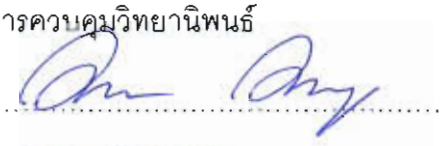
ผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา

อิสริยา ทองห่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

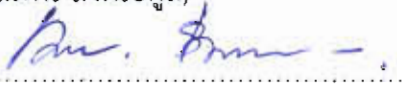
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ อิสริยา ทองห่อ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬาของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.สมพร ส่งตระกูล)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.วิรัตน์ สนธิ์จันทร์)

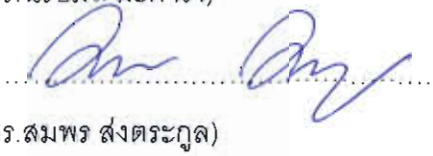
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ดร.นิรอมลี มะกาเจ)



.....กรรมการ

(ดร.สมพร ส่งตระกูล)

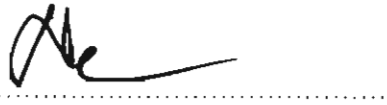
.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

.....กรรมการ

(ดร.ฉัตรกมล สิงห์น้อย)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬาของมหาวิทยาลัยบูรพา



.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์)

วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.สมพร ส่งตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำให้แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ ดร.วิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยและกลุ่มตัวอย่างทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

ขอบขอบพระคุณ คุณแม่วณี ทองห่อ คุณน้าวีณา บุญอาจ คุณจิรวัฒน์ ทองเอี่ยม คุณศุภกาญจน์ แก้วมรกต คุณสุพัตรา ศรีอาจ รวมถึงพี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาตรี โทและเอก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือมาโดยตลอดจนประสบผลสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ได้อบรม เลี้ยงดู ส่งเสริมประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และปรารถนาดีต่อผู้วิจัยเสมอมา

อิสริยา ทองห่อ

53910973: สาขาวิชา: วิทยาศาสตรการออกกำลังกายและการกีฬา;
วท.ม. (วิทยาศาสตรการออกกำลังกายและการกีฬา)
คำสำคัญ: วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย/ สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก/ กรดแลคติก

อิสริยา ทองห่อ: ผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือดอัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา (EFFECT OF RECOVERY AFTER EXERCISE METHODS ON LACTIC ACID IN THE BLOOD, HEART RATE AND ANAEROBIC PERFORMANCE IN ATHLETES) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สมพร ส่งตระกูล, ปร.ด., สุรีพร อนุศาสนนันท์, ค.ด., วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, ปร.ด. 144 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก ของมหาวิทยาลัยบูรพา เพศชาย อายุเฉลี่ย 19.57±1.33 ปี จำนวน 30 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) และทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V\square O_2max$) ด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง (A□strand-Rhyming test) เพื่อจัดกลุ่ม ๆ ละ 15 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ทำการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายภายในเวลา 30 นาที ทำการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย และทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิง แอนแอโรบิก ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างที่เป็นไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent t-test) และหาค่าความแตกต่างที่เป็นอิสระจากกัน (Independent t-test) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบของกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายมีค่าปริมาณกรดแลคติกในเลือดและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกแตกต่างกัน แต่อัตราการเต้นของหัวใจไม่แตกต่างกัน ส่วนการทดสอบระหว่าง 2 กลุ่มทดลอง หลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายมีปริมาณกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกแตกต่างกัน แต่ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกไม่แตกต่างกัน

จากข้อมูลที่ปรากฏทำให้สรุปได้ว่า วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ภายในเวลา 30 นาที สามารถทำให้ปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายลดลงมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ที่ให้นั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย มีค่ามากกว่ากลุ่มที่มีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย มีค่าใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่มีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

54910086: MAJOR: EXERCISE AND SPORT SCIENCE;
M.Sc. (EXERCISE AND SPORT SCIENCE)
KEYWORDS: RECOVERY AFTER EXERCISE/ ANAEROBIC PERFORMANCE/
LACTIC ACID

ISSARIYA THONGHO: EFFECT OF RECOVERY AFTER EXERCISE METHODS ON LACTIC ACID IN THE BLOOD, HEART RATE AND ANAEROBIC PERFORMANCE IN ATHLETES. ADVISORY COMMITTEE: SOMPORN SONGTRAKUL, Ph.D., SUREEPORN ANUSASANAN, Ph.D., WIRAT SONCHAN, Ph.D. 144 P. 2016.

This research aimed to study the effect of recovery after exercise program on lactic acid in the blood, heart rate and anaerobic performance in athletes. Thirty male undergraduate are Burapha University anaerobic athletes students with an age mean of 19.57 year old (SD =1.33). A simple random sampling method was used for randomization purpose. Test for the V□O_2max way of A□strand-Rhyming test to groups of 15 people divided into groups to sit dormant for a period of one hour and the experimental group use program of recovery after exercise within 30 minutes and test for lactic acid in the blood, heart rate and anaerobic performance. Statistical be use t-test for dependent samples and t-test for independent samples method was used to examine. Statistical significance was set at .05.

Results showed before and after using the recovery after exercise methods of the second group there competency anaerobic performance and lactic acid in the blood was different, but heart rate was not different. The amount of lactic acid in the blood, heart rate and anaerobic power of experimental group 1 and groups 2 were different, but anaerobic capacity was not different.

In conclusion, program of recovery after exercise within 30 minutes can make the amount of lactic acid in the blood heart rate after recovery after exercise lower than the control group to sit dormant for a period of one hour, anaerobic power after recovery and after exercise more valuable than those that have been sitting dormant for a period of one hour, anaerobic capacity after recovery after exercise similar group has been sitting dormant for a period of one hour.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 5

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ประโยชน์ของการวิจัย..... 6

ขอบเขตของการวิจัย..... 6

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย..... 7

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 7

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 7

กรอบแนวคิดการวิจัย..... 10

2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

ระบบพลังงาน 11

บทบาทของออกซิเจนในการออกกำลังกาย..... 15

อัตราการเต้นของหัวใจกับการออกกำลังกาย..... 18

ความสมดุลของน้ำในร่างกาย..... 20

การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย..... 24

รูปแบบต่าง ๆ ของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย..... 31

กรดแลคติกในเลือด..... 54

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก..... 66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	68
กลุ่มตัวอย่าง	68
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย	69
วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล	71
ขั้นตอนการวิจัย	73
การวิเคราะห์ข้อมูล	74
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	76
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	76
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	76
5 อภิปรายผล และสรุปผล	82
อภิปรายผล	82
สรุปผลการวิจัย	90
ข้อเสนอแนะ	91
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก	98
ภาคผนวก ข	106
ภาคผนวก ค	120
ภาคผนวก ง	125
ภาคผนวก จ	128
ภาคผนวก ฉ	134
ประวัติย่อของผู้วิจัย	144

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ระบบการสร้าง ATP ในร่างกาย..... 15

2-2 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายที่ต่ำสุดและสูงสุดในการออกกำลังจนหมดแรง..... 25

4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพ..... 77

4-2 การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง..... 77

4-3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง..... 78

4-4 การวิเคราะห์หาความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย และปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย..... 79

4-5 การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย..... 80

4-6 การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย..... 81

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย..... 10
2-1 กระบวนเผาผลาญและแหล่งที่มาของพลังงาน..... 12
3-1 ขั้นตอนการวิจัย..... 73

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาแต่ละประเภทมีรูปแบบการฝึกซ้อมและการแข่งขันที่แตกต่างกัน บางชนิดกีฬาสามารถทำการแข่งขันจนจบรอบการแข่งขันภายในรอบเดียวในวันเดียว แต่บางชนิดกีฬามีรูปแบบของการจัดการแข่งขันที่แตกต่างออกไป โดยชนิดกีฬานั้น ๆ มีรูปแบบการแข่งขันที่ต้องแบ่งเป็นหลายรอบการแข่งขัน และภายใน 1 วัน ต้องแข่งขันมากกว่า 1 รอบ เช่น เทนนิส ยูโด เทควันโด เป็นต้น อีกทั้งเวลาในการพักเพื่อแข่งขันในรอบถัดไปหรือวันถัดไปก็มีเวลาที่จำกัด ทำให้เกิดความเหนื่อยและเมื่อยล้าสะสมของร่างกายจากการใช้งานอย่างหนัก รวมถึงสภาพจิตใจที่มีความเครียดและวิตกกังวลจากการแข่งขันในรอบที่ผ่านมาและที่จะต้องทำการแข่งขันในรอบถัดไป ส่งผลให้การแข่งขันในรอบถัดไปไม่สามารถใช้ประสิทธิภาพของสมรรถภาพทางกายได้อย่างเต็มที่ การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย (Recovery) จึงมีความสำคัญเช่นเดียวกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย หากสามารถฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้เร็วเพียงใดประสิทธิภาพของสมรรถภาพทางกายในการกลับมาออกกำลังกายอีกครั้งก็จะดีขึ้นตามมาด้วย (Power & Howley, 2001) สอดคล้องกับวิทยา เลาหกุล (2546 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) อธิบายว่า ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งคือจะต้องฟื้นสภาพร่างกายโดยเร็วยิ่งการฟื้นสภาพร่างกายมีประสิทธิภาพมากเท่าไหร่ความเหนื่อยล้าก็จะลดลงเท่านั้น

Quinn et al. (2008 อ้างถึงใน อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555) ได้อธิบายว่า นักกีฬาส่วนใหญ่ทราบกันว่าการที่ร่างกายได้รับการพักผ่อนอย่างเพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นต่อสมรรถภาพของร่างกาย ในขณะเดียวกันร่างกายจะมีทั้งการซ่อมแซมและเสริมสร้างความแข็งแรงไปพร้อมกันในช่วงออกกำลัง และการฝึกอย่างต่อเนื่องทำให้นักกีฬารู้สึกอ่อนเพลีย (Weaken) โดยนักสรีรวิทยาและนักจิตวิทยาให้เหตุผลว่ามีเหตุผลหลายประการที่จำเป็นต้องให้นักกีฬามีการพัก (Rest) เพื่อจะให้มีการซ่อมแซมและเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ ระยะฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายยังช่วยให้ร่างกายเติมพลังงานและซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บอันเนื่องมาจากขณะออกกำลังหรือร่างกายทำงานเป็นเหตุให้เกิดการสลายของเนื้อเยื่อและการพร่องไปของไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อรวมทั้งการสูญเสียน้ำอีกด้วย การศึกษาเกี่ยวกับการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายนั้นจะสามารถศึกษาจากระดับการลดลงหรือการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางสรีรวิทยาซึ่งได้แก่ ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด อัตราการใช้ออกซิเจน อัตราการเต้น

ของหัวใจ อัตราการรับรู้ความเหนื่อย สมรรถภาพทางกาย และความดันโลหิต เป็นต้น หากตัวแปรดังกล่าวลดลงได้เร็วมากเท่าไหร่ การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายก็จะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในการฝึกซ้อมและการแข่งขันอย่างหนักทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้าอันเนื่องจากของเสียสะสมในเลือด คือ กรดแลคติก จะถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอทำให้ไพรูเวท (Pyruvate) ทำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้นปกติในโลหิตจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ความสามารถสูงสุดของคนที่ฟิตที่จะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (บางรายตัวเลขอาจสูงขึ้นถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) (ประทุม ม่วงมี, 2527)

สอดคล้องกับอำพร ศรียาภัย (2544 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) อธิบายว่า ปกติกรดแลคติกจะเกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนแล้วแพร่กระจายออกมาสู่กระแสเลือดภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที หลังจากเกิดกรดแลคติกขึ้นภาวะปกติในเลือดจะมีความเข้มข้นของกรดแลคติกประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร (10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) หากมีกรดแลคติกในเลือดสูงถึง 0.03-0.1 กรัมเปอร์เซ็นต์ หรือในกล้ามเนื้อ 0.3-0.4 กรัมเปอร์เซ็นต์ กล้ามเนื้อจะหยุดทำงานระดับของกรดแลคติกในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นมากภายใน 5-10 นาที

ภายหลังการออกกำลังกายที่เข้มข้นรุนแรงได้เริ่มขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยการสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย การที่มีกรดแลคติกสะสมในเซลล์กล้ามเนื้อในปริมาณที่มากจะไปกระตุ้นประสาทรับความรู้สึกด้านความเจ็บปวด (Pain receptor) ทำให้มีอาการเจ็บระบบกล้ามเนื้อ (Muscle soreness) และยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดตะคริวที่กล้ามเนื้อ การล้าของกล้ามเนื้อที่มีสาเหตุเนื่องมากจากการใช้งานนั้น มีหลายปัจจัย ได้แก่ การใช้งานกลุ่มกล้ามเนื้อนั้นซ้ำ ๆ ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือการที่มีกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อมากจะทำให้รู้สึกไม่สบายที่กล้ามเนื้อ หรือมีอาการปวดเกร็งกล้ามเนื้อร่วมด้วย เมื่อมีการล้าเกิดขึ้นกล้ามเนื้อจะเคลื่อนไหวลำบาก เคลื่อนไหวได้ช้า ทำงานได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้แล้ว การที่มีกรดแลคติกมากยังส่งผลให้เลือดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดต่ำลง มีสภาพของความเป็นกรดมากขึ้น (ชัชรินทร์ อังศุภากร, 2540)

การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อและเลือดในช่วงของการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายจำเป็นต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนย้าย ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่มาจากการสร้าง

พลังงานที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ กรดแลคติกสามารถที่จะเปลี่ยนกลับไปเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ นอกจากนั้น จะเปลี่ยนไปเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ เช่น ไกลโคเจนในตับ กลูโคสในเลือด และเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำในส่วนอื่น ๆ กรดแลคติกสามารถที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาผลาญอาหารโดยการแตกตัวของพลังงานที่ใช้ออกซิเจนเพื่อจัดเตรียมเอทีพีที่กระดูกกล้ามเนื้อหัวใจ ตับและเนื้อเยื่อไต สามารถใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกให้กลับไปเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งเหตุผลส่วนใหญ่สำหรับการชำระหนี้ของกรดแลคติกที่ถูกเคลื่อนย้ายระหว่างการฟื้นตัวคือสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้นั่นเอง (ภาสกร บุญนิยม, 2533)

สอดคล้องกับ Rushall and Pyke (1990) รายงานว่ากรดแลคติกแท้จริงแล้วไม่ได้เป็นสาเหตุหลักของกล้ามเนื้อล้า เนื่องจากการสะสมของกรดแลคติกจะคงอยู่ในช่วงเวลาสั้น ๆ ด้วยการทำให้เป็นกลางด้วยการจับของอนุภาคไฟฟ้าลบโดยใช้โปรตีนที่มีอยู่ในเซลล์ หรือรวมกับไพรูเวทเพื่อเปลี่ยนกลับคืนเป็นแลคเทตและเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนเก็บไว้ในตับและกล้ามเนื้อ เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานใหม่ ทั้งนี้ร่างกายสามารถทำให้ระดับกรดแลคติกในเลือดที่สูงกลับเข้าสู่ระดับปกติได้ภายในเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง แต่เนื่องจากการล้าของกล้ามเนื้อและร่างกายไม่ได้เกิดจากการที่มีระดับกรดแลคติกในเลือดที่สูงเป็นปัจจัยสำคัญ หากแต่มีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการล้าของกล้ามเนื้อดังที่กล่าวไปข้างต้น (Astrand & Rodahl, 1986) การเปลี่ยนกรดแลคติกจากส่วนต่าง ๆ เพื่อเป็นพลังงานที่ต้องการนั้นจะอยู่ระหว่างระยะเวลาในการฟื้นตัวโดยตรง ในขณะที่ส่วนน้อยของพลังงานมาจากปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้ามาในระหว่างการใช้หนี้ออกซิเจนในช่วงหลัง (Lactacid oxygen debt) (ชัชรินทร์ อังศุภากร, 2540) โดยระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวนั้นขึ้นอยู่กับความหนัก และระยะเวลาในการออกกำลังกาย รวมทั้งวิธีที่ใช้ฟื้นตัว โดยปกติจะใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวอย่างน้อย 1 ชั่วโมง สำหรับผู้ที่ได้รับการฝึกซ้อมหรือมีการออกกำลังกายสม่ำเสมอความหนักที่เหมาะสมที่ใช้ในการฟื้นสภาพ คือ 50-65 เปอร์เซ็นต์ของการจับออกซิเจนสูงสุด (Gisolfi et al., 1966 อ้างถึงใน อาริสร์ กาญจนศิลานนท์, 2552) สอดคล้องกับ Foss and Keteyian (1998 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) อธิบายว่า การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสีย คือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนอิออน และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างการออกกำลังกายจะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพักภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่ เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกไปประมาณร้อยละ 95 การวิจัยส่วนใหญ่ มุ่งที่จะวิเคราะห์

ถึงผลของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีผลต่อการลดลงของระดับกรดแลคติกในเลือด แต่ในความเป็นจริงกรดแลคติกสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นพลังงานที่ใช้ต่อไปได้

การมุ่งที่จะลดระดับกรดแลคติกในเลือดจึงไม่ส่งผลดีที่สุดต่อสมรรถภาพทางกายภายหลังการออกกำลังกาย เนื่องจากกรดแลคติกส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าแต่ไม่ใช่ปัจจัยหลักเพียงอย่างเดียวควรให้ความสำคัญกับสมรรถภาพทางกายด้านอื่น ๆ และการผ่อนคลายทางจิตใจด้วย Karpovich (1953 อ้างถึงใน กวิน พิกุลงาม, 2550) อธิบายว่า ความเมื่อยล้ามีอยู่ 2 ชนิด คือ ทางด้านร่างกายจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อ และทางด้านจิตใจ โดยระดับของการล้าเป็นผลมาจากการทำงานของจิตใจ การที่มุ่งศึกษาถึงการลดระดับกรดแลคติกอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ ควรจะมีการศึกษาถึงผลของการฟื้นตัวจากการออกกำลังกายด้วยวิธีต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักกีฬาเกิดการผ่อนคลาย และมีการฟื้นตัวของสมรรถภาพร่างกายให้ใกล้เคียงกับก่อนออกกำลังกายให้ได้เร็วที่สุด เพื่อที่นักกีฬาจะได้สามารถทำการฝึกซ้อมหรือทำการแข่งขันได้ในรอบการแข่งขันถัดไปและวันถัดไปได้

หลายการวิจัยและการวิจัยส่วนใหญ่มุ่งศึกษาเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายแต่ละรูปแบบด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การนั่งพัก การเดิน การซาวน่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การใช้ความเย็น การใช้ความร้อน การนวด และการออกกำลังกายเบา ๆ เป็นต้น เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรและแต่ละกิจกรรมการออกกำลังกายที่มีผลต่อสมรรถภาพเชิงแอโรบิกและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความดันโลหิต อุณหภูมิร่างกาย ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด และปริมาณแลคติกในเลือด เป็นต้น การวิจัยเหล่านั้นไม่ได้ศึกษาถึงการนำเอาผลการวิจัยที่ได้คำตอบมาแล้วจากการศึกษาและวิจัยที่ผ่านมาจัดเป็นโปรแกรมการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายว่าควรนำมาผสมผสานกันอย่างไรและเกิดผลดีต่อการฟื้นตัวอย่างไร เหมาะสมกับกิจกรรมหรือไม่ภายในระยะเวลาพักอันจำกัดภายใต้ข้อจำกัดของแต่ละชนิดกีฬา รูปแบบการจัดการแข่งขันและระยะเวลาพักที่แตกต่างกันออกไป

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาโปรแกรมการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายจากหลายวิธีการที่ผู้วิจัยหลาย ๆ ท่านได้ทำการวิจัยและได้ผลกับตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งเหล่านั้น มาผสมผสานเป็นวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกภายในเวลาจำกัด

คำถามการวิจัย

วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายมีผลต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพแอนแอโรบิกในนักกีฬา หรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพักเฉย ๆ 1 ชั่วโมง และวิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกาย ที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา ก่อนและหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการนั่งพักเฉย ๆ 1 ชั่วโมง

3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา ก่อนและหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการฟื้นตัว 30 นาที

4. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา ก่อนและหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ระหว่างวิธีการนั่งพักเฉย ๆ 1 ชั่วโมง และด้วยวิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกาย

สมมติฐานการวิจัย

เนื่องจากการฟื้นตัวจากการออกกำลังกายมีความสำคัญเช่นเดียวกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย หากสามารถฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้เร็วเพียงใดประสิทธิภาพในการกลับมาออกกำลังกายอีกครั้งก็จะดีขึ้นตามมาด้วย ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง คือ จะต้องฟื้นสภาพร่างกายโดยเร็ว ยิ่งการฟื้นสภาพร่างกายมีประสิทธิภาพมากเท่าไหร่ ความเหนื่อยล้าก็จะลดลงเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอตั้งสมมติฐานดังนี้

1. นักกีฬาที่ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกไม่แตกต่างกันกับก่อนออกกำลังกาย และมีค่ากรดแลคติกในเลือดต่างกันกับหลังออกกำลังกายทันที

2. นักกีฬาที่ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกายมีค่ากรดแลคติกในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ 1 ชั่วโมง

3. นักกีฬาที่ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกายมีค่าสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกมากกว่ากลุ่มที่ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ 1 ชั่วโมง

ประโยชน์ของการวิจัย

โปรแกรมการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายจะสามารถนำไปปรับใช้กับนักกีฬาและเวลาในการพักของแต่ละชนิดกีฬาอย่างเหมาะสม เพื่อให้นักกีฬากลับมามีสมรรถภาพทางกายใกล้เคียงกับก่อนออกกำลังกายให้ได้มากที่สุด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก ของมหาวิทยาลัยบูรพา เพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการคัดเลือกและการอาสาสมัคร เป็นผู้มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q) และผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์ โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) และแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 15 คน (คือกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย) ทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V\square O_2max$) ด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง (A□strand-Rhyming test) เพื่อที่จะแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการเรียงลำดับจากค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และทำการหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่ม หากไม่เท่ากันจะทำการเรียงลำดับและหาค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มใหม่จนกว่าจะไม่แตกต่างกันของทั้ง 2 กลุ่ม

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ กลุ่มวิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ

2.2.1 กรดแลคติกในเลือด

2.2.2 อัตราการเต้นของหัวใจ

2.2.3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก คือ

2.2.3.1 ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก

2.2.3.2 ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

ก่อนทำการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬาทุกประเภท งดแอลกอฮอล์ บุหรี่ และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนก่อนเข้ารับการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และงดการบริโภคอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลองและระหว่างการทดลอง

ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องการรับประทานอาหาร การพักผ่อน การใช้ยาและการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่างได้ ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ อาจส่งผลต่อการทดสอบตัวแปรที่ทำการศึกษาได้ และอาจจะทำให้งานวิจัยนี้ไม่สมบูรณ์ แต่ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือกับผู้กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัยตามข้อตกลงเบื้องต้นในการเข้าร่วมการวิจัยแล้ว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย** (Recovery) หมายถึง การฟื้นตัวจากการออกกำลังกายมีความสำคัญเช่นเดียวกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย หากสามารถฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้เร็วเพียงใดประสิทธิภาพในการกลับมาออกกำลังกายอีกครั้งก็จะดีขึ้นตามมาด้วย ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งคือ จะต้องฟื้นสภาพร่างกายโดยเร็ว ยิ่งการฟื้นสภาพร่างกายมีประสิทธิภาพมากเท่าไหร่ความเหนื่อยล้าก็จะลดลงเท่านั้น

2. **กรดแลคติก** (Lactic acid) หมายถึง ของเสียสะสมที่เกิดจากการฝึกซ้อมและการแข่งขันอย่างหนัก ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้าอันเนื่องจากของเสียสะสมในเลือด โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ไพรูเวท (Pyruvate) ทำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ปกติในโลหิตจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ความสามารถสูงสุดของคนที่ฟิตที่จะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (บางรายตัวเลขอาจสูงขึ้นถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ภายหลังการออกกำลังกายที่เข้มข้นรุนแรงได้เริ่มขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ

โดยการสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย

3. **สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก** (Anaerobic performance) หมายถึง สมรรถภาพในการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกระบวนการการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การทดสอบหาค่าสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกเพื่อหา

3.1 ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุดในเวลาสั้นที่สุด เกิดการแตกตัวของฟอสฟาเจนที่สูงมากในกล้ามเนื้อ ใช้พลังงานแบบ ATP-PC

3.2 ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนเพียงพอ ใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว

4. **ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด** (Oxygen consumption หรือ VO_2max) หมายถึง ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ด้วยความแรงปานกลางถึงหนัก บ่งบอกถึงสภาวะการทำงานของ หัวใจ หลอดเลือด ปอดและกล้ามเนื้อ หรือประเมินความฟิต ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับไปให้เซลล์ใช้ต่อนาที เรียกว่า “Oxygen consumption” ใช้สัญลักษณ์ว่า $V\square O_2$ ส่วนปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับไปให้เซลล์ใช้ได้ต่อช่วงเวลา 1 นาที เรียกว่า “Maximum oxygen consumption” ใช้สัญลักษณ์ว่า $maxV\square O_2$ หรือ $V\square O_2max$ หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อนาที (หรือ มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ทั้งนี้เพราะคนเรานำ้หนักไม่เท่ากัน คนที่มีมวลมากกว่าย่อมใช้พลังงานในการเคลื่อนไหวมากกว่า) โดย $V\square O_2max$ เป็นเครื่องบอกถึงขีดความสามารถสูงสุดในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก (Maximum aerobic power)

5. **วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย 2 กลุ่ม ดังนี้**

5.1 กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ และดื่มน้ำเปล่าที่อุณหภูมิปกติ 1 ชั่วโมง ซึ่งการนั่งเป็นการฟื้นสภาพร่างกายที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยจะเป็นการให้ระบบต่าง ๆ มีการฟื้นสภาพตามธรรมชาติ เป็นการลดการทำงานของร่างกายลงอย่างฉับพลัน โดยหลังจากที่ร่างกายมีการ

ออกกำลังกายที่มีความหนักสูงแล้วเมื่อนั่งพักร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพร่างกาย เช่น การสังเคราะห์เอทีพี (ATP) หรือการกำจัดของเสีย เช่น กรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด (พิชิต ภูติจันทร์, 2535 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

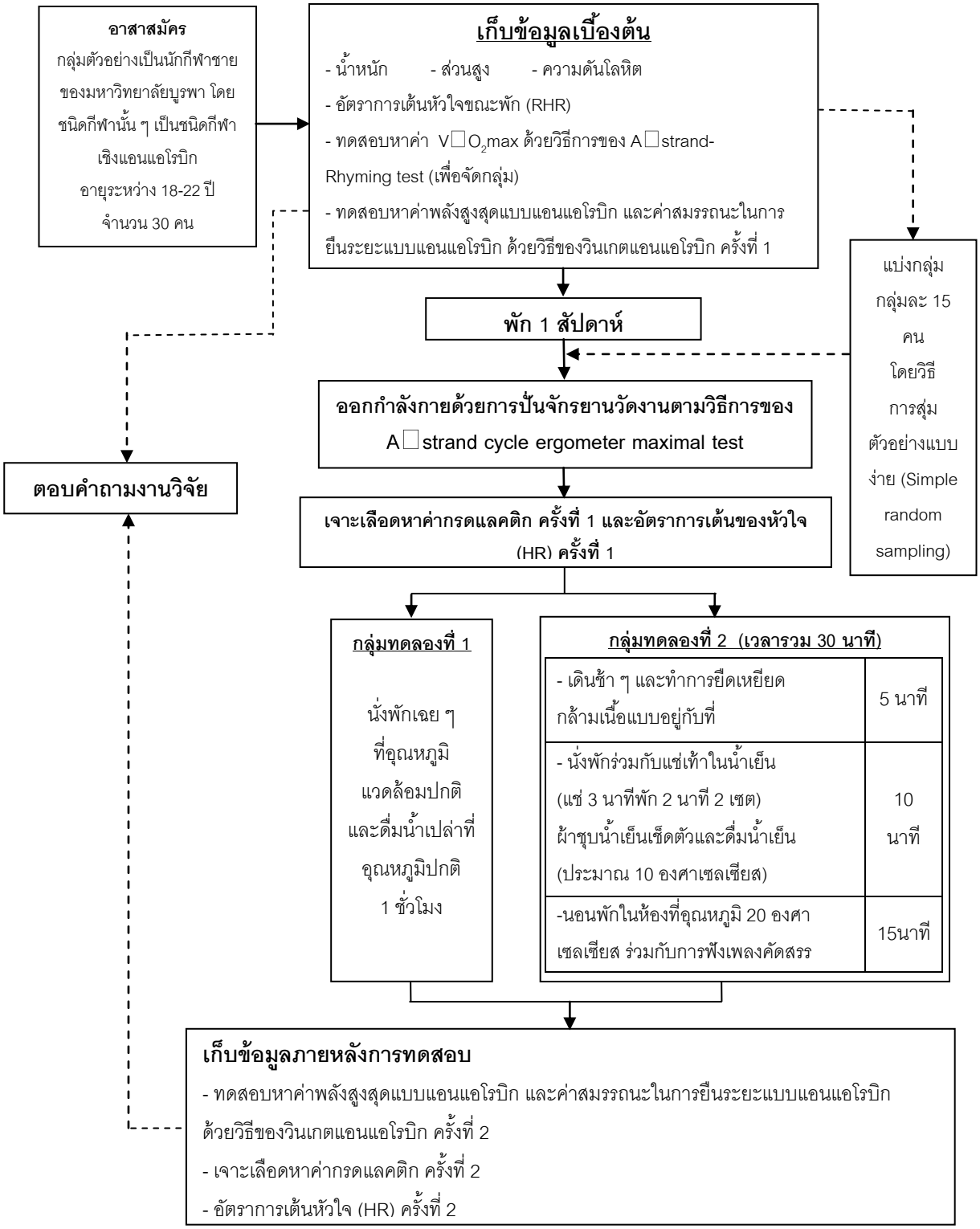
5.2 กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย ขั้นตอนดังนี้

5.2.1 เดินช้า ๆ (ณธพล ทองธนภัทร, 2553) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Nelson & Jouko, 2007) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 นาที

5.2.2 นั่งพักโดยการแช่เท้าในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) โดยการแช่เท้าในน้ำเย็น 3 นาที และพัก 2 นาที จำนวน 2 เซต (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) ร่วมกับใช้ผ้าชุบน้ำเย็นเช็ดตัว (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส)(สุภาพร โกเมนเอก, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) และดื่มน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส) (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม, พิสมัย เหล่าภัทรเกษม และบรรจบ ศรีภา, 2537) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที

5.2.3 นอนพักที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส (ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ร่วมกับการฟังเพลงคัดสรรที่จังหวะของเสียงที่ 60-80 ครั้งต่อนาที (นาตยา หงส์ศิลา, 2549) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาที

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

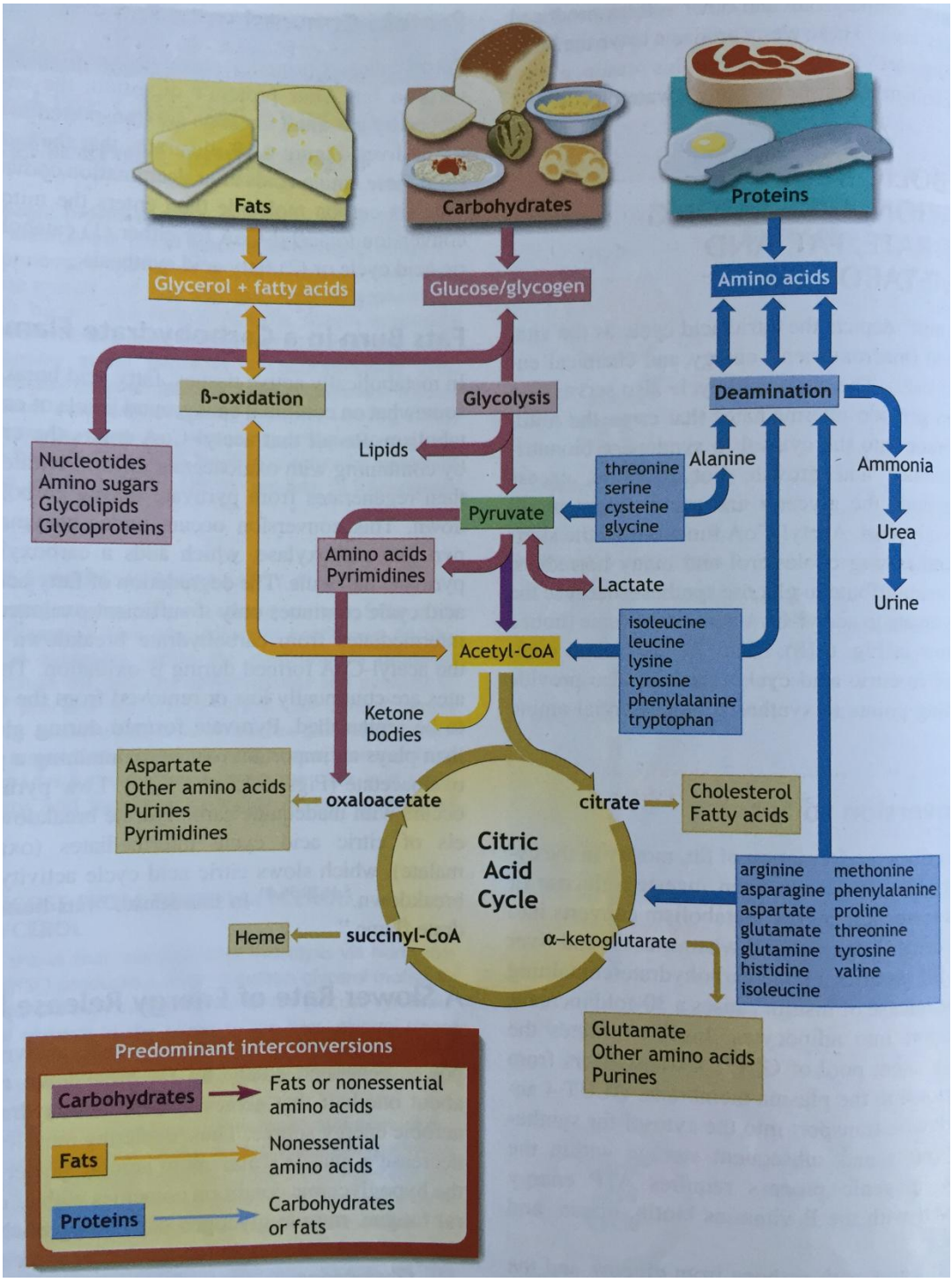
ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของโปรแกรมการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ระบบพลังงาน
2. บทบาทของออกซิเจนในการออกกำลังกาย
3. อัตราการเต้นของหัวใจ
4. ความสมดุลของน้ำในร่างกาย
5. การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย
6. รูปแบบของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย
7. กรดแลคติกในเลือด
8. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

ระบบพลังงาน

มนุษย์เราสร้างพลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ ที่ให้พลังงานได้ การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารหรือเมตตาโบลิซึมของการออกกำลังกาย โดยทั่ว ๆ ไปแล้วคือการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานทางเคมี (Chemical energy) มาเป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527) คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนเป็นสารอาหาร 3 ประเภท ที่สามารถให้พลังงานแก่ร่างกายได้ สารอาหารทั้ง 3 ประเภท (ดังภาพที่ 2-1) จะถูกใช้โดยเซลล์เพื่อสังเคราะห์ ATP (Adenosine triphosphate) เป็นจำนวนมาก ATP จึงนับได้ว่าเป็นตระกูลของพลังงานที่ร่างกายใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในตับและกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจนนั้นจำกัดการให้พลังงานแก่ร่างกายประมาณ 2,500-2,600 แคลอรี หรือเทียบได้กับการวิ่งระยะทาง 40 กิโลเมตร แต่ไขมันจะให้พลังงานมากถึง 70,000 แคลอรี (Wilmore & Costill, 2008) ATP มีอยู่ทั่วไปใน Cytoplasm และ Nucleoplasm ของเซลล์ทั้งหลาย และกิจกรรมของเซลล์ทุกอย่างที่ต้องใช้พลังงานก็จะได้รับพลังงานโดยตรงจากการแตกตัวของ ATP ดังนั้น กล้ามเนื้อจะไม่สามารถหดตัวได้หากไม่มี ATP การรักษาหรือการถ่ายทอดพลังกระทบประสาท การสังเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ของเซลล์ เช่น การ

สังเคราะห์โปรตีน การหลั่งฮอร์โมนต่าง ๆ การดูดซึมอาหารของลำไส้ เป็นต้น จะไม่สามารถทำได้หากไม่มี ATP (ประทุม ม่วงมี, 2527)



ภาพที่ 2-1 กระบวนเผาผลาญและแหล่งที่มาของพลังงาน (McArdle, Katch, & Katch, 2010)

ATP: Adenosine triphosphate

ที่มาและบทบาทของ ATP สูตรโครงสร้างโมเลกุลของ ATP ประกอบด้วย อะดีโนซีน (Adenosine) และกลุ่มของฟอตเฟส (Phosphate) รวม 3 ตัว สะพานเชื่อมฟอสเฟตให้อยู่ด้วยกัน เรียกว่า “สะพานเชื่อมฟอตเฟส” (Phosphate bond) ซึ่งนักชีวเคมีถือว่ามีพลังงานสูง เมื่อใดที่สะพานเชื่อมนี้ถูกแยกออกโดยเอนไซม์ระหว่าง 7-12 แคลอรี ของพลังงานจะถูกปล่อยออกมาพร้อมกับสารใหม่คือ Pi (Inorganic phosphate) และ ADP (Adenosine diphosphate) พลังงานที่ถูกปล่อยออกมานี้จะถูกเซลล์นำไปใช้ในกิจกรรมที่เซลล์ต้องทำ ATP ถูกสร้างขึ้นมาเรื่อย ๆ ตราบใดที่ร่างกายมีสารอาหารที่ร่างกายสามารถนำมาใช้สร้าง ATP ได้ การสร้างสะพานเพื่อเชื่อมฟอตเฟสที่ถูกแยกออกมาให้ติดกับ ADP ดังเดิมต้องใช้พลังงานซึ่งได้มาจากอาหารที่รับประทานเข้าไป ที่มาของ ATP ในร่างกายมีอยู่ 3 แห่ง (หรืออาจเรียกว่า 3 ระบบ) คือ Phosphate, Lactic acid และ Oxygen systems การปลดปล่อยพลังงานภายในเซลล์ สารประกอบที่มีพลังงานสูงคือ ATP เป็นพลังงานโดยตรงสำหรับให้กล้ามเนื้อใช้ในการทำงาน ร่างกายไม่เก็บ ATP ไว้เป็นจำนวนมากและที่มีอยู่ก็สามารถใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ไม่กี่วินาที ดังนั้น ร่างกายจึงต้องมีการสร้าง ATP ขึ้นมาแทนที่โดยตลอด พลังงานที่ใช้ในการสร้าง ATP ได้มาจากอาหารที่เรารับประทานเข้าไป กระบวนการนี้เกิดขึ้น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะแรกคือการย่อย (Digestion) ในระยะนี้โมเลกุลใหญ่ ๆ ของอาหารจะถูกแยกออกให้เล็กลงจนสามารถซึมผ่านผนังของลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดได้ (Absorbtion)

