บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายและความสำคัญของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

David E. Martin และ Peter N. Coe (1997) กล่าวว่า ประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) หมายถึง ประมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถนำออกมาใช้จากระบบไหลเวียนเลือดสู่ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อในระหว่างช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีความสัมพันธ์กับระดับความหนักของการทำกิจกรรม โดยปกติแล้วผู้หญิงสุขภาพดีที่มีอายุระหว่าง 20 - 29 ปี จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ประมาณ 35 - 43 ml/kg/min ในขณะที่นักวิ่งระยะไกลเพศหญิงระดับแนวหน้าในกลุ่มอายุเดียวกันจะมีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อยู่ระหว่าง 61 - 73 ml/kg/min ในทำนองเดียวกันชายปกติที่มีสุขภาพดีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะอยู่ระหว่าง 44 - 51 ml/kg/min ในขณะที่นักวิ่งระยะไกลชายระดับแนวหน้ามีค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดถึง 71 - 84 ml/kg/min

คนปกติที่ขาดการออกกำลังกายที่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะลดลงเฉลี่ย 1% ทุกปี การลดลงของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดบ่งบอกถึงการเสื่อมของระบบการทำงานของร่างกาย ในขณะที่ผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำสามารถชะลอการลดลงของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Martin, David E. and Coe, Peter N., 1997)

ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ดีนั้นบ่งบอกถึงสมรรถภาพของร่างกายด้านระบบไหลเวียนเลือด แสดงให้เห็นว่าร่างกายสามารถนำออกซิเจนจากการขนส่งของเลือดมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ และขนาดของร่างกาย ซึ่งค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดสามารถพัฒนาให้เพิ่มขึ้นได้จากการฝึก โดยมีองค์ประกอบด้านชนิดของการฝึก ระยะเวลาในการฝึก และความหนักของการฝึกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการนำเอาออกซิเจนมาใช้ในร่างกาย การฝึกที่แตกต่างกันของแต่ละชนิดกีฬามีผลต่อปริมาณการเพิ่มของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ที่แตกต่างกันออกไป (Foss, Merle L. and Keteyian, Steven J., 1998)

บุคคลใดมีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดอยู่ในระดับสูงก็จะมีความสามารถในการออกกำลังกาย เล่นกีฬา หรือประกอบภาระกิจประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (งานทดสอบสมรรถภาพทางกายกองวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2543)

ตามตารางที่ 1 แสดงค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดกีฬา แสดงให้เห็นถึงความต้องการใช้ออกซิเจนที่แตกต่างกันไปในแต่ละกิจกรรมการเล่นกีฬา กีฬาที่ต้องอาศัยความทนทานในการเล่น หรือความต่อเนื่องยาวนานในการปฏิบัติกิจกรรม ได้แก่ นักกีฬาวิ่งระยะกลาง และระยะไกล นักกีฬาจักรยาน จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สูงกว่ากีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการเล่นสั้นหรือไม่ได้ปฏิบัติกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ฟุตบอล ยูโด และเทนนิส (กองวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2542)

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจำแนกแต่ละชนิดกีฬา

ชนิดกีฬา	ชาย VO_2 max (ml/kg/min)	หญิง VO_2 max (ml/kg/min)
นักกีฬาเยาวชนไทย		
วิ่งระยะกลาง	54.36	53.76
มวยสากลสมัครเล่น	50.18	-
บาสเกตบอล	46.93	44.14
นักกีฬาทีมชาติไทย		
วิ่งระยะกลาง	66.97	61.36
วิ่งระยะไกล	68.63	69.78
จักรยาน	76.96	66.67
ฟุตบอล	62.02	56.68
ยิมนาสติกสากล	57.39	54.16
ยูโด	50.18	53.47
ยิงปืน	40.56	40.83
เทนนิส	58.79	52.34
วอลเลย์บอล	58.15	62.66

ที่มา :งานสมรรถภาพกีฬา กองวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2542

การฝึกความทนทานกับประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

Brent S. Rushall. (1999) ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับการฝึกความทนทาน ที่มีผลต่อการเพิ่มค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดไว้ว่า วัตถุประสงค์ของการฝึกความทนทานก็คือการเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย ทำให้ร่างกายสามารถรักษาระดับการทำกิจกรรม และคงความหนักของกิจกรรมได้ยาวนาน โดยธรรมชาติของการฝึกนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการฝึก และความหนักของกิจกรรมการฝึก ซึ่งในแต่ละกิจกรรมการออกกำลังกาย การเล่นกีฬา หรือการแข่งขันแต่ละชนิดกีฬาจำเป็นต้องอาศัยความทนทานที่แตกต่างกันออกไป ยกตัวอย่างในนักวิ่งระยะกลาง หรือนักวิ่งระยะไกล สามารถปรับตัวให้กล้ามเนื้อสามารถทนทานต่อการสะสมของกรดแลคติกตลอดระยะเวลาของการแข่งขันที่มีช่วงเวลาตั้งแต่ 5 นาที ไปจนถึง 3 ชั่วโมง โดยมีความหนักของการทำกิจกรรมในระดับสูง ซึ่งเป็นเรื่องที่ลำบากมากที่นักวิ่งสามารถรักษาระดับการใช้ออกซิเจนให้สัมพันธ์กับการรับออกซิเจนจากภายนอกร่างกายตลอดช่วงระยะเวลาการทำกิจกรรมถ้าปราศจากการฝึกความทนทานเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การเพิ่มของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเกิดขึ้นหลังจากการฝึกความทนทานโดยทั่วไปแล้วจะเพิ่มขึ้น 5 –25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของกิจกรรมการฝึกและความหนักของการฝึกรวมไปถึงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา และประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนการฝึก ในนักกีฬาที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดอยู่ในระดับสูง หรือได้รับการฝึกความทนทานตลอดทั้งปีจะมีการเพิ่มของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดน้อยกว่าหรือเพิ่มขึ้นได้ยากกว่านักกีฬาที่ไม่เคยได้รับการฝึกความทนทานมาก่อนซึ่งอาจเพิ่มขึ้นไม่ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ (Rushall, Brent S., 1999)

Hickson, R. C. et al. (1977) ทำการศึกษาการเพิ่มขึ้นของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังการออกกำลังกายแบบความทนทานโดยการให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 คน ออกกำลังกาย 40 นาทีต่อวัน 6 วันต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยการปั่นจักรยานวัดงานแบบเป็นช่วงที่ความหนัก 100% VO_2 max เป็นเวลา 5 นาที สลับกับช่วงปั่นจักรยานที่ 50 – 60% VO_2 max อีก 2 นาที จำนวน 6 ครั้ง เป็นเวลา 3 วัน สลับกับการวิ่งที่ความเร็วเต็มที่ภายในระยะเวลา 40 นาที อีก 3 วัน ผลการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 5% ในสัปดาห์แรกของการฝึก ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนการฝึกครบ 10 สัปดาห์ โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 16.8 ml/kg/min (44%) สรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดสามารถเพิ่มขึ้นได้จากการฝึกแบบความทนทาน

