



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์การกีฬา)

ปริญญา

วิทยาศาสตรจารย์การกีฬา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการพักผ่อน โดย การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
หลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด และความเคล็ดว่องไว

Effects of Recovery by Hot Water Immersion Cold Water Immersion and Alternating
Hot-Cold Water Immersion After Intermittent Exercise upon Blood Lactate and Agility

นามผู้วิจัย นายคทาวัช นาคสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์อุคร รัตนภักดิ์, M.A.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตริ เรืองไทย, Ed.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริพร ศศิมนทกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการพักผ่อน โดย การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน
สลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด
และความแคล่วคล่องว่องไว

Effects of Recovery by Hot Water Immersion Cold Water Immersion and
Alternating Hot-Cold Water Immersion After Intermittent Exercise
upon Blood Lactate and Agility

โดย

นายคทาฐ นาคสุทธิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

พ.ศ. 2553

คทาฐ นาคสุทธิ 2553: ผลของการพักผ่อน โดย การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด และความเคล่วคล่องว่องไว ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์อุคร รัตนภักดิ์, อ.ม. 114 หน้า

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการพักผ่อน โดยการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด และความเคล่วคล่องว่องไว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นนี้เป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ อายุ 19 -21 ปี จำนวน 15 คนได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องด้วยโปรแกรม โย – โย จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างได้รับการพักผ่อน โดย การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ทั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างพัก 1 สัปดาห์ในแต่ละวิธี โดยแต่ละวิธีจะทำการเจาะเลือดเพื่อหาค่าปริมาณกรดแลคติกในเลือดขณะพัก หลังการออกกำลังกาย และหลังการพักผ่อนทันทีในนาที่ที่ 15 ความเคล่วคล่องว่องไวทำการทดสอบก่อนการออกกำลังกาย และหลังการพักผ่อนทันทีในนาที่ที่ 15 อุณหภูมิกายวัดหลังการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายทันที นาที่ที่ 4, 8, 12 และ 15 ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจทำการวัด หลังการออกกำลังกายทันที นาที่ที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15 แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีของ Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ความเคล่วคล่องว่องไว อุณหภูมิกาย และอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ทั้ง 4 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ พบว่าวิธีการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ลดลงเร็วกว่าทุกวิธีที่นำมาทำการเปรียบเทียบ และยังทำให้ความเคล่วคล่องว่องไวฟื้นตัวได้ดีกว่าวิธีอื่น

Khatawut Naksutt 2010: Effects of Recovery by Hot Water Immersion Cold Water Immersion and Alternating Hot - Cold Water Immersion After Intermittant Exercise upon Blood Lactate and Agility. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Udorn Ratanapakdi, M.A. 114 pages.

The purposes of this study were to determine the effects of hot water immersion, cold water immersion, and alternating hot and cold water immersion on the recovery after intermittent exercise measured by alternation of the blood lactate and agility. Fifteen male students, age 19-20, were randomly chosen from the Kasetsart University Futsal Team. All subjects were performed intermittent exercise up to the maximum level of the Yo-Yo test program. Immediately after the program, all subjects were exposed to four experimental treatments; 1) sit and rest, 2) hot water immersion, 3) cold water immersion and 4) alternating hot and cold water immersion, each treatment alternation for the period of a week. Blood lactate from all four experimental treatments were measured prior and after exercise. The agility performance for both pre-exercise and post-treatments were also evaluated. The body temperature and heart rate were determined before exercise, immediately after exercise at 4, 8, 12 and 15 minutes after exercise. The data were statistically analyzed with the one way analysis of variance and Tukey's multiple comparison method. The significance level was determined at $p < 0.05$.

Results indicated that blood lactate, agility performance, body temperature and heart rate of four treatments were significantly different with the varied treatments ($p < 0.05$). Moreover, the subjects who were exposed to hot and cold water immersion exhibited decreased levels of blood lactate and heart rate, and thus enjoyed better recovery in comparison to those exposed to other treatments.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี เนื่องด้วยคำแนะนำและความเมตตากรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์อุตร รัตนภักดี กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ราตรี เรืองไทย กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ได้อย่างดียิ่งตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์และมีคุณค่าทางวิชาการ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ถ่ายทอดความรู้ พร้อมทั้งให้ความเมตตากรุณา อบรมสั่งสอนด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ในโปรแกรมวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตทุกท่านที่คอยอบรม สั่งสอน ด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณอาจารย์นิรมลลี มะกาเจ นิสิตทุนพัฒนาอาจารย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์เป็นอย่างดี และผู้วิจัยขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ในคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ด้วยดีตลอดมา จนงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อทรงศักดิ์ นาคสุทธิ คุณแม่ภิญญา นาคสุทธิ ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉรมณี ดุ้ยเต็มวงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และให้โอกาสทางการศึกษาดำเนินการด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณ พี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจให้ด้วยดีตลอดมา

อนึ่ง คุณประโยชน์ใดๆที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้วิจัยขอมอบ ให้แก่ ผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งที่เอ่ยนามและไม่ได้เอ่ยนามที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของผู้วิจัยทุกท่าน

กทาวุธ นาคสุทธิ

มีนาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	35
ผล	35
วิจารณ์	81
สรุปและข้อเสนอแนะ	88
สรุป	88
ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	91
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก การออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องด้วย	96
ภาคผนวก ข การแช่น้ำร้อนสลับกับแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อน และการแช่น้ำเย็น	99
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทดสอบความเครียดคล่องตัว	104
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกในเลือด	107
ภาคผนวก จ การวัดอุณหภูมิของร่างกาย	110
ภาคผนวก ฉ การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี Goodness of Fit ของข้อมูล	112
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง	36
2	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดหลังทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น	37
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่ม การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และ หลังการพักฟื้น	39
4	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการนั่งพัก ก่อนออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายและ หลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	40
5	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำร้อน ก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และ หลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	41
6	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และ หลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	41
7	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำร้อนสลับแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และ หลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	42
8	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey	43

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
9	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey	44
10	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	45
11	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเครียดคล่องตัว ก่อนการออกกำลังกาย และหลังการพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	46
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดความเครียดคล่องตัว ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น	47
13	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความเครียดคล่องตัว ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey	48
14	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความเครียดคล่องตัว ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	49
15	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความเครียดคล่องตัว ภายในกลุ่ม การนั่งพัก ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	50
16	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความเครียดคล่องตัว ภายในกลุ่ม การพักแบบแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	50

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
17	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความเคล่วคล่องว่องไว ภายในกลุ่ม การพักแบบแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	51
18	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของความเคล่วคล่องว่องไว ภายในกลุ่ม การพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น โดยวิธีการของ Tukey	51
19	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอุณหภูมิกายขณะพักฟื้นตัว ภายหลังจากออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายทันที นานที่ 4, 8, 12 และ 15 ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	52
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอุณหภูมิกาย หลังการออกกำลังกายทันที นานที่ 4, 6, 8, 12 และ 15	53
21	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น โดยวิธีการของ Tukey	55
22	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 4 โดยวิธีการของ Tukey	56
23	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 8 โดยวิธีการของ Tukey	57

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
24	58
เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิภายในระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 12 โดยวิธีการของ Tukey	
25	59
เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิภายในระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 15 โดยวิธีการของ Tukey	
26	60
เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิภายในกลุ่ม การนั่งพัก หลังการออกกำลังกายทันที นาที่ที่ 4, 6, 8, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	
27	61
เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิภายในกลุ่ม การแช่น้ำร้อน หลังการออกกำลังกาย นาที่ที่ 4, 6, 8, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	
28	62
เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิภายในกลุ่ม การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกาย นาที่ที่ 4, 6, 8, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	
29	63
เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอุณหภูมิภายในกลุ่ม การแช่น้ำร้อนสลับกับแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายนาที่ที่ 4, 8, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	
30	64
ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง หลังออกกำลังกายทันที นาที่ที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 ด้วยวิธีการพักผ่อนตัว 4 วิธี คือการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
31	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็นและการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นกับช่วงเวลาการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการออกกำลังกายทันทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15	66
32	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ภายในกลุ่มการนั่งพัก ในช่วงเวลาที่หยุดออกกำลังกายทันที กับนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	69
33	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ภายในกลุ่มการแช่น้ำร้อน ในช่วงเวลาที่หยุดออกกำลังกายทันที กับนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	70
34	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ภายในกลุ่มการแช่น้ำเย็น ในช่วงเวลาที่หยุดออกกำลังกายทันที กับนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	71
35	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ภายในกลุ่มการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในช่วงเวลาที่หยุดออกกำลังกายทันที กับนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey	72
36	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หยุดออกกำลังกายทันที โดยวิธีการของ Tukey	73

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
37	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 2 โดยวิธีการของ Tukey	74
38	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 4 โดยวิธีการของ Tukey	75
39	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 6 โดยวิธีการของ Tukey	76
40	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 8 โดยวิธีการของ Tukey	77
41	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 10 โดยวิธีการของ Tukey	78
42	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 12 โดยวิธีการของ Tukey	79
43	เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 15 โดยวิธีการของ Tukey	80
ตารางผนวกที่		
1	การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี (Goodness of Fit) ของข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้สถิติ Kolmogorov – Samirnov One Sample Test	113

สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
ก	แสดงลักษณะการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง	98
ข	แสดงลักษณะการแช่น้ำ	103
ค1	แสดงรูปแบบการวางกรวย	105
ค2	แสดงภาพก่อนการวิ่ง Illinois Agility Run Test	106
ค3	แสดงภาพขณะวิ่ง Illinois Agility Run Test	106
ง1	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาระดับกรดแลคติกในเลือด	109
ง2	แสดงการหัดเลือดลงในแผ่นวิเคราะห์หาระดับกรดแลคติก	109
จ	แสดงการวัดอุณหภูมิกาย	111

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

H3 / C1 = การแช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับ การแช่น้ำเย็น 1 นาที
(alternating water immersion, hot water 3 min. and cold water 1 min.)

H3 / R1 = การแช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับ การพัก 1 นาที
(alternating hot water immersion 3 min. and rest 1 min.)

C3 / R1 = การแช่น้ำเย็น 3 นาที สลับกับ การพัก 1 นาที
(alternating cold water immersion 3 min. and rest 1 min.)

**ผลของการพักผ่อนโดย การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน
สลับการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีต่อกรดแลคติก
ในเลือด และความเคล่วคล่องว่องไว**

**Effects of Recovery by Hot Water Immersion Cold Water Immersion and
Alternating Hot-Cold Water Immersion After Intermittent Exercise upon
Blood Lactate and Agility**

คำนำ

การพัฒนาให้นักกีฬาให้ประสบความสำเร็จเป็นนักกีฬาอาชีพ นับเป็นความต้องการของนักวิทยาศาสตร์การกีฬา และเป็นภารกิจสำคัญของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ทำการวิจัยในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬามาอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นในด้าน สรีรวิทยา การออกกำลังกาย จิตวิทยาการกีฬา ชีวกลศาสตร์ และ โภชนาการทางการกีฬา ซึ่งก่อให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงกับนักกีฬา เพื่อส่งเสริมสนับสนุนผลักดันพัฒนาการของนักกีฬาไทยในด้านต่าง ๆ ให้ประสบความสำเร็จในระดับนานาชาติ ซึ่งในการแข่งขันกีฬาที่เล่นติดต่อกันเป็นเวลานาน แต่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอรวมถึงมีช่วงเวลาในการพักสั้น ๆ เช่น กีฬาฟุตบอล กีฬาฟุตบอล กีฬาบาสเกตบอล กีฬาวอลเลย์บอล กีฬาแบดมินตัน กีฬาเทนนิส เป็นต้น ที่ต้องแข่งขันสลับกับการพักเป็นช่วง ๆ และไม่มีความแน่นอนของระยะเวลาในการพัก รวมไปถึงกีฬาที่ต้องทำการแข่งขันซ้ำกันหลาย ๆ ครั้งในวันเดียวกันหรือกีฬาที่มีรอบคัดเลือกและรอบชิงชนะเลิศในวันเดียวกันเช่น วิ่งระยะสั้น วายน้ำระยะสั้น มวยไทย มวยสากล กีฬาประเภทเหล่านี้ ส่งผลทำให้สมรรถภาพในการแข่งขันในครั้งต่อไปลดลง ซึ่งเมื่อเราได้พิจารณาไปถึงระบบของพลังงานที่ร่างกายใช้ในการแข่งขันหรือเล่นกีฬาในประเภทเหล่านี้แล้ว เกือบทั้งหมดเป็นระบบพลังงานที่ได้มาจากการสันดาปพลังงานในระบบแอโรบิก (aerobic system) Lamb (1986) กล่าวว่าพลังงานที่ได้จากการทำงานในระบบแอนแอโรบิก (anaerobic system) นี้มีขีดความสามารถในการทำงานในระดับสูง แต่ในขณะเดียวกันผลที่ได้จากระบบพลังงานนี้ก็จะก่อให้เกิดของเสีย (waste products) ขึ้นจากเกิดกระบวนการสร้างพลังงาน ด้วยการสันดาปกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ เพราะไม่สามารถที่จะนำออกซิเจนเข้าไปสันดาปพลังงานได้ทัน ของเสียที่สำคัญ คือ กรดแลคติก ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงการออกกำลังกายทันที และจะถูกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและเลือด โดยจะเกิดในกล้ามเนื้อก่อนที่จะแพร่ไปยังกระแส

เลือด เมื่อกรดแลคติกถูกสะสมในปริมาณที่มากจะไปขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เป็นที่ยอมรับกันในวงการสรีรวิทยาการออกกำลังกาย ว่ากรดแลคติกเป็นสาเหตุสำคัญของความเมื่อยล้า (fatigue) ซึ่งสอดคล้องกับ Bruce (2000) ที่ได้กล่าวว่า กรดแลคติกเป็นปัจจัยแรกที่ทำให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ และยังเป็นสาเหตุของการเป็นหนี้ออกซิเจน อัตราการสะสมของกรดแลคติกจะยิ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อความหนักและความเร็วในการฝึกเพิ่มขึ้น อาการเมื่อยล้าจะปรากฏเร็วขึ้น ซึ่งถ้านักกีฬาที่สามารถทำให้สาเหตุของการเมื่อยล้าถูกขับออกจากร่างกายได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบในการแข่งขัน เพราะการที่ทำให้ร่างกายฟื้นตัวกลับสู่ปกติได้เร็วที่สุดจะทำให้มีความพร้อมที่จะทำการแข่งขันภายหลังจากหยุดพักได้มากกว่า

การออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬา จำเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการทำให้กล้ามเนื้อหดตัว โดยการสลายอินทรีย์สารที่อยู่ในกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวซ้ำติดต่อกันได้ การเปลี่ยนแปลงเคมีชีวภาพในกล้ามเนื้อดังกล่าว เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อระดับการเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติก (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) และในกรณีที่ร่างกายต้องการที่จะทำงานหนักติดต่อกันอย่างรวดเร็วและเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้า เมื่อกำลังกล้ามเนื้อหดตัวและคลายตัวอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะหนึ่งกล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานต่อไปได้ เนื่องจากไม่สามารถอดทนต่อภาวะความเป็นกรด ความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) มีผลทำให้เอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อขาดประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพราะเลือดไม่สามารถระบายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อได้ทันทำให้การผลิต ATP (adenosine triphosphate) ซึ่งเป็นพลังงานในกล้ามเนื้อหยุดชะงัก รวมถึงทำให้กล้ามเนื้อขาดออกซิเจนเนื่องจากเลือดไหลเวียนไปสู่กล้ามเนื้อลดลง

การออกกำลังกายติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ร่างกายเกิดความเหนื่อยล้าและความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง ซึ่งอาการแสดงออกให้เห็นว่าร่างกายเกิดความเหนื่อยล้าสังเกตได้จาก ความสามารถในการทำกิจกรรมลดลง มีเหงื่อออกมาก การหายใจแรงและลึก อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น อัตราการเต้นของชีพจรเร็วขึ้น โดยมีสาเหตุมาจาก ปริมาณของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง มีการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ร่างกายสูญเสียน้ำ เยื่อเยื่อเยื่อมากเกินไป อุณหภูมิในร่างกายสูงเกินขนาด มีการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบไหลเวียนโลหิตขาดประสิทธิภาพ การเป็นหนี้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น (ประทุม, 2537) จากสาเหตุดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากรดแลคติกที่สะสมมากขึ้น และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายเป็นสาเหตุที่ทำให้ร่างกายเกิดความเหนื่อยล้า ดังนั้น การที่จะทำให้ร่างกายฟื้นตัวได้

โดยรวดเร็ว นั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำจัดกรดแลคติก ออกจากมัดกล้ามเนื้อและกระแสเลือดโดยเร็วที่สุดถ้าต้องการที่จะให้นักกีฬามีการฟื้นตัวได้ดี และมีสมรรถภาพทางกายพร้อมที่แข่งขันในช่วงต่อไป

การฟื้นตัวของร่างกายภายหลังจากการแข่งขันกีฬา หรือออกกำลังกายได้อย่างรวดเร็วนั้นมีผลต่อความสามารถและสมรรถภาพของร่างกายเพราะจะทำให้ความพร้อมที่จะทำการแข่งขันต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากข้อมูลข้างต้นการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น เป็นวิธีที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟื้นตัวของร่างกายภายหลังจากการแข่งขันกีฬา หรือออกกำลังกาย เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการแข่งขันกีฬา หรือออกกำลังกาย โดยการเปรียบเทียบผลของการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นตัวของร่างกายภายในการพักระหว่างช่วงของการแข่งขันกีฬา หรือออกกำลังกายได้ดีและอย่างรวดเร็วที่สุด เพื่อที่จะได้นำผลของการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับการฟื้นตัวของร่างกายภายหลังจากการแข่งขันกีฬาหรือออกกำลังกาย ที่มีช่วงเวลาในการพักระหว่างการแข่งขันต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และความเคล้าคล่องว่องไว
2. เพื่อศึกษาความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และความเคล้าคล่องว่องไว

สมมติฐานของการวิจัย

ผลของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง มีผลต่อระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และความเคล้าคล่องว่องไว แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผลการวิจัยในครั้งนี้เป็นแนวทางสำหรับนักวิทยาศาสตร์การกีฬา นักพลศึกษา ผู้ฝึกสอน นักกีฬา ตลอดจนผู้สนใจนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในการฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬาที่มีช่วงเวลาในการพักช่วงสั้น ๆ ต่อไป
2. ผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ให้กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่มุ่งศึกษาความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และความเคล้าคล่องว่องไว โดยใช้กลุ่มประชากร ตัวแปรในการวิจัย ดังต่อไปนี้

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 19 – 20 ปี จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 20 คน ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

- การนั่งพัก
- การแช่น้ำร้อน
- การแช่น้ำเย็น
- การแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิกาย และความเคล็ดล่องว่องไว

ข้อตกลงเบื้องต้น

กลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องงดออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาทุกประเภท 1 วัน ก่อนมาทำการทดลองทุกครั้ง โดยปฏิบัติตามกระบวนการที่กำหนดไว้เท่านั้น

นียมคำศัพท์

การออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง(ด้วยการทดสอบ โย-โย) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพด้านความอดทนของนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งลักษณะในการวิ่งที่มีการเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อยๆ สลับกับการพัก จนกว่าจะไม่สามารถวิ่งได้ตามวิธีการทดสอบ

กรดแลคติก หมายถึง กรดที่เกิดขึ้นจากการสันดาปพลังงานโดยปฏิกิริยาเคมีซึ่งเกิดขึ้นจากการออกซิเดชันกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือมีออกซิเจนไม่เพียงพอในการสันดาปพลังงาน ทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและเลือด ส่งผลทำให้เกิดกล้ามเนื้อเมื่อยล้า

การพักผ่อน หมายถึง วิธีการที่นำมาใช้หลังการออกกำลังกายหรือระหว่างพักครึ่งของการแข่งขัน เพื่อช่วยให้ช่วยให้ร่างกายได้ปรับสภาพเข้าสู่สภาวะปกติได้เร็วขึ้น ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการพักผ่อน 4 วิธีการ คือ โปรแกรมการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

การแช่น้ำเย็น หมายถึง การแช่ตัวลงในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส โดยนั่งตามสบาย เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยให้ร่างกายฟื้นสภาพเมื่อเกิดความเมื่อยล้าที่ภายหลังจากการออกกำลังกายได้ และสามารถช่วยรักษาอาการเจ็บปวดได้ ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำเย็น 15 นาที (แบ่งออกเป็นแช่น้ำเย็น 3 นาที สลับกับพัก 1 นาที สลับกันจนครบ 3 รอบ แล้วจบด้วยการแช่น้ำร้อน 3 นาที)

การแช่น้ำร้อน หมายถึง การแช่ตัวลงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 40 ± 1 องศาเซลเซียส โดยนั่งตามสบาย เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของเลือด ทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำร้อน 15 นาที (แบ่งออกเป็นแช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับพัก 1 นาที สลับกันจนครบ 3 รอบ แล้วจบด้วยการแช่น้ำร้อน 3 นาที)

การแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น หมายถึง การแช่ตัวลงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 40 ± 1 องศาเซลเซียส สลับกับการแช่ตัวลงในน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส ในการวิจัยในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการแช่ 15 นาที (แบ่งออกเป็นแช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับ แช่น้ำเย็น 1 นาที สลับกันจนครบ 3 รอบ แล้วจบด้วยการแช่น้ำเย็น 3 นาที)

การตรวจเอกสาร

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยครอบคลุมองค์ประกอบดังต่อไปนี้

- ระบบพลังงาน
- ระบบพลังงานสำรอง
- การใช้พลังงานในการออกกำลังกาย
- ผลของการสะสมของกรดแลคติกในเซลล์กล้ามเนื้อ
- การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย
- วิธีการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย
- การแช่น้ำร้อน
- การแช่น้ำเย็น
- การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

ระบบพลังงาน

การทำหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของร่างกายโดยเฉพาะระบบกล้ามเนื้อ (Muscular System) ในการประกอบกิจกรรมหรือขณะออกกำลังกายล้วนแต่ต้องการพลังงานสำหรับการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ โดยพลังงานดังกล่าวจะได้มาจากระบบพลังงานสำรอง (Energy Supply Systems) ที่ต่างกันและแต่ละระบบจะมีลักษณะการทำงานที่เฉพาะเจาะจงขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาของการประกอบกิจกรรม (สนธยา, 2547)

ระบบพลังงานสำรอง

ปกติภายในเซลล์กล้ามเนื้อจะมีสารเคมีที่เรียกว่า อดีโนซีน ไตรฟอสเฟต (Adenosine Tri Phosphate: ATP) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวและคลายตัวได้ โดยขณะที่กล้ามเนื้อมีกิจกรรมจะถ่ายโอนไปเป็น อดีโนซีน ไดฟอสเฟต (Adenosine Di Phosphate) และพลังงาน (Energy) สำหรับการทำงานโดยตรง



