อมูลดังกล่าวเป็นเพียงแค่แนวโน้ม และยังไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิติ ซึ่งจากการที่แนวโน้มของค่าเฉลี่ยพลังหรือระยะทางโดยรวมในกลุ่มที่มีการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้านมีแนวโน้มที่ต่ำกว่ารูปแบบอื่น ๆ อาจจะเกิดขึ้นจากความล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการได้รับโปรแกรมการกระตุ้น ซึ่งสามารถประเมินจากผลจากการเพิ่มขึ้นของการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดของโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงภายหลังการถูกกระตุ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดดังกล่าวอาจจะไม่สามารถบ่งบอกถึงสภาวะความล้าที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด

จากการที่วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในรูปแบบของการใช้แรงต้านหรือการออกแรงพายด้วยความเร็วสูงสุดจะมีการเพิ่มขึ้นของการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดในระดับสูง ปริมาณแลคเตทในเลือดดังกล่าวอาจจะไม่มีผลด้านลบต่อสมรรถนะพลังสูงสุดในการพาย แต่อาจจะส่งผลต่อความล้าภายในกล้ามเนื้อ เมื่อดูจากข้อมูลปริมาณแลคเตทในเลือดหลังการทดสอบการพายนาทีที่ 6 ของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ร่วมกับข้อมูลด้านค่าเฉลี่ยของพลังมาวิเคราะห์ร่วม อาจจะเป็นข้อมูลสนับสนุนของข้อมูลดังกล่าวได้ว่า ภายหลังการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน กลไกด้านสรีรวิทยามีความแตกต่างกับวิธีการกระตุ้นแบบอื่น ๆ

การใช้แรงต้านมากระตุ้นอาจจะให้กล้ามเนื้อที่ได้รับการกระตุ้นอยู่ในสภาวะตึงตัวในระดับสูง ความตึงตัวดังกล่าวอาจจะช่วยสนับสนุนให้เกิดแรงสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้ออาจจะลดลง ซึ่งแตกต่างกับการกระตุ้นโดยการออกแรงพายด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งเป็นรูปแบบที่อาจจะช่วยสนับสนุนกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อได้ดีกว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง ความแตกต่างของวิธีการทั้ง 2 รูปแบบจะส่งผลอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการพายที่ระยะเวลานานขึ้น นอกจากนี้การประเมินความล้าที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้ออาจจะไม่สามารถที่จะสรุปได้โดยใช้ปริมาณแลคเตทในเลือดเพื่อวัดปริมาณความล้าเพียงอย่าง



ภาพประกอบ 21 ภาพรวมผลการศึกษาที่ 1

อภิปรายผลการศึกษาที่ 2

สมรรถนะในการพาย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของวิจัยการประยุกต์วิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ต่อสมรรถนะและสรีรวิทยาในการจำลองการแข่งเรือคยัค สปริ้นท์ จำนวน 2 ครั้ง ในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ ทีมชาติไทย โดยเป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบไขว้สลับ และใช้แผนการทดลองในการวิจัยแบบลาตินสแควร์ ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมการกระตุ้นโดยใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นวิธีที่สามารถช่วยเพิ่มพลังสูงสุดในการพายได้มากกว่ากลุ่มควบคุมในช่วงการแข่งขันครั้งที่ 1 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของตัวแปรด้าน

อื่น ๆ และความแตกต่างของสมรรถนะในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาของการจำลองการแข่งขันในแต่ละโปรแกรมการทดลองพบว่า สมรรถนะของการพายไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติระหว่างการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของทุกโปรแกรมการทดลอง แต่เมื่อดูจากค่าเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม พบว่าโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้าน ค่าเฉลี่ยของพลังในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 มีค่าลดลงจากการจำลองการแข่งขันในครั้งที่ 1 สอดคล้องกับระยะทางโดยรวมมีค่าลดลงจากการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยวิธีดังกล่าวเช่นกัน อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางด้านตัวแปรสมรรถนะอื่น ๆ รวมไปถึงโปรแกรมการทดลองอื่น ๆ

การเพิ่มขึ้นของพลังสูงสุดมีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ 1 ซึ่งภายหลังได้รับโปรแกรมการกระตุ้นโดยใช้แรงต้านและการออกแรงในการพายด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ จะช่วยให้สมรรถนะด้านพลังสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้น (Borba et al., 2017; Brink et al., 2021; M. Krzysztofik et al., 2021) จากการขับเคลื่อนระบบประสาท (Neural drive) ซึ่งการขับเคลื่อนดังกล่าวเกิดจากการที่หน่วยยนต์ (Motor unit) จะมีการปลดปล่อยศักยภาพของอัตราการเข้ารหัส (Rate coding) ภายหลังได้รับการกระตุ้น โดยอัตราการเข้ารหัสจะมีการควบคุมพลังและความเร็วของกล้ามเนื้อเป็นหลัก (Enoka & Duchateau, 2017) กระบวนการดังกล่าวจะมีการปลดปล่อยศักยภาพและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาในระหว่างการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะสภาวะการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ความเร็วสูงและนำไปสู่การหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ (Maximum voluntary contraction; MVC) เมื่อมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) ที่มากขึ้นจะทำให้เซลล์สั่งการระบบประสาทกล้ามเนื้อมีการสั่งกระตุ้นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มากขึ้น เมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นมากเท่าไหร่ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะสามารถทำได้ดีขึ้น (Heckman & Enoka, 2012) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้วิธีการกระตุ้นมีการเพิ่มขึ้นของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ และเมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งอัตราการเข้ารหัสจะมีการคายประจุของเซลล์ประสาทลดลงอย่างต่อเนื่อง (Enoka & Duchateau, 2017) การปรับลดอัตราที่เกิดขึ้นดังกล่าวเป็นผลจากการทำงานของเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) และการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหว (Taylor et al., 2016) ทำให้การทำงานของอัตราการเข้ารหัสลดลง ซึ่งนำไปสู่การขับเคลื่อนของระดับการขับเคลื่อนระบบประสาท

กลไกดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการทำงานของหน่วยยนต์และอัตราการเข้ารหัสมีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดแรงสูงสุดอัตโนมัติ และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนาแรง (Aagaard et al., 2002; Tillin & Bishop, 2009) นอกจากนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าการใช้แรงต้าน

มาใช้ในการกระตุ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle stiffness) ภายหลังการออกแรงกับแรงต้านภายนอก (Dankel & Razzano, 2020) ซึ่งอาจจะส่งผลต่อระดับการเพิ่มขึ้นของอัตราการพัฒนาแรง โดยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของค่าพลังดังกล่าวเกิดจากการทำงานที่เกิดขึ้นเองของกล้ามเนื้อ ภายหลังได้รับการกระตุ้น (Edman & Josephson, 2007) การเพิ่มขึ้นดังกล่าวอยู่ภายใต้ทฤษฎีของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของของเหลวภายในกล้ามเนื้อ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น (Eng & Roberts, 2018) รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของกล้ามเนื้อที่เกิดจากไหลเวียนของของเหลวภายในกล้ามเนื้อมากขึ้น (Blazevich & Babault, 2019) ทำให้กลไกดังกล่าวมีการสนับสนุนของพลังหรือความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ อีกทั้งปัจจัยทางด้านการตื่นตัวของกล้ามเนื้อที่อาจจะมีความเกี่ยวข้องดังกล่าว (Schmidt et al., 2009) อย่างไรก็ตามวิธีการกระตุ้นไม่สามารถช่วยเพิ่มพลังสูงสุดหรือสมรรถนะด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพายในครั้งที่ 2 ได้ เนื่องจากปัจจัยที่สภาวะกล้ามเนื้อมีความล้าสะสมจากการแข่งขันในครั้งที่ 1

ภายหลังจากการจำลองการแข่งครั้ง 1 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีการลดลงของสมรรถนะด้านค่าเฉลี่ยพลังในการพายจากการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 ความเหนื่อยล้าดังกล่าวที่เพิ่มถูกสะสมจากการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านจลนศาสตร์ส่งผลทำให้ความเร็วลดลงในระหว่างการแข่งขัน (Knicker et al., 2011) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gallo-Salazar et al. (2017) ที่ได้อธิบายว่าการแข่งขัน 2 ครั้งในวันเดียวกันจะส่งผลทำให้สมรรถนะของนักกีฬาลดลง จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าส่งผลต่อการลดลงของสมรรถนะในกลุ่มที่ใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านเท่านั้น โดยการลดลงของสมรรถนะดังกล่าวไม่เกิดขึ้นในรูปแบบการกระตุ้นด้วยวิธีการอื่น ๆ อย่างไรก็ตามความแปรผันของสมรรถนะที่เกิดขึ้นและแตกต่างกันอาจจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมปัจจัยภายนอกของนักกีฬาในระหว่างช่วงการพัก (Atkinson et al., 2005) สภาพความพร้อมของร่างกายหรือโปรแกรมการกระตุ้นที่ได้รับ เนื่องจากผลที่เกิดขึ้นจากการกระตุ้นด้วยวิธีการใช้แรงต้านจะทำให้กล้ามเนื้ออยู่ในช่วงเวลาภายใต้ความตึงตัวสูง (Time under tension; TUT) และคงอยู่ในสภาวะขาดเลือดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ในกล้ามเนื้อ (Scott, 2006) ทำให้กล้ามเนื้อมีความล้าสะสมมากกว่ารูปแบบอื่น ๆ (Tran et al., 2006) และส่งผลไปยังการแข่งขันครั้งที่ 2

สภาวะดังกล่าวส่งผลต่อสมรรถนะทางด้านร่างกาย ทำให้การแข่งขันในครั้งที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแรงต้านมีการลดลงของเปอร์เซ็นต์ของพลังสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยพลังในการพายมากกว่าโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการออกแรงพายด้วยความเร็วสูงสุดหรือการ