ภายหลังการฝึกความทนทานเป็นที่ชัดเจนแล้วว่าส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น ความมากหรือน้อยของการเพิ่มขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อย่างไรก็ตาม ค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะเพิ่มขึ้นในนักกีฬาที่มีการฝึกและแข่งขันเกี่ยวกับความอดทน การเพิ่มขึ้นของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อลายเพิ่มมากขึ้น
2. กล้ามเนื้อลายสามารถสกัดออกซิเจนออกจากเม็ดเลือดเพิ่มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการ ทำให้ร่างกายสามารถนำออกซิเจนมาใช้ในขณะที่ร่างกายทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความทนทานได้ดียิ่งขึ้น (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

ดังนั้น การฝึกเพื่อพัฒนาความอดทน จะต้องฝึกให้ร่างกายใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนมากที่สุด เพื่อฝึกระบบการไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจให้ทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้นักกีฬาสามารถอดทนต่อความเมื่อยล้าได้ดี (พีระพงศ์ บุญศิริ, 2532)

ถึงแม้ว่าค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะบ่งบอกได้ดีถึงสมรรถภาพด้านความทนทานของร่างกาย แต่ก็ไม่ได้บ่งบอกว่านักกีฬาที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากัน จะมีความสามารถทางการกีฬาที่เท่ากันตามไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสมรรถภาพร่างกายด้านอื่นๆ รวมไปถึงความสามารถทางการกีฬาอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบนักวิ่งระยะกลาง 2 คนที่มีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากัน นักวิ่งคนที่สามารถนำพลังงานมาใช้ในการวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเร็วในการวิ่งมากกว่า และมีเทคนิคในการวิ่งที่ดีกว่า ย่อมทำสถิติในการวิ่งได้ดีกว่า หรือในตัวอย่างชนิดกีฬาที่มีความแตกต่างกัน เปรียบเทียบระหว่างนักจักรยานทางไกลกับนักวิ่งมาราธอน ถึงแม้ว่านักจักรยานทางไกลจะมีค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดสูงกว่านักวิ่งมาราธอน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่านักปั่นจักรยานทางไกลจะสามารถวิ่งมาราธอนได้สถิติเท่ากับนักวิ่งมาราธอน (Viru, Atko., 1995)

ระบบพลังงานที่ใช้ในการวิ่ง

Peter G.J.M. Janssen (1995) ได้อธิบายถึงระบบพลังงานที่ใช้ในขณะออกกำลังกายไว้ว่าภายในร่างกายของคนเรามีสารเคมีที่ทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้งานมีการหดตัว หรือคลายตัว สารเคมีนี้เรียกว่า Adenosine Triphosphate หรือ ATP ในภาวะที่กล้ามเนื้อมีการทำงาน ATP จะถูกเปลี่ยนให้เป็น ADP (Adenosine Diphosphate) และให้พลังงานในการทำงานของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามATP ที่อยู่ในกล้ามเนื้อมีจำนวนจำกัด เมื่อ ATP ในกล้ามเนื้อหมดไป ความล้าก็จะเกิดขึ้นตามมา แต่ยังมีระบบการทำงานของระบบพลังงานที่ช่วยในการเปลี่ยน ADP

ให้กลับมาเป็น ATP อีกครั้งเพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ระบบพลังงานช่วยเหลือระบบแรกเรียกว่า ระบบ Creatine Phosphate (CP system) แต่พลังงานที่มาจาก Creatine Phosphate (CP) ก็มีจำนวนจำกัดเช่นกัน โดยที่ ATP จะให้พลังงานในกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อเพียง 1 - 2 วินาที ในขณะที่ Creatine Phosphate จะถูกใช้หมดไปในระยะเวลาไม่เกิน 6 - 8 วินาที นอกจากระบบพลังงานช่วยเหลือระบบแรกแล้ว ยังมีระบบพลังงานที่สามารถใช้ในกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อได้ไม่จำกัด เป็นระบบพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารภายในร่างกาย สารอาหารหลัก ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) และ ไขมัน (Fats) สารอาหารเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในร่างกายและเมื่อร่างกายต้องการก็จะถูกนำออกมาใช้ในการออกกำลังกายพลังงานจากไขมันที่ถูกเก็บไว้สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่จำกัด ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการรับประทานอาหารจำพวก น้ำตาล แป้ง และกลูโคส จะถูกเก็บสะสมในรูป "กลัยโคเจน (glycogen)" แหล่งเก็บสะสมหลักของกลัยโคเจนอยู่ในกล้ามเนื้อและตับ ร่างกายสามารถนำกลัยโคเจนที่สะสมไว้ออกมาใช้ได้ในขณะออกกำลังกายอย่างหนักอย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนที่จะถูกใช้หมดไป

กระบวนการสลายพลังจากกลัยโคเจนสามารถแยกการทำงานออกได้อีก 2 กระบวนการ คือ การสลายพลังงานโดยใช้ออกซิเจน และสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งในการสลายพลังงานของกลัยโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นในขณะที่การรับออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ออกซิเจนในกล้ามเนื้อ เป็นสาเหตุให้เกิดภาวะการเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen dept) และเกิดการสะสมของกรดแลคติก (Lactic acid) ซึ่งการสะสมของกรดแลคติกในปริมาณที่สูงทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีภาวะเป็นกรดสูงขึ้น และขัดขวางกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้ร่างกายไม่สามารถรักษาระดับของการทำงานต่อไปได้อีก ทำให้เกิดอาการปวดขา หรือขาหนักในกีฬาที่ต้องใช้กล้ามเนื้อขา เช่น นักวิ่งระยะ 400 เมตร นักวิ่งระยะกลาง เป็นต้น ดังตารางที่ 2 ที่แสดงให้เห็นถึงการแบ่งระยะเวลาของการ ออกกำลังกายอย่างเต็มที่สัมพันธ์กับระบบพลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย ในช่วง 1 - 4 วินาที ของการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานจาก ATP ซึ่งจะทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) และไม่เกิดกรดแลคติก (Alactic) จากนั้นร่างกายจะใช้ ATP+CP เป็นแหล่งพลังงานหลักเมื่อระยะเวลาของการออกกำลังกายยาวนานขึ้นเป็น 4 – 20 วินาที แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มเป็น 20 – 45 วินาที และ 45 – 120 วินาที จะเห็นได้ว่าจะเกิดการสะสมของ กรดแลคติก (Lactic acid) ในกล้ามเนื้อ โดยเปลี่ยนจากระบบการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และไม่เกิดกรดแลคติก มาเป็นระบบการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเกิดการสะสมกรดแลคติก แหล่งพลังงานหลักที่ใช้มาจาก ATP+CP และกลัยโคเจนที่ถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ (Muscle Glycogen) เมื่อระยะเวลาการออกกำลังกายเพิ่มเป็น 120 – 240 วินาที

ร่างกายจะเริ่มกระบวนการทำงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) ผสมกับแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ยังคงเกิดการสะสมของกรดแลคติก ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้กรดแลคติดที่สะสมในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น แหล่งพลังงานหลัก ที่ใช้มาจากกลัยโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อ