อย่างไรก็ตาม ปริมาณของเอทีพีที่เก็บสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อจะมีปริมาณจำกัด ประมาณ 6 มิลลิโมล (mM) ต่อกล้ามเนื้อหนึ่งกิโลกรัมซึ่งจำนวนดังกล่าวมีเพียงพอเฉพาะสำหรับการออกแรงหดตัวสูงสุดหนึ่งครั้ง (Single Maximum Efforts) เช่น การทุ่มน้ำหนัก ขว้างจักร ฟันชก การยกน้ำหนัก การตีกอล์ฟ หรือการเสิร์ฟเทนนิส เป็นต้น อย่างไรก็ตามการที่ปริมาณของ ATP ในกล้ามเนื้อมีระบบพลังงานสำรองคอยอุปถัมภ์ ให้มีจำนวนคงที่จากการสร้างขึ้นกลับคืนจาก ADP ซึ่งให้ปริมาณของเอทีพียังคงมีเพียงพอสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อในกรณีที่ต้องออกแรงหดตัวมากกว่าหนึ่งครั้งขึ้นไป

ในการรักษาระดับกิจกรรมการทำงานของกล้ามเนื้อ ระบบพลังงานสำรองระบบแรกก็คือ ครีเอตินฟอสเฟต (Creatine Phosphate, CP) ซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อปริมาณเล็กน้อยและสามารถถ่ายทอดสารฟอสเฟต (Phosphate) ให้กับเอทีพี เพื่อสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่ได้อย่างรวดเร็ว



อย่างไรก็ตาม หลังจากช่วงเวลาระยะสั้นๆ ของการทำงานที่มีความหนักสูง (High Intensity) และด้วยปริมาณที่มีจำกัดของสารครีเอตินฟอสเฟตที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ พลังงานสำรองจากครีเอตินฟอสเฟตจะพร่องลงในระยะเวลาอันสั้นของการประกอบกิจกรรม ตัวอย่างเช่น การวิ่ง 100 เมตร การกระโดดไกล การดึงโบของนักกีฬาวินเซิร์ฟอย่างต่อเนื่อง หรือการเล่นลูกเร็ว (Fast Break) ในกีฬาบาสเกตบอล สารครีเอตินฟอสเฟตที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อทั้งหมดจะถ่ายโอนไปเป็นสารครีเอติน และเอทีพี กล่าวคือ ปริมาณของพลังงานเอทีพีที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อโดยตรง

จะมีเพียงพอสำหรับการประกอบกิจกรรมที่มีความสูงสุดประมาณ 1 – 2 วินาที แต่หลังจากนั้น สารครีเอตินฟอสเฟตเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสำรองพลังงานเอทีพี และปริมาณของสารครีเอตินฟอสเฟตจะหมดลงหลังจากเวลาประมาณ 6 – 8 วินาที และท้ายสุดในการออกกำลังกายที่ยาวนานขึ้น ระบบพลังงานสำรองที่คอยอุปถัมภ์พลังงานเอทีพีจะได้มาจากกระบวนการเผาผลาญพลังงานอาหาร (Metabolism) ของร่างกายที่รับประทานเข้าไปและเก็บสะสมไว้

การเผาผลาญ หมายถึง กระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) ของอาหาร ซึ่งได้แก่ อาหารที่ให้พลังงาน คือ คาร์โบไฮเดรตและไขมัน สารอาหารทั้งสองร่างกายจะได้รับเข้าไปพร้อมกับสารอาหารอื่น ๆ และถูกเก็บสะสมไว้ในร่างกายและถูกนำมาใช้เมื่อร่างกายต้องการ สารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายได้รับจะเก็บสะสมไว้ในรูปของไกลโคเจนในตับและในกล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีเพียงพอสำหรับการออกกำลังกายที่มีความหนักประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง ซึ่งต่างจากการเก็บสะสมของไขมันภายในร่างกายที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่จำกัด

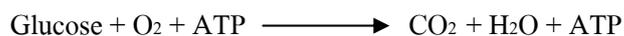
การเผาผลาญของคาร์โบไฮเดรตจะมีความซับซ้อนมากกว่าการเผาผลาญของไขมัน เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ได้ทั้งกระบวนการเผาผลาญแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในการผลิตเอทีพี ซึ่งมีปฏิกิริยาต่อเนื่องกัน 2 แบบ



กระบวนการออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตเพื่อให้ได้พลังงานในระยะแรกจะเป็นการสำรองพลังงานจากไกลโคเจนที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) และผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการจะก่อให้เกิดไพรูเวท (Pyruvate) และหลังจากกระบวนการนี้จะมีเงื่อนไขอยู่ 2 ประการ คือ หนึ่งร่างกายอยู่ในสภาพที่เหมาะสม (การออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน) ไพรูเวทจะเข้าสู่กระบวนการเครบไซเคิล (Kreb Cycles) และผลิตพลังงานจำนวน 36 – 38 เอทีพี และคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน แต่ร่างกายจะมีการหายใจและเร็วขึ้นเพื่อขจัดคาร์บอนไดออกไซด์และการหลั่งเหงื่อเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกาย ประการที่สอง ถ้าร่างกายอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม ไพรูเวท (Pyruvate) ส่วนใหญ่จะไม่สามารถเข้าสู่กระบวนการเครบไซเคิลแต่จะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกและพลังงานจำนวนน้อย (2 ATP)

สำหรับเหตุผลว่าทำไมเมื่อร่างกายมีการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ไพรูเวทจึงไม่สามารถถูกเผาผลาญหรือเข้าไปสู่กระบวนการเครบไซเคิลได้ทั้งหมด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายใช้ในกระบวนการเผาผลาญมีจำนวนมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่เซลล์ได้รับและเอนไซม์ของกระบวนการเครบไซเคิลอาจจะไม่เพียงพอพบกับปริมาณ ไพรูเวท(Pyruvate) ที่เกิดขึ้นหรือส่วนของเซลล์ที่ทำหน้าที่เผาผลาญไพรูเวท (ไมโทคอนเดรีย) ในกระบวนการเครบไซเคิลอาจจะไม่ใหญ่เพียงพอที่เก็บการไหลเข้ามาอย่างรวดเร็วของไพรูเวท ขณะเดียวกันเซลล์กล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast Twitch) ซึ่งปกติจะถูกนำมาใช้ในการทำงาน ที่มีความหนักสูงจะมีปริมาณของไมโทคอนเดรียหรือเอนไซม์ที่จำเป็นในกระบวนการเผาผลาญน้อย มีความสามารถในการทำงานแบบใช้ออกซิเจนต่ำ กระบวนการเผาผลาญไพรูเวทแบบใช้ออกซิเจนจึงเกิดขึ้นน้อย และด้วยเหตุนี้ไพรูเวท(Pyruvate) ส่วนใหญ่จึงเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกแทนที่จะเข้าสู่กระบวนการเครบไซเคิล

การทำงานที่มีความหนักสูง ระบบหัวใจไหลเวียนเลือด (Cardiovascular System) จะไม่สามารถสำรองออกซิเจนให้กับเซลล์กล้ามเนื้อได้เพียงพอกับความต้องการใช้ในกระบวนการเครบไซเคิล แต่ด้วยความต้องการใช้พลังงานของร่างกายทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง ร่างกายจึงเปลี่ยนไพรูเวท(Pyruvate) ส่วนใหญ่เป็นกรดแลคติกเพื่อผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในขณะเดียวกัน ด้วยที่การทำงานของกล้ามเนื้อยังคงดำเนินต่อไป อย่างต่อเนื่องและระบบหัวใจไหลเวียนเลือดยังไม่สามารถสำรองออกซิเจนให้กับกล้ามเนื้อได้เพียงพอจึงทำให้ร่างกายไม่สามารถเปลี่ยนกรดแลคติกในระยะที่หนึ่งให้เข้าสู่ระยะที่สองได้ทันกับปริมาณที่ร่างกายผลิตขึ้น และไม่สามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้ สมดุลกับการผลิตขึ้น จึงส่งผลให้มีการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อที่มีการทำงานและทำให้เกิดการเจ็บปวดกล้ามเนื้อที่ใช้งาน และเป็นสาเหตุทำให้มีการลดลงของพลัง (Power Lessness) และการออกกำลังกายไม่สามารถที่จะรักษาระดับความหนักไว้ได้คงที่ อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการลดระดับความหนักในการออกกำลังกายลง และระบบหัวใจไหลเวียนเลือดสามารถสำรองออกซิเจนให้กับเซลล์กล้ามเนื้อได้เพียงพอกับความต้องการร่างกายก็จะเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) กรดแลคติกบางส่วนจะถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด (Blood Circulation) และถูกลำเลียงไปยังหัวใจเพื่อใช้เป็นพลังงานและดับเพื่อเปลี่ยนกลับเป็นไกลโคเจนและเก็บสะสมไว้ในตับถ้าขณะนั้นการออกกำลังกายเสร็จสิ้นลง แต่ถ้าการออกกำลังกายยังดำเนินต่อไปไกลโคเจนจะถูกลำเลียงไปยังกล้ามเนื้อที่มีการทำงานในรูปของกลูโคสและเข้าสู่การสำรองพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นสารตั้งต้นของพลังงาน



การเผาผลาญโดยใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการสร้างพลังงานจะสามารถสำรองพลังงานได้เป็นชั่วโมงและถูกใช้มากในการฝึกซ้อมแต่ละครั้งและการแข่งขันระยะยาว เช่นมาราธอนและไตรกีฬา อย่างไรก็ตามการผลิตพลังงานจะช้าลงและไม่สนับสนุนให้ร่างกายเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วปกติการทำงานที่มีความหนักต่ำจะทำให้มีการเปลี่ยนกระบวนการเผาผลาญอาหารของสารตั้งต้นโดยใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิงมากกว่าคาร์โบไฮเดรต ซึ่งการบ่งชี้ว่าร่างกายใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการเผาผลาญอาหารมากกว่าก็คือ การเกิดกรดแลคติกในระดับต่ำในการทำงานและถ้าเกิดกรดแลคติกในระดับสูงจะเป็นการแสดงให้เห็นว่าพลังงานส่วนใหญ่ได้รับมาจากคาร์โบไฮเดรต

การใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับการประกอบกิจกรรมของนักกีฬาแต่ก็มีข้อเสียคือไม่สามารถสนับสนุนการแข่งขันที่มีความหนักซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญของกีฬาส่วนมาก ร่างกายจึงต้องใช้ต้นตอของพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต (ไกลโคเจน) เป็นส่วนใหญ่ โดยการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตเป็นเชื้อเพลิงจะดำเนินต่อจากกระบวนการไกลโคไลซิส ซึ่งการผลิตพลังงานโดยกระบวนการจะมีอัตราเร็วกว่าการใช้ไขมันเป็นเชื้อเพลิง (สนธยา, 2547)

การใช้พลังงานในการออกกำลังกาย

ในการแข่งขันหรือออกกำลังกายหรือการดำรงชีวิต และการทำงานของอวัยวะต่างๆ ได้มาจากการสลายสารอาหาร ขณะออกกำลังกาย กล้ามเนื้อ หัวใจ และปอด ต้องทำงานเพิ่มขึ้น ประเภทกีฬาหรือการออกกำลังกาย ระบบการใช้พลังงานของร่างกายเพื่อการออกกำลังกาย และสารอาหารที่ร่างกายเราควรได้รับนั้น ล้วนเป็นสิ่งที่สำคัญที่มีผลต่อสุขภาพของนักกีฬา เนื่องจากการออกกำลังกายหรือการเล่นกีฬาแต่ละประเภทใช้เวลาไม่น้อยแตกต่างกัน ดังนั้น การพิจารณาถึงระบบพลังงานเพื่อการออกกำลังกายจึงสามารถพิจารณาได้จากข้อจำกัดเรื่องเวลา ซึ่ง Jack and David (2000) ได้แบ่งระบบการใช้พลังงาน ดังนี้

1. แหล่งพลังงานจากระบบ ATP-PC (Adenosine Triphosphate, Creatine Phosphate)

ระบบพลังงานนี้ได้มาจาก ATP (Adenosine Triphosphate) และ PC (Creatine Phosphate) พบได้ในเซลล์ทั่ว ๆ ไป พบมากในเซลล์กล้ามเนื้อ ร่างกายสามารถนำมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน ATP (Adenosine Triphosphate) และ PC (Creatine Phosphate) จะถูกนำมาใช้ได้ทันทีที่กล้ามเนื้อหดตัว ให้พลังงานสูง เป็นพลังงานที่มีความสำคัญใน 30 วินาทีแรกของการออกกำลังกาย

2. แหล่งพลังงานจากระบบไกลโคไลติก (glycolytic system)

ระบบพลังงานนี้ได้จากการสลายกลูโคสที่ถูกเก็บสะสมในรูปของไกลโคเจน ไม่ต้องใช้ออกซิเจนได้ ATP (Adenosine Triphosphate) และกรดแลคติกเป็นสารสุดท้าย สามารถให้พลังงานในการออกกำลังกายในระยะสั้น ๆ ความหนักปานกลาง เป็นพลังงานที่มีความสำคัญใน 30-90 วินาที ของการออกกำลังกาย

3. แหล่งพลังงานจากระบบแอโรบิก (aerobic system)

ระบบพลังงานนี้ได้มาจากระบวนการสลายพลังงานหรือการออกซิเดชันสารอาหาร 3 อย่าง คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยใช้ออกซิเจนได้ ATP (Adenosine Triphosphate) น้ำ และ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นสารสุดท้าย ให้พลังงานสูง ระบบนี้สามารถให้พลังงานในการทำงานได้นาน ใช้เป็นแหล่งพลังงานสำคัญภายหลังการออกกำลังกายไปแล้วในนาทีที่สอง

ในขณะที่ออกกำลังกายร่างกายต้องใช้พลังงานจากทั้ง 3 ระบบ จะพบทุกแต่ระบบนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของกิจกรรมในการออกกำลังกาย ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การออกกำลังกายในระยะสั้นที่ต้องทำเต็มที่ (maximum exercise), การออกกำลังกายในระยะยาวและทำในระดับต่ำกว่าระดับสูงสุด (submaximum exercise) (สนธยา, 2547)

ผลของการสะสมของกรดแลคติกในเซลล์กล้ามเนื้อ

การออกซิเดชันพลังงานจากระบบแอนแอโรบิก (anaerobic system) ทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้เซลล์มีภาวะเป็นกรดมากขึ้น ทำให้การปล่อยแคลเซียมจาก sarcoplasmic reticulum ลดลง และจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ phosphor fructokinase ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญของกระบวนการ anaerobic glycolysis กระบวนการจับแคลเซียม ทำให้ขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อ โดย actin กับ myosin จับตัวกันได้ยากกล้ามเนื้อหดตัวได้ช้าลงและส่งผลทำ

ให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ และถ้ามีกรดแลคติกสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อปริมาณที่มาก จะไปกระตุ้นปลายประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวด (pain receptor) เกิดอาการเจ็บระบมของกล้ามเนื้อ (muscle soreness) และยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดตะคริวที่กล้ามเนื้อ (ผกาวัล, 2538) สอดคล้องกับ Carolyn and Lynn (1991) ได้กล่าวว่า การล้าของกล้ามเนื้ออันเป็นสาเหตุมาจากการใช้งานนั้นมีหลายปัจจัย เช่น การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือเกิดการสะสมกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมาก ซึ่งสอดคล้องกับ ราตรี (2549) ได้กล่าวว่าสาเหตุของการล้าของกล้ามเนื้อมีหลายปัจจัย เช่น ร่างกายมีการสะสมของกรดแลคติกมากเกินไป บริเวณรอยต่อระหว่างเส้นใยประสาทกับกล้ามเนื้อ (neuromuscular junction) มีการหลั่งสารสื่อประสาทลดลง (acetylcholine; ACh) การหลั่งแคลเซียมจาก sarcoplasmic reticulum ลดลง การลดลงของพลังงานที่สะสม (ATP, PC, glycogen) ปริมาณเลือดที่ส่งไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลดลง และระบบประสาทส่วนกลางถูกยับยั้งการส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อ

อำพร (2544) กล่าวว่าโดยปกติแล้วกรดแลคติกจะเกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนแล้วแพร่กระจายมาสู่กระแสเลือดในระยะเวลาประมาณ 5 นาที หลังจากเกิดกรดแลคติกขึ้น ภาวะของเลือดจะมีความเข้มข้นของกรดแลคติกประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร หากมีกรดแลคติกในเลือดสูงถึง 0.03 - 0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ หรือ ในกล้ามเนื้อกรดแลคติกมี 0.3 - 0.4 กรัมเปอร์เซ็นต์ กล้ามเนื้อจะหยุดทำงาน ระดับกรดแลคติกจะเพิ่มสูงมากใน 5 - 10 นาที ของการออกกำลังกายสูงสุดบนลูกล ซึ่งมีความเฉลี่ยเท่ากับ 15 มิลลิโมล/ลิตร

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับกระบวนการเคลื่อนย้ายของเสียที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายนั้น คือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนไอออน (H_3) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในการออกกำลังกาย ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการออกกำลังกาย ความหนักในการออกกำลังกาย และวิธีที่ใช้ในการฟื้นตัว ในการออกกำลังกายเบา ๆ ที่มีความหนัก 35-55 เปอร์เซ็นต์ ของการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) จะใช้เวลาในการฟื้นตัวอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ในผู้ที่มิสุขภาพดีได้มีการออกกำลังกายหรือมีการฝึกกีฬาอย่างสม่ำเสมอจะใช้ความหนักที่ 50 ของการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) และถ้าออกกำลังกายความหนัก 60 เปอร์เซ็นต์ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจะน้อยกว่าการให้นั่งพักแบบธรรมดา (rest recovery) นอกจากนี้การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการ

ออกกำลังกายยังขึ้นอยู่กับการรับประทานอาหารด้วย ซึ่งสิ่งที่จะบอกว่าร่างกายมีการฟื้นตัวหรือไม่ สามารถดูได้จากอัตราการเต้นของหัวใจ ความรู้สึกของตัวนักกีฬานั้นเปรียบเทียบกับในขณะพัก ระดับกรดแลคติกในเลือด (Robert and Scott; 1997)

นอกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการฟื้นตัวดังได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ยังมีผลการศึกษาของ Donovan and Pagliassotti (2000) กล่าวว่าไว้ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดแดง (slow twist) สามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีขาว (fast twist) คือ สามารถที่จะออกซิเดชันกรดแลคติกได้ดีกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นชนิดสีขาว (fast twist) และในการออกซิเดชันของกรดนั้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับระดับโคเลสเตอรอลชนิด ไสเดนซีดีไลโปโปรตีน (HDL) และ เมแทบอลิซึมของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะทำให้เกิดกรดแลคติก โดยมีความแตกต่างในกล้ามเนื้อลายที่มี เส้นใยชนิดกล้ามเนื้อขาวและเส้นใยชนิดกล้ามเนื้อแดง เส้นใยกล้ามเนื้อขาวจะทำให้เกิดกรดแลคติกมาก เนื่องจากได้พลังงานมาโดยไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนเส้นใยชนิดกล้ามเนื้อแดงจะทำให้เกิดกรดแลคติกน้อย เพราะได้พลังงานมาโดยการใช้ออกซิเจน เช่นเดียวกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ในเส้นใยชนิดกล้ามเนื้อแดงจะเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อที่เป็นชนิดสีขาว นอกจากนี้ Bonen (2000) ได้กล่าวไว้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแดงจะเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อที่เป็นชนิดสีขาว 37-109 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นชนิดสีขาว (fast twist) สามารถหดตัวได้เร็วให้พลังงานสูงทำให้เกิดกรดแลคติกมากกว่าเส้นใยชนิดกล้ามเนื้อแดง แต่ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแดงจะเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นชนิดสีขาว ดังนั้นในระยะการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อลายที่มีชนิดของเส้นใยชนิดสีแดงมากมีความสำคัญมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นชนิดสีขาว จึงเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการออกกำลังกายเบา ๆ ในระหว่างการฟื้นตัว เพราะมีการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดสีแดงมาก การทำให้เย็นลงภายหลังจากการออกกำลังกายจึงมีความจำเป็นมาก ซึ่งมีส่วนช่วยให้การฟื้นตัวเร็วขึ้น การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด ต้องอาศัยกระบวนการการใช้ออกซิเจนดังนั้นระบบไหลเวียนเลือดจึงมีความสำคัญที่จะช่วยให้กล้ามเนื้อฟื้นตัวได้เร็วขึ้น โดยเลือดทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ และยังนำของเสียออกจากร่างกาย ในทางสรีรวิทยาของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากร่างกายมีกระบวนการดังต่อไปนี้ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

1. การขจัดออกทางปัสสาวะหรือเหงื่อมีน้อยมาก

2. เปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสและไกลโคเจน แต่กระบวนการนี้ต้องอาศัยระยะเวลา
3. การเปลี่ยนเป็นโปรตีน ซึ่งเกิดเพียงเล็กน้อยในทันทีของระยะฟื้นตัว
4. ออกซิเดชันเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกซ์ และ น้ำ เพื่อนำกลับไปใช้เป็นพลังงานได้ เมื่อร่างกายมีออกซิเจนไปเปลี่ยนกรดแลคติกให้ไปเป็นกรดไพรูวิก (Pyruvate)

วิธีการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย

การแช่น้ำร้อน

การแช่ทั้งร่างกายยกเว้นศีรษะในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของเลือด ทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย อีกทั้งเหงื่อและไอน้ำที่ระเหยมาบริเวณศีรษะ จะเร่งการขับของเสียออกจากร่างกาย การแช่น้ำร้อน เป็นการเพิ่มการไหลเวียนเลือด จึงมีส่วนช่วยในการขับกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและกระแสเลือด และอาการปวดจากกล้ามเนื้อเกร็งและอาการเมื่อยล้าหลังจากออกกำลังกาย แต่ไม่ควรใช้ในผู้ที่ เป็นโรคหัวใจ เบาหวาน มะเร็ง อาการบวมอย่างเฉียบพลัน มีแผลเปิด โรคหลอดเลือด หรือความดันสูง ประโยชน์ (2549)

Kazutoshi (1996) ได้ศึกษาผลของการแช่น้ำอุ่นที่มีผลต่อการฟื้นตัวจากความเหนื่อยล้า ภายหลังจากออกกำลังกายที่ต่ำกว่าระดับสูงสุด กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่นเพศชาย 6 คน วิธีการ ให้กลุ่มตัวอย่างที่ความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นให้พักฟื้น โดยมีเงื่อนไขอยู่ 3 เงื่อนไข คือ แช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียสแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และให้นั่งพักเฉย ๆ (control) โดยใช้ระยะเวลาในการพักฟื้น 10 นาที แล้วเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของ heart rate, blood pressure, skin temperature, rectal temperature, blood lactase และค่าความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่าง (RPE) ผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ heart rate และ blood pressure ในทั้ง 3 เงื่อนไขภายในเวลา 10 นาที ส่วน skin temperature และ rectal temperature อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วในการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส คือลดลงมากกว่าอีก 2 วิธีการ ($p < 0.05$) และการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ช่วยให้ร่างกายสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้ดีกว่าการนั่งพักเฉย ๆ (control) ($p < 0.05$)

ประโยชน์ (2549) กล่าวว่า การเติมน้ำร้อน (ประมาณ 40 องศาเซลเซียส) ลงในอ่างอาบน้ำ ความร้อน ควรตรวจชีพจรเป็นระยะๆ โดยไม่ให้ชีพจรสูงเกิน 80 ครั้งต่อนาที ไม่ควรปล่อยให้ผู้แช่น้ำอยู่คนเดียว ให้สังเกตอาการของผู้แช่น้ำเสมอ ถ้าผู้แช่น้ำมีอาการเวียนศีรษะ หรือเป็นลม ให้หยุดแช่น้ำทันที ใช้เวลาในการแช่น้ำร้อนประมาณ 15-20 นาที