อบอุ่นร่างกายด้วยตนเองอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าในทางสถิติจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทางปฏิบัติความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การลดลงของพลังสูงสุดหรือค่าเฉลี่ยของพลังเพียงเล็กน้อยอาจจะทำให้เกิดความแตกต่างด้านผลการแข่งขัน การนำรูปแบบการกระตุ้นไปใช้กับนักกีฬาจำเป็นต้องคำนึงถึงผลที่ได้จากโปรแกรมการกระตุ้นมากกว่าความแตกต่างทางสถิติ จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าความแตกต่างของสมรรถนะที่เกิดขึ้นระหว่างการจำลองการแข่งขันในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านอาจจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเช่น สภาวะความสมดุลของร่างกาย ความตื่นตัวของร่างกาย (Behrens et al., 2023) ช่วงเวลาพักระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย และสภาพแวดล้อมช่วงเวลาการแข่งขันของแต่ละวัน (Jeffrey et al., 2020) ปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อความสามารถทางด้านร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมที่ความหนักสูง (Chaâri et al., 2015) ในทางกลับกัน การกระตุ้นด้วยการพายด้วยความเร็วสูงสุดช่วยรักษาระดับสมรรถนะในการแข่งขันครั้งที่ 2 ได้ดีกว่า

จากการจำลองการแข่งขันกำหนดระยะเวลาพักระหว่างการแข่งขันที่สอดคล้องและใกล้เคียงสถานการณ์การแข่งขันจริงซึ่งมีระยะเวลาห่างกัน 2 ชั่วโมง โหลดที่ใช้ในการกระตุ้นอาจจะเกิดการสะสมที่มากเกินไป จนทำให้ค่าเฉลี่ยของพลังในการพายลดลง อย่างไรก็ตามปัจจัยของระยะเวลาของการแข่งขันที่มากหรือน้อยอาจจะไม่ส่งผลต่อสมรรถนะในการแข่งขัน ของนักกีฬาที่มีระบบการฝึกซ้อมที่ดีและมีการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง (Kusumoto et al., 2021) นอกจากนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อในแต่ละวันอาจจะส่งผลต่อความสามารถในการหดตัวที่ดีขึ้นของกล้ามเนื้อหรืออาจจะเกิดความล้าที่สูงขึ้นจนส่งผลต่อสมรรถนะได้เช่นกัน (Castaingts et al., 2004).

การตอบสนองด้านสรีรวิทยา

การศึกษาด้านการตอบสนองในระหว่างการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 พบว่า เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจไม่มีความแตกต่างกันในทุกโปรแกรมการทดลอง และช่วงการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 ด้านปริมาณแลคเตทในเลือดพบว่า หลังการกระตุ้นในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยที่กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดสูงต่อเนื่องไปจนถึงช่วงก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที นอกจากนี้ ปริมาณแลคเตทในเลือดที่สูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการกระตุ้นด้วยแรงต้านในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 ยังคงมีค่าเฉลี่ยสูงต่อเนื่องไปจนถึงช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกายในช่วง

ก่อนการแข่งขันครั้งที่ 2 และปริมาณแลคเตทในเลือดในช่วงการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในช่วงหลังการกระตุ้นและก่อนการทดสอบการพายแบบเต็มที่ 3 นาที และพบว่าปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังการทดสอบการพายแบบเต็มที่ในนาทีที่ 6 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเฉลี่ยของปริมาณแลคเตทในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุม

การเพิ่มขึ้นของปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังการได้รับการกระตุ้นมีค่าสูงขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาผลฉับพลันของโปรแกรมการกระตุ้นซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังการกระตุ้นเกิดจากร่างกายมีการใช้พลังงานในระดับที่สูง(Khamros et al., 2023) โดยวิธีการใช้แรงต้านทำให้เกิดการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดมีค่าสูงขึ้น (Lawson et al., 2022; Linnamo et al., 1998) เช่นเดียวกับการออกแรงพายเพื่อกระตุ้นในระยะเวลาสั้น ๆ (Sang-Yong et al., 2018) กลไกดังกล่าวมีการทำงานของกล้ามเนื้ออยู่ในภายใต้ความตึงตัวสูง (Time under tension; TUT) และการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการสันดาปพลังงาน (Scott et al., 2011) ทำให้เกิดการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดฉับพลัน (Gentil et al., 2006; Lopes et al., 2018; Scott, 2006; Wirtz et al., 2014) ซึ่งปริมาณแลคเตทในเลือดดังกล่าวยังคงสะสมอยู่ในร่างกายระยะหนึ่งก่อนที่จะมีการสลายในเวลาต่อมา (Goodwin et al., 2007; Sang-Yong et al., 2018) โดยที่การสลายของปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังการออกกำลังกายที่ความหนักสูง 3-5 นาที จะใช้เวลาในการกลับคืนมาใกล้เคียงสภาวะปกติต้องใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง (Mishchenko, 2013) ซึ่งในระหว่างการพักระหว่างการจำลองการแข่งขัน นักกีฬามีการพักแบบมีการเคลื่อนไหวและอยู่กับที่ควบคู่กันเพื่อฟื้นสภาพร่างกายและเตรียมความพร้อมสำหรับการแข่งขันครั้งถัดไป ซึ่งการฟื้นคืนสภาพแบบมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหวเป็นวิธีการสลายปริมาณแลคเตทในเลือดได้ดีที่สุด (Miladi et al., 2011; Monedero & Donne, 2000).

จากการที่ภายหลังการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 มีการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดค่อนข้างสูงการใช้ระยะเวลาฟื้นคืนก่อนการแข่งขันครั้งที่ 2 มีเวลาค่อนข้างจำกัด โดยพบว่าปริมาณแลคเตทในเลือดช่วงก่อนการอบอุ่นร่างกายครั้งที่ 1 สูงกว่าช่วงการอบอุ่นร่างกายครั้งที่ 2 โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยด้วยแรงต้านนั้นมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทั้งการเปรียบเทียบภายในกลุ่มและการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ความแตกต่างดังกล่าวอาจจะมาจากสาเหตุจากความล้าหรือปวดระบมของกล้ามเนื้อหลังการแข่งขันที่ใช้ความหนักสูง ประกอบ

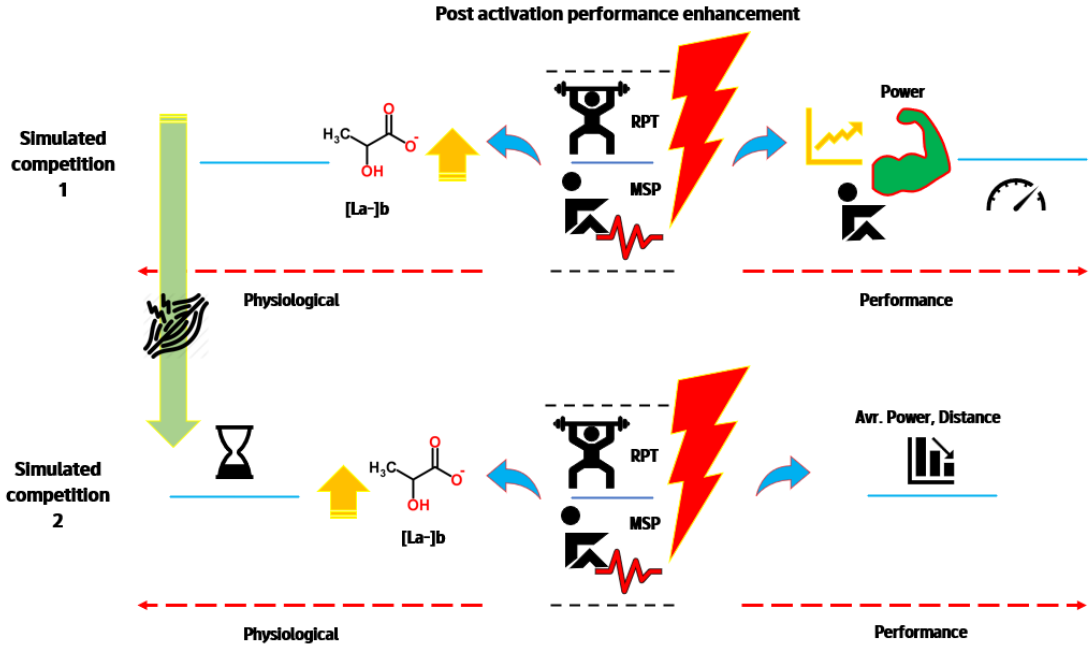
กับการได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยวิธีการใช้แรงต้าน ส่งผลทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงในช่วงระยะเวลาหลายชั่วโมง (Balnave & Thompson, 1993; Clarkson et al., 1992) โดยปริมาณแลคเตทในเลือดอาจจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดสภาวะดังกล่าว (Manojlović & Erčulj, 2019) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบวิเคราะห์จากปริมาณแลคเตทในเลือดและสมรรถนะควบคู่กัน จะพบว่า ในช่วงการแข่งขันครั้งที่ 2 ปริมาณแลคเตทในเลือดไม่ได้บ่งบอกถึงการเกิดความล้าเพียงอย่างเดียว (Brooks, 2001) เนื่องจากกลุ่มที่มีการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดที่แตกต่างและสูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการถูกกระตุ้น ไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสมรรถนะอย่างเห็นได้ชัด การประเมินด้วยปริมาณแลคเตทในเลือดอาจจะไม่สามารถประเมินถึงความล้าที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ระดับของปริมาณแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นภายหลังการจำลองแข่งขันอาจจะมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการออกซิเดชันของกล้ามเนื้อสูงสุดในระหว่างการพักการแข่งขัน ซึ่งความสามารถในการออกซิเดชันของระบบพลังงานสามารถช่วยในกระบวนการสลายของปริมาณแลคเตทในเลือดได้ดียิ่งขึ้น โดยปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการชะลอความล้าในระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักสูง (Thomas et al., 2004) นอกจากนี้วิธีการพักเพื่อฟื้นคืนสภาพด้วยตนเองอาจจะเป็นการลดปริมาณแลคเตทในเลือดระหว่างช่วงการแข่งขัน อย่างไรก็ตามการฟื้นคืนสภาพอาจจะไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือสมรรถนะทางด้านร่างกาย (Ouergui et al., 2014) ในการแข่งขันครั้งต่อไป หากนักกีฬามีระดับสมรรถนะที่ต่ำ