2. ระยะที่สองเป็นระยะที่มีปฏิกิริยา 2-3 อย่าง เกิดขึ้น ซึ่งในที่สุดสารอาหารเดิมจะกลายเป็น Acetyl coenzyme A, Alpha-Ketoglutaric acid และ Oxaloacetic

3. ต่อจากนั้นผลิตผลลัพธ์ (End products) ทั้งสามจะเข้าสู่ระยะที่ 3 คือ วัฏจักรเครบส์ (Kreb’s cycle) ซึ่งจะนำเอาสารทั้งสามมาสร้างคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระยะที่ 2 จะเกิดขึ้นบริเวณ Cytoplasm ของเซลล์ แต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในวัฏจักรเครบส์จะเกิดขึ้นในไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) ซึ่งมีออกซิเจนไปรอคอยทำปฏิกิริยากับ End products ทั้งสามอยู่ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

การเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ (Anaerobic glycolysis)

ในขั้นแรกกลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็น Glucose-6-Phosphate (G-6-P) ในขั้นตอนนี้กลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนสะสมที่ตับและกล้ามเนื้อ และจะถูกเรียกคืนมาเป็นกลูโคสในยามที่ร่างกายต้องการ ซึ่งการเปลี่ยนจากไกลโคเจนเป็นกลูโคสอีกครั้งเพื่อการทำงานของกล้ามเนื้อเท่านั้นจะไม่เคลื่อนเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะอื่นใช้ได้ ปฏิกิริยาต่อจากนั้นทำให้ G-6-P แยกตัวออกเป็นสองตัว คือ 3-Carbon Glucose (Glyceraldenhyde 3-Phosphate) และกลายเป็น

Pyruvates ต่อไป ปฏิกิริยาช่วงนี้ดึงเอา 2ADP เข้าไปและเปลี่ยนแปลงออกมาเป็น 2ATP ซึ่งสามารถให้ร่างกายนำเอาไปใช้ได้ ขณะที่ 2ATP ถูกสร้างขึ้น Hydrogen ion (H^+) จำนวน 4 อนุภาค ก็จะถูกปล่อยออกมาพร้อมกันด้วย ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถดำเนินต่อไปได้เรื่อย ๆ ถ้าหากว่ามี Nicotinadenine dinucleotide (NAD) สำหรับเอา H^+ ไปแล้วกลายเป็น $NADH_2$ ต่อจากนั้นถ้ามีออกซิเจน H^+ จะถูกแยกจาก $NADH_2$ ไปให้ Flavoprotein (FAD) และถึง Cytochrome system เพื่อที่จะรวมตัวกับออกซิเจนแล้วได้ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์และ ATP หากไม่มีออกซิเจนหรือมีไม่เพียงพอ ตัว Pyruvates เองจะทำหน้าที่รับเอา H^+ จาก $NADH_2$ ไปแล้วกลายเป็นกรดแลคติก (Lactic)

ด้วยการแยกกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ปราศจากออกซิเจนนี้เรียกว่า “Anaerobic glycolysis” หรือ “Embden-meyerhoff pathway” กระบวนการนี้สามารถสร้าง ATP เพื่อใช้ชั่วคราวในสภาวะต่าง ๆ ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ เช่น ขณะดำน้ำ หรืออยู่ในห้องที่มีควันไฟ กระบวนการนี้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการออกกำลังกายบางอย่าง เช่น ในการแข่งขันวิ่งระยะสั้น เพราะการแข่งขันประเภทนี้ต้องการพลังงานสูง แต่ระบบการหายใจและการไหลเวียนเลือดไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ด้วยการขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอกับความต้องการได้ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

การเผาผลาญกลูโคสที่สมบูรณ์

กระบวนการที่ทำให้กลูโคสแตกแยกมาจนถึง Pyruvate นั้นเกิดขึ้นใน Cytoplasm และยังไม่ใช้ออกซิเจน ต่อจากนั้น Pyruvate จะรวมตัวกับ Coenzyme A เพื่อที่จะเป็น Acetyl coenzyme A แล้วเข้าสู่ Kreb’s cycle กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นใน Mitochondria ที่นี่ $6CO_2$ $2OH^+$ และ 2ATP ถูกสร้างขึ้น CO_2 จะถูกรับไปโดยเลือดส่งต่อไปยังปอดในขณะที่ H^+ จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเพื่อให้เกิดน้ำและ ATP โดยผ่าน Electron transport chain ต่อจากนั้นทั้ง H^+ และ e^- จะถูกส่งต่ออย่างสลับซับซ้อนและต้องอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาหลายชนิด (ประทุม ม่วงมี, 2527)

แหล่งพลังงานทางแอโรบิก (Aerobic) และแอนแอโรบิก (Anaerobic) ขณะออกกำลังกาย

การออกกำลังกายอาจถูกอ้างอิงได้ทั้งในแง่แอโรบิก (Aerobic) และแอนแอโรบิก (Anaerobic) ขึ้นอยู่กับ Metabolic pathways และที่มาของ ATP เช่น การวิ่งระยะทางไกลสามารถดำเนินไปได้ถ้าหากร่างกายสามารถสร้าง ATP ในทางแอโรบิก แต่ในทางแอนแอโรบิก เช่น การวิ่งระยะทาง 100 และ 200 เมตร หรือยกน้ำหนัก ร่างกายใช้ ATP มากเกินกว่าที่ผลิตขึ้นมาได้ในช่วงเวลานั้น เนื่องจากออกซิเจนมีไม่เพียงพอและไม่ทันสำหรับการใช้ ดังนั้น จึงต้องสร้าง ATP ทั้ง ๆ ที่ไม่มีออกซิเจนอีกทางหนึ่งที่เป็นที่มาของ ATP โดยทางแอนแอโรบิก คือ Phosphocreatine (PCr) เมื่อร่างกายมี ATP มากเกินความต้องการร่างกายจะไม่เก็บไว้ในรูปของ

ATP แต่จะสร้างสารอย่างหนึ่งชื่อ Creatin (C) คอยรวมตัวกับ ATP อยู่ การรวมตัวของ C และ ATP ทำให้เกิด PC และ ADP

$$ATP + C \rightleftharpoons PC + ADP$$

ดังนั้น PC ก็คือแหล่งสะสมของ ATP ในร่างกายนั่นเอง และการสังเคราะห์ PC จะมีขึ้นก็ตอนความต้องการ AT มีน้อยหรือมี ATP เหลือใช้ ดังนั้น อาจสรุปได้ว่าระบบการสร้าง ATP ในร่างกายมี 3 ระบบ ด้วยกัน (ดังตารางที่ 2-1) แต่ละระบบมีความสำคัญและมีข้อแตกต่างหลัก ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2-1 ระบบการสร้าง ATP ในร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527)

สิ่งเปรียบเทียบ	**Anaerobic**		**Aerobic oxygen system**
	ATP-PC system	**Lactic acid system**	
1. ตัวอย่างของการออกกำลังกายที่อาศัยระบบการสร้างนั้น ๆ เป็นหลัก	วิ่ง 100 เมตร, ยกน้ำหนัก	วิ่ง 400-800 เมตร	วิ่งมาราธอน
2. Substrate หลัก	Phosphocreatine (PCr)	Glucose, Glycogen	Fatty acids, Glucose, Glycogen
3. ขีดจำกัดเวลา	ประมาณ 15 วินาที	ประมาณ 2 นาที	ไม่มีขีดจำกัดเรื่องเวลา หากมี Substrate และออกซิเจนเพียงพอ

บทบาทของออกซิเจนในการออกกำลังกาย

เนื่องจากร่างกายไม่มีสถานที่เก็บออกซิเจนจำนวนมาก หากร่างกายเปลี่ยนสภาพจากการพักผ่อนมาเป็นการออกกำลังกาย ซึ่งต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น ขณะพักผ่อนร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนประมาณ 200-300 มิลลิลิตรต่อนาที ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างเข้มข้นปริมาณ

ออกซิเจนที่ต้องใช้อาจเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิมถึง 20 เท่า หรืออาจมากถึง 30 เท่า (ประทุม ม่วงมี, 2527)

ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับไปให้เซลล์ใช้ต่อนาที เรียกว่า “Oxygen consumption” (ใช้สัญลักษณ์ว่า $V\square O_2$) ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับไปให้เซลล์ใช้ได้ต่อช่วงเวลา 1 นาที เรียกว่า “Maximum oxygen consumption” (ใช้สัญลักษณ์ว่า max $V\square O_2$ หรือ $V\square O_2$max ก็ได้) หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อนาที แต่หากละเอียดถูกต้องแล้วค่าของ $V\square O_2$max ควรเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ทั้งนี้เพราะคนเรานำหนักไม่เท่ากัน คนที่มีมวลมากกว่าย่อมใช้พลังงานในการเคลื่อนไหวมากกว่า โดย $V\square O_2$max เป็นเครื่องบอกถึงขีดความสามารถสูงสุดในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก (Maximum aerobic power) เมื่อไหร่ก็ตามที่ร่างกายเปลี่ยนสภาพจากการพักผ่อนมาเป็นการออกกำลังกาย $V\square O_2$ จะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าหากการออกกำลังกายอยู่ในระดับปานกลางและดำเนินต่อไปอย่างเสมอต้นเสมอปลาย คือไม่มีการเพิ่มหรือลดความเข้มข้นอย่างฉับพลัน ประมาณ 3 นาที $V\square O_2$ ก็จะสูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง ระดับนี้จะถูกรักษาต่อไปจนกระทั่งการออกกำลังกายสิ้นสุดลง จึงจะมีการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ $V\square O_2$ รักษาระดับดังกล่าวอยู่นั้น สิ่งอื่น ๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ และการผลิตกรดแลคติกก็จะรักษาระดับของมันไปด้วย ระยะที่ $V\square O_2$ และสิ่งอื่น ๆ รักษาระดับไว้เราเรียกการออกกำลังกายในช่วงนี้ว่า “การออกกำลังกายในระยะคงที่” (Steady state exercise) ระยะนี้ปริมาณของออกซิเจนที่เซลล์ต้องใช้เท่ากับปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายส่งไปให้เซลล์นั้น ๆ ใช้ แสดงว่าการสร้างพลังงานในขณะออกกำลังกายในระดับนี้เป็นไปในแบบแอโรบิก เมื่อไหร่ก็ตามที่พลังงานซึ่งร่างกายต้องใช้ถูกสร้างขึ้นมาโดยทาง แอโรบิกและสามารถรักษาระดับคงที่ต่อไปได้ เราเรียกการออกกำลังกายชนิดนี้ว่า “อยู่ในความเข้มข้นปกติ” (Normal load) การออกกำลังกายที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้ คือพลังงานที่ไม่ได้มาจากการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องอาศัยการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ด้วย การออกกำลังกายในความเข้มข้นนี้เรียกว่า “อยู่ในระดับความเข้มข้นที่เกินปกติ” (Over load) จุดที่ร่างกายเริ่มสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (เพราะสร้างแบบแอโรบิกอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย) เรียกว่า “แอนแอโรบิก เทรชโชลด์” (Anaerobic threshold) ไกลโคเจนเป็น Substrate ที่สำคัญในการสร้างพลังงานทั้ง 2 แบบ เช่น การวิ่งระยะไกล การมี ไกลโคเจนสะสมไว้ในร่างกายที่ตับและกล้ามเนื้อในปริมาณสูงก่อนเริ่มแข่งขันจึงเป็นประโยชน์ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

ออกซิเจนที่ขาดไป (Oxygen deficit) **และการเป็นหนี้ออกซิเจน** (Oxygen debt)

ประทุม ม่วงมี (2527) อธิบายว่า ถ้าหากว่าความเข้มข้นของการออกกำลังกายมีปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ ความสามารถในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกจะไม่สูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการสร้างพลังงานแบบนี้ได้ถึงระดับสูงสุดของมันแล้ว การที่ร่างกายสามารถออกกำลังกายได้ต่อไปในความเข้มข้นสูงขึ้นเช่นนี้ และมีพลังงานที่จะนำมาใช้ได้ย่อมจะต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ดังนั้น หลังจากที่ความสามารถสูงสุดของร่างกายในอันที่จะสร้างพลังงานแบบแอโรบิกได้บรรลุถึงจุดแล้ว การที่คนเราจะทนต่อการออกกำลังกายต่อไปได้มากน้อยเท่าไร่ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกายในการที่จะทนต่อสารต่าง ๆ ที่เป็นผลลัพธ์จากปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดแลคติก

หลังจากการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยแท้หรือเพียงบางส่วนได้สิ้นสุดลงจะพบว่า $V\square O_2$ ยังคงรักษาระดับสูงนั้นไว้ชั่วคราวแล้วจึงค่อย ๆ ลดลง $V\square O_2$ จะลดลงสู่ระดับปกติ หลังออกกำลังกายก็ต่อเมื่อสารต่าง ๆ ที่เป็นผลลัพธ์ของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ถูกเผาผลาญให้หายไป ซึ่งเราเรียกระยะนี้ว่า “เป็นระยะที่กล้ามเนื้อได้รับการเติมพลังงานให้กลับคืนสู่สภาพเดิม” ช่วงเวลาหลังจากการที่ร่างกายออกกำลังกายสิ้นสุดลงเราเรียกว่า “Recovery period” ซึ่งระยะนี้เป็นระยะเวลาที่ผู้ออกกำลังกายใช้เวลาในการจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ต่อร่างกาย (Oxygen debt) ออกซิเจนจำนวนนี้ใช้สำหรับจ่ายคืนจำนวนออกซิเจนที่ร่างกายควรได้รับขณะออกกำลังกาย แต่เนื่องจากการมีขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับเข้าไปได้ทัน จึงจำเป็นต้องยอมเป็นหนี้ไว้ก่อน ดังนั้น ในขณะออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนหนึ่ง แต่สามารถรับเข้าไปได้น้อยกว่าปริมาณที่ต้องการทำให้มีออกซิเจนขาดหายไป (ไม่เพียงพอ) อีกจำนวนหนึ่ง นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายเรียกปริมาณออกซิเจนที่ขาดหายไปขณะออกกำลังกายนี้ว่า “Oxygen deficit” ซึ่งจะต้องมีการจ่ายคืนในช่วง Recovery period กล้ามเนื้อเป็นอวัยวะหนึ่งของร่างกายที่ทนต่อการเป็นหนี้ออกซิเจนได้ดีกว่าอวัยวะอื่น ๆ

ปริมาณของ Oxygen debt อาจคำนวณหาได้โดยการวัดปริมาณของ $V\square O_2$ ที่ร่างกายนำเข้าไปในช่วง Recovery period ลบด้วยปริมาณ $V\square O_2$ ซึ่งจะต้องใช้จริงเมื่อคนนั้นอยู่ในสภาพพักผ่อน เป็นที่ยอมรับกันว่า $V\square O_2$ ที่ต้องใช้ขณะออกกำลังกายจะเท่ากับ $V\square O_2$ ที่ได้ใช้ไปจริงขณะออกกำลังกายบวกกับ Oxygen debt นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายเรียกผลรวมของ $V\square O_2$ ใน 2 ช่วงเวลานี้ว่า “Oxygen requirement” หรือปริมาณของออกซิเจนที่ต้องใช้สำหรับการออกกำลังกายนั้น ๆ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

บทบาทของ V□O_2max และ max O_2 debt ในการกำหนดขีดจำกัดในการออกกำลังกาย

ในกีฬาที่ต้องออกกำลังกายอย่างรุนแรงมากและเสร็จสิ้นลงในช่วงระยะเวลาอันสั้น พลังงานเกือบทั้งหมดได้มาโดยทางแอนแอโรบิก ด้วยการใช้ PC และไกลโคเจนทำให้ Oxygen debt มีปริมาณสูงกว่า Oxygen deficit ตามปกติร่างกายเราจะสามารถสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยแท้อย่างมากได้ราว ๆ 45 วินาที ก็จะเริ่มมีการสะสมกรดแลคติกมากเกินกว่าที่ร่างกายทนได้ในการออกกำลังกายที่เกี่ยวกับการวิ่ง ตามความเป็นจริงแล้วหากระยะทางไกลเกินกว่าที่นักกีฬาจะวิ่งได้ในเวลา 45 วินาที ความเร็วในการวิ่งจะลดลงเพื่อให้เวลาร่างกายได้ปรับตัวหันมาสร้างพลังงานแบบแอโรบิก ดังนั้น ความสำเร็จในการวิ่งระยะทางกลาง-ไกล จึงขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกายที่จะสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกในระยะต้นและแบบแอโรบิกในระยะถัดไป (ประทุม ม่วงมี, 2527)

อัตราการเต้นของหัวใจกับการออกกำลังกาย

ประทุม ม่วงมี (2527) อธิบายว่า อัตราการเต้นของหัวใจในสภาวะต่าง ๆ อาจอยู่ระหว่าง 30-200 ครั้งต่อนาที อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและปริมาณงานที่ทำ อัตราการเพิ่มจะดำเนินไปอย่างรวดเร็วเมื่อการออกกำลังกายได้เริ่มขึ้นหรือบางทีก็ก่อนที่จะเริ่มเสียอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาที่มีการแข่งขันระยะสั้น เช่น วิ่ง 100 เมตร หรือ 200 เมตร นักกีฬาเองในช่วงปล่อยตัวที่ผู้ปล่อยตัวบอกให้ “เข้าที่...ระวัง” ตัวนักกีฬาจะมีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้นพร้อมกับกล้ามเนื้อเกร็งไปทั่วร่างกาย การที่อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นในระยะก่อนการออกกำลังกายเชื่อกันว่าเป็นอิทธิพลของ Cerebral cortex (ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสมอง) ที่มีต่อศูนย์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ (Cardiac center) ที่ Medulla การเพิ่มในระยะต้นมีแนวโน้มที่จะลดลงภายหลัง 2-3 วินาที ได้ผ่านไป แล้วติดตามด้วยการเพิ่มอย่างสม่ำเสมอจนถึงอัตราสูงสุด การเพิ่มถึงขีดสูงสุดจะแตกต่างกันไปในแต่ละคน บางคนอัตราการเต้นของหัวใจถึงขีดสูงสุดในเวลาประมาณ 1 นาที บางคนใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้วขีดสูงสุดนี้จะถึงในช่วงเวลาประมาณ 4-5 นาที ชนิดของการออกกำลังกายมีอิทธิพลต่ออัตราการเต้นของหัวใจด้วย อัตราการเพิ่มจะเป็นไปอย่างรวดเร็วที่สุดในการออกกำลังกายที่ต้องใช้ความเร็ว (Speed) เช่น การว่ายน้ำหรือวิ่งระยะทางสั้น และช้าที่สุดในการออกกำลังกายที่ใช้ความแข็งแรง (Strength) เช่น การยกน้ำหนัก การทุ่มน้ำหนัก ขว้างจักร และพุ่งแหลน เป็นต้น ส่วนการออกกำลังกายที่ต้องใช้ความอดทน (Endurance) เช่น การวิ่งระยะทางไกล มีอิทธิพลต่อการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระดับปานกลางเมื่อเทียบกับการออกกำลังกาย 2 ประเภทแรก

เมื่อให้คนที่มีร่างกายฟิตอยู่ในระดับต่าง ๆ กัน ออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระดับหนึ่ง อัตราการเต้นของหัวใจในผู้ที่มีร่างกายฟิตน้อยกว่าผู้ที่มีร่างกายไม่ฟิต แสดงให้เห็นว่าหัวใจของผู้ที่มีร่างกายฟิตไม่ต้องทำงานหนักแต่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกว่า เมื่อปล่อยให้คนกลุ่มนี้ออกกำลังกายไปจนถึงจุดที่เกิดความล้า จะพบว่าจุดที่แต่ละคนต้องหยุดจะแตกต่างกันไปสุดแต่ระดับความฟิตของร่างกาย หัวใจของผู้ที่มีความฟิตสูงกว่าจะแสดงความสามารถด้วยการเต้นด้วยอัตราที่สูงมากซึ่งอาจถึง 200 ครั้งต่อนาที ทำให้ผู้นั้นสามารถออกกำลังกายได้นานกว่าและมากกว่าหัวใจของผู้ที่มีร่างกายไม่ฟิต โดยสามารถที่จะเต้นด้วยอัตราดังกล่าวได้ ดังนั้น จุดที่ผู้ที่มีร่างกายไม่ฟิตที่ต้องหยุดออกกำลังกายอาจมีอัตราการเต้นของหัวใจเพียง 160-180 ครั้งต่อนาที เท่านั้น เป็นต้น ในคนที่ฟิตนั้นจะมีปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจขณะบีบตัว (Stroke volume) สูง ทำให้หัวใจไม่ต้องเต้นบ่อยครั้งนักถึงแม้ว่ามีความสามารถจะเต้นได้ก็ตาม จึงทำให้สามารถสงวนกำลังสำรองไว้ใช้ได้เป็นเวลานานกว่า ส่วนอิทธิพลของอารมณ์และสภาพแวดล้อมที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจพอสรุปได้คือ องค์ประกอบของทั้งสองอาจทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้นขณะพักผ่อน และการออกกำลังกายเบา แต่อาจไม่มีอิทธิพลต่อการออกกำลังกายที่เข้มข้น โดยการออกกำลังกายเบาที่ยาวนานในสภาพแวดล้อมที่ร้อนทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าการออกกำลังกายชนิดเดียวกันในห้องที่มีอุณหภูมิปกติ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

การกลับคืนสู่ระดับปกติของอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย

การกลับคืนมาสู่อัตราการเต้นปกติของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ระยะเวลาของการออกกำลังกายตลอดจนระดับความสามารถทางกายของคนคนนั้น ในคนที่มีร่างกายฟิตอัตราการเต้นของหัวใจมักกลับคืนสู่อัตราปกติเร็วกว่าคนที่มีร่างกายไม่ฟิต เนื่องจากหัวใจมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและระบบการไหลเวียนของเลือดสามารถขนส่งออกซิเจนและรับของเสียต่าง ๆ ไปสู่และออกจากกล้ามเนื้อได้ดีกว่า การกลับคืนสู่อัตราการเต้นปกติของหัวใจเป็นไปอย่างเชื่องช้าในการออกกำลังกายที่ยาวนานและต้องหยุดเพราะความล้า ซึ่งบางคนต้องใช้เวลานานถึง 1-2 ชั่วโมง ก่อนการที่อัตราการเต้นของหัวใจจะคืนสู่อัตราการเต้นก่อนการออกกำลังกาย กระบวนการทางสรีรวิทยาที่จะเป็นสิ่งที่บอกเราได้แน่นอนเกี่ยวกับการกลับคืนสู่อัตราปกติของอัตราการเต้นของหัวใจยังเป็นสิ่งที่เราไม่ทราบอย่างเด่นชัดนัก แต่นักสรีรวิทยาคิดว่าสิ่งที่ยังคงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจยังต้องสูงต่อไปน่าจะเกี่ยวข้องกับสิ่งต่อไปนี้

1. สิ่งที่เคยมีอิทธิพลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายยังมีอิทธิพลอยู่ต่อไปถึงแม้ว่าการออกกำลังกายจะสิ้นสุดลงแล้วก็ตาม ตัวอย่างเช่น อุณหภูมิของ

ร่างกายยังคงสูงอยู่และอีกอย่างหนึ่งคือ สภาวะของความเป็นกรดของเลือดยังสูงอยู่ ซึ่งสิ่งนี้ต่างก็มีอิทธิพลต่ออัตราการเต้นของหัวใจทั้งสิ้น

2. ปฏิกิริยาสะท้อนอันเนื่องมาจากการที่การออกกำลังกายสิ้นสุดลงซึ่งทำให้กล้ามเนื้อไม่ต้องหดตัวต่อไป จึงไม่ไปบีบหลอดเลือดเป็นผลทำให้เลือดไหลเวียนกลับเข้าสู่หัวใจไม่ค่อยได้ดี เพราะขาดเครื่องปั๊ม ส่งผลให้ปริมาณเลือดที่ไหลกลับเข้าสู่หัวใจ (Venous return) มีน้อยซึ่งส่งผลให้เลือดที่จะถูกฉีดออกไปจากหัวใจห้องล่างแต่ละครั้งมีน้อยลง ซึ่งในภาวะเช่นนี้ หากหัวใจเต้นช้าลงจะเป็นผลให้เกิดความดันเลือดต่ำ อันอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายในขณะนั้น

ดังนั้น หัวใจจึงยังคงต้องมีอัตราการเต้นที่สูงอยู่ต่อไป ถึงแม้ว่าการออกกำลังกายนั้นได้สิ้นสุดลงแล้วก็ตาม นี่อาจเป็นวิธีการป้องกันภัยทางธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งของร่างกาย ในข้อนี้มีการทดลองสนับสนุนกล่าวคือ การเต้นของหัวใจจะกลับคืนสู่อัตราปกติเร็วขึ้นถ้าหากแขนหรือขาใช้ในการออกกำลังถูกรัดด้วยผ้าหรือยางเมื่อการออกกำลังกายสิ้นสุดลง (ประทุม ม่วงมี, 2527)

ความสมดุลของน้ำในร่างกาย

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ (2537) อธิบายว่า ความสำคัญของน้ำต่อการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อ ดังนี้

1. เป็นองค์ประกอบของเซลล์และช่วยหล่อเลี้ยงเซลล์ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ช่วยในปฏิกิริยาชีวเคมีและการสันดาปสารอาหารต่าง ๆ
3. ช่วยลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนเข้าสู่เซลล์ และระบายของเสียออกจากเซลล์
4. ช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกาย
5. เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบไหลเวียนเลือด

โดยปกติ ร่างกายจะมีการสูญเสียน้ำประมาณวันละ 2,300 มิลลิลิตร โดยแบ่งออกเป็นการสูญเสียน้ำทางปัสสาวะ 1,400 มิลลิลิตร ทางอุจจาระ 100 มิลลิลิตร และระเหยออกทางเหงื่อและลมหายใจ 800 มิลลิลิตร โดยประมาณ แต่จะมีน้ำเกิดขึ้นจากกระบวนการสลายไกลโคเจนเพียงวันละ 300 มิลลิลิตร เท่านั้น ดังนั้น ร่างกายจึงจำเป็นจะต้องได้รับน้ำจากภายนอกประมาณวันละ 2,000 มิลลิลิตร จึงจะเกิดความสมดุลของน้ำภายในร่างกาย (Stroke, 1979 อ้างถึงใน วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537) ในระหว่างการออกกำลังกายจะมีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากการระเหยของเหงื่อเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย แม้ว่าไตจะได้ทำหน้าที่ดูดน้ำกลับแล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่สามารถชดเชยได้เพียงพอ ถ้าออกกำลังกายท่ามกลางอากาศที่ร้อนและอบอ้าว อาจมีการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายได้มากถึง 3 ลิตร ดังนั้น ระหว่างการออกกำลังกาย

จำเป็นต้องดื่มน้ำให้เพียงพอเพื่อให้เซลล์กล้ามเนื้อทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์

ผลกระทบของการขาดน้ำและเกลือแร่ ต่อการแข่งขันกีฬา

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ (2537) อธิบายว่า ผลกระทบของการขาดน้ำและเกลือแร่ ต่อการแข่งขันกีฬา ดังนี้

1. ระบบการไหลเวียนเลือดบกพร่อง เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนให้แก่เซลล์กล้ามเนื้อ ประสิทธิในการระบายของเสียและความร้อนออกจากเซลล์ลดลง

2. ประสิทธิภาพในการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อลดลง

2.1 ถ้าเสียน้ำไปประมาณร้อยละ 2 ของน้ำหนักตัว (1-1.4 ลิตร) กล้ามเนื้อจะอ่อนล้าง่าย นักกีฬาไม่สามารถแข่งขันนาน ๆ ได้ และถ้าเสียน้ำไปมากกว่าร้อยละ 4 ของน้ำหนักตัว (2-2.8 ลิตร) สมรรถภาพจะลดลงอย่างชัดเจน

2.2 กล้ามเนื้อเป็นตะคริวง่าย กลไกการเกิดตะคริวยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าเป็นผลจากการที่ร่างกายขาดน้ำและเกลือแร่ร่วมกัน

3. ความดันเลือดลดลง มึนงง และเป็นลม ขณะแข่งขันได้ง่าย

4. ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนออกจากร่างกายลดลง อุณหภูมิร่างกายขึ้นสูงจนเกิดการเจ็บป่วยได้

การสูญเสียเหงื่อและองค์ประกอบของเหงื่อในนักกีฬา

ขณะออกกำลังกายจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายในร่างกายอย่างมากจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ ระหว่างที่ออกกำลังกายหนักปานกลาง (ร้อยละ 75 ของสมรรถภาพสูงสุด) จะมีความร้อนเกิดขึ้นประมาณ 1,000-1,500 กิโลแคลอรี ร้อยละ 80 ของความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะต้องระบายออกจากร่างกาย ในการระบายความร้อน 580 กิโลแคลอรี ต้องอาศัยการระเหยของเหงื่อประมาณ 1 ลิตร ดังนั้น ในการออกกำลังกายดังกล่าว จะเสียเหงื่อถึง 1-2 ลิตร ใน 1 ชั่วโมง เกลือแร่ที่สูญเสียออกไปพร้อมกับเหงื่อส่วนใหญ่จะเป็นโซเดียม อยู่ในรูปของสารละลายที่มีความเข้มข้นประมาณหนึ่งในสามของโซเดียมในพลาสมา จากการศึกษาพบว่านักกีฬาที่ได้รับการฝึกฝนมาเป็นอย่างดีการขับเหงื่อจะเกิดขึ้นเร็วและมีประสิทธิภาพดีขึ้น มีการสูญเสียโซเดียมไปกับเหงื่อน้อยกว่าคนปกติ การเสียเหงื่อในนักกีฬาส่วนใหญ่จึงเป็นการเสียน้ำมากกว่าโซเดียม นอกจากนี้ขณะออกกำลังกาย ไตยังเก็บกักโซเดียมไว้ได้มาก ร่างกายจึงไม่ขาดโซเดียม (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537)

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ (2537) อธิบายว่า ความจำเป็นในการให้น้ำ โซเดียม และกลูโคส ระหว่างออกกำลังกายว่า “น้ำเปล่าที่สะอาดและเย็น” เป็นสิ่งทดแทนที่ดีที่สุดสำหรับการเสียเหงื่อในการออกกำลังกาย ด้วยเหตุผลดังนี้

1. การเสียเหงื่อส่วนใหญ่เป็นการเสียน้ำ ร่างกายมีการสูญเสียโซเดียมไปน้อยมาก ระหว่างการออกกำลังกาย และไม่มีการสูญเสียโพแทสเซียม จึงไม่จำเป็นต้องทดแทนด้วยสารละลายเกลือแร่แต่อย่างใด ยกเว้นในกรณีที่เสียเหงื่อมากจากการออกกำลังกายท่ามกลางอากาศที่ร้อนและอบอ้าว อาจให้โซเดียมทดแทนในความเข้มข้นที่ไม่เกินร้อยละ 0.2

2. น้ำเย็นจะเคลื่อนผ่านกระเพาะอาหารลงสู่ลำไส้เล็กได้เร็ว จึงถูกดูดซึมได้เร็วกว่าน้ำอุ่น และยังช่วยลดอุณหภูมิร่างกายลงได้

3. การดื่มสารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 2.5 จะเคลื่อนตัวจากกระเพาะอาหารลงสู่ลำไส้เล็กได้ช้า ค้างอยู่ในกระเพาะอาหารนาน ทำให้เกิดความรู้สึกอิ่มนาน และดูดซึมช้า นอกจากนี้ สารละลายกลูโคสที่เข้มข้นมากจะมีการดูดซึม (Osmolarity) สูงจะดึงน้ำไว้ภายในลำไส้ ปิดกั้นการดูดซึมของน้ำให้ช้าลงอีก จึงดูเหมือนว่าจะเกิดผลเสียมากกว่าผลดี สารละลายเกลือแร่หรือน้ำอัดลมที่มีขายในท้องตลาด มักมีความเข้มข้นของกลูโคสมากกว่าร้อยละ 2.5 (น้ำอัดลมมีน้ำตาลประมาณร้อยละ 8-10) จึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการดื่มเพื่อทดแทนการเสียเหงื่อ ในกรณีที่ต้องการให้กลูโคสระหว่างออกกำลังกาย เช่น ระหว่างการวิ่งมาราธอน เตรียมได้โดยผสมผงกลูโคสประมาณ 5 ช้อนชา (25 กรัม) ลงในน้ำเย็น 1 ลิตร ก็จะได้สารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ร่างกายจะดูดซึมกลูโคสไปใช้ได้ เป็นการประหยัดไกลโคเจนไว้ใช้ได้นานขึ้นอีก ถ้าใช้น้ำอัดลมจะต้องเจือจางลงเป็น 1: 4 และไม่ควรใช้น้ำอัดลมที่มีแก๊สซึ่งจะทำให้เกิดอาการจุกเสียด หรือถ้าจะใช้น้ำผลไม้สดควรเจือจางลงเหลือ 1: 5 หรือ 1: 6

วิธีการให้น้ำในการออกกำลังกาย

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ (2537) อธิบายว่า ควรดื่มน้ำให้พอทั้งก่อน ระหว่าง และภายหลังการออกกำลังกาย เพื่อป้องกันการขาดน้ำซึ่งจะทำให้สมรรถภาพในการแข่งขันลดลง โดยมีวิธีการ ดังนี้

1. ก่อนออกกำลังกายประมาณ 20-30 นาที ควรดื่มน้ำเย็นที่สะอาดประมาณ 400-500 มิลลิลิตร ซึ่งกว่าน้ำจะผ่านจากกระเพาะลงสู่ลำไส้เล็กเพื่อถูกดูดซึมจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที และไม่ต้องเกรงว่าจะปวดปัสสาวะเพราะเมื่อเริ่มออกกำลังกายเลือดไหลเวียนไปยังไตจะลดลง ทำให้มีปัสสาวะออกน้อย ไม่ควรดื่มน้ำมาก ๆ ทันทีก่อนออกกำลังกาย เพราะจะทำให้จุกเสียดท้องและยังไม่ถูกดูดซึมจากลำไส้ด้วย

2. ระหว่างออกกำลังกาย ถ้าเป็นการแข่งขันที่ใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที ไม่จำเป็นต้องดื่มน้ำในระหว่างนี้ ให้ดื่มเมื่อการออกกำลังกายสิ้นสุดทันที แต่ถ้าเป็นการแข่งขันที่ใช้เวลานานกว่า 30 นาที เช่น การวิ่งระยะไกล การแข่งจักรยานระยะไกล หรือฟุตบอล นักกีฬาควรดื่มน้ำทดแทนเป็นระยะ โดยให้ดื่มครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดอาการจุกแน่น เช่น ให้ดื่มน้ำเย็นครั้งละ 200 มิลลิลิตร ทุก 15 นาที และเมื่อแข่งขันเสร็จให้ดื่มอีก 500 มิลลิลิตร

3. เมื่อการออกกำลังกายสิ้นสุด ปริมาณน้ำที่ควรดื่มทดแทนให้คำนวณดูจากน้ำหนักตัวที่หายไปในระหว่างการแข่งขัน น้ำหนักหายไปเท่าใดให้ดื่มเท่านั้น น้ำหนักที่ลดลงภายหลังออกกำลังกายส่วนใหญ่เป็นน้ำหนักของน้ำที่สูญเสียไปกับเหงื่อ เป็นน้ำหนักของไขมันน้อยมาก นักกีฬาควรชั่งน้ำหนักตัวทุกครั้ง ทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องดื่มทดแทน การชั่งน้ำหนักตัวเป็นระยะ ๆ จะเป็นการประเมินภาวะการขาดน้ำได้ดีที่สุด อาการกระหายน้ำเป็นตัวบ่งชี้ภาวะการขาดน้ำที่ไม่ดี เพราะจะมีอาการต่อเมื่อร่างกายขาดน้ำไปมากพอสมควร พบว่านักกีฬาหลายรายมีน้ำหนักตัวลดลงอย่างมาก เนื่องจากภาวการณ์ขาดน้ำโดยไม่มีการกระหายน้ำให้เห็นเลย

เครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการ

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ (2537) อธิบายว่า นักกีฬาควรเลือกดื่มแต่เครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งได้แก่

1. น้ำนม นมจืด 200 มิลลิลิตร มีโปรตีน 7 กรัม แคลเซียม 300 มิลลิกรัม
2. นมถั่วเหลือง (ไม่เจือน้ำตาล) 200 มิลลิลิตร มีโปรตีน 6.75 กรัม แคลเซียม 47 มิลลิกรัม
3. น้ำผลไม้สด เช่น น้ำส้มคั้นที่ไม่เจือน้ำตาลมากนัก มีวิตามินเอ วิตามินซี โพแทสเซียม และเกลือแร่ชนิดอื่น ๆ
4. เครื่องดื่มที่ใช้นมเป็นพื้นฐาน เช่น โกโก้ โอวัลติน ไมโล คุณค่าทางโภชนาการจะได้จากน้ำนมเป็นหลัก