ประโยชน์ของการแช่น้ำร้อน

- 1) ช่วยให้นอนหลับง่าย
- 2) ช่วยให้ผ่อนคลาย
- 3) ช่วยให้มีการขับสารพิษออกจากร่างกาย
- 4) ช่วยกระตุ้นให้มีการไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น
- 5) ช่วยบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อและข้อต่าง ๆ
- 6) ช่วยในกรณีที่คนมีปัญหาการนอนไม่หลับเรื้อรัง

ข้อควรระวังในการแช่น้ำร้อน

- 1) ไม่ควรใช้เวลานานเกินไปเพราะอาจเกิดอาการหน้ามืด เป็นลมได้
- 2) ไม่ควรใช้กับคนที่มีความดันโลหิตสูง
- 3) ไม่ควรใช้กับคนที่ประวัติเป็นโรคหัวใจ
- 4) ไม่ควรใช้กับคนที่ประวัติลมชัก
- 5) ไม่ควรใช้กับคนที่ประวัติเป็นโรคมะเร็ง
- 6) ไม่ควรใช้กับคนที่มีแผลเปิด

ผลของความร้อนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

กันยา (2543) พบว่าเมื่อให้ความร้อนไปที่บริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเฉพาะที่เกิดขึ้น และถ้าความร้อนที่ให้มากพอถึงระดับหนึ่งจะมีผลต่อส่วนอื่นของร่างกายที่อยู่ไกลออกไปจากบริเวณที่ได้รับความร้อนด้วย ผลต่อบริเวณที่ได้รับความร้อนเฉพาะที่ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นร้อนที่อุณหภูมิ 39 – 44 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดเป็นอุณหภูมิที่ใช้

ในการรักษา (therapeutic temperature dose) ความร้อนที่ให้นั้นจะมีผลต่อความหนืดของคอลลาเจน (viscosity of collagen) ลดความเจ็บปวด เพิ่มการขยายตัวของ capillary และ axon reflex อันจะส่งผลทำให้เกิดผลต่างๆ ตามมา เช่น การขยายตัวของหลอดเลือดจะนำสารอาหารต่างๆ มาส่งให้ เซลล์เพิ่มการขับของเสียออกจากเซลล์ เพิ่มเมแทบอลิซึม และปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ภายในเซลล์ ส่วนการให้ความร้อนชนิดทั่วร่างกายส่งผลให้การกระตุ้นรีเซปเตอร์ รับอุณหภูมิทั่วร่างกายพร้อม ๆ กันทำให้กลไกการควบคุมสมดุลอุณหภูมิร่างกายต้องทำงานเร็วขึ้นมากขึ้นเพื่อปรับให้อุณหภูมิร่างกายคงที่เป็นการกระตุ้นระบบต่าง ๆ ทั้ง โชมาทิก ออโตโนมิก และฮอร์โมน ให้ทำงานมากขึ้น ส่งผลให้มีการตื่นตัวของอวัยวะต่าง ๆ ในการทำงานมากขึ้น

ผลต่อระบบไหลเวียนเลือด

ถึงแม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อจะเกิดขึ้นร่วมกับการขยายตัวของหลอดเลือดและมีการเพิ่มการไหลของเลือดไปยังบริเวณนั้นมากขึ้น แต่มีความสำคัญที่ควรทราบว่าเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่างกันจะมีกลไกการควบคุมการไหลของเลือดที่ไปยังอวัยวะแตกต่างกันได้ ตัวอย่างเช่น ผิวหนังกับกล้ามเนื้อจะมีกลไกไม่เหมือนกัน ดังนั้นการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอาจจะไม่เหมือนกัน หรือการตอบสนองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ก็อาจจะมีขนาดความมากน้อยไม่เท่ากัน

การไหลของเลือดผ่านผิวหนังมีบทบาทสำคัญทั้งการให้สารอาหารและทำให้อุณหภูมิแกนกลางคงที่ที่ 37 องศาเซลเซียส (98.6 องศาฟาเรนไฮต์) การไหลของเลือดผ่านผิวหนังจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ sympathetic adrenergic nerve การขยายตัวของหลอดเลือด arteriole ของผิวหนังจะเกิดขึ้นเพิ่มเป็นการสูญเสียความร้อนโดยผ่านกลไกเฉพาะที่หรือกลไกรีเฟล็กซ์ ผิวหนังเป็นบริเวณที่มีหลอดเลือดที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะ คือ มี arteriovenous (AV) anastomosis ซึ่งมีบทบาทในการระบายความร้อนออกไป หลอดเลือดนี้จะทำให้มีการเชื่อมต่อระหว่าง arteriole และ venous plexus และ venules การไหลของเลือดผ่านช่องทางเชื่อมต่อเหล่านี้จะอยู่ภายใต้การควบคุมของระบบประสาท ซึ่งจะเกิดขึ้นโดยการตอบสนองต่อตัวกระตุ้นกลไกรีเฟล็กซ์ของรีเซปเตอร์ที่รับอุณหภูมิ หรือการกระตุ้นของกลไกการสูญเสียความร้อนที่บริเวณ preotic ของ ฮัยโปธาลามัสส่วนหน้า การขยายตัวของหลอดเลือดของผิวหนังที่สัมผัสกับความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้จากกลไก 3 อย่างคือ

1. axon reflex ความร้อนที่ทำให้ที่ผิวหนังจะกระตุ้นรีเซปเตอร์ รับอุณหภูมิที่ผิวหนังแล้วส่งผ่านเส้นประสาทนำเข้าไปยังไขสันหลัง บางส่วนของพลังประสาทนำเข้าเหล่านี้จะผ่านทางแขนง antidromic ไปยังหลอดเลือดที่ผิวหนัง แล้วสารเคมีที่มีผลต่อหลอดเลือด (vasoactive mediator) จะถูกปล่อยออกมา สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดผลหลอดเลือดขยายตัวผ่านทาง axon reflex

2. การปล่อยสารเคมีซึ่งเป็นผลมาจากที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการอักเสบน้อย ๆ ได้ จากการหลั่งสารเคมีของการอักเสบออกมา เช่น histamine, prostaglandins ซึ่งจะ ทำให้หลอดเลือด arteriole ขยายตัว นอกจากนั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นยังทำให้มีการหลั่งของเอนไซม์ kallikren ต่อจากต่อมเหงื่อเอนไซม์นี้จะกระทำต่อ globulin และ kininogen ทำให้ปล่อย bradykinin การขยายตัวของหลอดเลือด arterioles และเพิ่มการซึมผ่านของ capillary และ postcapillary venule จะเกิดขึ้นเพราะสารเคมีเหล่านี้จะกระทำต่อการดึงตัวของกล้ามเนื้อเรียบและการหดตัวของ endothelial cell และทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ hydrostatic pressure ของหลอดเลือดฝอย และการยอมให้ผ่านหลอดเลือดฝอย เพราะฉะนั้นความร้อนขนาดในช่วงอุณหภูมิที่ 39 – 44 เซลเซียส สามารถทำให้เกิดการอักเสบเล็กน้อยได้

3. รีเฟล็กซ์ไขสันหลังเฉพาะที่ การกระตุ้นเส้นประสาทนำเข้าที่ผิวหนังด้วยความร้อนซึ่งทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ไขสันหลังเฉพาะที่ขึ้นได้ รีเฟล็กซ์นี้เป็นผลให้ลดพลังประสาทจาก postganglionic sympathetic adrenergic nerve ที่ไปยังกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดลงได้ เป็นผลให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด ซึ่งการขยายตัวของหลอดเลือดจากการตอบสนองของรีเฟล็กซ์นี้ไม่ถูกจำกัดไว้เฉพาะบริเวณที่ได้รับความร้อนเท่านั้น แต่ยังมี การตอบสนองของรีเฟล็กซ์ในบริเวณอื่นที่ไกลออกไปจากตำแหน่งที่ได้รับความร้อนด้วย เช่น เมื่อบริเวณหลังส่วนล่างได้รับความร้อน จะเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังผิวหนังบริเวณเท้ามากขึ้น

บ่อยครั้งที่ความร้อนถูกนำมาใช้ก่อนการออกกำลังกาย ทั้งความร้อนและการออกกำลังกาย สามารถเพิ่มการไหลเวียนเลือดได้ Greeberg (1972) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้แผ่นร้อน (hot pack) อย่างเดียว, การออกกำลังกายอย่างเดียว, และการใช้แผ่นร้อนร่วมกับการออกกำลังกาย ความร้อนถูกให้เป็นเวลา 20 นาที การออกกำลังกายประกอบด้วยการบีบลูกบอลยางเป็นเวลา 1 นาที พบว่าการเพิ่มการไหลเวียนเลือดจากการออกกำลังกายจะมากกว่าการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ผลของการใช้แผ่นร้อนร่วมกับการออกกำลังกายให้ผลมากกว่าการใช้แผ่นร้อน (hot pack) อย่างเดียวหรือการออกกำลังกายอย่างเดียว Johnson and Park (1982) พบว่าการออก

กำลังกายอย่างหนัก จะทำให้เกิดการตีบตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนังเพื่อทำให้เลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อได้เพียงพอ

ผลต่อกล้ามเนื้อและเส้นประสาท

ความร้อนถูกนำมาใช้รักษาเพื่อลดความเจ็บปวด ถึงแม้ว่ากลไกของการลดยังไม่เข้าใจอย่างชัดเจนพื้นฐานความเข้าใจสำหรับการลดความเจ็บปวดอาจสัมพันธ์กับความสามารถของความร้อนที่ทำให้ระดับกั้นความเจ็บปวดสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงความเร็วในการนำพลังประสาท การเปลี่ยนแปลงอัตราของพลังประสาทของ muscle spindle เมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อสูงขึ้นจากการให้ความร้อนสามารถที่เปลี่ยนแปลงความเร็วในการนำพลังประสาทของเส้นประสาทสัมผัสได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะปรากฏในระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรก 1.5 – 2 องศาเซลเซียส

ความร้อนที่ให้บริเวณปลายประสาทสามารถที่จะทำให้ระดับกั้นความเจ็บปวดเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นความร้อนน่าจะถูกนำไปใช้เพื่อลดความเจ็บปวดก่อนที่จะออกกำลังกายแบบ stretching exercise ก่อนใช้เทคนิคการเคลื่อนไหวข้อต่อ (joint mobilization techniques) หรือก่อนการออกกำลังกาย

หลังการใช้งานกล้ามเนื้อมากเกินไป ระหว่างการออกกำลังกายหรือการกระตุ้นกลไกการป้องกันความเจ็บปวด จะทำให้เกิดรีเฟล็กซ์การเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) ซึ่งก่อให้เกิดความเจ็บปวดเพิ่มขึ้นตามมาได้ การเพิ่มอุณหภูมิที่ประมาณ 42 องศาเซลเซียส (107.6 องศาฟาเรนไฮน์) จะลดอัตราความถี่ของพลังประสาทชนิด II afferent จาก muscle spindle และเพิ่มอัตราความถี่ของพลังประสาทชนิด Ib จาก Golgi tendon organ (GTO) ซึ่งจะทำให้ลดพลังประสาทของเซลล์ประสาทแอลฟา ดังนั้นจึงเป็นการลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ extrafusal fiber ลงทำให้กล้ามเนื้อไม่เกร็งตัว

แต่อย่างไรก็ตาม การให้ความร้อนต้นส่วนมาก พบว่าไม่สามารถเพิ่มอุณหภูมิของกล้ามเนื้อจนถึงระดับที่จะเปลี่ยนแปลงพลังประสาทของเส้นประสาทชนิด II หรือ Ib ได้ เพราะฉะนั้นน่าจะมียกลไกอื่นที่จะนำมาอธิบายการลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อเมื่อให้ความร้อนที่บริเวณผิวหนังที่อยู่บนกล้ามเนื้อ พบว่าความร้อนที่ให้ที่ผิวหนังสามารถทำให้มีการลดลงของพลังประสาทของ gamma

efferent ซึ่งจะทำให้ความไวของ muscle spindle ลดลง วิธีนี้เป็นวิธีทางอ้อมที่จะส่งผลให้ลดพลังประสาทจากเซลล์ประสาทแอลฟาอันจะทำให้กล้ามเนื้อลดการเกร็งตัวลง

อุณหภูมิที่สูงขึ้นสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงแรงและความทนทาน (strength and endurance) ของกล้ามเนื้อได้ (Edwards et al., 1972) พบว่าหลังจากแช่ขาในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส (112.9 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 45 นาที มีค่าอยู่ที่ 38.6 องศาเซลเซียส (101.3 องศาฟาเรนไฮต์) จากค่าปกติเฉลี่ยที่ 35.1 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงควรต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในสมรรถภาพของกล้ามเนื้อด้วยหลังการใช้ความร้อน โดยเฉพาะเมื่อวางแผนเกี่ยวกับโปรแกรมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ

ผลต่อเมแทบอลิซึม

ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของร่างกายจะได้รับอิทธิพลโดยอุณหภูมิหรืออาจกล่าวโดยทั่วๆ ไปว่าปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ และเมแทบอลิซึม จะเพิ่มขึ้น 2 – 3 เท่าสำหรับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส (50 องศาฟาเรนไฮต์) เพราะฉะนั้นการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มอุณหภูมิ อุณหภูมิที่สูงกว่า 45 – 50 องศาเซลเซียส (113 – 122 องศาฟาเรนไฮต์) จะทำให้เนื้อเยื่อเกิดการพองไหม้ได้เพราะว่าความร้อนที่สูงนั้นจะทำให้โปรตีนเปลี่ยนรูปไปจากเดิม (denaturation) การเพิ่มในอัตราปฏิกิริยาเคมีสามารถให้ผลต่อหน้าที่ของร่างกาย มีการใช้ออกซิเจนเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีอาหารที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เนื้อเยื่อหายใจขึ้นด้วย

ผลต่อเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

การทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นรวมกับการยืดสามารถที่จะเปลี่ยนคุณสมบัติ viscoelastic ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ คุณสมบัติของ ความหนืด (viscous) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเป็นตัวทำให้ความยาวของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคงความยาวอยู่หลังจากที่ถูกยืดแล้วปล่อยกลับ คำนี้อาจใช้คำว่า plastic deformation หรือ elongation แทนได้ ส่วน โครงสร้างที่ยืดได้ (elastic structure) ถ้าถูกยืดภายใต้แรงดึงอันหนึ่งจะสามารถกลับมาสู่ความยาวเริ่มต้นได้ เมื่อแรงดึงนั้นถูกเอาออกไป คุณสมบัติการยืดได้ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้จะทำให้เกิดการฟื้นตัวกลับของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้ใหม่

การเปลี่ยนแปลงความยาวโดยการยืดที่ทำให้เกิดอันตรายน้อย ทำได้โดยการยืดระหว่างเวลาที่อุณหภูมิของเนื้อเยื่อสูงขึ้นถึงระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการรักษา 40 – 45 องศาเซลเซียส (104 – 113 องศาฟาเรนไฮต์) การศึกษาในสัตว์ทดลอง โดยทำให้เส้นเอ็น(tendon) ของหางหนูมีอุณหภูมิสูงขึ้น 45 องศาเซลเซียส (133 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 10 นาทีแล้วทำการยืดและคงไว้จนกระทั่งเย็นลง เปรียบเทียบกับการยืดในน้ำอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (77 องศาฟาเรนไฮต์) พบว่าการยืดในน้ำอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจะทำให้มีความยาวมากกว่า ซึ่งจะมีอันตรายต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่า

การแช่น้ำเย็น

มนุษย์นั้นรู้จักการนำความเย็นมาบำบัดร่างกายตั้งแต่สมัยอดีตการ เช่นการอาบน้ำเย็นในแม่น้ำลำธาร เพื่อช่วยรักษาอาการปวดเมื่อยล้าจากการทำงาน และความเมื่อยล้าที่เกิดจากการใช้กล้ามเนื้อมากในระยะเวลาสั้นๆ เช่น ในการแข่งขันกีฬาหรือการออกกำลังกาย กันยา (2536) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการรักษาด้วยความเย็นนั้นสามารถทำได้ด้วยตัวเอง ซึ่งนิยมใช้การประคบน้ำแข็งเฉพาะที่ หรืออาจใช้วิธีการแช่ในอ่างน้ำเย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 10 – 14 องศาเซลเซียส หรือใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำเย็นจัดประคบ ระยะเวลาที่ใช้ควรอยู่ที่ประมาณ 10 – 20 นาที เป็นอย่างน้อย

ประโยชน์ (2549) กล่าวว่า การแช่น้ำเย็นไม่ใช่เป็นเพียงการรักษาความเจ็บปวดที่ได้รับจากการบาดเจ็บเพียงอย่างเดียว การแช่น้ำเย็นยังสามารถนำมาใช้ในการฟื้นฟูสภาพของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการทำงานที่ต่อเนื่องและใช้เวลาในการแข่งขันนาน เช่น ในการแข่งขันกีฬาซูโม่ ของประเทศญี่ปุ่น ได้มีการให้นักกีฬาแช่น้ำเย็นเพื่อคลายความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อหลังการแข่งขัน และเตรียมความพร้อมในการแข่งขันในรอบต่อไป ซึ่งมีการแข่งขันที่เสร็จสิ้นภายในวันเดียว แล้วการแช่ด้วยน้ำเย็นทำให้เส้นโลหิตมีการหดตัวช่วยลดอาการอักเสบ

ประโยชน์ของการแช่ด้วยน้ำเย็น

- 1) ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้านทานของร่างกาย
- 2) ช่วยรักษาความร้อนของร่างกาย

ข้อควรระวังสำหรับการแช่น้ำเย็น

- 1) ไม่ควรใช้กับคนที่มีประวัติเป็น โรคเบาหวาน
- 2) ไม่ควรใช้กับคนที่มีประวัติไม่สามารถทนความเย็นได้
- 3) ไม่ควรใช้กับคนที่มีประวัติไวต่อความเย็น
- 4) ไม่ควรใช้กับคนที่มีประวัติเป็น โรคหัวใจ
- 5) ไม่ควรใช้กับคนที่มีประวัติเป็น โรคความดัน

สุกัญญา (2517) การเปรียบเทียบการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายด้วยการนวดกล้ามเนื้อกับการชโลมด้วยน้ำเย็น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเปรียบเทียบวิธีการฟื้นตัวของร่างกายหลังการออกกำลังกาย ด้วยการนวดกล้ามเนื้อกับการชโลมร่างกายด้วยน้ำเย็น โดยมีข้อสมมุติฐานว่าการชโลมร่างกายด้วยน้ำเย็นทำให้ร่างกายฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายได้เร็วกว่าการนวดกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตพลศึกษาชายชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องเข้ารับการทดลองวิธีการทำให้ร่างกายฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายทั้ง 3 วิธี คือ วิธีควบคุม โดยการให้นั่งพักเฉย ๆ วิธีนวดกล้ามเนื้อ และวิธีชโลมร่างกายด้วยน้ำเย็น โดยมีช่วงห่างของการทดลองแต่ละวิธี 1 วัน การทดลองการวิจัยเริ่มต้นด้วยการจับชีพจรขณะพัก แล้วให้ออกกำลังกายโดยการขี่จักรยานวัดงานที่ตั้งน้ำหนักถ่วง 2.5 กิโลปอนด์ เป็นเวลา 5 นาที เสร็จแล้วให้หยุดพักเพื่อดูสภาพการฟื้นตัวในขณะที่ใช้วิธีทดลองแต่ละวิธีจับชีพจรทุกๆ นาทีจนกว่าร่างกายจะคืนสู่สภาพปกติเพื่อหาระยะเวลาการฟื้นตัว แล้วนำระยะเวลาของการฟื้นตัว ในแต่ละวิธีไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบกระทำซ้ำ และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ ตามวิธีของนิวมานคูสล์ ผลการวิจัยพบว่า วิธีการทำให้ร่างกายฟื้นตัว โดยการชโลมร่างกายด้วยน้ำเย็นกับการนวดกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 การชโลมร่างกายด้วยน้ำเย็น กับการให้นั่งพักเฉยๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และการนวดกล้ามเนื้อกับการให้นั่งพักเฉยๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ดังนั้นผู้ฝึกกีฬา ครูพลศึกษาควรจะเลือกวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งคือการชโลมร่างกายด้วยน้ำเย็นหรือการนวดกล้ามเนื้อ ไปปฏิบัติต่อนักกีฬาเพื่อให้ร่างกายของนักกีฬาคืนสู่สภาพปกติพร้อมเข้าแข่งขันต่อไป

ไพรัช (2526) เปรียบเทียบการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ระหว่างวิธีการดื่มน้ำเย็น การชโลมตัวด้วยน้ำเย็นและการนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการฟื้นตัวของร่างกายหลังการออกกำลังกายด้วยการนั่งพักแล้วดื่มน้ำเย็น นั่งพักแล้วชโลมตัว

ด้วยน้ำเย็น และนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำโดยใช้ผู้รับการทดลองอาสาสมัครเป็นนักกีฬา ๒๐ คน เพื่อบรรเทาอาการของโรคหลอดเลือดหัวใจในระหว่างการส่งเสริม การกีฬาแห่งประเทศไทย ซึ่งมีสุขภาพ สมบูรณ์จำนวน 16 คน มีอายุเฉลี่ย 20 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 65.16 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ย 176.37 เซนติเมตร ทุกคนต้องเข้ารับการทดลองวิธีการทำให้ร่างกายฟื้นตัวหลังออกกำลังกายทั้ง 4 วิธี คือ วิธีควบคุม โดยการให้นั่งพักเฉยๆ วิธีนั่งพักแล้วดื่มดื่มน้ำเย็น นั่งพักแล้วขมิ้นด้วยน้ำเย็น และนั่ง พักในห้องอุณหภูมิต่ำ การทดลองเริ่มต้นด้วยการจับชีพจรขณะพัก แล้วให้ผู้รับการทดลองถึง จักรยานวัดงาน ซึ่งตั้งน้ำหนักถ่วงเบื้องต้นที่เหมาะสมของแต่ละคน ตามวิธี PWC 170 โดยเพิ่มงาน 25 V. ทุกๆ 2 นาที จนครบ 6 นาที หลังจากนั้นให้หยุดพักแล้วใช้วิธีทดลองแต่ละวิธี เพื่อดูสภาพการ ฟื้นตัว และจับชีพจรวินาทีที่ 46 - 60 ของทุกนาที จนครบ 6 นาที นำอัตราชีพจรของการฟื้นตัวใน นาทีที่ 2, 4 และ 6 ของแต่ละคน มาวิเคราะห์ตามวิธีสถิติ โดยการหาค่ามัธยฐานเลขคณิต และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ซึ่งถ้าพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบ เป็นรายคู่ตามวิธีของ Scheffe ผลการวิจัยพบว่า การทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีขมิ้นด้วยน้ำเย็น และนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ แตกต่างกับวิธีให้ดื่มน้ำเย็น และวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ใช้วิธีขมิ้นด้วยน้ำเย็น และวิธีนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ 0.01 และวิธีดื่มน้ำเย็นกับวิธีควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