สรุปผลการศึกษาที่ 2

ผลฉับพลันของการกระตุ้นด้วยวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นด้วยโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านหรือกระตุ้นด้วยโปรแกรมการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุด ในระยะเวลาสั้น ๆ สามารถช่วยเพิ่มระดับพลังสูงสุดของการพายในการแข่งขันครั้งที่ 1 ได้เป็นอย่างดี โดยในการแข่งขันครั้งที่ 2 โปรแกรมการกระตุ้นดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะช่วยด้านพลังสูงสุด อย่างไรก็ตามยังไม่มีความแตกต่างในการเพิ่มสมรรถนะอื่น ๆ จากการแข่งขันในครั้งที่ 1 และการแข่งขันครั้งที่ 2 อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านในการแข่งขันครั้งที่ 2 อาจจะเป็นวิธีที่ทำพลังในการพายลดลงมากที่สุด โดยสังเกตจากเปอร์เซ็นต์การลดงของตัวแปรด้านพลัง ขณะที่ที่โปรแกรมการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบนั้นมีการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดที่สูงกว่าการอบอุ่นร่างกายด้วยตนเอง โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ด้วยแรงต้านเป็นตัวกระตุ้นนั้น มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ เกือบทุกช่วงเวลาของการวัด ในการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 1 และการจำลองการแข่งขันครั้งที่ 2 และจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในช่วงหลังการทดสอบการจำลองการแข่งขัน

จากผลการศึกษาโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างทางด้านสถิติต่อโปรแกรมการกระตุ้นอาจจะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโปรแกรมการทดลอง สาเหตุที่ไม่มีความแตกต่างในการศึกษาครั้งนี้อาจจะเกิดจากจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่อาจจะน้อยเกินไป ทำให้การวิเคราะห์ทางสถิติไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาแสดงในรูปแบบของค่าเฉลี่ยทำให้เห็นแนวโน้มของความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด โดยกลไกทางด้านสรีรวิทยาที่เกิดหลังได้รับการกระตุ้นมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดูเหมือนว่าการกระตุ้นด้วยแรงต้านที่ทำให้เกิดสภาวะความตึงตัวของกล้ามเนื้อหลังจากได้รับการกระตุ้นนั้นจะช่วยให้มีการเพิ่มขึ้นของพลังสูงสุดชั่วขณะ และมีแนวโน้มการลดลงของสมรรถนะอื่น ๆ ในการพาย โดยมีความแตกต่างกับการกระตุ้นด้วยการออกแรงพายในระยะสั้น ๆ ที่มีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทที่มากกว่าการใช้แรงต้าน ซึ่งนอกจากจะช่วยให้พลังสูงสุดในการพายเพิ่มขึ้นแล้ว ยังมีการลดลงของพลังในการพายที่น้อยกว่าการใช้แรงต้าน เมื่อนำมาใช้ในการแข่งขันครั้งที่ 2 ในทางปฏิบัติความแตกต่างทางด้านสรีรวิทยาของโปรแกรมการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบมีผลต่อสมรรถนะที่แตกต่างกัน

ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการใช้โปรแกรมการกระตุ้นในการที่มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านพลังสูงสุดของการพายชั่วขณะ จากการประยุกต์วิธีการดังกล่าวในการแข่งขัน 2 ครั้งภายในวันเดียวกัน และการเกิดการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบอาจจะบ่งบอกถึงระดับความหนักของโปรแกรมการกระตุ้นในแต่ละรูปแบบที่ส่งผลตลอดช่วงระยะเวลาในการแข่งขันครั้งที่ 1 ไปจนถึงการแข่งขันครั้งที่ 2 โดยเฉพาะการกระตุ้นด้วยแรงต้านที่ทำให้เกิดความล้าในกล้ามเนื้อสะสมโดยสังเกตจากแนวโน้มของสมรรถนะที่เกิดขึ้น การนำวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นไปใช้ในการแข่งขันเรือคยัค สปริ้นท์ ที่มีการแข่งขัน 2 ครั้งต่อวัน อาจจะช่วยให้เกิดพลังสูงสุดในการพายในการแข่งขันครั้งแรก โดยที่รูปแบบการใช้แรงต้านในการกระตุ้นอาจจะทำให้เกิดผลเสียต่อสมรรถนะมากกว่าผลดีในการแข่งขัน 2 ครั้งภายในวันเดียวกัน การนำรูปแบบการกระตุ้นไปปรับใช้จำเป็นต้องมีความเหมาะสม



ภาพประกอบ 22 ภาพรวมผลการศึกษาที่ 2

ภาพรวมสรุปผลการวิจัย

ภาพรวมของการนำวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นไปใช้ในกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ โดยการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านและโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายด้วยความเร็วสูงสุดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ สามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านพลังสูงสุดในการพาย แต่ไม่มีความแตกต่างด้านสมรรถนะด้านอื่น ๆ อย่างไรก็ตามหากใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดนอกจากจะสามารถช่วยให้เกิดพลังสูงสุดในการพายแล้ว ยังมีแนวโน้มที่จะสามารถช่วยกระตุ้นเพื่อยกระดับสมรรถนะด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพายได้ เมื่อโปรแกรมการกระตุ้นถูกนำไปใช้ในการจำลองการแข่งขัน พบว่า โปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านนั้นมีการลดลงของสมรรถนะอย่างเห็นได้ชัด การใช้วิธีการดังกล่าวเพื่อกระตุ้นในช่วงการแข่งขันที่มากกว่า 1 ครั้งต่อวัน อาจจะไม่มีความเหมาะสม อย่างไรก็ตามดูเหมือนว่าโปรแกรมการกระตุ้นด้วยการพายด้วยความเร็วสูงสุดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ สามารถช่วยรักษาระดับสมรรถนะได้ดีกว่าในการแข่งขันครั้งที่ 2 แม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยของพลังลดลง ทั้งนี้การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสมรรถนะดังกล่าวอาจจะไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแลคเตทในเลือดในแต่ละช่วง โดยการเกิดขึ้นของการสะสมปริมาณแลคเตทในเลือดดังกล่าวในระดับที่สูงขึ้นยังไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าจะเป็นตัวแปรที่จะลด

สมรรถนะในการพายเรือคยัคหรือไม่ เนื่องจากโปรแกรมการกระตุ้นทั้ง 2 รูปแบบมีแนวโน้มของสมรรถนะด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากพลังสูงสุดในการพายที่แตกต่างกัน และยังไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม และเมื่อเข้าสู่การแข่งขันอีกครั้งกลับพบว่า ปริมาณแลคเตทในเลือดของทุกกลุ่มมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาเดียวกันกับการแข่งขันก่อนหน้านี้ การสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดในระดับสูงดังกล่าวส่งผลต่อการลดลงของสมรรถนะของกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการกระตุ้นด้วยแรงต้านเท่านั้น

การนำไปประยุกต์ใช้

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นวิธีการกระตุ้นเพื่อเพิ่มสมรรถนะทางด้านร่างกาย จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการนำวิธีการกระตุ้นด้วยการออกแรงพายสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ หรือการใช้แรงต้านในการกระตุ้นจะสามารถช่วยเพิ่มพลังสูงสุดในการพายชั่วขณะ การนำวิธีดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมจะเป็นประโยชน์และเหมาะสมสำหรับการพัฒนาพลังสูงสุดซึ่งเป็นสมรรถนะหลักที่ใช้ในการออกตัวในการแข่งขัน ทั้งนี้การนำรูปแบบการกระตุ้นด้วยแรงต้านไปประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสมรรถนะด้านพลัง อย่างไรก็ตาม การนำไปประยุกต์ใช้กับการแข่งขันอาจจะไม่มีความเหมาะสมมากนัก เนื่องจากค่าเฉลี่ยของพลังภายหลังการกระตุ้นด้วยวิธีดังกล่าวมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด และกลไกที่เกิดขึ้นอาจจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดความล้าในระดับสูงเมื่อนำไปใช้ในการแข่งขันจริง อย่างไรก็ตามดูเหมือนว่าการใช้โปรแกรมการกระตุ้นด้วยการออกแรงพายด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ จะช่วยให้มีการรักษาระดับสมรรถนะทางด้านค่าเฉลี่ยของพลังในการพายได้ดีกว่ารูปแบบอื่น ๆ การนำรูปแบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับการแข่งขันจึงมีความเหมาะสมมากกว่า โดยการนำรูปโปรแกรมการกระตุ้นแต่ละรูปแบบไปใช้ในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันอาจจะต้องคำนึงถึงเป้าหมายและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นภายหลังการถูกกระตุ้น ซึ่งโปรแกรมแต่ละรูปแบบให้ผลที่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงผลของการนำวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นไปปรับใช้ในนักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ โดยสามารถเพิ่มสมรรถนะด้านพลังสูงสุดได้เป็นอย่างดี อีกทั้งมีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านอื่น ๆ ที่เป็นสมรรถนะหลักในการแข่งขัน อย่างไรก็ตามจากการที่วิธีการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ผู้วิจัยยังพบประเด็นที่น่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับการนำไปศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้ต่อไปในอนาคตได้แก่