ระบบออกซิเจน (Aerobic system) เป็นระบบพลังงานที่ใช้แหล่งพลังงานหลักจากกลัยโคเจนในกล้ามเนื้อและกรดไขมัน (Fatty acid) ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนไม่ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกเพราะการรับออกซิเจนจากภายนอกร่างกาย และการใช้ออกซิเจนของเซลล์กล้ามเนื้อมีความสมดุลย์กัน ระยะเวลาของระบบนี้อยู่ที่ 240 – 600 วินาที เป็นต้นไป ยิ่งระยะเวลายาวนานมากขึ้นไขมันที่สะสมไว้จะถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักก็มีมากขึ้น

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของระบบพลังงานกับระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ระยะเวลา	ระบบพลังงาน	แหล่งพลังงานที่ใช้
1 – 4 วินาที	Anaerobic alactic	ATP
4 – 20 วินาที	Anaerobic alactic	ATP + CP
20 – 45 วินาที	Anaerobic alactic + Anaerobic lactic	ATP + CP + muscle glycogen
45 – 120 วินาที	Anaerobic lactic	Muscle glycogen
120 – 240 วินาที	Aerobic + Anaerobic lactic	Muscle glycogen
240 – 600 วินาที	Aerobic	Muscle glycogen + Fatty acids
600 วินาทีขึ้นไป	Aerobic	Muscle glycogen + Fatty acids + Liver glycogen

Lactate Threshold หรือ Anaerobic Threshold (AT)

Lactate Threshold คือ ความหนักของงานหรือกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นจนทำให้ระดับกรดแลคติกในกระแสเลือดเริ่มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากระดับปกติ ส่วน Anaerobic threshold (AT) หมายถึง ระดับการเปลี่ยนแปลงครั้งแรกของการออกกำลังกายที่ร่างกายนำออกซิเจนไปใช้ในร่างกายไม่เพียงพอกับการรับจากภายนอก ทำให้เกิดการเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen dept) หรืออาจเรียกได้ว่า ภาวะที่เริ่มเปลี่ยนจากระบบการทำงานแบบใช้ออกซิเจน มาเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Martin, David E. and Coe, Peter N., 1997)

David E. Martin และ Peter N. Coe (1997) ได้แบ่งชนิดของ Lactate Threshold หรือ Anaerobic Threshold ออกเป็น 2 ชนิด คือ

The first threshold หรือ aerobic threshold (lactate 2 mmol/L) หมายถึง ระดับความหนักของกิจกรรมที่เพิ่มขึ้นจนทำให้ปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดเพิ่มขึ้นจากภาวะปกติ คือ 0.5 – 1 มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร(mmol/L) จนถึงระดับ 2 มิลลิโมลต่อเลือด 1 ลิตร ซึ่งนักกีฬาแต่ละคนจะมี aerobic threshold แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพร่างกาย อายุ และเพศ

The second threshold หรือ anaerobic threshold (lactate 4 mmol/L) หมายถึง ระดับความหนักของกิจกรรมที่เพิ่มขึ้น จนทำให้ปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดเพิ่มขึ้นจาก 2 mmol/L มาเป็น 4 mmol/L การฝึกที่ความหนักระดับ anaerobic threshold เรียกว่าการฝึกแบบ Anaerobic threshold มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถของกล้ามเนื้อในการขจัดการสะสมของกรดแลคติก ส่งผลให้ร่างกายมีความทนทานมากขึ้น

ระบบหายใจกับการวิ่ง

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้อธิบายวัตถุประสงค์ของการหายใจ คือ การนำก๊าซออกซิเจนจากอากาศภายนอกเข้าสู่เซลล์ สำหรับทำปฏิกิริยากับแหล่งพลังงานต่างๆ ภายในเซลล์เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน จากนั้นจึงถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการออกนอกร่างกาย กระบวนการรับส่งก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาศัยการทำงานของปอดเป็นเครื่องนำอากาศเข้าออกจากร่างกาย และอาศัยการไหลเวียนของโลหิตเพื่อพาก๊าซเหล่านี้ไปใช้ในการออกกำลังกาย เราอาจแบ่งการหายใจออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. การหายใจภายนอก (External respiration) เป็นการรับเอาก๊าซออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกาย แล้วแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างปอดกับโลหิต

2. การหายใจภายใน (Internal respiration หรือ Cellular respiration) จัดได้ว่าเป็นการหายใจโดยแท้จริง คือ มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างโลหิตกับเซลล์ โดยก๊าซออกซิเจนจากโลหิตเข้าสู่เซลล์ แล้วทำปฏิกิริยากับแหล่งพลังงานภายในเซลล์ เป็นผลทำให้เกิดความร้อน พลังงาน ไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะซึมเข้าสู่กระแสโลหิตและจะถูกนำไปปล่อยออกภายนอกร่างกายต่อไป

ลักษณะและหน้าที่ของปอด

ฐิติกร ศิริสุขเจริญพร (2540) อธิบายว่า ปอดเป็นอวัยวะเกี่ยวกับการหายใจที่สำคัญ และการแลกเปลี่ยนจะเกิดขึ้นในปอดระหว่างโลหิตกับอากาศที่หายใจเข้าไป ปอดมีอยู่ 2 ข้าง คือซ้ายและขวา มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีความยืดหยุ่นดี การหายใจเข้าเกิดจากช่องอกขยายใหญ่ขึ้น ทำให้ความดันภายในช่องอกน้อยลง จึงทำให้อากาศไหลเข้าปอด และเมื่อสิ้นสุดการหายใจเข้า ทรวงอกจะยุบลงทำให้เกิดความดันเพิ่มขึ้นในช่องอกจึงดันให้อากาศออกจากปอด

คำศัพท์ที่ควรทราบเกี่ยวกับการหายใจ ได้แก่

1. Tidal volume (V_T) คือ ปริมาตรของอากาศที่เราหายใจเข้าออกตามปกติ มีค่าประมาณ 500 มิลลิลิตร ในจำนวนนี้มีอยู่ในช่องหลอดลมประมาณ 150 มิลลิลิตร และอยู่ในถุงลมปอด 350 มิลลิลิตร

2. Inspiratory reserve volume (IRV) คือ ปริมาตรของอากาศที่สูดอากาศเข้าปอดอย่างเต็มที่ มีค่าประมาณ 3,000 มิลลิลิตร

3. Exspiratory reserve volume (ERV) คือ ปริมาตรของอากาศหายใจออกอย่างเต็มที่ มีค่าประมาณ 1,000 มิลลิลิตร

4. Vital capacity (VC) คือ ปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าเต็มที่กับอากาศหายใจออกเต็มที่ มีค่าประมาณ 4,500 มิลลิลิตร

5. Residual volume (RV) คือ ปริมาตรอากาศที่ยังเหลืออยู่ในปอดหลังจากการหายใจออก มีค่าประมาณ 1,500 มิลลิลิตร

การขนส่งก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ก๊าซจากปอดและเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย ติดต่อกันได้ต้องอาศัยโลหิตเป็นพาหะ โดยก๊าซจะไปจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือด หรือละลายกับพลาสมา (Plasma) การขนส่งก๊าซออกซิเจนจะขนส่งโดยการจับกับฮีโมโกลบินที่อยู่ภายในเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน 1 กรัม สามารถจับออกซิเจนได้เต็มที่ 1.34 มิลลิลิตร (ที่ความดัน 760 มิลลิลิตรปรอท อุณหภูมิ 0° ซ.) โดยปกติโลหิต 100 มิลลิลิตร จะมีฮีโมโกลบินประมาณ 15 กรัม ถ้าในเลือดมีปริมาณฮีโมโกลบินมากขึ้น เลือดก็จะรับออกซิเจนได้มากขึ้น แต่การแลกเปลี่ยนก๊าซจะขึ้นอยู่กับความดันของก๊าซออกซิเจน ถ้าความดันของก๊าซออกซิเจนสูงขึ้นฮีโมโกลบินก็จะจับก๊าซออกซิเจนได้มากขึ้น (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

