

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายที่เป็นผลจากการฝึกออกกำลังกาย รวมถึงผลจากการกำหนด ความเข้มข้นของงาน ระยะเวลาและความบ่อยในการฝึกออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง การคงสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล แบ่งเป็น 4 ตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 กีฬาฟุตบอลและการฝึกออกกำลังกายเพื่อคงสมรรถภาพทางกาย

1. การฝึกออกกำลังกายเพื่อคงสมรรถภาพทางกาย
2. สรีรวิทยาสำหรับกีฬาฟุตบอล
3. ความต้องการพลังงานในการเล่นกีฬาฟุตบอล
4. การฝึกกีฬาฟุตบอล

ตอนที่ 2 สมรรถภาพเชิงแอโรบิก

1. ความหมายและความสำคัญ
2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ
3. ปัจจัยที่กำหนดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย
4. การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอโรบิก

ตอนที่ 3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

1. ความหมายและความสำคัญของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก
2. ปัจจัยในการฝึกที่มีผลต่อการพัฒนาพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก
3. การทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก (Wingate Anaerobic Test)

ตอนที่ 4 แอนแอโรบิกเทรชโฮล

1. ความหมายของแอนแอโรบิกเทรชโฮล
2. ความสำคัญของแอนแอโรบิกเทรชโฮล
3. ปัจจัยที่มีผลต่อแอนแอโรบิกเทรชโฮล
4. วิธีตรวจวัดแอนแอโรบิกเทรชโฮล
5. การทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test)

ตอนที่ 1 กีฬาฟุตบอลและการฝึกออกกำลังกายเพื่อคงสมรรถภาพทางกาย

1. การฝึกออกกำลังกายเพื่อคงสมรรถภาพทางกาย

การฝึกออกกำลังกายถูกนำมาใช้เพื่อฟื้นฟู ป้องกัน และรักษาระดับหรือการคงสภาพของสมรรถภาพทางกาย รวมไปถึงการควบคุมน้ำหนัก และการควบคุมความเครียด ผู้ที่ฝึกออกกำลังกายเป็นประจำสามารถที่จะลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต

โดยทั่วไปเมื่อคนเราเริ่มทำการฝึกออกกำลังกาย มักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก สมรรถภาพทางกาย และสรีระจะเริ่มพัฒนา ภายหลังจากสัปดาห์ที่ 4 หลังจากนั้นประมาณ 3 เดือน จะเห็นผลการเปลี่ยนแปลง (Training effect) ชัดเจนยิ่งขึ้นในสภาวะที่การฝึกออกกำลังกายนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าเกิดการหยุดการฝึกออกกำลังกาย ก็จะทำให้ไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงใด ๆ (Hinchcliff, 1997)

เวสเซล และฮุส (Wessel & Huss, 1984 อ้างถึงใน จรวยพร ธรณินทร์, 2529) รายงานว่าความสามารถในการออกกำลังกาย หรือประกอบกิจกรรมอื่น ๆ จะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น แต่ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการขาดการออกกำลังกาย ในขณะที่เดียวกันการศึกษาภาคตัดขวางระบุว่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานจะลดลงตามอายุ ส่วนที่เป็นนักกีฬาหรือออกกำลังกายอยู่เป็นประจำจะทำให้สามารถชะลอการลดลงของค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดได้ ดังนั้น ถ้ามีการออกกำลังกายเป็นประจำ ก็จะช่วยให้รักษาสสมรรถภาพทางกายไว้ได้

เจนคิน และไควเกรย์ (Jankin & Quigley, 1999) ทำการศึกษาในผู้ที่ทำการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ด้วยการขี่จักรยานวัดงาน สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 30 - 40 นาที ผลการศึกษาระบุว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 8.5% แต่การศึกษาส่วนหนึ่งได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดในผู้หญิงที่ทำงานฝึกความอดทน (endurance trained) จำนวน 23 คน (อายุ 20 - 29 ปี 6 คน อายุ 40 - 45 ปี 6 คน อายุ 49 - 54 ปี 6 คน และอายุ 53 - 63 ปี 5 คน) พบว่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะลดลงตามอายุ โดยปีหนึ่ง ๆ จะลดลงประมาณ 0.51 มิลลิลิตร/ กก./ น้ำหนักตัว

นอกจากนี้ปัจจัยในการฝึกออกกำลังกาย จากการศึกษาถึงผลจากการฝึกออกกำลังกายชี้ให้เห็นว่า การฝึกออกกำลังกายจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเลือกชนิดของการฝึกออกกำลังกายให้เหมาะสม ถ้าเลือกฝึกออกกำลังกายที่หนักหรือมากเกินไป ปอด หัวใจ และกล้ามเนื้อจะแข็งแรง แต่กระดูก เอ็นจะบาดเจ็บ หรืออาจเสื่อมสภาพเร็วขึ้น หรือถ้าฝึกออกกำลังกายที่น้อยเกินไปประโยชน์ต่อปอด หัวใจ กล้ามเนื้อจะไม่เพียงพอ และแน่นอนว่าเมื่อปอดและหัวใจ

ไม่เกิดการพัฒนาเช่นเดียวกัน การฝึกออกกำลังกายที่จะทำให้ก่อเกิดประโยชน์จะต้องเป็นการฝึกออกกำลังกายที่มีระดับเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยที่เพียงพอ

ระดับความเข้มข้น ระดับความเข้มข้น เป็นระดับความยากของงานในขณะที่ฝึกออกกำลังกาย ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกาย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าถึงความเข้มข้นของงาน ถ้าเป็นงานที่เบาจนเกินไปก็จะไม่เกิดประโยชน์หรือสามารถพัฒนาสมรรถภาพได้ ในขณะเดียวกันถ้าเป็นงานที่หนักจนเกินไปผลเสียจะเกิดกับหัวใจและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้น หลักการทางวิทยาศาสตร์จึงทำการทดสอบเพื่อกำหนดช่วงของระดับความเข้มข้นของงานที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนดไม่หนักหรือเบาจนเกินไปและยังทำให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพ การกำหนดช่วงดังกล่าวได้มาจากอัตราการเต้นของหัวใจนั่นเอง มักเรียกว่า Target heart rate (อัตรา จีพจรเป้าหมาย) Target heart Rate ของแต่ละคนจะไม่เท่ากันเนื่องจากถูกกำหนดโดยอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (220 - อายุ) (McArdle, Katch, & Katch, 1994, p. 141)

อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจจะเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นของงาน ซึ่งได้มีผู้เสนอแนวทางเพื่อการปฏิบัติการฝึกออกกำลังกายให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

การฝึกออกกำลังกายเพื่อรักษาระดับของสมรรถภาพทางกาย ควรทำการฝึกออกกำลังกายที่มีระดับความเข้มข้น 70 - 85% ด้วยระยะเวลา 20 - 30 นาที 3 - 5 วันต่อสัปดาห์ (Duiat, 1998)

สิริพร เบญจไชยรัตน์ (2538, หน้า 88) กล่าวว่าระดับความเข้มข้นที่ใช้เพื่อการลดความเครียด เสริมสร้างสุขภาพให้ดีขึ้นจะต้องฝึกออกกำลังกายที่ความเข้มข้น 50- 60% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ใช้เวลา 20 - 30 นาที อย่างน้อย 3 วัน ต่อสัปดาห์ ถ้าต้องการควบคุมน้ำหนัก ระดับความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายควรจะอยู่ที่ 60 - 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ใช้ระยะเวลา 20 - 30 นาที 3 - 4 วันต่อสัปดาห์ แต่ถ้าต้องการที่จะเพิ่มสมรรถภาพทางกาย และหัวใจให้แข็งแรงควรฝึกออกกำลังกายด้วยระดับความเข้มข้น 70 - 80% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ระยะเวลาประมาณ 10 นาที 3 - 5 วันต่อสัปดาห์

ประทุม ม่วงมี (2527, หน้า 98) ได้เสนอแนวทางในการฝึกออกกำลังกายโดยยึดหลัก Overload Principle ว่าต้องมีความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยที่พอเพียงโดยความเข้มข้นที่ทำให้อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้น 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาที ความบ่อยอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

ดำรง กิจกุล (2527, หน้า 75) กล่าวว่า การฝึกออกกำลังกายที่เหมาะสมนั้นอยู่ในช่วง 60 - 90% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจติดต่อกันเป็นเวลาประมาณ 12 - 20 นาที ไม่น้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์

สมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (American College of Sport and Medicine [ACSM], 1991) แนะนำถึงระดับความเข้มข้นในการออกกำลังกายไว้ว่า ควรอยู่ในช่วง 60 - 90% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ หรือ 50 - 85% ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดในระยะเวลา 20 - 60 นาที ที่ความบ่อย 3 - 5 วันต่อสัปดาห์ (Endurance in sport, 1992, p. 397)

มอร์เฮาส์ และมิลเลอร์ (Morehouse & Miller, 1987 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, เอนก สุตรมมงคล และบุญมา ไทยก้าว, 2536, หน้า 10) เสนอว่า การวางแผนการฝึกออกกำลังกายควรต้องมีความระมัดระวัง สำหรับผู้ที่ไม่ค่อยได้ฝึกออกกำลังกายเป็นเวลานาน ควรเริ่มที่ความเข้มข้นของงาน 65% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจตามอายุ ซึ่งเทียบอย่างหยาบได้ราว ๆ 50% ของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด การออกกำลังกายเพียง 1 ครั้ง/ สัปดาห์ ก็มีประโยชน์บ้าง แต่ไม่เพียงพอที่จะพัฒนาหรือรักษาระดับสมรรถภาพทางกาย ดังนั้นควรต้องมีความบ่อยมากกว่านี้ ความยาวนานของเวลาที่ใช้ฝึกออกกำลังกาย (ไม่รวมการอบอุ่นร่างกายบนเครื่อง) ควรประมาณ 30 นาที/ ครั้ง

แมคอาร์ดล และคณะ (McArdle et al., 1994, pp. 359 - 360) เสนอแนะว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมควรจะอยู่ในช่วง 50 - 80% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ โดยใช้เวลา 30 - 60 นาที ที่ความบ่อย 3 - 5 วันต่อสัปดาห์ และความเข้มข้นที่ถือว่าอยู่ในระดับปานกลางควรอยู่ในช่วง 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ โดยการออกกำลังกายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ร่างกายมีสมรรถภาพโดยรวมดี (conditioning) ควรต้องทำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 20 - 40 นาทีการออกกำลังกายควรให้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ทำงานจนมีความหนักถึง 60 - 80% MHR

โรเบิร์ตส์ และโรเบิร์ตส์ (Robergs & Roberts, 1997, pp. 769 - 770) แนะนำว่า ระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ถ้าเป็นงานเบา (low - intensity) จะอยู่ในช่วง 50 - 60% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ในงานระดับปานกลางความเข้มข้นควรอยู่ในช่วง 70 - 80% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ และในงานที่หนักควรมีความเข้มข้นที่ระดับ 85 - 90% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจโดยใช้เวลาดังแต่ 30 - 40 นาที ด้วยความบ่อย 4 - 5 วันต่อสัปดาห์

วินเตอร์ (Winter, 1999 อ้างถึงใน ถาวรรินทร์ รักษ์บำรุง, 2544) กล่าวถึงประโยชน์จากการฝึกออกกำลังกายเพื่อการรักษาสมรรถภาพทางกายและการรักษาสุขภาพ ควรจะทำการฝึกออกกำลังกายโดยเลือกระดับความเข้มข้นให้เหมาะสมกับ เพศ และวัย ด้วยระยะเวลา 30 นาที (กระทำอย่างต่อเนื่อง) หรือ 10 หรือ 15 นาที แล้วค่อย ๆ อาจจะเริ่มที่ 3 วันต่อสัปดาห์ แล้วเพิ่มเป็น 4 หรือ 5 วัน หรืออาจจะมากกว่านั้น (ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของแต่ละงาน)

ระยะเวลา เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการฝึกออกกำลังกาย ระยะเวลาและความเข้มข้นจะมีความสัมพันธ์กันทางลบ นั่นก็คือ ในขณะที่ความเข้มข้นในการฝึกออกกำลังกายสูงระยะเวลาที่ใช้จะเป็นเวลาน้อยแต่ไม่ควรที่จะน้อยจนเกินไป ระยะเวลาที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 30 - 40 นาทีกระทำโดยต่อเนื่อง (30 นาที) สำหรับคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ (Winter, 1999 อ้างถึงในถาวรินทร์ รักษ์บำรุง, 2544) ซึ่งช่วงระยะเวลาดังกล่าวมักเป็นรูปแบบการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกาย เช่น สภาพอากาศ (ร้อนจนเกินไป เย็นเกินไป) ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการฝึกออกกำลังกายของแต่ละคน โดยผลของสภาพภูมิอากาศในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ร่างกายทำงานหนักขึ้น มีข้อเสนอแนะจากการศึกษาถึงผลของอุณหภูมิของวันต่อความเข้มข้น และระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกายว่า ควรจะเลือกระยะเวลาและอุณหภูมิให้เหมาะสมกับระดับความเข้มข้นของงาน (Hall, Jannifer, Nicoke, Dang, & Shanee, 1998, pp. 450 - 453; Robergs & Roberts, 1997, p. 770)

ความบ่อย จะอธิบายถึงจำนวนของการฝึกต่อสัปดาห์ โดยทั่วไปแล้วมักอยู่ในช่วง 3 - 5 วัน ทั้งนี้ต้องดูความเข้มข้นและระยะเวลาเป็นส่วนประกอบ ความบ่อยของการฝึกออกกำลังกายจะบ่งบอกถึงประเภทของการฝึกออกกำลังกาย สถานภาพของสมรรถภาพ และเป้าหมายของการฝึกออกกำลังกาย เช่น ในคนที่มีปัญหาสุขภาพ มีโรคประจำตัว ก็จะมีขีดจำกัดในการฝึกออกกำลังกายที่น้อยกว่าคนปกติ (Robergs & Roberts, 1997, p. 770) ขณะเดียวกันคนทั่วไปก็มีขีดจำกัดในการฝึกออกกำลังกายเช่นกัน การฝึกออกกำลังกายด้วยวิธีเดิม ๆ ด้วยความบ่อยที่มากเกินไปเช่น 6 - 7 วันต่อสัปดาห์ บุคคลผู้นั้นก็มีโอกาสที่จะเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บได้

ถาวรินทร์ รักษ์บำรุง (2544) ได้ศึกษาวิธีการออกกำลังกาย 5 แบบ ด้วยความเข้มข้นระยะเวลาและความบ่อยที่แตกต่างกันต่อสมรรถภาพทางกาย โดยกลุ่มที่ 1 ใช้ความเข้มข้น 50% MHR เวลา 45 นาทีสัปดาห์ละ 4 วัน กลุ่มที่ 2 ใช้ความเข้มข้น 60%MHR เวลา 20 นาทีสัปดาห์ละ 2 วัน กลุ่มที่ 3 ใช้ความเข้มข้น 70%MHR เวลา 20 นาทีสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 4 ใช้ความเข้มข้น 70%MHR เวลา 30 นาทีสัปดาห์ละ 3 วัน กลุ่มที่ 5 ใช้ความเข้มข้น 80%MHR เวลา 20 นาทีสัปดาห์ละ 2 วัน พบว่าค่า HR, VO₂max, %fat ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่มพัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีกลุ่มที่ 3 เกิดการพัฒนาความแข็งแรงของขาและแรงระเบิดกล้ามเนื้อขาที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการฝึกนี้อาจนำมาใช้ในการฝึกออกกำลังกายต่อไป

การติดตามระดับความเข้มข้นในการออกกำลังกาย โดยพื้นฐานแล้ว เมื่อพูดถึงการติดตามหรือการกำหนดระดับความเข้มข้นในการออกกำลังกาย สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือ ตั้งเป้าหมายในการออกกำลังกายของแต่ละตัวบุคคล ในคนที่ทำการฝึกออกกำลังกายอยู่เป็นประจำสามารถที่จะประเมินผลหรือติดตามผลการฝึกของแต่ละคน ความสามารถทางกาย และความเข้มข้นในการออก