ผลของความเย็นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางทางสรีรวิทยา

การใช้ความเย็นในทางกายภาพบำบัดนั้น ส่วนใหญ่เป็นการให้ความเย็นเฉพาะที่ ต้องการ ผลในการห้ามเลือด ลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ลดบวม ลดความเจ็บปวด ลดการเกร็งตัวของ กล้ามเนื้อ เมื่อให้ความเย็นต่อร่างกาย การตอบสนองจะเกิดขึ้นทันทีคือ เกิดการตีบตัวของหลอดเลือด arterioles และ venules ลดการไหลของเลือดที่ไปเลี้ยงบริเวณที่ได้รับ ความเย็น กลไกที่เกิดขึ้น เชื่อว่าเป็นผลโดยตรงของความเย็นที่มีผลต่อกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดและกลไกรีเฟล็กซ์ที่ กระตุ้นให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง (reflex cutaneous vasoconstriction) การไหลของ เลือดเป็นการควบคุมพื้นฐานทางระบบประสาทที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิ การตีบตัว ของหลอดเลือดที่ผิวหนังเป็นกลไกที่จะรักษาความร้อนไว้ในร่างกายไว้ เมื่ออุณหภูมิที่ผิวหนังลด ต่ำลง ตัวรับความเย็นที่ผิวหนังจะถูกกระตุ้น เป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ของ sympathetic adrenergic fiber การตีบตัวของหลอดเลือดจากรีเฟล็กซ์นี้เป็นผลให้เกิดการตีบตัวของหลอดเลือดใน ส่วนอื่นของร่างกายได้ เช่น การไหลเวียนของเลือดในมือที่ถูกแช่ในน้ำแข็ง สามารถเปลี่ยนจากค่า ปกติ 16 มิลลิลิตรต่อเลือด 100 มิลลิลิตรต่อนาที ให้เหลือเพียง 2 มิลลิลิตรต่อเลือด 100 มิลลิลิตรต่อ

นาที่ ส่วนการเปลี่ยนแปลงด้านตรงข้ามที่เป็นผลจากรีเฟล็กซ์ที่ทำให้เกิดการตีบตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนังจะเกิดน้อยกว่า

ขณะที่เลือดเย็นไหลจากบริเวณที่ได้รับความเย็นกลับเข้าสู่ระบบการไหลเวียนทั่วไป มันจะกระตุ้น heat conservation area ในบริเวณ preoptic ของฮัยโปธาลามัส(hypothalamus) ส่วนหน้า ซึ่งจะส่งผลให้เกิดรีเฟล็กซ์ที่ทำให้หลอดเลือดตีบตัวที่ผิวหนังในบริเวณที่ไกลออกไปจากตำแหน่งที่ได้รับความเย็น ถ้าพื้นที่ของร่างกายที่ถูกทำให้เย็นมีพื้นที่กว้าง การสั่งของกล้ามเนื้อทั้งร่างกายจะเกิดขึ้นซึ่งเป็นกลไกที่จะทำให้เกิดความร้อน

เมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อลดลงเป็นเวลานานหรือเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ความเย็นจะทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดตามมาหลังจากในตอนแรกเกิดการตีบตัวของหลอดเลือด ปรัชการณนี้ถูกรายงานครั้งแรกโดย Lewin ใน ค.ศ.1930 (อ้างอิงถึง กันยา;2543) Lewin พบว่าเมื่อใช้นิ้วแช่ลงในน้ำแข็ง อุณหภูมิผิวหนังจะลดลงระหว่าง 15 นาทีแรก หลังจากนั้นจะถูกตามด้วยวงจรของการเพิ่มและการลดอุณหภูมิ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับการขยายตัวและการหดตัวของหลอดเลือด ตามลำดับ ระหว่างเกิดวงจรนี้ อุณหภูมิไม่กลับเข้าไปใกล้กับค่าอุณหภูมิเริ่มแรกก่อนแช่ในน้ำแข็ง วงจรนี้มีชื่อเรียกว่า hunting response และ Lewin เชื่อว่าวงจรนี้ถูกควบคุมโดย axon reflex ขณะที่ผิวหนังถูกทำให้เย็นต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะเกิดความเจ็บปวดขึ้นเป็นสาเหตุให้พลังประสาทจากเส้นประสาทนำเข้าสู่ถูกนำโดย antidromic ย้อนกลับไปหลอดเลือด arterioles ของผิวหนัง Lewin ตั้งสมมุติฐานว่า H substance ซึ่งมีลักษณะคล้าย histamine ถูกหลั่งออกมา มีผลทำให้หลอดเลือด arterioles ขยายตัว ขณะที่เลือดอุ่นไหลกลับมาที่บริเวณนั้นแล้วทำให้ อุณหภูมิสูงขึ้นเหนือกว่า 10 องศาเซลเซียส น้ำแข็งจะให้ผลอีกทำให้เกิดการตีบตัวของหลอดเลือดกลับมาอีกครั้ง แต่ขณะนี้เชื่อกันว่าเป็นผลจาก myogenic activity ของกล้ามเนื้อเรียบมากกว่า

การขยายตัวของหลอดเลือดที่เกิดจากความเย็นสามารถทำให้เกิดขึ้นได้โดยไม่มีวงจร “hunting cycling” Clarke et al. (1958) ทำให้แขนท่อนล่างเย็นลงที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส พบว่าการเพิ่มขึ้นอย่างมากของการไหลของเลือด เพิ่มขึ้น 3 – 4 เท่าของค่าการไหลก่อนที่ใช้ความเย็น ซึ่งเกิดขึ้นหลังจาก 15 นาทีของการแช่ ส่วนอุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส พบมีการเพิ่มขึ้นของการไหลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การขยายตัวของหลอดเลือดที่เกิดจากความเย็นนี้ได้ถูกคิดว่าเป็นการตอบสนองที่อยู่ลึก (บางที่เป็นในกล้ามเนื้อลาย) และเป็นเฉพาะที่ เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางรีเฟล็กซ์ถูกพบในด้านตรงกันข้าม

ผลต่อเส้นประสาท

ความเย็นสามารถเปลี่ยนความเร็วในการนำพลังประสาทและการทำงานของตำแหน่งประสาน (synaptic activity) ของเส้นประสาทรอบนอกได้ พบว่าการลดลงของอุณหภูมิเส้นประสาท จะมีความสัมพันธ์กับการลดลงในความเร็วของการนำพลังประสาทของเส้นประสาทรับความรู้สึก และเส้นประสาทยนต์ หรือจนถึงกับไม่สามารถนำพลังประสาทได้ การส่งพลังประสาทผ่านตำแหน่งประสาน สามารถถูกหน่วงเหนี่ยวหรือถูกยับยั้งได้ด้วยความเย็นเช่นกัน ซึ่งปริมาณการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะขึ้นกับ ระยะเวลา ความมากน้อยของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

Zankel(1996) ได้ศึกษาผลของความเย็นต่อความเร็วในการนำพลังประสาทของเส้นประสาทอัลนาร์(alna) ภายหลังในความเย็นไปที่ข้อศอก 5 นาที พบว่าความเร็วของการนำพลังประสาทในผู้ถูกทดลอง 8 ใน 10 คน มีความเร็วลดลงเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วของการนำพลังประสาทใน 8 คนนี้ กลับไปอยู่ที่ค่าปกติก่อนให้ความเย็นในเวลา 15 นาที Zankel สันนิษฐานว่าความเย็นสามารถเปลี่ยนอัตราการไหลของไอออนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้

ด้วยการให้ความเย็นที่นานกว่า เชื่อว่าจะทำให้อุณหภูมิของเส้นประสาทและความเร็วในการนำพลังประสาทลดลงมากกว่า Douglas and Malcolm (1955) ให้ความเย็นที่เส้นประสาทอัลนาร์เป็นเวลา 20 นาทีเป็นผลให้มีการลดลงของความเร็วในการนำพลังประสาทเฉลี่ย 29.4 เปอร์เซ็นต์จากค่าก่อนที่ให้ความเย็น 30 นาที ต่อมาหลังจากเอาความเย็นออกไปความเร็วในการนำพลังประสาทยังต่ำกว่าค่าก่อนการให้ความเย็น 8.3 เปอร์เซ็นต์ การทดลองนี้เสนอแนะว่าเมื่อเวลาในการให้ความเย็นนานขึ้น จะมีผลให้การลดความเร็วในการนำพลังประสาทอยู่นานขึ้น

ผลต่อแรงของกล้ามเนื้อ

ได้มีการศึกษาผลของความเย็นต่อแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่วนใหญ่จะทำการศึกษาเฉพาะแรงของ isometric เท่านั้น McGown (1967) ได้วัดแรงของกล้ามเนื้อ quadriceps แบบไอโซเมตริก ก่อนและหลังการให้ความเย็นนวด (Ice massage) ไปที่ต้นขาของผู้ถูกทดลองปกติ พบว่าหลังจากให้ความเย็น จะมีการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อมากกว่าก่อนให้ความเย็น โดยเปรียบเทียบกับค่ากลุ่มควบคุมด้วย แต่ไม่มีรายงานการติดตามผลถึงผลการตรวจว่าการเปลี่ยนแปลงของแรงนั้นจะอยู่ได้นานเท่าไร และเพราะเป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิของกล้ามเนื้อคงยังไม่ลดต่ำลงในเวลาอันสั้นของ

การใช้ความเย็น ผู้วิจัยจึงเชื่อว่าการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อนี้น่าจะมาจากการเพิ่มเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อจากการเปลี่ยนแปลงของ sympathetic nerve activity และผู้ถูกทดลองที่ได้รับความเย็นสามารถมีแรงกระตุ้นจากภาวะทางจิตใจร่วมด้วย

การอธิบายอีกอย่างที่เป็นไปได้สำหรับการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อ คือ อาจเกิดจากผลการให้ความเย็นในช่วงสั้น ๆ ที่มีต่อความไวของเส้นประสาทยนต์ (motor nerve excitability) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากการพบว่า การให้ความเย็นบนกล้ามเนื้อ biceps brachii ของผู้ทดลองปกติเป็นเวลา 1 – 2 นาที สามารถเร่งการทำงาน (facilitation) ของมอเตอร์ยูนิตเดี่ยวได้

เมื่อเวลาในการให้ความเย็นเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของกล้ามเนื้อถูกคาดหวังว่าจะลดลง Oliver et al. ได้ศึกษาผลของความเย็น โดยการแช่ขาที่ปกคลุมด้วยความเย็นอุณหภูมิ 10 – 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าอุณหภูมิของกล้ามเนื้อและแรงของ plantar flexion ลดลง การลดลงนี้อาจเป็นผลมาจากการลดลงของการไหลเวียนเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่อุณหภูมิต่ำลง หรือการเพิ่มคุณสมบัติของความเหนียวของกล้ามเนื้อที่ 45 นาที หลังการแช่ความเย็นแรงของ plantar flexion ได้เพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนให้ความเย็นและคงอยู่ไม่เช่นนั้นนาน 3 ชั่วโมง

Oliver et al. (1979) พบว่าความเย็นที่มีผลต่อแรงของกล้ามเนื้อลดลงในตอนแรกแล้ว กลับมามีแรงเพิ่มขึ้นมากกว่าการทดสอบ หลังการแช่ส่วนแขนขาลงในน้ำเย็น 10 – 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แต่รายงานทั้งสองไม่ได้ทำการวัดแรงของกล้ามเนื้อต่อไปนานเกิน 3 ชั่วโมง เพราะฉะนั้นเวลาของการฟื้นตัวของค่าแรงกล้ามเนื้อที่จะกลับไปเท่ากับค่าปกติเดิมก่อนให้ความเย็นจึงยังไม่ทราบแน่ชัด

มานพ (2539) ได้ศึกษาผลของความเย็นที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของความเย็นที่มีผลต่อระยะเวลาในการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย โดยใช้ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงเป็นตัวแปรในการวิจัย กระบวนการลดอุณหภูมิประกอบด้วย การนั่งพัก การนั่งพักพร้อมกับเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น และการนั่งพักพร้อมกับดื่มน้ำเย็นควบคู่กับการเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มีอายุระหว่าง 20 – 22 ปี จำนวน 15 คน ปั่นจักรยานโดยใช้วิธีการของ Ramp จนถึงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ทุกคนทำการทดลองทั้ง 4 แบบ ทำการเก็บตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก และบันทึกอัตรา

การเต้นของหัวใจหลังจากฟื้นตัวโดยวิธีการทั้ง 4 แบบ ทุก 5 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการที่ทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจในระยะฟื้นตัวลดลงทุก ๆ 5 นาที ของช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่สถิติที่ระดับ 0.05 ในนาทีที่ 55 และหลังอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่สถิติที่ระดับ 0.05 ในนาทีที่ 26, 30, 35, 40 และ 50 ตามลำดับ

การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

การเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายโดยใช้อุณหภูมิของน้ำที่ 40 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือดใต้ผิวหนังทำให้เลือดมีการไหลผ่านมากขึ้น การกระตุ้นการไหลเวียนโลหิต และกระบวนการเมแทบอลิซึม จากการที่ร่างกายได้รับความร้อนสลับกับความเย็น จะทำให้เกิดการขยายตัว (vasodilation) ของหลอดเลือด สลับกับการหดตัว (vasoconstriction) ของหลอดเลือด ทำให้มีเลือดไหลเวียนผ่านผิวหนังได้มากขึ้น ซึ่งจากการที่มีเลือดไหลผ่านผิวหนังที่มากขึ้นนี้ทำให้การเคลื่อนย้ายของเสีย (metabolic waste) ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการหมุนเวียนของโลหิต ช่วยนำของเสียออกไปกำจัดได้เร็วขึ้น ในการวิจัยในครั้งนี้ได้มีนวัตกรรมการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นของ Bonham et al. (2006) มาใช้ในการทำการทดลอง คือ การแช่น้ำร้อน (38 – 40 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 นาที สลับกับการแช่น้ำเย็น (8 – 10 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วินาที ทำสลับกันไปจนครบสามรอบแล้วจบด้วยการแช่น้ำร้อน 3 นาที

Morton (2007) ได้ศึกษาผลของการแช่น้ำที่มีความแตกต่างต่อพลาสมาแลคติก หลังการออกกำลังกายอย่างหนักแบบไม่ใช้ออกซิเจน กลุ่มตัวอย่างมี 11 คน ให้กลุ่มตัวอย่างปั่น Wingate test 30 วินาที เสร็จแล้วให้พัก 5 นาที แล้วทำการวัดความเข้มข้นของกรดแลคติก แล้วให้กลุ่มตัวอย่างแช่น้ำในน้ำร้อน (36 องศาเซลเซียส) สลับกับแช่น้ำในน้ำเย็น (12 องศาเซลเซียส) สลับกันจนครบ 30 นาที วัดความเข้มข้นของกรดแลคติกทุก ๆ 5 นาที ผลการทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) ระหว่างการนั่งพักเฉย ๆ กับการแช่น้ำที่มีความแตกต่าง เมื่อนำอัตราการลดลงของพลาสมาแลคติกมาเปรียบเทียบกันพบว่า การแช่น้ำในน้ำร้อน (36 องศาเซลเซียส) สลับกับแช่น้ำในน้ำเย็น (12 องศาเซลเซียส) มีอัตราการลดลงของพลาสมาแลคติกดีกว่าการนั่งพักเฉย ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

Bonham *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของการใช้ความแตกต่างของน้ำในการฟื้นตัวหนึ่ง ชั่วโมงหลังการออกกำลังกายต่อสมรรถภาพการเล่นกีฬาเนทบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเนทบอล ที่มีสุขภาพดีจำนวน 5 คน วิธีการพักฟื้นมี 2 วิธี คือ การแช่ในน้ำร้อน (38 – 40 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 นาที สลับกับการแช่ในน้ำเย็น (8 – 10 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 วินาที ทำสลับกันไปจนครบสามรอบแล้วจบด้วยการแช่ในน้ำร้อน 3 นาที โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ อัตราการเต้นของหัวใจ, กรดแลคติก, ความรู้สึกของผู้ที่ถูกทดลอง และสมรรถภาพที่เกี่ยวกับกีฬาเนทบอล (วิ่งเร็วสี่คูณห้าเมตร วิ่งเร็วสี่คูณสิบเมตร ความคล่องแคล่วว่องไว การกระโดดสูง 12 ครั้ง) ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายพบว่า ความเร็วในวิ่ง สี่คูณห้าเมตร มีความเร็วอยู่ที่ 0.17 วินาที (ความน่าเชื่อถือ 95 เปอร์เซ็นต์ ขอบเขต -0.71 ถึง 0.18 วินาที) สี่คูณสิบเมตร มีความเร็วอยู่ที่ 0.07 วินาที (-0.49 ถึง 0.34 วินาที) ความคล่องแคล่วว่องไวมีความเร็วอยู่ที่ 0.13 วินาที (-0.81 ถึง 0.55 วินาที), การวิ่งแบบหนักสลับเบา และ ความคล่องแคล่วว่องไวมีความเร็วอยู่ที่ 0.47 วินาที (-1.85 ถึง 0.91 วินาที), สมรรถภาพด้านการกระโดดลดลง 0.1 เซนติเมตร (-0.45 ถึง 0.25) การใช้ความแตกต่างของน้ำในการฟื้นตัวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และเมื่อพิจารณาจากคะแนนความเหนื่อยล้า (RPE) มีความเหนื่อยล้าลดลงเหลือ 1.6 (-2.4 ถึง 0.8) อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ที่ความหนัก 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ลดลง 6.2 bpm. (-2.02 ถึง 7.8 bpm) อัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ที่ความหนัก 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมงลดลง 2.3 bpm. (-16.8 ถึง 12.3 bpm) กรดแลคติกในเลือด (BLa) ลดลง 0.46 mMol/L (-1.96 ถึง 1.04 mMol/L) สรุปผลของการใช้ความแตกต่างของน้ำในการฟื้นตัวหนึ่งชั่วโมง หลังการออกกำลังกายมีส่วนช่วยให้การฟื้นตัวของสมรรถภาพการเล่นกีฬา เนทบอลได้

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่ามีเนื้อหาสาระและเรื่องราวที่มีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจเป็นอย่างมากที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ซึ่งผู้วิจัยได้นำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อสร้างพื้นฐาน กรอบความคิด และกรอบวิธีการปฏิบัติของงานวิจัยเชิงทดลอง ตลอดจนจะเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้สนับสนุนผลการวิจัยในครั้งนี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด
2. แผ่นวิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด BM Lactate
3. เครื่องเจาะเลือด พร้อมเข็ม (เบอร์ 1488490) ยี่ห้อ Softclix
4. เครื่องวัดอุณหภูมิกายที่หู ยี่ห้อ Microlife
4. เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar รุ่น Sport Tester (1993)
5. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ Casio
6. ถังน้ำขนาด 200 ลิตร 4 ถัง
7. สำลี แอลกอฮอล์ และถุงมือยาง
8. ใบบันทึกผลการทดสอบที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นเอง
9. ตลับเมตรวัดระยะทาง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมการแช่น้ำร้อน 15 นาที อุณหภูมิของน้ำ 40 ± 1 องศาเซลเซียส คือการแช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับการพัก 1 นาที 3 รอบ แล้วจบด้วยการแช่น้ำร้อน 3 นาที
2. โปรแกรมการแช่น้ำเย็น 15 นาที อุณหภูมิของน้ำ 10 ± 1 องศาเซลเซียส คือการแช่น้ำเย็น 3 นาที สลับกับการพัก 1 นาที 3 รอบ แล้วจบด้วยการแช่น้ำร้อน 3 นาที
3. โปรแกรมการแช่น้ำร้อน อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 40 ± 1 องศาเซลเซียส สลับกับการแช่น้ำเย็นอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 10 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที คือ การแช่น้ำร้อน 3 นาที การแช่น้ำเย็น 1 นาที 3 รอบ แล้วจบด้วยการแช่น้ำร้อน 3 นาที
4. วิธีการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว (Illinois test)

วิธีการ

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย จากมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ที่มีอายุระหว่าง 19 – 20 ปี มีจำนวนทั้งหมด 20 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มาจากการสุ่มกลุ่มประชากร ซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีอายุระหว่าง 19 – 21 ปี จำนวน 15 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก

วิธีการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทำวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการใช้กลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิจัย จากคณะ วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถึงผู้จัดการทีมนักกีฬาฟุตบอล ของมหาวิทยาลัย รวมทั้งกำหนดวัน เวลา และสถานที่ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์การใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถึงผู้จัดการทีมนักกีฬาฟุตบอล ของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ ยืมเครื่องวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรด แลคติกในเลือด จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ วิธีการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสถานที่ใช้ ในการวิจัยในครั้งนี้

5. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผลที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

6. ประชุม อธิบาย และชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างได้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ลำดับขั้นตอนของการทดลอง และวิธีทำการทดลอง รวมไปถึงข้อห้ามในระหว่างการทำวิจัยในครั้งนี้

7. วันที่ทำการทดลองจะมีขั้นตอน 4 ขั้นตอนการซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ก่อนการออกกำลังกาย และการทดสอบสมรรถภาพความแคล่วคล่องว่องไว 10 นาที จะทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก วัดอุณหภูมิกายขณะพัก และการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วเพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก เมื่อทำการเจาะเลือดเสร็จจะให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

- ขั้นตอนที่ 2 เมื่อทดสอบสมรรถภาพความแคล่วคล่องว่องไวเสร็จแล้ว ให้ทำการพักก่อนที่จะออกกำลังกายเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้ Yo - Yo test เมื่อทำการออกกำลังกายเสร็จตามกำหนดเวลา เมื่อครบแล้วทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดอุณหภูมิกาย และทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

- ขั้นตอนที่ 3 ให้กลุ่มตัวอย่างทำการพักฟื้นตัวและทำตามวิธีการพักฟื้นเป็นเวลา 15 นาที วัดอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการออกกำลังกายทันที ในนาที่ที่ 2, 4, 6, 8 10, 12, 14 และ 15 วัดอุณหภูมิกาย หลังการออกกำลังกายทันที ในนาที่ที่ 4, 8, 12 และ 15 หลังจากนั้นทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

- ขั้นตอนที่ 4 เมื่อพักฟื้นตามวิธีการเสร็จแล้วทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วและทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

8. วิธีการพักฟื้นตัวประกอบด้วย

- วิธีที่ 1 การนั่งพักเฉย ๆ หลังจากออกกำลังกายใช้ระยะเวลาในการนั่งพัก 15 นาที

- วิธีที่ 2 การแช่น้ำร้อน 15 นาที แช่น้ำร้อน 3 นาที พัก 1 นาที (อุณหภูมิน้ำ 40 ± 1 องศาเซลเซียส) เมื่อครบ 15 นาที ทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

- วิธีที่ 3 การแช่น้ำเย็น 15 นาที แช่น้ำเย็น 3 นาที พัก 1 นาที (อุณหภูมิน้ำ 10 ± 1 องศาเซลเซียส) เมื่อครบ 15 นาที ทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

- วิธีที่ 4 การแช่น้ำร้อน (อุณหภูมิน้ำ 40 ± 1 องศาเซลเซียส) สลับการแช่น้ำเย็น (อุณหภูมิน้ำ 10 ± 1 องศาเซลเซียส) คือ การแช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับการแช่น้ำเย็น 1 นาที ไปจนครบ 15 นาที แล้วทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

9. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ขั้นตอนการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง 15 คน ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก วัดอุณหภูมิกายขณะพัก เจาะเลือดหาความเข้มข้นของกรดแลคติกขณะพักและทำการทดสอบความเครียดด้วยวิธี

↓
นั่งพัก 10 นาที

↓
ให้กลุ่มตัวอย่างทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง

↓
กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการพักผ่อนตัวทั้ง 4 วิธีการ ดังนี้

วิธีพักผ่อน	รูปแบบในการพักผ่อน	เวลาพักผ่อน
วิธีที่ 1	การนั่งพัก (R=15)	วิธีการพักผ่อนตัวทั้ง 4 วิธีการใช้ระยะเวลา 15 นาที
วิธีที่ 2	การแช่น้ำร้อน $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (H3/R1)	
วิธีที่ 3	การแช่น้ำเย็น $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (C3/R1)	
วิธีที่ 4	การแช่น้ำร้อน $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ สลับกับการแช่น้ำเย็น $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ (H3/C1)	