ในปัจจุบันมีเครื่องดื่มหลายชนิดที่คนนิยมดื่มเพื่อบำรุงกำลัง หรือดื่มเพื่อทดแทนการเสียเหงื่อ ถ้าดูจากส่วนประกอบของเครื่องดื่มเหล่านั้น จะพบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการน้อยมากและไม่คุ้มกับราคา ตัวอย่างเช่น น้ำอัดลม 1 ขวด (290 มิลลิลิตร) ประกอบด้วยน้ำตาล ร้อยละ 10 คาเฟอีนร้อยละ 2 (เฉพาะเครื่องดื่มโคล่า) สารปรุงกลิ่น สี สารแต่งรส และสารกันบูด ซึ่งให้คุณค่าทางโภชนาการจากน้ำตาลเพียง 120 กิโลแคลอรี เท่านั้น ส่วนเครื่องดื่มชูกำลัง 1 ขวด (100 มิลลิลิตร) จะประกอบด้วยน้ำตาล 2 กรัม กาเฟอีน 50-100 มิลลิกรัม วิตามินบี (จำนวน

เล็กน้อย) อิโนซิทอล (Inositol ซึ่งเป็นสารที่ร่างกายสังเคราะห์เองได้จากโปรตีน) กลูโคโนแล็กโทน และทอรีน (Gluconolactone, Taurine ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมทาโบลิซึ่มของกรดอะมิโนและน้ำตาล) กรดมะนาวเพื่อแต่งกลิ่น ซึ่งจะให้พลังงานจากน้ำตาลเพียง 8 กิโลแคลอรี เท่านั้น (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537)

การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย (Recovery after exercise)

ช่วงการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย (Recovery period)

ระยะเวลาในการฟื้นตัว (Recovery period) หมายถึง ช่วงเวลาหลังจากการออกกำลังกายสิ้นสุดลง เป็นระยะเวลาที่ผู้ออกกำลังกายใช้เวลาสำหรับการจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ต่อร่างกาย (Oxygen debt) ออกซิเจนจำนวนนี้ใช้สำหรับจ่ายคืนออกซิเจนที่ร่างกายควรจะได้รับขณะออกกำลังกาย แต่เนื่องจากมีขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับเข้าไปได้ทันจึงจำเป็นต้องยอมเป็นหนี้ไว้ก่อน ดังนั้น ในขณะออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนหนึ่งแต่ไม่สามารถรับเข้าไปได้เพียงพอทำให้ออกซิเจนขาดหายไป นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายเรียกปริมาณของออกซิเจนที่ขาดหายไปในการออกกำลังกายนี้ว่า “ออกซิเจนดิฟิซิท” (Oxygen deficit) ซึ่งจะต้องมีการจ่ายคืนในช่วงการฟื้นตัว (Recovery period) (ประทุม ม่วงมี, 2527)

Quinn et al. (2008 อ้างถึงใน อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555) ได้อธิบายว่า นักกีฬาส่วนใหญ่ทราบกันว่าการที่ร่างกายได้รับการพักผ่อนอย่างเพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นต่อสมรรถภาพของร่างกาย ในขณะเดียวกันร่างกายจะมีทั้งการซ่อมแซมและเสริมสร้างความแข็งแรงไปพร้อมกันในช่วงออกกำลัง การฝึกอย่างต่อเนื่องจึงทำให้นักกีฬารู้สึกอ่อนเพลีย โดยนักสรีรวิทยาและนักจิตวิทยา ให้เหตุผลว่ามีเหตุผลหลายประการที่จำเป็นต้องให้นักกีฬามีการพักเพื่อจะให้มีการซ่อมแซมและเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ ระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกายยังช่วยให้ร่างกายเติมพลังงานและซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บอันเนื่องมาจากขณะออกกำลังหรือร่างกายทำงาน เป็นเหตุให้เกิดการสลายของเนื้อเยื่อและการพร่องไปของไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อ รวมทั้งการสูญเสียน้ำอีกด้วย

Viru (1995 อ้างถึงใน อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555) อธิบายว่า ระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย หมายถึง ระยะการหยุดการหดตัวของกล้ามเนื้อ แต่ไม่เลิกกิจกรรมการทำงานและการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ผู้ออกกำลังกายใช้เวลาสำหรับการจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ต่อร่างกาย (Oxygen debt) โดยจะใช้เวลาในระยะนี้แตกต่างกันแต่ละบุคคล โดยหน้าที่หลักของระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ประกอบด้วยการเปลี่ยนการทำงานของร่างกาย

ฟื้นตัวจากระดับการออกกำลังกายไปสู่ระดับปกติ หรือระยะพักการชดเชยพลังงานและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเนื้อเยื่อ การฟื้นฟูการทำงานของระบบโครงสร้างของเซลล์และเอนไซม์ รวมถึงการรักษาสมดุลต่าง ๆ ของร่างกายให้กลับคืนสู่ปกติ เป็นต้น นอกจากนี้ Fox and Mathews (1985 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) ได้อธิบายถึงระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับกระบวนการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายที่ต่ำสุดและสูงสุดในการออกกำลังจนหมดแรง (Exhaustive exercise)

กระบวนการฟื้นตัว (Recovery process)	**ระยะเวลาของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย** (Suggested recovery time)	
	ต่ำสุด (Minimum)	**สูงสุด** (Maximum)
การซ่อมแซมและฟื้นฟูของกล้ามเนื้อ (Restoration of muscle)	2 นาที	5 นาที
การเติมแหล่งเก็บของฟอสฟาเจน (เอทีพี + พีซี) (Phosphagen store: ATP + PC)	3 นาที	5 นาที
การจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ระยะแรก (Repayment of the alactacid O_2 debt complement)	10 ชั่วโมง (ภายหลังการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง)	46 ชั่วโมง
การสร้างและการสังเคราะห์ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen resynthesis)	5 ชั่วโมง (ภายหลังการออกกำลังกายที่มีเวลาพัก หรือไม่ต่อเนื่อง)	24 ชั่วโมง
การเติมไกลโคเจนในตับ (Liver glycogen replenishment)	ไม่แน่ชัด	12-24 ชั่วโมง
การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อ (Removal of lactic acid from blood and muscle)	30 นาที (ช่วงออกกำลังเบา ๆ) (Exercise-Recovery)	1 ชั่วโมง

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

กระบวนการฟื้นตัว (Recovery process)	ระยะเวลาของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย (Suggested recovery time)	
	ต่ำสุด (Minimum)	**สูงสุด** (Maximum)
การจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ระยะหลัง (Repayment of the lactacid O_2 debt component)	30 นาที	1 ชั่วโมง
การสร้างแหล่งเก็บออกซิเจนขึ้นใหม่ (Restoration of O_2 stores)	10-15 วินาที	1 ชั่วโมง

การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสีย คือกรดแลคติก ไฮโดรเจนอิออน และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย Foss and Keteyian (1998 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) รายงานว่า จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพักภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกประมาณร้อยละ 95 โดยการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากเลือดและกล้ามเนื้อจะทำได้เร็วขึ้นในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น พบว่าถ้ามีการออกกำลังกายเบา ๆ แทนที่จะให้พักอยู่เฉย ๆ จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อเกิดได้เร็วขึ้น การออกกำลังกายเบา ๆ นี้เรียกว่า “การฟื้นตัวโดยการออกกำลังกาย” (Exercise recovery) หรือ “การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว” (Active recovery) ซึ่งจะมีวิธีการเหมือนกับการคลายอุ่นร่างกาย (Cool down) ซึ่งจะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถฟื้นสภาพจากอาการเมื่อยล้าได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันยังช่วยลดสภาวะที่อาจจะนำไปสู่การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเอ็นและข้อต่อในระหว่างการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกาย โดยความหนักของการออกกำลังกายอยู่ที่ร้อยละ 30-45 ของ V□O_2max จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดได้เร็วที่สุด ซึ่งเทียบได้กับอัตราการเต้นชีพจรสูงสุดที่ร้อยละ 35-59 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (American College of Sports Medicine, 2000 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) แต่ถ้าความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวมากกว่าร้อยละ 60 ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดได้น้อยกว่าการพักเฉย ๆ

ศิริพร ทองศิริ (2530 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ทำการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาของการฟื้นตัวและปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ ภายหลังจากการออกกำลังกาย ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาชาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร อายุ 20-21 ปี จำนวน 15 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายโดยการพักเฉย ๆ กับการพักแบบไม่หยุดนิ่งด้วยการปั่นจักรยานเบา ๆ และการก้มเงย โดยให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานวัดงานติดต่อกันนาน 6 นาที ที่อัตราการเต้นของหัวใจ 170 ครั้งต่อนาที แล้วให้หยุดพักดูระยะเวลาในการฟื้นตัวจากการทดลอง 3 วิธี คือ การพักเฉย ๆ การพักโดยปั่นจักรยานเบา ๆ และการพักโดยการก้มเงย โดยเก็บตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์หาระดับกรดแลคติกในเลือดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว ผลการทดลองพบว่าระยะเวลาในการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธี มีความแตกต่างกัน ระยะเวลาในการฟื้นตัวโดยวิธีการปั่นจักรยานเบา ๆ น้อยที่สุด รองลงมาเป็นของวิธีการก้มเงย และวิธีการนั่งพักเฉย ๆ ใช้เวลามากที่สุด โดยปริมาณของกรดแลคติกในเลือดของการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Choi et al. (1994 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ทำการศึกษาผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมและแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีต่อการสร้างไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกาย ต่อจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก เป็นเวลา 15 นาที เปรียบเทียบกับการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมโดยใช้การเคลื่อนไหวเป็นจังหวะการปั่นจักรยานหรือกิจกรรมที่มีความต่อเนื่อง ผลการทดลองพบว่าการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมสามารถที่จะสร้างไกลโคเจนในกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ได้เร็วกว่าการฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก

ดังนั้นการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของของเสีย (Waste products) คือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนอิออน (H^+) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างออกกำลังกาย (Creatine phosphate, Glycogen และ Lipid) ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการออกกำลังกาย ความหนักในการออกกำลังกาย และวิธีที่ใช้ในการฟื้นตัว การออกกำลังกายเบา ๆ ที่ความหนักร้อยละ 35-55 ของ V□O_2max จะใช้เวลาในการฟื้นตัวน้อยกว่า 1 ชั่วโมง ในผู้ที่มีสุขภาพดีได้รับการฝึกกีฬาและออกกำลังกายสม่ำเสมอจะใช้ความหนักที่ร้อยละ 50 ของ V□O_2max และถ้าออกกำลังกายที่ความหนักมากกว่าร้อยละ 60 ของ V□O_2max อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจะน้อยกว่าการให้พักธรรมดา (Rest recovery) นอกจากนี้ การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายยังขึ้นอยู่กับอาหารที่รับประทานด้วย ซึ่งสิ่งที่สามารถบอกได้ว่าร่างกายมีการฟื้นตัวหรือไม่ สามารถดูได้จากอัตราการ

เต้นของหัวใจ ความรู้สึกของตัวนักกีฬาในขณะนั้น เปรียบเทียบกับในขณะพัก ระดับของกรดแลคติกในเลือด (Robert & Scott, 1997 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้อธิบายว่า จะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพัก (Rest recovery) ภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง ในช่วงระหว่างการออกกำลังกายถ้าผู้ออกกำลังกาย ออกกำลังกายเบา ๆ แทนการพักอยู่เฉย ๆ จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปจากเลือดและกล้ามเนื้อได้เร็วขึ้น เรียกว่า “การฟื้นตัวโดยออกกำลังกาย” (Exercise recovery) ความหนักของการออกกำลังกายที่ร้อยละ 30-45 ของ V□O_2max จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดได้เร็วที่สุด และในผู้ที่ได้รับการฝึกมาดีจะใช้ความหนักในการออกกำลังกายที่ร้อยละ 50-65 ของ V□O_2max นอกจากนี้ กรดแลคติกส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสหรือไกลโคเจน และถูกออกซิเดชั่น เปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติกสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้เมื่อมีออกซิเจน คือจะเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิกแล้วจึงเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

$$C_3H_6O_3 \quad C_3H_4O_3 + 3O_2 \quad 3CO_2 + 3H_2O + \text{พลังงาน}$$

(กรดแลคติก) (กรดไพรูวิก) (น้ำ)

$$\text{พลังงาน} + 16\ ADP + 16\ Pi \quad 16\ ATP$$

สรุปได้ว่า การฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย (Recovery period) หมายถึง ช่วงเวลาหลังจากการออกกำลังกายสิ้นสุดลง เป็นระยะเวลาที่ผู้ออกกำลังกายใช้เวลาสำหรับการจ่ายคืนออกซิเจน ที่เป็นหนี้ต่อร่างกาย (Oxygen debt) โดยการจ่ายคืนหนี้ออกซิเจนในระยะแรก (Alactacid) เป็นการจ่ายอย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาการจ่ายเพียง 4 นาที ออกซิเจนที่จะนำไปจ่ายคืนในระยะนี้นำไปใช้สำหรับการสังเคราะห์ฟอสโฟครีเอติน (Phosphocreatin) กลับคืนพร้อมกับนำไปทดแทนออกซิเจนที่ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) มายโอโกลบิน (Myoglobin) และของเหลว ในร่างกาย ส่วนการจ่ายคืนหนี้ออกซิเจนในระยะหลัง (Lactacid) อาจใช้เวลาถึง 1 ชั่วโมง ในคนที่ไม่ฟิตออกซิเจนที่ถูกจ่ายในช่วงเวลานี้ร่างกายใช้สำหรับเผาผลาญของเสียหรือสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในขณะออกกำลังกาย เช่นการเผาผลาญกรดแลคติกและ ฮอร์โมนอิพิเนฟริน (Epinephrine hormone) (อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

นอกจากนี้ นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายยังเห็นว่า การฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายเป็นการที่จะช่วยให้ร่างกายได้พัก (Rest) เพื่อให้ร่างกายได้ชดเชยพลังงานและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของเนื้อเยื่อ การรักษาสมดุลต่าง ๆ ของร่างกายให้กลับคืนสู่ปกติ รวมทั้งการฟื้นฟูการทำงานของระบบโครงสร้างของเซลล์และเอนไซม์ต่าง ๆ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกายสำหรับในการแข่งขันหรือออกกำลังกายในครั้งต่อ ๆ ไป (อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

การชดเชยพลังงานในระยะการฟื้นตัว

ATP-PC สร้างขึ้นใหม่ร้อยละ 75 ในเวลา 60 วินาที และครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 5 นาที สอดคล้องกับชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ที่อธิบายว่าระยะเวลาพัก 4 นาที ชดเชยพลังงานเอทีพีได้ร้อยละ 90 และเมื่อมีการพักมากกว่า 5 นาที ร่างกายจะชดเชยพลังงานเอทีพีครบ 100 เปอร์เซ็นต์ การสร้างไกลโคเจน ขึ้นใหม่ การออกกำลังกายตลอดเวลาแต่ไม่หนัก ไกลโคเจน (Glycogen) จะถูกใช้ไปมากกว่า 2 เท่า ของที่ใช้ในการออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ จึงต้องการเวลาน้อยกว่าในการสร้างไกลโคเจนขึ้นใหม่ สารอาหารที่เป็นต้นตอในการสร้างไกลโคเจน เช่น กลูโคส กรดแลคติก ไพรูวิก มีจำนวนน้อยกว่า เพราะถูกใช้มากจากการออกกำลังกาย ส่วนการออกกำลังกายแบบเป็นช่วงนั้นสารต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่ลดลง ดังนั้น การสร้างไกลโคเจนจึงสามารถเริ่มได้เร็วกว่า และการสังเคราะห์ไกลโคเจนในเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวเร็วนั้นจะทำได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้า ในการออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ จะใช้กล้ามเนื้อที่หดตัวเร็วมากกว่า ดังนั้น จึงสังเคราะห์ไกลโคเจนได้เร็วกว่า ประทุม ม่วงมี (2527) อธิบายว่า ออกซิเจนถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อใช้ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

1. ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (Minute ventilation) เมื่ออากาศเข้าสู่ปอดมากไม่ว่าจะเป็นเพราะในขณะออกกำลังกายหรือการที่มีความจุปอด (Vital capacity) เพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันของออกซิเจนภายในปอดมีมากขึ้น การฟุ้ง การกระจายและการไหลของก๊าซสู่ระบบการไหลเวียนสะดวกยิ่งขึ้นทำให้อากาศออกซิเจนเข้าสู่ภายในเซลล์มากขึ้น

2. ความสามารถของเลือดที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ตัวการสำคัญในการจับออกซิเจนเข้าสู่กระแสเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) หากมีจำนวนมากสามารถพาออกซิเจนไปใช้ได้มาก

3. ความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อ หมายถึง ความจำเป็นที่จะต้องสร้างพลังงานโดยใช้ออกซิเจนในกิจกรรมที่ต้องออกแรงติดต่อกันเป็นเวลานาน ร่างกายใช้ออกซิเจนไปมากจึงต้องมีการนำเอาออกซิเจนจากบรรยากาศมาทดแทนออกซิเจนที่เสียไป

4. ปริมาณเลือดที่ฉีดออกจากหัวใจมากเท่าใดการใช้ออกซิเจนก็จะมากไปด้วย วิธีวัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดที่ดีที่สุด คือ การวัดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดโดยตรง ซึ่งแม่นยำและวัดได้ถูกต้องโดยการให้ผู้รับการทดสอบทำงานหนักจนเกิดหนี้ออกซิเจนสูงสุดแล้วพิจารณาค่าสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุด

วิธีการฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกายมีความสำคัญเช่นเดียวกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย หากนักกีฬาสามารถฟื้นตัวได้รวดเร็วประสิทธิภาพในการทำงานก็จะดีขึ้น

วิทยา เลาหกุล (2546 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ที่อธิบายว่า หลังการออกกำลังกายอย่างหนักสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง คือจะต้องฟื้นฟูสภาพร่างกายโดยเร็ว ยิ่งการฟื้นฟูมีประสิทธิภาพมากเท่าไหร่ความเมื่อยล้าก็จะมีโอกาสลดลงเท่านั้น และ ATP PC ที่สำรองไว้จะต้องได้รับการเติมทันที ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นในการเติม ATP PC ระหว่างการทำงานหนักถ้าออกซิเจนในกล้ามเนื้อมีมากจะทำให้ ATP PC มีมากด้วย นักกีฬาจะทำงานได้ยาวนานขึ้น เวลาฟื้นฟูสภาพร่างกายหลังทำงานหนักก็จะสั้นลง การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสียคือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนอิออน และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ระหว่างการออกกำลังกาย ถ้าระบบออกซิเจนดีการเป็นหนี้ของออกซิเจน (Oxygen debt) ก็สามารถจ่ายคืนได้เร็วและระบบฟอสเฟสก็จะคืนมาเหมือนเดิม ระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวนั้นขึ้นอยู่กับความหนัก และระยะเวลาในการออกกำลังกาย รวมทั้งวิธีที่ใช้ฟื้นตัว โดยปกติจะใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวอย่างน้อย 1 ชั่วโมง สำหรับผู้ที่ได้รับการฝึกซ้อมหรือมีการออกกำลังกายสม่ำเสมอ ความหนักที่เหมาะสมที่ใช้ในการฟื้นสภาพ คือร้อยละ 50-65 ของ $V\square O_2max$ (Gisolfi et al., 1966 อ้างถึงใน อาริสร์ กาญจนศิลานนท์, 2552) เมื่อออกกำลังกายเสร็จสิ้นถ้ามีการออกกำลังกายเบา ๆ แทนการนั่งพักอยู่เฉย ๆ จะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกเร็วขึ้น สำหรับการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก (Rest recovery) ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 25 นาที เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ออกไปครึ่งหนึ่ง ซึ่งหมายความว่าประมาณร้อยละ 95 ของกรดแลคติกจะถูกเคลื่อนย้ายภายใน 1 ชั่วโมง 15 นาที (Hermansen et al., 1975 อ้างถึงใน อาริสร์ กาญจนศิลานนท์, 2552)

Karpovich (1953 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) อธิบายว่า การชดเชยออกซิเจนที่เป็นหนี้แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ การฟื้นตัวใน 2-3 นาทีแรก อัตราการใช้ออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว เรียกว่า “อแลกตาซิด คอมโพเนน” (Alactacid component) หลังจากนั้น จะลดลงอย่างช้า ๆ เรียกว่า “แลคตาซิด คอมโพเนน” (Lactacid component) ในช่วงนี้จะใช้ออกซิเจนเพื่อการ

ขนย้ายกรดแลคติกที่อยู่ในกล้ามเนื้อและเลือดออกมา ส่วนในช่วงแรกนั้นจะใช้ออกซิเจนเพื่อเพิ่ม Myoglobin และ Hemoglobin ที่สูญเสียไปให้กลับมาใช้ในกระบวนการหายใจและกล้ามเนื้อหัวใจ และใช้ในกระบวนการสร้าง ATP PC และไกลโคเจน

รูปแบบต่าง ๆ ของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายมีหลายรูปแบบ เช่น การนั่ง การเดิน การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การใช้ความเย็น การนวด การปั่นจักรยาน และการซาวน่า เป็นต้น จะช่วยเพิ่มอัตราการฟื้นสภาพให้เร็วขึ้น เนื่องจากการออกกำลังกายจะช่วยเพิ่มการกำจัดของเสียในกล้ามเนื้อที่อ่อนล้า และช่วยขนส่งสารอาหารและออกซิเจนไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งจะช่วยเพิ่มกระบวนการปรับชดเชยให้เร็วขึ้น (เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

Fox and Mathews (1981 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ได้อธิบายว่าการออกกำลังกายเบา ๆ ในระยะการฟื้นตัว (Exercise recovery) ใช้เวลาในการฟื้นตัว 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง แต่ถ้าใช้ในการพักผ่อนในระยะฟื้นตัวนาน 1 ถึง 2 ชั่วโมง

การฟื้นตัวโดยการนั่งพักเฉย ๆ

การนั่งเป็นการฟื้นสภาพร่างกายที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยจะเป็นการให้ระบบต่าง ๆ มีการฟื้นสภาพตามธรรมชาติ เป็นการลดการทำงานของร่างกายลงอย่างฉับพลัน โดยหลังจากที่ร่างกายมีการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงแล้วเมื่อนั่งพักร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพร่างกาย เช่น การสังเคราะห์เอทีพี (ATP) หรือการกำจัดของเสีย เช่น กรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด (พิชิต ภูติจันทร์, 2535 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว เช่น การเดิน วิ่งเหยาะ และปั่นจักรยาน เป็นต้น

การเดินเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวที่นักกีฬานำมาปฏิบัติหลังการฝึกซ้อม เป็นวิธีการออกกำลังกายโดยการก้าวเท้าไปข้างหน้าอย่างมีจังหวะโดยที่เท้าทั้งสองข้างจะต้องมีส่วนติดกับพื้นตลอดช่วงก้าวเป็นลักษณะการเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ การเดินเป็นวิธีการทำให้ร่างกายฟื้นสภาพได้เร็วอีกวิธีหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องมาจากการเดินเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการฟื้นสภาพร่างกายได้เร็วขึ้น ช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือด ทำให้มีการนำเลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันยังช่วยเร่งการขับถ่ายหรือการเคลื่อนย้ายของเสียต่าง ๆ ออกจากร่างกาย (เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

พรพล พิมพาพร (2547 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ได้ศึกษาผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่วิ่งระหว่างเซต ที่มีต่อระบบกรดแลคติกในเลือด

ระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน ได้กล่าวภายหลังว่าการเดินบนลู่กลมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้ดีและการเดินบนลู่กลสามารถเปลี่ยนเป็นการเดินบนพื้นธรรมดาได้ ดังที่ ชูศักดิ์ เวชแพทย์และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ได้อธิบายว่าพลังงานที่ใช้ในการเดินบนลู่กล ไม่แตกต่างกับการเดินบนพื้นราบธรรมดา

ณธพล ทองธนภัทร (2553) ที่ศึกษาผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด โดยเปรียบเทียบผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลของทีม สพล.กรุงเทพ-สนั่นรักษ์ เพศชาย จำนวน 20 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ทำการทดลองทั้งสิ้น 4 วัน ซึ่งแต่ละวันมีระยะเวลาห่างกัน 48 ชั่ว โมง ก่อนทำการทดลอง ให้กลุ่มตัวอย่างทำการชั่งน้ำหนักตัว อบอุ่นร่างกาย 15 นาที นั่งพัก 5 นาที จากนั้นทำการทดสอบ Running based anaerobic sprint test (RAST) ครั้งที่ 1 เพื่อหาค่าพลังอนากาศนิยมและค่าสมรรถภาพอนากาศนิยม ภายหลังการทดสอบทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการฟื้นตัวเป็นเวลา 60 วินาที ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทั้ง 4 แบบ คือ การนั่ง การเดิน การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการประคบด้วยความเย็น จากนั้นทำการทดสอบ RAST ครั้งที่ 2 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำมิติเดียว (One-way ANOVA with repeated measure) โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทำการเปรียบเทียบรายคู่ ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ผลการวิจัยพบว่า การฟื้นตัวโดยวิธีการเดินมีแนวโน้มการฟื้นตัวดีที่สุดในการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ และการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพอากาศนิยม ดังนั้น นักกีฬาหรือผู้ฝึกสอนจึงควรนำวิธีการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมต่อการฟื้นตัวขณะฝึกซ้อมหรือแข่งขันที่มีช่วงพักสั้น ๆ โดยเฉพาะในกีฬาที่ต้องใช้ความสามารถในด้านพลังระเบิด หรือความเร็วแบบอดทน

มนต์ชัย อินทเรือง (2551) ทำการศึกษาผลของการพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และการเดินจงกรมที่มีต่อกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย มหาวิทยาลัยทักษิณ อายุ 19-21 ปี จำนวน 12 คน ให้ออกกำลังกายจนถึงระดับความสามารถสูงสุด จากนั้นทำการฟื้นสภาพภายหลังการออกกำลังกาย ผลการวิจัยพบว่า การเดินจงกรมมีค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมากกว่าวิธีอื่น การวิ่งเหยาะเป็นการพักอย่างมีกิจกรรมหรือการออกกำลังกายเบา ๆ ซึ่งเป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่ผู้ฝึกสอนนิยมนำมาให้นักกีฬาปฏิบัติหลังจากการฝึกซ้อม เป็นกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายเบา ๆ ต่อเนื่องทำให้ระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดมีการทำงานอยู่ตลอด เวลาร่างกายสามารถนำออกซิเจนเข้าไปสู่กล้ามเนื้อเพื่อ

ผลิตเป็นพลังงานในการทำงานและยังช่วยขนย้ายของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อออกไป (เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

สนธยา สีละมาด (2547 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ได้อธิบายว่า เป็นกิจกรรมที่ช่วยขจัดกรดแลคติกได้ร้อยละ 62 ในช่วงเวลา 10 นาทีแรก และเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 26 ระหว่างการวิ่งที่ 10 ถึง 20 นาที เพราะฉะนั้น จะเป็นผลดีถ้านักกีฬามีการออกกำลังกายเบา ๆ ระหว่างพักหลังการออกกำลังกายอย่างหนักสามารถลดกรดแลคติกได้ สอดคล้องกับเจริญ กระบวนรัตน์ (2538 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ได้อธิบายว่าการวิ่งเหยาะภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักเป็นวิธีหนึ่งจะช่วยกำจัดแลคติกได้โดยเฉพาะ 10 นาทีแรก หลังจากเสร็จสิ้นการออกกำลังกาย

สอดคล้องกับบุญสิตา สายวุฒิกุล (2554) ที่ทำการศึกษาผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว ต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตซอลชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 12 คน มีอายุระหว่าง 18-22 ปี โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบ Random order cross over design ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายโดยปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองช่วงละ 5.30 นาที ครั้งละ 3 ช่วง พักระหว่างช่วง 5.30 นาที รวมทั้งหมด 4 ครั้ง ขณะพักระหว่างช่วงให้ทำการฟื้นตัวด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งใน 4 วิธี โดยสุ่มเลือก ดังนี้

1. การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน
2. การให้ออกซิเจน
3. การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน
4. การนั่งพัก

ทั้งนี้ เว้นระยะเวลาสำหรับทำการทดลองแต่ละครั้งอย่างน้อย 2 วัน ทำการบันทึกค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ ความเร็วในการวิ่ง และความแม่นยำในการส่งบอล ภายหลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองทั้ง 3 ช่วง และภายหลังการพักระหว่างช่วงเพื่อฟื้นตัว คำนวณค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของตัวแปรต่าง ๆ กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการพักเพื่อการฟื้นตัวด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และอัตราการเต้นของหัวใจ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกรดแลคติกในเลือดภายหลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองช่วงที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการฟื้นสภาพของ

ความเร็ว ในการวิ่งภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีค่ามากที่สุด และความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอลภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีค่ามากที่สุด

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อขณะมีการยืดเหยียด เมื่อมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อตัวรับความรู้สึก (Proprioceptives) ในแต่ละปลายประสาทจะทำหน้าที่ถ่ายทอดรายละเอียดการเคลื่อนไหวของร่างกายไปยังระบบประสาทส่วนกลางและเป็นตัวส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของร่างกายไปยังระบบประสาทและป้องกันการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งพบได้ที่ปลายของเส้นประสาทของแต่ละข้อต่อ กล้ามเนื้อและเอ็นของกล้ามเนื้อ ขณะที่มีการยืดเหยียดจะมีประสาทที่จะคอยยับยั้ง การเคลื่อนไหวซึ่งอยู่ที่เอ็นยึดกล้ามเนื้อใกล้กับปลายของเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งเรียกว่า “ตัวรับรู้การยืดเหยียด” (Golgi tendon organ) และ “ตัวรับความรู้สึกแรงกด” (Pacinian corpuscle) จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหว ตัวรับรู้การยืดเหยียด (Golgi tendon organ) จะรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของความตึงเมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดเหยียดซึ่งจะเกิดความตึงที่เอ็นกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อมีการยืดเหยียดจะเป็นหน้าที่ของตัวรับรู้การยืดเหยียดซึ่งจะบันทึกการเปลี่ยนแปลงในความยาวและความเร็วและส่งสัญญาณไปยังประสาท ซึ่งจะเป็นตัวนำข้อมูลรีเฟล็กซ์ยืดขัดขวางการเปลี่ยนในความยาวของกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุทำให้กล้ามเนื้อหดตัว เพื่อจะช่วยรักษาสภาพความตึงของกล้ามเนื้อและป้องกันการบาดเจ็บของร่างกาย โดยขณะกล้ามเนื้อมีการหดตัวซาร์โคเมียร์ (Sarcomere) จะหดตัวก่อให้เกิดการซ้อนทับกันเพิ่มขึ้นระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหนาคือ มัยโอซินฟิลาเมท (Myosin filament) และเอคตินฟิลาเมท (Actin filament) แต่ขณะที่มีการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น จะทำให้การซ้อนกันของเส้นใยมัยโอซินฟิลาเมท (Myosin filament) และเอคตินฟิลาเมท (Actin filament) ลดลงซึ่งจะส่งผลให้กล้ามเนื้อเหยียดยาวออก ดังนั้น ในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะต้องเป็นไปอย่างช้า ๆ และค้างการยืดเหยียดในช่วงเวลานานและค้างไว้ในตำแหน่งที่ถูกยืดเหยียด ตัวรับรู้การยืดเหยียดจะลดการส่งสัญญาณประสาทไปยังระดับไขสันหลัง รีเฟล็กซ์เป็นผลมาจากการทำงานของรีเซปเตอร์ (Receptor) ภายในกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดโดยทันที ในทางกลับกันการยืดอย่างช้า ๆ จะไม่กระตุ้นรีเฟล็กซ์ยืด การปฏิบัติในการฝึกซ้อมการยืดเหยียดจะต้องค่อย ๆ ปฏิบัติเพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมได้ (สนธยา สีละมาด, 2547 อ้างถึงใน ภัทริศวร์ ดำเสน, 2552) Michael (1998) และ Robert (1993 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) ได้แบ่งการยืดเหยียดกล้ามเนื้อออกเป็น 4 วิธี คือ

1. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ด้วยตนเอง (Static stretching) เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการทำแบบเบา ๆ ยืดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ และให้ยืดจนถึงช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหวจนไม่สามารถเคลื่อนไหวต่อไปได้อีก หรือยืดจนถึงจุดที่มีอาการตึงของกล้ามเนื้อและค้างไว้ในท่านั้น ๆ ประมาณ 10-30 วินาที จึงกลับสู่ท่าเดิมแล้วผ่อนคลายกล้ามเนื้อ แล้วจึงปฏิบัติในครั้งต่อไปหลาย ๆ ครั้ง วิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่นี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะสามารถทำได้ง่ายปลอดภัย ไม่จำกัดสถานที่ สามารถทำได้ด้วยตนเอง

2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (Dynamic stretching, ballistic stretching) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ไม่มีการหยุดอยู่กับที่ เป็นการปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน เคลื่อนไหวเป็นจังหวะโดยให้มีการกระแทกแล้วกระดอนกลับ จังหวะการเคลื่อนไหวเร็ว ใช้แรงมากกว่าการยืดเหยียดแบบอยู่กับที่และทำในช่วงสั้น ๆ ใช้การเคลื่อนไหวของลำตัวหรือแขนขาเพื่อเป็นแรงช่วยในการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว เช่น การกระโดดแยกขา การเหวี่ยงแขน เป็นต้น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่นี้เป็นที่นิยมกันพอสมควรแต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติจะต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดีเพราะการปฏิบัติซ้ำ ๆ กันหลายครั้งอาจทำให้กล้ามเนื้อยืดมากเกินไป ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ ดังนั้น ควรจะปฏิบัติหลังจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ เพื่อให้ร่างกายได้รับการกระตุ้นเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อและข้อต่อก่อน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้

3. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบใช้แรงภายนอกมากระทำ (Passive stretching) เป็นวิธีการที่ผู้ถูกกระทำไม่ต้องเคลื่อนไหวด้วยตนเอง ใช้แรงภายนอกมากระทำ หรืออาจเป็นเครื่องมืออุปกรณ์มาช่วยกระทำให้กล้ามเนื้อและข้อต่อยืดได้มากขึ้น เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว เช่น อาการหัวไหล่ติด งอเข่าไม่ได้ เป็นต้น ในนักกีฬาจะใช้เมื่อต้องการยืดกล้ามเนื้อในช่วงการเคลื่อนไหวที่มากกว่าปกติแต่อาจเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Propioceptive neuromuscular facilitation) เป็นเทคนิคที่มีการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท โดยกระตุ้นผ่านทางระบบประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ สามารถเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหว นิยมใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาของระบบประสาทที่มาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อผิดปกติ ถูกนำมาใช้ครั้งแรกโดยนักกายภาพบำบัดหรือแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

ประโยชน์ของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

แม้เทคนิคการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน แต่วิธีที่เหมาะสมและนิยมใช้กันมากที่สุด คือ วิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ซึ่งมีผลต่อร่างกาย ดังนี้

1. กล้ามเนื้อเกิดการคลายตัวเนื่องจากความตึงตัวลดลง

2. เพิ่มช่วงกว้างในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและข้อต่อ

3. ช่วยให้มีการประสานงานกันระหว่างกล้ามเนื้อและระบบประสาทดีขึ้นกล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วและราบเรียบทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างสะดวกและคล่องตัวขึ้น

4. ช่วยให้การไหลเวียนเลือดสะดวกขึ้น

5. เพิ่มการกระตุ้นปลายประสาทบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ที่คอยบอกช่วงและทิศทางที่ข้อต่อเคลื่อนไหว โดยเฉพาะปลายประสาทที่พันอยู่รอบ ๆ ใยกล้ามเนื้อ (Spindle) และปลายประสาทที่อยู่บริเวณเอ็นที่ยึดระหว่างกล้ามเนื้อและกระดูก (Golgitendon organ) ซึ่งจะมีผลในการเปลี่ยนแปลงความยาวและความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้ประสาทสามารถควบคุมช่วงกว้างในการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากการยืดเหยียดมากเกินไปของกล้ามเนื้อ

พรรณวัตร ไกรวงศ์ (2549) ที่ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการซาวน่าที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย ของโรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร ประจำปีการศึกษา 2548 ที่มีอายุระหว่าง 13-15 ปี จำนวน 80 คน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ในขณะพักระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกจากโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการซาวน่าไม่แตกต่างกัน

2. ในช่วงก่อนได้รับการฟื้นตัวระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกจากโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการซาวน่าไม่แตกต่างกัน

3. ในช่วงหลังได้รับการฟื้นตัวระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกจากโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการซาวน่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำจะมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกน้อยกว่าการซาวน่า

พรพล พิมพาพร (2547) ศึกษาผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการเดินบนลู่วิ่งกลระหว่างเซตที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเพศชาย มหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 15 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ทำการฝึกด้วยแรงต้านในท่า Knee extension ที่ความหนัก 10 RM จำนวน 10 ครั้ง 3 เซต พักระหว่างเซต 4 นาที ช่วงเวลาพักให้ทำการฟื้นสภาพด้วยการนั่งพัก ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดิน

บนลู่วิ่งกล หลังจากนั้นทำการเจาะกรดแลคติก ผลการวิจัยพบว่า การฟื้นตัวด้วยการเดินบนลู่วิ่งกลสามารถลดกรดแลคติกได้มากที่สุด

นิดา รัตนครอง (2549) ที่ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาแบดมินตันและเทนนิส เพศชาย อายุระหว่าง 12-16 ปี ที่เข้ารับการฝึกพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่ชมรมกรีฑา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 44 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 11 คน ฝึกโปรแกรมยืดเหยียดดังนี้ ฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค Hold-Relax (HR) ฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค Contract-Relax (CR) และฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทด้วยเทคนิค Slow-Reversal-Hold-Relax (SRHR) ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของตากับเท้าในกลุ่มที่ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่มีค่ามากที่สุด