กำลังกายได้ด้วยวิธีง่าย ๆ จากการติดตามผลของอัตราการเต้นของหัวใจ ในงานที่มีระดับปานกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาณออกซิเจนที่รับเข้าไป (oxygen uptake) มักจะเป็นค่ามาตรฐานในการวัดความสามารถทางกายเพราะฉะนั้นเมื่อความเข้มข้นของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจก็จะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นในการออกกำลังกายเช่นกัน

2. สรีรวิทยาสำหรับกีฬาฟุตบอล

การกีฬาแห่งประเทศไทย (2548) ได้อธิบายไว้ว่า ร่างกายและการทำงานของร่างกายในการเล่นฟุตบอลให้ประสบความสำเร็จ นักกีฬาต้องมีการเตรียมความพร้อม นักวิชาการอธิบายว่า นักฟุตบอลที่ใช้เวลาบนสนามที่ใหญ่ อากาศร้อนและมีการขึ้นลงสนามอย่างรวดเร็วต้องรู้จักลักษณะทางสรีรวิทยาและการเผาผลาญพลังงานของร่างกายอย่างถูกต้อง กระบวนการทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่การทำงานและการปรับตัวในการทำงานของกล้ามเนื้อและโครงสร้างร่างกายอื่น ๆ เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสารเคมีภายในร่างกาย

ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ต้องการการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วทั้งการหยุด การกลับตัว การกระโดด และการเคลื่อนที่ นักกีฬาอาจมีความเหนื่อยล้าได้ในหลาย ๆ โอกาส การเล่นหนักและมีการพักไม่เหมาะสม ก็อาจเป็นผลต่อการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมากขึ้นเพราะปริมาณของออกซิเจน ไม่เพียงพอแก่ความต้องการหรือเกิดภาวะเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen Deficit) การออกกำลังกายเช่นนี้มักดำเนินต่อไปได้ไม่เกิน 2 - 3 นาที เพราะกล้ามเนื้อไม่สามารถทำหน้าที่ของมันต่อไปได้ส่งผลให้การเคลื่อนไหวของร่างกายมีประสิทธิภาพลดลงซึ่งนักกีฬาที่มีสมรรถนะของร่างกายที่ไม่ดีก็จะทำให้เหนื่อยง่าย ไม่สามารถพักฟื้นสภาพได้อย่างรวดเร็วและมีผลต่อความแม่นยำในการรับ ส่งและยิงประตูฟุตบอล เป็นต้น

สมรรถภาพที่สำคัญในการเล่นฟุตบอลแยกเป็น 2 ส่วน คือ การฝึกร่างกายขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย การฝึกที่เน้นการใช้พลังงานแบบแอโรบิก ความยืดหยุ่น ความแข็งแรง ความอดทน ความเร็ว และพลัง ส่วนที่สองเป็นการฝึกร่างกายเฉพาะส่วน เช่น ความเร็วในการก้าวเท้า ความเร็วในการใช้มือ ความสามารถในการสปริงตัว ความคล่องตัวในการหลบหลีก การวิ่งกระโดด และการทรงตัว เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบแต่ละตัวจะมีส่วนช่วยในการพัฒนานักกีฬาให้มีความสามารถทางกายที่ดีขึ้น โดยเฉพาะการเล่นฟุตบอลในปัจจุบันมีความหนักในการเล่นระหว่างเกมที่สูงมาก จึงต้องมีการฝึกที่เน้นพัฒนาการของกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนโลหิต และความสามารถทางกายดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามเพื่อการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายเป็นการปรับสภาวะของร่างกายให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายมีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่สูง และมีการทำงานประสานกันของระบบต่าง ๆ ของร่างกายได้เป็นอย่างดี มนุษย์ทุกคนย่อมมีความพร้อมของร่างกายในแต่ละด้านต่างกัน ส่วน

ที่เกี่ยวข้องกับหลักการทางสรีรวิทยาการเล่นฟุตบอลคือการพัฒนาและรักษาระดับสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้นในการฝึกนักฟุตบอลให้มีความพร้อมทางสรีรวิทยานั้นต้องคำนึงถึงการเสริมทางด้านนี้ด้วย การฝึกทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมถูกต้องตามหลักการจะช่วยให้การสร้างและใช้พลังงานของนักกีฬามีประสิทธิภาพ

3. ความต้องการพลังงานในการเล่นกีฬาฟุตบอล

รูปของพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมี (Chemical Energy) มาเป็นอดีโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine Triphosphate - ATP) และมาเป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในสารอาหารสำหรับการเคลื่อนไหวของร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 11) สอดคล้องกับพงศจันทร์ อยู่แพทย์ (2549, หน้า 32) ซึ่งกล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องได้รับพลังงาน ATP อย่างต่อเนื่อง พลังงานเหล่านี้ใช้เพื่อการทำงานของครอสบริดจ์ในการดึงแอกตินฟิลาเมนต์ แต่ต้องการพลังงานจำนวนน้อยเพื่อ (1) บีบแคลเซียมจากซาร์โคพลาสซึมเข้าสู่ซาร์โคพลาสซึมเกรติคูลัม หลังจากการหดตัวเสร็จสิ้น (2) บีบโซเดียม และโปรแทสเซียมผ่านผนังของเส้นใยกล้ามเนื้อ เพื่อรักษาสภาพของไอออนให้เหมาะสม ความเข้มข้นของ ATP ในใยกล้ามเนื้อมีค่า 4 มิลลิโมล นั้นเพียงพอที่จะใช้ในการหดตัวอย่างเต็มที่เพียง 1 - 2 วินาที หลังจากนั้นโมเลกุลของ ATP จะถูกแยกออกเป็นรูปของ ADP และ ADP ก็จะถูกเติมหมู่ฟอสเฟตกลับรูปมาเป็น ATP เพียงเลี้ยววินาทีถัดมา ทั้งนี้เพื่อให้การหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง จึงต้องมีแหล่งที่สร้างพลังงาน ATP ดังที่ กนกวรรณ กู้ตระกูล และจันทวรรณ แสงแข (2541, หน้า 92) ได้กล่าวถึงขบวนการที่เซลล์กล้ามเนื้อใช้ผลิต ATP ซึ่งมีอยู่ 2 ขบวนการ ได้แก่

1) Aerobic Metabolism ขบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อร่างกายอยู่ในระยะพักหรือกล้ามเนื้อทำงานเพียงเล็กน้อย ปริมาณออกซิเจนมีเพียงพอสำหรับการสันดาปอาหาร จนได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน

2) Anaerobic Metabolism ขบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อกำลังกล้ามเนื้อทำงานอย่างหนัก ออกซิเจนเข้าสู่กล้ามเนื้อไม่เพียงพอ ATP ที่ได้มีจำนวนน้อยแต่ได้กรดไพรูวิก ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก กรดแลคติกซึมเข้าสู่กระแสเลือดไปที่หัวใจและตับ จากนั้นถูกเปลี่ยนเป็นไกลโคเจน และกลูโคส นำกลับสู่กล้ามเนื้อเพื่อใช้สร้างพลังงานต่อไป เช่นเดียวกับประทุม ม่วงมี (2527, หน้า 23 - 24) ได้กล่าวถึง การออกกำลังกายว่า อาจถูกอ้างถึงได้ทั้งในแง่ของแอโรบิก และแอนแอโรบิก ขึ้นอยู่กับ Metabolic pathways และที่มาของ ATP ตัวอย่างของ Aerobic exercise เช่น การวิ่งระยะทางไกล สามารถที่จะดำเนินต่อไปได้หากร่างกายสามารถสร้าง ATP ในทางแอโรบิก แต่ Anaerobic exercise เช่น วิ่งระยะทาง 100, 200 เมตร หรือยกน้ำหนักร่างกายใช้ ATP มากเกินกว่าที่ผลิตได้ในเวลานั้น เนื่องจากออกซิเจนมีไม่พอ และไม่ทันสำหรับการใช้ ดังนั้นจึงต้องสร้าง ATP ทั้ง ๆ ที่ไม่มี

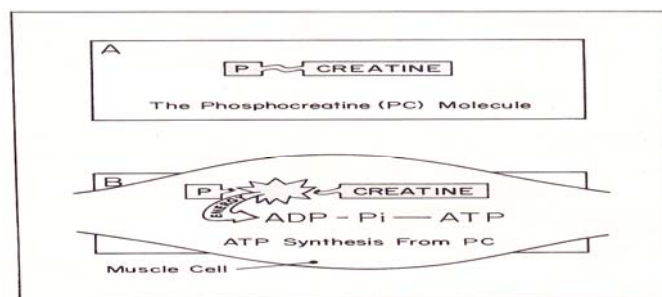
ออกซิเจน อีกทางหนึ่งที่เป็นที่มาของ ATP โดยทางแอนแอโรบิกคือ Phosphocreatin (PC) เมื่อร่างกายมี ATP มากเกินความต้องการ ร่างกายจะไม่เก็บไว้ในรูปของ ATP แต่จะมีสารอย่างหนึ่งชื่อ Creatin (C) คอยรวมตัวกับ ATP อยู่ การรวมตัวของ C และ ATP ทำให้เกิด CP กับ ADP ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า การสร้างพลังงาน ATP ในร่างกายมีอยู่ด้วยกัน 2 ขบวนการ 3 ระบบ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ระบบการสร้าง ATP ในร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527 หน้า 24)

สิ่งที่เปรียบเทียบ	Anaerobic		Aerobic
	ATP - PC System	Lactic acid System	Oxygen System
1. ตัวอย่างของการออกกำลังกายที่ต้องอาศัยระบบการสร้างนั้น ๆ เป็นหลัก	วิ่ง 100 เมตร ยกน้ำหนัก	วิ่ง 400 - 800 เมตร	วิ่งมาราธอน
2. Substrate หลัก	Phosphocreatin	Glucose, Glycogen	Fatty acids, Glucose, Glycogen
3. ชีดจำกัดเวลา	ประมาณ 15 วินาที	ประมาณ 2 นาที	ไม่มีขีดจำกัดเรื่องเวลา หากมี Substrate และออกซิเจนเพียงพอ

ในกลไกการสร้างพลังงานของร่างกาย กล้ามเนื้อจะสร้างพลังงานจากสารชนิดหนึ่งคือ Adenosine Triphosphate (ATP) ซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับกล้ามเนื้อ ในกล้ามเนื้อเองมีปริมาณ ATP อยู่เล็กน้อยเพียงพอที่จะใช้ได้ในเวลาวินาที ดังนั้นถ้าต้องการให้กล้ามเนื้อทำงานต่อไปเรื่อย ๆ จึงต้องมีการสร้าง ATP ขึ้นมาจากแหล่งเชื้อเพลิงอื่น ๆ โดยสามารถจำแนกกระบวนการสร้างพลังงานได้ดังนี้

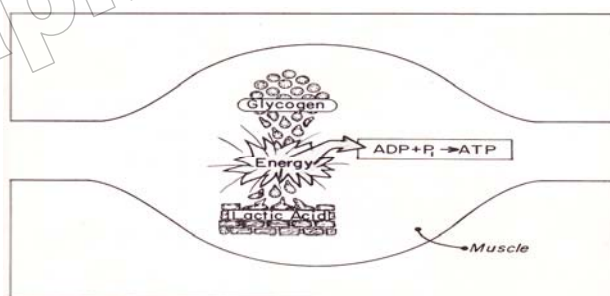
1) ระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen System, Alactic Anaerobic Source) เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ ATP - PC พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ในระบบนี้มาจากการแตกตัวของสารประกอบ Phosphocreatine หรือ PC โดยที่ PC นี้มีความคล้ายคลึงกับ ATP คือเป็นสารประกอบหมู่ฟอสเฟต ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อเหมือนกันเมื่อมีการแตกตัวของ PC จะได้ฟอสเฟตอิสระ (P_i), ครีเอทิน (C) และให้พลังงานในทันที พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ถูกนำไปใช้สร้าง ATP ดังภาพ 2-1



ภาพที่ 2-1 ระบบเอทีพี - พีซี (The ATP - PC System) (Fox, 1979)

ระบบ ATP - PC หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบฟอสฟาเจน (A) ฟอสโฟครีเอติน ซึ่งถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อที่มีพลังงานที่สะสมไว้ (B) เมื่อ ATP ถูกใช้ไป ATP จะถูกสร้างกลับคืนอย่างรวดเร็วจากการสลายตัวของฟอสโฟครีเอติน กิจกรรมการออกกำลังกายที่ทำด้วยความเข้มข้นเต็มที่ และสิ้นสุดลงในเวลาไม่กี่วินาที (หายใจหายคอไม่ทัน) ต้องพึ่งระบบ ATP - PC สถานเดียว (Fox, 1979)

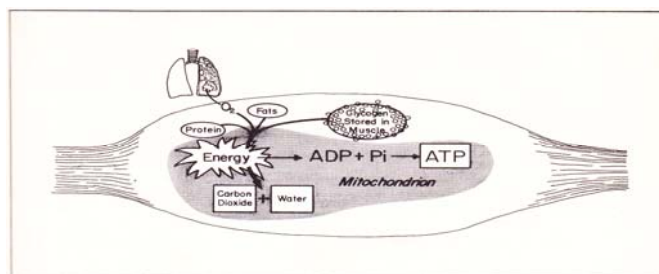
2) ระบบกรดแลคติก (Lactic Acid System, Lactic Anaerobic Source) ระบบนี้อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แอนแอโรบิก ไกลโคไลซิส (Anaerobic Glycolysis) ระบบนี้เป็นการสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นการเผาผลาญแบบไม่สมบูรณ์ (กลูโคสมีคาร์บอน 6 อะตอม แต่ละโมเลกุล จะถูกเปลี่ยนเป็นไพรูวิก ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอมได้ 2 โมเลกุล) ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ระบบกรดแลคติก (Lactic Acid System) (Fox, 1979)

ระบบกรดแลคติก (แอนแอโรบิก ไกลโคไลซิส) คาร์โบไฮเดรต (ในรูปของไกลโคเจน) จะถูกสลายโดยกระบวนการทางแอนแอโรบิก (ปราศจากออกซิเจน) ให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อย (Fatigue) พลังงานที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการนี้จะถูกนำไปใช้สำหรับสังเคราะห์ ATP กิจกรรมการออกกำลังกายที่ทำด้วยความเข้มข้นสูงช่วง 1 - 3 นาที พึ่งระบบกรดแลคติกสำหรับสังเคราะห์ ATP (Fox, 1979)

3) ระบบออกซิเจน (Oxygen System, Aerobic Source) ในระบบนี้ไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีน ถูกสลายสุดท้ายแล้วได้มาซึ่ง ATP ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 ระบบออกซิเจน (Oxygen or Aerobic System) (Fox, E.L., 1979)

ระบบออกซิเจน การเผาผลาญไกลโคเจน ไขมัน และโปรตีนโดยอาศัยออกซิเจน ทำให้ได้พลังงาน (ความร้อน) ออกมาสำหรับสังเคราะห์ ATP กระบวนการที่เป็นการเผาผลาญไกลโคเจน มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “แอโรบิก ไกลโคไลซิส” ATP จะถูกสร้างขึ้นมาได้ปริมาณสูง โดยมิได้สร้างกรดแลคติก ระบบออกซิเจนเป็นระบบที่ร่างกายใช้สำหรับสังเคราะห์ ATP ไว้ใช้ในกิจกรรมที่มีความเป็นแอโรบิก (อดทน ยาวนาน ต่อเนื่อง) (Fox, 1979)

ชนิดกีฬาที่จัดอยู่ในระบบการใช้พลังงานแบบนี้คือ กีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขันนาน ๆ เช่น วิ่ง 1500 เมตร วิ่งมาราธอน ฮอกกี ฟุตบอล รักบี้ หรือบาสเกตบอล เป็นต้น

สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา (สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ, 2549, หน้า 29) รายงานการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอล พบว่า นักกีฬาฟุตบอลวิ่ง หรือเดินในสนามเป็นระยะทางทั้งหมดเฉลี่ย 10 ก.ม. ในเวลา 90 นาที ด้วยความเร็ว 6.6 ก.ม. ต่อชั่วโมง โดยเป็นการเดิน 45% การวิ่งเหยาะๆ 37% การวิ่งเร็วช่วงสั้น ๆ 11% การวิ่งถอยหลัง 6% การลุกขึ้นสลับกับการลงตั้งรับ 20% ของระยะทางทั้งหมดการวิ่งเร็วแต่ละครั้งจะวิ่งในระยะ 10 - 40 เมตร รวมเป็นระยะทาง 800 - 1,000 เมตร มีการเคลื่อนไหวเพื่อเปลี่ยนทิศทาง หรือเปลี่ยนความเร็วทุก ๆ 5 - 6 วินาที เป็นจำนวน 850 - 1,000 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับแบงส์โบ และคณะ (Bangsbo et al., 1991, pp. 110 - 116) ได้ศึกษากับนักกีฬาฟุตบอลชาวสวีเดน พบว่า แต่ละรายการแข่งขันนักกีฬาฟุตบอลเคลื่อนที่ในสนามคิดเป็นระยะทางเฉลี่ย 10.80 ก.ม. นอกจากนี้ยังมีรายงานของนักกีฬาฟุตบอลอังกฤษ เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของนักกีฬาในสนามที่แตกต่างกัน รายงานฉบับหนึ่ง พบว่า นักกีฬาเคลื่อนที่ เป็นระยะทางเฉลี่ย 8.7 ก.ม. และอีกฉบับหนึ่ง พบว่า มีการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเฉลี่ย 13.5 ก.ม. โดยการเคลื่อนที่ในครึ่งเวลาแรกมากกว่าครึ่งเวลาหลัง 5% และตำแหน่งกองกลาง มีการเคลื่อนที่เฉลี่ย 11.4 ก.ม. ตำแหน่งกองหลัง 11.1 ก.ม. และตำแหน่งกองหน้า 10.5 ก.ม. โดยพบว่า นักกีฬายืนในสนาม คิดเป็น 17.1%

ของเวลาทั้งหมด การวิ่งที่ความหนักของงานในระดับต่ำ และมีคู่แข่ง 35.1% การวิ่งช้า ๆ สบาย ๆ 1.7% การวิ่งด้วยความเร็วต่ำ 17.1% การวิ่งถอยหลัง 1.3% การวิ่งที่ความหนักของงานระดับสูงและมีคู่แข่ง 8.1% ของเวลาทั้งหมด ประกอบด้วย การวิ่งที่ความเร็วปานกลาง 5.3% การวิ่งด้วยความเร็วสูง 2.1% และวิ่งเร็วช่วงสั้น ๆ 0.7% (<http://physiotherapy.curtin.edu.au/resources/educational-resources/exphys/99/soccer>)

จากผลการวิจัยพบว่า การเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอล ต้องทำอย่างรวดเร็ว โดยกล้ามเนื้อต้องออกแรงสูงสุด ในระยะทางสั้น ๆ อยู่บ่อย ๆ จึงสรุปว่า นักกีฬาฟุตบอลต้องใช้พลังงานเชิงแอโรบิก ในขณะที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเกมการเล่น แต่ขณะเดียวกันนักกีฬาฟุตบอลก็จำเป็นต้องใช้พลังงาน เชิงแอโรบิกในการที่ยืนระยะอยู่ในสนามแข่งขันจนครบ 90 นาทีหรือมากกว่าตามกติกาการแข่งขัน สอดคล้องกับนฤมล ลีลาวัฒน์ (2553) ได้แสดงการใช้พลังงานในกีฬาฟุตบอล และกีฬาประเภทต่าง ๆ ไว้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การใช้พลังงานในกีฬาประเภทต่าง ๆ (Foss & Keteyian, 1966 อ้างถึงใน นฤมล ลีลาวัฒน์, 2553)

Sport	ATP - PC & Glycolysis	Glycolysis & Oxidative	Oxidative
Basketball	60	20	20
Fencing	90	10	0
Field Events	90	10	0
Golf swing	95	5	0
Gymnastics	80	15	5
Hockey	50	20	30
Rowing	20	30	50
Running (distance)	10	20	70
Skiing	33	33	33
Soccer	50	20	30
Swimming (distance)	10	20	70
Swimming (50m freestyle)	40	55	5
Tennis	70	20	10
Volleyball	80	5	15

4. การฝึกกีฬาฟุตบอล

4.1 ความหมายของการฝึก

การฝึก หรือการฝึกซ้อม (Training) เป็นกระบวนการสำคัญอันดับแรก ที่ผู้ฝึกสอนกีฬาทุกคนมักกล่าวถึงเมื่อต้องเตรียมนักกีฬาเพื่อเข้าแข่งขันในรายการต่าง ๆ โดยนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายการฝึก หรือการฝึกซ้อมไว้ ดังนี้

ประโยค สุทธิสง่า (2541, หน้า 174) กล่าวว่า การฝึกซ้อม หมายถึง การให้ส่วนของร่างกายที่ใช้ในการเล่นกีฬาได้ทำงานมากกว่าในภาวะปกติอย่างเป็นระเบียบ และเพิ่มขึ้นเป็นลำดับเป็นผลให้ส่วนของร่างกายและอวัยวะที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจนเหมาะสมกับความต้องการของกีฬาที่ฝึก

โสภณ อรุณรัตน์ และชาญชัย โพธิ์คลัง (2546, หน้า 8) กล่าวว่า การฝึก อาจนิยามได้ว่าเป็นกระบวนการ หรือแนวทางในการปฏิบัติที่เป็นระบบ (System Process) ของการกระทำซ้ำ การเพิ่มการออกกำลังกายโดยการเพิ่มน้ำหนักของงานขึ้นตามสภาพของร่างกายที่ดีขึ้น ทั้งนี้โดยการรวมเอากระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) ตลอดจนการปรับร่างกายให้เข้ากับสภาพอากาศ (Acclimatization) เข้าด้วยกัน เพราะฉะนั้นการฝึกจึงเป็นกระบวนการที่นักกีฬาจะต้องปรับตัว ทั้งนี้เพื่อให้ตนเองมีประสิทธิภาพ โดยอาจจะทำการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนดโดยโค้ช และเป็นการฝึกปฏิบัติของตนเอง ซึ่งเป็นผลทำให้ร่างกาย และจิตใจเตรียมพร้อมเพื่อการแข่งขัน เมื่อพูดถึงการฝึกมักจะแบ่งออกเป็น 2 ประการ คือ การฝึกหรือสร้างสมรรถภาพที่เฉพาะของนักกีฬานั้น ๆ (Conditioning) และการฝึกทางด้านเทคนิคของกีฬานั้น

เจริญ กระบวนรัตน์ (2548, หน้า 110) กล่าวถึง การฝึกด้านร่างกาย หมายถึง การให้อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือทุกส่วนของร่างกายที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหว ได้ออกกำลังกายหรือทำงานในหน้าที่มากกว่าสภาวะปกติ (Overload Principle) อย่างมีระบบต่อเนื่องตามขั้นตอนเป็นผลให้อวัยวะที่ได้รับการฝึกเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาด รูปร่าง และประสิทธิภาพในการทำงานตามระดับความหนักเบา (Intensity) ของการฝึกซ้อม

โพลแมน และสมิท (Plowman & Smith, 1997, p. 12) ให้ความหมายว่า การฝึก หมายถึง การวางแผนช่วงการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดความก้าวหน้าในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อพัฒนาหน้าที่การทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายให้มีสุขภาพร่างกาย และสมรรถภาพทางการกีฬาที่ดี โดยการฝึกออกกำลังกายมีเป้าหมาย 2 ประการคือ (1) สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดี (Health - Related Physical Fitness) และ (2) สมรรถภาพทางกายเฉพาะกีฬา (Sport - Specific Physical Fitness) หรือบางครั้งเรียกว่า สมรรถภาพนักกีฬา (Athletic Fitness)

ดังนั้นจึงสรุปว่า การฝึกหรือการฝึกซ้อม (Training) หมายถึง กระบวนการ หรือแนวทางในการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ (System Process) ของอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือทุกส่วนของร่างกายที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหว ได้ออกกำลังหรือทำงานในหน้าที่มากกว่าสภาวะปกติ (Overload Principle) เป็นผลให้ส่วนของร่างกาย และอวัยวะที่เกี่ยวข้องมีการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปร่าง และการทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของกีฬาที่ฝึก การฝึกออกกำลังกายมีเป้าหมาย 2 ประการ คือ (1) สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดี และ (2) สมรรถภาพทางกายเฉพาะกีฬาหรือบางครั้งเรียกว่า สมรรถภาพนักกีฬา

4.2 หลักพื้นฐานในการฝึกกีฬาฟุตบอล

ประโยค สุทธิสง่า (2541, หน้า 174 - 175) กล่าวว่า การฝึกกีฬาฟุตบอล เป็นกระบวนการหรือแนวทางเกี่ยวกับการปฏิบัติที่มีระบบแบบแผน ดังนั้น การฝึกจึงเป็นกระบวนการที่โค้ชฟุตบอลมีหน้าที่ และบทบาทโดยตรงในการที่จะพัฒนานักกีฬาฟุตบอลให้พัฒนา หรือปรับตัวทุก ๆ ด้าน ไปสู่เป้าหมายหรือสู่ความเป็นเลิศ กระบวนการปฏิบัติดังกล่าวโค้ชจะต้องเป็นผู้วางแผนจัดการฝึก ซึ่งนักกีฬาจะต้องเตรียมสภาพทางร่างกาย และจิตใจให้พร้อมในการฝึก และการแข่งขันได้ โดยโค้ชจะต้องเน้นองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- การฝึกเทคนิคและการแก้ไขความสามารถเฉพาะตัว หรือเสริมความชำนาญเฉพาะบุคคล เช่น การเคลื่อนไหว ทักษะพื้นฐานของฟุตบอล ตำแหน่งและหน้าที่ในการเล่น ทักษะและระเบียบข้อบังคับที่สำคัญในการเล่น และรู้จักวิธีการอบอุ่นร่างกายก่อนและหลังการฝึก

- การฝึกยุทธวิธีหรือกลวิธี โค้ชจะต้องจัดหาและจัดการยุทธวิธีต่าง ๆ ให้นักกีฬาฟุตบอล เช่น ยุทธวิธีส่วนบุคคล ยุทธวิธีเป็นกลุ่ม และยุทธวิธีเป็นทีม ตลอดจนระบบการเล่นที่ดีที่สุด และเหมาะสมที่สุดในทีมของตน โดยกำหนดผู้เล่นเฉพาะตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และฝึกจนเกิดความชำนาญอย่างมีประสิทธิภาพ

- การฝึกสมรรถภาพทางกาย สมรรถภาพทางกายนับเป็นสิ่งสำคัญมากในกีฬาฟุตบอล เพราะการมีสมรรถภาพทางกายที่ดีจะส่งผลให้นักกีฬาฟุตบอลสามารถปฏิบัติเทคนิค แทคติก และสามารถวิ่งขึ้น - ลง ตลอด 90 นาที ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สมรรถภาพทางกายที่จำเป็นสำหรับนักกีฬาฟุตบอลแยกโดยกว้าง ๆ คือ แรงกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทน

สนธยา สีละมาด (2547, หน้า 135 - 166) ได้นำเสนอ กฎการฝึกทางด้านสรีรวิทยา เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายไว้ 3 ประการ ดังนี้

- กฎของการใช้ความหนักมากกว่าปกติ (Law of Overload) เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงสมรรถภาพทางกาย เนื่องจากการพัฒนา (Adaptation) หรือผลของการฝึกซ้อม (Training)

Effect) จะเกิดขึ้นแต่เพียงถ้าร่างกายมีการทำงานที่ระดับเหนือกว่าระดับพฤติกรรมปกติที่ปฏิบัติอยู่ในชีวิตประจำวัน หรือการทำงานที่มีความหนักมากกว่าความหนักปกติที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน ซึ่งความหนักมากกว่าปกติจะเพิ่มแรงเครียดต่อระบบการทำงานของร่างกายในจำนวนที่มากกว่าปกติ หรือสภาพเคยชิน เช่น การออกกำลังกายจะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องทำงานต้านกับแรงต้านที่มากกว่าปกติ โดยกล้ามเนื้อ ออกแรงทำงานหนักกว่าที่กล้ามเนื้อทำงานอยู่ในชีวิตประจำวัน จากการเพิ่มความหนัก (Intensity) ของการออกกำลังกาย หรือการเพิ่มความหนัก เพื่อพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อทำงานในระยะเวลา (Duration) ที่ยาวนานมากกว่าปกติ หรือโดยการปฏิบัติจำนวนครั้งที่มากขึ้น การปรับปรุงความอ่อนตัว (Flexibility) การเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (Range of Motion) ต้องมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching) ให้มีความยาวมากกว่าปกติ หรือค้างการยืดเหยียดไว้ในเวลาที่ยาวนานถึงจะก่อให้เกิดการพัฒนาที่ตามมา

- กฎของความเฉพาะเจาะจง (Law of Specificity) เป็นกฎเกี่ยวกับการประกอบกิจกรรม จะมีผลเฉพาะตามชนิดของการกระตุ้น หรือชนิดของกิจกรรม ซึ่งเป็นการประยุกต์ขึ้นตามชนิดของการพัฒนาที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อ การฝึกซ้อมความแข็งแรงจะมีผลทางด้านการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขณะที่การออกกำลังกายเพื่อฝึกความอดทนจะมีผลที่เฉพาะในการปรับปรุงความอดทนของกล้ามเนื้อ ความหนักของงานที่แตกต่างกันจะมีผลต่อร่างกายแตกต่างกัน การเพิ่มความแข็งแรงจะต้องทำการฝึกซ้อมที่ความหนักมากกว่าปกติ แรงต้านทานที่ต่ำกว่าระดับที่ร่างกายสามารถทำได้ (ต่ำกว่าระดับที่กล้ามเนื้อสามารถปฏิบัติได้ในภาวะปกติ) จะไม่มีผลในการเพิ่มความแข็งแรง

- กฎของการย้อนกลับ (Law of Reversibility) หมายความว่า ระดับสมรรถภาพจะลดต่ำลงถ้าการได้รับความหนักมากกว่าปกติจากการฝึกซ้อมไม่ต่อเนื่อง ความจริงผลของการฝึกซ้อมจะมีการย้อนกลับภายในตัวเอง ถ้าการฝึกซ้อมไม่เป็นสิ่งที่ท้าทายหรือหนักขึ้น ระดับสมรรถภาพก็จะคงที่ (Plateau) และถ้าหยุดการฝึกซ้อมระดับสมรรถภาพก็จะลดต่ำลงเป็นลำดับขั้นจนกระทั่งเคลื่อนต่ำลงถึงระดับที่จำเป็นสำหรับการประกอบกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

4.3 การวางแผนการฝึกซ้อมรายปี

การฝึกซ้อมรายปี คือกระบวนการฝึกซ้อมจากจุดเริ่มต้นดำเนินไปจนถึงการแข่งขันที่สำคัญ และตลอดถึงการฝึกซ้อมช่วงหลังการแข่งขันหรือช่วงฟื้นฟูสภาพร่างกาย การฝึกซ้อมรายปีจะประกอบด้วยช่วงการฝึกซ้อม (Periods) 3 ช่วงคือ ช่วงก่อนการแข่งขัน (pre - season) ช่วงการแข่งขัน (in - season) และช่วงหลังการแข่งขันหรือการฟื้นฟูสภาพ (post - season/ off - season) โดย

ในแต่ละช่วงการฝึกซ้อมจะประกอบด้วย จำนวนระยะการฝึกซ้อม (Phases) และมีจุดมุ่งหมายการฝึกซ้อม ความหนัก และระยะเวลาแตกต่างกัน (สนธยา สีสะมาด, 2547, หน้า 531)

การฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน (pre - season) เป็นช่วงการฝึกซ้อมสำหรับเตรียมความพร้อมของนักกีฬาเข้าสู่การแข่งขัน บางครั้งอาจจะเรียกว่า การฝึกซ้อมช่วงก่อนฤดูกาลแข่งขัน (Pre - Season Training) ผู้ฝึกสอนจะกำหนดโปรแกรมเพื่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย และเทคนิคพื้นฐานที่มีความจำเป็นต่อการแข่งขัน ซึ่งโสมณ อรุณรัตน์ และชาญชัย โพธิ์คลัง (2546, หน้า 104) เสนอไว้ว่า ระยะเตรียมก่อนการแข่งขัน ใช้เวลาประมาณ 6 เดือน โดยแบ่งย่อยออกเป็นระยะเตรียม 3 ระยะ และระยะเตรียมระยะที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 2 เดือนครึ่ง เช่นเดียวกับสนธยา สีสะมาด (2547, หน้า 536, 250 - 252) กล่าวว่า การฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน สำหรับกีฬาประเภททีมควรใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2 ถึง 3 เดือน และการฝึกซ้อมเพื่อการพัฒนาโครงสร้างร่างกายเพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาของกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกระดูก สำหรับนักกีฬาฝึกใหม่ที่ใช้โปรแกรมการฝึกซ้อมแบบสถานี ควรมีระยะเวลาในการฝึกซ้อม 8 - 10 สัปดาห์ ที่สอดคล้องกับผลการวิจัยของซิลเลอร์ และคณะ (Sieglar et al., 2003, pp. 379 - 387) ซึ่งทำการประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงของพลัง ความอดทน เฉพาะของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 34 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 17 คน โดยทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึก 10 สัปดาห์ กลุ่มทดลองทำการฝึกแบบพลัยโอเมตริก ฝึกโดยใช้แรงต้าน และฝึกแบบแอโรบิกอย่างหนัก สำหรับกลุ่มควบคุมทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกกีฬาฟุตบอลที่เป็นแบบแอโรบิกทั่วไป ผลการวิจัยพบว่าก่อนและหลังการฝึกกลุ่มทดลอง มีการพัฒนาในรายการวิ่งกลับตัว 45 นาที และวิ่งเร็ว 20 เมตร มีมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ทำให้เกิดความเมื่อยล้าช้าลง ประสิทธิภาพในการแข่งขันดีขึ้นนอกจากนี้ยังมีการฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อสร้างสมรรถภาพทางกายของเอ็มโจลสเนส และคณะ (Mjolsnes et al., 2004, pp. 311 - 317) ทำการเปรียบเทียบผลการฝึกด้วยน้ำหนักต่างวิธีที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในเวลา 10 สัปดาห์ในนักกีฬาฟุตบอลชาย ที่ฝึกมาเป็นอย่างดี จำนวน 21 คน โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังด้วยการงอทั่วไป กลุ่มที่ 2 ฝึกด้วยวิธีของ Nordic ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากฝึก 10 สัปดาห์ มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาฟุตบอลกลุ่มที่ฝึกด้วยวิธีของ Nordic มากกว่ากลุ่มที่ฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังด้วยการงอทั่วไป และแมกมิลลัน และคณะ (McMillan et al., 2005, pp. 273 - 277) ได้ศึกษาการพัฒนาเชิงสรีรวิทยาจากการฝึกความอดทนเฉพาะของกีฬาฟุตบอลในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนอาชีพ จำนวน 11 คน ทำการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนด้วยโปรแกรมการฝึกสลับพัก (Interval Training) สัปดาห์ละ 2 วันในวันอื่น ๆ ฝึกโปรแกรมฟุตบอลปกติ ผลการศึกษา ภายหลังจากฝึกเป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่า ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายเพิ่มขึ้น

(จาก 63.4 ± 5.6 เป็น 69.8 ± 6.6 ml / kg / min) ค่ากำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่วัดโดยการทดสอบขึ้นกระโดดไกลโดยไม่ใช้แขน (Squat Jump) และการขึ้นกระโดดสูงโดยไม่ใช้แขน (Counter Movement Jump) มีค่าเพิ่มขึ้น (จาก 37.7 ± 6.2 เป็น 40.3 ± 6.1 ซม. และ 52.0 ± 4.0 เป็น 53.4 ± 4.2 ซม. ตามลำดับ)

จะเห็นได้ว่า ในการสร้างโปรแกรมวางแผนการฝึกซ้อมเป็นรายปีนั้นมีความสำคัญมาก ซึ่งการฝึกซ้อมเตรียมทีมช่วงก่อนการแข่งขัน ในขณะที่นักกีฬาหยุดพักการแข่งขันมา ความพร้อมของร่างกายและสมรรถภาพทางกายก็จะลดลงตาม แต่ถ้าเราสามารถที่จะทำให้นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายสูงสุดในเวลาอันรวดเร็วก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับนักกีฬาที่จะมีสมรรถภาพทางกายได้เปรียบคู่แข่ง การที่จะทำให้สมรรถภาพทางกายได้เร็วถึงจุดสูงสุดของช่วงการแข่งขันได้นั้น มีปัจจัยหนึ่งที่เป็นส่วนสำคัญ การรักษาสสมรรถภาพทางกายให้คงสภาพเดิมมากที่สุดขณะที่เป็นช่วงพักการแข่งขัน ซึ่ง ประทุม ม่วงมี ได้เขียนถึง year - round training concept ไว้ดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 การฝึกสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาในรอบปี (Muongmee, 2000)

จากภาพที่นำมาแสดงนี้จะเห็นได้ว่าในระยะเวลาของ pre - season เป็นการเริ่มต้นของการสร้างสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาที่มีสมรรถนะทางกายต่ำ เมื่อได้รับการฝึกอย่างถูกวิธี สมรรถนะทางกายก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดในช่วงระยะเวลาของ in - season ที่เป็นเวลาฤดูของการแข่งขัน ระยะเวลาที่นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายสูงสุดจากการฝึกหลังจากนั้นเมื่อการแข่งขันตามโปรแกรมของการแข่งขันสิ้นสุดลง ก็เป็นระยะเวลาของ post - season ที่นักกีฬาได้หยุดพัก ซึ่งเป็นช่วงพักการแข่งขันของนักกีฬา เมื่อถึงช่วงการพักนี้นักกีฬาหยุดการฝึกออกกำลังกาย

สมรรถนะทางกายก็จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับกฎของการย้อนกลับ (Law of Reversibility) ที่หมายความว่าระดับสมรรถภาพจะลดต่ำลงจากการฝึกซ้อมที่ไม่ต่อเนื่องหรือหยุดการฝึกซ้อม (สนธยา สีละมุด, 2547)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าช่วงพักการแข่งขันขาดการฝึกสมรรถภาพทางกายก็จะลดลงตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ วิลมอร์, คอสทิล และเคนเนย์ (Wilmore, Costill & Kenney, 2008) กล่าวถึง Principle of Disuse (Use It or Loose It) ไว้ว่า สมรรถภาพทางกายของคนเราเมื่อได้รับการฝึกฝนก็จะพัฒนาขึ้นแต่เมื่อร่างกายหยุดการฝึก สมรรถภาพทางกายก็จะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ เมื่อเป็นลักษณะอย่างนี้แล้วเมื่อถึงการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขันจึงจำเป็นต้องใช้เวลาเพิ่มนานมากขึ้นถึงจะทำให้ร่างกายมีสมรรถภาพทางกายถึงจุดสูงสุดได้ แต่ถ้ามีวิธีการทำให้การคงสมรรถภาพทางกายไว้ได้ ไม่ให้มีสมรรถภาพทางกายลดลง ก็จะเป็นประโยชน์กับนักกีฬาอย่างยิ่ง

ตอนที่ 2 สมรรถภาพเชิงแอโรบิก (Aerobic Fitness)

1. ความหมายและความสำคัญ

สมรรถภาพเชิงแอโรบิก หมายถึง ความสามารถของร่างกาย ในอันที่จะสร้างพลังงานแบบแอโรบิก หรือความอดทน ซึ่งประทุม ม่วงมี (2527, หน้า 96) อธิบายว่า “เป็นความสามารถของร่างกายที่ทนต่อการทำงานที่มีความเข้มข้นปานกลาง ได้เป็นระยะเวลานาน” หรือสิ่งที่ช่วยสนับสนุนให้สามารถทำงานได้เป็นเวลานาน ๆ เช่น ความสามารถในการเดิน การวิ่ง การปีนเขา การว่ายน้ำ ซึ่งรูปแบบการเล่นกีฬา การทำงาน นันทนาการ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายส่วนใหญ่ ล้วนแต่มีพื้นฐานสมรรถภาพด้านแอโรบิกรวมอยู่ด้วย

สำหรับปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไปให้เซลล์ใช้ในหนึ่งนาทีเรียกว่า Oxygen Consumption (VO_2) ส่วนปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปให้เซลล์ใช้ได้ต่อช่วง 1 นาที เรียกว่า Maximum Oxygen Consumption หรือค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max หรือ $maxVO_2$) ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของร่างกาย ซึ่งความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคนจะไม่เท่ากัน ก่อนที่คนเราจะมีอายุเข้าสู่วัยรุ่น ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของผู้หญิงจะอยู่ประมาณ 70% ของเมื่ออายุ 25 ปี มอร์เฮาส์ และมิลเลอร์ (Morehouse & Miller, 1976, p. 148) เมื่อร่างกายเริ่มเปลี่ยนสภาพจากขณะพักมาเป็นการออกกำลังกายค่าความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน ๆ โดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ซึ่งมีความหนักเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่เพียงพอ จะทำให้ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น

ในการทำงานแบบแอโรบิก ออกซิเจนจะมาจากอากาศ และขนส่งจากปอดไปยังเลือด และเข้าสู่กล้ามเนื้อโดยระบบไหลเวียนโลหิต ความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ หรือพลังแอโรบิก สูงสุด ($VO_2 \max$) เป็นตัวชี้วัดสมรรถภาพด้านแอโรบิก ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้หาได้จากการวัดความสามารถในการนำออกซิเจนไปใช้ระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับสูงสุด เช่น ขณะวิ่งบนลู่วิ่งกล หรือขณะขี่จักรยาน โดยการออกกำลังกายเป็นเวลาอย่างน้อย 12 นาที ที่ความหนักของงานต่ำกว่าระดับสูงสุด หลังจากออกแรงสูงสุด 1 - 2 นาที ค่าความสามารถในการนำออกซิเจนไปใช้ที่วัดได้ในระหว่างนี้ หมายถึง ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ เมื่อค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้เพิ่มขึ้น ระดับของสมรรถภาพด้านแอโรบิกก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

เพ็ญพิมล รัชมรรคจิต (2537) กล่าวว่า อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum Oxygen Consumption ($VO_2 \max$)) หมายถึง ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถใช้ได้ต่อนาที และเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงขีดความสามารถสูงสุด หรือสมรรถนะของคนในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก (Maximum Aerobic Power หรือ Maximum Exercise Capacity) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความสามารถด้านความทนทานต่อการออกกำลังกาย

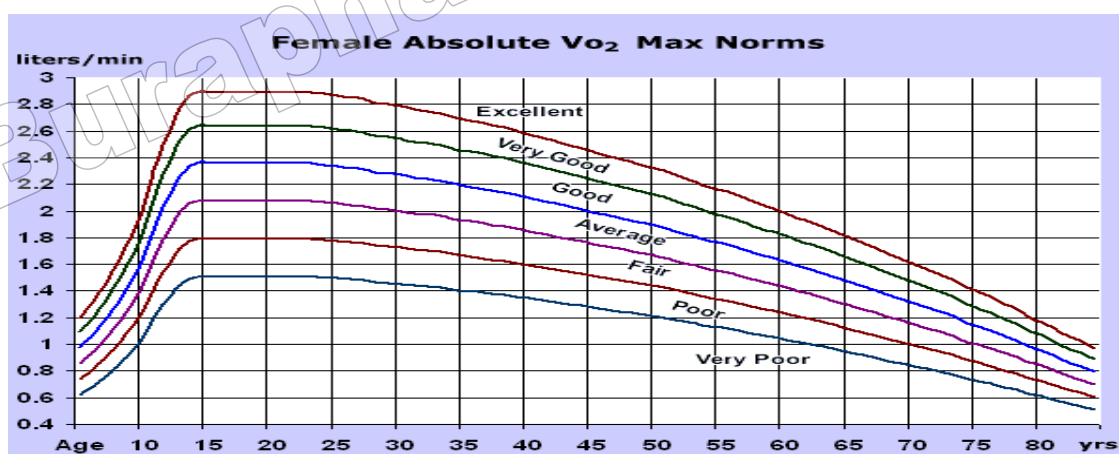
รุ่งชัย ขวนไชยะกุล (2548) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดว่า หมายถึง ปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ไปภายในเวลา 1 นาที ในภาวะที่ร่างกายออกกำลังจนถึงจุดที่อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายความว่า

- 1) กล้ามเนื้อหัวใจทำหน้าที่บีบตัวด้วยแรงสูงสุดและอัตราการเต้นสูงสุด (Maximal Contraction and Rate) แล้วไม่สามารถเพิ่มการบีบตัวและการเต้นได้อีก
- 2) อัตราการหายใจและการขยายของปอดถึงจุดสูงสุด ดุลมทุกดุลเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซด้วยอัตราที่สูงสุดแล้ว (Maximal Gas Exchange)
- 3) เม็ดเลือดแดงทุกเม็ดมีโมเลกุลของออกซิเจนมาเกาะอยู่อย่างเต็มที่ครบหมดแล้ว
- 4) เซลล์กล้ามเนื้อทุกเซลล์สามารถแลกเปลี่ยนออกซิเจนได้เต็มที่แล้ว

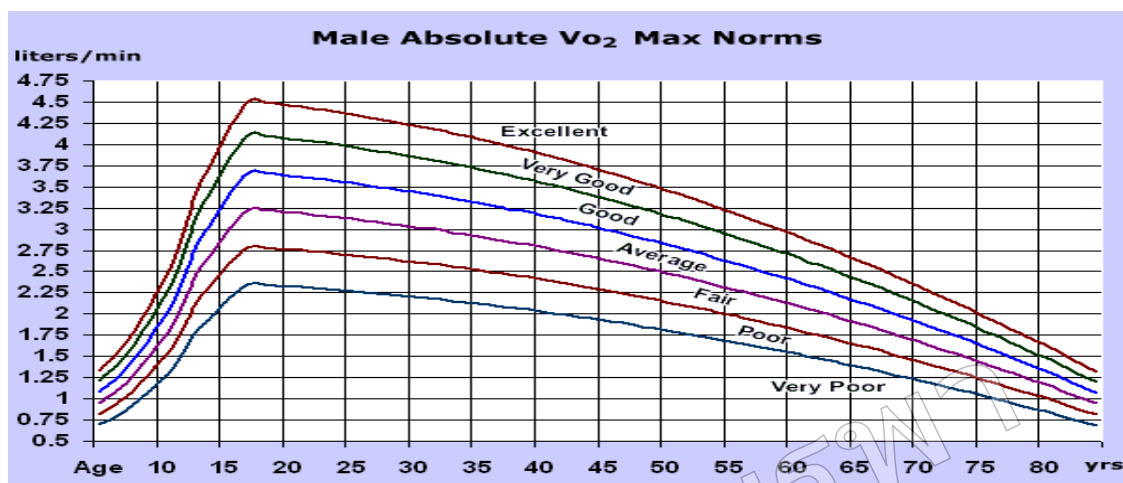
เมื่อใดออกกำลังกายจนเกิดภาวะทั้ง 4 ประการข้างต้นหมายความว่า ทุกระบบไม่สามารถให้ออกซิเจนตอบสนองความต้องการของร่างกายได้มากกว่านี้อีกแล้ว เราจึงต้องทดสอบจนแน่ใจว่าถึงภาวะของ $VO_2 \max$ จริง ๆ นักวิทยาศาสตร์การกีฬามักจะใช้หลักการว่า $VO_2 \max$ เกิดขึ้นเมื่อชีพจรถึงจุดสูงสุดแล้วไม่ว่าจะเพิ่มงาน (Workload) ไปอีกเท่าใดก็ตาม ค่า $VO_2 \max$ นี้ เป็นดัชนีหลักที่ใช้ในการบอกสมรรถภาพที่ร่างกายของแต่ละคนและเนื่องจากการสะท้อนหน้าที่สูงสุดของ 4 ระบบหลักของร่างกาย ค่า $VO_2 \max$ จึงเป็นดัชนีทั้งทางแอโรบิกของร่างกาย (Aerobic Index) และดัชนีความทนทานของหัวใจ (Cardiac Endurance)