หมายเหตุ R = นั่งพัก 15 นาที ,H3/R1 = แช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับ นั่งพัก 1 นาที ,C3/R1 = แช่น้ำเย็น 3 นาที สลับกับ นั่งพัก 1 นาที ,H3/C1 = แช่น้ำร้อน 3 นาที สลับกับ แช่น้ำเย็น 1 นาที

พักระหว่างพักผ่อนระหว่างวิธีการทดลอง 2 วัน

↓
เมื่อพักผ่อน ครบ 15 นาที ทำการเจาะเลือดทันทีด้วยทดสอบความเครียดด้วยวิธี

↓
นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลทางสถิติและ สรุปผลการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS of Windows V.13 ดังนี้

1. ทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี (testing goodness of fit) ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบโค้งปกติหรือไม่ โดยใช้สถิติ Kolmogorov Smirnov one sample test

2. ค่าเฉลี่ย (Mean) หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของน้ำหนัก ส่วนสูง ความเครียดคล่องตัว ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับอนุมูลิกายขณะพักก่อนออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และหลังการพักผ่อนทั้ง 4 วิธีการของกลุ่มตัวอย่าง

3. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One – Way Analysis of Varince with Repeated Measures) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเครียดคล่องตัว ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับอนุมูลิกายขณะพักก่อนออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และระหว่างการพักผ่อนทั้ง 4 วิธีการ

4. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One – Way Analysis of Varince with Repeated Measures) เพื่อทดสอบผลที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี กับช่วงเวลาการทดสอบที่มีต่อความเครียดคล่องตัว ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับอนุมูลิกาย

5. ถ้าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะนำค่าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่แบบวัดซ้ำด้วยวิธีของ Tukey กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลและวิจารณ์ผล

ผล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยให้กลุ่มตัวอย่างทุกคน ได้ผ่านการทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี Goodness of Fit Test โดยใช้สถิติ Kolmogorov – Sminov one sample test และพบว่ามี การกระจายเป็น โคนึงปกติ ต่อจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความเคล่วคล่องว่องไว และทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง แล้วใช้วิธีการพักฟื้นตัว ภายหลังออกกำลัง 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น โดยใช้ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ความเคล่วคล่องว่องไว อุณหภูมิกาย และอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการทำการพักฟื้น เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณ กรดแลคติกในเลือด ภายหลังทำการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการพักฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกายและ หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น

ตอนที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อุณหภูมิกาย หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอุณหภูมิกาย หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 4, 6, 8, 12 และ 15

ตอนที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อัตราการเต้นของหัวใจ หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15

ตอนที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพ	\bar{X}	S.D.
อายุ (ปี)	20.33	0.53
น้ำหนัก (กก.)	65.08	8.22
ส่วนสูง (ซม.)	170.41	5.35

N = 15

จากตารางที่ 1 พบว่ากลุ่มตัวอย่าง มีอายุเฉลี่ย 20.33 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 น้ำหนักเฉลี่ย 65.08 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.22 และส่วนสูงเฉลี่ย 170.41 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.35

ตอนที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยวิธีการพักผ่อนตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และทางเดียว แบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณ กรดแลคติกในเลือด ภายหลังจากการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการพักผ่อนตัวทั้ง 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดแลคติกในเลือดหลังทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง หลังพักผ่อนตัว ด้วยวิธีการพักผ่อนตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

N = 15

ช่วงเวลา	ปริมาณกรดแลคติก (มิลลิโมล/ลิตร)							
	การนั่งพัก		การแช่น้ำร้อน		การแช่น้ำเย็น		การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
ก่อนออกกำลังกาย	2.09	.82	1.70	.54	1.65	.51	1.72	.15
หลังออกกำลังกาย	11.16	2.27	11.87	3.64	11.57	2.67	12.11	3.39
หลังทำการพักผ่อน	9.23	2.34	3.85	1.21	4.69	1.17	2.98	1.09

*P<0.05

จากตารางที่ 2 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยการนั่งพัก ก่อนออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 2.09 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .82 หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 11.16 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.72 และนาที่ที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 9.32 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.33

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยการพักผ่อนแบบแช่น้ำร้อน ก่อนออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 1.70 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .54 หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 11.87 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.64 นาที่ที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 3.85 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.21

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยการพักแบบแช่น้ำเย็น ก่อนออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 1.65 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .51 หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 11.57 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.67 นาทีที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 4.69 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 1.72 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .15 หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 112.11 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.39 นาทีที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 2.93 มิลลิโมล/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.09

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกาย และ หลังการพักผ่อน

N=15					
แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ก่อนออกกำลังกาย					
ระหว่างกลุ่ม	1.447	3	.482	1.276	.294
ภายในกลุ่ม	16.641	44	.378		
รวม	18.088	47			
หลังการออกกำลังกาย					
ระหว่างกลุ่ม	6.038	3	2.013	.204	.893
ภายในกลุ่ม	433.288	44	9.847		
รวม	439.327	47			
หลังจากทำการพักผ่อน					
ระหว่างกลุ่ม	278.875	3	92.958	39.020	.000*
ภายในกลุ่ม	104.822	44	2.382		
รวม	383.697	47			

*P < 0.05

จากตารางพจนกที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า ก่อนการออกกำลังกาย และหลังออกกำลังกาย ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนหลังการพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หลังการออกกำลังกายทันทีแสดงให้เห็นว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หลังการให้การพักผ่อนทันทีแสดงให้เห็นว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือด ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ วัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการนั่งพัก ก่อนออกกำลังกาย หลัง ออกกำลังกายและ หลังการพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ช่วงเวลาที่วัด	ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)			
	\bar{X}	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	หลังการพักผ่อน
ก่อนออกกำลังกาย	1.79	-	9.89*	3.4*
หลังออกกำลังกาย	11.68	-	-	6.48*
หลังการพักผ่อน	5.2	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการนั่งพัก ก่อนออกกำลังกาย กับหลังการออกกำลังกาย, ก่อนออกกำลังกาย กับหลังการพักผ่อน, หลังออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ วัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำร้อน ก่อนการออกกำลังกาย ภาย หลังออกกำลังกาย และ หลังการพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)				
ช่วงเวลาที่วัด		ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	หลังการพักผ่อน
	\bar{X}	1.7	11.16	3.85
ก่อนออกกำลังกาย	1.7	-	9.46*	2.15*
หลังออกกำลังกาย	11.16	-	-	7.31*
หลังการพักผ่อน	3.85	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำร้อน ก่อนออกกำลังกาย กับหลังออกกำลังกาย, ก่อนออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน, หลังออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ วัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย ภาย หลังออกกำลังกาย และ หลังการพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)				
ช่วงเวลาที่วัด		ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	หลังการพักผ่อน
	\bar{X}	1.65	11.57	4.69
ก่อนออกกำลังกาย	1.65	-	9.92*	3.04*
หลังออกกำลังกาย	11.57	-	-	6.88*
หลังการพักผ่อน	4.69	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 6 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำเย็น ก่อนออกกำลังกาย กับ หลังออกกำลังกาย ก่อนออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน หลังออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำร้อนสลับแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย และ หลังการพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)				
ช่วงเวลาที่วัด		ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	หลังการพักผ่อน
	\bar{X}	1.72	12.11	2.98
ก่อนออกกำลังกาย	1.72	-	10.39*	1.26
หลังออกกำลังกาย	12.11	-	-	9.13*
หลังการพักผ่อน	2.98	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 7 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายในกลุ่มวิธีการแช่น้ำร้อนสลับแช่น้ำเย็น ก่อนออกกำลังกาย กับ หลังออกกำลังกาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนก่อนออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน ไม่มีความแตกต่างกัน และหลังออกกำลังกาย กับ หลังการพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ วัดซ้ำของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)					
วิธีการทดลอง		การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	2.09	1.70	1.65	1.72
การนั่งพัก	2.09	-	.39	.44	.37
การแช่น้ำร้อน	1.70	-	-	.05	.02
การแช่น้ำเย็น	1.65	-	-	-	.07
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	1.72	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 8 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือด ก่อนการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)					
วิธีการทดลอง		การนั่ง พัก	การแช่น้ำ ร้อน	การแช่ น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อน สลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	11.16	11.87	11.75	12.11
การนั่งพัก	11.16	-	-.71	-.59	-.95
การแช่น้ำร้อน	11.87	-	-	-.12	-.24
การแช่น้ำเย็น	11.75	-	-	-	-.36
การแช่น้ำร้อนสลับการ แช่น้ำเย็น	12.11	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 9 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือด หลังออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	ระดับกรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)				
	X	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	X	9.23	3.85	4.69	2.98
การนั่งพัก	9.23	-	5.37*	4.54*	6.25*
การแช่น้ำร้อน	3.85	-	-	-0.83	.87
การแช่น้ำเย็น	4.69	-	-	-	1.70*
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	2.98	-	-	-	-

*P < .05

จากตารางที่ 10 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติกในเลือด หลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า ระหว่างการนั่งพัก กับ การแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับ การแช่น้ำเย็น, การนั่งพัก กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการแช่น้ำร้อน กับ การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย และ หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักฟื้น

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย และหลังการพักฟื้น ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

$N = 15$

ช่วงเวลา	ความเคล่วคล่องว่องไว (วินาที)							
	การนั่งพัก		การแช่น้ำร้อน		การแช่น้ำเย็น		การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
ก่อนออกกำลังกาย	16.34	.61	15.75	.87	15.74	.52	15.99	.48
หลังการพักฟื้น	16.80	.56	15.97	.74	16.78	.77	16.19	.47

* $P < 0.05$

จากตารางที่ 11 ความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย ด้วยการนั่งพัก มีค่าเฉลี่ย 16.34 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .61 และหลังการพักฟื้น มีค่าเฉลี่ย 16.80 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .56

ความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย ด้วยการพักแบบแช่น้ำร้อน มีค่าเฉลี่ย 15.75 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .87 และหลังการพักฟื้น มีค่าเฉลี่ย 15.97 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .74

ความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย ด้วยการแช่น้ำเย็น มีค่าเฉลี่ย 15.74 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .52 และหลังการพักฟื้น มีค่าเฉลี่ย 16.78 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .77

ความเคล่วคล่องว่องไวก่อนการออกกำลังกาย ด้วยการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีค่าเฉลี่ย 15.99 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .48 และหลังการพักผ่อน มีค่าเฉลี่ย 16.19 วินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .47

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดความเคล่วคล่องว่องไวก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักผ่อน

N=15					
แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ก่อนการออกกำลังกาย					
ระหว่างกลุ่ม	1.328	3	.443	1.083	.366
ภายในกลุ่ม	17.983	44	.409		
รวม	19.311	47			
แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
หลังให้การพักผ่อน					
ระหว่างกลุ่ม	6.257	3	2.086	4.894	.005*
ภายในกลุ่ม	18.752	44	.426		
รวม	25.008	47			

*P < 0.05

จากตารางที่ 12 ความเคล่วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกายด้วยวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนหลังการการพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความเคล่วคล่องว่องไว หลังการการพักผ่อนด้วยวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ ความแผล้วคล่องว่องไว ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการ แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ความแผล้วคล่องว่องไว (วินาที)					
วิธีการทดลอง		การนั่งพัก	การแช่น้ำ ร้อน	การแช่ น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อน สลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	16.14	15.75	15.75	15.99
การนั่งพัก	16.14	-	.384	.390	.138
การแช่น้ำร้อน	15.75	-	-	.005	-.245
การแช่น้ำเย็น	15.75	-	-	-	.251
การแช่น้ำร้อนสลับการ แช่น้ำเย็น	15.99	-	-	-	-

**P* < 0.05

จากตารางที่ 13 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ย ของความแผล้วคล่องว่องไว ก่อนการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของความแฉ่วคล่องว่องไว ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังให้การพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ความแฉ่วคล่องว่องไว (วินาที)					
วิธีการทดลอง		การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	16.80	15.97	16.78	16.19
การนั่งพัก	16.80	-	.821*	.015	.604*
การแช่น้ำร้อน	15.97	-	-	-.806*	-.217
การแช่น้ำเย็น	16.78	-	-	-	-.589*
การแช่น้ำร้อนสลับ	16.19	-	-	-	-
การแช่น้ำเย็น					

*P < 0.05

จากตารางที่ 14 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของความแฉ่วคล่องว่องไว หลังให้การพักผ่อน ระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น การแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของความแผล้วคล่องว่องไว ภายในกลุ่ม การนั่งพัก ก่อนการออกกำลังกาย และหลัง ให้การพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ความแผล้วคล่องว่องไว (วินาที)			
ช่วงเวลา		ก่อนการออกกำลังกาย	หลังให้การพักผ่อน
	\bar{X}	16.14	16.80
ก่อนการออกกำลังกาย	16.14	-	-.66
หลังให้การพักผ่อน	16.80	-	-

**P* < 0.05

จากตารางที่ 15 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ย ของความแผล้วคล่องว่องไว ภายในกลุ่มการนั่งพัก ก่อนการออกกำลังกาย กับหลังให้การพักผ่อน ไม่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของความแผล้วคล่องว่องไว ภายในกลุ่ม การพักแบบแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ความแผล้วคล่องว่องไว (วินาที)			
ช่วงเวลา		ก่อนการออกกำลังกาย	หลังให้การพักผ่อน
	\bar{X}	15.75	15.97
ก่อนการออกกำลังกาย	15.75	-	-.22
หลังให้การพักผ่อน	15.97	-	-

**P* < 0.05

จากตารางที่ 16 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ย ของความแผล้วคล่องว่องไว ภายในกลุ่มการพักแบบแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย กับหลังให้ การพักผ่อน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของความเคล่วคล่องว่องไว ภายในกลุ่ม การพักแบบแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ความเคล่วคล่องว่องไว (วินาที)			
ช่วงเวลา		ก่อนการออกกำลังกาย	หลังให้การพักผ่อน
	\bar{X}	15.74	16.78
ก่อนการออกกำลังกาย	15.74	-	-1.04*
หลังให้การพักผ่อน	16.78	-	-

**P* < 0.05

จากตารางที่ 17 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ย ของความเคล่วคล่องว่องไว ภายในกลุ่มการพักแบบแช่น้ำร้อน ก่อนการออกกำลังกาย กับหลังให้ การพักผ่อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของความเคล่วคล่องว่องไว ภายในกลุ่ม การพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออกกำลังกาย และหลังให้การพักผ่อน โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ความเคล่วคล่องว่องไว (วินาที)			
ช่วงเวลา		ก่อนการออกกำลังกาย	หลังให้การพักผ่อน
	\bar{X}	16.19	15.99
ก่อนการออกกำลังกาย	16.19	-	.2
หลังให้การพักผ่อน	15.99	-	-

**P* < 0.05

จากตารางที่ 18 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ย ของความเคล่วคล่องว่องไว ภายในกลุ่มการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ก่อนการออก กาย กับหลังให้การพักผ่อน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อุณหภูมิกาย หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอุณหภูมิกาย หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 4, 6, 8, 12 และ 15

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอุณหภูมิกายขณะพักฟื้นตัว ภายหลังจากออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 4, 8, 12 และ 15 ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

N =15

ช่วงเวลา	อุณหภูมิกายขณะพักฟื้นตัว (องศาเซลเซียส)							
	การนั่งพัก		การแช่น้ำร้อน		การแช่น้ำเย็น		การแช่น้ำร้อนสลับ การแช่น้ำเย็น	
	\bar{X}	SD	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
หลังออกกำลังกาย	36.51	.53	36.74	.60	36.70	.28	37.13	.26
นาทีที่ 4	36.54	.62	36.89	.32	36.65	.35	36.63	.37
นาทีที่ 8	36.51	.57	36.88	.45	36.67	.38	37.00	.23
นาทีที่ 12	36.28	.53	36.95	.39	36.55	.23	36.57	.24
นาทีที่ 15	36.11	.42	37.25	.43	36.21	.31	37.11	.52

*P<0.05

จากตารางที่ 19 พบว่าอุณหภูมิกายขณะพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการนั่งพัก หลังการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 36.51 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .53 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 36.54 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .62 นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 36.51 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .57 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 36.28 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .53

อุณหภูมิกายขณะพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการแช่น้ำร้อน หลังการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 36.74 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .60 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 36.89 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน .32 นาทีที่ นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 36.88 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .45 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 36.98 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .93

อุณหภูมิภาวะพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 36.70 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .28 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 36.65 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .35 นาทีที่ นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 36.67 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .38 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 36.55 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .23

อุณหภูมิภาวะพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกาย มีค่าเฉลี่ย 37.13 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .26 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 36.63 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .37 นาทีที่ นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 37.00 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .23 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 36.57 องศาเซลเซียส ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .24

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอุณหภูมิกาย หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 4, 6, 8, 12 และ 15

N=15

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
หลังการออกกำลังกายทันที					
ระหว่างกลุ่ม	2.408	3	.803	3.977	.014
ภายในกลุ่ม	8.882	44	.202		
รวม	11.290	47			
นาทีที่ 4					
ระหว่างกลุ่ม	.799	3	.266	1.416	.251
ภายในกลุ่ม	8.274	44	.188		
รวม	9.073	47			
นาทีที่ 8					
ระหว่างกลุ่ม	1.667	3	.556	3.006	.040
ภายในกลุ่ม	8.136	44	.185		
รวม	9.803	47			
นาทีที่ 12					
ระหว่างกลุ่ม	2.706	3	.902	6.464	.001*
ภายในกลุ่ม	6.139	44	.140		
รวม	8.845	47			
นาทีที่ 15					
ระหว่างกลุ่ม	2.506	3	.524	3.464	.000*
ภายในกลุ่ม	6.030	44	.120		
รวม	8.536	47			

*P < 0.05

จากตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่า ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า หลังการออกกำลังกายการพักฟื้นนานที่ที่ 4 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระยะเวลาการพักฟื้นในนาที่ที่ 12 และ 15 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

โดยก่อนการออกกำลังกาย หลังการออกกำลังกายทันที และภายหลังจากพักฟื้นในนาที่ที่ 4, 6 และ 8 ด้วยวิธีการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกาย โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อุณหภูมิกาย (องศาเซลเซียส)				
		การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	36.51	36.74	36.70	37.13
การนั่งพัก	36.51	-	-.225	-.191	-.616*
การแช่น้ำร้อน	36.74	-	-	.033	-.391
การแช่น้ำเย็น	36.70	-	-	-	-.425
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	37.13	-	-	-	-

**P* < 0.05

จากตารางที่ 21 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายพบว่า ระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

และการแช่น้ำเย็น กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 4 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อุณหภูมิกาย (องศาเซลเซียส)				
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
	\bar{X}	36.54	36.89	36.65	36.63
การนั่งพัก	36.54	-	.233	.258	-.350
การแช่น้ำร้อน	36.89	-	-	-.116	-.091
การแช่น้ำเย็น	36.65	-	-	-	.025
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	36.63	-	-	-	-

* $P < 0.05$

จากตารางที่ 22 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 4 พบว่า ระหว่างการนั่งพัก กับ การแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับ การแช่น้ำเย็น, การนั่งพัก กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับ การแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และ การแช่น้ำเย็น กับ การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อุณหภูมิภายใน ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับ การแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 8 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)			
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}			
	36.51	36.88	36.67	37.00
การนั่งพัก	36.51	-	-0.366	-0.158
การแช่น้ำร้อน	36.88	-	-	0.208
การแช่น้ำเย็น	36.67	-	-	-0.325
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	37.00	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 23 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายใน ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 8 พบว่า ระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อุณหภูมิภายใน ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาທີที่ 12 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)				
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
	\bar{X}	36.28	36.95	36.55	36.57
การนั่งพัก	36.28	-	-.666*	-.266	-.291
การแช่น้ำร้อน	36.95	-	-	.400	.375
การแช่น้ำเย็น	36.55	-	-	-	-.025
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	36.57	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 24 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายใน ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาທີที่ 12 พบว่า ระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น, การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อุณหภูมิกาย (องศาเซลเซียส)			
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}			
	36.11	37.25	36.21	37.11
การนั่งพัก	36.11	-	-1.14*	-1.0
การแช่น้ำร้อน	37.25	-	-	1.04*
การแช่น้ำเย็น	36.21	-	-	-0.9*
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	37.11	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 26 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิกาย ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 15 พบว่า ระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น, การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ
อุณหภูมิภายในกลุ่ม การนั่งพัก หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 4, 6, 8, 12 และ
15 โดยวิธีการของ Tukey

$N=15$

อุณหภูมิภายในกลุ่ม (องศาเซลเซียส)						
ช่วงเวลา	หลังการออกกำลังกาย	4	8	12	15	
	\bar{X}	36.51	36.54	36.28	36.51	36.11
หลังการออกกำลังกาย	36.51	-	-.03	.23	.00	0.4
4	36.54	-	-	.26	.03	.43
8	36.28	-	-	-	-.23	.17
12	36.51	-	-	-	-	0.4
15	36.11	-	-	-	-	-

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 26 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของวัดอุณหภูมิภายในกลุ่มการพักแบบการนั่งพัก ระหว่าง หลังการออกกำลังกายกับ นาทีที่ 4, หลังการออกกำลังกายกับ นาทีที่ 8, หลังการออกกำลังกายกับ นาทีที่ 12, หลังการออกกำลังกายกับ นาทีที่ 15 ระหว่างนาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 15 ระหว่างนาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 15 และระหว่างนาทีที่ 12 กับ นาทีที่ 15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ของอุณหภูมิภายในกลุ่ม การแช่น้ำร้อน หลังการออกกำลังกาย นานที่ 4, 6, 8, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

<i>N</i> =15						
อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)						
ช่วงเวลา	หลังการออกกำลังกาย	4	8	12	15	
	\bar{X}	36.74	36.89	36.95	36.88	37.25
หลังการออกกำลังกาย	36.74	-	-.15	-.21	-.14	-.51
4	36.89	-	-	-.06	.01	-.36
8	36.95	-	-	-	.07	-.3
12	36.88	-	-	-	-	-.37
15	37.25	-	-	-	-	-

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 27 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของวัดอุณหภูมิภายในกลุ่มการแช่น้ำร้อน ระหว่าง หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 4, หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 8, หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 12, หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 15 ระหว่างนานที่ 4 กับ นานที่ 8, นานที่ 4 กับ นานที่ 12, นานที่ 4 กับ นานที่ 15 ระหว่างนานที่ 8 กับ นานที่ 12, นานที่ 8 กับ นานที่ 15 และระหว่างนานที่ 12 กับ นานที่ 15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อุณหภูมิภายในกลุ่ม การแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายทันที นานที่ 4, 6, 8, 10, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)						
ช่วงเวลา	หลังการออกกำลังกาย	4	8	12	15	
	\bar{X}	36.70	36.65	36.67	36.55	36.21
หลังการออกกำลังกาย	36.70	-	.05	.03	.15	.49
4	36.65	-	-	-.02	.1	.44
8	36.67	-	-	-	.12	.46
12	36.55	-	-	-	-	.34
15	36.21	-	-	-	-	-