การศึกษาเกี่ยวกับโหลดของงานที่ใช้ในการกระตุ้น

เนื่องจากการศึกษานี้ได้มีการนำวิธีการใช้แรงต้านและการพายเรือคยัคด้วยความเร็วสูงสุดในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นตัวกระตุ้นซึ่งทั้ง 2 รูปแบบ มีความแตกต่างกันทั้งในด้านของโหลดในการกระตุ้นที่กระทำต่อกล้ามเนื้อ และระบบพลังงานก่อนการแสดงสมรรถนะ ความแตกต่างดังกล่าวอาจจะไม่ส่งผลในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (ระยะฉับพลัน) แต่ส่งผลต่อความสามารถของนักกีฬาในระยะยาว จึงต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับหัวข้อดังกล่าวต่อไป

ตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาที่ส่งผลต่อสมรรถนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับทางด้านสรีรวิทยา โดยศึกษาเกี่ยวข้องกับปริมาณแลคเตทในเลือด และเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจเท่านั้น จากผลการศึกษาที่สะท้อนให้เห็นว่าการสะสมของปริมาณแลคเตทในเลือดอาจจะเป็นสิ่งที่ไม่ได้บ่งบอกถึงปัจจัยที่สะท้อนถึงความแตกต่างด้านสมรรถนะ ทำให้ต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่บ่งบอกถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่ส่งผลต่อสมรรถนะโดยตรง

ความแตกต่างด้านชีวกลศาสตร์

การได้รับการกระตุ้นด้วยวิธีที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีที่แตกต่างกันส่งผลต่อการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ความล้าจากการถูกกระตุ้นหรือการกระตุ้นกลุ่มกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยอาจจะส่งผลต่อท่าทางหรือเทคนิคในการพายมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งท่าทางในการพายอาจจะทำให้การออกแรงมีความแตกต่างกัน การนำวิธีการวัดตัวแปรของข้อมูลทางด้านชีวกลศาสตร์อาจจะทำให้เห็นถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคิเนติกส์ (Kinetics) และคิเนเมติกส์ (Kinematics) ที่เกิดจากการได้รับการกระตุ้นแต่ละวิธีมากขึ้น

การนำไปประยุกต์ใช้ในระยะยาว

การนำวิธีการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นไปประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมระยะยาว อาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาในเชิงลึก โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางด้านเส้นใยกล้ามเนื้อ การเพิ่มความแข็งแรง หรือพลังของกล้ามเนื้อ

การศึกษาในชนิดกีฬาอื่น ๆ

การเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นเป็นวิธีการกระตุ้นกล้ามเนื้อและสามารถเพิ่มพลังสูงสุดให้กับนักกีฬาได้เป็นอย่างดีในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ การศึกษาในอนาคตอาจจะมี

การศึกษาในชนิดกีฬาอื่น ๆ ที่มีลักษณะการใช้พลังงานหรือการใช้ทักษะของกีฬาของการแข่งขันในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ คล้ายกับกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์

ข้อจำกัดงานวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ได้มีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจจะทำให้มีข้อจำกัดในการอภิปรายผลในเชิงลึก การศึกษาต่อไปในอนาคตควรมีการประเมินตัวแปรอื่น ๆ ทั้งโหลดการกระตุ้น การตอบสนองทางสรีรวิทยา และชีวกลศาสตร์

การประยุกต์ผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้

ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนานักกีฬาเรือคยัค สปริ้นท์ สามารถนำผลจากการศึกษาและวิธีการดังกล่าวไปปรับใช้เพื่อเพิ่มสมรรถนะให้กับนักกีฬาให้มีความเหมาะสม เช่น การกระตุ้นเพื่อเพิ่มสมรรถนะด้านพลังในการพายหรือการออกแรงสูงสุด หรือการกระตุ้นในช่วงก่อนการทดสอบหรือก่อนการแข่งขัน นอกจากนี้ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา หรือผู้ที่สนใจสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปปรับใช้กับชนิดกีฬาที่มีความคล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในชนิดกีฬาอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1318-1326. https://doi.org/https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00283.2002

Akca, F., & Aras, D. (2018). The effects of different warm-up protocols on bench press 1RM performance in sprint kayakers. ISER International Conference, USA.

Atkinson, G., Todd, C., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2005). Diurnal variation in cycling performance: influence of warm-up. *J Sports Sci*, 23(3). https://doi.org/10.1080/02640410410001729919

Balnave, C. D., & Thompson, M. W. (1993). Effect of training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1545-1551. https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.4.1545

Barclay, C. J. (2017). Energy demand and supply in human skeletal muscle. *J Muscle Res Cell Motil*, 38(2), 143-155. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10974-017-9467-7

Behrens, M., Gube, M., Chaabene, H., Prieske, O., Zenon, A., Broscheid, K.-C., Schega, L., Husmann, F., & Weippert, M. (2023). Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. *Sports Medicine*, 53(1), 7-31. https://doi.org/10.1007/s40279-022-01748-2

Bergstrom, H., Housh, T., Zuniga, J., Camic, C., Traylor, D., Schmidt, R., & Johnson, G. (2012). A New Single Work Bout Test to Estimate Critical Power and Anaerobic Work Capacity. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 26, 656-663. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31822b7304

Bergstrom, H. C., Housh, T. J., Zuniga, J. M., Camic, C. L., Traylor, D. A., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2012). A New Single Work Bout Test to Estimate Critical Power and Anaerobic Work Capacity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*,

26(3), 656-663. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822b7304

Bevan, H., Owen, N., Cunningham, D., Kingsley, M., & Kilduff, L. (2009). Complex Training in Professional Rugby Players: Influence of Recovery Time on Upper-Body Power Output. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23, 1780-1785. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3f269

Bielitzki, R., Hamacher, D., & Zech, A. (2021). Does one heavy load back squat set lead to postactivation performance enhancement of three-point explosion and sprint in third division American football players? *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(1), 64. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13102-021-00288-y

Bishop, D., Bonetti, D., & Spencer, M. (2003). The effect of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *J Sports Sci*, 21(1), 13-20. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0264041031000070912

Bishop, D. J., Bonetti, D., & Dawson, B. (2001). The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33, 1026-1032. https://doi.org/https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00023

Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues [Review]. *Frontiers in Physiology*, 10, 1-19. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359

Borba, D., Ferreira Júnior, J., Santos, L., Carmo, M., & Coelho, L. (2017). Effect of post-activation potentiation in Athletics: A systematic review. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 19, 128-138. https://doi.org/https://doi.org/10.5007/1980-0037.2017v19n1p128

Boullosa, D. (2021). Post-activation performance enhancement strategies in sport: A brief review for practitioners. *Human Movement*, 22, 101-109. https://doi.org/https://doi.org/10.5114/hm.2021.103280

Boullosa, D., Abad, C., Reis, V., Fernandes, V., Castilho, C., Candido, L., Zagatto, A., Pereira, L., & Loturco, I. (2020). Effects of Drop Jumps on 1000-m Performance Time and Pacing in Elite Male and Female Endurance Runners. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. https://doi.org/https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0585

Boullosa, D., Beato, M., Dello Iacono, A., Cuenca-Fernández, F., Doma, K., Schumann, M., Zagatto, A. M., Loturco, I., & Behm, D. G. (2020). A New Taxonomy for Postactivation Potentiation in Sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(8), 1197-1200. https://doi.org/https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0350

Boullosa, D., Del Rosso, S., Behm, D. G., & Foster, C. (2018). Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: A review. *Eur J Sport Sci*, 18(5), 595-610. https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1438519

Boullosa, D. A., Abreu, L., Beltrame, L. G., & Behm, D. G. (2013). The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *J Strength Cond Res*, 27(8), 2059-2066. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827ddf15

Brink, N., J., Constantinou, D., & Torres, G. (2021). Postactivation performance enhancement (PAPE) of sprint acceleration performance. *European Journal of Sport Science*, 1-7. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1955012

Brooks, G. A. (2001). Lactate doesn't necessarily cause fatigue: why are we surprised? *J Physiol*, 536(Pt 1), 1. https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00001.x

Brown, S., Thompson, W., Bailey, J., Johnson, K., Wood, L., Bean, M., & Thompson, D. (1990). Blood Lactate Response to Weightlifting in Endurance and Weight Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 4(4), 122-130. https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1990/11000/Blood_Lactate_Response_to_Weightlifting_in.2.aspx

Burnley, M., Doust, J. H., & Vanhatalo, A. (2006). A 3-min all-out test to determine peak oxygen uptake and the maximal steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 38(11), 1995-2003. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000232024.06114.a6

Byrnes, W. C., & Kearney, J. T. (1997). Aerobic and Anaerobic contributions during simulated canoe/kayak sprint events 1265. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(5), 220. https://doi.org/https://doi.org/10.1097/00005768-199705001-01254

Castaingts, V., Martin, A., Van Hoecke, J., & Pérot, C. (2004). Neuromuscular Efficiency of the Triceps Surae in Induced and Voluntary Contractions: Morning and Evening Evaluations. *Chronobiology International*, 21(4-5), 631-643. https://doi.org/10.1081/CBI-120039207

Chaâri, N., Frikha, M., Mezghanni, N., Ayadi, J., Chaouachi, A., & Souissi, N. (2015). Does post-warm-up rest interval affect the diurnal variation of 30-s Wingate cycle ergometry? *Biological Rhythm Research*, 46(6), 949-963. https://doi.org/10.1080/09291016.2015.1073477

Chaouachi, A., Poulos, N., Abed, F., Turki, O., Brughelli, M., Chamari, K., Drinkwater, E. J., & Behm, D. G. (2011). Volume, intensity, and timing of muscle power potentiation are variable. *Appl Physiol Nutr Metab*, 36(5), 736-747. https://doi.org/10.1139/h11-079

Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Giannakos, A., Alexiou, K., Patikas, D., Antonopoulos, C., & Kotzamanidis, C. (2007). Postactivation Potentiation Effects After Heavy Resistance Exercise on Running Speed. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 21, 1278-1281. https://doi.org/10.1519/R-21276.1