นอกจากนี้สมรรถภาพเชิงแอโรบิก สามารถพัฒนาได้จากการฝึก สอดคล้องกับ โบราซินสกี และเออร์เนียซ (Boraczynski & Urniaz, 2008) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลในการฝึกซ้อมช่วงก่อนการแข่งขัน โดยทำการทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึก 5 สัปดาห์ โปรแกรมการฝึกเน้นความแข็งแรงและความอดทนของนักกีฬา พบว่า ประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอลหลังการฝึก (208.9 ± 29.0 w) สูงกว่าประสิทธิภาพในการทำงานแบบแอโรบิกก่อนการฝึก (198.6 ± 35.8 w) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีปัจจัยพื้นฐานทางด้านอายุ และเพศ เป็นตัวกำหนดด้วยเช่นกัน โดยจะมีค่าสูงสุด เมื่ออายุ 15 - 20 ปีในเพศหญิง (ภาพที่ 2-5) และอายุ 18 - 19 ปี ในเพศชาย (ภาพที่ 2-6) จะลดลงเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ขณะเดียวกันเพศชายจะมีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) สูงกว่าเพศหญิง เหตุผลหลักคือ สมรรถภาพด้านแอโรบิกจะสัมพันธ์กับน้ำหนักของกล้ามเนื้อในร่างกาย และค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อซึ่งเพศชายจะสูงกว่าเพศหญิง

นอกจากความแตกต่างทางสรีรวิทยาแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้คนเพศเดียวกัน และอายุเท่ากันมีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) แตกต่างกัน บางคนค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) สูง โดยที่ไม่ได้ออกกำลังกาย เพราะเกิดจากพันธุกรรมและปัจจัยอื่น ๆ แต่ขณะที่บางคนออกกำลังกายเป็นประจำแต่ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) ไม่สูง (<http://www.aerobicstest.com/FitnessInfo.htm>)



ภาพที่ 2-5 ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) ของประชาชนอเมริกาเหนือ และชาวยุโรป เพศหญิง อายุระหว่าง 6-85 ปี



ภาพที่ 2-6 ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO₂ max) ของประชาชนอเมริกาเหนือ และชาวยุโรป เพศชาย อายุระหว่าง 6 - 85 ปี

สำหรับนักกีฬาฟุตบอลสมัครภาพด้านแอโรบิก นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะกีฬาฟุตบอลนักกีฬาต้องเคลื่อนไหวร่างกายในสนาม ครอบคลุมระยะทางรวมประมาณ 10 ก.ม. ในเวลา 90 นาที หรือมากกว่า โดยการเคลื่อนไหวต้องใช้พลังงานในเชิงแอโรบิก รว 72.3% หรือเกือบ 2 ใน 3 ของเวลาการแข่งขันทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย การยืนในสนาม 17.1% การวิ่งที่ความหนักของงานในระดับต่ำและมีคู่แข่ง 35.1% การวิ่งช้า ๆ สบาย ๆ 1.7% การวิ่งด้วยความเร็วต่ำ 17.1% และการวิ่งถอยหลัง 1.3% ของเวลาทั้งหมด ในการแข่งขันแต่ละเกม (<http://physiotherapy.curtin.edu.au/resources/educational-resources/phys/99/Soccer>) ดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของนักกีฬาแต่ละประเภท

(The Encyclopedia of Sports Medicine, 1993, p. 103)

ประเภทกีฬา	ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO ₂ max)	
	ชาย (มล./ กก./ นาที)	หญิง (มล./ กก./ นาที)
นักวิ่งระยะไกล	75 - 80	65 - 70
จักรยาน	70 - 75	60 - 65
นักวิ่งระยะกลาง	70 - 75	65 - 68
ว่ายน้ำ	60 - 70	55 - 60

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

ประเภทกีฬา	ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด (VO ₂ max)	
	ชาย (มล./ กก./ นาที)	หญิง (มล./ กก./ นาที)
เรือกรรเชียง	65 - 69	60 - 64
การแข่งขันกรีฑาประเภทลู่	65 - 70	55 - 60
ฟุตบอล	50 - 57	-
แฮนด์บอล	55 - 60	48 - 52
วอลเลย์บอล	55 - 60	48 - 52
เทนนิส	48 - 52	40 - 45
เทเบิลเทนนิส	40 - 45	38 - 42
มวย	60 - 65	-
ยูโด	55 - 60	50 - 55
คาบสมุทร	45 - 50	40 - 45
วิ่งระยะสั้น (100,200 เมตร)	48 - 52	43 - 47
ยกน้ำหนัก	40 - 50	-
ยิงธนู	40 - 45	35 - 40

ขณะเดียวกันในนักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน ค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะสูงกว่าคนปกติ ในนักวิ่งมาราธอนที่ทำการฝึกความอดทนเป็นประจำ จะพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไปมีมากขึ้นเป็น 10 - 20 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับในขณะพัก และเมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาด้วยกันเองมักพบว่า นักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน มักมีความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดสูงกว่านักกีฬาประเภทอื่น

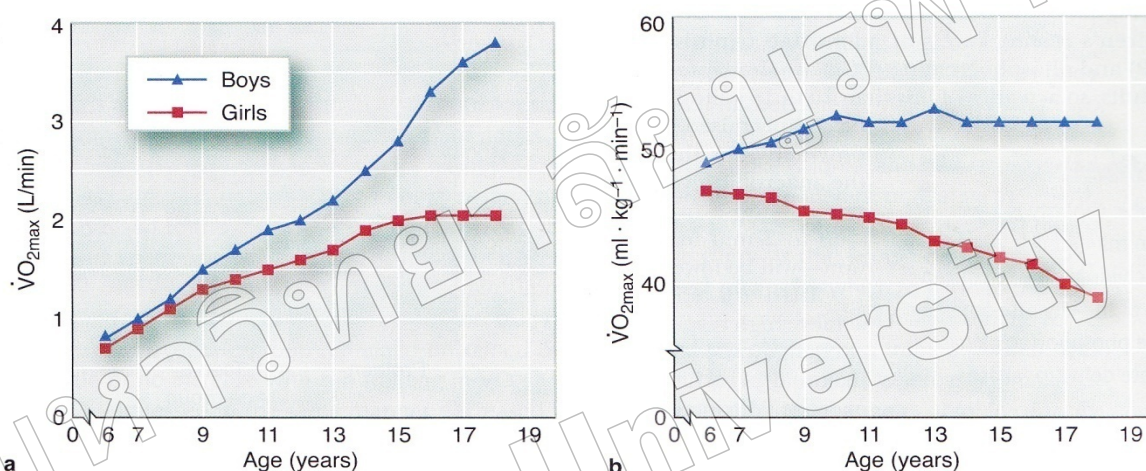
2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อความอดทน มีดังนี้

1) อายุ เมื่อเปรียบเทียบการออกกำลังกายตลอดชีวิตของคน พบว่าสมรรถภาพของร่างกายจะมีการพัฒนาขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากวัยเด็กจนถึงจุด ๆ หนึ่ง แล้วความอดทนจะค่อย ๆ ลดลงสำหรับผู้ที่ยังออกกำลังกายเป็นประจำ ในผู้หญิงช่วงที่มีความอดทนสูงสุดจะเป็นอายุประมาณ

20 - 25 ปี ส่วนในเพศชายจะอยู่ในช่วงอายุ 30 - 35 ปี และจะคงอยู่ประมาณ 3 - 5 ปี ทั้งหญิงและชาย จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง

2) เพศ โดยโครงสร้างพื้นฐานแล้ว กระบวนการทางสรีรวิทยาของผู้หญิงและผู้ชาย ก่อนที่จะเข้าสู่วัยรุ่นมีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกันอยู่หลายอย่าง เช่น ความสามารถทางกาย อาจจะพอ ๆ กัน หรือเด็กผู้หญิงอาจจะมีมากกว่า แต่เมื่อเข้าสู่วัยรุ่นแล้วจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 2-7 ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของเด็กผู้หญิง และเด็กผู้ชายในอายุต่าง ๆ

(Wilmore, Costill & Kenney, 2008, p. 391)

จะเห็นว่าเมื่อเข้าสู่วัยรุ่นจะพบความแตกต่างอย่างชัดเจน นักสรีรวิทยาการออกกำลังกาย เชื่อกันว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เนื่องมาจากฮอร์โมนเพศ ซึ่งทำให้ผู้หญิงมีความแข็งแรง, พลัง, และความอดทนน้อยกว่าผู้ชาย (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 318)

มอร์เฮาส์ และมิลเลอร์ (Morehouse & Miller, 1976) ชี้ให้เห็นว่าในการวิ่งความอดทนของผู้หญิงจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของผู้ชาย เหตุผลที่เป็นข้อจำกัดความอดทนของผู้หญิงนั้น อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางกายภาพและสรีรวิทยา เช่น โครงสร้างของร่างกายผู้หญิงจะมีขนาดของหัวใจที่เล็กกว่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า ทรวงอกขนาดเล็กกว่าส่งผลให้ความจุปอดน้อยกว่าความสามารถในการขนส่งออกซิเจนมีน้อยกว่า เพราะเม็ดเลือดแดงมีน้อยกว่า อาจสรุปความแตกต่างได้ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ความแตกต่างทางกายวิภาคและสรีรวิทยาระหว่างผู้หญิงกับผู้ชายทั่วไป ภายหลังเข้าสู่วัยรุ่นแล้ว (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 319)

รายการ	หญิง	ชาย
ความจุปอด	น้อยกว่า	มากกว่า
ความกว้างของผิวหน้าของถุงลมปอด (Alveolar Surface Area)	แคบกว่า	กว้างกว่า
มวล น้ำหนัก และขนาดของกล้ามเนื้อ	น้อยกว่า	มากกว่า
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (ลิตร/ นาที) (Cardiac Output)	น้อยกว่า	มากกว่า
ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (มิลลิลิตร) (Stroke Volume)	น้อยกว่า	มากกว่า
อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก	สูงกว่า	ต่ำกว่า
ความสามารถสูงสุดในการเต้นของหัวใจ	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ขนาดของหัวใจ	เล็กกว่า	ใหญ่กว่า
ปริมาณของเม็ดเลือดในเลือด	น้อยกว่า	มากกว่า
ปริมาณฮีโมโกลบินในเลือด	น้อยกว่า	มากกว่า
ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด	ต่ำกว่า	สูงกว่า

3) ระบบหายใจ หากการไหลเวียนอากาศในปอดไม่ดี เช่น มีเสมหะกักค้าง (Secretion) หรือถุงลมปอดติดเชื้อแต่เส้นเลือดฝอยที่ปอดไหลเวียนไม่สะดวก ฯลฯ เหล่านี้ล้วนทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศในปอดลดลง จึงไม่สามารถเติมเต็มก๊าซออกซิเจนให้แก่เลือดที่ฟอกได้ ดังผลการวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลาสติกช่วยหายใจที่มีต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว (ปนัดดา นิมิตระกุล, 2542) ที่จัดการทดสอบเป็น 2 สภาวะ คือ การใช้พลาสติกช่วยหายใจและไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ โดยให้แต่ละสภาวะเว้นห่างกัน 1 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างการใช้พลาสติกช่วยหายใจมีมากกว่าไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ และอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวขณะใช้พลาสติกช่วยหายใจใช้เวลาน้อยกว่าสภาวะที่ไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

4) การฝึก ปัจจุบันวงการวิทยาศาสตร์การกีฬามีความพัฒนาขึ้น มีการวิจัยศึกษาค้นคว้าในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการใช้พลังงานของร่างกายเทคนิคทักษะ และวิธีการฝึกซึ่งเป็นแนวทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น การฝึกส่วนใหญ่มักมุ่งหวังให้นักกีฬา หรือผู้ที่รับการฝึกสามารถที่จะทำงานได้เป็นระยะเวลายาวนาน และป้องกันการสูญเสียพลังงานการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ผู้ที่มีการฝึก

ที่ดีเท่ากับช่วยสงวนพลังงาน ทำให้มีความอดทนสูง ฉะนั้น การฝึกจึงมีผลต่อสมรรถภาพทางกาย และเป็นปัจจัยสำคัญของความสามารถในด้านกีฬา

นิคอลิก และอิลิก (Nikolic & Ilic, 1992) ที่ทำการศึกษากับเด็กชายอายุ 15 ปี ที่ได้รับการฝึกความอดทนโดยการว่ายน้ำเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ โดยผลการศึกษาพบว่า ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นร้อยละ 33 และ David (2006) กล่าวว่านักกีฬาที่ทำการฝึกวิ่งตามโปรแกรมเป็นระยะทาง 25 ไมล์ ต่อสัปดาห์ และเพิ่มเป็น 50 ไมล์ ต่อสัปดาห์ จะมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผู้ที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายเป็นประจำ จะมีความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้ฝึกเป็นประจำ

ชาคอน - มิกาลิล และคณะ (Chacon - Mikahil et al., 1998) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบแอโรบิกต่อระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกายของชายวัยกลางคน แบ่งเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่ทำการฝึกและกลุ่มที่ใช้ชีวิตปกติ ทำการฝึก 10 เดือนพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มฝึกลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มปกติ และปริมาณการจับออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มฝึกสูงกว่าในกลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แจนกิน และควิกเลย์ (Jankin & Quigley, 1999) ทำการศึกษาในผู้ที่ทำการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ด้วยการขี่จักรยานวัดงาน สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 30 - 40 นาที ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 8.5% แต่การศึกษาส่วนหนึ่งได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดในผู้หัดที่ทำการฝึกความอดทน (endurance trained) จำนวน 23 คน พบว่า ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดจะลดลงตามอายุ โดยปีหนึ่ง ๆ จะลดลงประมาณ 0.51 มิลลิตร/กก./ นาที ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในครั้งหนึ่ง ๆ (Stroke Volume) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (ลิตร/ นาที) (Cardiac Output) อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้กล่าวในตอนท้ายว่า สิ่งสำคัญที่สุดคือประโยชน์ที่ได้จากการฝึกออกกำลังกายซึ่งจะทำให้การเสื่อมถอยนั้นช้าลง โดยวัตถุประสงค์ครั้งนี้เพื่อดูผลการฝึกความอดทน ที่เกี่ยวกับระบบการทำงานของหัวใจ (Wiebe, Gledhill, Jamnik, Ferguson, 1999)

5) สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น โดยทั่วไปแล้วสภาพภูมิอากาศ, อุณหภูมิมักมีอิทธิพลต่อการฝึกออกกำลังกาย อุณหภูมิปกติของร่างกายจะอยู่ที่ 37° C (99° F) แต่ในขณะที่ออกกำลังกายอุณหภูมิของร่างกายจะเพิ่มขึ้นเป็น 40° C (107.6° F) เหตุผลเนื่องจากระบบการสร้างพลังที่กล้ามเนื้อส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมี และทำให้อุณหภูมิที่กล้ามเนื้อสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ (Wilmore & Costill, 1994, p. 245) การหลั่งเหงื่อเป็นวิธีการระบายความร้อนของร่างกายในสภาพอากาศที่ร้อน ร่างกายจะทำงานหนักมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพอากาศที่ค่อนข้างเย็น

การศึกษาส่วนใหญ่พบว่าอุณหภูมิที่ร้อนมักมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพต่าง ๆ ในการทำงานของร่างกายลดลง ฮอลล์ และคณะ (Hall et al., 1998, pp. 450 - 453) ทำการศึกษาถึงอุณหภูมิของวันที่มีต่อการออกกำลังกายในระดับความเข้มข้นสูง โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ให้ทำการฝึกออกกำลังกายในเวลาเช้าและเย็น พบว่า ในเวลาเย็น การทำงานของร่างกายของกลุ่มที่ 2 จะทำงานหนักกว่าในเวลาเช้า ผู้วิจัยสรุปว่า เป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิในเวลาเย็นสูงกว่าในเวลาเช้า

3. ปัจจัยที่กำหนดสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

ประทุม ม่วงมี (2527, หน้า 209 - 210) ได้กล่าวว่า ออกซิเจนถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อใช้ได้มาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย อยู่ 4 ประการ คือ

1) ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (Minute Ventilation) เมื่ออากาศเข้าสู่ปอดมาก ไม่ว่าจะ เป็นเพราะในขณะออกกำลังกายหรือการที่มีความจุปอด (Vital Capacity) เพิ่มขึ้น จะทำให้ ความดันของออกซิเจน (PO_2) ภายในปอดมีมากขึ้น การฟุ้งกระจาย การไหลของก๊าซสู่ภายในเซลล์ มากขึ้น