การฟื้นตัวด้วยความเย็น

มนุษย์รู้จักการนำความเย็นมาใช้เพื่อการฟื้นฟูหรือบรรเทาอาการต่าง ๆ ของร่างกายตั้งแต่สมัยอดีตกาล เช่น การอาบน้ำเย็นในแม่น้ำลำธารเพื่อช่วยบรรเทาอาการปวด เมื่อย ล้า จากการตรากตรำทำงานทั้งวัน หรือช่วยลดอาการที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อถูกใช้งานมากเกินไป ในสมัยโบราณนั้น ยังไม่ทราบเหตุผลที่แน่นอนของสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เมื่อพบว่าความเย็นนั้นช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยหรือเจ็บปวดต่าง ๆ ได้ (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) การใช้ความเย็นเพื่อช่วยในการฟื้นสภาพร่างกายภายหลังการออกกำลังกายโดยการแช่หรือจุ่มตัวลงในน้ำเย็น (Water immersion) นอกจากจะมีผลช่วยลดความเจ็บปวด ลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อแล้ว ยังส่งผลทำให้อัตราการไหลเวียนของเลือดบริเวณหลอดเลือดส่วนปลาย (Peripheral blood flow) มีอัตราลดลง เนื่องจากหลอดเลือดบริเวณชั้นผิวหนังมีการหดตัว แต่ด้วยเหตุนี้ทำให้อัตราการไหลเวียนเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ (Cardiac preload) เพิ่มขึ้น คือ ทำให้ระดับการไหลเวียนเลือดส่วนกลาง (Central blood volume) เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในขณะบีบตัว (Stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) เพิ่มขึ้นด้วย (Wilcock et al., 2006 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ทำให้มีปริมาณเลือดเพียงพอที่ส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกและภายในเซลล์และอาจกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในระบบการทำงานของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลคติกออกไปได้ (Marsh & Sleivert, 1999

อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) และอาจให้ผลดีต่อระดับความสามารถของร่างกายในภายหลัง

วิธีการฟื้นฟูด้วยการใช้ความเย็นนั้นสามารถทำได้ด้วยตนเอง ซึ่งนิยมใช้การประคบน้ำแข็งเฉพาะที่หรืออาจใช้วิธีการแช่ในอ่างน้ำเย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส หรือใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำเย็นจัด ประคบหรือชโลม โดยระยะเวลาที่ใช้ควรอยู่ประมาณ 10-20 นาที เป็นอย่างน้อย (กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) การใช้ความเย็นเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายไม่เป็นเพียงการบรรเทาอาการเจ็บปวดที่ได้รับจากการบาดเจ็บจากการกีฬาเพียงอย่างเดียว การใช้ความเย็นนั้นยังสามารถเป็นการฟื้นฟูหรือคืนสภาพของกล้ามเนื้อจากการเมื่อยล้า ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่หนักหรือนานเกินไปจนทำให้มีกรดแลคติกคั่งค้างอยู่ในกล้ามเนื้อและในร่างกายจนทำให้มีอาการปวดเมื่อยและอักเสบระบมกล้ามเนื้อ (Wilcock et al., 2006 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

การใช้ความเย็นเพื่อการฟื้นฟูหรือคืนสภาพของร่างกายหลังจากการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างหนักนี้ ได้มีการใช้ในวงการกีฬามานานและได้มีการนำมาประยุกต์ในการใช้ความเย็นด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อเป็นการค้นคว้าเพื่อหาวิธีที่ให้ประโยชน์ต่อการฟื้นสภาพของร่างกาย ไม่ว่าก่อนหรือหลังจากการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายอย่างหนัก (Vaile, 2008 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) แต่ยังไม่นิยมและเป็นที่แพร่หลาย ในบางประเทศก็ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้แล้ว เช่น ในกีฬาซูโม่ของประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำนักกีฬาลงแช่ในอ่างน้ำแข็งเพื่อคลายความเมื่อยล้าหลังการแข่งและเพื่อให้พร้อมกับการแข่งขันในการแข่งขันในรอบต่อ ๆ ไปซึ่งมีการแข่งขันแบบเสร็จสิ้นในวันเดียว หรือในกีฬารักบี้ของบางประเทศก็ได้มีการแช่น้ำเย็นหลังการแข่งขันเช่นเดียวกัน แต่ในประเทศไทยยังไม่นิยมใช้วิธีนี้ ในวงการกีฬายังใช้วิธีเพียงการรักษาหรือบรรเทาอาการเจ็บปวดซึ่งเกิดจากการบาดเจ็บเพียงเท่านั้น ยังไม่นำมาใช้ในการลดกรดแลคติกเพื่อคลายความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างหนักหรือมีกรดแลคติกคั่งค้างอยู่

ผลของความเย็นที่มีต่อร่างกาย

จรวยพร ธรณินทร์ (2521 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ได้อธิบายว่า เมื่อออกกำลังใกล้หมดแรงอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงขึ้นมาที่ระดับ 170-200 ครั้งต่อนาที เมื่อทำให้ผิวหนังเย็นลงอัตราการเต้นของหัวใจจะลดลงและสามารถทำงานได้ต่อไปอีก เมื่อให้ความเย็นแก่ร่างกายจะทำให้เกิดภาวะการหดตัวของหลอดเลือดที่ระดับผิวหนัง (Wilcock et al., 2006; Marsh & Sleivert, 1999 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) อธิบายไว้ว่าการได้รับความเย็นอาจ

ส่งผลต่อการไหลเวียนของเลือดส่วนปลาย (Peripheral blood flow) ลดลง คือมีการหดตัวของหลอดเลือดส่วนปลาย แต่ก่อให้เกิดการเพิ่มของการไหลเวียนของเลือดส่วนกลาง (Central blood volume) เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของ Central blood flow นี้ยังอาจส่งผลประโยชน์ต่อสมรรถภาพและความสามารถของร่างกายในภายหลัง ซึ่งจะทำให้บุคคลหรือนักกีฬานั้น ๆ สามารถรักษาระดับความสามารถสูงสุด (Peak performance) ได้นานยิ่งขึ้น การใช้การฟื้นสภาพโดยใช้ความเย็นนอกจากจะเป็นการบำบัดอาการบาดเจ็บแล้ว ความเย็นยังส่งผลต่อการลดลงของ Creatine Kinase (CK) (Wilcock et al., 2006 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) และยังทำให้ร่างกายกลับคืนสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็ว จากการเปรียบเทียบการฟื้นสภาพโดยการใช้การแช่น้ำเย็น การแช่น้ำร้อนสลับเย็นและการพักปกติ การแช่น้ำเย็นเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการนำไปใช้กับทีมกีฬามากกว่าวิธีการแช่น้ำร้อนสลับเย็นหรือพักปกติ (Ingram, 2009) การที่ความเย็นส่งผลทำให้ Central blood volume เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณเลือดส่งไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้นเพื่อกำจัดของเสียที่เกิดจากการใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลคติก ออกไปได้ (Marsh & Sleivert, 1999 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) โดยสามารถทำการแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกและภายในเซลล์ได้มากขึ้นในกล้ามเนื้อ แต่การใช้ความเย็นในการฟื้นสภาพยังไม่มีผลต่อภาวะการเกิดความล้าลดลง (Delayed Onset Muscle Soreness: DOMS) ในผู้ที่ไม่มีการฝึกวิธีการนี้จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้ในช่วงการฟื้นสภาพของนักกีฬา (Sellwood, 2007 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ , 2552)

ข้อควรระวังในการใช้ความเย็น วิธีการบำบัดด้วยการใช้ความเย็นนั้น ผู้ที่ได้รับการบำบัดด้วยความเย็น ควรได้รับความเย็นขนาดเย็นจัด ซึ่งจะมีอาการปวดเล็กน้อยแต่ทนได้ (บรรจบ ชุณหสุวรรณ, 2539 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

ข้อห้ามในการบำบัดด้วยการใช้ความเย็น

- ไม่ใช้ในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคของหลอดเลือด
- ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ
- ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่มีเส้นประสาทสัมผัสเสีย
- ไม่ใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็ง
- ไม่ใช้ในคนที่แพ้ความเย็น

ประโยชน์จากการใช้ความเย็นและผลทางสรีรวิทยาของความเย็น

เมื่อให้ความเย็นแก่ร่างกาย การตอบสนองทันที คือ เกิดการตีบตัวของหลอดเลือดแดง (Arterioles) และหลอดเลือดดำ (Venules) ลดการไหลของเลือดที่ไปเลี้ยงบริเวณที่ได้รับความเย็น กลไกที่เกิดขึ้นเชื่อว่าเป็นผลโดยตรงของความเย็นที่มีต่อกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด และกลไก

รีเฟล็กซ์ที่กระตุ้นให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดที่ผิวหนัง เมื่ออุณหภูมิที่ผิวหนังลดต่ำลงตัวรับความเย็นที่ผิวหนังจะถูกกระตุ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นรีเฟล็กซ์ของเส้นใยซิมพาเธติคอะดีเนอร์จิค (Sympathetic adrenergic fiber) การตีบตัวของหลอดเลือดจากการรีเฟล็กซ์นี้เป็นผลให้เกิดการตีบตัวของหลอดเลือดในส่วนอื่น ๆ ของร่างกายได้ (Guyton, 1994 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

เมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อลดลงเป็นเวลานานความเย็นจะทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดตามมาหลังจากที่เกิดการตึงตัวของหลอดเลือดในระยะแรก นอกจากนี้ จะพบปรากฏการณ์ที่ต่างออกไปที่เรียกว่า “การขยายหลอดเลือดด้วยความเย็น” (Cold dilation) คือ หลอดเลือดจะขยายตัวเมื่อกระทบกับความเย็นจัดอยู่นาน เพื่อเป็นการป้องกันการตายของเนื้อเยื่อที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากการขาดเลือดไปเลี้ยง จะสังเกตเห็นว่าบริเวณดังกล่าวซึ่งเคยมีสีซีดจะกลับมามีสีแดงเรื่อ ๆ และอุ่นขึ้นเมื่อหลอดเลือดขยายตัวก็จะมีเลือดไปเลี้ยงบริเวณเหล่านั้นมากขึ้น

Viale et al. (2008 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ที่ทำการ ศึกษาวิจัยเรื่องผลของการแช่น้ำเย็นที่มีต่อความสามารถในการปั่นจักรยานซ้ำ ๆ ในสภาวะอากาศร้อนเพื่อประเมินผลของการใช้การแช่น้ำเย็นและการฟื้นสภาพแบบไม่อยู่กับที่ในการปั่นจักรยาน ซ้ำ ๆ ในที่ที่มีอากาศร้อน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครนักกีฬาจักรยานชาย จำนวน 10 คน อบอุ่นร่างกาย 5 นาที ตามด้วยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 125, 150, 175 และ 200 วัตต์ ที่ระดับร้อยละ 75 ของพลังความสามารถสูงสุด รวมเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นให้ฟื้นสภาพด้วยวิธีการต่าง ๆ คือ แช่น้ำที่ 10, 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องและการฟื้นสภาพแบบมีกิจกรรม (Active recovery) อย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นเวลา 15 นาที หลังจากการปั่นจักรยานครั้งแรก 1 ชั่วโมง (รวมวอร์มอัพก่อนการปั่นจักรยานครั้งที่ 2 เป็นเวลา 5 นาที) กลุ่มตัวอย่างทำการปั่นจักรยานครั้ง ที่ 2 เป็นเวลา 30 นาที เปรียบเทียบค่าความสามารถที่ทำได้ระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พักการทดลอง 1 สัปดาห์ จึงทำการทดลองอีกครั้ง โดยสลับกลุ่มการทดลอง ผลการทดลองพบว่าค่าความสามารถที่ทำได้มีค่าความแตกต่างกันในกลุ่ม Active recovery อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มที่ใช้การแช่น้ำเย็น แต่ค่าความแตกต่างของระดับของกรดแลคติกในกลุ่มการใช้ความเย็นในทุกกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่กลุ่ม Active recovery พบว่ามีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม การใช้ความเย็นในการแช่เย็นในทุกกลุ่มมีผลในการลดการบาดเจ็บตึงเครียดจากความร้อนเพื่อคงสภาพในการรักษาความสามารถในการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักสูงได้ดีกว่ากลุ่ม Active recovery

Sellwood et al. (2007 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ได้ศึกษาเรื่องการแช่น้ำแข็ง และการรู้สึกถึงความล้าของกล้ามเนื้อ เพื่อศึกษาอธิบายถึงการใช้ความเย็นด้วยการแช่น้ำแข็งในการฟื้นสภาพหลังการออกกำลังกายแบบการเหยียดขา (Eccentric quadricepts) ที่ส่งผลให้ภาวะการเกิดความล้าลดลง (Deleyed Onset Muscle soreness: DOMS) โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบ Doubleblind จากอาสาสมัคร 40 คน ที่ไม่เคยผ่านการฝึกให้ออกกำลังกายแบบ Eccentric ในขาด้านที่ไม่ถนัด กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นสามกลุ่มแช่น้ำ 1 นาทีที่อุณหภูมิ 5 ± 1°C ที่อุณหภูมิน้ำอุ่นปกติ (24°C) และกลุ่มควบคุม วัดผลดูจากการรู้สึกถึงความล้าของกล้ามเนื้อ ความนุ่มของเนื้อเยื่อ ขนาดเส้นรอบวงต้นขา กลไกการทำงานกล้ามเนื้อโดยการกระโดดขาเดียวเพื่อดูค่าความแข็งแรงสูงสุด บันทึกข้อมูลระดับ Creatine Kinase (CK) เป็นข้อมูลพื้นฐาน และภายหลังการออกกำลังกายที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดลองปรากฏว่า ระดับค่า CK ความรู้สึกถึงความล้าที่สังเกตได้จากกราฟ ความนุ่มของเนื้อเยื่อ ความแข็งแรง เส้นรอบวงต้นขา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีเพียงค่าที่บ่งบอกถึงการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นจากการทำย่อและยืดขา (Sit to stand) ที่ช่วง 24 ชั่วโมง กับชั่วโมงหลังจากการทำการออกกำลังกายในกลุ่มแช่น้ำเย็น วิธีการในแบบการฟื้นสภาพโดยการใช้น้ำแข็งนี้ไม่ค่อยมีผลในกลุ่มนักกีฬาที่ไม่มีการฝึกฝน แต่จะใช้การศึกษานี้ได้ผลดีกับช่วงการพักของนักกีฬา

มาณพ เลือดโยธิน (2539 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของความเย็นที่มีต่อระยะเวลาการฟื้นตัวของร่างกายภายหลังการออกกำลังกาย โดยใช้ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และระดับอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงเป็นตัวแปรในการวิจัย กระบวนการลดอุณหภูมิของร่างกายประกอบด้วย วิธีนั่งพัก วิธีนั่งพักพร้อมดื่มน้ำเย็น วิธีนั่งพักพร้อมเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น และวิธีนั่งพักพร้อมดื่มน้ำเย็นควบคู่กับการเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2538-2539 จำนวน 15 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง ทำการปั่นจักรยานวัดงานโดยใช้วิธีการของ Ramp จนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยการคำนวณของ Fox แล้วนำผลวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ชนิดวัดซ้ำ ตามวิธีของ Tukey ผลปรากฏว่ากระบวนการที่ทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดและระดับอัตราการเต้นของหัวใจในระยะฟื้นตัวลดลงทุกช่วง 5 นาที ของช่วงเวลาการวัดและวิเคราะห์การ เปลี่ยนแปลงตัวแปรตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในทุกกระบวนการที่ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างกลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในนาทีที่ 55 และระดับอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างกลุ่มแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในนาทีที่ 25, 30, 35,

40 และ 50 ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเย็นที่มีส่วนในการช่วยลดอุณหภูมิร่างกายและช่วยในการฟื้นตัวได้เป็นอย่างดี

ไพรัช เลิศเกียรติศักดิ์ (2527 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ระหว่างวิธีการดื่มน้ำเย็นและการนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ โดยให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานวัดงานตามวิธีการของ PWC 170 จนครบ 6 นาที หลังจากนั้นให้หยุดพัก แล้วเข้ารับการทดลอง วิธีการทำให้ร่างกายฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายทั้ง 4 วิธี คือ วิธีควบคุมโดยการนั่งพักเฉย ๆ วิธีนั่งพักแล้วให้ดื่มน้ำเย็น วิธีนั่งพักแล้วให้ชโลมตัวด้วยน้ำเย็น และวิธีนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ ผลการทดลองปรากฏว่า การทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีชโลมตัวด้วยน้ำเย็น และวิธีนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ ให้ผลดีที่สุดในการทำให้ร่างกายคืนสู่สภาพปกติ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าการลดอุณหภูมิภายนอกนั้นจะให้ผลดีกว่าการลดอุณหภูมิภายในร่างกายในเรื่องของการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย

วันดี ขาวโอภาส (2541 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ที่ศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบระยะเวลาของการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจหลังการออกกำลังกาย โดยการดื่มน้ำธรรมดากับดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่ โดยใช้ระดับอัตราการเต้นของการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นตัวแปรในการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นพลทหารโรงพยาบาลโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จำนวน 15 นาย กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดให้ปั่นจักรยานวัดงาน (Cateye EC-1000) ที่มีน้ำหนักถ่วงที่ 3.5 กิโลปอนด์ ความเร็ว 50-60 รอบต่อนาที จนอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในระดับร้อยละ 80 โดยใช้หลักการคำนวณของ Fox แล้วดื่มน้ำธรรมดาและดื่มเกลือแร่ นำผลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ผลปรากฏว่าการเปรียบเทียบระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายโดยวิธีดื่มน้ำธรรมดากับดื่มเครื่องดื่มเกลือแร่มีผลไม่แตกต่างกัน

สุภาพร โกเมนเอก (2552) ได้ทำการการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการทำให้ร่างกายฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายในนักกีฬา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอล ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 15 คน ได้มาจากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive random sampling) โดยที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนต้องออกกำลังกายด้วยการเดินหรือวิ่งบนลู่กลตามแบบของบรูซ (Bruce protocol) จนถึงค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V\square O_2max$) แล้วทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการพักทั้ง 4 ชนิด อันได้แก่ การนั่งพัก การนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น การออกกำลังกายแบบเบาด้วยการเดินบนลู่กลและการนวดด้วยน้ำแข็ง เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นให้ออกกำลังกายด้วยวิธีการเดิมจนถึงค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V\square O_2max$) อีกครั้งหลังจากการพักการ

ออกกำลังกายแต่ละครั้งเว้นระยะห่างเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนดำเนินการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการวัดค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาในวันทำการทดลอง โดยก่อนการทดลองได้ทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดอุณหภูมิร่างกาย อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และปริมาณกรดแลคติกในเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัย ขณะออกกำลังกายทำการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจ ค่าการใช้ออกซิเจน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและความดันเลือดขณะออกกำลังกาย ทุก ๆ นาที และระดับของการรับรู้ความเหนื่อยทุก ๆ 3 นาที ขณะพักหลังออกกำลังกายทันที และนาทีที่ 2, 5, 10 และ 15 หลังออกกำลังกาย ทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจอัตราการหายใจ อุณหภูมิร่างกาย ความดันเลือด และปริมาณกรดแลคติกในเลือด แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way ANOVA with repeated measures) หากพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กันให้เปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของบอนฟีโรนี (Bonferroni) แต่ถ้าพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ให้วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way ANOVA with repeated measures) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Paired-samples t-test ผลการวิจัยพบว่า

1. ขณะพักหลังการออกกำลังกายครั้งแรก พบว่า การทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการนวดด้วยน้ำแข็งมีผลในการลดอัตราการเต้นของหัวใจได้มากที่สุด และจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพบว่าการนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็นช่วยลดความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวและปริมาณกรดแลคติกในเลือดได้มากที่สุด นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยยังพบอีกว่า การออกกำลังกายแบบเบามีผลในการลดความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัวได้มากที่สุด ส่วนการนั่งพักมีผลในการลดอัตราการหายใจได้มากที่สุด

2. หลังการทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็นมีผลในการลดการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจและความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัวขณะออกกำลังกายได้มากที่สุด การนวดด้วยน้ำแข็งมีผลในการลดค่าการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายได้มากที่สุด ส่วนการนั่งพักมีผลในการลดความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัวและระดับของการรับรู้ความเหนื่อยขณะออกกำลังกายได้มากที่สุด

3. เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานของร่างกายขณะออกกำลังกายระหว่างการออกกำลังกายก่อนพักและหลังพัก พบว่าหลังการทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการนวดด้วยน้ำแข็งมีผลในการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้มากที่สุด และการนั่งพักมีผลทำให้นักกีฬาสามารถออกกำลังกายได้นานกว่าวิธีการอื่น สรุปได้ว่าการ

ทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีการนวดด้วยน้ำแข็ง และการนั่งพักแล้วเช็ดตัวด้วยผ้าเย็นสามารถทำให้ร่างกายฟื้นตัวได้ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ

ไพรัช เลิศเกียรติศักดิ์ (2527) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายระหว่างวิธีการดื่มน้ำเย็น การชโลมตัวด้วยน้ำเย็น และการนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการฟื้นตัวของร่างกายหลังการออกกำลังกายด้วยการนั่งพักแล้วดื่มน้ำเย็น นั่งพักแล้วชโลมตัวด้วยน้ำเย็น และนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ โดยใช้ผู้รับการทดลองอาสาสมัครเป็นนักกีฬาบาสเกตบอลชาย ของศูนย์ฝึกกีฬาในร่มองค์การส่งเสริม การกีฬาแห่งประเทศไทย ซึ่งมีสุขภาพสมบูรณ์จำนวน 16 คน มีอายุเฉลี่ย 20 ปี น้ำหนักตัวเฉลี่ย 65.16 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ย 176.37 เซนติเมตร ทุกคนต้องเข้ารับการทดลองวิธีการทำให้ร่างกายฟื้นตัวหลังออกกำลังกายทั้ง 4 วิธี คือ วิธีควบคุม (Control) โดยการให้นั่งพักเฉย ๆ วิธีนั่งพักแล้วดื่มน้ำเย็น นั่งพักแล้วชโลมตัวด้วยน้ำเย็น และนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ การทดลองเริ่มต้นด้วยการจับชีพจรขณะพัก แล้วให้ผู้รับการทดลองปั่นจักรยานวัดงาน ซึ่งตั้งน้ำหนักถ่วงเบื้องต้นที่เหมาะสมของแต่ละคน ตามวิธี PWC 170 โดยเพิ่มงาน 25 วัตต์ ทุก ๆ 2 นาที จนครบ 6 นาที หลังจากนั้น ให้หยุดพักแล้วใช้วิธีทดลองแต่ละวิธี เพื่อดูสภาพการฟื้นตัว และจับชีพจรวินาทีที่ 46-60 ของทุกนาที จนครบ 6 นาที นำอัตราชีพจรของการฟื้นตัวในนาทีที่ 2, 4 และ 6 ของแต่ละคน มาวิเคราะห์ตามวิธีสถิติโดยการหาค่ามัชฌิมเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ซึ่งถ้าพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธีของเชฟเฟ่ ผลการวิจัยพบว่าการทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยวิธีชโลมตัวด้วยน้ำเย็นและนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำแตกต่างกับวิธีให้ดื่มน้ำเย็นและวิธีควบคุม การใช้วิธีชโลมตัวด้วยน้ำเย็นและวิธีนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำไม่แตกต่างกัน และวิธีดื่มน้ำเย็นกับวิธีควบคุมไม่แตกต่างกัน

ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์ (2548) ที่ทำการศึกษาเรื่องผลของอุณหภูมิเย็นที่มีต่อเวลาฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจและระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกาย เพื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิแวดล้อมที่มีต่อระยะเวลาในการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจและภาวะกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกาย โดยการลดอุณหภูมิของร่างกายด้วยวิธี การนอนราบไปกับพื้นในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ อุณหภูมิเย็น (20 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิปกติ (28 องศาเซลเซียส) กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคต้น ปีการศึกษา 2547 เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive random sampling) จำนวน 13 คน ผลปรากฏว่ากระบวนการลดอุณหภูมิภายในร่างกายมีผลต่อระดับอัตราการเต้นของหัวใจและระดับกรดแลคติกในระยะฟื้นตัวโดยในสภาวะอุณหภูมิเย็น (20

องศาเซลเซียส) ใช้เวลาในการฟื้นตัวของระดับอัตราการเต้นของหัวใจ และระดับกรดแลคติกได้เร็วกว่าสภาวะอุณหภูมิปกติ (28 องศาเซลเซียส) ภายหลังการออกกำลังกายที่ระดับร้อยละ 80 ของความสามารถสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจ

Al Haddad et al. (2010) ที่ทำการศึกษาผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครชาย 12 คน ทำการปั่นจักรยานวัดงานด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก และทำการฟื้นสภาพร่างกายด้วยการแช่น้ำเย็น ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดอัตราการเต้นของหัวใจได้

Peiffer (2010) ที่ศึกษาผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่ออุณหภูมิร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการปั่นจักรยาน 1 กิโลเมตร ในอุณหภูมิร้อนที่ 35 องศาเซลเซียส และทำการฟื้นสภาพร่างกายด้วยการนั่งแช่น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า ผลการแช่น้ำเย็นทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่แช่ แต่ไม่มีผลแตกต่างกันของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการปั่นจักรยาน 1 กิโลเมตร

จิตรดา ผ่องกุหลาบ (2552) ที่ศึกษาผลของการใช้ความเย็นบริเวณส่วนกลางและส่วนปลายของร่างกายที่มีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือดของนักกีฬาเทควันโดชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเทควันโดชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 10 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี ออกกำลังด้วยการเตะตวัดที่มีความหนักในช่วงร้อยละ 85-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และได้รับการพักด้วยการนั่งพัก การนั่งพักด้วยการให้ความเย็นส่วนปลายของร่างกาย และการนั่งพักด้วยการให้ความเย็นที่บริเวณส่วนกลางของร่างกาย เป็นเวลา 15 นาที บันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย กรดแลคติกในเลือดและระดับความเหนื่อย ผลการวิจัยพบว่า การให้ความเย็นส่วนปลายของร่างกายสามารถลดระดับกรดแลคติกในเลือดและการให้ความเย็นส่วนกลางของร่างกายสามารถลดอัตราการเต้นของหัวใจได้

วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่อการฟื้นสภาพและความสามารถทางกาย เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการแช่น้ำเย็นที่มีต่อการฟื้นสภาพร่างกาย และเปรียบเทียบผลของการฟื้นสภาพของร่างกายที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 12 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบค่าพลังความสามารถสูงสุด ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก และทำการการฟื้นสภาพด้วยวิธีการแตกต่างกัน 3 วิธี คือ การนั่งอยู่กับที่ การนั่งแช่น้ำเย็น และการแช่เท้าในน้ำเย็น วิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือดทุกช่วง 5 นาที ตั้งแต่เสร็จสิ้นการปั่นจักรยานวัดงานด้วยวิธี

ของวินเกตแอนแอโรบิกครั้งแรกตลอดจนถึงก่อนเริ่มการปั่นวินเกตครั้งที่ 2 รวมการวิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือด 6 ครั้ง ทำการเก็บข้อมูลการปั่นจักรยานวัดงานด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกครั้งที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถทางกายภายหลังการฟื้นสภาพด้วยวิธีต่างกัน 3 แบบ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่ากรดแลคติกในเลือดและค่าวามสามารถทางกายที่ทำได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบค่าที วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ โดยวิธีการของบอนเฟอโรนี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มของอัตราการลดลงของกรดแลคติกในเลือด ดังนี้

1.1 ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดในการเจาะเลือดครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ภายหลังการทดสอบระหว่างทั้ง 3 การทดลองไม่แตกต่างกัน

1.2 ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดในการเจาะเลือดครั้งที่ 4 ครั้งที่ 5 และครั้งที่ 6 ภายหลังการทดสอบแตกต่างกัน

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถทางกายภายในของก่อนและหลังการฟื้นสภาพ

2.1 ค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งปกติและกลุ่มแช่เท้าในน้ำเย็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นนั้นแตกต่างกัน

2.2 ค่าเฉลี่ยของพลังความสามารถครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งปกติและภายในกลุ่มแช่เท้าในน้ำเย็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นนั้นแตกต่างกัน

2.3 ค่าเฉลี่ยความล้าครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มนั่งปกติและกลุ่มนั่งแช่น้ำเย็นนั้นไม่แตกต่างกัน แต่ครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 ภายในกลุ่มแช่เท้าในน้ำเย็นนั้นแตกต่างกัน สรุปได้ว่าการฟื้นสภาพโดยการแช่น้ำเย็น นอกจากจะใช้ในการลดการบาดเจ็บและการอักเสบของกล้ามเนื้อแล้ว ยังมีประสิทธิภาพในการฟื้นสภาพร่างกายภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักได้ดี ทั้งยังช่วยในการลดกรดแลคติกในเลือดได้เร็วขึ้นด้วย

ชัชพล ชุมสาย ณ อยุธยา (2554) ที่ศึกษารูปแบบของการฟื้นตัวที่มีผลต่อความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลในนักกีฬาฟุตซอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล ที่เข้าร่วมโครงการพัฒนากีฬาฟุตซอลสู่ความเป็นเลิศ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จำนวน 12 คน โดยปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองครั้งที่ 1 จากนั้นทำการฟื้นตัวด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. การนั่งพัก
2. การนั่งพักร่วมกับการให้ความเย็น
3. การนั่งพักร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน
4. การนั่งพักร่วมกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

แล้วปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองครั้งที่ 2 ทำการบันทึกความเร็วในการวิ่ง และความแม่นยำในการส่งบอล ขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองทั้ง 2 ครั้ง ทำการทดลองซ้ำโดยใช้วิธีการพักเพื่อฟื้นตัวจนครบทั้ง 4 วิธี ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า ความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทำการพักเพื่อฟื้นตัวด้วยวิธีต่าง ๆ โดยพบการฟื้นสภาพความเร็วในการวิ่งได้มากที่สุด (ร้อยละ 95.5) เมื่อใช้วิธีนั่งพักร่วมกับการให้ความเย็น ในขณะที่วิธีการนั่งพักทำให้ฟื้นสภาพความเร็วในการวิ่งได้น้อยที่สุด (ร้อยละ 93.0) ส่วนความแม่นยำในการส่งบอลเมื่อใช้วิธีการนั่งพักร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานสามารถช่วยให้ฟื้นสภาพความแม่นยำในการส่งบอลได้มากที่สุด (ร้อยละ 98.4) ส่วนวิธีการนั่งพักทำให้สามารถฟื้นสภาพกลับมาได้น้อยที่สุด (ร้อยละ 91.7)

นวรัชต์ อุตรารัชต์กิจ (2551) ที่ทำการศึกษาผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกันและรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศหญิง จำนวน 20 คน อายุระหว่าง 25-35 ปี ให้ใช้แขนข้างที่ไม่ถนัดออกกำลังกายด้วยการยกดัมเบลในท่างอและเหยียดข้อศอกที่ระดับความหนักร้อยละ 80 ของ 1 RM ทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง และให้แช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีหลังหยุดออกกำลังกายเป็นเวลา 24 นาที ผลการวิจัยพบว่า การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีไม่สามารถป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลัง 24 ชั่วโมง ได้ แต่การแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นทันทีช่วยยับยั้งการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้

จันทร์พร แซ่มซ้อย (2549) ที่ศึกษาผลของการใช้ความเย็นในช่วงเวลาพักที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของนักกีฬามวยสากลสมัครเล่น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬามวยสากลสมัครเล่นที่ขึ้นทะเบียนกับการกีฬาแห่งประเทศไทย สังกัดโรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร และมีประสบการณ์ในการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติ 1-3 ปี จำนวน 15 คน อายุระหว่าง 14-18 ปี ทำการฝึกล่อเป้าเป็นเวลา 2 นาที และระหว่างพักทำการแบ่งกลุ่มฟื้นสภาพดังนี้ พักดื่มน้ำเย็น ดื่มน้ำเย็นพร้อมการเช็ดตัวด้วยน้ำเย็น และดื่มน้ำเย็นพร้อมด้วยการพ่นละอองน้ำเย็น ทำทดสอบห่างกัน 24 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า การดื่มน้ำเย็นพร้อมเช็ดตัวด้วยน้ำเย็นสามารถลดเวลาปฏิกิริยาตอบสนองได้

สิทธิพร คงพิสิฐธรรม (2554) ที่ศึกษาผลของการพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่วมกับการใช้ความเย็น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการเดินจงกรม ที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการรับรู้ความเหนื่อย ภายหลังการวิ่งบนลู่วิ่ง 30 นาที กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 10 คน ทำการวิ่งบนลู่วิ่งกล 30 นาที ที่ระดับความหนักร้อยละ 70 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด หลังจากนั้นทำการฟื้นสภาพ 3 วิธี โดยพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่วมกับการใช้ความเย็น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการเดินจงกรม ผลการวิจัยพบว่า การพักแบบไม่มีกิจกรรมรวมกับการใช้ความเย็นส่งผลต่อการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจได้ดีที่สุด

ดนตรีและสมาธิบำบัด

ดนตรีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าในร่างกาย มีอิทธิพลต่อปริมาณการไหลเวียนของเลือด ชีพจร ความดันเลือด การขับหลั่งสารภายในร่างกาย ตลอดจนมีผลต่อการเพิ่มหรือลดการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อ โดยดนตรีประเภทที่ทำให้สงบ (Soothing music) ทำให้อัตราการไหลเวียนของเลือดในสมองช้าและมีปริมาณลดลง รวมทั้งยังทำให้อัตราการใช้ออกซิเจนเป็นนาที (Minute oxygen consumption) และอัตราการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายลดลงด้วย แต่ดนตรีประเภทที่ทำให้ตื่นเต้นเร้าใจ (Lively music) จะทำให้ปริมาณและอัตราการไหลเวียนของเลือดในสมองเพิ่มขึ้น (Cook et al., 1981 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546)

นอกจากนี้ เสียงดนตรียังมีอำนาจกระตุ้นให้ร่างกายเคลื่อนไหวเป็นจังหวะ เป็นปฏิกิริยาตอบสนองที่เกิดขึ้นเอง การขยับเท้าหรือหายใจที่เร็วขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปฏิกิริยาการตอบสนองที่อยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ (Poussaint, 1966 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546) ดนตรีมีผลต่อสุขภาพของบุคคลทั้งร่างกาย จิตใจและจิตวิญญาณ กลไกของดนตรีต่อบุคคลยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่ามีผลต่อบุคคลจากการรวบรวมตัวของคลื่นเสียงและความถี่พื้นฐานของร่างกายจากการเต้นของหัวใจทำให้เกิดการสั่นสะเทือนจากอะตอมไปยังทุกส่วนของร่างกายรวมทั้งการรับเสียงดนตรีทางหูเข้าสู่ระบบประสาท และกระบวนการทางเคมีในร่างกาย ทำให้ดนตรีมีผลต่อสุขภาพของบุคคลและรวมถึงเกิดการรักษาถึงระดับจิต ในการใช้ดนตรีบำบัดควรมีการเลือกเพลงและใช้ระดับเสียงที่เหมาะสม และคำนึงถึงปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของดนตรีในการส่งเสริมสุขภาพของบุคคล (ศศิธร พุ่มดวง, 2548)

ความเร็วของจังหวะเสียงดนตรี (Tempo) มีผลต่อร่างกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจังหวะของร่างกาย เช่น การเต้นของหัวใจ การหายใจ รวมทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อและอารมณ์ของบุคคลดนตรีมีผลดีต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ทำให้ภูมิต้านทานของร่างกายเพิ่มขึ้น

ลดพฤติกรรมกระวนกระวาย (Agitation) ส่งเสริมการรับรู้วัน เวลา และสถานที่ ลดความกังวล ลดปวด ลดความเครียด ลดอาการซึมเศร้า ช่วยเบี่ยงเบนความสนใจ และเกิดความสงบ (ศศิธร พุ่มดวง, 2548)

กลไกที่แท้จริงของดนตรีต่อบุคคลไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตาม มีความเชื่อและการวิเคราะห์เกี่ยวกับกลไกของดนตรีที่มีต่อบุคคล การรับเสียงของร่างกายสามารถอธิบายตามหลักทางฟิสิกส์ได้ว่า เมื่อมีการสั่นสะเทือนของวัตถุสองอย่างที่ความถี่ใกล้เคียงกันจะทำให้เกิดการผสมผสานของคลื่นเป็นความถี่เดียวกัน เรียกว่า “การสั่นพ้อง” (Resonance) หรือถ้าเป็นการสั่นสะเทือนของเสียงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับคลื่นอย่างอื่นจะทำให้เกิดการรวมของคลื่นเสียง (Amplitude) สูงขึ้นและจะมีการปรับความถี่ให้ใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันเสียงของดนตรีสามารถเคลื่อนผ่านเข้าร่างกายของบุคคลได้หลายลักษณะ โดยสามารถอธิบายได้บนพื้นฐานการเต้นของหัวใจและการเต้นของชีพจร เมื่อหัวใจบีบตัวจะทำให้มีการสั่นสะเทือนของเลือดซึ่งเป็นการส่งคลื่นหรือเกิดการสั่นพ้องในหลอดเลือดแดง (Arterial vessel resonance) ในความถี่ที่เป็นความถี่พื้นฐานจึงทำให้เกิดการเต้นของชีพจรขึ้นทั้ง ๆ ที่เลือดที่สูบฉีดที่หัวใจยังเดินทางไม่ถึงตำแหน่งของชีพจร คลื่นที่เกิดขึ้นจะเดินทางได้เร็วกว่าการไหลเวียนของเลือด การสั่นสะเทือนในหลอดเลือดแดงจะส่งต่อไปยังอะตอม จากอะตอมต่อไปยังโมเลกุล เซลล์ ต่อม และอวัยวะต่าง ๆ โดยทั่วไปบุคคลจะมีการเต้นของหัวใจประมาณ 72 ครั้งต่อนาที จึงกล่าวได้ว่าความถี่พื้นฐาน (Fundamental frequency) ของหลอดเลือดแดงและของร่างกาย คือ 72 ครั้งต่อนาที และระบบหรือเซลล์ของร่างกายจัดเป็นระบบของ Resonance ดังนั้น เสียงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่พื้นฐานของบุคคลจะทำให้เกิดการรวมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับคลื่นความถี่ของร่างกายและประกอบกับการรับเสียงทางหูผ่านเข้าระบบประสาท และรวมถึงกระบวนการทางเคมีในร่างกายจึงมีผลต่อการรักษาบุคคลในด้านอารมณ์ร่างกาย อวัยวะ เอนไซม์ เซลล์ รวมถึงอะตอม เชื่อว่ากระบวนการเหล่านี้ทำให้เกิดการตอบสนองต่อเสียงมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ดนตรีมีผลต่อศูนย์พลังงานทั้งของบุคคลหรือเรียกว่า “จักระตามความเชื่อด้านภูมิปัญญาตะวันออก” ดนตรีมีผลต่อแต่ละจักระของบุคคลแตกต่างกัน ผลการวิจัยเรื่องจังหวะของดนตรีและการเต้นของหัวใจช่วยสนับสนุนเรื่องของการเกิดการสั่นพ้องของคลื่นเสียง และการสั่นสะเทือนในร่างกาย เช่น พบว่าดนตรีที่มีจังหวะเร็วจะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น (ศศิธร พุ่มดวง, 2548) ดนตรีบำบัด (Music therapy) เป็นพฤติกรรมศาสตร์ ที่นำดนตรีไปใช้อย่างเป็นระบบเพื่อให้บุคคลผ่อนคลาย เปลี่ยนแปลงอารมณ์ พฤติกรรมและการทำงานของร่างกาย มี