Cheng, C. F., Yang, Y. S., Lin, H. M., Lee, C. L., & Wang, C. Y. (2012). Determination of critical power in trained rowers using a three-minute all-out rowing test. *Eur J Appl Physiol*, 112(4), 1251-1260. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00421-011-2081-2

Ciocca, G., Tschan, H., & Tessitore, A. (2021). Effects of Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) Induced by a Plyometric Protocol on Deceleration Performance. *J Hum Kinet*, 80, 5-16. https://doi.org/https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0085

Clarkson, P., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(5), 512-520. https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/1992/05000/Muscle_function_after_exercise_induced_muscle.4.aspx

Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Navarro, J., Párraga, A., Ortiz, E., Contreras, G., & Arellano, R. (2020). Swimming Performance After an Eccentric Post-Activation Training Protocol. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 140, 44-51. https://doi.org/https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/2).140.07

Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R., & Herzog, W. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. *Appl Physiol Nutr Metab*, 42(10), 1122-1125. https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0217

Dankel, S. J., & Razzano, B. M. (2020). The impact of acute and chronic resistance exercise on muscle stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Ultrasound*, 23(4), 473-480. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40477-020-00486-3

de Poli, R. A. B., Boullosa, D. A., Malta, E. S., Behm, D., Lopes, V. H. F., Barbieri, F. A., & Zagatto, A. M. (2020). Cycling Performance Enhancement After Drop Jumps May Be Attributed to Postactivation Potentiation and Increased Anaerobic Capacity. *J Strength Cond Res*, 34(9), 2465-2475. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003399

Dingley, A. F., Willmott, A. P., & Fernandes, J. F. T. (2020). Self-Selected Versus Standardised Warm-Ups; Physiological Response on 500 m Sprint Kayak Performance. *Sports*, 8(12), 156. https://www.mdpi.com/2075-4663/8/12/156

Doma, K., Sinclair, W. H., Hervert, S. R., & Leicht, A. S. (2016). Postactivation potentiation of dynamic conditioning contractions on rowing sprint performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(11), 951-956. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.02.017

Edman, K. A., & Josephson, R. K. (2007). Determinants of force rise time during isometric contraction of frog muscle fibres. *J Physiol*, 580(Pt.3), 1007-1019.

https://doi.org/https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.119982

Eng, C. M., & Roberts, T. J. (2018). Aponeurosis influences the relationship between muscle gearing and force. *J Appl Physiol (*1985), 125(2), 513-519. https://doi.org/https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00151.2018

Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2017). Rate Coding and the Control of Muscle Force. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 7(10). https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029702

Evetovich, T. K., Conley, D. S., & McCawley, P. F. (2015). Postactivation Potentiation Enhances Upper- and Lower-Body Athletic Performance in Collegiate Male and Female Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 336-342. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000728

Farup, J., & Sørensen, H. (2010). Postactivation Potentiation: Upper Body Force Development Changes after Maximal Force Intervention. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24, 1874-1879. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddb19a

Feros, S. (2010a). *The effects of an isometric potentiation protocol in the warm-up of elite rowers*

Feros, S. (2010b). The implementation of an isometric postactivation potentiation protocol to the warm-up of elite rowing: a review of the literature. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 18, 33-38.

Feros, S. A., Young, W. B., Rice, A. J., & Talpey, S. W. (2012). The effect of including a series of isometric conditioning contractions to the rowing warm-up on 1,000-m rowing ergometer time trial performance. *J Strength Cond Res*, 26(12), 3326-3334. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182495025

Gallo-Salazar, C., Coso, J. D., Barbado, D., Lopez-Valenciano, A., Santos-Rosa, F. J., Sanz-Rivas, D., Moya, M., & Fernandez-Fernandez, J. (2017). Impact of a competition with two consecutive matches in a day on physical performance in young tennis players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(7), 750-756. https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0540 %M 28231435

Garbisu-Hualde, A., & Santos-Concejero, J. (2021). Post-Activation Potentiation in Strength

Training: A Systematic Review of the Scientific Literature. *Journal of human kinetics*, 78, 141-150. https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0034

Gentil, P., Oliveira, E., & Bottaro, M. (2006). Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *Journal of physiological anthropology*, 25(5), 339-344. https://doi.org/https://doi.org/10.2114/jpa2.25.339

Golas, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikolajec, K., & Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics*, 52. https://doi.org/https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0197

Golas, A., Wilk, M., Stastny, P., Maszczyk, A., Pajerska, K., & Zajac, A. (2017). Optimizing Half Squat Postactivation Potential Load in Squat Jump Training for Eliciting Relative Maximal Power in Ski Jumpers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(11). https://doi.org/https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001917

Goodwin, M. L., Harris, J. E., Hernández, A., & Gladden, L. B. (2007). Blood lactate measurements and analysis during exercise: a guide for clinicians. *J Diabetes Sci Technol*, 1(4), 558-569. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/193229680700100414

Guerra Jr, M., Caldas, L., Souza, H., Tallis, J., Duncan, M., & Guimarães-Ferreira, L. (2020). The Effects of Physical Fitness on Postactivation Potentiation in Professional Soccer Athletes. *Journal of strength and conditioning research*, *Publish Ahead of Print*. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003711

Haff, G., & Triplett, N., Travis. (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (4 ed.). Human Kinetics.

Harat, I., Clark, N. W., Boffey, D., Herring, C. H., Goldstein, E. R., Redd, M. J., Wells, A. J., Stout, J. R., & Fukuda, D. H. (2020). Dynamic post-activation potentiation protocol improves rowing performance in experienced female rowers. *J Sports Sci*, 38(14), 1615-1623. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1754110

Heckman, C. J., & Enoka, R. M. (2012). Motor Unit. In *Comprehensive Physiology* (pp. 2629-2682). https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cphy.c100087

Jeffrey, C. I., Kristin, N., Nick, D., Harrison, R., & Tim, F. (2020). The Effects of Competitive

Orientation on Performance in Competition. *The Sport Journal*, 1/15-17/15.

Jo, E., Judelson, D. A., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Dabbs, N. C. (2010). Influence of Recovery Duration After a Potentiating Stimulus on Muscular Power in Recreationally Trained Individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(2), 343-347. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc22a4

Jones, G. E., Cornett, K. M. D., Crowell, S., Carlyle, J., Roland, K. P., & Jakobi, J. M. (2015). Lactate Clearance Following Exhaustive Exercise Differs between Sexes and Whole Body Vibration does not Enhance Recovery.

Khamros, W., Peepathum, P., Senakham, T., Sriramatr, S., & Phongsri, K. (2023). Post-activation performance enhancement: Acute effected after activation in kayak sprint. *Journal of Physical Education and Sport*, 23, 457-462. https://doi.org/10.7752/jpes.2023.02056

Kilduff, L. P., Finn, C. V., Baker, J. S., Cook, C. J., & West, D. J. (2013). Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(6), 677-681. https://doi.org/10.1123/ijspp.8.6.677

Knicker, A. J., Renshaw, I., Oldham, A. R., & Cairns, S. P. (2011). Interactive processes link the multiple symptoms of fatigue in sport competition. *Sports Medicine*, 41(4), 307-328. https://doi.org/10.2165/11586070-000000000-00000

Kobal, R., Pereira, L., Kitamura, K., Paulo, A., Ramos, H., Carmo, E., Roschel, H., Tricoli, V., Bishop, C., & Loturco, I. (2019). Post-Activation Potentiation: Is there an Optimal Training Volume and Intensity to Induce Improvements in Vertical Jump Ability in Highly-Trained Subjects? *Journal of Human Kinetics*, 66. https://doi.org/https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0071

Krzysztofik, M., Matykiewicz, P., Celebanska, D., Jarosz, J., Gawel, E., & Zwierzchowska, A. (2021). The Acute Post-Activation Performance Enhancement of the Bench Press Throw in Disabled Sitting Volleyball Athletes. *Int J Environ Res Public Health*, 18(7). https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18073818

Krzysztofik, M., Wilk, M., Filip, A., Zmijewski, P., Zajac, A., & Tufano, J. J. (2020). Can Post-Activation Performance Enhancement (PAPE) Improve Resistance Training Volume

during the Bench Press Exercise? *Int J Environ Res Public Health*, 17(7). https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph17072554

Krzysztofik, M., Wilk, M., Stastny, P., & Golas, A. (2021). Post-activation Performance Enhancement in the Bench Press Throw: A Systematic Review and Meta-Analysis [Systematic Review]. *Frontiers in Physiology*, 11(1715). https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphys.2020.598628

Kusumoto, H., Ta, C., Brown, S. M., & Mulcahey, M. K. (2021). Factors Contributing to Diurnal Variation in Athletic Performance and Methods to Reduce Within-Day Performance Variation: A Systematic Review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35, S119-S135. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003758

Lawson, D., Vann, C., Schoenfeld, B. J., & Haun, C. (2022). Beyond Mechanical Tension: A Review of Resistance Exercise-Induced Lactate Responses & Muscle Hypertrophy. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(4), 81. https://www.mdpi.com/2411-5142/7/4/81

Linnamo, V., Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1998). Neuromuscular fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 77(1-2), 176-181. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s004210050317

Liow, D. K., & Hopkins, W. G. (2003). Velocity specificity of weight training for kayak sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 35(7), 1232-1237. https://doi.org/10.1249/01.Mss.0000074450.97188.Cf

Lopes, C. R., Harley Crisp, A., Schoenfeld, B., Ramos, M., Diego Germano, M., Verlengia, R., da Mota, G. R., Henrique Marchetti, P., & Saldanha Aoki, M. (2018). Effect of Rest Interval Length Between Sets on Total Load Lifted and Blood Lactate Response During Total-Body Resistance Exercise Session [Research Article]. 9(2), e57500. https://doi.org/10.5812/asjsm.57500

Low, J. L., Ahmadi, H., Kelly, L. P., Willardson, J., Boullosa, D., & Behm, D. G. (2019). Prior Band-Resisted Squat Jumps Improves Running and Neuromuscular Performance in Middle-Distance Runners. *J Sports Sci Med*, 18(2), 301-315.