การแลกเปลี่ยนก๊าซเป็นไปตามกฎของการแพร่กระจาย เนื่องจากอากาศพยายามจะเคลื่อนจากความกดของอากาศสูงไปสู่ความกดของอากาศต่ำ ออกซิเจนซึมผ่านจากถุงลมในปอดไปสู่โลหิต และคาร์บอนไดออกไซด์จะซึมออกจากโลหิตสู่ปอด ในขณะที่ร่างกายมีกิจกรรมอยู่ตลอดเวลา กระบวนการเผาผลาญพลังงานภายในเซลล์ต้องการก๊าซออกซิเจนในกระบวนการทำงานทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ฉะนั้นเมื่อมีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างเซลล์กับโลหิตทำให้ก๊าซออกซิเจนภายในโลหิตถูกปล่อยให้เข้าไปยังเซลล์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์ก็จะเข้าสู่กระแสโลหิต เรียกว่า "โลหิตดำ" ซึ่งโลหิตดำจะถูกนำมาแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดโดยการขจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปโดยกระบวนการหายใจออก แล้วจึงรับก๊าซออกซิเจนจากปอดเข้าสู่โลหิตอีกครั้งเพื่อนำไปสู่กระบวนการทำงานของเซลล์อีกครั้งเรียกว่า "โลหิตแดง" (ฐิติกร ศิริสุขเจริญพร, 2540)

การควบคุมการหายใจ

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์ (2536) อธิบายเกี่ยวกับการควบคุมการหายใจว่า การหายใจเกิดขึ้นเป็นจังหวะสลับกันไป ความลึกและความถี่ของการหายใจขึ้นอยู่กับการทำงานของศูนย์ควบคุมการหายใจ (Respiratory center) ในสมอง ซึ่งสั่งการโดยอัตโนมัติ ทำให้เราสามารถปรับการหายใจเพื่อให้ร่างกายรับออกซิเจนและขจัดคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้การหายใจยังขึ้นอยู่กับอำนาจของจิตใจด้วย เพราะคนเราสามารถบังคับหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะของการหายใจได้ แต่ได้เพียงชั่วขณะเท่านั้น การทำงานของศูนย์ควบคุมการหายใจจะทำงานตามความเข้มข้นของระดับก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโลหิต โดยมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ ได้แก่ หลอดลมและ ปอด (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

อัตราและปริมาตรการหายใจ

อัตราการหายใจขึ้นอยู่กับวัย และสภาพร่างกาย คนที่มีอายุน้อยจะหายใจเร็วกว่าคนที่มีอายุมาก ผู้ใหญ่โดยปกติหายใจประมาณ 18 – 20 ครั้ง/นาที เมื่อมีการออกกำลังกายอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น เพราะร่างกายต้องการก๊าซออกซิเจนมากขึ้นและต้องการขับถ่ายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกนอกร่างกาย โดยที่ปริมาตรอากาศหายใจเข้าออกต่อครั้ง มีค่าประมาณ 500 ลบ.ซม. อากาศจำนวนหนึ่งจะไม่มีการแลกเปลี่ยน คิดเป็นปริมาตร 150 ลบ.ซม. ซึ่งเรียกว่า "เป็นพื้นที่เสียเปล่าทางกายวิภาค (Anatomical dead space)" อากาศส่วนที่เหลือประมาณ 350 ลบ.ซม. จะผ่านเข้าไปยังถุงลมภายในปอด เพื่อทำการแลกเปลี่ยนก๊าซกับเส้นโลหิตฝอย

ในการออกกำลังกายร่างกายต้องการก๊าซออกซิเจนมากขึ้น และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะเกิดขึ้นมากด้วย ร่างกายจึงต้องเพิ่มอัตราการหายใจเพื่อให้สามารถรับก๊าซออกซิเจนได้มากขึ้น และนำมาใช้ให้เพียงพอต่อความต้องการ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

ในการออกกำลังกายหนักเต็มที่อัตราการหายใจอาจสูงกว่า 50 ครั้ง/นาที และปริมาตรการหายใจแต่ละครั้งอาจมากถึง 3,000 ลบ.ซม. หรือมากกว่านั้น เพื่อให้เกิดภาวะความคงที่ของการรับออกซิเจนจากภายนอกร่างกายกับการใช้ออกซิเจนในร่างกาย แต่เมื่อภายหลังการออกกำลังกายจะต้องมีการหายใจแรงและลึกอยู่อีกพักใหญ่ แล้วค่อยๆ กลับสู่ภาวะปกติ สาเหตุเนื่องจากเป็นการปรับตัวของร่างกายในการขจัดของเสียที่สะสมในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย ซึ่งของเสียที่เกิดขึ้นได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ และกรดแลคติก (ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2536)

การเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจหลังการฝึกความทนทาน

ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย (2536) ได้สรุปการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อระบบหายใจหลังการฝึกความทนทาน คือ

1. ปริมาตรทรวงอกเพิ่มมากขึ้น
2. มีการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ
3. การทำงานของปอดมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือปอดมีปริมาตรมากขึ้น ปอดมีถุงลมเพิ่มมากขึ้น
4. ความจุปอดเพิ่มมากขึ้นทำให้สามารถหายใจรับออกซิเจนได้มากขึ้น
5. ร่างกายสามารถนำออกซิเจนไปใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อได้มากขึ้น และมีการเคลื่อนไหวของกระบังลม (Diaphragm) เพิ่มขึ้น

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle fibers Types)

เส้นใยกล้ามเนื้อลายของมนุษย์นั้นสามารถแบ่งแยกความแตกต่างตามลักษณะการทำงาน หรือแบ่งตามลักษณะทางเคมีที่อยู่ในแต่ละชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยทั่วไปแล้วเส้นใยกล้ามเนื้อลายจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิดโดยอาศัยลักษณะความเร็วของการหดตัว คือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้ช้า คือ Slow - twitch muscle fibers (ST) หรือ Type I กับชนิดที่หดตัวได้เร็ว คือ Fast - twitch muscle fibers (FT) หรือ Type II ซึ่งเส้นใยกล้ามเนื้อแบบ Fast - twitch muscle fibers สามารถแบ่งย่อยออกได้ 2 ชนิดด้วยกัน คือ Type IIa และ Type IIb

โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ และความสามารถการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดของมนุษย์ ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและการฝึกฝน (Foss, Merle L. and Keteyian, Steven J., 1998)