2) ความสามารถของโลหิตที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ตัวการสำคัญในการจับออกซิเจน เข้าสู่กระแสเลือด ได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) หากมีจำนวนมากก็สามารถพาออกซิเจนไป ใช้ได้มากขึ้น

3) ความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อ หมายถึง ความจำเป็นที่ต้องสร้างพลังงานโดยใช้ ออกซิเจน ในกิจกรรมที่ต้องออกแรงติดต่อกันเป็นเวลานานร่างกายใช้ออกซิเจนไปมากถึงต้องมีการนำเอาออกซิเจนจากบรรยากาศมาทดแทนออกซิเจนที่เสียไป

4) ปริมาณเลือดที่ฉีดออกจากหัวใจในเวลา 1 นาที (Cardiac Output) หากหัวใจฉีด เลือดออกมาจากหัวใจมากเท่าใดการใช้ออกซิเจนก็จะมากไปด้วยจะเห็นได้ว่า สิ่งที่กำหนด สมรรถภาพในการจับออกซิเจนนั้น มาจากการทำงานของระบบไหลเวียนและระบบหายใจนั่นเอง การทำงานของหัวใจและหลอดโลหิตนั้นมีความสัมพันธ์กับระบบหายใจ ดังนั้นผู้ถูกทดสอบที่มี สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ที่ดีจะต้องมีการประสานงานที่ดีของระบบ ไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจซึ่งสอดคล้องกับฉันทพล ไตรเพิ่ม (ม.ป.ป. อ้างถึงใน สุรัมภา เจริญสุข, 2552) ที่กล่าวว่า ประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุด

4. การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอโรบิก

ปัจจุบันการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอโรบิก เพื่อหาค่าความสามารถสูงสุดในการ นำ ออกซิเจนไปใช้ ($VO_2 \max$) มีอยู่หลายวิธี ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม วัตถุประสงค์ที่ร่างกายออกกำลัง

ที่ระดับสูงสุด และต่ำกว่าระดับสูงสุด หรือ วัดขณะที่ร่างกายไม่ออกกำลังกาย (Lacy & Douglas, 2007) ซึ่งสามารถทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ โดยการขี่จักรยาน การเดิน - วิ่งบนลู่วิ่งกล เช่น แบบทดสอบวัดความรู้สึก (Ratings of Perceived Exertion; RPE), แบบทดสอบออสตรานด์ - โรห์มิง (Astrand - Rhyming Test), แบบทดสอบของวาย เอ็ม ซี เอ (YMCA Ergometer Test), แบบทดสอบแรม เทส (Ramp Test), แบบทดสอบหาค่า VO_2 max โดยใช้ลู่วิ่งกล (Treadmill VO_2 max Test) เป็นต้น ส่วนการทดสอบภาคสนามสามารถทำได้โดยการเดิน - วิ่งในระยะทางต่าง ๆ กัน เช่น แบบทดสอบ วิ่ง 2.4 ก.ม. (2.4 Km. Run Test), แบบทดสอบวิ่งระยะ 12 นาที (12 Minute Distance-Run Test หรือ Cooper Test), แบบทดสอบวิ่ง - เดิน 1 ไมล์ (1 - Mile - Run - Walk Test), แบบทดสอบก้าวขึ้น - ลง 3 นาที ของแมคอาเดิ้ล (MaArdle's Three - Minute Step Test) และแบบทดสอบวิ่งเพิ่มระยะทาง (Yo - yo Intermittent Endurance Test หรือ Yo - yo Test) เป็นต้น ซึ่งการเลือกแบบทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิก ในแต่ละชนิดกีฬานั้นจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแบบทดสอบกับชนิดกีฬาที่ทำการทดสอบโดยมีจุดมุ่งหมายในการประเมินพลังงานที่ใช้ในการทำงานของระบบหัวใจ และไหลเวียนโลหิตรวมทั้งระบบหายใจเพื่อนำออกซิเจนไปใช้ในการสร้างพลังงานได้เพียงพอต่อการทำงานของนักกีฬา (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2548; Lacy & Douglas, 2007; <http://www.brianmac.co.uk/eval.htm>)

การทดสอบสมรรถภาพด้านแอโรบิกในกีฬาฟุตบอล ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ แบบทดสอบออสตรานด์ - โรห์มิง, แบบทดสอบแรม เทส, แบบทดสอบหาค่า VO_2 max โดยใช้ลู่วิ่งกลสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากสามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และน่าเชื่อถือ ส่วนการทดสอบภาคสนามวิธีที่นิยมใช้ คือ การวิ่ง 12 นาที, การวิ่ง - เดิน 1 ไมล์ ซึ่งเป็นการทดสอบที่สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และเหมาะสำหรับการทดสอบที่มีผู้รับการทดสอบจำนวนมาก วิธีปฏิบัติในการทดสอบ ผู้รับการทดสอบวิ่งให้ได้ระยะทางมากที่สุดในเวลา 12 นาที หรือวิ่ง - เดินระยะทาง 1 ไมล์ให้ได้เวลาน้อยที่สุด โดยร่างกายเคลื่อนไหวในลักษณะเดียวกันตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ แต่การเล่นฟุตบอล นักกีฬาจะต้องเคลื่อนไหวร่างกายในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น การวิ่งตรงไปข้างหน้า การสไลด์ช้าย - ขวา การวิ่งถอยหลัง การวิ่งตรงแล้วหยุดกลับหลังหัน ฯลฯ ดังนั้น วิธีการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวิ่งเพิ่ม ซึ่งเป็นแบบทดสอบภาคสนาม วิธีการปฏิบัติโดยการวิ่งที่ความเร็วต่างกันในระยะทาง 20 เมตร และมีระยะเวลาพักระหว่างการวิ่ง เป็นช่วง ๆ และจากการทดสอบความสัมพันธ์เพื่อหาค่า VO_2 max โดยใช้ลู่วิ่งกล (Treadmill) ในห้องปฏิบัติการ กับแบบทดสอบการวิ่ง 12 นาที และแบบทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะทาง (ภาคสนาม) พบว่า มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.92 และ 0.86 ตามลำดับ ดังนั้น ในกีฬาฟุตบอลที่มีการวิ่งเปลี่ยนทิศทางบ่อย ๆ แบบทดสอบการวิ่งเพิ่มระยะทาง จึงน่าจะ

ความเหมาะสมมากกว่าแบบทดสอบอื่น (Grant et al., 1995 อ้างถึงใน <http://physiotherapy.curtin.edu.au/resource/educational-resources/exphys/99/soccer.2/29/2008>)

การทดสอบแบบออสตรานด์ - ไรห์มิง (Astrand - Rhyming Test)

Astrand -Rhyming Test เป็นการทดสอบปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดในห้องปฏิบัติการ โดยทั่วไปด้วยจักรยานวัดงาน (Bicycle Ergometer) ในระดับความหนักของงานเกือบสูงสุด (Sub maximal) ซึ่งเป็นแบบทดสอบประหยัดเวลาในการดำเนินการ จักรยานวัดงานที่ใช้ในการทดสอบต้องสามารถตั้งระดับความหนักของงานได้ นอกจากนี้ยังต้องมีนาฬิกาจับเวลา และผู้ชำนาญการทดสอบ การทดสอบจะใช้เวลาประมาณ 6 นาที โดยทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุก ๆ นาทีและในตอนท้ายของการทดสอบ อัตราการเต้นของหัวใจควรจะอยู่ภายในช่วงที่กำหนดตามระดับความหนักของงาน (ระหว่าง 120 - 170 ครั้ง/ นาที)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ปรับอานจักรยานวัดงานเพื่อให้ขาของผู้รับการทดสอบเกือบเหยียดตรงเมื่อเท้าอยู่ในจุดต่ำสุด
2. ระหว่างการทดสอบ ให้ขี่จักรยานด้วยความเร็วคงที่ที่ 50 รอบ/ นาทีเป็นเวลา 6 นาที
3. ปรับความหนักของจักรยานวัดงานให้เหมาะสมกับวัย น้ำหนัก สุขภาพ
 - 3.1 ผู้หญิงทั่วไปใช้ความหนักของงานที่ 300 kpm (Kilopond per Meter) หรือ 450 kpm
 - 3.2 ผู้ชายทั่วไปใช้ความหนักของงาน 300 kpm หรือ 600 kpm
 - 3.3 ผู้หญิงที่มีสมรรถภาพดีใช้ความหนักของงาน 450 kpm หรือ 600 kpm
 - 3.4 ผู้ชายที่มีสมรรถภาพดีใช้ความหนักของงาน 600 kpm หรือ 900 kpm
4. ขี่จักรยานเป็นเวลา 6 นาที โดยมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในช่วง 10 วินาทีสุดท้ายของทุก ๆ นาที คำนวณอัตราการเต้นของหัวใจโดยบันทึกเวลาที่หัวใจเต้น 30 ครั้งจากนั้นนำไปแปลงเป็นจำนวนครั้งต่อนาที
5. หาค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจสองช่วงสุดท้าย (นาทีที่ 5 และนาทีที่ 6) หากอัตราการเต้นของหัวใจในนาทีที่ 5 และนาทีที่ 6 ต่างกันเกิน 5 ครั้งต่อนาที ให้ขี่จักรยานต่อไปอีกสองสามนาทีหากอัตราการเต้นของหัวใจยังคงเพิ่มขึ้นหลังจากขี่จักรยานเกิน 6 นาทีไปแล้ว ให้หยุดการทดสอบและให้ผู้ได้รับการทดสอบพักเป็นเวลาประมาณ 15 - 20 นาที แล้วจึงให้ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งโดยตั้งความหนักของจักรยานวัดงานให้ต่ำกว่าเดิม ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจควรอยู่ระหว่างช่วงที่กำหนดตามระดับความหนักของงาน

การบันทึก

1. บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจครั้งที่ อ่านตารางหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนจากอัตราการเต้นของหัวใจและน้ำหนักถ่วง
2. เทียบจากน้ำหนักตัวและค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุ (Age Factor) เป็นสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร/ กิโลกรัม/ นาที

ตอนที่ 3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

1. ความหมายและความสำคัญของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

อินบาร์, บาร์ - ออ และสกินเนอร์ (Inbar, Bar - Or & Skinner, 1996) ได้ระบุไว้ว่าความสามารถในการทำงานเชิงแอนแอโรบิก มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

- 1) พลังงานเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic Power) หมายถึง ความสามารถสูงสุดที่กล้ามเนื้อทำงานโดยใช้ระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate Energy System) เป็นหลักหรือเป็นค่าปริมาณงานสูงสุดที่ได้ในช่วง 3 - 5 วินาทีแรกของการทดสอบเรียกว่า Peak Power Output มีหน่วยเป็นวัตต์
- 2) ความสามารถในการขึ้นระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) หมายถึง ปริมาณงานสูงสุดในการที่จะรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ไม่ใช้ออกซิเจนได้สูงสุด โดยใช้ระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate Energy System) และใช้พลังงานแบบระยะสั้น (Short Term Energy System) ที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ (ไกลโคเจน) เป็นหลัก ขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจนมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watts) ซึ่งมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในเกือบทุกประเภทกีฬา โดยเฉพาะกีฬาที่ต้องใช้ความเร็วสูงสุดซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานาน ๆ เช่น บาสเกตบอล เทนนิส รักบี้ฟุตบอล และฟุตบอล เป็นต้น

นอกจากนี้สมรรถภาพในการทำงานแบบแอนแอโรบิก ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะขบวนการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ สามารถประเมินได้โดยใช้การทดสอบของวินเกต แบ่งแยกเป็น 2 ลักษณะคือ

- 1) สมรรถนะในการขึ้นระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ใช้พลังงานแบบ แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว
- 2) พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุด ในเวลาสั้นที่สุด เกิดการแตกตัวของฟอสฟาเจน ที่สูงมากในกล้ามเนื้อ ใช้พลังงานแบบเอทีพี พีซี

เอทีพี พีซี และกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง กับการสร้างพลังงานในเชิงแอโรบิก จอร์เฟลด์ท (Jorefeldt, 1970) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของฟอสฟาเจน (ATP + PC) และการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อในการออกกำลังกายสูงสุด และเกือบจะสูงสุด โดยให้ผู้รับการทดลองที่ได้รับการฝึกออกกำลังกาย 13 คน และผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก 15 คน พบว่า มีการสลายตัวของครีเอทีนฟอสเฟตในการออกกำลังกายเกือบจะสูงสุดทั้งสองกลุ่ม การสะสมของกรดแลคติกจะเริ่มขึ้นเมื่อการออกกำลังกายมีระดับ 50 - 65% ของสมรรถภาพในการรับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน และพบว่า ผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกจะมีการสะสมของกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึก และในกลุ่มที่ได้รับการฝึก จะมีการสร้างเอทีพีและพีซีขึ้นทดแทนได้เร็วกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ซึ่งแซคคาโรเกียนนิส และคณะ (Zacharogiannis et al., 2003) ศึกษาผลของการฝึกแบบต่อเนื่อง ฝึกแบบอินเทอร์วาล และฝึกความเร็วที่มีต่อความสามารถเชิงแอโรบิก โดยกลุ่มฝึกแบบต่อเนื่องฝึกที่ความหนัก $70\% \text{VO}_2\text{max}$ กลุ่มฝึกอินเทอร์วาลฝึกที่ความหนัก 85 - $100\% \text{VO}_2\text{max}$ และกลุ่มฝึกความเร็วฝึกสปีดเต็มความสามารถ 20 - 50 เมตร พบว่า กลุ่มที่ฝึกสปีดเต็มความสามารถจะมีความสามารถในการทนต่อภาวะเป็นหนี้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น และกลุ่มที่ฝึกอินเทอร์วาล VO_2max เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฝึก

2. ปัจจัยในการฝึกที่มีผลต่อการพัฒนาพลังและสมรรถภาพเชิงแอโรบิก

การฝึกเพื่อพัฒนาพลัง และสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ซึ่งหมายความว่าสมรรถภาพทางกายได้พัฒนาขึ้น โดยมีการฝึกหลายรูปแบบดังนี้

1) การฝึกน้ำหนัก ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความแข็งแรง หรือพลังให้กับกล้ามเนื้อซึ่งหมายถึงความสามารถในการออกกำลังกายเพื่อเอาชนะแรงต้านได้เต็มที่ ส่วนหลังก็คือตัวปริมาณงานที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้ในระยะเวลาหนึ่ง ๆ การฝึกน้ำหนักจะช่วยให้กล้ามเนื้อขยายขนาดขึ้น เพิ่มทั้งความแข็งแรงและพลัง ซึ่งมีผู้ศึกษาถึงองค์ประกอบในการฝึกต่าง ๆ ที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการทำงานเชิงแอโรบิกไว้ในหลาย ๆ เรื่องด้วยกัน

ในการฝึกน้ำหนัก จำนวนครั้งในการฝึกต้องกำหนดให้เหมาะสมกับผู้เข้ารับการฝึก โดยที่จำนวนครั้งของการฝึกจะเปลี่ยนไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึก มอสและกริมเมอร์ (Moss & Grimmer, 1993) ได้ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรง และการหดตัวของกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps) ภายหลังการฝึกแบบไอโซโทนิค พบว่า การฝึกที่มีจำนวนครั้งมาก จะทำให้เกิดการพัฒนาของใยกล้ามเนื้อแดง (Slow Twitch or Type I) และการฝึกที่มีจำนวนครั้งน้อย จะทำให้เกิดการพัฒนาของใยกล้ามเนื้อขาว (Fast Twitch or Type II) แสดงให้เห็นว่า การฝึกที่มีจำนวนครั้งน้อยน่าจะพัฒนาประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานในเชิงแอโรบิกได้ดีกว่าการฝึกที่มีจำนวน