Lum, D., Barbosa, T. M., & Balasekaran, G. (2021). Sprint Kayaking Performance Enhancement by Isometric Strength Training Inclusion: A Randomized Controlled Trial. *Sports (Basel)*, 9(2). https://doi.org/10.3390/sports9020016

Machado, A. F., Reis, V. M., Rica, R. L., Baker, J. S., Figueira Junior, A. J., & Bocalini, D. S. (2020). Energy expenditure and intensity of HIIT bodywork® session. *Motriz: Revista de Educação Física*, 26.

Macintosh, B. R., Robillard, M. E., & Tomaras, E. K. (2012). Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? *Appl Physiol Nutr Metab*, 37(3), 546-550. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/h2012-016

Manning, D. R., & Stull, J. T. (1979). Myosin light chain phosphorylation and phosphorylase A activity in rat extensor digitorum longus muscle. *Biochem Biophys Res Commun*, 90(1), 164-170. https://doi.org/10.1016/0006-291x(79)91604-8

Manojlović, V., & Erčulj, F. (2019). Using blood lactate concentration to predict muscle damage and jump performance response to maximal stretch-shortening cycle exercise. *J Sports Med Phys Fitness*, 59(4), 581-586. https://doi.org/10.23736/s0022-4707.18.08346-9

Mason, B., McKune, A., Pumpa, K., & Ball, N. (2020). The Use of Acute Exercise Interventions as Game Day Priming Strategies to Improve Physical Performance and Athlete Readiness in Team-Sport Athletes: A Systematic Review. *Sports Med*, 50(11), 1943-1962. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-020-01329-1

Matusinski, A., Pietraszewski, P., Krzysztofik, M., & Gołaś, A. (2021). The Effects of Resisted Post-Activation Sprint Performance Enhancement in Elite Female Sprinters. *Front Physiol*, 12, 651659. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.651659

Mc, L. T., King, D. L., & Sforzo, G. A. (2017). Sustainability and repeatability of postactivation potentiation. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(7-8), 930-935. https://doi.org/10.23736/s0022-4707.16.06418-5

McDonnell, L. (2013). *The effect of stroke rate on performance in flat-water sprint kayaking*

McKean, M. R., & Burkett, B. J. (2014). The influence of upper-body strength on flat-water

sprint kayak performance in elite athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(4), 707-714. https://doi.org/https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0301

Michael, J. S., Rooney, K. B., & Smith, R. (2008). The metabolic demands of kayaking: a review. *J Sports Sci Med*, 7(1), 1-7.

Miladi, I., Temfemo, A., Mandengué, S. H., & Ahmaidi, S. (2011). Effect of Recovery Mode on Exercise Time to Exhaustion, Cardiorespiratory Responses, and Blood Lactate After Prior, Intermittent Supramaximal Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 205-210. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181af5152

Mishchenko, V. (2013). *Sports specific training effects and their physiological monitoring in high performance athletes*.

Monedero, J., & Donne, B. (2000). Effect of Recovery Interventions on Lactate Removal and Subsequent Performance. *Int J Sports Med*, 21(08), 593-597.

Ouergui, I., Hammouda, O., Chtourou, H., Gmada, N., & Franchini, E. (2014). Effects of recovery type after a kickboxing match on blood lactate and performance in anaerobic tests. *Asian J Sports Med*, 5(2), 99-107.

Penichet-Tomas, A., Jimenez-Olmedo, J. M., Serra Torregrosa, L., & Pueo, B. (2020). Acute Effects of Different Postactivation Potentiation Protocols on Traditional Rowing Performance. *Int J Environ Res Public Health*, 18(1). https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18010080

Perret, C., & Mueller, G. (2007). Impact of low-intensity isocapnic hyperpnoea on blood lactate disappearance after exhaustive arm exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 588-591; discussion 591. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.034264

Pickett, C. W., Nosaka, K., Zois, J., Hopkins, W. G., & Blazevich, A. J. (2018). Maximal Upper-Body Strength and Oxygen Uptake Are Associated With Performance in High-Level 200-m Sprint Kayakers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(11), 3186-3192. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002398

Prieske, O., Behrens, M., Chaabene, H., Granacher, U., & Maffiuletti, N. A. (2020). Time to

Differentiate Postactivation “Potentiation” from “Performance Enhancement” in the Strength and Conditioning Community. *Sports Medicine*, 50(9), 1559-1565. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-020-01300-0

Reis, V. M., Júnior, R. S., Zajac, A., & Oliveira, D. R. (2011). Energy cost of resistance exercises: an uptade. *J Hum Kinet*, 29*a*, 33-39. https://doi.org/10.2478/v10078-011-0056-3

Ribeiro, B., Pereira, A., Neves, P. P., Marinho, D. A., Marques, M. C., & Neiva, H. P. (2021). The effect of warm-up in resistance training and strength performance: a systematic review. *Motricidade*, 17, 87-94. https://doi.org/https://doi.org/10.6063/motricidade.21143

Romagnoli, C., Gatta, G., Lamouchideli, N., Bianco, A., Loddo, S., Alashram, A. R., Bonaiuto, V., Annino, G., & Padua, E. (2022). Specificity of weightlifting bench exercises in kayaking sprint performance: A perspective for neuromuscular training [Original Research]. *Frontiers in Physiology*, 13. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.898468

Sang-Yong, P., Duk-Mook, C., & Jin-Seok, L. (2018). The effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood d-ROM, BAP, glucose and lactate levels. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 177(9), 452-457. https://doi.org/https://doi.org/10.23736/S0393-3660.17.03588-4

Santos, J. (2012). Comparison of Treadmill and Kayak Ergometer Protocols for Evaluating Peak Oxygen Consumption. *The Open Sports Sciences Journal*, 5, 130-133. https://doi.org/10.2174/1875399X01205010130

Schmidt, L., Cléry-Melin, M.-L., Lafargue, G., Valabrègue, R., Fossati, P., Dubois, B., & Pessiglione, M. (2009). Get Aroused and Be Stronger: Emotional Facilitation of Physical Effort in the Human Brain. *The Journal of Neuroscience*, 29(30), 9450. https://doi.org/https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1951-09.2009

Scott, C. B. (2006). Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *J Strength Cond Res*, 20(2), 404-411. https://doi.org/10.1519/r-17495.1

Scott, C. B., Leighton, B. H., Ahearn, K. J., & McManus, J. J. (2011). Aerobic, anaerobic,

and excess postexercise oxygen consumption energy expenditure of muscular endurance and strength: 1-set of bench press to muscular fatigue. *J Strength Cond Res*, 25(4), 903-908. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c6a128

Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med*, 46(2), 231-240. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-015-0415-7

Sevilmis, E., & Atalag, O. (2019). Effects of post activation potentiation on eccentric loading: Is it possible to do more repetitions after supra-maximal loading? *Journal of Human Sport and Exercise*, 14. https://doi.org/10.14198/jhse.2019.143.09

Silva, L. M., Neiva, H. P., Marques, M. C., Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2018). Effects of Warm-Up, Post-Warm-Up, and Re-Warm-Up Strategies on Explosive Efforts in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(10), 2285-2299. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0958-5

Silva, R. A., Silva-Júnior, F. L., Pinheiro, F. A., Souza, P. F., Boullosa, D. A., & Pires, F. O. (2014). Acute prior heavy strength exercise bouts improve the 20-km cycling time trial performance. *J Strength Cond Res*, 28(9), 2513-2520. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000442

Smith, C., Hannon, J., McGladrey, B., Shultz, B., Eisenman, P., & Lyons, B. (2014). The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance. *Human Movement*, 15. https://doi.org/https://doi.org/10.2478/humo-2013-0050

Taylor, J. L., Amann, M., Duchateau, J., Meeusen, R., & Rice, C. L. (2016). Neural Contributions to Muscle Fatigue: From the Brain to the Muscle and Back Again. *Med Sci Sports Exerc*, 48(11), 2294-2306. https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000923

Thomas, C., Sirvent, P., Perrey, S., Raynaud, E., & Mercier, J. (2004). Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *Journal of Applied Physiology*, 97(6), 2132-2138. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00387.2004

Thomas, K., Toward, A., West, D. J., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Heavy-resistance exercise-induced increases in jump performance are not explained by changes in neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(1), 35-44. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/sms.12626

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166. https://doi.org/https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004

Tran, Q. T., Docherty, D., & Behm, D. (2006). The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *Eur J Appl Physiol*, 98(4), 402-410. https://doi.org/10.1007/s00421-006-0297-3

Tsekouras, Y. E., Tambalis, K. D., Sarras, S. E., Antoniou, A. K., Kokkinos, P., & Sidossis, L. S. (2019). Validity and Reliability of the New Portable Metabolic Analyzer PNOE. *Front Sports Act Living*, 1, 24. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00024

Ualí, I., Herrero, A. J., Garatachea, N., Marín, P. J., Alvear-Ordenes, I., & García-López, D. (2012). Maximal strength on different resistance training rowing exercises predicts start phase performance in elite kayakers. *J Strength Cond Res*, 26(4), 941-946. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e58f8

Van Someren, K. A., & Oliver, J. E. (2002). The efficacy of ergometry determined heart rates for flatwater kayak training. *Int J Sports Med*, 23(1), 28-32. https://doi.org/https://doi.org/10.1055/s-2002-19268

Vanhatalo, A., Doust, J. H., & Burnley, M. (2007). Determination of Critical Power Using a 3-min All-out Cycling Test. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), 548-555. https://doi.org/https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802dd3e6

Vargas-Molina, S., Salgado-Ramírez, U., Chulvi-Medrano, I., Carbone, L., Maroto-Izquierdo, S., & Benítez-Porres, J. (2021). Comparison of post-activation performance enhancement (PAPE) after isometric and isotonic exercise on vertical jump performance. *PLOS ONE*, 16(12), e0260866. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260866

Vickers, A. J. (2001). The use of percentage change from baseline as an outcome in a controlled trial is statistically inefficient: a simulation study. *BMC Med Res Methodol*, 1, 6. https://doi.org/10.1186/1471-2288-1-6

Wilson, J., Duncan, N., Marín, P., Brown, L., Loenneke, J., Wilson, S., Jo, E., Lowery, R., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of Postactivation Potentiation and Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 854-859. https://doi.org/https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb

Wirtz, N., Wahl, P., Kleinöder, H., & Mester, J. (2014). Lactate Kinetics during Multiple Set Resistance Exercise. *J Sports Sci Med*, 13(1), 73-77.