Type I หรือ Slow - twitch (ST) หรือ Slow - oxidative muscle fibers (SO) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้อาจเรียกง่ายๆ ว่า กล้ามเนื้อแดง เนื่องจากมีเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยงมาก ทำให้มองเห็นเป็นสีแดง ส่วนใหญ่จะเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการรักษาท่าทางของร่างกายเช่นการทรงตัวหรือการนั่ง เป็นต้น เพราะต้องใช้งานตลอดเวลา กล้ามเนื้อชนิดนี้สลาย ATP ให้กลายเป็นพลังงานได้ช้าจึงหดตัวได้ช้า แต่มีความทนทานต่อความเมื่อยล้าสูง เนื่องจากมีประมาณของเส้นเลือดฝอย Mitochondria และ Oxidative enzymes มาก ดังนั้นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type I จึงเหมาะสำหรับกิจกรรมที่ต้องอาศัยความทนทาน เช่นนักวิ่งระยะไกล เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการวิ่งนาน และไม่ใช้ความเร็วมาก การฝึกเพื่อที่จะพัฒนาใยกล้ามเนื้อชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพจึงต้องเป็นการฝึกแบบใช้ออกซิเจน หรือ Aerobic training แต่ไม่เหมาะกับการนำไปฝึกในนักวิ่งระยะสั้นเพราะว่าจะทำให้วิ่งได้ช้าลงเนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อชนิด Type I นั้นจะหดตัวได้ช้าในขณะที่นักวิ่งระยะสั้นต้องการความเร็วและความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ใช้งานมาก (Martin, David E. and Coe, Peter N, 1997)

Type II หรือ Fast - twitch muscle fibers (FT) ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีสีขาว มีความเร็วในการหดตัวสูงและให้แรงในการหดตัวมาก แต่มีความทนทานต่ำ

เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้แบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. Type IIa หรือ Fast - oxidative - glycolytic muscle fiber (FOG) เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่มีองค์ประกอบร่วมระหว่าง ST กับ FT ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติในการหดตัวได้เร็วและมีความทนทานต่อความเมื่อยล้าได้ดีแต่ไม่มากเท่ากับ ST และ FT ดังนั้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จึงเหมาะสม อย่างยิ่งสำหรับนักวิ่งระยะกลาง (800เมตร, 1500เมตร และ 3000 วิบาก) ที่ต้องการความทนทานผสมผสานกับความเร็วในการวิ่ง เพราะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้มีทั้งปริมาณของเอนไซม์ Glycolytic และ Oxidative ในระดับที่พอเหมาะ รวมไปถึงมีความทนต่อการสะสมกรดแลคติกได้ดี อีกทั้งสามารถสลายพลังงานได้เร็ว (Martin, David E. and Coe, Peter N, 1997)

2. Type IIb หรือ Fast - glycolytic muscle fiber (FG) เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่สร้างพลังงานจาก Glucose หดตัวได้เร็วและมีความแรงในการหดตัวสูงที่สุดจนถูกเรียกว่ากล้ามเนื้อของนักวิ่งระยะสั้น (Sprinter's muscle) แต่มีลักษณะสีขาว จึงถูกเรียกว่ากล้ามเนื้อขาว ที่มีสีขาวเนื่องจากมาปริมาณเส้นเลือดฝอยมาเลี้ยงน้อย มีเม็ดเลือดแดงน้อย และมีปริมาณ Mitochondria น้อยจึงสร้างพลังงานได้น้อย ไม่สามารถทนต่อความเมื่อยล้าได้นาน แต่มีปริมาณ ATP และ Glycogen ที่สะสมมากจึงสามารถสลายพลังงานให้แก่กล้ามเนื้อได้เร็ว และไวต่อการถูกกระตุ้น

อีกทั้งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้ยังมีประมาณ Glycolytic enzymes มากจึงสามารถสลาย Glycogen ได้ดี นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงมากกว่าใยกล้ามเนื้อชนิด Type I และ Type IIa เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้เหมาะสำหรับนักวิ่งระยะสั้นมากที่สุด (Martin, David E. and Coe, Peter N, 1997)

คุณลักษณะเฉพาะของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type I, Type IIa และ Type IIb แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยพิจารณาจากจำนวน Mitochondria ความทนทานต่อการเมื่อยล้า ระบบพลังงานที่ใช้ ความเร็วของการหดตัว ความแรงของการหดตัว และประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ ATPase ในการสลาย ATP มาเป็นพลังงาน

ตารางที่ 3 คุณลักษณะเฉพาะของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย

คุณลักษณะเฉพาะ	Type IIb	Type IIa	Type I
จำนวน Mitochondria	ต่ำ	ปานกลาง - สูง	สูง
ความทนทานต่อการเมื่อยล้า	ต่ำ	ปานกลาง - สูง	สูง
ระบบพลังงานที่ใช้	Anaerobic	Combination	Aerobic
ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ ATPase	สูงมาก	สูง	ต่ำ
ความเร็วของการหดตัว	สูงมาก	ปานกลาง	ต่ำ
ความแรงของการหดตัว	สูง	สูง	ปานกลาง

เทคนิคการฝึกซ้อมวิ่งระยะกลาง

สมาคมกรีฑาสมัครเล่นแห่งประเทศไทย (2541) กล่าวถึงเทคนิคในการฝึกซ้อมวิ่งระยะกลางที่สำคัญ ได้แก่

1. การฝึกความทนทานทั่วไปของนักวิ่งระยะกลาง มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต จึงต้องทำการฝึกซ้อมตลอดทั้งปี โดยมีความหนักของการฝึกจะอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณของการฝึกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามความสามารถของนักวิ่ง

2. การฝึกความทนทานเฉพาะด้าน การฝึกความทนทานเฉพาะด้านมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิ่งวิ่งได้นานขึ้นที่ระดับความเร็วของการแข่งขัน การฝึกความทนทานเฉพาะด้านจึงเป็นหัวใจของการฝึกเพื่อพัฒนาความทนทานของนักวิ่งระยะกลาง วิธีการฝึกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีการฝึกแบบเป็นช่วง

3. การฝึกความเร็ว เป็นเทคนิคการฝึกที่นักวิ่งระยะกลางไม่ควรมองข้าม เนื่องจากความเร็วเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญของการวิ่งระยะกลาง เช่นในการแข่งขันช่วงสุดท้ายก่อนเข้าเส้นชัย นักวิ่งที่มีความทนทานเท่ากันแต่มีความเร็วมากย่อมที่จะได้เปรียบกว่านักวิ่งที่มีความเร็วน้อยกว่า

4. การฝึกสมรรถภาพทางกาย หมายถึง การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อส่วนเอว กล้ามเนื้อหลัง กล้ามเนื้อหน้าท้อง และกล้ามเนื้อหัวไหล่ โดยเน้นการฝึกไปที่ความแข็งแรงแบบทนทาน การฝึกที่เหมาะกับนักวิ่งระยะกลางและระยะไกล คือ การฝึกแบบสถานี (Circuit training)