วัตถุประสงค์เพื่อให้บุคคลผ่อนคลาย ลดความกังวล ลดความกลัว ลดความตึงเครียดและลดความคิดที่ทำให้ไม่สบายลง (ศศิธร พุ่มดวง, 2548)

Buckwalter (1985 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546) ได้สรุปผลของดนตรีต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ดังนี้

1. เพิ่มความตึงตัวและช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ
2. ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวและแข็งแรงขึ้น
3. ทำให้เกิดความล้า
4. เพิ่มหรือลดผลผลิตในการทำงาน
5. ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวตามจังหวะดนตรี
6. เพิ่มหรือลดสารขับหลั่งในร่างกาย
7. เพิ่มหรือลดการเผาผลาญสารอาหารและการใช้ออกซิเจนเป็นนาที
8. เพิ่มหรือลดอัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจและความดันเลือด

Buckwalter (1985 อ้างถึงใน เอกรัตน์ อ่อนน้อม, 2550) ได้สรุปผลของดนตรีต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านอารมณ์และจิตใจ ดังนี้

1. ก่อให้เกิดความสนใจและความกระตือรือร้น
2. กระตุ้นความทรงจำและความคิดฝัน
3. ช่วยควบคุมอารมณ์และกระตุ้นความรู้สึกนึกคิด
4. ลดความซึมเศร้าและผ่อนคลายความเครียด
5. ลดความวิตกกังวลตามสถานการณ์
6. ทำให้จิตใจสงบและมีสมาธิ
7. ลดความรู้สึกโดดเดี่ยวอ้างว้าง
8. ส่งเสริมในการสร้างสัมพันธภาพระหว่างบุคคลอื่น และทำให้ผู้ป่วยกลับเข้าสู่สภาพความเป็นจริงได้
9. ป้องกันโรคประสาท

ดนตรี เป็นศิลปะบริสุทธิ์ (Pure art) เกี่ยวข้องกับจิตใจโดยตรง (ฝน แสงสิงแก้ว, 2518 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546) ดนตรีเป็นเรื่องของความสวยสดงดงามและความชุ่มชื่นใจ ทั้ง ๆ ที่บางครั้งไม่ทราบว่าเขาบรรเลงเรื่องอะไร ความดัง ค่อย ช้า เร็ว การเร่ง การผ่อนจังหวะในบทเพลงทำให้อารมณ์เพลงมีความเร้าใจ และจูงใจให้ผู้ฟังสนใจ ประทับใจ ไม่เกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย ดนตรีเป็นอาหารทางใจเช่นเดียวกับธรรมะ ถ้าฟังดนตรีอย่างตั้งใจจะก่อให้เกิดสมาธิ หรือก่อให้เกิด

ความสงบของอารมณ์ผู้ฟังได้ (วราวุธ สุมาวงศ์, 2535 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546) เนื่องจากเสียงของดนตรีสามารถเข้าไปสู่จิตใจและมีอำนาจในการควบคุมจิตใจของบุคคลได้ (Plato, 1965 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546)

นอกจากนี้ บางบทเพลงอาจให้ความรู้สึกเพลิดเพลิน สนุกสนาน สงบ และสบายใจ ซึ่งมีประโยชน์ในการกระตุ้นความรู้สึกให้คึกคักกล้าหาญในเวลาที่หวาดกลัวภัย เป็นเพื่อนในเวลาเหงา และโน้มน้าวให้ผู้ฟังเกิดความคิดฝัน ในขณะที่บางบทเพลงอาจทำให้ผู้ฟังรู้สึกตึงเครียด วุ่นวายใจ และเป็นทุกข์ ได้ ฉะนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าดนตรีมีพลังอำนาจในการบันดาลอารมณ์ของบุคคลได้ (ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546)

Zimny and Weidenfeller (1963 อ้างถึงใน ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546) ที่ทำการศึกษาผลกระทบของดนตรีทำให้เกิดความตื่นเต้นและความสงบต่อการตอบสนองของผิวหนังและอัตราการเต้นของหัวใจ ผู้เข้ารับการทดลองเป็นนักศึกษาชาย 10 คน หญิง 8 คน โดยให้ฟังเพลงคลาสสิคซึ่งได้รับการพิจารณาว่าเป็นเพลงประเภทตื่นเต้น (Exciting) เพลงปกติ (Neutral) และเพลงสงบหรือเพลงเย็น ๆ (Calm) เป็นเวลาครั้งละ 6 นาที การตอบสนองของผิวหนัง และอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นตัววัดทางด้านสรีรวิทยาที่จะแสดงถึงการตอบสนองทางด้านจิตใจ ผลการวิจัยพบว่าการตอบสนองของผิวหนังเมื่อได้ยินเพลงตื่นเต้นจะลดการต้านทานลง แสดงว่ามีการเพิ่มการเร้าอารมณ์ ขณะที่เพลงปกติและเพลงสงบไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ รวมทั้งอัตราการเต้นของหัวใจ

อุไรรัตน์ ศรีวิบูลย์ (2546) ที่ศึกษาผลของดนตรีที่มีต่อระยะเวลาในการปั่นจักรยานวัดงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครนิสิตมหาวิทยาลัยจำนวน 18 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ฟังดนตรีคัดสรร (เป็นดรตรีที่มีเนื้อร้องบรรยายถึงธรรมชาติ ความรัก ความใฝ่ฝัน ในเชิงสร้างสรรค์) กลุ่มที่ 2 ฟังดนตรีที่ชอบ (ผู้เข้ารับการทดลองเลือกเอง) กลุ่มที่ 3 ไม่ฟังดนตรี ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มผู้ฟังดนตรีคัดสรรมีระยะเวลาในการปั่นจักรยานมากกว่าอีกสองกลุ่ม จากการศึกษาผลของการวิจัยที่เกี่ยวกับการฟังดนตรีดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าเสียงดนตรีมีอิทธิพลต่อสภาวะของมนุษย์ทั้งทางร่างกายและจิตใจ ซึ่งการวิจัยในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นการนำดนตรีมาใช้ในการบำบัดรักษาทางด้านการแพทย์ ส่วนในต่างประเทศนั้นได้มีการนำดนตรีมาใช้ในกิจกรรมการกีฬา การตอบสนองของร่างกายในการเล่นกีฬามาหลายปีแล้ว (ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์, 2546)

ข้อแนะนำในการใช้ดนตรีบำบัด การฟังดนตรีหรือการฟังเพลงที่มีจังหวะปานกลางประมาณ 60-80 ครั้งต่อนาที เท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจมนุษย์ในภาวะปกติ เช่น เพลงบรรเลง

เพลงพื้นบ้าน เพลงไทย เพลงสากล และเพลงคลาสสิค เป็นต้น ที่มีเสียงไม่ดังเกิน 80 เดซิเบลและเสียงไม่สูงเกินไปควรหาโอกาสฟังในช่วงก่อนเริ่มทำงานหรือก่อนเริ่มกิจกรรมในช่วงพักจำ ทำให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีสุขภาพจิตที่ดีขึ้นช่วยลดความเหนื่อยและความเครียดลงได้ ควรเลือกฟังเพลงที่ฟังชัด ใส กังวาน ทุ้ม นุ่มนวล เช่น เปียโน กีร์ต้า ไวโอลิน พิณ แอคอเดียน เมาท์ออแกน ขิม เสียงธรรมชาติ เช่น นกร้อง น้ำตก เสียงคลื่น เป็นต้น และฟังเพลงที่มีทำนองไพเราะ นุ่มนวล มีชีวิตชีวา สร้างสรรค์ และความหมายดี (นาตยา หงส์ศิลา, 2549)

Tan (2014) ที่ทำการศึกษาผลของเพลงที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัคร จำนวน 23 คน ออกกำลังกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งกล หลังจากนั้นให้กลุ่มหนึ่งฟังเพลงและอีกกลุ่มไม่ฟังเพลง ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราการเต้นของหัวใจ แต่กลุ่มที่ฟังเพลงสามารถลดระดับความวิตกกังวลได้มากกว่าอีกกลุ่ม

การซาวน่า

ซาวน่าใช้หลักการทำงานแบบ Contrast bath คือ ใช้ความร้อนสลับกับความเย็น ซึ่งส่งผลให้เกิดการขยายตัวและหดตัวของหลอดเลือด โดยการใช้ความร้อนแห้งจากหินที่ถูกเผาและดูดซับความร้อนในเตาซาวน่าสะสมไว้ในตัวแล้วถ่ายเทความร้อนออกมาในรูปแบบของการพาความร้อน (Convection) ซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 60-90 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นอาบน้ำเย็นหรือแช่ตัวในอ่างน้ำเย็นทันที (พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549)

Donald (1978 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) อธิบายว่า การซาวน่าทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ดังนี้

1. เพิ่มอุณหภูมิของร่างกายโดยที่อุณหภูมิผิวกายอาจเพิ่มสูงถึง 40 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของร่างกายจะอยู่ระหว่าง 33-38.5 องศาเซลเซียส หลอดเลือดใต้ผิวหนังขยายตัวเลือดไหลผ่านเพิ่มมากขึ้น รูขุมขนจะเปิดกว้างออกเพื่อระบายความร้อนจากร่างกายทำให้มีเหงื่อออก ร่างกายจะเสียเหงื่อประมาณ 400-1,000 กรัมต่อการซาวน่า 1 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในร่างกาย ความสามารถในการหลั่งเหงื่อ ความร้อนและความชื้นในห้องซาวน่า

2. กระตุ้นการไหลเวียนเลือดและการทำงานของเมตาบอลิซึม จากการที่ร่างกายได้รับความร้อนและความเย็นสลับกันจะทำให้เกิดการขยายตัว (Vasodilation) และการหดตัว (Vasoconstriction) ของหลอดเลือดใต้ผิวหนังสลับกันทำให้เลือดไหลผ่านบริเวณผิวหนังเพิ่มขึ้น

3. ช่วยเคลื่อนย้ายของเสีย (Metabolic waster) ผลต่อเนื่องจากการที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การขยายและหดตัวของหลอดเลือดใต้ผิวหนังสลับกัน มีการไหลเวียนมากขึ้น เกิดการหมุนเวียนของเลือดช่วยนำของเสียออกไปกำจัดได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ จากการที่มีการเปิดของรูขุมขนจะทำให้มีเหงื่อออกมากกว่าปกติของเสียส่วนหนึ่งถูกขับออกมาพร้อมกับเหงื่อ

4. อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) อาจเพิ่มขึ้นถึง 120-130 ครั้งต่อนาที ปริมาณเลือดที่ถูกส่งออกจากหัวใจ (Cardiac output) เพิ่มขึ้น ความดันเลือดขณะหัวใจบีบตัว (Systolic) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

5. ระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) ทำงานมากขึ้น เนื่องจากร่างกายต้องปรับสภาพร่างกายเมื่อได้รับความร้อนและความเย็นสลับกันระบบประสาทถูกกระตุ้นอวัยวะที่ถูกควบคุมด้วยระบบประสาทชนิดนี้ โดยเฉพาะหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดสามารถปรับตัวต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ดีขึ้น

6. ฮอร์โมนต่าง ๆ โดยเฉพาะฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior pituitary) และจากต่อมหมวกไต (Adrenal gland) มีการทำงานเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมสมรรถภาพในการทำงาน

ประโยชน์ของการซาวน่า

1. กล้ามเนื้อผ่อนคลาย ลดการเกร็ง
2. เพิ่มการไหลเวียนเลือด
3. ช่วยขับถ่ายและระบายของเสียได้เร็วขึ้น
4. เพิ่มความยืดหยุ่นของข้อต่อและกล้ามเนื้อ
5. อาการเจ็บระบมกล้ามเนื้อลดลง
6. เร่งให้เกิดกระบวนการซ่อมแซมเร็วขึ้น
7. ระบบประสาทอัตโนมัติทำงานได้ดีขึ้น

อำพร ศรียาภัย (2544 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายแล้วทำให้เย็นลงด้วยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการซาวน่า ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาเพศชายของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี อายุระหว่าง 17-19 ปี จำนวน 15 คน ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานจนกระทั่งถึงระดับ Anaerobic threshold ให้หยุดปั่นแล้วทำการเจาะเลือดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทันที ต่อจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพัก 10 นาที และเจาะเลือดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจอีกครั้ง ทำการทดลองตามลำดับขั้นตอน

เดียวกัน โดยในการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 กลุ่มตัวอย่าง จะทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการซาวน่า ครั้งละ 10 นาที ตามลำดับ ทั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างพักระหว่างการทดลองแต่ละครั้งเป็นเวลา 1 วัน โดยทำการทดลองซ้ำ วิธีละ 3 ครั้ง

ผลการทดลองพบว่าระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายแล้วทำให้เย็นลงด้วยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการซาวน่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงหลังการทำให้เย็นลงด้วยการพักมีค่าเฉลี่ยของการลดลงน้อยที่สุด รองลงมาคือ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการซาวน่ามีค่าเฉลี่ยของการลดลงมากที่สุด

วิไลพร แข่งขัน (2549) ที่ทำการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ร่วมกับการซาวน่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 75 องศาเซลเซียส และการเดินบนลู่กลที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลชาย อายุ 19-22 ปี จำนวน 12 คน ทำการวิ่งบนลู่กลโดยกำหนดความหนักของการออกกำลังกายที่ร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้น ทำการฟื้นสภาพร่างกาย ผลการวิจัยพบว่า การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ร่วมกับการซาวน่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 75 องศาเซลเซียสมีผลทำให้กรดแลคติกลดลง

กรดแลคติกในเลือด

ประทุม ม่วงมี (2527) อธิบายไว้ว่า กรดแลคติก ถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอทำให้ Pyruvate ทำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้นปกติในเลือดจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ Karpovich (1971 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) อธิบายว่า ความสามารถสูงสุดของคนที่ฟิตที่จะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (บางรายตัวเลขอาจสูงขึ้นถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ภายหลังการออกกำลังกายที่เข้มข้นรุนแรงได้เริ่มขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยการสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวของร่างกายนั้นมีความเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อ การชดเชยออกซิเจนโดยพิจารณาจากออกซิเจนที่เป็นหนี้อยู่ (Oxygen debt) การ

ชดเชยพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในขณะฟื้นตัว และการเก็บสำรองออกซิเจนขึ้นมาใหม่ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) นอกจากการฟื้นตัวตามหลักการดังกล่าวแล้ว การกำจัดกรดแลคติกยังต้องอาศัยออกซิเจนในการสลายกรดแลคติก (Oxidation) ในกล้ามเนื้อโดยระบบไหลเวียนของเลือด ดังนั้น การที่กล้ามเนื้อจะได้รับออกซิเจนที่เพียงพอย่อมต้องได้รับเลือดที่เพียงพอด้วย ซึ่งหลักการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้กระบวนการการลดอุณหภูมิของกล้ามเนื้อภายในร่างกาย Astrand and Rodahl (1970 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) ได้สรุปไว้ ดังนี้

- ขณะออกกำลังกายชนิดเบา ๆ (Light exercise) การออกกำลังกายชนิดนี้มักไม่มีปัญหาเรื่องปริมาณของออกซิเจน เพราะออกซิเจนที่มีสะสมอยู่บ้างเล็กน้อยบวกกับออกซิเจนที่ระบบการหายใจและระบบไหลเวียนสามารถจะนำไปส่งยังกล้ามเนื้อมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างขึ้นน้อยมาก

- ขณะออกกำลังที่มีความเข้มข้นปานกลาง (Exercise of moderate intensity) ร่างกายสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกในระยะต้นของการออกกำลังกายจนกระทั่งกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกเข้ามามีบทบาทในการสร้างพลังงานแทนเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมาในระยะต้นของการออกกำลังกายจะฟุ้งกระจายเข้าสู่กระแสเลือด เมื่อการออกกำลังกายแบบนี้ดำเนินต่อไปด้วยปริมาณของกรดแลคติกจะลดน้อยลงถึงขั้นระดับที่เท่ากับร่างกายอยู่ในสภาวะพักผ่อน (Resting level) และการออกกำลังกายที่สามารถดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ เป็นชั่วโมงเลยทีเดียว

- ขณะออกกำลังกายที่หนัก (Heavy exercise) การออกกำลังกายแบบนี้จะเริ่มมีปัญหาเรื่องปริมาณของออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการที่จะนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน และทำให้กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมามากขึ้น และเป็นผลให้พบกรดชนิดนี้ในปริมาณที่สูงในกระแสเลือด ปริมาณที่สูงนี้จะคงอยู่ต่อไปตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย ผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายจะทนต่อการมีกรดแลคติกสูงได้ไม่ดี แต่สำหรับผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำได้รับการฝึกร่างกายให้แข็งแรงอยู่เสมอและมีแรงจูงใจสูงอาจออกกำลังกายในลักษณะนี้ได้ถึง 30 นาที หรืออาจมากกว่านี้ก็ได้

- ขณะออกกำลังกายหนักมาก (Severe exercise) การออกกำลังกายเช่นนี้มีปัญหามากขึ้น เพราะปริมาณของออกซิเจนไม่เพียงพอแก่ความต้องการ หรือปริมาณที่ขาดไป (Oxygen deficit) มีจำนวนมากขึ้น การออกกำลังกายเช่นนี้มักดำเนินต่อไปได้ไม่เกิน 2-3 นาที เพราะ

กล้ามเนื้อไม่สามารถทำหน้าที่ของมันต่อไปได้ ตัวอย่างของการออกกำลังกายเช่นนี้ ได้แก่ การแข่งขันวิ่งระยะทางสั้น เป็นต้น

นอกจากนี้กรดแลคติกจะถูกผลิตขึ้นมาขณะการออกกำลังกาย แต่ต้องใช้เวลาในการฟุ้งกระจายในกล้ามเนื้อออกไปสู่กระแสเลือดและเนื้อเยื่อภายในร่างกาย ดังนั้น เพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุดที่แท้จริงของกรดชนิดนี้จึงจำเป็นต้องนำตัวอย่างเลือดมาวิเคราะห์ปริมาณบ่อย ๆ ในช่วงเวลา 5-10 นาที ในเวลาหลังการออกกำลังกาย นอกจากนั้น อาจสังเกตได้จากปริมาณของกรดแลคติกที่ลดลงทีละน้อยนั้นต้องใช้เวลาราว 1 ชั่วโมง หรือมากกว่าก่อนที่จะลดปริมาณลงสู่ระดับปกติ (Crescitelli & Taylor, 1944 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527)

ขณะออกกำลังกายที่มีความหนักของงานระดับเบาถึงปานกลางนั้น พลังงานเกือบทั้งหมดได้มาจากกระบวนการที่ใช้ออกซิเจน โดยได้จากออกซิเจนที่เก็บไว้ในกล้ามเนื้อ ซึ่งอยู่ในรูปของไมโอโกลบิน (Myoglobin) รวมทั้งเลือดที่อยู่ในกล้ามเนื้อด้วย เป็นผลให้ไม่มีกรดแลคติกคั่งในร่างกายและความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายยังคงมีค่าเท่ากับขณะพัก (Hermansen, 1971 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) เมื่อออกกำลังกายกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ Carolyn and Lynn (1991 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ได้อธิบายว่า การล้าของกล้ามเนื้อที่มีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้งานนั้นมีหลายปัจจัย ได้แก่ การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือการที่มีกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อมาก ในการทำงานสูงสุดในช่วงสั้น ๆ อัตราของกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้น ยิ่งความหนักของงานเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของกรดแลคติกจะเกิดเร็วขึ้นจนถึงระดับที่ไม่สามารถทำงานได้ต่อไป

นอกจากนี้ กรดแลคติกสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้อีกเมื่อมีออกซิเจน โดยจะเปลี่ยน เป็นไพรูวิกแล้วจึงเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้จะต้องใช้ระยะเวลานานในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไป ส่วนออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากปัจจัยหนึ่ง โดยมีเลือดเป็นตัวกลางในการนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและยังช่วยนำของเสียออกมาจากกล้ามเนื้อ ดังนั้น การที่มีระบบไหลเวียนเลือดดีจะช่วยในการฟื้นตัวเร็วขึ้น เนื่องจากกรดแลคติกถูกเคลื่อนย้ายได้อย่างรวดเร็ว (อาริสร์ กาญจนศิลานนท์, 2552)

สรุปได้ว่า กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ Pyruvate ทำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ปกติในเลือดจะมีกรดแลคติกอยู่

10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ โดยคนที่ร่างกายฟิต จะมีความสามารถสูงสุดที่จะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้ถึง 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (บางรายอาจสูงขึ้นถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ ภายหลังการออกกำลังกายที่เข้มข้นรุนแรงได้เริ่มขึ้นกรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยการสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย เมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกายกรดแลคติกจะลดลงทีละน้อย ซึ่งในการประเมินระดับแลคเตทในเลือด จะต้องมีการตรวจวิเคราะห์เลือดบ่อย ๆ ในช่วง 5-10 นาทีแรก และภายใน 1 ชั่วโมงหลังออกกำลังกาย (อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

บทบาทของกรดแลคติกในการออกกำลังกาย

Karlsson et al. (1981 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) อธิบายว่า กรดแลคติกเป็นของเสีย (Waste products) จากขบวนการไกลโคไลซีส (Glycolysis) ในระหว่างการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางถึงสูงสุด ได้มีผู้วิจัยและศึกษาเกี่ยวกับการเกิดกรดแลคติกในขณะพักและออกกำลังกาย พบว่าในขณะพักขบวนการไกลโคไลติค (Glycolytic) จะดำเนินไปอย่างช้า ๆ ระดับของกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อจะมีอยู่เพียงเล็กน้อย พบว่าในขณะพักความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อเป็น 1.4 มิลลิโมล ขณะออกกำลังกายที่มีความหนักของงานระดับเบาถึงปานกลางนั้น พลังงานเกือบทั้งหมดได้มาจากขบวนการที่ใช้ออกซิเจนโดยได้จากออกซิเจนที่เก็บไว้ในกล้ามเนื้อ ซึ่งอยู่ในรูปของไมโอโกลบิน (Myoglobin) รวมทั้งเลือดที่อยู่ในกล้ามเนื้อด้วย เป็นผลให้ไม่มีกรดแลคติกคั่งในร่างกายและความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายยังคงมีค่าเท่ากับขณะพัก เมื่อออกกำลังกายกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ

Carolyn and Lynn (1991 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) อธิบายว่า การล้าของกล้ามเนื้อที่มีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้งานนั้นมีหลายปัจจัย ได้แก่ การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือการที่มีกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อมาก ในการทำงานสูงสุดในช่วงสั้น ๆ อัตราของกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้น ยิ่งความหนักของงานเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของกรดแลคติกจะเกิดเร็วขึ้นจนถึงระดับที่ไม่สามารถทำงานได้ต่อไป

Sairyo et al. (2003 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ที่ศึกษาผลของการฟื้นตัวที่มีต่อการเผาผลาญพลังงานภายในกล้ามเนื้อ โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายที่ความหนักสูงในท่า Forearm fexors ภายหลังการออกกำลังกาย ให้กลุ่มตัวอย่างฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก เปรียบเทียบกับการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรม เป็นเวลา 10 นาที ผลการทดลองพบว่าการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้ความเป็นกรดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการฟื้นตัวด้วย

การนั่งพัก แสดงว่าการออกกำลังกายเบา ๆ จะส่งผลให้การฟื้นตัวจากความเป็นกรดในกล้ามเนื้อได้ดีขึ้นภายหลังการออกกำลังกาย

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ได้กล่าวถึงรูปแบบในการออกกำลังไว้ดังต่อไปนี้

1. ในการออกกำลังกายอย่างเบา (Light exercise) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก 2-4 มิลลิโมลต่อลิตร (ร้อยละ 40-49 ของ $V\square O_2max$) กล้ามเนื้อใช้ออกซิเจนที่เก็บไว้ในกล้ามเนื้อเอง รวมถึงออกซิเจนที่ได้รับจากการหายใจและการไหลเวียนเลือดก็เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกายประเภทนี้จึงไม่พบกรดแลคติกมากกว่าภาวะปกติ

2. การออกกำลังกายปานกลาง (Exercise of moderate intensity) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก 4-8 มิลลิโมลต่อลิตร (ร้อยละ 50-74 ของ $V\square O_2max$) ในระยะต้นต้องใช้แอนแอโรบิกเมตาบอลิซึมด้วยจนกว่าแอโรบิกเมตาบอลิซึมจะปรับตัวมาทดแทนได้หมด กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะแพร่กระจายเข้าไปในเลือดดำ และอาจตรวจพบในเลือดแดงด้วยถ้าจำนวนกรดแลคติกที่เกิดขึ้นมากพอ เมื่อการออกกำลังกายดำเนินต่อไปกรดแลคติกจะลดลงสู่ระดับปกติและทำให้ทำงานต่อไปได้หลายชั่วโมง

3. การออกกำลังกายอย่างหนัก (Heavy exercise) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก 8-12 มิลลิโมลต่อลิตร ขึ้นไป (ร้อยละ 75-84 ของ $V\square O_2max$) กรดแลคติกในเลือดมีความเข้มข้นมากกว่า และยังคงสูงอยู่ตลอดระยะการทำงานแต่สามารถทำงานได้ถึง 30 นาที หรือนานกว่านั้น

4. ในการออกกำลังกายอย่างหนักมาก (Severe exercise) ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก 12-20 มิลลิโมลต่อลิตร ขึ้นไป (มากกว่าร้อยละ 80 ของ $V\square O_2max$) จำนวนออกซิเจนที่ขาดจะขาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และกรดแลคติกในเลือดก็เพิ่มขึ้นมาก การออกกำลังกายชนิดนี้ไม่สามารถทำต่อไปได้เกิน 2-3 นาที

Astrand and Rodahl (1986 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ได้ทำการวิจัยถึงการสลายตัวของกรดแลคติก พบว่า กรดแลคติกเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อก่อนแล้วแพร่ กระจายออกมาในกระแสเลือด หลังจากการฟื้นตัวแล้ว 5 นาที ความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อที่ทำงานจะใกล้เคียงกับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดแล้วกลับสู่สภาวะปกติ (เท่ากับขณะพัก) เมื่อเวลาผ่านไป 58 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ

Karlsson (1987 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) พบว่ากรดแลคติกจะสลายในกล้ามเนื้อได้เร็วกว่าในเลือดเล็กน้อยและถ้ามีการสะสมไว้เป็นจำนวนมากกล้ามเนื้อจะไม่สามารถทำงานต่อไปได้ โดยปกติในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกคออกไปออกซิเจนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากปัจจัยหนึ่งโดยมีเลือดเป็นตัวกลางในการนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และยังช่วยนำของเสียออกมาจากกล้ามเนื้อ ดังนั้น การที่มีระบบไหลเวียนเลือดดีจะช่วยให้การฟื้นตัวเกิดเร็วขึ้นกรดแลคติกถูกกำจัดออกไปได้เร็วในขณะพักร่างกายใช้ระบบแอโรบิกเพียงระบบเดียวในการให้พลังงานพบว่ามีกรดแลคติกเกิดขึ้นในเลือดเล็กน้อย และมีจำนวนคงที่คือ 10 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ปอดและหัวใจสามารถขนส่งออกซิเจนได้เพียงพอจึงไม่เกิดการคั่งของกรดแลคติก ในขณะพักการใช้ออกซิเจน 0.3 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นค่าคงที่และเพียงพอในการสังเคราะห์ ATP ทำให้กรดแลคติกในเลือดอยู่ในระดับปกติคือ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (10 มิลลิกรัมต่อเลือด100 มิลลิลิตร) (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548)

Newman et al. (1937 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) อธิบายว่า ปริมาณของกรดแลคติกจะลดลงเร็วยิ่งขึ้นหากนักกีฬาออกกำลังกายเบา ๆ ภายหลังการออกกำลังกายหนักได้สิ้นสุดลง การค้นพบนี้ก็น่าเชื่อตรงที่ว่า ขณะออกกำลังกายเบา ๆ (ซึ่งร่างกายไม่สร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น) กระแสเลือดไหลเวียนเร็วกว่าขณะอยู่เฉย ๆ จึงมีออกซิเจนไปช่วยเผาผลาญกรดแลคติกมากขึ้น นอกจากนั้นยังน่าจะทำให้กรดแลคติกถูกขนส่งไปยังตับ ไต หัวใจได้เร็วขึ้น ทำให้ปริมาณของกรดแลคติกในร่างกายลดลงสู่ปริมาณปกติเร็วขึ้น

สรุปได้ว่า ค่าปกติของปริมาณแลคเตทในเลือดขณะพักมีค่าระหว่าง 0.5-2.2 มิลลิโมลต่อลิตร หรือประมาณ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ขณะออกกำลังกายจนหมดแรง จะพบว่ามีปริมาณแลคติกในเลือดมีค่า 20-30 มิลลิโมลต่อลิตร ในขณะออกกำลังกายกรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นในระยะ 2-3 นาที ของการออกกำลังอย่างหนัก ซึ่งกรดแลคติกอาจถูกผลิตขึ้นมาถึง 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ หรืออาจมากกว่าในผู้ที่มีร่างกายไม่ฟิต (อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

สำหรับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก (Lactic acid removal) และการใช้หนี้ออกซิเจนในระยะหลัง (Lactacid oxygen debt) ในช่วงของการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายเป็นการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อและเลือดที่จำเป็นต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนย้าย โดยพลังงานส่วนใหญ่ได้มาจากระบบการสร้างพลังงานที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ กรดแลคติกสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ และกรดแลคติกจะถูกเปลี่ยนไปเก็บไว้ในส่วน

ต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ไกลโคเจนในตับ กลูโคสในเลือดและเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ในส่วนอื่น ๆ กรดแลคติกสามารถที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาผลาญอาหารโดยการแตกตัวของพลังงานที่ใช้ออกซิเจน เพื่อจัดเตรียมเอทีพี (ATP) ที่กระดูก กล้ามเนื้อหัวใจ ตับและเนื้อเยื่อไต สามารถเปลี่ยนกรดแลคติกให้กลับเป็นเชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้ กรดแลคติกจะถูกผลิตขึ้นมาขณะการออกกำลังกาย แต่ต้องใช้เวลาในการฟุ้งกระจายในกล้ามเนื้อออกไปสู่กระแสเลือดและเนื้อเยื่อภายในร่างกาย ดังนั้น เพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุดที่แท้จริงของกรดชนิดนี้จึงจำเป็นต้องนำตัวอย่างเลือดมาวิเคราะห์ปริมาณบ่อย ๆ ในช่วงเวลา 5-10 นาที หลังการออกกำลังกาย นอกจากนั้น อาจสังเกตได้จากปริมาณของกรดแลคติกที่ลดลงทีละน้อยนั้นต้องใช้เวลาราว 1 ชั่วโมง หรือมากกว่าก่อนที่จะลดปริมาณลงสู่ระดับปกติ (อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) คือ การที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังได้ตามที่คาดหมายไว้ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536) สอดคล้องกับประทุม ม่วงมี (2527 อ้างถึงใน กวิน พิกุลงาม, 2550) ที่อธิบายว่า ความเมื่อย (Fatigue) หมายถึง การที่ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงอันเป็นผลเนื่องมาจากงานที่ทำ เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้ความสามารถทางกายลดลง

Karpovich (1953 อ้างถึงใน กวิน พิกุลงาม, 2550) อธิบายว่า ความเมื่อยล้ามีอยู่ 2 ชนิด คือ ทางด้านร่างกายจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อและทางด้านจิตใจ โดยระดับของการล้าเป็นผลมาจากการทำงานของจิตใจ ความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ หมายถึง กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีประสิทธิภาพ หรือกำลังได้เท่าเดิม ภายหลังจากการที่กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นซ้ำ ๆ เป็นเวลานาน ๆ หรือถูกกระตุ้นด้วยความถี่สูง ซึ่งจะพบว่ามีผลทำให้ความเร็วของการหดตัวลดลง ระยะเวลาคลายตัวช้าลงทั้ง ๆ ที่ยังถูกกระตุ้นอยู่ การล้าของกล้ามเนื้อเป็นผลรวมทางด้านจิตใจและร่างกายไว้ด้วยกันมักเกิดขึ้นหลังจากการที่มีการออกกำลังกายอย่างหนัก หรือมีการใช้สมองมากเกินไป การล้าของกล้ามเนื้ออาจเกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่งก็ได้ เช่น การล้าเนื่องจากระบบประสาทส่วนกลาง และการล้าที่เซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง

เชื่อว่าการล้าที่แท้จริงเกิดขึ้นที่เซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการขาดออกซิเจนและ ATP การเพิ่มปริมาณของกรดแลคติกจะทำให้การทำงานของเอนไซม์ ATPase ในเซลล์กล้ามเนื้อเสียไป นอกจากนี้ H^+ ที่เกิดจากกรดจะแย่ง Ca^{++} ในการจับ โทรโพนินซี ดังนั้น วงจรการหดตัวคลายตัวจึงไม่เกิดขึ้น และการลดลงของ pH ทำให้การหลั่ง Ca^{++} จาก SR น้อยลง

ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะทำให้เกิดความเจ็บปวดในกล้ามเนื้อ เพราะว่าขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวแรงดันที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อจะสูงมากกว่าความดันเลือดทำให้การไหลของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานหยุดลง และการสะสมของสารที่เรียกว่า “ปัจจัย พี” ซึ่งจะไปกระตุ้นตัวรับสัญญาณความเจ็บปวดทำให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวดได้ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

Grandjean (1988 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) อธิบายว่า เมื่อร่างกายเรามีอาการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อนั้น เราสามารถทราบได้จาก

1. อาการที่พบเห็นได้ด้วยตาเปล่า คือ ความสามารถในการกระทำกิจกรรมนั้น ๆ ลดลง
2. การเปลี่ยนแปลงด้านชีวเคมีจะเกิดกรดแลคติกและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดมากขึ้น
3. ปรากฏการณ์ทางสรีระไฟฟ้า เมื่อกล้ามเนื้อทำงานจนอ่อนล้าจะเกิดการกระตุ้นทางไฟฟ้าที่ผิวหนังซึ่งเป็นผลมาจากระบบประสาทส่วนกลาง
4. คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromygram) ของกล้ามเนื้อที่ล้า

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) คือ การที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังที่คาดหมายได้ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ซึ่งอาจเป็นเหตุจากความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนนอก (Peripheral fatigue) หรือจากความเมื่อยล้าของระบบประสาทส่วนกลาง (Central fatigue) ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับระดับความหนักของงานและระยะเวลาที่กำหนดให้ การทำงานที่ระดับความหนักของกล้ามเนื้อใน 10 วินาทีแรก เกิดจากการหดตัวและการคลายตัวอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อทำให้ร่างกายไม่สามารถนำเอา ATP ที่สะสมไปใช้ได้ทัน ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อช้าลงและหยุดทำงานในที่สุด

Astrand and Rodahl (1986 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) กล่าวว่าสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า คือ กรดแลคติก (Lactic acid) ถ้าร่างกายสามารถขจัดหรือเคลื่อนย้ายออกไปจากร่างกายได้เร็ว ก็จะส่งผลให้ร่างกายเกิดการฟื้นคืนสภาพสู่สภาวะปกติได้เร็ว สอดคล้องกับ Pauletto (1991 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) อธิบายว่า อาการล้าของกล้ามเนื้อเป็นผลจากการฝึกที่หนัก ถ้าอาการล้ายังมีอยู่จะทำให้มีอาการของการฝึกที่หนักมากเกินไป (Over training) การพักระหว่างการฝึกทำให้กล้ามเนื้อล้าน้อยลง

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

มีปัจจัยหลายอย่างทางด้านกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการล้า (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

1. มีการคั่งของกรดแลคติก เชื่อกันมานานว่าการคั่งของกรดแลคติกจากการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้ล้าได้ เมื่อกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการล้าได้ เนื่องจากมีกรดแลคติกเกิดขึ้นมาก เมื่อมีกรดแลคติกคั่งค้างมากภายในเซลล์จะเป็นกรดมากขึ้น จึงทำให้การปล่อยแคลเซียมลดน้อยลง

2. การหมดไปของ ATP PC ที่สะสมไว้

3. การหมดไปของไกลโคเจนที่สะสมไว้

4. การขาดออกซิเจนและการที่กล้ามเนื้อมีเลือดมาเลี้ยงไม่เพียงพอ

การทำงานของกล้ามเนื้อจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการควบคุมจากระบบประสาท การหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะอยู่ภายใต้อำนาจของจิตใจ กล้ามเนื้อแต่ละมัดมีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงมากมายเส้นประสาทแต่ละเส้นที่มายังกล้ามเนื้อจะแตกออกเป็นแขนงย่อย ๆ ไปเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อจำนวนมาก เส้นประสาทยนต์ (Motor neuron) หนึ่งเซลล์ และกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อที่ถูกหล่อเลี้ยงด้วยประสาทยนต์นั้น ๆ จะประกอบขึ้นเป็นหนึ่งหน่วยยนต์ (Motor unit) ขนาดของหน่วยยนต์จะแปรผันไปได้ตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อและงานที่กล้ามเนื้อต้องทำ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