*p < 0.05

จากตารางที่ 28 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของวัดอุณหภูมิภายในกลุ่มการแช่น้ำเย็น ระหว่าง หลังการออกกำลังกาย กับ นานที่ 4, หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 8, หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 12, หลังการออกกำลังกายกับ นานที่ 15 ระหว่างนานที่ 4 กับ นานที่ 8, นานที่ 4 กับ นานที่ 12, นานที่ 4 กับ นานที่ 15 ระหว่างนานที่ 8 กับ นานที่ 12, นานที่ 8 กับ นานที่ 15 และระหว่างนานที่ 12 กับ นานที่ 15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อุณหภูมิภายในกลุ่ม การแช่น้ำร้อนสลับกับแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 4, 8, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)						
ช่วงเวลา	หลังการออกกำลังกายทันที	4	8	12	15	
	\bar{X}	37.13	36.63	36.57	37	37.11
หลังการออกกำลังกายทันที	37.13	-	0.5	.56	.13	.02
4	36.63	-	-	.06	-.37	-.48
8	36.57	-	-	-	-.43	-.54
12	37	-	-	-	-	-.11
15	37.11	-	-	-	-	-

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 29 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของวัดอุณหภูมิภายในกลุ่มการแช่น้ำเย็น ระหว่าง หลังการออกกำลังกายทันทีกับ นาทีที่ 4, หลังการออกกำลังกายทันทีกับ นาทีที่ 8, หลังการออกกำลังกายทันทีกับ นาทีที่ 12, หลังการออกกำลังกายทันทีกับ นาทีที่ 15 ระหว่างนาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 15 ระหว่างนาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 15 และระหว่างนาทีที่ 12 กับ นาทีที่ 15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ อัตราการเต้นของหัวใจ หลังพักฟื้นตัว ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 ด้วยวิธีการพักฟื้นตัว 4 วิธี คือการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

N = 15

ช่วงเวลา	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)							
	การนั่งพัก		การแช่น้ำร้อน		การแช่น้ำเย็น		การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
หลังออกกำลังกาย	186.42	5.72	184.17	4.52	185.67	3.20	185.58	4.07
นาทีที่ 2	176.17	8.63	145.08	15.71	162.08	3.91	163.92	11.53
นาทีที่ 4	163.58	12.99	129.50	8.63	137.33	12.03	154.08	15.26
นาทีที่ 6	151.50	15.92	114.92	7.65	120.17	10.73	135.92	15.32
นาทีที่ 8	141.83	15.06	107.33	10.92	107.17	9.34	108.08	11.73
นาทีที่ 10	129.33	17.82	91.25	6.67	97.83	8.49	94.08	7.36
นาทีที่ 12	121.17	16.06	80.58	3.80	84.25	9.38	77.16	4.85
นาทีที่ 15	97.75	16.35	71.16	3.48	81.25	7.86	65	3.43

*(P<0.05)

จากตารางที่ 30 พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังทำการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพัก หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 186.42 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.72 นาทีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 176.17 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.67 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 163.58 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.99 นาทีที่ 6 มีค่าเฉลี่ย 151.50 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.92 นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 141.83 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.06 นาทีที่ 10 มีค่าเฉลี่ย 129.33 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 17.82 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 121.17 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 16.06 นาทีที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 97.75 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 16.35

อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังทำการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการพักแบบแช่น้ำร้อน หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 184.17 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.52 นาทีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 145.08 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.71 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 129.50 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.63 นาทีที่ 6 มีค่าเฉลี่ย 114.92 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.65 นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 107.33 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.92 นาทีที่ 10 มีค่าเฉลี่ย 91.25 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.67 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 80.58 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.80 นาทีที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 71.16 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.48

อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังทำการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการพักแบบแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 185.67 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.20 นาทีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 162.08 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.91 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 137.33 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.03 นาทีที่ 6 มีค่าเฉลี่ย 120.17 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.73 นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 107.17 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.34 นาทีที่ 10 มีค่าเฉลี่ย 97.83 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.49 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 84.25 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.38 นาทีที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 81.25 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.86

อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังทำการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายทันที มีค่าเฉลี่ย 185.58 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.07 นาทีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 163.92 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.53 นาทีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 154.08 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.26 นาทีที่ 6 มีค่าเฉลี่ย 135.92 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 15.32 นาทีที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 108.08 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.73 นาทีที่ 10 มีค่าเฉลี่ย 94.08

ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.36 นาทีที่ 12 มีค่าเฉลี่ย 77.16 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.85 นาทีที่ 15 มีค่าเฉลี่ย 65 ครั้ง/นาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.43

ตารางที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one – way analysis of variance with repeated measure) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับช่วงเวลาการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15

<i>N</i> =15					
แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
หลังการออกกำลังกายทันที					
ระหว่างกลุ่ม	31.750	3	10.583	.528	.665
ภายในกลุ่ม	882.167	44	20.049		
รวม	913.917	47			
นาทีที่ 2					
ระหว่างกลุ่ม	5884.896	3	1961.632	14.693	.000*
ภายในกลุ่ม	5874.417	44	133.509		
รวม	11759.312	47			
นาทีที่ 4					
ระหว่างกลุ่ม	8661.750	3	2887.250	18.591	.000*
ภายในกลุ่ม	6833.500	44	155.307		
รวม	15495.250	47			
นาทีที่ 6					
ระหว่างกลุ่ม	9838.750	3	3279.583	19.799	.000*
ภายในกลุ่ม	7288.500	44	165.648		
รวม	17127.250	47			
นาทีที่ 8					
ระหว่างกลุ่ม	10597.563	3	3532.521	24.731	.000*
ภายในกลุ่ม	6284.917	44	142.839		
รวม	16882.479	47			

*($p < 0.05$)

ตารางที่ 31 (ต่อ)

แหล่งของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
นาที่ที่ 10					
ระหว่างกลุ่ม	11713.750	3	3904.583	31.948	.000*
ภายในกลุ่ม	5377.500	44	122.216		
รวม	17091.250	47			
นาที่ที่ 12					
ระหว่างกลุ่ม	15063.417	3	5021.139	52.273	.000*
ภายในกลุ่ม	4226.500	44	96.057		
รวม	19289.917	47			
นาที่ที่ 15					
ระหว่างกลุ่ม	7365.750	3	2455.250	27.885	.000*
ภายในกลุ่ม	3874.167	44	88.049		
รวม	11239.917	47			

*P < 0.05

จากตารางที่ 31 อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 4 วิธีการ การนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ภายหลังจากการออกกำลังกายทันที พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หลังออกกำลังกายทันที นาที่ที่ 2 ด้วยวิธี การแช่น้ำร้อนมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจเร็วที่สุด 145.08 ครั้ง/นาที่ ต่อด้วยการแช่น้ำเย็นมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจ 162.08 ครั้ง/นาที่ และการแช่น้ำร้อนสลับเย็นมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจ 163.29 ครั้ง/นาที่ ตามลำดับโดยวิธีการนั่งพักมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจช้าที่สุดที่ 176.17 ครั้ง/นาที่ และเมื่อนำวิธีการนั่งพักมาเปรียบเทียบกับทางสถิติก่อนพบว่า 3 กลุ่มที่ทำให้การพักฟื้นด้วยน้ำแตกต่างกันกับการนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อัตราการเต้นของหัวใจเร็วที่ 80.58 ครั้ง/นาที และการแช่น้ำเย็นมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจ 84.25 ครั้ง/นาที ตามลำดับ โดยวิธีการนั่งพักมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจช้าที่สุดที่ 121.17 ครั้ง/นาที และเมื่อนำวิธีการนั่งพักมาเปรียบเทียบกับทางสถิติก่อนพบว่า 3 กลุ่มที่ทำให้การพักฟื้นด้วยน้ำแตกต่างกันกับการนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หลังออกกำลังกายทันที นาทีที่ 15 ด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจเร็วที่สุด 65 ครั้ง/นาที ต่อด้วยการแช่น้ำร้อนมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจ 71.16 ครั้ง/นาที และการแช่น้ำเย็นมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจ 81.25 ครั้ง/นาที โดยวิธีการนั่งพักมีค่าเฉลี่ยการลดลงอัตราการเต้นของหัวใจช้าที่สุดที่ 97.75 ครั้ง/นาที และเมื่อนำวิธีการนั่งพักมาเปรียบเทียบกับทางสถิติก่อนพบว่า 3 กลุ่มที่ทำให้การพักฟื้นด้วยน้ำแตกต่างกันกับการนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่ม การนั่งพัก หลังการออกกำลังกายทันที กับนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ช่วงเวลา	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)								
	0	2	4	6	8	10	12	15	
\bar{X}	186.42	176.17	163.58	151.50	141.83	129.33	121.17	97.75	
0	186.42	-	10.25*	22.57*	35*	44.59*	57.09*	65.25*	89*
2	176.17	-	-	13*	25.10*	34.34*	46.84*	55*	78.42*
4	163.58	-	-	-	12.08*	21.75*	34.25*	42.41*	65.83*
6	151.50	-	-	-	-	9.75*	22.17*	30.33*	53.75*
8	141.83	-	-	-	-	-	12.5*	20.66*	44.08*
10	129.33	-	-	-	-	-	-	8.16*	31.58*
12	121.17	-	-	-	-	-	-	-	23.42*
15	97.75	-	-	-	-	-	-	-	-

*p < 0.05

จากตารางที่ 32 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่มการนั่งพักระหว่าง หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 2, หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 4, หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 6, หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 8, หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 10, หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 12, หยุดออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 15, ระหว่างนาที้ที่ 2 กับ นาที้ที่ 4, นาที้ที่ 2 กับ นาที้ที่ 6, นาที้ที่ 2 กับ นาที้ที่ 8, นาที้ที่ 2 กับ นาที้ที่ 10, นาที้ที่ 2 กับ นาที้ที่ 12, นาที้ที่ 2 กับ นาที้ที่ 15, ระหว่างนาที้ที่ 4 กับ นาที้ที่ 6, นาที้ที่ 4 กับ นาที้ที่ 8, นาที้ที่ 4 กับ นาที้ที่ 10, นาที้ที่ 4 กับ นาที้ที่ 12, นาที้ที่ 4 กับ นาที้ที่ 15, ระหว่างนาที้ที่ 6 กับ นาที้ที่ 8, นาที้ที่ 6 กับ นาที้ที่ 10, นาที้ที่ 6 กับ นาที้ที่ 12, นาที้ที่ 6 กับ นาที้ที่ 15, ระหว่างนาที้ที่ 8 กับ นาที้ที่ 10, นาที้ที่ 8 กับ นาที้ที่ 12, นาที้ที่ 8 กับ นาที้ที่ 15, ระหว่างนาที้ที่ 10 กับ นาที้ที่ 12, และระหว่างนาที้ที่ 12 กับ นาที้ที่ 15, มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังกการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่มการแช่น้ำร้อน หลังการออกกำลังกายทันที กับ นาที้ที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

		N=15							
		อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที้)							
ช่วงเวลา		0	2	4	6	8	10	12	15
	\bar{X}	184.17	145.08	129.50	114.92	107.33	91.25	71.16	80.58
0	184.17	-	39.1*	54.67*	69.25*	76.75*	92.92*	113.01*	103.59*
2	145.08	-	-	16.03*	30.16*	37.75*	47.83*	73.47*	64.5*
4	129.50	-	-	-	14.58*	22.17*	38.32*	58.03*	48.92*
6	114.92	-	-	-	-	7.59*	23.67*	43.7*	34.34*
8	107.33	-	-	-	-	-	16.08*	36.17*	26.75*
10	91.25	-	-	-	-	-	-	20.09*	10.67*
12	71.16	-	-	-	-	-	-	-	9.24*
15	80.58	-	-	-	-	-	-	-	-

*p < 0.05

จากตารางที่ 33 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่มการพักแบบการแช่น้ำร้อน ระหว่าง หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 2, หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 4, หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 6, หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 8, หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 10, หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 12, หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 4, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 6, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 6, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 10 กับ นาทีที่ 12, และระหว่างนาทีที่ 12 กับ นาทีที่ 15, มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่ม การพักแบบการแช่น้ำเย็น ในช่วงเวลาที่หยุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ช่วงเวลา	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)								
	0	2	4	6	8	10	12	15	
\bar{X}	185.67	162.08	137.33	120.17	107.17	94.83	84.25	81.25*	
0	185.67	-	23.59*	49.34*	65.5*	78.5*	87.84*	101.42*	104.42*
2	162.08	-	-	24.75*	41.91*	54.91*	67.25*	77.83*	0.83*
4	137.33	-	-	-	17.16*	30.16*	42.5*	53.1*	56.08*
6	120.17	-	-	-	-	13*	25.34*	39.92*	38.92*
8	107.17	-	-	-	-	-	12.34*	22.928	25.92*
10	94.83	-	-	-	-	-	-	10.58*	13.58*
12	84.25	-	-	-	-	-	-	-	3
15	81.25	-	-	-	-	-	-	-	-

*p < 0.05

จากตารางที่ 34 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่มการพักแบบการแช่น้ำเย็น ระหว่าง หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 2, หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 4, หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 6, หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 8, หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 10, หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 12, หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 4, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 6, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 2 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 6, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 4 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 8, นาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 6 กับ นาทีที่ 15, ระหว่างนาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 10, นาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 12, นาทีที่ 8 กับ นาทีที่ 15 ระหว่างนาทีที่ 10 กับ นาทีที่ 12 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนระหว่างนาทีที่ 12 กับ นาทีที่ 15 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 35 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่ม การพักแบบการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในช่วงเวลาที่หุุดอกกำลังกายทันที กับ นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, และ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

ช่วงเวลา	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)								
	0	2	4	6	8	10	12	15	
\bar{X}	185.58	163.92	154.08	135.92	108.08	94.08	65.00	77.16	
0	185.58	-	21.66*	31.08*	49.66*	77.5*	91.5*	120.58*	108.42*
2	163.92	-	-	9.84*	28*	55.84*	69.84*	98.92*	86.76*
4	154.08	-	-	-	18.16*	46*	52.28*	89.08*	7.92*
6	135.92	-	-	-	-	27.84*	41.84*	70*	58.76*
8	108.08	-	-	-	-	-	14*	43*	30.92*
10	94.08	-	-	-	-	-	-	29*	16.92*
12	65.00	-	-	-	-	-	-	-	12.16*
15	77.16	-	-	-	-	-	-	-	-

*p < 0.05

จากตารางที่ 35 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจภายในกลุ่มการพักแบบการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ระหว่าง หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 2, หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 4, หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 6, หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 8, หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 10, หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 12, หุุดออกกำลังกายทันที กับ นาทิตที่ 15, ระหว่างนาทิตที่ 2 กับ นาทิตที่ 4, นาทิตที่ 2 กับ นาทิตที่ 6, นาทิตที่ 2 กับ นาทิตที่ 8, นาทิตที่ 2 กับ นาทิตที่ 10, นาทิตที่ 2 กับ นาทิตที่ 12, นาทิตที่ 2 กับ นาทิตที่ 15, ระหว่างนาทิตที่ 4 กับ นาทิตที่ 6, นาทิตที่ 4 กับ นาทิตที่ 8, นาทิตที่ 4 กับ นาทิตที่ 10, นาทิตที่ 4 กับ นาทิตที่ 12, นาทิตที่ 4 กับ นาทิตที่ 15, ระหว่างนาทิตที่ 6 กับ นาทิตที่ 8, นาทิตที่ 6 กับ นาทิตที่ 10, นาทิตที่ 6 กับ นาทิตที่ 12, นาทิตที่ 6 กับ นาทิตที่ 15, ระหว่างนาทิตที่ 8 กับ นาทิตที่ 10, นาทิตที่ 8 กับ นาทิตที่ 12, นาทิตที่ 8 กับ นาทิตที่ 15, ระหว่างนาทิตที่ 10 กับ นาทิตที่ 12, และระหว่างนาทิตที่ 12 กับ นาทิตที่ 15, มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หุุดออกกำลังกายทันที โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)				
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
	\bar{x}	186.42	184.17	185.67	1.85.58
การนั่งพัก	186.42	-	2.25	.75	.83
การแช่น้ำร้อน	184.17	-	-	-1.5	-1.42
การแช่น้ำเย็น	185.67	-	-	-	.08
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	185.58	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 36 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ หายุดอกก่าลังกายทันที ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น และการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น ระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็นการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาที่ที่ 2 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที่)				
		การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	1.76.17	145.08	162.08	163.92
การนั่งพัก	176.17	-	31.08*	14.08*	12.25*
การแช่น้ำร้อน	145.08	-	-	-17*	-18.83*
การแช่น้ำเย็น	162.08	-	-	-	-1.83
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	163.92	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 37 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ ในนาที่ที่ 2 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น และการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น ระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการพักแบบแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการ แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 4 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)				
	\bar{X}	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การพักแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	163.58	129.50	137.33	154.08
การนั่งพัก	163.58	-	34.08*	26.25*	9.5*
การแช่น้ำร้อน	129.50	-	-	-7.8*	-24.58*
การแช่น้ำเย็น	137.33	-	-	-	-16.75*
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	154.08	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 38 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ ในนาทิตี่ 4 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น และการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 39 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการ แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 6 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)			
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
\bar{X}	151.50	114.92	120.17	135.92
การนั่งพัก	151.50	-	36.58*	15.58*
การแช่น้ำร้อน	114.92	-	-	-5.25*
การแช่น้ำเย็น	120.17	-	-	-15.75*
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	135.92	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 39 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ ในนาทิตี่ 6 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ระหว่างการแช่น้ำร้อน กับ การแช่น้ำเย็น และระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 40 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังจากวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 8 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)				
	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	
\bar{X}	141.83	107.33	107.17	108.08	
การนั่งพัก	141.83	-	-0.916*	0.166*	33.75*
การแช่น้ำร้อน	107.33	-	-	0.16	-0.75
การแช่น้ำเย็น	107.17	-	-	-	-0.91
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	108.08	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 40 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ ในนาทิตี่ 8 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, ระหว่างการนั่งพัก กับ การแช่น้ำเย็น, การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 41 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อัตราการเดินของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการ แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 10 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเดินของหัวใจ (ครั้ง/นาที)				
	\bar{x}	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{x}	129.33	91.25	94.83	94.08
การนั่งพัก	129.33	-	38.08*	34.50*	35.25*
การแช่น้ำร้อน	91.25	-	-	-.58	-2.83
การแช่น้ำเย็น	94.83	-	-	-	.75
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	94.08	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 41 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเดินของหัวใจ ในนาทิตี่ 10 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, ระหว่างการนั่งพัก กับการแช่น้ำเย็น และการนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น ส่วนการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และ การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 42 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อัตราการเดินของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการ แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 12 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเดินของหัวใจ (ครั้ง/นาทิตี่)				
	\bar{X}	การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
		121.17	71.16	85.25	65
การนั่งพัก	121.17	-	50.1*	35.92*	56.17*
การแช่น้ำร้อน	71.16	-	-	-14.09*	6.16*
การแช่น้ำเย็น	85.25	-	-	-	20.25*
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	65	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 42 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเดินของหัวใจ ในนาทิตี่ 12 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, ระหว่างการนั่งพัก กับ การแช่น้ำเย็น, การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น ส่วนการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 43 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของ อัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธี การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการ แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ในนาทิตี่ 15 โดยวิธีการของ Tukey

N=15

วิธีการทดลอง	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)				
		การนั่งพัก	การแช่น้ำร้อน	การแช่น้ำเย็น	การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น
	\bar{X}	97.75	71.16	81.25	65
การนั่งพัก	97.75	-	16.25*	-10.08*	6.16*
การแช่น้ำร้อน	71.16	-	-	26.58	16.50
การแช่น้ำเย็น	81.25	-	-	-	32.75*
การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น	65	-	-	-	-

*P < 0.05

จากตารางที่ 43 เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยวิธีการของ Tukey พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ ในนาทิตี่ 15 ด้วย การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อน, ระหว่างการนั่งพัก กับ การแช่น้ำเย็น, การนั่งพัก กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำเย็น กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระหว่างการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำเย็น ส่วนการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อน กับการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการพักผ่อน 4 วิธี คือ การนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น หลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด และความเคล่วคล่องว่องไว ภายหลังจากการออกกำลังกาย โดยกลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพฯ อายุ 19 -21 ปี ที่มีสุขภาพดี ไม่มีการบาดเจ็บกล้ามเนื้อและข้อต่อ ยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขของการทดลอง จำนวน 25 คน ทำการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยวิธีการจับฉลากได้กลุ่มตัวอย่างมาทั้งหมด 15 คน จากนั้นผู้วิจัยทุกคนทำการทดสอบความเคล่วคล่องว่องไว หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ตัวอย่างทุกคนออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องด้วยโปรแกรม Yo – Yo Intermittent Endurance Test จนกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถวิ่งได้ตามจังหวะ ต่อจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการพักผ่อนหลังการออกกำลังกายด้วย 4 วิธีการนี้ คือ การนั่งพัก (15 นาที) การแช่น้ำร้อน (H3/R1 จนครบ 15 นาที) การแช่น้ำเย็น (C3/R1 จนครบ 15 นาที) และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น (H3/C1 จนครบ 15 นาที) โดยแต่ละวิธีการพักผ่อน สังเกตการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดแลคติกในเลือด และความเคล่วคล่องว่องไวเป็นเวลา 15 นาที กลุ่มตัวอย่างทุกคนทำการทดลองทั้ง 3 วิธี ให้พักระหว่างวิธีการ 7 วัน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยสามารถแยกการวิจารณ์ผลออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ปริมาณของกรดแลคติกในเลือด
2. อัตราการเต้นของหัวใจ
3. ความเคล่วคล่องว่องไว
4. ระดับอุณหภูมิกาย

1. ปริมาณของกรดแลคติกในเลือด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า กรดแลคติกในเลือดภายหลังการฟื้นตัวในกลุ่มที่ทำการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการพักฟื้นทั้ง 4 วิธีช่วยให้การฟื้นตัวเร็วขึ้นแล้วเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่มที่ทำการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของ Tukey พบว่าปริมาณของกรดแลคติกในเลือดภายหลังการฟื้นตัวในกลุ่มที่ทำการนั่งพัก แตกต่างกับการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การแช่น้ำร้อนแตกต่างกับการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการแช่น้ำเย็น แตกต่างกับการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ ปริมาณกรดแลคติกในเลือดขณะพักฟื้นเป็นเวลา 15 นาที ด้วยการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น ภายหลังการออกกำลังกายแตกต่างกัน โดยการพักฟื้นด้วยวิธีการนั่งพักมีอัตราการลดลงของปริมาณกรดแลคติกในเวลา 15 นาทีได้ช้าที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น การพักฟื้นด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นมีอัตราการลดลงของปริมาณของกรดแลคติกมากที่สุดในเวลา 12 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน และการแช่น้ำเย็น ซึ่งการพักฟื้นด้วยการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น มีอัตราการลดลงของปริมาณกรดแลคติกในเวลา 15 นาที ใกล้เคียงกันแต่ลดลงมากกว่าการพักฟื้นด้วยวิธีการนั่งพัก และลดลงน้อยกว่าการพักฟื้นด้วยวิธีการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น เป็นเพราะเนื่องจาก อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลอง ส่งผลต่อสรีรวิทยา ของระบบกล้ามเนื้อ และระบบหัวใจไหลเวียนเลือด ทันทีที่มีการพักฟื้น ซึ่งน้ำร้อนหรือน้ำเย็นเป็นตัวกระตุ้นจากภายนอกต่อระบบควบคุมอุณหภูมิกาย อาศัยระบบประสาทหลายส่วน เป็นการทำงานแบบรีเฟล็กซ์ หรือกึ่งรีเฟล็กซ์ ที่มีความร้อนหรือน้ำเย็นเป็นตัวกระตุ้นจากภายนอกร่างกาย ไปทำให้เกิดการตอบสนองซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านสรีรวิทยาภายในร่างกาย ตัวรับแบ่งเป็น ตัวรับที่ผิว ชนิดรับรู้ความร้อนเป็นประสานชนิด C small myelinated fiber จะส่งไปตัวรับที่ส่วนลึกได้แก่เซลล์ประสาทที่ไวต่อความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อวัยวะภายใน เช่น คับ อวัยวะในช่องท้อง ไชสันหลัง และสมอง โดยเฉพาะที่ Hypothalamus ซึ่งเป็นศูนย์ประมวลข้อมูลมีส่วนรับรู้และปรับอุณหภูมิกาย โดยเฉพาะที่ preoptic region (Ganong.2003) ส่งผลทำให้

อุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้น หลอดเลือดฝอยมีการขยายตัว เลือดมีการไหลเวียนได้ดีขึ้น มีการขนส่งของเสีย เช่น กรดแลคติก คาร์บอนไดออกไซด์ ไปขับทิ้งที่ปอด ไต ตับ และอวัยวะอื่นๆ ที่เกิดขึ้นหลังการออกกำลังกายได้เร็วขึ้น และเมื่อสลับกับน้ำเย็นตัวรับแบ่งเป็น ตัวรับที่ผิว อยู่ที่ผิวหนัง ชนิดรับรู้ความเย็นเป็นประสานชนิด A δ small myelinated fiber มีจำนวนมากกว่า warmth thermoreceptor ถึง 10 เท่าเซลล์ประสาทชนิดนี้ถ้าถูกกระตุ้นมากๆ จะทำให้เกิดอาการหนาวสั่น เมื่อสลับกับน้ำเย็นซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิของกล้ามเนื้อและทำให้หลอดเลือดเกิดการหดตัว ซึ่งทำให้ของเสียที่ค้างอยู่ในกล้ามเนื้อถูกขับออกมาสู่กระแสเลือดได้เร็วขึ้น(สุพัตรา, 2550) สอดคล้องกับ Wilcock *et al.* (2006) ได้กล่าวว่าการรักษาด้วยความร้อนนั้นจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อ เพิ่มการไหลเวียน เพิ่มความยืดหยุ่นในกล้ามเนื้อทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัว เพิ่มอัตราการขนส่งออกซิเจน ช่วยในการเคลื่อนย้ายสารเมตาบอลิซึมรวมทั้งลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นในเนื้อเยื่อนี้จะมีการกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติก น้อยลงทำให้หลอดเลือดมีการขยายตัว และเพิ่มปริมาณเลือดมาเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจน แอนติบอดีและความสามารถในการกำจัดของเสียจากระบบการเมตาบอลิซึม สอดคล้องกับ Fiscus *et al.* (2005) พบว่า การแช่ร่างกายลงในน้ำร้อนสลับน้ำเย็นมีผลต่อการไหลเวียนของเลือด โดยในการวิจัยในครั้งนี้คณะได้ให้อาสาสมัครแช่ขาในอ่างน้ำวนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แช่ขาในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และแช่ในน้ำร้อนสลับน้ำเย็นในอัตราส่วน 4:1 เป็นเวลา 20 นาที ภายหลังจากแช่ขาในน้ำ คณะผู้วิจัยได้วัดอัตราการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดแดงของอาสาสมัครพบว่า การรักษาด้วยความร้อนสลับกับความเย็นส่งผลในการเพิ่ม และลดอัตราการไหลเวียนตลอด 20 นาที ที่ทำการรักษา ส่วนการรักษาด้วยความร้อนอย่างเดียวส่งผลเพิ่มอัตราการไหลเวียนของเลือด และ การรักษาด้วยความเย็นไม่ส่งผลต่ออัตราการไหลเวียนของเลือดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งทำให้เคลื่อนย้ายกรดแลคติกไปยังหลอดเลือดดำเพิ่มขึ้น จากผลดังกล่าวจึงช่วยให้ร่างกายสามารถที่จะขับกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและกระแสเลือดได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับ Morton *et al.* (2007) ได้ศึกษาผลของการแช่น้ำที่มีความแตกต่างต่อพลาสมาแลคติกหลังการออกกำลังกายอย่างหนักแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่า การแช่ตัวในน้ำร้อน (36 องศาเซลเซียส) สลับกับแช่ตัวในน้ำเย็น (12 องศาเซลเซียส) มีอัตราการลดลงของพลาสมาแลคติกดีกว่า การนั่งพักเฉย ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 สอดคล้องกับ Bonham *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของการใช้ความแตกต่าง ของน้ำในการฟื้นฟูหนึ่งชั่วโมงหลังการออกกำลังกายต่อสมรรถภาพการเล่นกีฬาเนทบอล พบว่า ผลของการใช้ความแตกต่างของน้ำในการฟื้นฟูหนึ่งชั่วโมงหลังการออกกำลังกายมีส่วนช่วยให้การฟื้นฟูของสมรรถภาพการเล่นกีฬา เนทบอลได้ สอดคล้องกับ Kazutoshi (1996) ได้ศึกษาผลของการแช่ในน้ำอุ่นสลับกับการแช่ในน้ำเย็น

ที่มีผลต่อการฟื้นตัวจากความเหนื่อยล้าภายหลังการออกกำลังกายที่ต่ำกว่าระดับสูงสุด แล้วเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อุณหภูมิผิวหนัง อุณหภูมิทางทวารหนัก ปริมาณกรดแลคติกในเลือด และค่าความรู้สึกรวมของกลุ่มตัวอย่าง (RPE) พบว่า การแช่ในน้ำอุ่นสลับกับการแช่ในน้ำเย็นที่มีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเร็วกว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. ความแตกต่างของว่องไว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างของว่องไวของวิธีการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นพบว่า ความแตกต่างของว่องไวก่อนการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนความแตกต่างของว่องไวภายหลังการพักผ่อนในกลุ่มที่ทำการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความแตกต่างของว่องไวภายหลังการพักผ่อนในกลุ่มที่ทำการพักผ่อนด้วยวิธีการแช่น้ำร้อน กับ วิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น มีสถิติในการวิ่งที่ดีกว่าวิธีการนั่งพัก และวิธีการพักแบบการแช่น้ำเย็น โดยวิธีการพักแบบแช่น้ำเย็นมีสถิติการวิ่งที่ช้าที่สุดเมื่อนำทั้ง 4 วิธีมาเปรียบเทียบกัน วิธีการพักแบบแช่น้ำเย็นสามารถลดกรดแลคติกได้ในปริมาณใกล้เคียงกับวิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนก็จริง แต่อุณหภูมิของน้ำที่มีความเย็นที่ 10 องศาเซลเซียส นั้นมีผลข้างเคียงทำให้กล้ามเนื้อมีความตึงตัวมากขึ้น ความสามารถในการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลดลงไปอันเป็นผลทำให้นักกีฬาไม่สามารถตอบสนองต่อกิจกรรมที่ต้องใช้ความแตกต่างของว่องไวได้ดีเท่าที่ควร โดยนอกจากจะมีผลต่อกล้ามเนื้อที่ทำงานโดยตรงแล้ว ก้นยา (2543) ได้กล่าวไว้ว่า ความเย็นสามารถเปลี่ยนความเร็วในการนำพลังประสาท และการทำงานของจุดประสาน ของเส้นประสาทรอบนอกได้ การลดลงของอุณหภูมิเส้นประสาท จะมีความสัมพันธ์กับการลดลงในความเร็วของการนำพลังประสาทของเส้นประสาทรับความรู้สึก และเส้นประสาทยนต์ หรือจนถึงกับไม่สามารถนำพลังประสาทได้ การส่งพลังประสาทผ่านจุดประสาน สามารถถูกหน่วงเหนี่ยวหรือถูกยับยั้งได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Douglas and Malcolm (1955) ให้ความเย็นที่เส้นประสาทอัลนาร์เป็นเวลา 20 นาทีเป็นผลให้มีการลดลงของความเร็วในการนำพลังประสาทเฉลี่ย 29.4 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ Zankel (1996) ซึ่งได้ศึกษาผลของความเย็นต่อความเร็วในการนำพลังประสาทของเส้นประสาทอัลนาร์ ภายหลังในความเย็นไปที่ข้อศอก 5 นาที พบว่า ความเร็วของ

การนำพลังประสาทมีความเร็วลดลงเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Zankel พบว่า ความเย็นสามารถเปลี่ยนอัตราการไหลของไอออนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้วิธีการพักแบบแช่น้ำเย็นมีค่าเฉลี่ยของสถิติในการสังเกตสมรรถภาพด้านความเคล่วคล่องว่องไวช้ากว่า วิธีการพักแบบแช่น้ำร้อน วิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และวิธีการนั่งพัก สอดคล้องกับ Vaile *et al.*(2007) ได้เปรียบเทียบผลของการรักษา 3 วิธีคือ การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า การแช่น้ำร้อน และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ภายหลังการออกกำลังกาย สามารถทำให้แรงและกำลังของกล้ามเนื้อขาดีขึ้นหลังจากหยุดออกกำลังกาย

3. ระดับอุณหภูมิกาย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ระดับอุณหภูมิกายภายหลังการพักผ่อนในกลุ่มที่ทำการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นพบว่า ภายหลังการออกกำลังกายทันที ในนาที่ที่ 4 และนาที่ที่ 8 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในนาที่ที่ 12 และนาที่ที่ 15 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อุณหภูมิกายของวิธีการพักด้วยการแช่น้ำร้อนมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิกายของที่สูงกว่า วิธีการนั่งพัก และวิธีการแช่น้ำเย็น แต่มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับวิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ซึ่งการที่อุณหภูมิกายที่สูงกว่ามีผลที่ให้อุณหภูมิของกล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้เป็นอย่างดี กล้ามเนื้อจะสามารถหดตัวได้ดีเมื่ออยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้วิธีการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น กับวิธีการแช่น้ำร้อนมีความเคล่วคล่องว่องไวดีกว่า วิธีการแช่น้ำเย็น กับวิธีการนั่งพัก อย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับ Morehouse and Miller (2004) กล่าวว่า เมื่อกล้ามเนื้อได้รับความอบอุ่นทำให้มีกำลังการหดตัวและความไวในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเพิ่มขึ้นดีกว่าตอนที่กล้ามเนื้อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น หรือมีอุณหภูมิสูงกว่าภาวะร่างกาย ธรรมดา ประมาณ 1 – 2 องศาเซลเซียส และการเพิ่มขึ้นอุณหภูมิด้วยวิธีการแช่น้ำร้อน และวิธีการแช่น้ำร้อนสลับแช่น้ำเย็น นี้ยังสามารถลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ได้ภายหลังจากที่ออกกำลังกาย หรือหลังจากการแข่งขันที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Kiner and Colby (1996) กล่าวว่า การให้ความร้อนแก่เนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อจะทำให้เนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อต่าง ๆ สามารถยืดยาวออกได้ง่ายเนื่องจากความร้อนไปกระตุ้น Golgi tendon organ ทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลาย สอดคล้องกับ Vaile *et al.*(2007) ได้เปรียบเทียบผลของการรักษา 3 วิธีคือ การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ภายหลังการออกกำลังกาย สามารถทำให้มีแรงและกำลังของกล้ามเนื้อขาดีขึ้นหลังจากหยุดออกกำลังกาย

4. อัตราการเต้นของหัวใจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำให้ทราบว่า อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการฟื้นตัวในกลุ่มที่ทำการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง หลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการพักฟื้นตัวทั้ง 4 วิธีการช่วยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเข้าสู่สภาวะปกติได้เร็วขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างกลุ่มที่ทำการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้วิธีการของ Tukey พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการฟื้นตัวในกลุ่มที่ทำการนั่งพัก แตกต่างกับการพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การพักแบบแช่น้ำร้อน อัตราการเต้นของหัวใจแตกต่างกับการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการพักแบบแช่น้ำเย็น อัตราการเต้นของหัวใจแตกต่างกับการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวด้วยวิธีการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น และการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ภายหลังการออกกำลังกายแตกต่างกัน เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจมาเปรียบเทียบกันพบว่า การพักฟื้นด้วยวิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นเป็นวิธีการพักฟื้นที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเร็วที่สุด รองลงมาการพักแบบแช่น้ำเย็น ตามด้วยวิธีการพักแบบแช่น้ำร้อน และวิธีการนั่งพักมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงช้าที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ตามวิธีการพักฟื้นทั้ง 4 วิธี ก็ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงได้ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งแตกต่างกันตรงที่ว่าผลของวิธีการพักฟื้นทั้ง 4 วิธี มีปัจจัยของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง สอดคล้องกับ Morton (2007) กล่าวว่า อุณหภูมิทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้แตกต่างกัน โดยน้ำร้อนนั้นไปกระตุ้นทำให้ ประสาทซิมพาเทติกทำงานซึ่งเป็นตัวไปกระตุ้นเพิ่มจังหวะ sino atrial node (S – A node) การเต้นของหัวใจมากแล้วยังทำให้หลอดเลือดฝอย เกิดการขยายตัว (Vasodilation) เลือดมีการไหลเวียนได้ดีขึ้น มีการลำเลียง ออกซิเจน น้ำ และสารอาหารต่างๆ ที่ร่างกายจำเป็นต้องใช้ ซึ่งการเลือดไหลเวียนดีขึ้นนั้นทำให้หัวใจไม่จำเป็นต้องทำงานหนักเพื่อลำเลียงเลือดไปสู่ส่วนต่างๆ จึงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง ส่วนผลของน้ำเย็นนั้นทำให้ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานเด่นขึ้น ซึ่งเป็นตัว

ไปลดจังหวะทำงาน sino atrial node (S – A node) หัวใจเต้นช้าลง โดยน้ำเย็นทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดและกล้ามเนื้อนั้น จะเป็นตัวบีบหรือบีบเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ ซึ่งเป็นการลดการทำงานของหัวใจลง จึงทำให้หัวใจมีอัตราการเต้นลดลงมากกว่าการนั่งพัก การพักแบบแช่น้ำร้อน การพักแบบแช่น้ำเย็น สอดคล้องกับ Bonham *et al.* (2006) กล่าวว่า การที่หลอดเลือดมีการขยายตัว สลับกับการหดตัวส่งผลทำให้การไหลของเลือดมีการขนส่งได้สะดวกขึ้น ซึ่งทำให้หัวใจไม่จำเป็นต้องทำงานมาก ทั้งที่ระบบต่างๆต้องการปริมาณเลือดในปริมาณที่มาก จึงส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง สอดคล้องกับ Kazutoshi (1996) ได้ศึกษาผลของการแช่น้ำอุ่นสลับการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นตัวจากความเหนื่อยล้าภายหลังการออกกำลังกายที่ต่ำกว่าระดับสูงสุดแล้วเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต อุณหภูมิผิวหนัง อุณหภูมิทางทวารหนัก ปริมาณกรดแลคติกในเลือด และค่าความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่าง (RPE) พบว่าการแช่น้ำอุ่นสลับการแช่น้ำเย็นที่มีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเร็วกว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ กลุ่มควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือดและสมรรถภาพด้านความแล่วคล่องว่องไว ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพฯ อายุ 19 - 21 ปี ที่มีสุขภาพดี ไม่มีการบาดเจ็บกล้ามเนื้อและข้อต่อยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขของการทดลอง จำนวน 15 คน ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบความแล่วคล่องว่องไว หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ตัวอย่างทุกคนออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องด้วยโปรแกรม Yo - Yo Intermittent Endurance Test – Level 2 จนกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถวิ่งได้ตามจังหวะ ต่อจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการพักผ่อนหลังการออกกำลังกายด้วย 4 วิธีการนี้ คือ การนั่งพัก (15 นาที) การแช่น้ำร้อน (H3/R1 สลับกันจนครบ 15 นาที) การแช่น้ำเย็น (C3/R1 สลับกันจนครบ 15 นาที) และการแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็น (H3/C1 สลับกันจนครบ 15 นาที) แล้วทำการเจาะเลือดเพื่อวัดปริมาณกรดแลคติกในเลือดและสมรรถภาพด้านความแล่วคล่องว่องไว ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มขึ้นทันที เมื่อให้กลุ่มตัวอย่างทำการพักผ่อนด้วยการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น พบว่า การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น สามารถที่จะลดปริมาณกรดแลคติกได้ดีกว่าการนั่งพัก การแช่น้ำร้อน และการแช่น้ำเย็น ซึ่งการแช่น้ำร้อน และการแช่น้ำเย็นสามารถที่จะลดปริมาณกรดแลคติกได้ดีกว่าการนั่งพัก โดยการแช่น้ำร้อน และการแช่น้ำเย็นมีอัตราการลดของปริมาณกรดแลคติกใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็นนั้นสามารถช่วยให้ร่างกายฟื้นสภาพกลับมาได้

ภายหลังจากออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้สมรรถภาพด้านความแล่วคล่องว่องไวลดลง เมื่อให้วิธีการพักผ่อนไป พบว่าการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น และ การแช่น้ำร้อน สามารถทำให้สมรรถภาพด้านความแล่วคล่องว่องไวมีสถิติเท่ากับหรือใกล้เคียงกับสถิติที่ดีที่สุดของก่อนที่จะทำการออกกำลังกาย ซึ่งการนั่งพัก และการแช่น้ำเย็น ทำให้สมรรถภาพด้านความแล่วคล่องว่องไว มีสถิติในการวิ่งช้ากว่าสถิติที่ดีที่สุดของก่อนที่จะทำการออกกำลังกาย

ภายหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้ระดับของอุณหภูมิกายเพิ่มขึ้น หลังหยุดออกกำลังกายทันที โดยวิธีการแช่น้ำเย็นทำให้ระดับของอุณหภูมิกายในนาที่ที่ 15 ลดลงต่ำกว่าระดับของอุณหภูมิกายขณะพัก และ วิธีการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ทำให้ระดับของอุณหภูมิกายลดลงเร็วกว่าแต่มีการนั่งพัก และการแช่น้ำร้อน ระดับของอุณหภูมิกายสูงกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิกายขณะพัก โดยการแช่น้ำร้อนมีระดับของอุณหภูมิกายสูงที่สุดเมื่อนำวิธีการพักทั้ง 4 วิธีมาเปรียบเทียบกัน รองลงมา คือวิธีการนั่งพัก

ภายหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น หลังหยุดออกกำลังกาย การแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ ในนาที่ที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15 ลดลงได้เร็วกว่าที่สุด รองลงมาเป็นการแช่น้ำเย็น ตามด้วยการนั่งพัก และการแช่น้ำร้อน ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ ในนาที่ที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 15 ลดลงสู่อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักช้าที่สุด

จากการวิจัยในครั้งนี้เป็นอีกหนึ่งงานวิจัยสามารถยืนยันและแสดงให้เห็นว่า วิธีการพักแบบแช่น้ำร้อนสลับกับการแช่น้ำเย็นนั้นสามารถลดปริมาณของกรดแลคติก และสามารถลดอัตราการเต้นของหัวใจหลังจากการออกกำลังกายได้ แล้วยังมีผลต่อระดับของอุณหภูมิกายซึ่งทำให้กล้ามเนื้อที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีอุณหภูมิที่พร้อม ที่จะทำงานเปรียบเหมือนการอบอุ่นร่างกายก่อนการออกกำลังกาย จึงทำให้สมรรถภาพด้านความแคล่วคล่องว่องไวมีสถิติเท่ากับหรือใกล้เคียงกับสถิติที่ดีที่สุดกับก่อนที่จะทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะ

1. การทดสอบเพื่อยืนยันสมรรถภาพ ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ ความแคล่วคล่องว่องไว เพียงอย่างเดียว ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไป ควรที่มีการทดสอบสมรรถภาพของร่างกายในด้านอื่นด้วย เพื่อเป็นการยืนยัน ผลของการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ว่าสามารถทำให้สมรรถภาพมีการฟื้นตัวในทุกๆ ด้าน

2. สถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งต่อไป ควรที่จะทำในห้องปฏิบัติการ ที่สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด และเสียง เป็นต้น เพื่อลดผลของสภาพแวดล้อม ซึ่งทำให้ผลที่ได้นั้นเกิดการคลาดเคลื่อน

3. ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และการวัดอุณหภูมิภายในการวิจัยครั้งต่อไป ควรวัดในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อดูความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ และการวัดอุณหภูมิภายในช่วงเวลาเดียวกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กันยา ปาละวิวัฒน์. 2543. การรักษาด้วยเครื่องไฟฟ้าทางกายภาพบำบัด. บริษัท สำนักพิมพ์เดอะบุคส์ จำกัด. กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. 2536. สรีรการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. ธรรมกลพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- ประโยชน์ บุญสินสุข. 2549. คัมภีร์ วารีบำบัดและสปา. พิมพ์ที่ เอส. พี. การพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- ประทุม ม่วงมี. 2537. รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา. บุรพาสาส์น, กรุงเทพฯ.
- ไพรัช เลอศเกียรติศักดิ์. 2526. เปรียบเทียบการพักผ่อนตัวหลังการออกกำลังกายระหว่างการดื่มน้ำเย็น การชโลมตัวด้วยเย็นและการนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ.
- มานพ โลหิตโยธิน. 2539. ผลของความเย็นที่มีต่อระยะเวลาการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ราตรี เรืองไทย. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกายขั้นสูง. วิทยาศาสตร์การกีฬา. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุพัตรา โล่ห์สิริวัฒน์. 2550. สรีรวิทยา 1. พิมพ์ครั้งที่ 5. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.
- สนธยา สีละมาด. 2547. หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สุกัญญา มุสิกวัน. 2517. การเปรียบเทียบการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายด้วยการนวดกล้ามเนื้อกับการชโลมตัวด้วยน้ำเย็น. วิทยานิพนธ์ ค.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

อำพร ศรียากัย. 2544. ผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการชวบน้ำที่มีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ ภายหลังจากออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Bonham S. 2006. The Effect of a Contrast Hydrotherapy Recovery Technique on the Post One Hour Performance of Netball Players. **Journal of Sport Science**. 25 (3): 135.

Bruce L. 2000. **The role of skeletal muscle in lactate exchange during exercise**. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 32: 753-755.

Carolyn K. and A.C. Lynn. 1991. Therapeutic exercise: Foundations and Techniques. **Journal of Sport Science**. 86 (9): 55.

Clarke RSJ., Hellon RF., Lind AR. 1958. **Vascular reactions of the human forearm to cold**. *Clin Sci. Journal of Sport Science*. 65 (2): 35.

Douglas WW, Malcolm JL. 1955. **Effect of localized cooling on conduction in cat nerves**. *J Physiol. Journal of Sport Science*. 90 (8): 65.

Donovan C.M. and M.J. Pagliassotti. 2000. **Quantitative assessment of pathways for lactate disposal in skeletal muscle fiber type**. *Medicine & Science in Sport & Exercise*. 22: 883-885.