ครั้งมากเช่นเดียวกันกับการศึกษาของซิดเนอร์ (Sidner, 1998) ได้ศึกษาถึงผลจากการฝึกด้วยแรงต้านที่สูงที่มีต่อพลังสูงสุด (Peak Power) ในนักกีฬาหญิง พบว่า เมื่อเพิ่มแรงต้านในการฝึกให้สูงขึ้น มีผลทำให้พลังสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้จากงานวิจัยของ เวลท์แมน และสแตนฟอร์ด (Weltman, & Stanford, 1978) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ผลการฝึกด้วยระดับงานสูงสุดต่อพลังแบบแอนแอโรบิก สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกในเพศหญิง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนหญิง จำนวน 19 คน ทำการทดลอง 12 สัปดาห์ โดยฝึก 6 สัปดาห์แรก และ 6 สัปดาห์หลังไม่ต้องฝึก โดยเป็นกลุ่มทดลอง 13 คน ฝึกโดยการจ้ำจกรยานเต็มความสามารถที่น้ำหนักถ่วง 4 กิโลกรัม ครั้งละ 40 วินาที ฝึก 2 เทียว พักระหว่างเทียว 10 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน ทำการประเมิน 3 ครั้ง คือก่อนทำการฝึก หลังทำการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า กลุ่มทดลองมีค่าของพลังแบบแอนแอโรบิก และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 6 สัปดาห์ต่อมาที่ไม่ได้รับการฝึก พลังแบบแอนแอโรบิกจะลดลงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าก่อนการฝึก แต่สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกจะยังคงสูงกว่าก่อนการฝึก 5% และไม่พบการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยยังเสนอแนะอีกด้วยว่า ความหนักของงานเป็นตัวกระตุ้นสำคัญที่จะทำให้เกิดการเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิก ยิ่งไปกว่านั้นพลังแบบแอนแอโรบิก และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกจะยังคงระดับสูงอยู่แม้ภายหลังการหยุดฝึกแล้วก็ตาม

2) ความเร็วในการฝึกนับเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก เบลล์ และคณะ (Bell et al., 1989) ได้ทำการศึกษาถึงผลของความเร็วในการฝึก ความแข็งแรง ที่มีต่อค่าพลังแบบแอนแอโรบิก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวนทั้งสิ้น 18 คน ฝึกความเร็วต่ำ กับความเร็วสูง ทำการฝึก 4 วัน/ สัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า การฝึกทั้งแบบความเร็วต่ำ และความเร็วสูง ไม่มีอิทธิพลต่อการเพิ่ม พลังแบบแอนแอโรบิก และพบว่าความแข็งแรงแบบไอโซไคเนติก (Isokinetic) มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับค่าพลังแบบแอนแอโรบิก

นอกจากนี้จากการศึกษาของปิยพงษ์ ร่องหานาม (2531) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิค ด้วยความเร็วต่างอัตรา ที่มีต่อความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวดิ่ง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย จากวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดมหาสารคาม จำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวดิ่งก่อนการฝึกใกล้เคียงกัน กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกยกน้ำหนักที่ 70% 1 RM ด้วยความเร็ว 8 ครั้งใน 10 วินาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกยกน้ำหนักที่ 70% 1 RM ด้วยความเร็ว 8 ครั้งใน 15 วินาที ฝึก 3 วัน/ สัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึกทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวดิ่งของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในการขึ้นกระโดดในแนวดิ่งของกลุ่มทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่ม

ทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่า ผลของการวิจัยยังค่อนข้างจะขัดแย้งกันอยู่ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่า การฝึกกล้ามเนื้อที่ความเร็วสูง หรือความเร็วต่ำ อย่างใดที่มีผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานแบบแอนแอโรบิกได้ดีกว่ากัน

3) ระยะเวลาในการฝึก ก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการฝึกเพื่อเพิ่มพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก เช่นกัน จากงานวิจัยของอุไร พรหมมา (2528) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ด้วยความหนักของงานสูงสุด โดยใช้ระยะเวลาการฝึกต่างกัน 3 แบบ คือ 20 วินาที 30 วินาที และ 40 วินาที โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย ที่ไม่ใช่ นักกีฬา จำนวนทั้งสิ้น 40 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้ความหนักของงานเท่ากับ 0.067 กิโลวัตต์ ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ใช้อัตราเร่งสูงสุดตามระยะเวลาการฝึกดังกล่าว พบว่า ผลการฝึกทั้ง 3 แบบ สามารถเพิ่มพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกได้ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก (Wingate Anaerobic Test)

สถาบันวินเกต (Wingate Institute) เป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล ได้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้นเพื่อวัดพลัง และสมรรถนะเชิงแอนแอโรบิก โดยการใช้จักรยานทดสอบ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย หลักของการทดสอบการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก คือการให้ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายด้วยความหนักที่สูง วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบปั่นจักรยานอยู่บนร่างกาย ประมาณ 3 - 5 นาที ด้วยความเร็วสูงโดยที่ไม่มีแรงต้าน หลังจากนั้นจะปรับแรงต้านเพิ่มขึ้น ($0.067 \times$ น้ำหนักตัว) ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงปั่นให้เร็วที่สุด พร้อมกับการนับจำนวนรอบปั่นทุก ๆ 5 วินาที จนครบ 30 วินาที แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเข้าสู่สูตรการคำนวณตามวิธีของวินเกต เพื่อคำนวณหาค่าคำนวณหา Anaerobic Power และ Anaerobic Capacity การทดสอบแบบนี้มีความเที่ยงตรงสามารถนำไปทำนายพลังและสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก เพราะมีความสัมพันธ์กันระหว่าง Power กับ Capacity ของ ATP และ Glycolysis System ในกล้ามเนื้อ โดยจะสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้ (Inbar, Bar - Or & Skimmer, 1996)

1) ค่าของงานที่ได้สูงสุด (Peak Power Output: PP) เป็นค่าของพลังสูงสุดที่วัดจากช่วง 5 วินาที ของการออกกำลังกาย บ่งชี้ถึงความสามารถในการสร้างกำลังงานของระบบพลังงานแบบลัดปล้น

$$\text{Peak Power Output} = \frac{\text{แรง} \times \text{ระยะทาง (จำนวนรอบ} \times 6 \text{ เมตร)}}{\text{เวลาเป็นนาทิจ (5 วินาที} = 0.0833 \text{ นาที)}}$$

2) ค่าสมรรถภาพการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Capacity) เป็นค่าของงานที่ทำได้สำเร็จในระยะเวลา 30 วินาที คำนวณจากสูตร

$$\text{Anaerobic Capacity} = \text{แรง} \times \text{ระยะทางรวมทั้งหมดภายในเวลา 30 วินาที}$$

3) ค่าความสัมพันธ์ของสมรรถภาพการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่อมวลของร่างกาย (Relative Anaerobic Capacity) คำนวณจากสูตร

$$\text{Relative Anaerobic Capacity} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของกำลังงานที่ทำได้ใน 30 วินาที}}{\text{มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)}}$$

4) ความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ทำได้สูงสุดต่อมวลของร่างกาย (Relative Peak Power Output: RPP) คำนวณจากสูตร

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

5) ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue Index) คือ เปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร

$$\% \text{ Fatigue Index} = \frac{\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด} \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

วิธีทดสอบสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกตามวิธีของวินเกต (Wingate Test)

1. ปรับระดับที่นั่งของจักรยานวัดงานให้พอเหมาะ โดยให้ผู้รับการทดสอบสามารถเหยียดขาให้สุดพอดีในขณะนั่ง
2. ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ชื่อ อายุ น้ำหนักตัวและน้ำหนักถ่วงในการทดสอบ (น้ำหนักตัว $\times 0.067$)
3. อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้งานระดับเบา แล้วเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบต่อนาที

4. บอก “เริ่ม” พร้อมกดสัญญาณที่เป็นพิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วงและนับรอบจากการปั่นขณะเดียวกันผู้เข้ารับการทดสอบต้องปั่นจักรยานอย่างเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

5. เมื่อปั่นครบเวลาแล้วต้องรีบลดน้ำหนักถ่วง แล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบปั่นต่อซ้ำ ๆ อีก 2 - 3 นาที

6. ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จะขึ้นกราฟความเร็วของการปั่นตลอดเวลาการทดสอบ และค่าพลังงานแบบแอนแอโรบิกกับสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก

เจริญทัศน์ จินตนาเสรี และคณะ (2527 อ้างถึงใน ชีรวัฒน์ รัตนโชติ, 2545) ใช้วิธีการทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก เทสต์ ในนักวิ่งชายไทย เปรียบเทียบระหว่างนักวิ่งระยะสั้น ระยะกลาง และระยะไกล โดยให้ผู้ถูกทดสอบปั่นจักรยานให้เร็วที่สุด โดยกำหนดแรงกดสายพานเท่ากับ 0.067 กิโลปอนด์ต่อน้ำหนักตัว ปั่นจักรยานเป็นเวลา 30 วินาที และนับจำนวนรอบปั่นทุกช่วง 5 วินาที ด้วยเครื่องนับรอบ นับจำนวนรอบปั่นที่สูงที่สุดและจำนวนรอบปั่นเฉลี่ย 30 วินาที มาคำนวณตามวิธีการทดสอบของวินเกต แอนแอโรบิก เทสต์ ผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกในนักวิ่งระยะสั้นสูงกว่าในนักวิ่งทุกระยะ และในนักวิ่งระยะกลางสูงกว่านักวิ่งระยะไกล

แรงต้านและน้ำหนักตัวของผู้ถูกทดสอบเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะมีผลต่อค่าของพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ซึ่งเลงไค (Lencki, 1997) ได้ทำการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก ในนักมวยปล้ำชาย 15 คน อายุ 18 - 27 ปี ศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน โดยหาค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก โดยใช้การทดสอบวินเกต แอนแอโรบิก เทสต์ พบว่า พลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว และน้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมันเช่นเดียวกัน

ตอนที่ 4 แอนแอโรบิกเทรชโฮล

1. ความหมายของแอนแอโรบิกเทรชโฮล

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ (2536) ได้อธิบายว่า แอนแอโรบิก เทรชโฮล (Anaerobic Threshold) หมายถึง ระดับความหนักของการออกกำลังกาย หรือการใช้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีการเพิ่มขบวนการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) และเป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อร่างกายมีขบวนการดังกล่าวเพิ่มขึ้น ก็จะมีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจุดเริ่มล้าจึงเป็นระดับที่พบว่ามีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในเลือด วิธีวัดค่าของจุดเริ่มล้าคือการเจาะเลือด เพื่อตรวจวัดระดับของกรดแลคติกเป็นระยะในขณะที่มีการออกกำลังกาย และเพิ่มความหนักขึ้น อย่างไรก็ตามเทคนิคในการเจาะเลือด

ทำให้เกิดความเจ็บปวดและไม่สะดวก รวมทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์กรดแลคติก วิธีที่รวดเร็วกว่าคือวิธีการสังเกตปริมาณการหายใจในแต่ละนาที (Minute Ventilation) รวมทั้งปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยที่ข้อมูลนี้จะเพิ่มเป็นเส้นตรงกับความหนักของการออกกำลังกาย จนกระทั่งถึงจุดเริ่มล้าซึ่งมีปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีและปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นทันที ซึ่งสามารถสังเกตได้ในการตรวจวัดสัดส่วนในการหายใจ (Ventilation Equivalent) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีกับปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption) (VE/VO_2) พบว่า ในคนสภาวะปกติมีประมาณ 25: 1 เมื่อมีการออกกำลังกายด้วยความหนัก 53% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal Oxygen Uptake) แต่ในเด็กที่ความหนักเดียวกันจะมีประมาณ 32: 1 อย่างไรก็ตามในการว่ายน้ำอาจจะมีสัดส่วนในการหายใจต่ำกว่านี้ เนื่องมาจากหายใจถูกจำกัดด้วยการว่ายน้ำ ซึ่งอาจเป็นปัญหาได้ว่าผู้ที่ว่ายน้ำ และผู้ที่ออกกำลังกายเต็มที่อาจได้ก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ ในการออกกำลังกายที่หนักมากขึ้นค่าของสัดส่วนในการหายใจอาจสูงถึง 35 - 40: 1 ส่วน Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) เมื่อออกกำลังกายให้อยู่ในภาวะคงที่ (Steady - Rate) จะทำให้มีก๊าซออกซิเจนเพียงพอกับระบบกล้ามเนื้อทำงาน จึงไม่มีการคงของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ เมื่อมีการออกกำลังกายหนักมากขึ้นจะทำให้ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นที่ระดับนี้เรียกว่า ส่วน Onset of Blood Lactate Accumulation หรือ (OBLA) ซึ่งเป็นระดับที่ออกกำลังกายระหว่าง 55- 60% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุดในคนที่ไม่ได้รับการฝึก แต่ในคนที่ได้รับการฝึกดีมักจะทำให้ค่า OBLA สูงขึ้นมากถึง 80%

วาสเซอร์แมน, ฮัสสัน และซู และคณะ (Wasserman, Hassen & Sue et al., 1994) ได้อธิบายไว้ว่า แอนแอโรบิกเทรซโฮล หมายถึง ระดับขั้นการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิก ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนการสะสมของกรดแลคติก ในระหว่างการออกกำลังกาย เมื่อร่างกายทำงานไปถึงจุดที่การขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำได้เพียงพอต่อความต้องการในการสร้างพลังงาน กลไกการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Glycolysis) จะเข้ามามีส่วนช่วยในการสร้างพลังงาน โดยการเปลี่ยนไพรูเวต (Pyruvate) เป็นกรดแลคติก (lactic acid) ก่อให้เกิดการสะสมกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในกล้ามเนื้อ กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นนี้ จะถูกทำให้เป็นกลาง (buffer) โดย HCO_3^- ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และสามารถตรวจวัดได้ทันที นอกจากนี้ยังอธิบายไว้ว่าแอนแอโรบิกเทรซโฮล (AT) เป็นจุดที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายทำให้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการสร้างพลังงานแอโรบิก มีมากกว่าปริมาณที่ร่างกายได้รับ ร่างกายจึงต้องใช้กลไกการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกมาช่วยเสริม เป็นเหตุให้มีการสะสมกรดแลคติกภายในร่างกาย และส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบแลกเปลี่ยนก๊าซ (Wasserman et al., 1973, pp. 236 - 243)

ในปัจจุบันการที่ร่างกายมีค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ AT อยู่หลายค่า จุดต่าง ๆ เหล่านี้มีชื่อเรียกแตกต่างกันเช่น Lactate Threshold (LT), Ventilatory Threshold (VT), Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) ซึ่ง บิลลาต (Billat, 1996) ได้แสดงระดับการเกิดของค่าต่าง ๆ โดยวัดจากปริมาณกรดแลคติกในเลือด ดังในตารางที่ 2-5

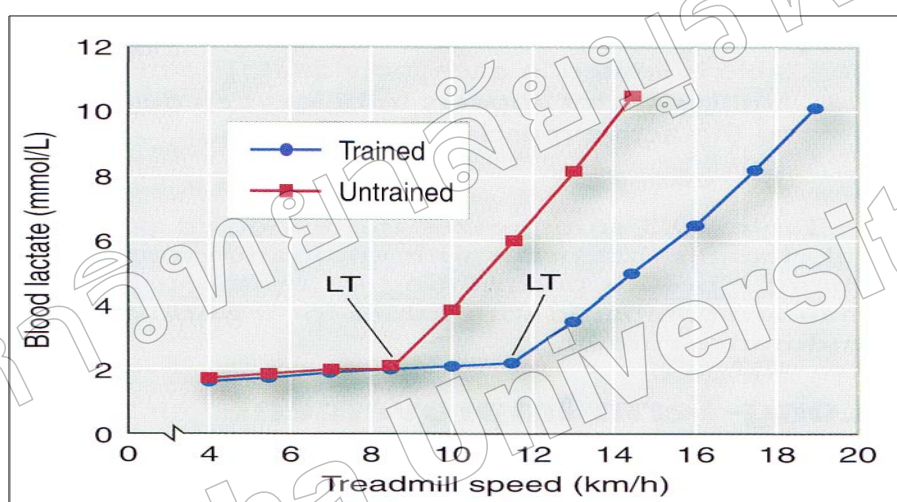
ตารางที่ 2-5 ระดับการเกิดของค่าต่าง ๆ โดยวัดจากปริมาณกรดแลคติกในเลือด (Billat, 1996)