การหดตัวของกล้ามเนื้อลายปกตินั้นเซลล์กล้ามเนื้อจะไม่หดตัวทีละเซลล์ แต่การทำงานของกล้ามเนื้อนั้น เกิดจากการหดตัวอย่างพร้อมเพรียงกันของกลุ่มเซลล์กล้ามเนื้อซึ่งเลี้ยงโดยแขนงของเส้นประสาทยนต์อย่างเดียว ที่เรียกว่า “หน่วยยนต์” ซึ่งหน่วยยนต์ถือเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดและสามารถกระตุ้นให้เกิดการหดตัวได้ หน่วยยนต์แต่ละหน่วยสามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยความแข็งแรงของสิ่งกระตุ้นที่แตกต่างกัน ระดับความแข็งแรงของสิ่งกระตุ้นที่ทำให้เห็นการเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียกว่า “เทรดโชด์” (Threshold) หน่วยยนต์ที่มีเทรดโชด์ต่ำจะถูกกระตุ้นก่อนทำให้มีขนาดแรงตึงในกล้ามเนื้อระดับหนึ่งถ้าให้ความแข็งแรงของสิ่งกระตุ้นสูงพอทุก ๆ หน่วยยนต์จะทำงานพร้อมเพรียงกันทำให้ได้แรงตึงที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุดเรียกการทำงานร่วมกันของมอร์เตอร์ทุก ๆ ยูนิต ว่า “การรวมกันของมอร์เตอร์ยูนิต” (Sammamtion of motor unit หรือ Recruitment of motor unit) (ณัฐธิดา บังเมฆ, 2547 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536 อ้างถึงใน กวิน พิกุลงาม, 2550) อธิบายว่า ตำแหน่งที่เป็นสาเหตุของอาการล้า คือ

1. Neuromuscular junction พบว่า บริเวณรอยต่อของประสาทและกล้ามเนื้อเป็นต้นตอที่ก่อให้เกิดอาการล้า การล้าชนิดนี้พบได้บ่อยในหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ส่วนกลไกนั้นเชื่อว่า เกิดจากสารสื่อประสาท คือ อะเซติลโคลีน (Acetylcholine) ลดน้อยลง

2. ระบบประสาท พบว่าเป็นต้นตออย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการล้า สาเหตุมาจากมี Sensory feed back จากกล้ามเนื้อที่หดตัวในเรื่องแรง หรือความตึง ความปวด กลับไปยังสมองหรือไขสันหลังไปยับยั้งมอเตอร์นิวรอน ให้ลดการทำงานลงเป็นผลให้ลดการหดตัวของกล้ามเนื้อมัดนั้น

3. Contractile mechanism เกิดจากกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ

3.1 การหมดไปของ ATP และ PC ที่เก็บสะสมไว้

3.2 การหมดไปของไกลโคเจนที่สะสมไว้ มีการพบว่าเมื่อออกกำลังกายระยะยาว เช่น มากกว่า 30 นาที จะทำให้ไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปเกือบหมด จึงเชื่อว่าเป็นต้นตอของการล้า

3.3 การคั่งของกรดแลคติก ทำให้ Peak tension ลดลง ทำให้เกิดความเป็นกรดภายในเซลล์มากขึ้น จึงทำให้การปล่อยแคลเซียม (Ca^{+}) จาก Sarcoplasmic reticulum ลดน้อยลง และยังรบกวนต่อ Ca^{++} Troponin blinding capacity นอกจากนี้ ยังยับยั้ง Phosphofructokinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญของ Anaerobic glycolysis ดังนั้น ถ้ากรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อมากเกินไปจะทำให้แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้าง่าย ซึ่งอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้ โดยวิธีการที่จะเพิ่มอัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็วจะทำให้ความสามารถของนักกีฬาเพิ่มสูงขึ้น

การเคลื่อนย้ายกรดแลคติก

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ได้กล่าวถึง การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก จะมีกรดแลคติกคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดทำให้มีการเหนื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไป ดังนี้

1. อัตราเร็วของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อ โดยปั่นจักรยานวัดงานเป็นเวลา 1 นาที และพัก 5 นาที ทำสลับกัน 5 ชุด และในขณะพักให้ผู้ถูกทดลองนั่งพักโดยไม่

ทำอะไรเลย เรียกว่า “การฟื้นตัวโดยการพัก” (Rest recovery) สังเกตได้ว่าจะต้องการเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ ซึ่งโดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าจะต้องการเวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัว โดยการพักภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อที่จะเคลื่อนย้ายกรดที่คั่งอยู่ให้ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง

2. ผลของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวต่ออัตราของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น ได้มีการพบว่าถ้าให้ผู้ออกกำลังเบา ๆ แทนที่จะให้อยู่เฉย ๆ จะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือด และกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้เร็วกว่า ระยะการฟื้นตัวที่มีการออกกำลังกายเบา ๆ นี้เรียกว่า “การฟื้นตัวโดยการให้ออกกำลัง” (Exercise recovery) โดยทดลองวิ่งระยะทาง 1 ไมล์ (วันเว้นวัน) และจัดให้มีการฟื้นตัวที่แตกต่างกันคือ

2.1 ให้นั่งพัก

2.2 ให้ออกกำลังกายติดต่อกันไปโดยให้วิ่งเหยาะ ๆ

2.3 ให้ออกกำลังเป็นพัก ๆ พบว่าการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัว ทำให้อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ออกจากเลือดได้เร็วที่สุด

3. สรีรวิทยาการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ในทางสรีรวิทยาการกำจัดกรดแลคติกสามารถกำจัดได้หลายกระบวนการ ดังนี้

3.1 ขับถ่ายออกทางปัสสาวะ เหงื่อ ซึ่งเป็นไปได้น้อยมาก ประมาณ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

3.2 การเปลี่ยนไปเป็นกลูโคส และ/ หรือ ไกลโคเจน เนื่องจากกรดแลคติก เป็นผลิตผลจากการสลายคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น จึงสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นไกลโคเจน และกลูโคสได้ในตับ รวมทั้งเปลี่ยนไปเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้ด้วย แต่อย่างไรก็ดี การสร้างไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับนั้นเกิดได้ช้ามาก เมื่อเทียบกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกด้วยวิธีอื่น ดังนั้น จึงมีบทบาทน้อย

3.3 การเปลี่ยนแปลงไปเป็นโปรตีน วิธีนี้เป็นไปได้น้อยในทันทีของระยะฟื้นตัว

3.4 ออกซิเดชั่น (Oxidation) และการเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ กรดแลคติกสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมในระบบออกซิเจน ซึ่งเกิดในกล้ามเนื้อลายเป็นส่วนใหญ่ และที่กล้ามเนื้อหัวใจ สมอง ตับ ไต กรดแลคติกจะเปลี่ยนไปเป็นกรดไพรูวิก คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งมีบทบาทสำคัญที่สุดในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย อวัยวะที่สำคัญในการออกซิไดซ์กรดแลคติกคือ กล้ามเนื้อลายโดยเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Red fiber) จะสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้ดีกว่าเส้นใยชนิด

หดตัวเร็ว (White fiber) สอดคล้องกับ Hermansen and Vaage (1977 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในการออกกำลังกายเป็นช่วง ๆ โดยกรดแลคติกจะเพิ่มจาก 1.3+0.3 มิลลิโมลต่อลิตร ขณะพักก่อนออกกำลังกายถึง 20.9+1.2 มิลลิโมลต่อลิตร หลังจากหยุดออกกำลังกาย และระดับกรดแลคติกในเลือดจะคงที่อยู่ในระยะเวลาประมาณ 5 นาที โดยกรดแลคติกจะสลายไปได้ 2 ทาง คือ

3.4.1 ออกซิเดชั่น (ร้อยละ 40) โดยผ่านเข้าวัฏจักรเครบส์

3.4.2 กระบวนการกลูโคนิโอเจนิสิส (ร้อยละ 50) ซึ่งเปลี่ยนเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ที่ตับและเนื้อเยื่ออื่น อีกร้อยละ 10

การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากกล้ามเนื้อและเลือดในช่วงของการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย จำเป็นต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนย้าย ซึ่งพลังงานส่วนใหญ่มาจากการสร้างพลังงานที่มีออกซิเจนอย่างเพียงพอ กรดแลคติกสามารถที่จะเปลี่ยนกลับไปเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อนอกจากนั้นจะเปลี่ยนไปเก็บไว้ในส่วนต่าง ๆ เช่น ไกลโคเจนในตับ กลูโคสในเลือด และเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ในส่วนอื่น ๆ กรดแลคติกสามารถที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาผลาญอาหารโดยการแตกตัวของพลังงานที่ใช้ออกซิเจนเพื่อจัดเตรียมเอทีพีที่กระดูกกล้ามเนื้อหัวใจ ตับและเนื้อเยื่อไตสามารถใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกให้กลับไปเป็นเชื้อเพลิงได้ ซึ่งเหตุผลส่วนใหญ่สำหรับการชำระหนี้ของกรดแลคติกที่ถูกเคลื่อนย้ายระหว่างการฟื้นตัวคือสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้นั่นเอง (ภาสกร บุญนิยม, 2533 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552)

Gupta et al. (1996 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ได้ทำการศึกษาผลของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายโดยให้กลุ่มตัวอย่าง เพศชาย จำนวน 10 คน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ ที่ระดับร้อยละ 150 ของ $V\square O_2max$ หลังจากการออกกำลังกายให้กลุ่มตัวอย่างฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก เป็นเวลา 40 นาที เปรียบเทียบกับการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมด้วยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ ที่ระดับร้อยละ 30 ของ $V\square O_2max$ เป็นเวลา 40 นาที และการฟื้นตัวด้วยการนวดเป็นเวลา 10 นาที ระหว่างการฟื้นตัวจะเจาะเลือดหลังจากออกกำลังทันที นาทีที่ 3, 5, 10, 20, 30 และ 40 ผลการทดลองพบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและนาทีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากนาทีที่ 5 พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วกว่าการฟื้นตัวด้วยการนั่งพักและการนวด

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

สมรรถภาพการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช่ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะขบวนการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ สามารถประเมินได้โดยใช้การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุดในเวลาสั้นที่สุด เกิดการแตกตัวของฟอสฟาเจนที่สูงมากในกล้ามเนื้อใช้พลังงานแบบ ATP-PC

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนเพียงพอใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว

การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) โดยสถาบันวินเกต (Wingate institute) เป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล เป็นผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้นเพื่อวัดพลัง และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก โดยการปั่นจักรยานทดสอบซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย หลักการของการทดสอบการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกคือการให้ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายด้วยความหนักที่สูง วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบปั่นจักรยานวอร์มอัพประมาณ 3-5 นาที ด้วยความเร็วสูงโดยไม่มีแรงต้าน หลังจากนั้น จะปรับแรงต้านเพิ่มขึ้น (0.067 x น้ำหนักตัว) ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงปั่นให้เร็วที่สุด พร้อมกับการนับจำนวนรอบปั่นทุก ๆ 5 วินาที จนครบ 30 วินาที แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเข้าสูตรการคำนวณตามวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก การทดสอบนี้มีความเที่ยงตรง สามารถนำไปทำนายพลังและสมรรถเชิงแอนแอโรบิกเพราะมีความสัมพันธ์กันระหว่างพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกกับค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกของ ATP และ Glycolysis system ในกล้ามเนื้อ โดยจะสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้ (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

1. ค่าของงานที่ทำได้สูงสุด (Peak Power Output: PP) เป็นค่าพลังงานสูงสุดที่วัดได้จากช่วง 5 วินาที ของการออกกำลังกาย บ่งชี้ถึงความสามารถในการสร้างกำลังงานของระบบพลังงานแบบฉับพลัน โดยคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{Peak power output} = \frac{\text{แรง x ระยะทาง (จำนวนรอบ + 6 เมตร)}}{\text{เวลาเป็นนาที (5 วินาที = 0.0833 นาที)}}$$

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะของพลัง หรือการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นค่าของงานที่ทำได้สำเร็จในระยะเวลา 30 วินาที คำนวณได้จากสูตร

Anaerobic capacity = แรง x ระยะทางรวมทั้งหมด 30 วินาที

3. ค่าความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะของพลัง ต่อมวลของร่างกาย (Relative anaerobic capacity) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Relative anaerobic capacity} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของกำลังงานที่ทำได้ใน 30 วินาที}}{\text{มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)}}$$

4. ความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ทำได้สูงสุดต่อมวลของร่างกาย (Relative Peak Power Output: RPP) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Relative Peak Power Output} = \frac{\text{กำลังงานที่ทำได้สูงสุด}}{\text{มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)}}$$

5. ร้อยละของดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatiuge index) คือ ร้อยละของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณได้จากสูตร

$$\%\ \text{Fatiuge index} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด}) \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา โดยผู้วิจัยได้นำวิธีการฟื้นตัวไปทดลองใช้กับนักกีฬาที่มีลักษณะเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง และได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก ของมหาวิทยาลัยบูรพา เพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการคัดเลือกและการอาสาสมัคร เป็นผู้มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q) และผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์ โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) และแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 15 คน (คือกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย) ทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V\square O_2max$) ด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง (A□strand-Rhyming test) เพื่อที่จะแบ่งกลุ่มออกเป็น
2 กลุ่ม โดยการเรียงลำดับจากค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และทำการหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่ม หากไม่เท่ากันจะทำการเรียงลำดับและหาค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มใหม่จนกว่าจะไม่แตกต่างกันของทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้รูปแบบการทดลอง 2 รูปแบบ

1. แบบการวัดภายในกลุ่ม (Within-subjects design) เป็นการทดลองที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว และได้รับการทดลองทุก ๆ การทดลองที่ต้องการศึกษา ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงได้รับการวัดซ้ำ (Repeated-measures) ตามจำนวนการทดลอง วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณคือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent samples)

2. แบบการวัดระหว่างกลุ่ม (Between-subjects design) เป็นการทดลองที่มีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับของตัวแปรต้น (Independent-group) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจะเป็น

อิสระจากกันและได้รับการทดลองที่แตกต่างกัน วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณคือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (t-test for independent samples) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553)

เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก ของมหาวิทยาลัยบูรพา เพศชาย อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการคัดเลือกและการอาสาสมัคร ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เป็นผู้มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อ ที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัยยินยอมให้ทำการเจาะเลือด และให้ความร่วมมือตลอดจนสิ้นสุดการทำวิจัย

เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างไม่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัย และ/ หรือ ในการทดลองทุกขั้นตอน ไม่กระทำอย่างเต็มความสามารถ หรือเกิดการบาดเจ็บทำให้ไม่สามารถทำการทดลองได้ และกลุ่มตัวอย่างมีสิทธิ์ขอถอนตัวจากการทดลองได้ตลอดเวลา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย 2 กลุ่ม ดังนี้

1.1 กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ และดื่มน้ำเปล่าที่อุณหภูมิปกติ 1 ชั่วโมง ซึ่งการนั่งเป็นการฟื้นสภาพร่างกายที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยจะเป็นการให้ระบบต่าง ๆ มีการฟื้นสภาพตามธรรมชาติ เป็นการลดการทำงานของร่างกายลงอย่างฉับพลัน โดยหลังจากที่ร่างกายมีออกกำลังกายที่มีความหนักสูงแล้วเมื่อนั่งพักร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพร่างกาย เช่น การสังเคราะห์เอทีพี (ATP) หรือการกำจัดของเสีย เช่น กรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด (พิชิต ภูติจันทร์, 2535 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

1.2 กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย ขั้นตอนดังนี้

1.2.1 เดินช้า ๆ (ณธพล ทองธนภัทร, 2553) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Nelson & Jouko, 2007) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 นาที

1.2.2 นั่งพักโดยการแช่เท้าในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) โดยการแช่เท้าในน้ำเย็น 3 นาที และพัก 2 นาที จำนวน 2 เซต (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) ร่วมกับใช้ผ้าชุบน้ำเย็นเช็ดตัว (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) (สุภาพร โกเมนเอก, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) และดื่มน้ำเย็น (อุณหภูมิ

ประมาณ 10 องศาเซลเซียส) (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที

1.2.3 นอนพักที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส (ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ร่วมกับการฟังเพลงคัดสรรที่จังหวะของเสียงที่ 60-80 ครั้งต่อนาที (นาตยา หงส์ศิลา, 2549) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาที

2. เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบร่างกาย

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ Tanita รุ่น UM-051 หน่วยเป็นกิโลกรัม

2.2 เครื่องวัดส่วนสูง หน่วยเป็นเซนติเมตร

2.3 เครื่องวัดความดันโลหิต ยี่ห้อ OMRON รุ่น SEM-1

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกาย

3.1 จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ยี่ห้อโมนาร์ค (Monark) รุ่น 828E

3.2 โปรแกรมทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

3.3 นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W

3.4 เครื่องให้จังหวะ (Metronome) ยี่ห้อ JOYO รุ่น JMT-555B

3.5 เครื่องตรวจฟังหรือหูฟัง (Stethoscope)

3.6 เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และอัตราการเต้นของหัวใจ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

4.1 เครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Lactate SCOUT

4.2 แผ่นวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Lactate SCOUT

4.3 ถุงมือยาง สำลี แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ พลาสเตอร์และเข็มเจาะเลือด (Blood lancets)

5. เครื่องมือที่ใช้ในการฟื้นสภาพร่างกาย

5.1 ผ้าขนหนู กระติกใส่น้ำผสมน้ำแข็งเพื่อเช็ดตัว

5.2 กล่องโฟมใส่น้ำผสมน้ำแข็งสำหรับแช่เท้า

5.3 น้ำดื่ม ถังใส่น้ำแข็งเพื่อใช้แช่น้ำดื่ม

5.4 หมอนและเบาะรองนอน

5.5 เครื่องเล่น MP3 ยี่ห้อ Philips รุ่น SA1VBE04K/97 และลำโพงยี่ห้อ Rizz

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

6.1 เครื่องวัดอุณหภูมิของเหลวเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท (Glass thermometer) รุ่น SK-0260-00

6.2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ KTJ รุ่น TA-218

7. ใบบันทึกผลการทดสอบ

วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สถานที่ทำการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 ห้องปฏิบัติการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Laboratory of physical fitness test) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

1.2 ห้องวิทยาศาสตร์การกีฬา 1 (FSS1) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

1.3 บริเวณลานกิจกรรมหน้าห้องปฏิบัติการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Laboratory of physical fitness test) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

2. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ผู้ช่วยดำเนินการวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการเวลา 08.00 น. เพื่อประชุม อธิบายและชี้แจงรายละเอียด เพื่อเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ ลำดับขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย รวมถึงข้อตกลงต่าง ๆ ระหว่างการเข้าร่วมทำการวิจัยในครั้งนี้

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการเวลา 08.00 น. เพื่อประชุม อธิบาย และชี้แจงรายละเอียดให้กลุ่มตัวอย่างและผู้ช่วยดำเนินการวิจัย เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ ลำดับขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย รวมถึงข้อตกลงต่าง ๆ ระหว่างการเข้าร่วมทำการวิจัยในครั้งนี้ และให้กลุ่มตัวอย่างลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2.3 ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นก่อนทำการวิจัยและค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ ชั่งน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) วัดส่วนสูง (เซนติเมตร) และนั่งพักเป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำการวัดดันโลหิตและอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (โดยก่อนทำการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬาทุกประเภท งดแอลกอฮอล์ บุหรี่ และ

เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ก่อนเข้ารับการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และงดการบริโภคอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลองและระหว่างการทดลอง)

2.4 ทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง

2.5 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งพักจนอัตราการเต้นของหัวใจใกล้เคียงกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

2.6 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนโรบิก และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก บันทึกค่า ครั้งที่ 1

2.7 พัก 1 สัปดาห์

2.8 อบอุ่นร่างกายและออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานตามวิธีการของ A□strand cycle ergometer maximal test (ขณะออกกำลังกายทำการตรวจสอบว่ากลุ่มตัวอย่างทำเต็มความสามารถหรือไม่ โดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจให้มีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ระดับร้อยละ 90-95 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด)

2.9 เจาะเลือดหาค่ากรดแลคติก ครั้งที่ 1

2.10 วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ครั้งที่ 1

2.11 ทำการฟื้นตัวด้วยวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่ระยะเวลาต่างกัน ดังนี้

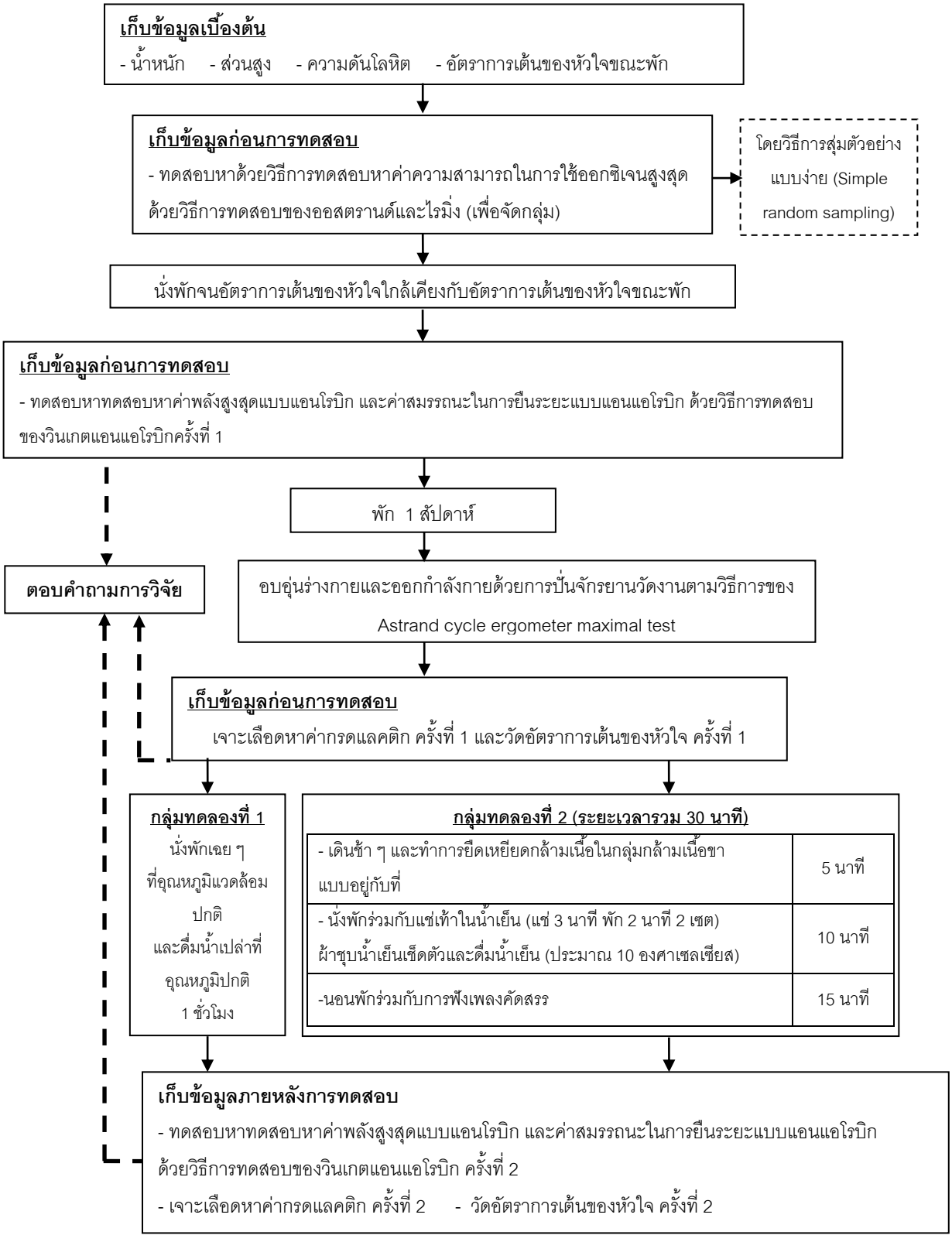
2.11.1 กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.11.2 กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที

2.12 เจาะเลือดหาค่ากรดแลคติกในเลือดและบันทึกผลครั้งที่ 2 วัดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ ครั้งที่ 2

2.13 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนโรบิก และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ครั้งที่ 2 และบันทึกผล

ขั้นตอนการวิจัย



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทดสอบหาค่าสถิติพื้นฐานคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เพื่ออธิบายและสรุปข้อมูลของตัวแปร ได้แก่ ของกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการฟื้นตัวด้วยวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่ระยะเวลาต่างกัน

2. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่ไม่เป็นอิสระจากกัน หรือค่าเฉลี่ยของ 2 ค่า ที่ได้จากจากกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ได้วัดมาจากตัวแปร 2 ค่าตัวแปร หรือมีการวัดค่าจากตัวแปรเดิม 2 ครั้ง ภายใต้สถานการณ์ที่แตกต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน หรืออาจมีการวัดค่าของตัวแปรจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความเกี่ยวข้องกัน (Dependent samples) ซึ่งสัมพันธ์กันเป็นแบบการวัดภายในกลุ่ม (Within-subjects design) เป็นการทดลองที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว และได้รับการทดลองทุก ๆ การทดลองที่ต้องการศึกษา ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างจึงได้รับการวัดซ้ำ (Repeated-measures) ตามจำนวนการทดลอง วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณคือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน ใช้ t-test for dependent samples เพื่อทดสอบตัวแปรทั้ง 4 ตัว ดังนี้

2.1 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด

2.2 อัตราการเต้นของหัวใจ

2.3 ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก

2.4 ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก

3. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent samples) หมายความว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มนั้น สมาชิกแต่ละกลุ่มสามารถแยกจากกันได้อย่างเด็ดขาด การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยนำคะแนนที่วัดได้จากคุณลักษณะที่ศึกษาแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกัน หรือค่าเฉลี่ยของ 2 ค่าที่ได้จากข้อมูล 2 ชุดซึ่งสัมพันธ์กันเป็นแบบการวัดระหว่างกลุ่ม (Between-subjects design) เป็นการทดลองที่มีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับของตัวแปรต้น (Independent-group) กลุ่มตัวอย่าง

แต่ละกลุ่มจะเป็นอิสระจากกันและได้รับการทดลองที่แตกต่างกัน วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณ คือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน ใช้ t-test for independent samples เพื่อทดสอบตัวแปร ทั้ง 4 ตัวดังนี้

3.1 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด

3.2 อัตราการเต้นของหัวใจ

3.3 ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก

3.4 ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก

4. กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของลักษณะทางกายภาพ (Characteristics)

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบการวัดภายในกลุ่ม (Within-subjects design) เป็นการทดลองที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว และได้รับการทดลองทุก ๆ การทดลองที่ต้องการศึกษา ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างจึงได้รับการวัดซ้ำ (Repeated-measures) ตามจำนวนการทดลอง วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณ คือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent samples) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. แบบการวัดระหว่างกลุ่ม (Between-subjects design) เป็นการทดลองที่มีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับของตัวแปรต้น (Independent-group) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจะเป็นอิสระจากกันและได้รับการทดลองที่แตกต่างกัน วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณคือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (t-test for independent samples) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อความเข้าใจในการแปลความหมายของผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

SD แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนในกลุ่มตัวอย่าง

p แทน ค่านัยสำคัญของการทดสอบ (Significance test)

t แทน การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

* แทน การมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลลักษณะทางกายภาพ (Characteristics) อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง

2. การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง

3. ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพ

กลุ่ม	อายุ (ปี)		น้ำหนัก (กิโลกรัม)		ส่วนสูง (เซนติเมตร)	
	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD
ทดลองที่ 1	19.60	1.18	66.13	6.65	176.73	5.59
ทดลองที่ 2	19.53	1.51	66.60	7.45	174.73	6.36

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 มีอายุเฉลี่ย 19.60 ± 1.18 ปี มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 66.13 ± 6.65 กิโลกรัม และมีส่วนสูงเฉลี่ย 176.73 ± 5.59 เซนติเมตร

ในกลุ่มทดลองที่ 2 มีอายุเฉลี่ย 19.53 ± 1.51 ปี มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 66.60 ± 7.45 กิโลกรัม และมีส่วนสูงเฉลี่ย 174.73 ± 6.36 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-2 การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง

ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด	n	$\overline{X}$	SD	t	p
กลุ่มทดลองที่ 1	15	2.8067	0.4888	-.135	.447
กลุ่มทดลองที่ 2	15	2.8300	0.4597		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนการทดลอง ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม			กรดแลคติก (มิลลิโมลต่อลิตร)	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)
ทดลองที่ 1	ก่อน	$\overline{X}$	5.35	73.07	11.85	8.76
		SD	0.772	5.18	1.23	0.80
	หลัง	$\overline{X}$	3.21	96.67	9.43	8.25
		SD	0.466	12.84	0.71	0.83
ทดลองที่ 2	ก่อน	$\overline{X}$	5.96	63.20	11.31	8.76
		SD	1.89	2.73	1.11	0.50
	หลัง	$\overline{X}$	2.13	63.87	9.85	8.48
		SD	0.31	4.09	0.70	0.53

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ในกลุ่มทดลองที่ 1 ภายหลังออกกำลังกายทันที มีค่ากรดแลคติกเฉลี่ย 5.35 ± 0.772 มิลลิโมลต่อลิตร ก่อนออกกำลังกายมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 73.07 ± 5.18 ครั้งต่อนาที ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 11.85 ± 1.23 วัตต์ และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 8.76 ± 0.80 วัตต์ ซึ่งภายหลังการฟื้นตัวในกลุ่มทดลองที่ 1 มีกรดแลคติกเฉลี่ย 3.21 ± 0.47 มิลลิโมลต่อลิตร ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 96.67 ± 12.84 ครั้งต่อนาที ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 9.43 ± 0.71 วัตต์ และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 8.25 ± 0.83 วัตต์

ในกลุ่มทดลองที่ 2 ภายหลังออกกำลังกายทันทีมีค่ากรดแลคติกเฉลี่ย 5.96 ± 1.89 มิลลิโมลต่อลิตร ก่อนออกกำลังกายมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 63.20 ± 2.73 ครั้งต่อนาที ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 11.31 ± 1.11 วัตต์ และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 8.76 ± 0.50 วัตต์ ซึ่งภายหลังการฟื้นตัวในกลุ่มทดลองที่ 1 มีกรดแลคติกเฉลี่ย 2.13 ± 0.31 มิลลิโมลต่อลิตร ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 63.87 ± 4.09 ครั้งต่อนาที ค่าพลัง

สูงสุดแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 9.85 ± 0.70 วัตต์ และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกเฉลี่ย 8.48 ± 0.53 วัตต์

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบการวัดภายในกลุ่ม (Within-subjects design) เป็นการทดลองที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว และได้รับการทดลองทุก ๆ การทดลองที่ต้องการศึกษา ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างจึงได้รับการวัดซ้ำ (Repeated-measures) ตามจำนวนการทดลอง วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณ คือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent samples) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์หาความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย และปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย

อัตราการเต้นของหัวใจ	n	$\bar{X}$	SD	t	p
ก่อนออกกำลังกาย	15	63.20	2.73	-.801	.436
หลังการใช้วิธีการฟื้นตัว	15	63.87	4.09		
ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก					
ก่อนออกกำลังกาย	15	11.31	1.11	8.341	.000*
หลังการใช้วิธีการฟื้นตัว	15	9.85	0.70		
ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก					
ก่อนออกกำลังกาย	15	8.76	0.50	5.179	.000*
หลังการใช้วิธีการฟื้นตัว	15	8.48	0.53		
กรดแลคติกในเลือด					
หลังออกกำลังกายทันที	15	5.59	2.02	5.536	.000*
หลังการใช้วิธีการฟื้นตัว	15	2.7	0.84		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อัตราการเต้นของหัวใจ ก่อนและหลังการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน

2. แบบการวัดระหว่างกลุ่ม (Between-subjects design) เป็นการทดลองที่มีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับของตัวแปรต้น (Independent-group) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจะเป็นอิสระจากกันและได้รับการทดลองที่แตกต่างกัน วิธีการทางสถิติที่ใช้คำนวณคือ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (t-test for independent samples) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-5 การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย

กรดแลคติกในเลือด	n	$\bar{x}$	SD	t	p
กลุ่มทดลองที่ 1	15	3.21	0.47	7.469	.000*
กลุ่มทดลองที่ 2	15	2.13	0.31		
อัตราการเต้นของหัวใจ					
กลุ่มทดลองที่ 1	15	96.67	12.84	9.429	.000*
กลุ่มทดลองที่ 2	15	63.87	4.09		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4-6 การวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย

ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก	n	$\overline{X}$	SD	t	p
กลุ่มทดลองที่ 1	15	9.43	0.71	-1.657	.05*
กลุ่มทดลองที่ 2	15	9.85	0.70		
ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก					
กลุ่มทดลองที่ 1	15	8.25	0.83	-.890	.191
กลุ่มทดลองที่ 2	15	8.48	0.53		

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-6 พบว่า ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกัน

บทที่ 5
อภิปรายผล และสรุปผล

อภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเฉย ๆ ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ และดื่มน้ำเปล่าที่อุณหภูมิปกติ 1 ชั่วโมง ซึ่งการนั่งเป็นการฟื้นสภาพร่างกายที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยจะเป็นการให้ระบบต่าง ๆ มีการฟื้นสภาพตามธรรมชาติ เป็นการลดการทำงานของร่างกายลงอย่างฉับพลัน โดยหลังจากที่ร่างกายมีออกกำลังกายที่มีความหนักสูงแล้วเมื่อนั่งพักร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพร่างกาย เช่น การสังเคราะห์เอทีพี (ATP) หรือการกำจัดของเสีย เช่น กรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด (พิชิต ภูติจันทร์, 2535 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

2. กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย ขั้นตอนดังนี้

2.1 เดินช้า ๆ (ณธพล ทองธนภัทร, 2553) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Nelson & Jouko, 2007) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 นาที

2.2 นั่งพักโดยการแช่เท้าในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) โดยการแช่เท้าในน้ำเย็น 3 นาทีและพัก 2 นาที จำนวน 2 เซต (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) ร่วมกับใช้ผ้าชุบน้ำเย็นเช็ดตัว (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) (สุภาพร โกเมนเอก, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) และดื่มน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส) (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที

2.3 นอนพักที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส (ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ร่วมกับการฟังเพลงคัดสรรที่จังหวะของเสียงที่ 60-80 ครั้งต่อนาที (นาตยา หงส์ศิลา, 2549) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาที

การวิจัยนี้ พบว่า

1. ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกก่อนและหลังการใช้โปรแกรมการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 ปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและหลังการใช้ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการใช้ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เมื่อความเข้มข้นของการออกกำลังกายมีปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ ความสามารถในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกจะไม่สูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการสร้างพลังงานแบบนี้ได้ถึงระดับสูงสุดของมันแล้ว การที่ร่างกายสามารถออกกำลังกายได้ต่อไปในความเข้มข้นสูงขึ้นเช่นนี้ และมีพลังงานที่จะนำมาใช้ได้ย่อมจะต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ดังนั้นหลังจากที่ความสามารถสูงสุดของร่างกายในอันที่จะสร้างพลังงานแบบแอโรบิกได้บรรลุถึงจุดแล้วการที่คนเราจะทนต่อการออกกำลังกายต่อไปได้มากน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกายในการที่จะทนต่อสารต่าง ๆ ที่เป็นผลลัพธ์จากปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดแลคติก (ประทุม ม่วงมี, 2527) ซึ่งจะต้องใช้เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพักภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง และจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่สะสมอยู่ออกประมาณร้อยละ 95 โดยการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากเลือดและกล้ามเนื้อจะทำได้เร็วขึ้นในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น (Foss & Keteyian, 1998 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) โดยหลังจากการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยแท้หรือเพียงบางส่วนได้สิ้นสุดลงจะพบว่าค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจน ($V\square O_2$) ยังคงรักษาระดับสูงนั้นไว้ชั่วคราวแล้วจึงค่อย ๆ ลดลงค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนจะลดลงสู่ระดับปกติหลังออกกำลังกายก็ต่อเมื่อสารต่าง ๆ ที่เป็นผลลัพธ์ของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ถูกเผาผลาญให้หายไป ซึ่งเราเรียกระยะนี้ว่า “เป็นระยะที่กล้ามเนื้อได้รับการเติมพลังงานให้กลับคืนสู่สภาพเดิม” ช่วงเวลาหลังจากการที่ร่างกายออกกำลังกายสิ้นสุดลงเราเรียกว่า “Recovery period” ซึ่งระยะนี้เป็นระยะเวลาที่ผู้ออกกำลังกายใช้เวลาในการจ่ายคืนออกซิเจนที่เป็นหนี้ต่อร่างกาย (Oxygen debt) ออกซิเจนจำนวนนี้ใช้สำหรับจ่ายคืนจำนวนออกซิเจนที่ร่างกายควรได้รับขณะออกกำลังกาย แต่เนื่องจากการมีขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับเข้าไปได้ทันจึงจำเป็นต้องยอมเป็นหนี้ไว้ก่อน ดังนั้น ในขณะออกกำลังกายร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนหนึ่ง แต่สามารถรับเข้าไปได้น้อยกว่าปริมาณที่ต้องการทำให้มีออกซิเจนขาดหายไป (ไม่เพียงพอ) อีกจำนวนหนึ่ง นักสรีรวิทยาการออกกำลังกายเรียกปริมาณออกซิเจนที่ขาดหายไปขณะออกกำลังกาย

นี้ว่า “Oxygen deficit” ซึ่งจะต้องมีการจ่ายคืนในช่วง Recovery period กล้ามเนื้อเป็นอวัยวะหนึ่งของร่างกายที่ทนต่อการเป็นหนี้ออกซิเจนได้ดีกว่าอวัยวะอื่น ๆ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