ทักษะในการวิ่งระยะกลาง

สมาคมกรีฑาสมัครเล่นแห่งประเทศไทย (2541) อธิบายถึงทักษะในการวิ่งระยะกลางไว้ว่า การวิ่งระยะกลางเป็นการวิ่งที่ต่อเนื่อง ดังนั้นนักวิ่งต้องมีความอดทนต่อความเหน็ดเหนื่อยตลอดระยะเวลาของการวิ่ง อีกทั้งจะต้องมีความเร็วในระยะสุดท้ายของการแข่งขัน นักวิ่งจึงจำเป็นต้องลดท่าทางที่ไม่จำเป็นเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในขณะวิ่งลง โดยขณะวิ่งร่างกายต้องอยู่ในท่าที่เป็นธรรมชาติ จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายต้องมั่นคงไม่เอียงไปด้านหน้าหรือหลังมากจนเกินไป ปกติแล้วลำตัวจะโน้มไปข้างหน้าเล็กน้อยถ้าลำตัวโน้มไปข้างหน้ามากไปก็จะกระทบถึงความสูงของการยกขา และความยาวของช่วงก้าว แต่ถ้าลำตัวเอียงไปด้านหลังมากจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานจากการก้าวขามากยิ่งขึ้น ส่วนศีรษะเป็นไปตามธรรมชาติ กล้ามเนื้อลำคอ และใบหน้าผ่อนคลาย สายตามองไปข้างหน้า การก้าวเท้าไม่ควรก้าวยาวหรือสั้นเกินไปเพราะจะมีผลต่อการใช้พลังงานของร่างกาย ท่าทางในการเหวี่ยงแขน จะต้องใช้ไหล่เป็นแกนมุมของข้อศอกประมาณ 90 องศา การเหวี่ยงแขนจะต้องแนบกับลำตัวเล็กน้อย ซึ่งการเหวี่ยงแขนจะทำมุมประมาณ 50 องศากับพื้นดิน ความเร็วของการเหวี่ยงแขนจะต้องสัมพันธ์ความเร็วของการวิ่ง ไม่ควรเหวี่ยงแขนเร็วเกินไปเพราะจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการฝึกความทนทาน

Merle L. Foss และ Steven J. Keteyian (1998) ได้สรุปผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาหลังการฝึกความทนทานที่มีต่อระบบต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่

1. การเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อ

- มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ Myoglobin ภายในเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่ง Myoglobin ทำหน้าที่รับออกซิเจนจากเลือดเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ จึงทำให้กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนและนำออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานได้มากขึ้น

- เพิ่มความสามารถในการเก็บสะสมกลัยโคเจนในกล้ามเนื้อและตับ รวมไปถึงการเพิ่มความสามารถในการเก็บสะสมไขมันและนำมาใช้ประโยชน์ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อการออกกำลังกายแบบความทนทาน

- เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการสลายพลังงาน อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณและขนาดของ Mitochondria ซึ่งมีหน้าที่สร้างพลังงานให้แก่เซลล์กล้ามเนื้อ จึงทำให้กล้ามเนื้อสามารถสร้างพลังงานได้มากขึ้น

- เพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในการกำจัดกรดแลคติก (Lactic acid) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงระบบไหลเวียนเลือด

- มีการเพิ่มขนาดและปริมาตรของหัวใจ ทำให้หัวใจมีความสามารถในการบีบตัวเพื่อส่งเลือดไปเลี้ยงยังกล้ามเนื้อได้ดียิ่งขึ้น

- อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง เป็นสาเหตุให้หัวใจทำงานน้อยลงในขณะที่ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น

- เพิ่มปริมาณเลือดที่ส่งออกจากหัวใจ (Stroke Volume) รวมไปถึงการเพิ่มปริมาณเลือดและปริมาณ Hemoglobin ซึ่งมีหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ

- เพิ่มปริมาณเส้นเลือดฝอยในกล้ามเนื้อหัวใจ รวมไปถึงเส้นเลือดฝอยที่กล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อมีการรับและแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดีขึ้น เป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อสามารถขจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสลายพลังงาน ได้ดียิ่งขึ้น

- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เนื่องจากการที่ร่างกายสามารถส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น และการเพิ่มความสามารถของกล้ามเนื้อในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการทำงานได้ดียิ่งขึ้น

วิธีการฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Training)

Brent S. Rushall (1999) ได้ให้ความหมายของการฝึกแบบต่อเนื่องว่าเป็นการฝึกที่ต้องใช้ความต่อเนื่องยาวนานตามระยะเวลา หรือระยะทางที่กำหนดโดยความหนักของการฝึกมีความคงที่ตลอดระยะเวลาของการฝึก วัตถุประสงค์ของการฝึกแบบต่อเนื่องก็เพื่อที่จะให้เกิดการปรับตัวด้านความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจน

การฝึกแบบต่อเนื่องแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Low – intensity Continuous training เป็นการฝึกแบบต่อเนื่องที่ใช้ระยะเวลาในการฝึกหรือระยะทางยาว ความหนักของการฝึกต่ำ ทำให้ผู้ฝึกรู้สึกไม่หนักหรือเหนื่อยเกินไปตลอดระยะเวลาของการฝึก ตามตารางที่ 3 แสดงถึงองค์ประกอบของการฝึก โดยความหนักของการฝึกอยู่ที่ 55 – 70 % ของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max time) หรือ 70 – 80 % ของ ชีพจรสูงสุด (Maximum Heart Rate) ระยะเวลาของการฝึกตั้งแต่ 30 นาที ถึง 3 ชั่วโมง การฝึกแบบ Low – intensity Continuous มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความทนทานพื้นฐานของร่างกาย เพิ่มความสามารถของการทำงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) ช่วยเพิ่มความสามารถของร่างกายในการเผาผลาญพลังงานที่ได้จากไขมัน รวมไปถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ นอกจากนี้แล้วยังช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเอ็นและกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น (Rushall, Brent S. , 1999)

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบของการฝึกแบบ Low – intensity Continuous

ปัจจัยในการฝึก	ระยะเวลา / ความหนักของการฝึก
ระยะเวลา	30 นาที – 3 ชั่วโมง
เปอร์เซ็นต์ความหนักของชีพจรสูงสุด (MHR)	70 – 80 %
เปอร์เซ็นต์ความหนักของ VO_2 max time	55 – 70 %

การฝึกแบบ Low – intensity Continuous ที่นำมาใช้ในการฝึกของนักวิ่งระยะกลางเรียกว่าการฝึกแบบ Long Slow Distance (LSD) หลักของการฝึกเน้นความยาวนานของการวิ่งคือตั้งแต่ 30 นาที จนถึง 3 ชั่วโมง หรืออาจยาวนานกว่านั้น ความหนักหรือความเร็วของการวิ่งอยู่ในระดับต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกาย ในนักวิ่งระดับแนวหน้าอาจฝึก LSD ที่ความเร็ว 3.45 นาที/กิโลเมตร ในขณะที่นักวิ่งเริ่มฝึกอาจใช้ความเร็ววิ่งเพียง 5 นาที/กิโลเมตร (Foss, Merle L. and Keteyian, Steven J., 1998)