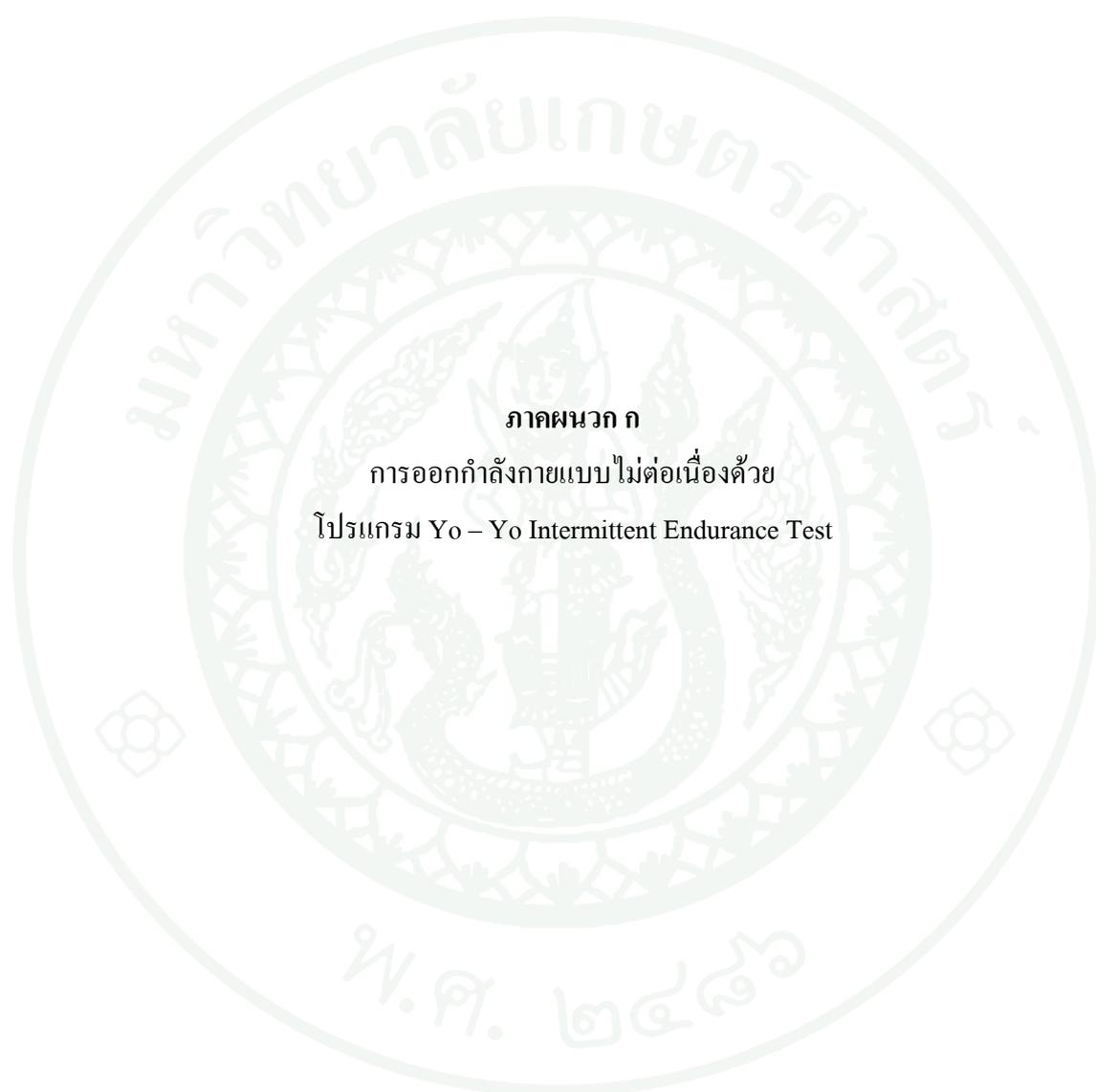
Darryl J. Cochrane. 2003. **Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review**. **Department of Management**, Sport Management and Coaching, Massey University, Private Bag 11 222, Palmerston North.

- Edwards HT, et al. 1972. **Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contraction, sustained to fatigue, of quadriceps muscle in man.** *Science in Sport & Exercise.* 25: 83-85.
- Fiscus, K.A., T.W. Kaminski and M.E.Powers. 2005. Changes in lower blood flow during warm, cold and contrast water therapy. *Arch Rhys Med Rehabil.* 86: 1404-1410.
- Greenberg RS.1972. **The effects of hot packs and exercise on local blood flow.**
- Jack H. and David L. 2000. **Physiology of Sport and Exercise.** Human Kinetic Publishing, United States., New York.
- Johnson JM, Park MK. 1982. Effect of heat stress on cutaneous vascular responses to the initiation of exercise. *J Appl Physiol.* 54: 235-239.
- Kazutoshi N. 1996. **Effects of immersion in tepid bath water on recovery from fatigue after submaximal exercise in man.** Department of Hygiene and Preventive Medicine, Fukushima Medical College, Fukushima City.
- Kiner C.and Colby L.A. 1996. **Therapeutic Exercise: Foundation and techniques.** 3rd e.d. F. A. Davis Company, Philadelphia.
- Lamb D.R. 1986. Phyology of exercise responses and adaptation. *Journal of Sport Science.* 53 (4): 155.
- Morton R. H. 2007. **Contrast water immersion hastens plasma lactate decrease after intense anaerobic exercise.** ^aInstitute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Private Bag 11-222, Palmerston North.
- Mc Gown HL. 1967. Effect of cold application on maximal isometric contraction. *J Appl Physiol.* 74: 132-134.

- Oliver et al. 1979. Isometric muscle contraction response during recovery from reduced intramuscular temperature. **Arch Phys Med Rehabil.** 62: 335-338.
- Robert A.R. and O.R.Scott. 1997. **Exercise Physiology, Exercise Performance and Clinical Application.** Times Mirror Company. Canada.
- Vaile,J., S. Halson, N. Gill and B. Dawson. 2007. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. **Eur J Appl Physiol.** 77: 256-276.
- Wilcock, I.M., J.B. Cronin and W.A. Heng. 2006. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery. **Sports Med Reviews.** 12: 765-768.
- Wertz A.S. 1998. **Intramuscular and Subcutaneous Temperature Changes in the Human Leg due to Contrast Hydrotherapy.** University of Oregon Eugene, Oregon.
- Zankel. 1996. Effect of physical agents on motor conduction velocity of ulna nerve. **Arch Phys Med Rehabil.** 35: 122-130.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

โปรแกรม Yo – Yo Intermittent Endurance Test

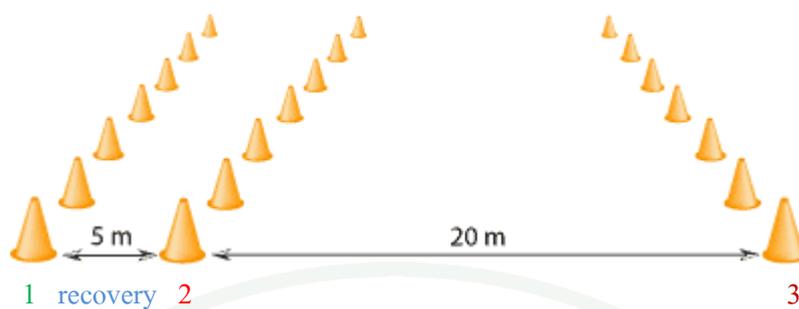
วัตถุประสงค์ เพื่อชี้วัดถึงความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้มากน้อยเพียงไร

อุปกรณ์

1. เครื่องเล่นซีดี
2. แผ่นซีดี โปรแกรม Yo – Yo Intermittent Endurance Test
3. ไบเหลื่อง – ไบแดง
4. เทปวัดระยะทาง
5. กรวย 3 อัน
6. ไบบันทึกระยะทางการวิ่ง

วิธีการ

1. เมื่อได้ยินสัญญาณ “ต๊ด” ดั้งขึ้นให้นักกีฬาวิ่งจากจุดเริ่มต้น 2 (Start) ไป ยังจุด 3 ก่อนสัญญาณ “ต๊ด” จะดั้งขึ้นแล้ววิ่งไปจุดเริ่มต้น 2 (Start) ก่อนสัญญาณ “ต๊ด” จะดั้งขึ้นอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นให้วิ่งช้า ๆ (Relax) ในระยะทาง 2.5 เมตร (1) ที่กำหนด (ระยะนี้พัก 5 วินาที)
2. เมื่อได้ยินสัญญาณดั้งขึ้นอีกให้ปฏิบัติตามข้อที่ 1 จนกว่านักกีฬาไม่สามารถที่จะปฏิบัติได้ตามสัญญาณที่ดั้งขึ้นได้เป็นเวลา 2 ครั้งแรก ให้เตือนโดยให้ไบเหลื่องครั้งที่ 2 ให้ไบแดงและยุติการทดสอบนักกีฬาคนนั้น และไบบันทึกระยะทางที่วัดได้
3. การให้สัญญาณจะเพิ่มความเร็วขึ้น 0.5 km/h ทุก 1 นาที (ความเร็วในการวิ่งประมาณ 9.0 km/h หรือวิ่งไป – กลับ ประมาณ 12.5 วินาที)



ภาพผนวกที่ 1 แสดงรูปแบบการวิ่ง Yo – Yo test

แหล่งที่มา: www.topendsports.com/Yo-Yo_intermittent.htm



ภาคผนวก ข

วิธีการพักผ่อนแบบแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น

วัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้ร่างกายนักกีฬาสามารถขับกรดแลคติกได้เร็วขึ้นภายหลังจากการออกกำลังกาย

- อุปกรณ์**
1. ถังใส่น้ำขนาด 200 ลิตร 2 ถัง
 2. น้ำอุณหภูมิปกติ 100 ลิตร ใช้ผสมกับน้ำเดือด เพื่อทำน้ำร้อน
 3. น้ำร้อนอุณหภูมิ 100 °C 20 ลิตร
 4. น้ำแข็งบด 15 กก.
 5. น้ำอุณหภูมิปกติ 100 ลิตร ใช้ผสมกับน้ำแข็ง เพื่อทำน้ำเย็น
 6. ฟ้ายนหนุ
 7. เครื่องมือวัดอุณหภูมิน้ำ (themometer) 3 อัน

วิธีการ

1. ก่อนการออกกำลังกายและการทดสอบสมรรถภาพ 15 นาที จะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก เมื่อทำการเจาะเลือดเสร็จจะให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

2. เมื่อทดสอบสมรรถภาพเสร็จแล้ว ให้ทำการพักก่อนที่จะออกกำลังกายเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ Yo - Yo test เมื่อทำการออกกำลังกายเสร็จตามกำหนดเวลา ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ เป็นระยะเวลา 5 นาที เมื่อครบแล้วทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

3. ให้แช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น ทันทีหลังจากเจาะเลือดและทำตามวิธีการพักผ่อนเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

4. เมื่อพักฟื้นตามวิธีการเสร็จแล้วจะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วและทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

วิธีการพักฟื้นแบบแช่น้ำร้อน

วัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้ร่างกายนักกีฬาสามารถขับกรดแลคติกได้เร็วขึ้นภายหลังการออกกำลังกาย

- อุปกรณ์
1. ถังใส่น้ำขนาด 200 ลิตร 2 ถัง
 2. น้ำอุณหภูมิปกติ 200 ลิตร ใช้ผสมกับน้ำเดือด เพื่อทำน้ำร้อน
 3. น้ำร้อนอุณหภูมิ 100 °C 40 ลิตร
 4. ผ้าขนหนู
 5. ที่วัดอุณหภูมิน้ำ (thermometer) 3 อัน

วิธีการ

1. ก่อนการออกกำลังกายและการทดสอบสมรรถภาพ 15 นาที จะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก เมื่อทำการเจาะเลือดเสร็จจะให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

2. เมื่อทดสอบสมรรถภาพเสร็จแล้ว ให้ทำการพักก่อนที่จะออกกำลังกายเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้โปรแกรม Yo - Yo test เมื่อทำการออกกำลังกายเสร็จตามกำหนดเวลา ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ เป็นระยะเวลา 5 นาที เมื่อครบแล้วทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

3. ให้แช่น้ำร้อน ทันทีหลังจากเจาะเลือดและทำตามวิธีการพักฟื้นเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

4. เมื่อพักฟื้นตามวิธีการเสร็จแล้วจะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วและทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

วิธีการพักฟื้นแบบแช่น้ำเย็น

วัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้ร่างกายนักกีฬาสามารถขับกรดแลคติกได้เร็วขึ้นภายหลังการออกกำลังกาย

- อุปกรณ์**
1. ถังใส่น้ำขนาด 200 ลิตร 2 ถัง
 2. น้ำแข็งบด 25 กก.
 3. น้ำอุณหภูมิปกติ 200 ลิตร ใช้ผสมกับน้ำแข็ง เพื่อทำน้ำเย็น
 4. ฟ้ายนหนุ
 5. ที่วัดอุณหภูมิน้ำ (themometer) 3 อัน

วิธีการ

1. ก่อนการออกกำลังกายและการทดสอบสมรรถภาพ 15 นาที จะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก เมื่อทำการเจาะเลือดเสร็จจะให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว

2. เมื่อทดสอบสมรรถภาพเสร็จแล้ว ให้ทำการพักก่อนที่จะออกกำลังกายเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้โปรแกรม Yo - Yo test เมื่อทำการออกกำลังกายเสร็จตามกำหนดเวลา ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ เป็นระยะเวลา 5 นาที เมื่อครบแล้วทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วทันที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

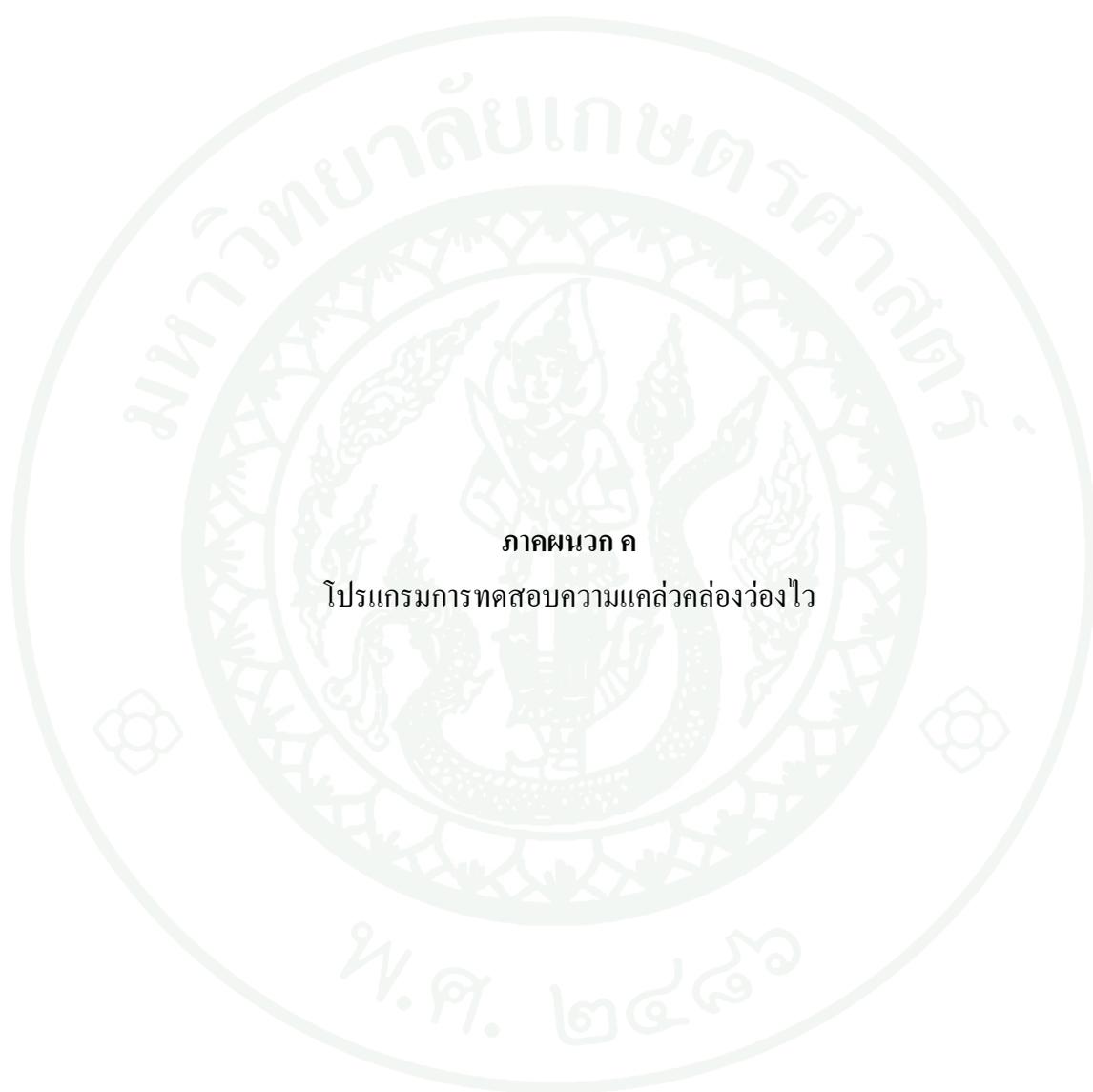
3. ให้แช่น้ำเย็น ทันทีหลังจากเจาะเลือดและทำตามวิธีการพักฟื้นเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

4. เมื่อพักฟื้นตามวิธีการเสร็จแล้วจะทำการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วและทำการทดสอบสมรรถภาพในด้านความแคล่วคล่องว่องไว



ภาพผนวก ข

แสดงลักษณะการแช่น้ำร้อน การแช่น้ำเย็น และการแช่น้ำร้อนสลับการแช่น้ำเย็น



ภาคผนวก ค

การทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว

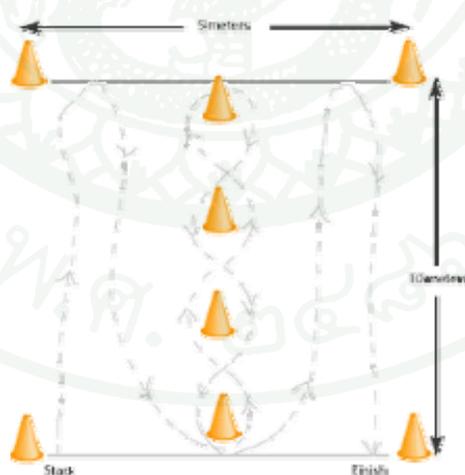
วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวโดยใช้แบบทดสอบ Illinois Agility Run Test

อุปกรณ์

1. กรวย
2. ตลับเมตร
3. นาฬิกาจับเวลา

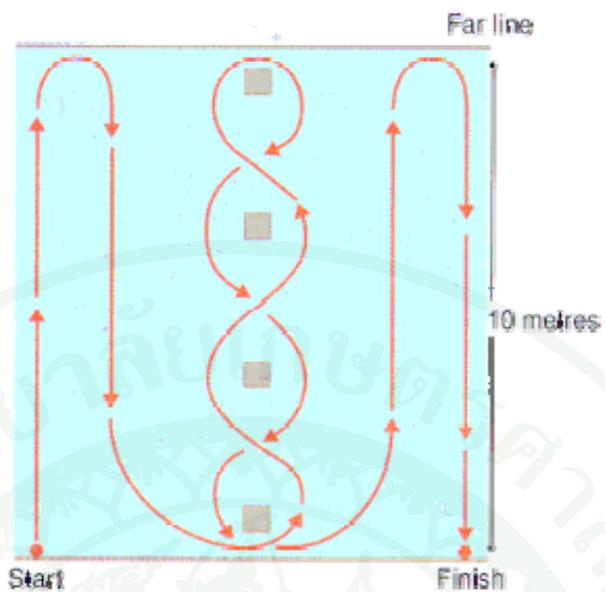
วิธีการ

1. ให้ผู้ทดสอบอบอุ่นร่างกาย ประมาณ 10 – 15 นาที
2. วางกรวย กว้าง 5 เมตร ยาว 10 เมตร ดังภาพที่ 1.1
3. วางกรวยกึ่งกลางภายในสี่เหลี่ยม ห่างกันกรวยละ 3.3 เมตร
4. รูปแบบการวิ่งดังรูป
5. จับเวลาบันทึกผลการวิ่ง 3 ครั้ง



ภาพผนวก ค1 แสดงรูปแบบการวิ่ง

แหล่งที่มา: www.topend sports.com/agility test.htm



ภาพผนวก ค2 แสดงทิศทางการวิ่ง Illinois Agility Run Test

แหล่งที่มา: www.topendsports.com/agilitytest.htm



ภาพผนวก ค3 แสดงภาพขณะวิ่ง Illinois Agility Run Test



ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกในเลือด

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกในเลือด

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติกในเลือดในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เลือดจากปลายนิ้วมือมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Accusport ผลิตในประเทศเยอรมัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

การหาตัวอย่างเลือด

1. ใช้แอลกอฮอล์ทำความสะอาดที่นิ้วมือที่จะเจาะเลือด
2. ใช้เครื่องเจาะเลือดที่ใช้เข็ม Softclix lancet เจาะที่ปลายนิ้วมือ โดยปรับความลึกของเข็มที่ 3 มิลลิเมตร
3. บีบเลือดให้หยดลงบนแผ่นทดสอบ

การหาปริมาณกรดแลคติกในเลือด

1. กดปุ่ม ON เพื่อเปิดเครื่อง
2. เสียบ bar code ให้สุดแล้วดึงออกทันที เครื่องจะร้อง “ติ๊ด”
3. เสียบแผ่นทดสอบ (strip test) รอให้เครื่องร้อง “ติ๊ด ติ๊ด” 2 ครั้ง
4. เปิดฝาทดเลือดลงบนแผ่นทดสอบ (strip test) ให้พอดีกับตำแหน่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ แล้วปิดฝา
5. เครื่องวิเคราะห์จะใช้เวลาในการวิเคราะห์ 60 วินาที
6. บันทึกค่าที่ได้ โดยมีหน่วยเป็น มิลลิโมล / ลิตร



ภาพผนวกที่ ง1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาระดับกรดแลคติกในเลือด



ภาพผนวกที่ ง2 แสดงการหัดเลือดลงในแผ่นวิเคราะห์หาระดับกรดแลคติก



ภาคผนวก จ

การวัดอุณหภูมิของร่างกาย

วัตถุประสงค์

เพื่อวัดอุณหภูมิของร่างกาย

ตำแหน่งที่วัด

หู

อุปกรณ์

Microlife Digital Infrared Ear Thermometer

วิธีการ

1. เครื่องวัดอุณหภูมิจะวัดอุณหภูมิจากเยื่อแก้วหู และเนื้อเยื่อบริเวณรอบ ๆ เยื่อแก้วหู
2. กดปุ่ม switch on เพื่อเปิดเครื่อง
3. เมื่อเครื่องส่งเสียง “บี๊บ” 1 ครั้ง ให้สอด probe เข้าไปในรูหู โดยจับบริเวณใบหู ดึงไปทางด้านหลังและยกขึ้นเล็กน้อย
4. เมื่อสอด probe เข้าไปในรูหู ขยับให้กระชับ ไม่มีช่องว่างระหว่าง probe กับรูหูจากนั้น จึงกดปุ่มstart
5. รอจนเครื่องส่งเสียง “บี๊บ” 1 ครั้ง และค่าอุณหภูมิปรากฏขึ้นบนหน้าจอ จึงค่อย ๆ ดึง probe ออกจากรูหู



ภาพผนวก จ แสดงการวัดอุณหภูมิกาย



ภาคผนวก จ

การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี Goodness of Fit ของข้อมูล

ตารางผนวกที่ 1 การทดสอบความถูกต้องของทฤษฎี (Goodness of Fit) ของข้อมูลก่อนการทดลอง
โดยใช้สถิติ Kolmogorov – Samirnov One Sample Test

	\bar{X}	S.D.	P
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	65.08	8.22	0.42
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.41	5.35	0.35
กรดแลคติกในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร)	2.09	0.25	0.45
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	66.5	7.72	0.44
อุณหภูมิกาย (องศาเซลเซียส)	36.35	2.12	0.53
ความเครียดคล่องว่องไว (วินาที)	16.22	5.71	0.48

P < .05

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายคทาฐ นาคสุทธิ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 มกราคม 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดนครพนม
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนนาทมวิทยา อำเภอนาทม จังหวัดนครพนม
	ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต กรุงเทพมหานครฯ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-