ซึ่งนักกีฬาส่วนใหญ่ทราบกันว่าการที่ร่างกายได้รับการพักผ่อนอย่างเพียงพอเป็นสิ่งจำเป็นต่อสมรรถภาพของร่างกาย ในขณะเดียวกัน ร่างกายจะมีทั้งการซ่อมแซมและเสริมสร้างความแข็งแรงไปพร้อมกันในช่วงออกกำลัง การฝึกอย่างต่อเนื่องจึงทำให้นักกีฬารู้สึกอ่อนเพลีย โดยนักสรีรวิทยาและนักจิตวิทยา ให้เหตุผลว่ามีเหตุผลหลายประการที่จำเป็นต้องให้นักกีฬามีการพักเพื่อจะให้มีการซ่อมแซมและเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกายยังช่วยให้ร่างกายเติมพลังงานและซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บอันเนื่องมาจากขณะออกกำลังหรือร่างกายทำงาน เป็นเหตุให้เกิดการสลายของเนื้อเยื่อและการพร่องไปของไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อรวมทั้งการสูญเสียน้ำอีกด้วย (Quinn, 2008 อ้างถึงใน อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

จากทฤษฎีข้างต้น ส่งผลให้ค่าตัวแปรต่าง ๆ ทางสรีรวิทยา และเคมีต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น กรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เปลี่ยนแปลงไปจากสมดุลเดิม ดังนั้น การที่จะทำให้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวกลับมามีค่าที่ใกล้เคียงกับก่อนออกกำลังกายนั้นต้องอาศัยทั้งเวลาและกระบวนการฟื้นตัว ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยจะเห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกายที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจก่อนออกกำลังกายและหลังการออกกำลังกายไม่แตกต่างกัน ซึ่งภายหลังการออกกำลังกายส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเร็วขึ้น การกลับคืนมาสู่อัตราการเต้นปกติของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ระยะเวลาของการออกกำลังกายตลอดจนระดับความสามารถทางกายของคนคนนั้น ในคนที่มีร่างกายฟิตอัตราการเต้นของหัวใจมักกลับคืนสู่อัตราปกติเร็วกว่าคนที่มีร่างกายไม่ฟิต เนื่องจากหัวใจมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงและระบบการไหลเวียนของเลือดสามารถขนส่งออกซิเจนและรับของเสียต่าง ๆ ไปสู่และออกจากกล้ามเนื้อได้ดีกว่า การกลับคืนสู่อัตราการเต้นปกติของหัวใจเป็นไปอย่างเชื่องช้าในการออกกำลังกายที่ยาวนานและต้องหยุดเพราะความล้าซึ่งบางคนต้องใช้เวลานานถึง 1-2 ชั่วโมง ก่อนการที่อัตราการเต้นของหัวใจจะคืนสู่อัตราการเต้นก่อนการออกกำลังกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527) อาจเป็นเพราะ ในกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย มีกระบวนการให้นอนพักพร้อมกับฟังเพลงคัดสรรที่มีจังหวะของเพลงอยู่ที่ 60-80 ครั้งต่อนาที ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (นาตยา หงส์ศิลา, 2549)

โดยสามารถอธิบายได้บนพื้นฐานการเต้นของหัวใจและการเต้นของชีพจรเมื่อหัวใจบีบตัวจะทำให้มีการสั่นสะเทือนของ เลือดซึ่งเป็นการส่งคลื่นหรือเกิดการสั่นพ้องในหลอดเลือดแดง (Arterial vessel resonance) ในความถี่ที่เป็นความถี่พื้นฐานจึงทำให้เกิดการเต้นของชีพจรขึ้นทั้ง ๆ ที่เลือดที่สูบฉีดที่หัวใจ ยังเดินทางไม่ถึงตำแหน่งของชีพจร คลื่นที่เกิดขึ้นจะเดินทางได้เร็วกว่าการไหลเวียนของเลือด การสั่นสะเทือนในหลอดเลือดแดงจะส่งต่อไปยังอะตอม จากอะตอมต่อไปยังโมเลกุล เซลล์ ต่อม และอวัยวะต่าง ๆ โดยทั่วไปบุคคลจะมีการเต้นของหัวใจประมาณ 72 ครั้งต่อนาที จึงกล่าวได้ว่าความถี่พื้นฐาน (Fundamental frequency) ของหลอดเลือดแดงและของร่างกาย คือ 72 ครั้งต่อนาที และระบบหรือเซลล์ของร่างกายจัดเป็นระบบของ Resonance ดังนั้นเสียงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่พื้นฐานของบุคคลจะทำให้เกิดการรวมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับคลื่นความถี่ของร่างกายและประกอบกับการรับเสียงทางหูผ่านเข้าระบบประสาท และรวมถึงกระบวนการทางเคมีในร่างกายจึงมีผลต่อการรักษาบุคคลในด้านอารมณ์ร่างกาย อวัยวะ เอนไซม์ เซลล์ รวมถึง อะตอม เชื่อว่ากระบวนการเหล่านี้ทำให้เกิดการตอบสนองต่อเสียง มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ดนตรีมีผลต่อศูนย์พลังงานทั้งของบุคคลหรือเรียกว่า “จักระตามความเชื่อด้านภูมิปัญญาตะวันออก” ดนตรีมีผลต่อแต่ละจักระของบุคคลแตกต่างกัน ผลการวิจัยเรื่องจังหวะของดนตรีและการเต้นของหัวใจช่วยสนับสนุนเรื่องของการเกิดการสั่นพ้องของคลื่นเสียงและการสั่นสะเทือนในร่างกาย เช่น พบว่าดนตรีที่มีจังหวะเร็วจะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น (ศศิธร พุ่มดวง, 2548)

สอดคล้องกับ Tan (2014) ทำการศึกษาผลของเพลงที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัคร 23 คน ออกกำลังกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งกล หลังจากนั้น ให้กลุ่มหนึ่งฟังเพลงและอีกกลุ่มไม่ฟังเพลง ผลการวิจัยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของอัตราการเต้นของหัวใจ แต่กลุ่มที่ฟังเพลงสามารถลดระดับความวิตกกังวลได้มากกว่าอีกกลุ่ม

2. ปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายของกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ กรดแลคติก ถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอทำให้ Pyruvate ทำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติก ขึ้นปกติใน

เลือดจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ Karpovich (1971 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) อธิบายว่า ความสามารถสูงสุดของคนที่ฟิตที่จะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (บางรายตัวเลขอาจสูงขึ้นถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) ภายหลังการออกกำลังกายที่เข้มข้นรุนแรงได้เริ่มขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยการสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527)

การฟื้นตัวของร่างกายนั้นมีความเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อ การชดเชยออกซิเจนโดยพิจารณาจากออกซิเจนที่เป็นหนี้อยู่ (Oxygen debt) การชดเชยพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในขณะฟื้นตัว และการเก็บสำรองออกซิเจนขึ้นมาใหม่ (ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536 อ้างถึงใน ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) นอกจากการฟื้นตัวตามหลักการดังกล่าวแล้ว การกำจัดกรดแลคติกยังต้องอาศัยออกซิเจนในการสลายกรดแลคติก (Oxidation) ในกล้ามเนื้อโดยระบบไหลเวียนของเลือด ดังนั้น การที่กล้ามเนื้อจะได้รับออกซิเจนที่เพียงพอย่อมต้องได้รับเลือดที่เพียงพอด้วย ซึ่งหลักการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้กระบวนการการลดอุณหภูมิของกล้ามเนื้อภายในร่างกาย นอกจากนี้ กรดแลคติกจะถูกผลิตขึ้นมาขณะการออกกำลังกาย แต่ต้องใช้เวลาในการฟุ้งกระจายในกล้ามเนื้อออกไปสู่กระแสเลือดและเนื้อเยื่อภายในร่างกาย

ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยจะเห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกาย มีปริมาณกรดแลคติกในเลือด หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายน้อยกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง อาจเป็นเพราะในกระบวนการฟื้นตัวมีการเดินช้า ๆ ซึ่งการเดินเป็นอีกหนึ่งกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวที่นักกีฬานำมาปฏิบัติหลังการฝึกซ้อม เป็นวิธีการออกกำลังกายโดยการก้าวเท้าไปข้างหน้าอย่างมีจังหวะโดยที่เท้าทั้งสองข้างจะต้องมีส่วนติดกับพื้นตลอดช่วงก้าวเป็นลักษณะการเคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ การเดินเป็นวิธีการทำให้ร่างกายฟื้นสภาพได้เร็วอีกวิธีหนึ่ง ทั้งนี้ เนื่องมาจากการเดินเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการฟื้นสภาพร่างกายได้เร็วขึ้น ช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือด ทำให้มีการนำเลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วขึ้น ขณะเดียวกันยังช่วยเร่งการขับถ่ายหรือการเคลื่อนย้ายของเสียต่าง ๆ ออกจากร่างกาย (เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554)

สอดคล้องกับณธพล ทองธนภัทร (2553) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด ผลการวิจัยพบว่า การฟื้นตัวโดยวิธีการเดินมีแนวโน้มการฟื้นตัวดีที่สุดในการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ สอดคล้องกับมนต์ชัย อินทเรือง (2551) ที่ทำการศึกษาผล

ของการพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และการเดินจงกรมที่มีต่อกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย ผลการวิจัยพบว่า การเดินจงกรมมีค่าเฉลี่ยของปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมากกว่าวิธีอื่น

และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ซึ่งการยืดเหยียดกล้ามเนื้อจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน แต่วิธีที่เหมาะสมและนิยมใช้กันมากที่สุด คือ วิธีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ซึ่งมีผลต่อกล้ามเนื้อเกิดการคลายตัว เนื่องจากความตึงตัวลดลง เพิ่มช่วงกว้างในการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ และข้อต่อ ช่วยให้มีการประสานงานกันระหว่างกล้ามเนื้อและระบบประสาทดีขึ้น กล้ามเนื้อหดตัวได้เร็วและราบเรียบทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างสะดวกและคล่องตัวขึ้น ช่วยให้การไหลเวียนเลือดสะดวกขึ้น เพิ่มการกระตุ้นปลายประสาทบริเวณข้อต่อต่าง ๆ

สอดคล้องกับพรรณวัตร ไกรวงศ์ (2549) ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการซาวน่าที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของกรดแลคติกลดลงจากโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

และจากกระบวนการในกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย นำความเย็นมาใช้เพื่อการฟื้นฟูหรือบรรเทาอาการต่าง ๆ ของร่างกาย การใช้ความเย็นเพื่อช่วยในการฟื้นสภาพร่างกายภายหลังการออกกำลังกายโดยการแช่หรือจุ่มตัวลงในน้ำเย็น (Water immersion) นอกจากจะมีผลช่วยลดความเจ็บปวด ลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ยังส่งผลทำให้อัตราการไหลเวียนของเลือดบริเวณหลอดเลือดส่วนปลาย (Peripheral blood flow) มีอัตราลดลง เนื่องจากหลอดเลือดบริเวณชั้นผิวหนังมีการหดตัว แต่ด้วยเหตุนี้ทำให้อัตราการไหลเวียนเลือดกลับเข้าสู่หัวใจ (Cardiac preload) เพิ่มขึ้น คือ ทำให้ระดับการไหลเวียนเลือดส่วนกลาง (Central blood volume) เพิ่มขึ้น จึงทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในขณะบีบตัว (Stroke volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) เพิ่มขึ้นด้วย (Wilcock et al., 2006 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ทำให้มีปริมาณเลือดเพียงพอที่ส่งไปยังกล้ามเนื้อเพื่อแลกเปลี่ยนสารระหว่างภายนอกและภายในเซลล์และอาจกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นในระบบการทำงานของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลคติกออกไปได้ (Marsh & Sleivert, 1999 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) และอาจให้ผลดีต่อระดับความสามารถของร่างกายในภายหลัง

สอดคล้องกับจิตรดา ผ่องกุหลาบ (2552) ได้ศึกษาผลของการใช้ความเย็นบริเวณส่วนกลางและส่วนปลายของร่างกายที่มีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือดของนักกีฬาเทควันโดชายกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า การให้ความเย็นส่วนปลายของร่างกายสามารถลดระดับกรดแลคติกในเลือดได้

ประทุม ม่วงมี (2527) ได้อธิบายการกลับคืนของอัตราการเต้นของหัวใจว่า กระบวนการทางสรีรวิทยาที่จะเป็นสิ่งที่บอกเราได้แน่นอนเกี่ยวกับการกลับคืนสู่อัตราปกติของอัตราการเต้นของหัวใจยังเป็นสิ่งที่เราไม่ทราบอย่างเด่นชัดนัก แต่นักสรีรวิทยาคิดว่าสิ่งที่ยังคงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจยังต้องสูงต่อไปน่าจะเกี่ยวข้องกับ สิ่งที่เคยมีอิทธิพลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นขณะออกกำลังกายยังมีอิทธิพลอยู่ต่อไปถึงแม้ว่าการออกกำลังกายจะสิ้นสุดลงแล้วก็ตาม

จากทฤษฎี อาจเป็นเพราะ ในกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย มีกระบวนการให้นอนพักพร้อมกับฟังเพลงคัดสรรที่มีจังหวะของเพลงอยู่ที่ 60-80 ครั้งต่อนาที ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

3. ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ของกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ของกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกาย ไม่แตกต่างกัน

ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ Carolyn and Lynn (1991 อ้างถึงใน พรรณวัตร ไกรวงศ์, 2549) ได้อธิบายว่า การล้าของกล้ามเนื้อที่มีสาเหตุเนื่องมาจากการใช้งานนั้นมีหลายปัจจัย ได้แก่ การลดลงของพลังงานที่สะสม การขาดออกซิเจน และที่สำคัญคือ การที่มีกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อมาก ในการทำงานสูงสุดในช่วงสั้น ๆ อัตราของกรดแลคติกจะเพิ่มขึ้นยิ่งความหนักของงานเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของกรดแลคติกจะเกิดเร็วขึ้นจนถึงระดับที่ไม่สามารถทำงานได้ต่อไป

McArdle, Katch, and Katch (2010) กล่าวว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกนี้ เป็นองค์ประกอบสำคัญในกีฬาหลาย ๆ ประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุด หรือกำลังความเร็วสูงสุดมีการทำงานซ้ำหลาย ๆ เที่ยวเป็นระยะเวลานาน

เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ของกลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย ไม่แตกต่างกัน โดยการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสีย คือกรดแลคติก ไฮโดรเจนอิออน และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย กรดแลคติกสามารถที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาผลาญอาหารโดยการแตกตัวของพลังงานที่ใช้ออกซิเจน เพื่อจัดเตรียมเอทีพี (ATP) ที่กระดูก กล้ามเนื้อหัวใจ ตับและเนื้อเยื่อไต สามารถเปลี่ยนกรดแลคติกให้กลับเป็นเชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้กรดแลคติกจะถูกผลิตขึ้นมาขณะการออกกำลังกาย แต่ต้องใช้เวลาในการฟุ้งกระจายในกล้ามเนื้อออกไปสู่กระแสเลือดและเนื้อเยื่อภายในร่างกาย ดังนั้น เพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุดที่แท้จริงของกรดชนิดนี้จึงจำเป็นต้องนำตัวอย่างเลือดมาวิเคราะห์ปริมาณบ่อย ๆ ในช่วงเวลา 5-10 นาที หลังการออกกำลังกาย นอกจากนั้น อาจสังเกตได้จากปริมาณของกรดแลคติกที่ลดลงทีละน้อยนั้นต้องใช้เวลาราว 1 ชั่วโมง หรือมากกว่าก่อนที่จะลดปริมาณลงสู่ระดับปกติ (อรัทยา ถนอมเมฆ, 2555)

รวมถึงอาจเป็นเพราะการสะสมของไกลโคเจนที่หมดไป การออกกำลังกายจะดำเนินต่อไปไม่ได้ หรือได้ก็ต้องมีความเข้มข้นน้อยลงมาก ดังนั้น ความสามารถในการทำงานหนักและนานได้นั้นมีความสัมพันธ์กันทางบวกกับปริมาณของไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อก่อนการทำงานหรือออกกำลังกาย และการสะสมของไกลโคเจนกลับคืนหลังการออกกำลังกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527) ซึ่งสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก จึงขึ้นอยู่กับการลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ หากไกลโคเจนลดลงสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกก็จะลดลงไปด้วย สอดคล้องกับ Fox and Mathews (1985 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) ได้อธิบายไว้ว่า ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายที่ต่ำสุดและสูงสุดในการออกกำลังจนหมดแรง (Exhaustive exercise)การสร้างและการสังเคราะห์ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen resynthesis)ใช้ระยะเวลาของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายต่ำสุด 5 ชั่วโมง (ภายหลังการออกกำลังกายที่มีเวลาพัก หรือไม่ต่อเนื่อง) และใช้เวลาสูงสุด 24 ชั่วโมง และการเติมไกลโคเจนในตับ (Liver glycogen replenishment) ใช้ระยะเวลาของการฟื้นตัวหลังออกกำลังกายต่ำสุดไม่แน่ชัด และใช้เวลาสูงสุด12-24 ชั่วโมง

สอดคล้องกับวิทยา เลาหกุล (2546 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม, 2554) อธิบายว่า หลังการออกกำลังกายอย่างหนักสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง คือจะต้องฟื้นฟูสภาพร่างกายโดยเร็วยิ่งการฟื้นฟู

มีประสิทธิภาพมากเท่าไหร่ ความเมื่อยล้าก็จะมีโอกาสลดลงเท่านั้น และเอทีพี พีซี (ATP PC) ที่สำรองไว้จะต้องได้รับการเติมทันที ออกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นในการเติมเอทีพี พีซี ระหว่างการทำงานหนักถ้าออกซิเจนในกล้ามเนื้อมีมากจะทำให้เอทีพี พีซี มีมากด้วย นักกีฬาจะทำงานได้ยาวนานขึ้น เวลาฟื้นฟูสภาพร่างกายหลังทำงานหนักก็จะสั้นลง การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับการเคลื่อนย้ายของเสียคือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนอิออน และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมไปถึงการชดเชยพลังงานที่สะสมไว้ใช้ระหว่างการออกกำลังกาย ถ้าระบบออกซิเจนดีการเป็นหนี้ของออกซิเจน (Oxygen debt) ก็สามารถจ่ายคืนได้เร็วและระบบฟอสเฟสก็จะคืนมาเหมือนเดิม ระยะเวลาที่ใช้ในการฟื้นตัวนั้นขึ้นอยู่กับความหนัก และระยะเวลาในการออกกำลังกาย รวมทั้งวิธีที่ใช้ฟื้นตัว โดยปกติจะใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวอย่างน้อย 1 ชั่วโมง สำหรับผู้ที่ได้รับการฝึกซ้อมหรือมีการออกกำลังกายสม่ำเสมอ

จากทฤษฎี อาจเป็นเพราะ ในกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย มีกระบวนการการที่ความเย็นส่งผลทำให้ระบบไหลเวียนเลือดส่วนกลาง (Central blood volume) เพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณเลือดส่งไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้นเพื่อกำจัดของเสียที่เกิดจากการใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อ เช่น กรดแลคติก ออกไปได้ สอดคล้องกับ Viale et al. (2008 อ้างถึงใน วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552) ทำการศึกษาวิจัยเรื่องผลของการแช่น้ำเย็นที่มีต่อความสามารถในการปั่น จักรยานซ้ำ ๆ ในสภาวะอากาศร้อนเพื่อประเมินผลของการใช้การแช่น้ำเย็นและการฟื้นสภาพแบบไม่อยู่กับที่ในการปั่น จักรยานซ้ำในที่ที่มีอากาศร้อน พบว่ามีค่ากรดแลคติกลดลง อย่างไรก็ตาม การใช้ความเย็นในการแช่เย็นในทุกกลุ่มมีผลในการลดการบาดเจ็บตึงเครียดจากความร้อนเพื่อคงสภาพในการรักษาความสามารถในการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักสูงได้ดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

สอดคล้องกับ Peiffer (2010) ศึกษาผลของการแช่น้ำเย็นที่มีผลต่ออุณหภูมิร่างกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการปั่นจักรยาน 1 กิโลเมตร ในอุณหภูมิร้อนที่ 35 องศาเซลเซียส และทำการฟื้นสภาพร่างกายด้วยการนั่งแช่น้ำเย็น ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า ผลการแช่น้ำเย็นทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงมากกว่ากลุ่มที่ไม่แช่แต่ไม่มีผลแตกต่างกันของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการปั่นจักรยาน 1 กิโลเมตร

สรุปผลการวิจัย

จากข้อมูลที่ปรากฏทำให้สรุปได้ว่า วิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย สามารถทำให้ปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ หลังการฟื้นตัวภายหลังการ

ออกกำลังกายลดลงมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่ให้นั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย มีค่ามากกว่ากว่ากลุ่มที่มีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก หลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย มีค่าใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่มีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

สามารถนำวิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกาย ไปใช้เพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้

สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรนำวิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย ไปใช้ในนักกีฬาแต่ละชนิดเพื่อศึกษาถึงผลที่ได้
2. ควรศึกษาตัวแปรเพิ่มเติมของวิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย
3. ควรศึกษากระบวนการเพิ่มเติมของวิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย
4. ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของความแตกต่างกันของช่วงเวลาต่อตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
5. ควรนำวิธีการฟื้นตัว 30 นาที ภายหลังการออกกำลังกาย ไปใช้ในสถานการณ์จริง

บรรณานุกรม

กวิน พิกุลงาม. (2550). *ผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกันที่มีต่อสมรรถภาพอนากาศนิยม.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กันยา ปาละวิวัธน์. (2532). *คู่มือรักษาตนเองรักษาด้วยความร้อนและความเย็น.* กรุงเทพฯ: หมอชาวบ้าน.

จันทร์พร แช่มช้อย. (2549). *ผลของการใช้ความเย็นในช่วงเวลาพักที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนองของนักกีฬามวยสากลสมัครเล่น.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตรดา ผ่องกุหลาบ. (2552). *ผลของการใช้ความเย็นบริเวณส่วนกลางและส่วนปลายของร่างกายภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อระดับกรดแลคติคในเลือดของนักกีฬาเทควันโดชาย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจษฎา ไตรเพิ่ม. (2554). *ผลของการใช้ความเย็นที่มีต่อการฟื้นตัวของนักกีฬามวยไทยสมัครเล่น.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชัชพล ชุมสาย ณ อยุธยา. (2554). รูปแบบของการฟื้นตัวที่มีผลต่อความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลในนักกีฬาฟุตซอล. *วารสารวิทยาสารกำแพงแสน, 9*(1), 61-69.

ชัชรินทร์ อังศุภากร. (2540). *สรีรวิทยาของมนุษย์สำหรับพยาบาล วิทยาศาสตร์สุขภาพ.* กรุงเทพฯ: พริ้นติ้งทราฟฟิค.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย.* กรุงเทพฯ: ธรรกมลการพิมพ์.

ณธพล ทองธนภัทร. (2553). ผลของกิจกรรมสี่แบบที่มีต่อการฟื้นตัวในระยะเวลาจำกัด. *วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา, 3*(1), 131-144.

ธีรวัฒน์ ผาพิมพ์. (2546). *ผลของการฟังดนตรี การฝึกผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่มีต่อความแม่นยำในการยิงประตูบาสเกตบอลแบบยืนยิงมือเดียว.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวรัชต์ อุตรารัชต์กิจ. (2551). *ผลของการแช่น้ำร้อนสลับน้ำเย็นภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อการป้องกันและรักษาอาการปวดกล้ามเนื้อ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นาตยา หงส์ศิลา. (2549). ดนตรีบำบัด. *วารสารมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 11*(1), 57-60.

นิดา รัตนครอง. (2549). *ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทที่มีต่อเวลาปฏิกิริยาตอบสนอง ความอ่อนตัว และความแข็งแรง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญสิตา สายวุฒิกุล. (2554). *ผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทุม ม่วงมี. (2527). *รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา.* กรุงเทพฯ: บูรพาสาสน์.

พรพล พิมพาพร. (2547). *ผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการเดินบนลู่วิ่งกลระหว่างเซตที่มีต่อระดับกรดแลคติคในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณวัตร ไกรวงศ์. (2549). *ผลของโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการซาวน่าที่มีต่อระดับกรดแลคติคในเลือดภายหลังการออกกำลังกาบแบบหนักสลับเบา.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชยา นพกาล. (2556). *การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกันระหว่างเซตและภายหลังการฝึกด้วยแรงต้าน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ไพรัช เลิศเกียรติศักดิ์. (2527). *เปรียบเทียบการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ระหว่างวิธีการดื่มน้ำเย็น การชโลมตัวด้วยน้ำเย็นและการนั่งพักในห้องอุณหภูมิต่ำ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทริศวร์ ดำเสน. (2552). *ผลการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อและการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอกที่มีต่อความอ่อนตัว.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์. (2548). *ผลของอุณหภูมิเย็นที่มีต่อเวลาฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจและระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกาย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาสกร บุญนิยม. (2533). *ระยะเวลาการฟนตัวหลังการออกกำลังกายโดยวิธีการสูดออกซิเจนกับการนั่งพัก.* ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มนต์ชัย อินทเรือง. (2551). *ผลของการพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และการเดินจงกรมที่มีต่อกรดแลคติคในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ. (2552). *ผลของการแช่น้ำเย็นที่มีต่อการฟื้นสภาพและความสามารถทางกาย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิรัตน์ สนธิ์จันทร์. (2555). *ผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลในระดับความหนักและระยะเวลาต่างกัน ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล.* ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม, พิสมัย เหล่าภัทรเกษม และบรรจบ ศรีภา. (2537). *กีฬาเวชศาสตร์.* ขอนแก่น: พี.บี.ฟอเรน บุคส์เซนเตอร์.

วิไลพร แข่งขัน. (2549). *ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ร่วมกับการซาวน่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 75 องศาเซลเซียส และการเดินบนลู่กลที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกาย.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศศิธร พุ่มดวง. (2548). ดนตรีบำบัด. สงขลานครินทร์เวชสาร, 23(3), 185-191.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.* ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สิทธิพร คงพิสิฐธรรม. (2554). ผลของการพักแบบไม่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่วมกับการใช้ความเย็น การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินจงกรม ที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการรับรู้ความเหนื่อย ภายหลังการวิ่งบนลู่วิ่ง 30 นาที. ใน *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 8* (หน้า 1454-1462). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพร โกเมนเอก. (2552). การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายด้วยวิธีการต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายในนักกีฬา. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 10*(3), 99-116.

อรัทยา ถนอมเมฆ. (2555). *ผลของความเข้มข้นของเครื่องดื่มผสมกลูโคสที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ปริมาณแลคเตทและกลูโคสในเลือด ระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกายของนักกีฬาหญิง.* วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อาริสร์ กาญจนศิลานนท์. (2552). *เปรียบเทียบผลของการฟื้นสภาพภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก โดยวิธิการนวดด้วยหินร้อน นั่งแช่ในอ่างน้ำวน และปั่นจักรยาน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุไรรัตน์ ศรีวิบูลย์. (2546). *ผลของการฟังดนตรีที่มีต่อระยะเวลาในการออกกำลังกายบนจักรยานวัดงาน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

เอกรัตน์ อ่อนน้อม. (2555). *ผลของดนตรีที่มีต่อระยะเวลาในการปั่นจักรยานวัดงานของผู้ที่มีเป้าหมายในการออกกำลังกายและเพศที่ต่างกัน.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Al Haddad et al. (2010). Effect of cold or thermoneutral water immersion on post-exercise heart rate recovery and heart rate variability indices. *Autonomic Neuroscience, 156*, 111-116.

Astrand, P. O., & Rodahl, K. (1986). *Physiological basis of exercise*. New York: McGraw Hill.

Ingram, J. (2009). Effect of water immersion methods on post-exercise recovery form simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport, 12,* 17-421.

McArdle, D. W., Katch, I. F., & Katch, L. V. (2010). *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (7th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Nelson, A. G., & Jouko, K. (2007). *Stretching anatomy*. Australia: Human Kinetics.

Peiffer, J. J. (2010). Effect of cold water immersion on repeated 1-km cycling performance in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport, 13*, 112-116.

Power, S. K., & Howley, E. T. (2001). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. New York: McGraw Hill.

Rushall, B. S., & Pyke, F. S. (1990). *Training for sports and fitness.* Melbourne, Australia: Macmillan Educational.

Tan, F. (2014). A study of the effect of relaxing music on heart rate recovery after exercise among healthy students. *Complementary Therapies in Clinical, 20*, 114-117.

Wilmore, J., & Costill, D. (2008). *Physiology of sport and exercise* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายภายในระยะเวลา 30 นาที
2. คู่มือวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายภายในระยะเวลา 30 นาที

วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายภายในระยะเวลา 30 นาที

มีขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มทดลองที่ 1 ใช้วิธีการนั่งพักเฉย ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้กลุ่มตัวอย่าง นั่งพักเฉย ๆ ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ และดื่มน้ำเปล่าที่อุณหภูมิปกติ 1 ชั่วโมง ซึ่งการนั่งเป็นการฟื้นสภาพร่างกายที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป โดยจะเป็นการให้ระบบต่าง ๆ มีการฟื้นสภาพตามธรรมชาติ เป็นการลดการทำงานของร่างกายลงอย่างฉับพลัน โดยหลังจากที่ร่างกายมีออกกำลังกายที่มีความหนักสูงแล้วเมื่อนั่งพักร่างกายก็จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพร่างกาย เช่น การสังเคราะห์เอทีพี (ATP) หรือการกำจัดของเสีย เช่น กรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อและเลือด (พิชิต ภูติจันทร์, 2535 อ้างถึงใน เจษฎา ไตรเพิ่ม 2554)

2. กลุ่มทดลองที่ 2 ใช้วิธีการฟื้นตัว 30 นาทีภายหลังการออกกำลังกาย ขั้นตอนดังนี้

2.1 เดินช้า ๆ (ณธพล ทองธนภัทร, 2553) และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Nelson & Jouko, 2007) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 5 นาที

2.2 นั่งพักโดยการแช่เท้าในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) โดยการแช่เท้าในน้ำเย็น 3 นาทีและพัก 2 นาที จำนวน 2 เซต (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) ร่วมกับใช้ผ้าชุบน้ำเย็นเช็ดตัว (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) (สุภาพร โกเมนเอก, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) และดื่มน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส) (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที

2.3 นอนพักที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส (ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ร่วมกับการฟังเพลงคัดสรรที่จังหวะของเสียงที่ 60-80 ครั้งต่อนาที (นาตยา หงส์ศิลา, 2549) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาที

คู่มือการใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย ภายในระยะเวลา 30 นาที

ขั้นตอนที่ 1 เดินช้า ๆ

โดยเดินในท่าทางธรรมชาติของแต่ละบุคคลเท้าข้างหนึ่งข้างใดสัมผัสพื้นตลอด 1 ช่วงก้าว และกำหนดความเร็วคงที่ ที่ 100 รอบต่อนาที (ณธพล ทองธนภัทร, 2553)

อุปกรณ์

1. เครื่องกำหนดจังหวะ (Metronome)
2. กรวย (ใช้กำหนดระยะ)
3. ตลับเมตร

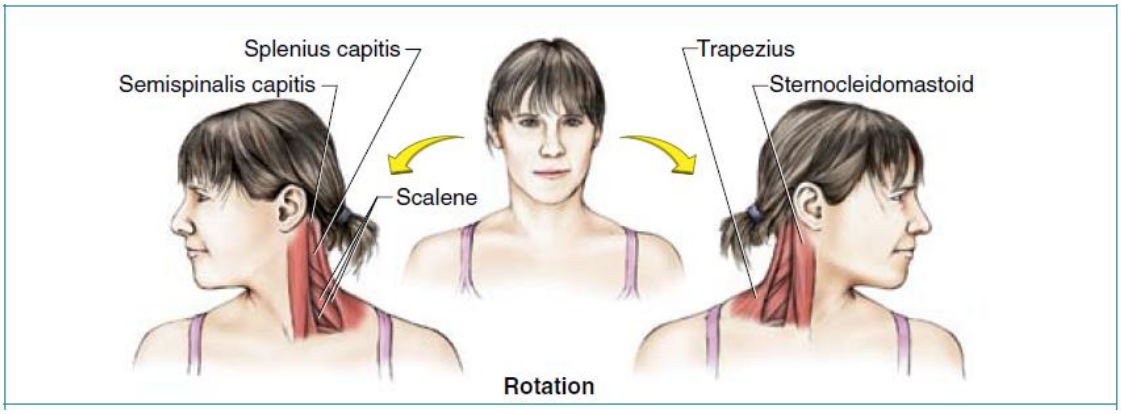
วิธีการปฏิบัติ

1. เดินในท่าทางธรรมชาติของแต่ละบุคคล
2. เดินไป-กลับ ภายในระยะ 5 เมตรที่กำหนดให้
3. ความเร็วในการเดินอยู่ที่ 100 รอบ/ นาที (กำหนดความเร็วด้วยเครื่องกำหนดจังหวะ)
4. ใช้เวลาเดิน 2 นาที

ขั้นตอนที่ 2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (Nelson & Kokkonen, 2007)

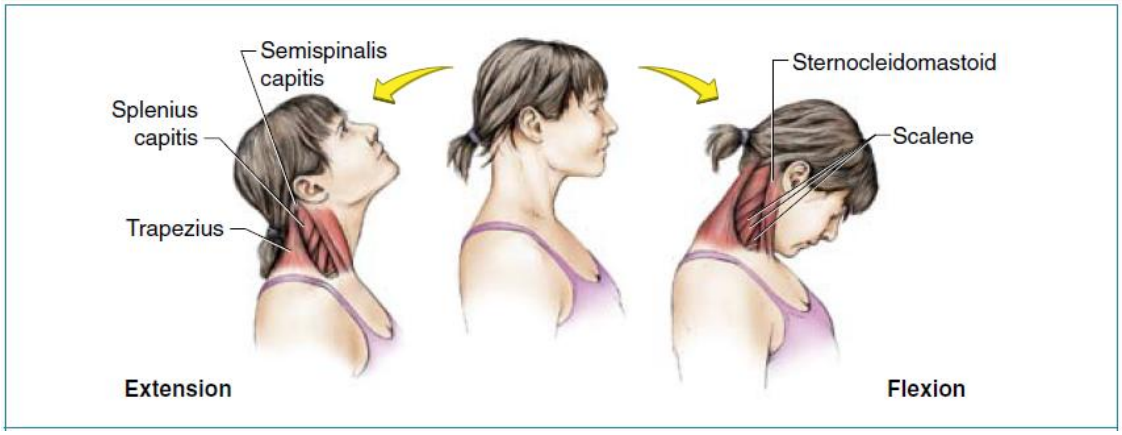
ทั้งหมด 9 ท่า ๆ ละ 20 วินาที รวมเวลาทั้งสิ้น 3 นาที ดังนี้

ท่าที่ 1 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอด้านข้าง (Neck stretch)



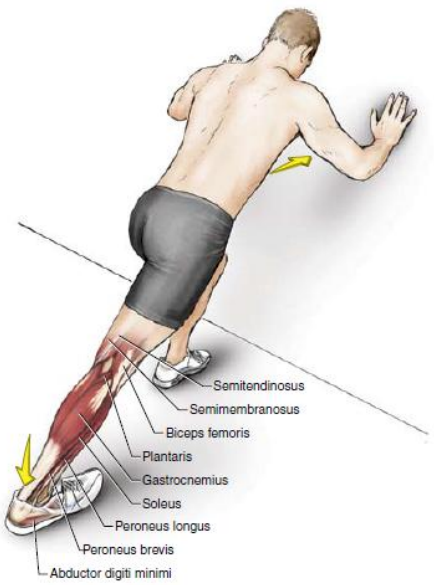
วิธีการปฏิบัติ เอียงศีรษะไปทางขวา ใช้มือขวาสัมผัสข้างศีรษะด้านซ้าย ออกแรงดึงศีรษะไปทางขวาให้มากที่สุด จนรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อคอด้านซ้าย แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที แล้วเปลี่ยนเป็นปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอด้านหลัง (Neck stretch)



วิธีการปฏิบัติ ก้มศีรษะ แล้วใช้มือทั้งสองข้างวางบนศีรษะด้าน หลัง ออกแรงดึงศีรษะลงมาข้างหน้าให้มากที่สุดจนรู้ซึกตึงที่กล้ามเนื้อคอด้านหลัง แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที

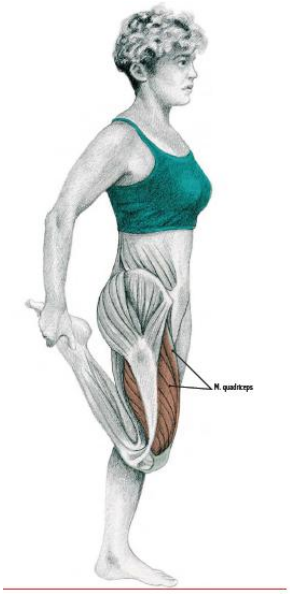
ท่าที่ 3 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง (Calves)



วิธีการปฏิบัติ ยืนหน้าผนังใช้ฝ่ามือดันผนัง เท้าแยกหน้าหลัง ห่างกัน 1 ช่วงก้าว เข่าหน้างอ เข่าหลังเหยียดตึง กดส้นเท้าหลังลง โน้มตัวไปข้างหน้าและงอเข่าหน้า เมื่อรู้สึกตึง ให้หยุด

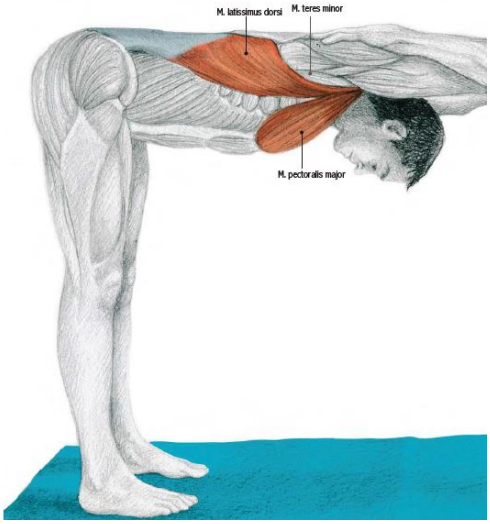
นิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติด้านตรงข้าม (กรณีที่จะให้ได้ในส่วนของ น่อง-เอ็นร้อยหวาย ให้งอเข่าหลัง และปฏิบัติเช่นเดียวกัน)