เนื่องจากการฝึกแบบ LSD เป็นการฝึกที่มีความหนักต่ำจึงทำให้สามารถนำมาใช้ฝึกได้ทุกช่วงของการฝึกไม่ว่าจะเป็นช่วงเตรียมตัว (Preparation period) เพื่อสร้างความทนทานพื้นฐานของระบบไหลเวียนโลหิต หรือในช่วงฝึกเฉพาะ (Specific period) เพื่อรักษาสมรรถภาพทางกายด้านความทนทาน นอกจากนี้แล้วการฝึกกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ ชนิด Slow - Twitch (ST) เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อแบบ ST จะตอบสนองการฝึก ที่มีความหนักต่ำ และไม่ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติก ตรงกันข้ามกับเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Fast – Twitch (FT) ที่ตอบสนองต่อการฝึกที่มีความหนักมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องรักษาความหนักของการฝึกให้คงที่เพื่อป้องกันความล้าที่จะเกิดขึ้น รวมไปถึงความผิดพลาดต่อการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Martin, David E. and Coe, Peter N., 1997)

2. High – intensity Continuous training เป็นการฝึกแบบต่อเนื่องที่มีความหนักของการฝึกเพิ่มมากขึ้น ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 5 ความหนักของการฝึกอยู่ที่ 70 – 80 % ของค่าประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max time) หรือ 80 – 90 % ของชีพจรสูงสุด ระยะเวลาการฝึกจะลดลงเหลือเพียง 15 ถึง 60 นาที ความหนักในการฝึกที่เพิ่มขึ้นทำให้นักกีฬายากที่จะรักษาระดับความหนักของการฝึกให้คงที่ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรักษาระดับความหนักของการฝึกให้คงที่โดยที่ไม่ทำให้การสะสมกรดแลคติกในกล้ามเนื้อเกิดขึ้นมากจนเกินไป และทำให้เกิดความสมดุลย์ระหว่างการผลิตกรดแลคติกในกล้ามเนื้อกับการขจัดกรดแลคติกตลอดระยะเวลาของการฝึก จึงทำให้เรียกการฝึกแบบ High – intensity Continuous ว่าเป็นการฝึกแบบ "Anaerobic threshold training" (Rushall, Brent S. , 1999)

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบของการฝึกแบบ High – intensity Continuous

ปัจจัยในการฝึก	ระยะเวลา / ความหนักของการฝึก
ระยะเวลา	15 นาที – 1 ชั่วโมง
เปอร์เซ็นต์ความหนักของชีพจรสูงสุด (MHR)	80 – 90 %
เปอร์เซ็นต์ความหนักของ VO_2 max time	70 – 80 %

การฝึกแบบ High – intensity Continuous เป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของร่างกายด้านความทนทาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด รวมไปถึงความหนักของการฝึกที่เพิ่มขึ้นทำให้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ Anaerobic threshold ซึ่งการฝึกแบบนี้จำเป็นต้องกำหนดความหนักของการฝึกให้เหมาะสม (Powers, Scott K. and Howley, Edward T., 1997)

การฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักระดับ 70 – 80 % VO_2 max time ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเกิดการปรับตัวกับความหนักที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type I และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIa เนื่องจากเป็นการฝึกที่เฉพาะเจาะจงกับนักวิ่งระยะกลางและระยะไกล การฝึกแบบนี้จะทำให้ระดับการผลิตกรดแลคติกในเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจนถึงระดับ Lactate threshold (lactate 4 mmol) ซึ่งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type IIa จะตอบสนองต่อระดับความหนักดังกล่าว นอกจากนี้มีผลให้กล้ามเนื้อเก็บสะสมไกลโคเจนมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ดียิ่งขึ้น (Martin, David E. and Coe, Peter N., 1997)

วิธีการฝึกแบบเป็นช่วง (Interval Training)

Brent S. Rushall (1999) ได้ให้ความหมายของการฝึกแบบเป็นช่วงว่าเป็นการฝึกที่มีการฝึกสลับกันระหว่างช่วงการฝึก (Activity Periods) กับช่วงพัก (Recovery Periods) มีผลดีต่อการเพิ่มความหนักของการฝึกโดยที่ไม่ทำให้เกิดอาการล้าเพิ่มมากขึ้น เช่น การฝึกแบบเป็นช่วงโดยการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ภายในเวลา 60 วินาที จำนวน 4 ครั้ง มีเวลาพักระหว่างการวิ่งแต่ละเที่ยว 3 นาทีทำให้นักวิ่งสามารถวิ่งในระยะทาง 1,600 เมตร ได้ในเวลา 4 นาที ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากลำบากมากที่จะวิ่ง 1,600 เมตรได้อย่างต่อเนื่องภายในเวลา 4 นาที

การฝึกแบบเป็นช่วงจะประกอบไปด้วย

- ระยะเวลาของการทำกิจกรรม (Duration of work)
- ความหนักของกิจกรรม (Intensity of work)
- ระยะเวลาในการพัก (Duration of recovery)
- ชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการพัก (Type of activity in recovery periods)
- จำนวนครั้งของการฝึก และจำนวนเซตของการฝึก (Number of repetitions and set)

Edward, L. Fox. et al. (1969) ทำการศึกษาแหล่งพลังงานที่ใช้ในขณะที่ออกกำลังกายแบบเป็นช่วงเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องโดยการให้กลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 8 คนออกกำลังกายแบบเป็นช่วงและแบบต่อเนื่องที่ความหนักระดับเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่าการสะสมของกรดแลคติกในกระแสโลหิตของฝึกแบบเป็นช่วงจะน้อยกว่าแบบต่อเนื่อง การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการฝึกแบบเป็นช่วงช่วยในการลดความล้าที่เกิดจากการสะสมของกรดแลคติกได้ดีกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องทำให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ยาวนานกว่า

การฝึกแบบเป็นช่วงสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถของร่างกายได้ทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน รวมไปถึงการพัฒนาทางด้านจิตใจให้เกิดความทนทานต่อความหนักของการฝึกมากขึ้น การฝึกแบบเป็นช่วงจำเป็นต้องพิจารณาถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการฝึก โดยการฝึกที่เน้นความสามารถของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจนเหมาะสำหรับการฝึกนักวิ่งระยะสั้น หรือการฝึกความทนทานต่อการสะสมกรดแลคติกในนักวิ่งระยะกลาง ส่วนการฝึกที่เน้นความสามารถของร่างกายแบบใช้ออกซิเจนเหมาะสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักวิ่งระยะกลางและระยะไกล (Rushall, Brent S. , 1999)

การพัฒนาความสามารถของร่างกายแบบใช้ออกซิเจนหรือการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระยะเวลาของกิจกรรมต้องมีความยาวนานโดยความหนักของกิจกรรมอยู่ในระดับปานกลางเพื่อกระตุ้นระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ในขณะที่การฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือพัฒนาความเร็ว จำเป็นต้องฝึกที่ความหนักมากแต่ระยะเวลาในการฝึกจะสั้นลง (Foss, Merle L. and Keteyian, Steven J., 1998)

การฝึกแบบเป็นช่วงแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. Long Interval Training เป็นการฝึกที่เน้นความสามารถการทำงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจนเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบของการฝึกแบบ Long Interval โดยระยะเวลาของการฝึกอยู่ที่ 2 – 5 นาที หรือระยะทาง 800 – 3,000 เมตร ความหนักของการฝึก 90 – 100% VO_2 max time ระยะเวลาการพัก 2 - 5 นาที จำนวนครั้งในการฝึก 3 – 12 ครั้ง เป็นองค์ประกอบของการฝึกที่เหมาะสำหรับนักวิ่งระยะกลาง (Rushall, Brent S. , 1999)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบของการฝึกแบบ Long Interval