Young, K. P., Haff, G. G., Newton, R. U., Gabbett, T. J., & Sheppard, J. M. (2015). Assessment and monitoring of ballistic and maximal upper-body strength qualities in athletes. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(2), 232-237. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0073

Yu, F., Qiu, F., & Meza, J. (2016). 12 - Design and Statistical Analysis of Mass-Spectrometry-Based Quantitative Proteomics Data. In P. Ciborowski & J. Silberring (Eds.), *Proteomic Profiling and Analytical Chemistry (Second Edition)* (pp. 211-237). Elsevier. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63688-1.00012-4

Zimmermann, H. B., MacIntosh, B. R., & Pupo, J. D. (2020). Does postactivation potentiation (PAP) increase voluntary performance? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(4), 349-356. https://doi.org/https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0406 %M 31557447

Živanović, V. (2022). The effects of different conditioning contraction protocols of post-activation performance enhancement on variables of eccentric phases and concentric phase of vertical jumps. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(7), 1694-1707. https://doi.org/https://doi.org/10.7752/jpes.2022.07213

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ใบรับรองการขอจริยธรรมการวิจัยที่ทำในมนุษย์

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือแจ้งผลการพิจารณา

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาและตอบรับเอกสารเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยดังนี้

ชื่อโครงการวิจัย : ผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค
ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายวทัญญู คำรส
หน่วยงานต้นสังกัด : คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
หมายเลขรหัสโครงการ : SWUEC-G210/2565E
เอกสารที่เสนอ : รายงานส่วนแก้ไขเพิ่มเติมโครงการวิจัย ฉบับลงวันที่ 2 สิงหาคม 2565
วันที่ประชุม : 12 กันยายน 2565 **การประชุมครั้งที่** : 9/2565
ผลการพิจารณา : รับรอง
วันที่รับรอง : 3 สิงหาคม 2565
ข้อเสนอแนะ:

- โปรดปฏิบัติตามแนวปฏิบัติการดำเนินงานโครงการวิจัยในมนุษย์ช่วงที่มีการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (COVID-19)

ตอบรับโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่มีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ได้แก่ The Declaration of Helsinki, The Belmont report, CIOMS Guidelines และ The international Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (IGH-GCP) ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

วันที่ :12/09/2565

SWU-EC APPROVE

ภาคผนวก ข
หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความตามหนังสือนี้โดยตลอดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตามเจตนาของข้าพเจ้า จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญพร้อมกับหัวหน้าโครงการวิจัยและต่อหน้าพยาน

ลงชื่อ .....
(.....)
ผู้ยินยอม / ผู้แทนโดยชอบธรรม

ลงชื่อ .....
(นาย วทัญญู คำรส)
ผู้ให้ข้อมูลและขอความยินยอม/หัวหน้าโครงการวิจัย

ลงชื่อ .....พยาน
(.....)

ลงชื่อ .....พยาน
(.....)

ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย อ่านหนังสือไม่ออก ผู้ที่อ่านข้อความทั้งหมดแทนผู้เข้าร่วมการวิจัยคือ.....
จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นพยาน

ลงชื่อ .....พยาน
(.....)

หมายเหตุ

1. ในกรณีผู้ให้ความยินยอมมีอายุไม่ครบ 18 ปีบริบูรณ์ จะต้องมีผู้ปกครองตามกฎหมายเป็นผู้ให้ความยินยอมด้วย หรือผู้ป่วยที่ไม่สามารถแสดงความยินยอมได้ด้วยตนเอง จะต้องมีผู้มีอำนาจทำการแทน เป็นผู้ให้ความยินยอม
2. กรณีผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัย ไม่สามารถอ่านหนังสือได้ ให้ผู้วิจัยอ่านข้อความในหนังสือให้ความยินยอมนี้ให้แก่ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยฟังจนเข้าใจแล้ว และให้ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยลงนาม หรือพิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือรับทราบ ในการให้ความยินยอมดังกล่าวด้วย

MF-10-2-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

(Informed Consent Form)

วันที่ .....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี อยู่บ้านเลขที่.....ถนน.....หมู่ที่.....
แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....
โทรศัพท์.....

ขอทำหนังสือนี้ให้ไว้ต่อหัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานแสดงว่า

ข้อ 1 . ข้าพเจ้า ได้รับทราบโครงการวิจัยของ **นาย วทัญญู คำรส**

เรื่อง **ผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือคยัค**

ข้อ 2. ข้าพเจ้า ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ โดยมิได้มีการบังคับขู่เข็ญ หลอกลวงแต่ประการใด และจะให้ความร่วมมือในการวิจัยทุกประการ

ข้อ 3. ข้าพเจ้า ได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย อาการหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางป้องกัน และแก้ไข หากเกิดอันตราย ค่าตอบแทนที่จะได้รับ ค่าใช้จ่ายที่ข้าพเจ้าจะต้องรับผิดชอบจ่ายเอง โดยได้อ่านข้อความที่มีรายละเอียดอยู่ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยตลอด อีกทั้งยังได้รับคำอธิบายและตอบข้อสงสัยจากหัวหน้าโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และตกลงรับผิดชอบตามคำรับรองในข้อ 5 ทุกประการ

ข้อ 4. ข้าพเจ้า ได้รับการรับรองจากผู้วิจัยว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยเฉพาะผลสรุปการวิจัยเท่านั้น

ข้อ 5. ข้าพเจ้า ได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า หากมีอันตรายใด ๆ **อันเกิดขึ้นจากการวิจัยดังกล่าว** ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลจากคณะผู้วิจัย โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและจะได้รับค่าชดเชยรายได้ที่สูญเสียไปในระหว่างการรักษาพยาบาลดังกล่าว ตลอดจนมีสิทธิได้รับค่าทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยตามสมควร

ข้อ 6. ข้าพเจ้า ได้รับทราบแล้วว่าข้าพเจ้ามีสิทธิ์จะบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัยนี้ และการบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษาโรคที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ข้อ 7. หากข้าพเจ้ามีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย สามารถติดต่อกับ นาย วทัญญู คำรส ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี จ.ระยอง โทรศัพท์ 0943165395

ข้อ 8. หากข้าพเจ้า ได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าจะสามารถติดต่อกับประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์หรือผู้แทน ได้ที่สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 11019

/ ข้าพเจ้า.....

ภาคผนวก ค
เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

MF-10-1-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

(Participant Information Sheet)

ในเอกสารนี้อาจมีข้อความที่ท่านอ่านแล้วยังไม่เข้าใจ โปรดสอบถามหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้แทนให้ช่วยอธิบายจนกว่าจะเข้าใจดี ท่านอาจจะขอเอกสารนี้กลับไปอ่านที่บ้านเพื่อปรึกษา หารือกับญาติพี่น้อง เพื่อนสนิท แพทย์ประจำตัวของท่าน หรือแพทย์ท่านอื่น เพื่อช่วยในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นในนักกีฬาเรือยัค

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย วทัญญู คำรส

สถานที่วิจัย ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี จ.ระยอง

สถานที่ทำงานและหมายเลขโทรศัพท์ของหัวหน้าโครงการวิจัยที่ต่อได้ทั้งในและนอกเวลาราชการ

ศูนย์ฝึกเรือพายราชนาวี จ.ระยอง สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย โทร 0943165395

ผู้สนับสนุนทุนวิจัย -

ระยะเวลาในการวิจัย 9 เดือน

โครงการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อ

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของความแตกต่างทางด้านสมรรถนะของรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นต่อการพายเรือยัคบนเครื่องวัดงานของนักกีฬาเรือยัค สปรินท์ ทีมชาติไทย

2. เพื่อศึกษาผลของการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นต่อการแข่งขันเรือยัค สปรินท์ บนเครื่องวัดงานของนักกีฬาเรือยัค สปรินท์ ทีมชาติไทย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลจากการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น แต่ละรูปแบบที่ส่งผลต่อสมรรถนะการพายเรือยัคบนเครื่องวัดงาน ซึ่งจะเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิชาการต่อไปในอนาคต

2. ทำให้ทราบถึงผลของการนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้น ในลักษณะการใช้งานในระหว่างการแข่งขันเรือยัค สปรินท์ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

3. สามารถนำผลการวิจัยไปเผยแพร่เพื่อให้ผู้ฝึกสอน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา หรือผู้ที่สนใจ ในการนำรูปแบบการเพิ่มสมรรถนะภายหลังการถูกกระตุ้นไปพัฒนากับการใช้งานในชนิดกีฬาอื่น ๆ

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมการวิจัยนี้เพราะ เป็นนักกีฬาเรือยัค สปรินท์ ทีมชาติไทยที่ทำการฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬา ซีเกมส์ และเอเชี่ยนเกมส์ เพศชาย อายุ 19-26 ปี โดยทำการฝึกซ้อมต่อเนื่องไม่ต่ำกว่า 2 ปี

จะมีผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้งสิ้นประมาณ 12 คน โดยการทดลองจะทำการศึกษาแบบไขว้สลับ

หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว จะมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้คือ

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่มีการศึกษาเกี่ยวข้องต่อเนื่องกัน 2 การศึกษา โดยจะใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกันทั้งหมด โดยกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มเข้ารับการทดลองในการศึกษาที่ 1 จนเสร็จสิ้น จากนั้นจะเริ่มการศึกษาที่ 2 ต่อเนื่อง โดยการศึกษาที่ 1 และการศึกษาที่ 2 นั้นมีขั้นตอนในการทดลองบางส่วนที่มีความแตกต่างกับการศึกษาที่ 2 หากท่านเข้าร่วมการวิจัยท่าจะได้รับการทดลองดังนี้

การศึกษาที่ 1

- การทดลองโปรแกรมการกระตุ้นโดยการใช้โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการพายเรือยัคบนเครื่องวัดงาน
- การทดลองโปรแกรมการกระตุ้นโดยการใช้โปรแกรมการพายเรือกรรเชียงบกแบบเต็มที่ที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการพายเรือยัคบนเครื่องวัดงาน
- การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
- การทดสอบน้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุด
- การทดสอบปริมาณแลคเตทในเลือด โดยใช้วิธีการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้ว ที่ปริมาณ 0.7 ไมโครลิตร
-การวัดเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

การศึกษาที่ 2

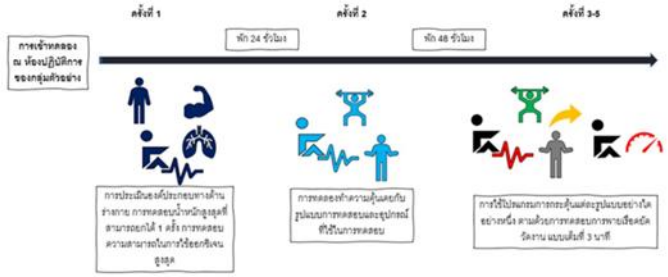
- การทดลองโปรแกรมการกระตุ้นโดยการใช้โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการพายเรือยัคบนเครื่องวัดงาน จำนวน 2 ครั้ง
- การทดลองโปรแกรมการกระตุ้นโดยการใช้โปรแกรมการพายเรือกรรเชียงบกแบบเต็มที่ที่ส่งผลต่อสมรรถนะในการพายเรือยัคบนเครื่องวัดงาน จำนวน 2 ครั้ง
- การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด
- การทดสอบน้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุด
-การวัดอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

การเข้ารับการทดลองทั้งหมด

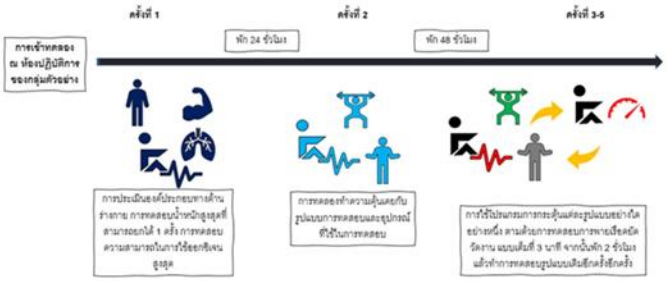
- การนัดหมายการเข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างจะเข้ารับการทดลองจำนวน 9 ครั้ง โดยการเข้าร่วมการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้แก่

-การศึกษาในช่วงที่ 1 จำนวน 5 ครั้ง ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง (ภาพประกอบ 1) ในแต่ละการศึกษากลุ่มตัวอย่างจะได้รับการกระตุ้นด้วยโปรแกรมการฝึกความแข็งแรง การพายเรือกรรเชียงบกแบบเต็มที่ การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และการทดสอบปริมาณแลคเตทในเลือด

-การศึกษาที่ 2 จำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 4 ชั่วโมง (ภาพประกอบ 2) กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการกระตุ้นด้วยโปรแกรมการฝึกความแข็งแรง การพายเรือกรรเชียงบกแบบเต็มที่ การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด การทดสอบน้ำหนักสูงสุดที่สามารถยกได้ 1 ครั้ง และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด



ภาพประกอบ 1 การเข้ารับทดลองของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาที่ 1



ภาพประกอบ 2 การเข้าทดสอบของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาที่ 2

ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อเข้าร่วมการวิจัย

-การทดลองโปรแกรมการฝึกความแข็งแรง การพายเรือยกัดวัดงานแบบเต็มที่ การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และการทดสอบน้ำหนักที่สามารถยกได้สูงสุด 1 ครั้ง อาจจะทำให้เกิดความล้าในกล้ามเนื้อและอาการบาดเจ็บในกล้ามเนื้อ หากเกิดอาการบาดเจ็บเฉียบพลัน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการรักษาอย่างทันที โดยวิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น หากมีอาการรุนแรงขึ้นจะนำตัวส่งไปรักษาที่โรงพยาบาลสิริกิตติ์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ จะถูกคัดออกจากโครงการวิจัยทันที และจะได้รับการดูแลรักษาโดยผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยจนกว่าจะหายเป็นปกติ

-การทดสอบปริมาณแลคเตทในเลือด โดยใช้วิธีการเจาะเลือดบริเวณติ่งหู อาจจะทำให้เกิดแผลบริเวณผิวหนัง และมีอาการปวดเล็กน้อย กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทำความสะอาดบาดแผลที่ถูกเจาะเลือดบริเวณติ่งหู เพื่อป้องกันการติดเชื้อ หากมีการติดเชื้อบริเวณที่ทำการเจาะเลือด จะได้รับการดูแลรักษาจากผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยจนกว่าจะหายเป็นปกติ

หากท่านไม่เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ <u>จะไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การปฏิบัติงานใดๆ ของท่าน หรือส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิตแต่อย่างใด</u> การวิจัยครั้งนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนกับอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่าง

หากมีข้อข้องใจที่จะสอบถามเกี่ยวข้องกับการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย ท่านสามารถติดต่อ วทัญญู คำรส โทรศัพท์ 0943165395

ท่านจะได้รับการช่วยเหลือหรือดูแลรักษาการบาดเจ็บ/เจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการวิจัยตามมาตรฐานทางการแพทย์ โดยผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาคือ วทัญญู คำรส

ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับจากการวิจัย

-การพัฒนากลยุทธ์การกระตุ้นกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเพิ่มความสามารถให้กับนักกีฬาเพื่อใช้ในการแข่งขัน

-การเผยแพร่ผลการวิจัยให้แก่ผู้ที่สนใจ หรือผู้ฝึกสอนในการนำรูปแบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้

ค่าตอบแทนที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับ ค่าเดินทางแบบเหมาจ่าย 2,000 บาท

ค่าใช้จ่ายที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องรับผิดชอบเอง ไม่มี

หากมีข้อมูลเพิ่มเติมทั้งด้านประโยชน์และโทษที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ทราบโดยรวดเร็วและไม่ปิดบัง

ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย จะถูกเก็บรักษาไว้โดยไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นราย บุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นข้อมูลส่วนรวมโดยไม่สามารถระบุข้อมูลรายบุคคลได้ ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นรายบุคคล อาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้ามาตรวจสอบได้ เช่น ผู้ให้ทุนวิจัย สถาบัน หรือองค์กรของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบ รวมถึงคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนมีหน้าที่ตรวจสอบได้

<u>ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมการวิจัย หรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การปฏิบัติงานใดๆ ของท่าน หรือส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนของนิสิต ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่เข้าร่วมการวิจัยก็ได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล</u>

หากท่านได้รับการปฏิบัติที่ไม่ตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงนี้ ท่านสามารถแจ้งให้ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนทราบได้ที่ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย อาคารศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี ชั้น 20 โทร (02) 649-5000 ต่อ 11019 โทรสาร: (02) 259-1822

ลงชื่อ..... **ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย**

(.....)

วันที่.....

ภาคผนวก ง
แบบบันทึกข้อมูล

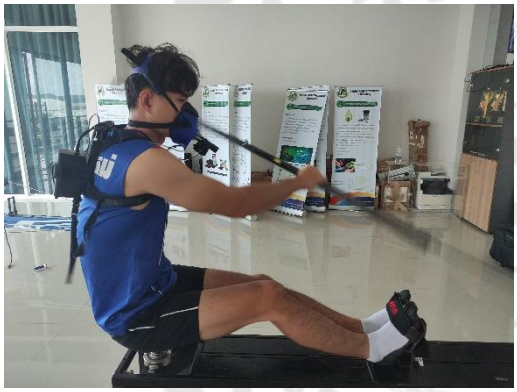
แบบบันทึกข้อมูลการทดลอง

CODE	อายุ	น้ำหนัก	ส่วนสูง	MHR	VO2Max	1RM BP	80% BP	1RM BR	80%BR

โปรแกรมการทดลอง	CON	STP	EAO	CON1	CON2	STP1	STP2	EAO1	EAO2
เวลาเริ่มการทดลอง									
เวลาสิ้นสุดการทดลอง									
พลังสูงสุด									
ค่าเฉลี่ยพลัง									
อัตราการพายต่อนาที									
ระยะทางโดยรวม									
เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจ									
1LT Pre									
1LT AF									
1LT BFT									
1LT AFT									
2LT Pre									
2LT AF									
2LT BFT									
2LT AFT									
อื่น									
หมายเหตุ									

ภาคผนวก จ
ภาพประกอบการดำเนินการทดลอง

ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา สมาคมกีฬาเรือพายแห่งประเทศไทย
SPORT SCIENCE CENTER , RCAT



THAILAND

THAILAND

webb spot
Main menu
Monitor
Workout
Recall
Setup

LAC
1.6
mmol/L
10.09.2022
12:18
LACTATE PLUS

Rowing High Performance Laboratory

ประวัติผู้เขียน