ท่าที่ 4 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาส่วนหน้า (Quadriceps stretch)



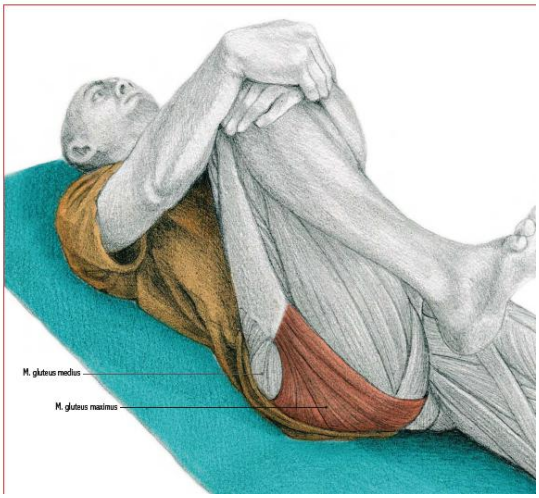
วิธีการปฏิบัติ ยืนตรง มือข้างหนึ่งอาจจับเก้าอี้เพื่อการทรงตัว มืออีกข้างจับที่ข้อเท้าและดึงมาด้านหลังจนรู้สึกตึงแล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยน ไปปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 5 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาส่วนหลัง (Hamstring stretch)



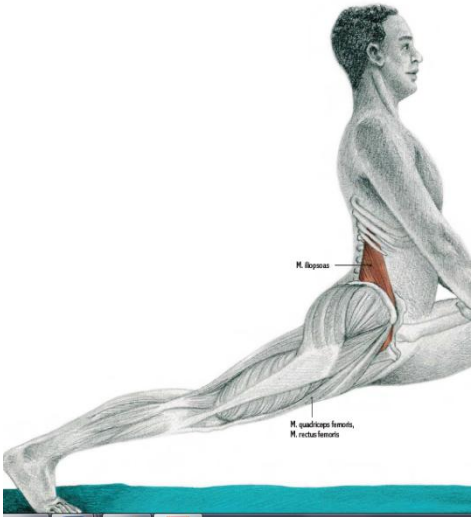
วิธีการปฏิบัติ ยืนหลังเก้าอี้ โดยกะระยะให้ห่างจากเก้าอี้ประมาณปลายแขนขวาถึงไหล่ซ้าย และค่อย ๆ ก้มตัวลงมือจับเก้าอี้ โดยให้สะโพก หลังและไหลตรงโดยหลังขนานกับพื้น ค้างไว้ 10 วินาที

ท่าที่ 6 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพก (Knee-to-chest stretch)



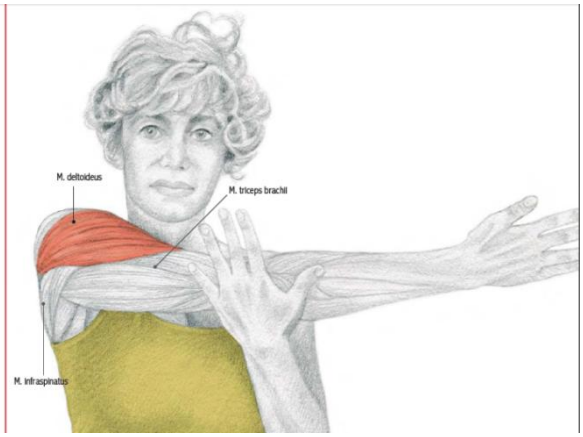
วิธีการปฏิบัติ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อด้านหลังส่วนล่าง ทำโดยนอนราบ เท้าเหยียดตรงยกเท้าข้างหนึ่งเอามือจับเข่าแล้วดึงเข้าหาหน้าอกจนกระทั่งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังตึงแล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 7 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกด้านหลัง (Quadriceps, hips)



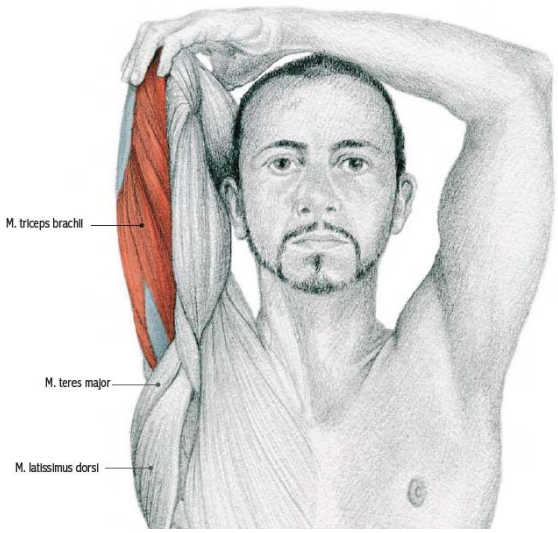
วิธีการปฏิบัติ ยืนแยกเท้าหน้าหลังให้มากที่สุด แล้วคุกเข่าให้เข่าหลังสัมผัสพื้น เข่าหน้างอตั้งฉาก ลำตัวตั้งตรงมือจับที่เอวหรือสะโพก ถ่ายน้ำหนักตัวไปข้างหน้าให้มากที่สุดจนรู้สึกตึง แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 8 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่-สะบัก (Shoulders-upper back stretch)



วิธีการปฏิบัติ ยกแขนซ้ายผาดผ่านเหนือหน้าอกไปทางขวา ใช้มือขวาจับศอกซ้ายดึงเข้าหาไหล่ขวาให้มากที่สุด จนรู้สึกตึงที่ไหล่-สะบัก แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที แล้วเปลี่ยนเป็นปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 9 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อไหล่-ต้นแขนด้านหลัง (Shoulders-upper arms stretch)



วิธีการปฏิบัติ ยกแขนซ้ายชูขึ้นเหนือศีรษะ งอศอกซ้ายลงให้มือซ้ายอยู่ด้านหลังต้นคอ แล้วใช้มือขวาจับที่ข้อศอกซ้าย ค่อย ๆ ออกแรงดึงศอกซ้ายมาทางไหลขวาให้มากที่สุด จนรู้สึกตึงที่ไหล่และต้นแขนด้านหลัง แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที แล้วเปลี่ยนเป็นปฏิบัติอีกข้าง

ขั้นตอนที่ 3

นั่งพักโดยการแช่เท้าในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) โดยการแช่เท้าในน้ำเย็น 3 นาที และพัก 2 นาที จำนวน 2 เซต (วรวิทย์ รัตนเสถียรกิจ, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) ร่วมกับใช้ผ้าชุบน้ำเย็นเช็ดตัว (อุณหภูมิประมาณ 10-14 องศาเซลเซียส) (สุภาพร โกเมนเอก, 2552; กันยา ปาละวิวัธน์, 2532) และดื่มน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส) (วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม และคณะ, 2537) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 10 นาที

ขั้นตอนที่ 4

นอนพักที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส (ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์, 2548) ร่วมกับการฟังเพลงคัดสรรที่จังหวะของเสียงที่ 60-80 ครั้งต่อนาที (นาตยา หงส์ศิลา, 2549) ขั้นตอนนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาที

ภาคผนวก ข

1. การทดสอบหาระดับกรดแลคติกในเลือด
2. ทดสอบหาด้วยวิธีการทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V\square O_2max$) ด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง (A□strand-Rhyming test)
3. ทดสอบหาค่าสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกด้วยวิธีการทดสอบของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)
4. ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานตามวิธีการของ A□strand cycle ergometer maximal test

การทดสอบหาระดับกรดแลคติกในเลือด

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1.1 เครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Lactate SCOUT

http://www.lactate.com/lactatescout.html

1.2 แผ่นวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Lactate SCOUT

http://www.lactate.com/lactatescout.html

1.3 เข็มเจาะเลือด (Blood lancets)

http://www.88healthshop.com/

1.4 สำลีสะอาด

http://www.girlsallaround.com/

1.5 แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

http://www.media.yopi.co.th/

1.6 ถุงมือยาง

http://www.taradplaza.com/

2. การหาตัวอย่างเลือด

ในการทดสอบหาระดับของกรดแลคติกในเลือด ทำการเจาะทั้งสิ้น 2 ครั้ง (ครั้งที่ 1 ภายหลังจากการออกกำลังกายทันที และครั้งที่ 2 ภายหลังจากการฟื้นตัวทันที) การกระทำดังกล่าวทำตามหลักและวิธีทางการแพทย์โดยพยาบาลวิชาชีพโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา

2.1 ใช้แอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดบริเวณติ่งหู

2.2 เลือกตำแหน่งที่เจาะเลือด คือ บริเวณติ่งหู

2.3 ใช้เข็มเจาะเลือด (Blood lancets) เจาะบริเวณติ่งหู ความลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร

2.4 บีบเลือดให้ไหลออกมาในปริมาณ 0.2 ไมโครลิตร หรือประมาณ 1 หยดเล็ก ๆ

หยดลงบนแผ่นทดสอบ

http://www.lactate.com/lactatescout.html

3. การหาระดับกรดแลคติกในเลือด

3.1 เปิดเครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

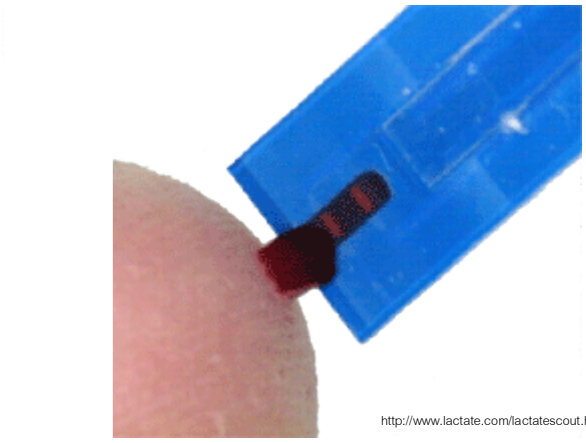
3.2 ใส่ CODE ของแผ่นทดสอบที่ใช้

3.3 ใส่แผ่นทดสอบ (Strip test) ในช่องใส่แผ่นทดสอบ

http://www.lactate.com/lactatescout.html

http://www.lactate.com/lactatescout.html

3.4 หยดเลือดลงบนแผ่นทดสอบ 1 หยดเล็ก ๆ (ปริมาณ 0.2 ไมโครลิตร)



http://www.lactate.com/lactatescout.html

3.5 ใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที เครื่องจะอ่านค่าของระดับกรดแลคติกในเลือด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร

http://www.lactate.com/lactatescout.html

3.6 บันทึกค่าที่ได้

ทดสอบหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) ด้วยวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง (Astrand-Rhyming test)

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Aerobic capacity หรือ VO_2max) ของร่างกายซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานานของ กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ด้วยความแรงปานกลางถึงหนัก บ่งบอกถึงสภาวะการทำงานของ หัวใจหลอดเลือด ปอด และกล้ามเนื้อ หรือประเมินความฟิต

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ยี่ห้อโมนาร์ค (Monark) รุ่น 828E

http://www.nordicfitness.com

2. เครื่องให้จังหวะ (Metronome) ยี่ห้อ JOYO รุ่น JMT-555B

3. นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W

http://officesmiles.nanasupplier.com

http://officesmiles.nanasupplier.com

4. เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และอัตราการเต้นของหัวใจ

http://techace.co.th/datas/image/pic-80.jpg

วิธีการทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบขึ้นนั่งบนอานจัดระดับอานให้พอเหมาะโดยเข่าข้างที่เท้าเหยียบบันไดต่ำสุดงอเล็กน้อย ประมาณ 5 องศา (หรือก่อนขึ้นนั่งให้ผู้ทดสอบยืนข้างจักรยานและจัดระดับอานต่ำกว่าระดับสะดือประมาณ 4 นิ้วมือ)

2. ตั้งเครื่องเคาะจังหวะที่ความเร็ว 100 ครั้ง หรือ 50 รอบต่อนาที ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยานตามเสียงจังหวะเพื่อรักษาความเร็วให้คงที่โดยเท้าข้างใดข้างหนึ่งต้องอยู่ที่บันไดต่ำสุดขณะเสียงเคาะจังหวะดัง

3. ให้ผู้ทดสอบปั่นจักรยาน 2-3 นาที เพื่ออบอุ่นร่างกายและสร้างความคุ้นเคยกับเสียงและจังหวะในการปั่นจักรยาน

4. การเลือกน้ำหนักถ่วงขึ้นอยู่กับอายุ เพศ สุขภาพ และสมรรถภาพของแต่ละคน โดยทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 120-170 ครั้งต่อนาที ดังนี้

- เพศหญิงที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุมากกว่า 40 ปี: 25 วัตต์
- เพศหญิงที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุน้อยกว่า 40 ปี: 25-50 วัตต์
- เพศหญิงที่ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุน้อยกว่า 40 ปี: 50-75 วัตต์
- เพศหญิงที่ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุมากกว่า 40 ปี: 75-100 วัตต์
- เพศชายที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุน้อยกว่า 40 ปี: 25-50 วัตต์
- เพศชายที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุมากกว่า 40 ปี: 50-100 วัตต์
- เพศชายที่ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุน้อยกว่า 40 ปี: 100 วัตต์
- เพศชายที่ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุมากกว่า 40 ปี: 100-150 วัตต์

5. เริ่มจับเวลาเมื่อผู้ทดสอบสามารถปั่นจักรยานรักษาความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาทีตามน้ำหนักถ่วงที่กำหนดให้

6. นับและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทุกนาทีเป็นเวลา 6 นาที (นับจากวินาทีที่ 45 ถึงวินาทีที่ 60 ของแต่ละนาที) โดยใช้เครื่องช่วยหูฟัง ฟังที่บริเวณ Apex หรือ Carotid artery

7. ถ้าถึงนาทีที่ 2 อัตราการเต้นของหัวใจยังต่ำกว่า 120 ครั้งต่อนาที ให้เพิ่มน้ำหนักถ่วงอีก 0.5 กิโลปอนด์ และขยายเวลาออกไปอีก 1 นาทีหรือมากกว่าเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจสม่ำเสมอและเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady state)

8. นำอัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ย ถ้าอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 2 ช่วงแตกต่างกันมากกว่า 5 ครั้งต่อนาที ให้ขยายระยะเวลาการทดสอบออกไปอีก 1 นาที หรือมากกว่าจนกว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะแตกต่างกันไม่เกิน 5 ครั้งต่อนาที

9. ให้หยุดการทดสอบถ้าอัตราการเต้นหัวใจของผู้ทดสอบมากกว่าร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (220-อายุ (ปี)) หรือผู้ทดสอบไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดการทดสอบได้ หรือผู้ทดสอบมีอาการหรืออาการแสดงที่บ่งบอกว่ามีปัญหาของหัวใจหรือมีภาวะฉุกเฉิน หรือผู้ทดสอบร้องขอหยุดการทดสอบ

วิธีการคำนวณหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

(ที่มาของสมการ: Astrand, I. (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand. 49 (suppl. 169).

เพศชาย: **ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด**

= (0.00212 x workload + 0.299) / (0.769 x HRss - 48.5) x 100

เพศหญิง: **ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด**

= (0.00193 x workload + 0.326) / (0.769 x HRss - 56.1) x 100

ทดสอบหาค่าสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก
ด้วยวิธีการของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ยี่ห้อโมนาร์ค (Monark) รุ่น 828E พร้อมติดตั้งโปรแกรม Wingate anaerobic test

http://www.nordicfitness.com

วิธีทดสอบ

1. ปรับระดับที่นั่งของจักรยานวัดงานให้พอเหมาะโดยให้ผู้รับการทดสอบสามารถเหยียดขาให้สุดพอดีในขณะนั่ง

2. ปอนขอมูลเขาเครื่องคอมพิวเตอร ไดแก่ ชื่อ อายุ น้ำหนักตัว และน้ำหนักถวงในการทดสอบ (น้ำหนักตัว × 0.067)

3. อบอุนรางกายเปนเวลา 2 นาที โดยใชงานระดับเบาแลวเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบตอนาที

4. บอก “เริ่ม” พรอมกดสัญญาณที่แปนพิมพ์เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วงและนับรอบจากการปน ขณะเดียวกันผูเขารับการทดสอบตองปนจักรยานอยางเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

5. เมื่อปนครบเวลาแลวตองรีบลดน้ำหนักถ่วงแลวให้ผูเขารับการทดสอบปนตอชา ๆ อีก 2-3 นาที

6. ที่หนาจอคอมพิวเตอรจะปรากฏกราฟความเร็วของการปั่นตลอดเวลาการทดสอบและคาสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก 2 ค่า คือ ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

ออกกำลังกายด้วยปั่นจักรยานวัดงาน
ตามวิธีการทดสอบของออสตรานด์และไรมิ่ง
(A strand cycle ergometer maximal test)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

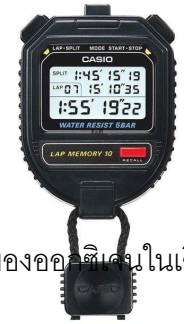
1. จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ยี่ห้อโมนาร์ค (Monark) รุ่น 828E

http://www.nordicfitness.com

2. เครื่องให้จังหวะ (Metronome) ยี่ห้อ JOYO รุ่น JMT-555B

http://officesmiles.nanasupplier.com

3. นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W



4. เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO_2) และอัตราการเต้นของหัวใจ

http://officesmiles.nanasupplier.com

http://techace.co.th/datas/image/pic-80.jpg

วิธีการทดสอบ

1. ผู้เข้ารับการทดสอบทำการอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานวัดงานที่ยังไม่มีการถ่วงน้ำหนัก (Free load) ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3-5 นาที

2. เริ่มการทดสอบโดยเพิ่มความหนักของงาน ในเพศชายเริ่มที่ 600 กิโลปอนด์ หรือ 100 วัตต์ ในเพศหญิงเริ่มที่ 300 กิโลปอนด์ หรือ 50 วัตต์

3. ปั่นจักรยานวัดงานที่ความเร็วคงที่ 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที

4. ปรับความหนักของงานโดยในเพศชายเพิ่มขึ้นครั้งละ 300 กิโลปอนด์ หรือ 50 วัตต์ ในเพศหญิงเพิ่มครั้งละ 150 กิโลปอนด์ หรือ 25 วัตต์ ทุก ๆ 2 นาที

5. ทำการเพิ่มความหนักของงานขึ้นตามข้อกำหนดทุก ๆ 2 นาที จนผู้เข้ารับการทดสอบไม่สามารถคงความเร็วในการปั่นจักรยานวัดงานไว้ได้ที่ 50 รอบต่อนาที อย่างต่อเนื่อง (ขณะออกกำลังกายทำการตรวจสอบว่ากลุ่มตัวอย่างทำเต็มความสามารถหรือไม่โดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจให้มีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ระดับร้อยละ 90-95 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด)

6. บันทึกค่าความหนักสูงสุดของงานที่ทำได้เพื่อนำไปคำนวณหาค่า $V\dot{O}_2max$ ตามสูตรของ ACSM และ Wasserman ดังนี้

6.1 สมการของ ACSM (American College of Sport Medicine, 2000)

$V\dot{O}_2max$ = (ความหนักของงาน x 1.8) + (น้ำหนักตัวผู้ทดสอบหน่วยเป็นกิโลกรัม x 7)

6.2 สมการของ Wasserman (Wasserman et al., 1994)

$V\dot{O}_2max$ = (ความหนักของงาน x 1.72) + (น้ำหนักตัวผู้ทดสอบหน่วยเป็นกิโลกรัม x 5.8) + 151

ยกตัวอย่างเช่น

ถ้าผู้เข้ารับการทดสอบน้ำหนัก 70 กิโลกรัม ความหนักของงานสูงสุดที่ 1,200 กิโลกรัม ปอนด์

1. สมการของ ACSM (American College of Sport Medicine, 2000)

$V\dot{O}_2max$ = (1,200 x 1.8) + (70 x 7)

= 37.85 ml/kg/min

2. สมการของ Wasserman (Wasserman et.al., 1994)

$V\dot{O}_2max$ = (1,200 x 1.72) + (70 x 5.8) + 151

= 37.42 ml/kg/min

ภาคผนวก ค

1. ใบสมัครเข้าร่วมการวิจัย
2. ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
3. ใบบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่.....

ใบสมัครเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อ.....นามสกุล.....อายุ.....ปี

วัน/เดือน/ปีเกิด.....น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ที่อยู่(ตามบัตรประชาชน)บ้านเลขที่.....หมู่.....ถนน.....

ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้.....

E-mail address.....ID: LINE.....

มีความประสงค์ที่จะเข้าร่วมในการทำวิจัยในครั้งนี้

ลงนาม.....

(.....)

วันที่ ...../...../.....

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เรื่อง วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา

วันให้คำยินยอม วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ..... ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิจะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง หรือซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว มีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เรื่อง วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา

วันให้คำยินยอม วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ..... ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิจะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง หรือซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว มีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม.....ผู้ปกครอง/ ผู้แทนโดยชอบด้วยกฎหมาย

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)

ใบบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่.....

1. ข้อมูลเบื้องต้น

ชื่อ.....นามสกุล.....อายุ.....ปี

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ความดันโลหิต...../..... อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (RHR) ..... ครั้ง/นาที

2. กลุ่มที่ได้รับการทดลอง (ให้ทำเครื่องหมาย ☑หน้ากลุ่มของตนเอง)

☐ กลุ่มทดลองที่ 1 (นั่งพักเฉย ๆ 1 ชั่วโมง)

☐ กลุ่มทดลองที่ 2 (ใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย 30 นาที)

3. ผลก่อนการทดลอง

3.1 ผลทดสอบหาค่า V□O_2max ด้วยวิธีของ A□strand-Rhyming test

น้ำหนักถ่วง.....กิโลปอนด์ [ค่า age factor..... ค่า V̇O_2max.....มล./กก./นาที.]

อัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาที ที่ 5 ..... อัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาที ที่ 6 .....

อัตราการเต้นของหัวใจช่วงนาที ที่ 7 (ถ้ามี) ..... อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย.....ครั้ง/นาที

3.2 ทดสอบหาค่า สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก.....

ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก.....

4. ผลการทดลองภายหลังการออกกำลังกายทันที

4.1 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด.....มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

4.2 อัตราการเต้นของหัวใจ.....ครั้ง/นาที

5. ผลการทดลองภายหลังการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายทันที

5.1 ปริมาณกรดแลคติกในเลือด.....มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

5.2 อัตราการเต้นของหัวใจ.....ครั้ง/นาที

5.3 ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก.....

5.4 ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก.....

ภาคผนวก ง

ใบบันทึกผลการตรวจสุขภาพ

ลำดับที่

ใบบันทึกผลการตรวจสุขภาพ

เรื่อง ผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลกติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพแอนแอโรบิกในนักกีฬา

วันที่ได้รับการตรวจ วันที่ ..... เดือน ..... พ. ศ. .....

ชื่อ-นามสกุล.....อายุ.....ปี

เพศ.....ส่วนสูง.....เซนติเมตร

น้ำหนัก..... กิโลกรัม ความดันโลหิต..... /..... มิลลิลิตรปรอท ชีพจรขณะพัก ..... ครั้ง/นาที

ประวัติการเจ็บป่วย

การเจ็บป่วยในอดีตที่สำคัญ

.....

.....

โรคประจำตัว

.....

.....

ประวัติครอบครัว (โรคหัวใจ อัมพฤกต์ อัมพาต)

.....

.....

.....

.....

ประวัติการใช้ยา

1. ยาที่ใช้เป็นประจำ

.....

.....

.....

2. ยาที่มีประวัติการแพ้

.....

.....

.....

Physical examination

General appearance

.....

.....

.....

HEENT	☐	Normal	☐	Abnormal
Chest	☐	Normal	☐	Abnormal
Heart	☐	Normal	☐	Abnormal
Abdomen	☐	Normal	☐	Abnormal
Genitalia	☐	Normal	☐	Abnormal
Skin	☐	Normal	☐	Abnormal
Extremities	☐	Normal	☐	Abnormal
Neuro	☐	Normal	☐	Abnormal

Final impression

☐ Normal ☐ Abnormal

Remark

.....

.....

แพทย์ผู้ตรวจ .....

( )

ภาคผนวก จ

1. แบบสอบถามเพื่อการวิจัย
2. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

ลำดับที่.....

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา

วันทำการเก็บข้อมูล วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....
สถานที่ทำการเก็บข้อมูล ณ ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Laboratory of exercise physiology) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามเพื่อคัดกรอง (พรพิมล เหมือนใจ, 2553 อ้างถึงใน พิชยา นพกาล, 2557) ประกอบไปด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน จำนวน 2 ข้อ
ตอนที่ 2 เกี่ยวกับข้อมูลประวัติสุขภาพ จำนวน 11 ข้อ
ตอนที่ 3 เกี่ยวกับข้อมูลประวัติการออกกลำลังกาย จำนวน 6 ข้อ

2. กรุณาทำการตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ โดยสามารถตอบคำถามได้มากกว่า 1 ข้อ และท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามข้อใดก็ได้โดยใช้เวลาประมาณ 5-6 นาที ในการตอบแบบสอบถาม
3. การตอบแบบสอบถามในแต่ละตอนให้ใส่เครื่องหมายถูกต้อง ☑ ลงในช่องที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง ในส่วนที่เป็นช่องว่างให้เติมข้อความให้ครบถ้วน ทั้งนี้คำตอบของท่านมีความสำคัญต่อการวิจัยเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งในการให้ความร่วมมือทุกท่าน

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1. วัน/ เดือน/ ปีเกิด .....อายุ.....ปี
เชื้อชาติ ..... สัญชาติ .....อาชีพ .....นักศึกษา.....

2. น้ำหนัก..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร

ตอนที่ 2 ประวัติสุขภาพ

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

☐ ไม่ได้รับการรักษา ☐ ได้รับการรักษา (อย่างไร).....

2. ท่านเคยมีอาการเจ็บหน้าอก (Chest pain) หรือหายใจติดขัดหรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย (โปรดระบุ).....

3. ท่านเคยมีประวัติการเจ็บป่วยที่สำคัญ หรือได้รับการผ่าตัดหรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย (โปรดระบุ).....

4. ท่านเคยมีปัญหาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อ บาดเจ็บบริเวณกระดูกหรือข้อต่อ หรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย (โปรดระบุ).....

5. ปัจจุบันท่านยังมีอาการการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้ออยู่หรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

6. การรักษาที่ท่านได้รับในปัจจุบัน (เช่น ยา/ กายภาพบำบัด/ อื่น ๆ)

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

7. ท่านมีปัญหาดังต่อไปนี้หรือไม่

☐ มีบริเวณที่มีความผิดปกติของระบบหลอดเลือด เช่น เส้นเลือดขอด หรือ เส้นเลือดอุดตัน เป็นต้น

☐ มีความผิดปกติในการแข็งตัวของเลือด ซึ่งรวมถึงการได้รับยาต้านการแข็งตัวของเลือดด้วย

☐ มีบริเวณที่มีรอยโรคบนผิวหนังที่ยังไม่หายสนิทดี

☐ มีบริเวณที่มีการติดเชื้อ ☐ มีบริเวณที่มีการอักเสบ

☐ กระดูกหักที่ยังติดไม่ดี ☐ บริเวณที่เป็นมะเร็ง

☐ บริเวณที่เปลี่ยนข้อต่อ ☐ มีไข้มากกว่าหรือเท่ากับ 38.5 C°

8. ขณะนี้ท่านมีปัญหาสุขภาพ และ/ หรือมีภาวะเครียดหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

9. ขณะนี้ท่านมีปัญหาทางสายตาหรือไม่

☐ ไม่มี ☐ มี (โปรดระบุ).....

10. ท่านเคยสูบบุหรี่หรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย.....มวน/วัน เป็นระยะเวลา.....ปี

☐ สูบนาน ๆ ครั้ง (โปรดระบุ) ..... ☐ เลิกสูบมาแล้ว.....ปี

11. ท่านดื่มเครื่องดื่มที่ผสมแอลกอฮอล์หรือไม่

☐ ไม่เคยดื่ม ☐ ดื่มเป็นประจำ ☐ ดื่มนาน ๆ ครั้ง (โปรดระบุ).....

ตอนที่ 3 ประวัติกำรออกกำลังกาย

1. ท่านออกกำลังกายหรือไม่

☐ ไม่ ☐ ใช่

2. ท่านออกกำลังกายชนิดใด

☐ เดิน ☐ วิ่ง ☐ ปั่นจักรยาน ☐ ว่ายน้ำ

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

3. ท่านออกกำลังกายกี่วันต่อสัปดาห์

☐ น้อยกว่า 2 วัน/ สัปดาห์ ☐ 3-4 วัน/ สัปดาห์

☐ มากกว่า 5-6 วัน/ สัปดาห์ ☐ ทุกวัน

4. ท่านออกกำลังกายเป็นระยะเวลาเท่าไรต่อครั้ง

☐ น้อยกว่า 20 นาที ☐ 20-30 นาที

☐ มากกว่า 30-60 นาที ☐ มากกว่า 60 นาที ขึ้นไป

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

5. ท่านเคยได้รับการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้าน (ออกกำลังกายด้วยน้ำหนัก) หรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย (แต่นานกว่า 3 เดือนที่ผ่านมา)

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

6. ท่านออกกำลังกายหรือเป็นนักกีฬาประเภทใดบ้างหรือไม่

☐ ไม่

☐ ออกกำลังกายหรือเป็นนักกีฬา (โปรดระบุ).....

(เช่น กรีฑา ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล เป็นต้น)

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

ชื่อเรื่อง วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีผลต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา

ชื่อผู้วิจัย นางสาวอิสริยา ทองห่อ รหัสนิสิต 54910086 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

เรียนผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่าน

การวิจัยครั้งนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของวิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายที่มีผลต่อกรดแลคติกในเลือด อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬา นักกีฬาที่ใช้วิธีการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายจะกลับมามีสมรรถภาพใกล้เคียงกับก่อนออกกำลังกาย และสามารถนำไปปรับใช้กับนักกีฬาและเวลาในการพักของแต่ละชนิดกีฬาอย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการฝึกซ้อมและการแข่งขันต่อไป

เมื่อท่านเข้าร่วมการวิจัยแล้วสิ่งที่ท่านจะต้องปฏิบัติ คือ ท่านจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้นเมื่อท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยโดยอิสระและทำการตอบแบบสอบถามตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสม และยินยอมที่จะเข้าร่วมการวิจัยนี้ท่านจะได้รับการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ทดสอบหาค่า VO_2max ด้วยวิธีของ Astrand-Rhyming test
2. ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก

3. ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานตามวิธีการของ A□strand cycle ergometer maximal test

4. ในการทดสอบหาระดับของกรดแลคติกในเลือด ทำการเจาะทั้งสิ้น 2 ครั้ง (ครั้งที่ 1 ภายหลังจากการออกกำลังกายทันที และครั้งที่ 2 ภายหลังจากการฟื้นตัวทันที) โดยทำการเจาะเลือดบริเวณติ่งหู โดยความลึกในการเจาะลึกไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ปริมาณเลือดที่เจาะออกมาประมาณ 0.2 ไมโครลิตร หรือประมาณ 1 หยดเล็ก ๆ การกระทำดังกล่าวทำตามหลักและวิธีทางการแพทย์โดยพยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา

หลังจากนั้นท่านจะได้รับการจัดเข้ากลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จากผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจำนวน 30 คน โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน และทำการทดลองกลุ่มละ 1 วัน ตั้งแต่เวลา 08.30-15.30 น. ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับท่านมีเพียงผลกระทบอันเป็นผลมาจากการเจาะเลือดเท่านั้น และโอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก เนื่องจากในการเจาะเลือดได้ทำตามหลักและวิธีทางการแพทย์ โดยพยาบาลวิชาชีพโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา ผลของการศึกษานี้จะใช้สำหรับวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น โดยข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และไม่มีการแพร่งพรายสู่สาธารณชน ขอรับรองว่าจะไม่มีการเปิดเผยชื่อของ ท่านตามกฎหมาย หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ตัวอย่างเลือดของของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะถูกทำลาย ตามความเหมาะสม โดยไม่เก็บไว้เพื่อกระทำการอื่น ๆ ได้อีกและการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัยแล้วท่านสามารถถอนตัวได้ ตลอดเวลาโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น หากท่านมีปัญหาหรือข้อสงสัยประการใด สามารถสอบถามได้โดยตรงจากผู้วิจัยในวัน ทำการรวบรวมข้อมูล หรือสามารถติดต่อสอบถามเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้ได้ตลอดเวลาที่ผู้วิจัย คือ นางสาวอิสริยา ทองห่อ หมายเลขโทรศัพท์ 086-110-9944 ซึ่งยินดีตอบคำถามทุกคำถาม จึงเรียนมาเพื่อทราบและขอขอบคุณท่านเป็นอย่างยิ่งในความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

นางสาวอิสริยา ทองห่อ

ผู้วิจัย

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่ได้จากทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มทดลองที่ 1

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)
1	18	71	181
2	19	75	185
3	21	63	175
4	19	68	185
5	20	78	184
6	20	60	169
7	19	67	171
8	20	59	169
9	18	59	174
10	22	68	178
11	21	70	179
12	20	67	175
13	18	68	180
14	20	52	170
15	19	67	176
$\overline{x}$	19.60	66.13	176.73
SD	1.18	6.65	5.59

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มทดลองที่ 2

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)
1	18	72	177
2	21	63	172
3	18	65	182
4	18	65	172
5	20	73	182
6	18	60	172
7	18	83	189
8	21	57	169
9	21	73	174
10	19	55	167
11	19	60	174
12	20	70	179
13	19	63	173
14	23	73	175
15	20	67	164
$\bar{X}$	19.53	66.60	174.73
SD	1.51	7.45	6.36

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ของกลุ่มทดลองที่ 1

คนที่	ก่อนออกกำลังกาย		หลังการฟื้นตัว	
	พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)
1	9.65	8.58	8.84	7.91
2	13.67	8.17	9.45	7.24
3	12.06	8.71	10.26	8.44
4	10.45	9.78	9.45	8.84
5	11.26	7.77	9.45	7.64
6	12.06	9.38	9.26	9.11
7	9.65	7.24	7.84	6.83
8	12.86	8.71	10.45	8.31
9	12.86	9.78	10.45	8.84
10	12.06	9.25	10.26	8.98
11	12.86	9.25	9.06	9.11
12	12.86	9.38	9.06	9.25
13	12.86	9.38	9.45	8.38
14	11.26	7.64	8.84	6.70
15	11.26	8.31	9.26	8.17
$\bar{X}$	**11.85**	**8.76**	**9.43**	**8.25**
SD	**1.23**	**0.80**	**0.71**	**0.83**

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ของกลุ่มทดลองที่ 2

คนที่	ก่อนออกกำลังกาย		หลังการใช้โปรแกรมการฟื้นตัว	
	พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)
1	12.06	8.98	10.45	8.84
2	9.65	9.11	8.84	8.98
3	12.86	9.51	10.45	9.11
4	12.06	8.84	10.45	8.31
5	12.86	8.31	10.45	8.17
6	11.26	9.25	9.45	8.71
7	10.45	7.77	9.26	7.64
8	11.26	8.31	10.45	8.17
9	11.26	8.44	10.45	8.17
10	9.65	9.38	8.84	9.25
11	12.86	9.25	10.26	8.84
12	11.26	8.98	9.06	8.98
13	9.65	8.44	8.84	8.17
14	11.26	8.31	10.26	7.50
15	11.26	8.58	10.26	8.31
$\bar{X}$	**11.31**	**8.76**	**9.85**	**8.48**
SD	**1.11**	**0.50**	**0.70**	**0.53**

ผลของการทดสอบค่าปริมาณกรดแลคติกในเลือด ของกลุ่มทดลองที่ 1

คนที่	หลังออกกำลังกายทันที	หลังการฟื้นตัว
1	5.50	3.20
2	5.30	3.30
3	4.50	3.30
4	6.50	3.80
5	5.50	3.70
6	4.20	3.00
7	5.00	3.30
8	5.40	2.90
9	4.30	2.60
10	5.70	2.40
11	5.40	2.40
12	7.20	3.80
13	5.50	3.50
14	5.30	3.50
15	5.00	3.50
$\overline{x}$	5.35	3.21
SD	0.77	0.47

ผลของการทดสอบค่าปริมาณกรดแลคติกในเลือด ของกลุ่มทดลองที่ 2

คนที่	หลังออกกำลังกายทันที	หลังการใช้โปรแกรมการฟื้นตัว
1	8.60	1.60
2	6.50	1.90
3	5.50	2.70
4	5.50	2.70
5	4.80	1.90
6	5.10	1.90
7	6.10	2.30
8	9.90	2.40
9	3.10	2.00
10	5.00	2.10
11	3.20	2.00
12	4.90	2.40
13	5.90	2.10
14	6.90	1.90
15	8.40	2.10
$\bar{x}$	5.96	2.13
SD	1.89	0.31

ผลของการทดสอบค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มทดลองที่ 1

คนที่	ก่อนออกกำลังกาย	หลังการฟื้นตัว
1	75	89
2	80	101
3	81	90
4	77	97
5	70	81
6	75	88
7	74	114
8	62	100
9	73	85
10	68	120
11	71	122
12	71	95
13	80	86
14	70	86
15	69	96
$\overline{x}$	73.07	96.67
SD	5.18	12.84

ผลของการทดสอบค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ของกลุ่มทดลองที่ 2

คนที่	ก่อนออกกำลังกาย	หลังการใช้โปรแกรมการฟื้นตัว
1	64	65
2	66	68
3	60	62
4	61	64
5	67	68
6	60	61
7	62	64
8	60	60
9	60	60
10	66	66
11	64	54
12	68	69
13	64	69
14	62	63
15	64	65
$\overline{x}$	63.20	63.87
SD	2.73	4.09

ผลของการทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดลอง

คนที่	กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
1	3.80	3.60
2	3.65	3.60
3	3.05	3.30
4	3.05	3.10
5	3.00	3.00
6	3.00	3.00
7	2.85	2.90
8	2.75	2.75
9	2.70	2.70
10	2.70	2.70
11	2.60	2.60
12	2.45	2.60
13	2.30	2.40
14	2.10	2.20
15	2.10	2.00
$\overline{x}$	2.8067	2.8300
SD	0.4887	0.4597