ปัจจัยในการฝึก	ระยะเวลา / ความหนักของการฝึก
ระยะเวลา / ระยะทาง	2 - 5 นาที / 800 – 3,000 เมตร
เปอร์เซ็นต์ความหนักของ VO_2 max time	90 – 100 %
ระยะเวลาในการพัก	2 – 5 นาที
จำนวนครั้งในการฝึก	3 – 12 ครั้ง

David E. Martin และ Peter N. Coe (1997) อธิบายการฝึกแบบ Long Interval ว่าเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มความสามารถในการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ระบบหายใจและระบบการทำงานของกล้ามเนื้อด้านความทนทาน รวมไปถึงเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบพลังงานทั้งแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน โดยที่ระยะเวลาในการฝึก ความหนักและระยะเวลาในการพักจะต้องเหมาะสมเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว การฝึกที่มีความหนักมากเกินไปและระยะเวลาในการพักสั้นร่างกายจะมีการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นหลัก ซึ่งผิดวัตถุประสงค์ของการฝึกแบบ Long Interval ที่ต้องการเน้นการทำงานแบบใช้ออกซิเจน

2. Intermediate Interval Training เป็นการฝึกที่แตกต่างจากแบบ Long Interval ในด้านระยะเวลาและระยะทางของการฝึกสั้นลง แต่ความหนักของการฝึกเพิ่มขึ้น ทำให้ร่างกายต้องทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นหลัก แต่รูปแบบและระยะเวลาของการฝึกยังคงพัฒนาทั้งระบบการทำงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน รวมไปถึงความสามารถของกล้ามเนื้อในการขจัดการสะสมของกรดแลคติกที่เกิดขึ้น (Rushall, Brent S. , 1999)

ระยะเวลาในการฝึกแบบ Intermediate Interval คือ 30 วินาที ถึง 2 นาที หรือระยะทาง 200 – 800 เมตร ความหนักของการฝึกอยู่ที่ 100 – 130 % ของ VO_2 max time ระยะเวลาพักสั้นกว่าการฝึกแบบ Long Interval คือ ระยะเวลาในการพัก 30 วินาที ถึง 2 นาที จำนวนครั้งการฝึกอยู่ที่ 3 – 12 ครั้ง ดังองค์ประกอบของการฝึกที่แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 องค์ประกอบของการฝึกแบบ Intermediate Interval

ปัจจัยในการฝึก	ระยะเวลา / ความหนักของการฝึก
ระยะเวลา / ระยะทาง	30 วินาที - 2 นาที / 200 – 800 เมตร
เปอร์เซ็นต์ความหนักของ VO_2 max time	100 – 130 %
ระยะเวลาในการพัก	30 วินาที – 2 นาที
จำนวนครั้งในการฝึก	3 – 12 ครั้ง

การฝึกแบบ Intermediate Interval ทำให้ระดับการสะสมกรดแลคติกในกระแสโลหิตเพิ่มสูงขึ้นจึงเรียกได้ว่าเป็นการฝึกแบบ "Lactic acid Tolerance Training" ส่งผลให้กล้ามเนื้อปรับตัวให้ทนต่อการสะสมของกรดแลคติกและเพิ่มความสามารถในการสลายกรดแลคติกได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้แล้วความหนักของการฝึกส่งผลต่อการพัฒนาสภาพจิตใจให้มีความเข้มแข็งมากยิ่งขึ้น (Rushall, Brent S., 1999)

3. Short Interval Training เป็นการฝึกเพื่อพัฒนากำลังความเร็ว (Power) ของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ เนื่องจากใช้ระยะเวลาและระยะทางสั้น และระยะเวลาในการพักนานความหนักในการฝึกจึงสูงมาก ตามตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าความหนักในการฝึกจะอยู่ที่ 95% ขึ้นไปของความสามารถสูงสุด ระยะเวลาในการฝึก 5 – 30 วินาที ระยะทางอยู่ที่ 30 – 200 เมตร ระยะเวลาในการพักอยู่ที่ 5- 8 นาที เนื่องจากระยะเวลาในการฝึกสั้น ระยะเวลาในการพักนานจึงทำให้เป็นการฝึกที่เน้นระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และไม่ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกเป็นหลัก (Rushall, Brent S., 1999)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบของการฝึกแบบ Short Interval

ปัจจัยในการฝึก	ระยะเวลา / ความหนักของการฝึก
ระยะเวลา / ระยะทาง	5 – 30 วินาที / 30 – 200 เมตร
เปอร์เซ็นต์ความหนัก	95% ขึ้นไปของความสามารถสูงสุด
ระยะเวลาในการพัก	5 – 8 นาที
จำนวนครั้งในการฝึก	5 – 20 ครั้ง

Tabata, Izumi et al. (1996) ศึกษาผลของการฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนักปานกลาง กับการฝึกแบบเป็นช่วงที่มีความหนักมาก ที่มีต่อการเพิ่มความสามารถการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic capacity) และประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียนชายที่มีการออกกำลังกายเป็นประจำ โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกทั้งแบบต่อเนื่องความหนักปานกลาง กับการฝึกแบบเป็นช่วงที่มีความหนักมาก โดยใช้จักรยานวัดงานเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการฝึก ผลการศึกษาพบว่า การฝึกแบบต่อเนื่องที่มีความหนักปานกลางสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ แต่ไม่เพิ่มความสามารถของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในขณะที่การฝึกแบบเป็นช่วงที่มีความหนักมากสามารถเพิ่มความสามารถการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้พร้อมๆ กัน

Edward L. Fox et al (1975) สร้างโปรแกรมการฝึกแบบเป็นช่วงระยะเวลา 7 สัปดาห์ และ 13 สัปดาห์ โดยฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เปรียบเทียบกับโปรแกรมการฝึกระยะเวลา 7 สัปดาห์ และ 13 สัปดาห์ โดยฝึกสัปดาห์ละ 4 วัน เพื่อศึกษาถึงการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักศึกษาชายที่มีสุขภาพดี 69 คน ผลการศึกษาพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังแสดงให้เห็นอีกว่า การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความบ่อยของการฝึก แต่ขึ้นอยู่กับความหนักของการฝึกร่วมกับระยะเวลาการฝึกที่เหมาะสม

สรุป

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสำคัญของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่มีต่อประสิทธิภาพทางการกีฬาด้านความทนทานและวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักวิ่งระยะกลาง ซึ่งได้แก่วิธีการฝึกแบบเป็นช่วงโดยใช้การฝึกแบบ Long Interval Training และวิธีการฝึกแบบต่อเนื่องโดยใช้การฝึกแบบ High – intensity Continuous Training ที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จึงทำให้ผู้ศึกษามีความสนใจที่จะทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบ Long Interval และโปรแกรมการฝึกแบบ High – intensity Continuous ที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักวิ่งระยะกลาง โดยมีระยะเวลาในการฝึก 6 สัปดาห์ เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษามาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการสร้างโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักวิ่งระยะกลาง และนำไปประยุกต์ใช้ในกีฬาประเภทอื่นๆ ตลอดจนเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าในครั้งต่อไป