ปริมาณกรดแลคติก ในเลือด (ml/ L)	คำจำกัดความ	หมายเหตุ
มาตรฐาน +1	Onset of Plasma lactate Accumulation	มีกรดแลคติกในร่างกายแต่สามารถ ขจัดได้
2.2	Maximal Steady-state	เป็นจุดเริ่มต้นการสะสมกรดแลคติก
3.5 - 5	Lactate Threshold	เป็นการสะสมกรดแลคติกส่วนเกิน ในร่างกาย
4	Anaerobic Threshold and Onset of Blood lactate Accumulation	มักใช้อ้างอิงเป็นจุดเดียวกับ AT

2. ความสำคัญของแอนแอโรบิกเทรชโฮล

การรายงานค่า AT นิยมใช้ $\%VO_{2max}$ (หน่วยเป็น ml/ kg/ min) ซึ่งค่า VO_{2max} อาจไม่บอกความสำเร็จในการทำงานแบบแอโรบิกไปเสียทั้งหมด แต่ความสามารถในการทำงานใกล้เคียง VO_{2max} ก็เป็นปัจจัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น นักกีฬา 2 คน เป็นเพศชายเหมือนกัน มีส่วนสูง น้ำหนัก ไขมันในร่างกายและอายุเท่ากัน นักกีฬาคนที่ 1 มีค่า $VO_{2max} = 70$ ml/ kg/ min นักกีฬาคนที่ 2 มีค่า $VO_{2max} = 50$ ml/ kg/ min ถ้าดูจากค่า VO_{2max} ในการวิ่งแข่งขันระยะไกล นักกีฬาคนที่ 1 น่าจะเป็นผู้ชนะ แต่ในการวิ่งแข่ง นักกีฬาคนที่ 2 เป็นฝ่ายได้รับชัยชนะ เมื่อทำการทดสอบโดยหาค่า AT พบว่า นักกีฬาคนที่ 1 มีค่า AT ที่ $50\%VO_{2max}$ ในขณะที่นักกีฬาคนที่ 2 มีค่า AT ที่ $90\%VO_{2max}$ และหาประสิทธิภาพที่แท้จริงในการทำงานของนักกีฬาทั้ง 2 คน ได้โดยการเอาค่า AT คูณกับค่า VO_{2max} นักกีฬาคนที่ 1 จะมีประสิทธิภาพในการทำงานของ VO_{2max} เป็น 70 ml/ kg/ min $\times .5 = 35$ ml/ kg/ min ในขณะที่นักกีฬาคนที่ 2 จะมีประสิทธิภาพในการทำงานของ VO_{2max} เป็น 50 ml/ kg/ min $\times .9 = 45$ ml/ kg/ min นั่นเป็นเหตุผลว่าทำไมนักกีฬาคนที่ 2 จึงได้เปรียบการแข่งขันเสมอมีโอกาสได้รับชัยชนะมากกว่า

จากตัวอย่างซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของค่า AT ที่มีต่อ VO_2max และส่งผลต่อสมรรถภาพของร่างกาย โดยอาจกล่าวง่าย ๆ ว่า ค่า AT เป็นสิ่งที่แสดงถึงระยะเวลาในการคงไว้ซึ่งการทำงานที่ระดับสูงสุดของค่า VO_2max โดยผู้ที่มีค่า AT สูงจะสามารถทำงานที่ระดับความหนักได้เป็นเวลานานกว่าผู้ที่มีค่า AT ต่ำ และจากการวิจัยพบว่า การฝึกความอดทนของร่างกายที่ระดับความหนักที่จุด AT จะเพิ่มประสิทธิภาพของค่า VO_2max ให้สูงยิ่งขึ้นด้วย (Volley, 2001) นอกจากนี้ยังรู้ได้จากอัตราความเร็วของการวิ่งที่ทำได้โดยผู้ที่มีค่าถึงจุด AT ที่มีความเร็วสูงจะสามารถทำงานที่ความหนักได้เวลานานกว่าผู้ที่ถึงจุด AT ความเร็วต่ำ ดังแสดงในภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 การเกิดจุดแลคเตทเทรซโซลของผู้ที่ฝึกและผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก (Wilmore & Costill & Kenney, 2008, p. 237)

กระบวนการพื้นฐานในการเกิดแอนแอโรบิกเทรซโซล เมื่อปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนของร่างกายในการสร้างพลังงาน ขณะออกกำลังกายมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายสามารถขนส่งไปสู่กล้ามเนื้อ ในขณะที่อัตราการทำงานยังคงเพิ่มขึ้น ความไม่สมดุลระหว่างออกซิเจนที่ต้องการกับออกซิเจนที่ได้รับ ทำให้ร่างกายต้องใช้การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกเข้ามาช่วย โดยการเปลี่ยนไพรูเวตเป็นกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะถูกบัฟเฟอร์โดยไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะไปรบกวนกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Wasserman et al., 1994)

เมื่อร่างกายทำงานจนถึงจุดที่เป็น AT ร่างกายจะใช้พลังงานร่วมกัน 2 ระบบคือ Aerobic System ร่วมกับ Anaerobic System เป็นจุดที่งานที่ทำความยากลำบากขึ้น มีความเมื่อยเพิ่มมากขึ้น มีการใช้ไกลโคเจนเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกเพิ่มขึ้นซึ่งสุดท้ายจะนำไปสู่จุดล้าและทำให้การออกกำลังกายต้องสิ้นสุดลง

3. ปัจจัยที่มีผลต่อแอนแอโรบิกเทรชโฮล

1) ขนาดของร่างกายและมวลกล้ามเนื้อ จากการศึกษพบว่าค่า AT ในเด็กจะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับน้ำหนักตัว (Cooper et al., 1984, pp. 628 - 634) และมีรายงานวิจัยที่พบว่าค่า AT ของคนที่มีน้ำหนักตัวเกิน 80 กิโลกรัม จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $77\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ในขณะที่ค่า AT ของกลุ่มคนที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 70 กิโลกรัม จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $68\% \text{VO}_{2\text{max}}$ ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า จะมีกลุ่มกล้ามเนื้อทำงานขณะออกกำลังกายมากกว่า มีส่วนช่วยทำให้มีการจัดของเสียออกไปจากร่างกายได้ดีกว่า โดยปกติกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่กว่าจะช่วยให้ร่างกายเข้าถึงการทำงานที่ความหนักสูงสุดได้ก่อนที่จะถึงจุด AT ความสามารถในการเข้าถึงการทำงานที่จุดสูงสุดกว่า ทำให้ยืดเวลาของการสะสมกรดแลคติกให้ช้าลง และทำให้ค่า AT ต่อ $\% \text{VO}_{2\text{max}}$ สูงขึ้นด้วย (Hughes, Sue, & George, 1982, pp. 1598 - 1607)

2) เพศ จากการศึกษพบว่า เมื่อวัดค่า AT ออกมาในรูปร้อยละของ $\text{VO}_{2\text{max}}$ จะไม่พบความแตกต่างทั้งในเพศชายและหญิง แต่เมื่อแปลงค่า AT เป็น $\text{V}_{\text{O}_2} \text{ ml/kg/min}$ พบความแตกต่างนี้ในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชายซึ่งจุดที่เป็น AT สูงกว่านักกีฬาหญิง (Helgurad, 1994, pp. 155 - 161)

3) ชนิดของการฝึกพบว่า พบว่าการฝึกออกกำลังกายในรูปแบบต่างกันส่งผลต่อจุดที่เป็น AT ไม่เหมือนกันการออกกำลังกายโดยใช้กล้ามเนื้อแขนเป็นหลัก ทำให้ถึงจุดที่เป็น AT เร็วกว่าการออกกำลังกายโดยการใช้นิ้วกล้ามเนื้อขาเป็นหลัก เช่นการวิ่ง หรือการขี่จักรยาน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงาน มีขนาดใหญ่กว่า และอาจรวมไปถึงความแตกต่างระหว่างการทำงานของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Davis, Voda & Wilmore, 1976, pp. 544 - 550)

4) ระดับสมรรถภาพร่างกาย ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีกว่า เช่นนักกีฬา หรือผู้ที่ออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ จะมีจุดที่เป็น AT สูงกว่าบุคคลทั่วไป (Gollnick, 1973, pp. 1 - 43)

5) การสลายตัวของสารอาหาร ในระหว่างการออกกำลังกายนั้น พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) ในเลือด ซึ่งจะลดการสะสมของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการออกกำลังกาย และจากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาก่อนการสะสม ของกรดแลคติกจะมากขึ้นในผู้ที่ได้รับประทานอาหารประเภทไขมัน ซึ่งหมายความว่าในผู้ที่มีร่างกายแข็งแรง จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากไขมันได้ดีกว่าบุคคลทั่วไป ทำให้จุดที่เป็น AT อยู่ในระดับสูง (Ivy, Costill & Van, 1981, pp. 139-142)

6) การฝึกความอดทน งานวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากฝึกความอดทนของร่างกาย ทำให้การสะสมของกรดแลคติกในร่างกายลดลง และจุดที่เป็น AT สูงขึ้น เช่น การศึกษาของเดวิสและคณะ (Davis et al., 1979, pp. 1036 - 1046) ที่รายงานว่า มีการเพิ่มขึ้นของค่า AT 15% เช่นเดียวกับริดดี และคินนี (Ready & Quinney, 1982) ที่พบว่าภายหลังจากฝึกความอดทนที่ระดับ 80% ของ VO_{2max} เป็นเวลา 9 สัปดาห์ จุดที่เป็น AT ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของเครมินสกี และคณะ (Krzeminski et al., 1989) ที่ให้กลุ่มตัวอย่างฝึกความอดทนที่ 50-60% VO_{2max} เป็นเวลา 30 นาที/ วัน โดยฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน พบว่า ค่า AT ของกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4

4. วิธีตรวจวัดแอนแอโรบิกเทรชโฮล

4.1 วิธีตรวจวัดโดยตรง

4.1.1 โดยการตรวจหาจุดที่เริ่มมีการเพิ่มขึ้นของการสะสมกรดแลคติกในกระแสเลือด โดยปกติในร่างกายจะมีกรดแลคติกอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 1 ml/ L แต่ที่ระดับ AT จะมีกรดแลคติกอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 4 ml/ L

4.1.2 โดยการตรวจหาจุดที่เริ่มมีการลดลงของไบคาร์บอเนต HCO_3 และ pH ของเลือด (Beaver, 1986, pp. 472 - 478 อ้างถึงใน มนินทร รัชย์บำรุง, 2546)

4.2 วิธีตรวจทางอ้อม

4.2.1 เทคนิค V-slope วิธีการนี้ใช้หลักความสัมพันธ์ของเส้นกราฟ ระหว่างปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่หายใจออกมา (VCO_2) และปริมาณออกซิเจน (VO_2) โดยหลักที่ว่าในระหว่างการทำงานที่ระดับต่ำกว่า AT จะมีความสัมพันธ์เชิงลาด (Linear Relation) แต่ที่จุด AT กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อ VCO_2 ให้เพิ่มขึ้น โดยไม่มีผลกับ VO_2 (VO_2 ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักทำให้ความชันของกราฟมากขึ้น (Beaver, 1986 อ้างถึงใน มนินทร รัชย์บำรุง, 2546)

4.2.2 สมดุลลมหายใจ (Ventilatory Equivalent Method) ปริมาตรอากาศที่หายใจออก (minute ventilation - V_E) เป็นตัวแปรหลักที่ถูกนำมาใช้ในการวัด AT วิธีการนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานสำคัญของค่าตัวแปรลมหายใจต่าง ๆ คือ VE/VO_2 , VE/VCO_2 , end - tidal O_2 tension ($P_{ET}O_2$), end - tidal CO_2 tension ($P_{ET}CO_2$), R (อัตราส่วนระหว่าง VCO_2 กับ VO_2) โดยที่จุด AT มีการเพิ่มขึ้นของค่า VE/VO_2 , $P_{ET}O_2$ และ VCO_2 โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของ VE/VCO_2 และ $P_{ET}CO_2$ เพราะ VE เพิ่มขึ้นอย่างได้สัดส่วนพอเหมาะ กับ VCO_2 ในขณะที่กระบวนการชดเชยภาวะ pH ของเลือดลดลง (Metabolic Acidosis) ไม่สามารถทำได้ต่อไป (Beaver, 1986 อ้างถึงใน มนินทร รัชย์บำรุง, 2546) ได้เขียนอธิบายปรากฏการณ์นี้ไว้ดังนี้

4.2.2.1 มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นปฏิกิริยา (Nonlinear) ของปริมาตรลมหายใจออก (minute ventilation): V_E

4.2.2.2 มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นปฏิกิริยา ของปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น (Carbondioxide Product, VCO_2) เพราะที่จุด AT นั้น กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกทำให้เป็นกลาง (Buffer) เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกินขึ้นสามารถตรวจวัดได้ทันที

4.2.2.3 เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนในลมหายใจออกช่วงสุดท้าย (End - tidal oxygen percentage): $P_{ET}O_2$ โดยไม่มีการลดลงของคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกช่วงสุดท้าย เนื่องจากร่างกายมีการหายใจที่ถี่และลึกมากขึ้น (Hyperventilation) ทำให้ปริมาณออกซิเจนในลมหายใจออกมีมากขึ้น

- เมื่อมีการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันของอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้นกับปริมาตรออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (Respiratory Exchange Ratio: RER)

- เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนปริมาตรลมหายใจออกกับปริมาตรออกซิเจนที่ถูกใช้ไป VE/VCO_2 โดยไม่มีการเพิ่มขึ้นของ VE/VCO_2 วิธีการนี้พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า AT ที่หาได้จากการวัดปริมาณกรดแลคติกในเลือด (Caiozzo, Davis & Eillis, 1982, pp. 1184 -1189 อ้างถึงใน มณีนทร รักษ์บำรุง, 2546) สำหรับการตรวจวัด AT โดยวิธีการแลกเปลี่ยนก๊าซวิธีนี้นั้น น่าจะเป็นวิธีการตรวจวัดที่ให้ผลดีที่สุดเนื่องจาก เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความหนักในการทำงานอย่างทันทีทันใด จะพบว่า VE และ VCO_2 จะยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กัน ไปอีกสักระยะของการเพิ่มขึ้นของงานภายหลังจากเข้าสู่ AT แล้ว ซึ่งเป็นสาเหตุให้พบว่าที่ระดับ AT นั้น ค่า VE/VCO_2 ยังคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และเป็นเหตุผลที่ว่าเหตุใดค่า $P_{ET}CO_2$ ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงก้ำกึ่งกรดแลคติก Isocapnic Buffering

4.3 วิธีการตรวจอย่างง่าย ในการหา AT ตามวิธีการของ Conconi ได้โดยการพิจารณาอัตราการเต้นของหัวใจ หรือสามารถที่จะทำการวิ่งในลู่วิ่งทั่วไปหรือการว่ายน้ำ

5. การทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test)

ในปี ค.ศ. 1982 นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีได้พัฒนาการวัด AT ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจึงเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป Conconi Test ใช้อัตราการเต้นของหัวใจที่ 85%MHR เป็นจุดที่ถือว่าเป็น AT การหาแอนแอโรบิกเทรชโซลแบบคอนโคนี โดยใช้ลู่วิ่งกล กระทำโดยให้วิ่งที่ความชัน 1% หัวใจเต้นที่ 85 - 90% MHR เริ่มด้วยการอบอุ่นร่างกาย 5-10 นาที เริ่มต้นที่ความเร็ว 8 - 10 กม./ ชม. (8 - 10 km/ hr) ค่อย ๆ เพิ่มความเร็วทุก ๆ 200 เมตร โดยเพิ่มความเร็วครั้งละ 0.5 กม./ ชม. บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจและความเร็วทุก ๆ 200 เมตรจนหัวใจเต้นถึง 85 - 90%MHR ดังกล่าว

(<http://www.sports-fitness-adisor.com/heart-rate-training.html>, 2012) วิธีทดสอบแบบคอนโคนี ใช้ตรวจสอบปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความเร็วในการจักรยานหรือวิ่งเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้พบระดับอัตราการเต้นของหัวใจที่ทำให้เกิดจุดเริ่มล้า ดังนั้นจึงสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจอธิบายถึงภาวะจุดเริ่มล้าของร่างกายได้ (Conconi et al., 1982) ได้ศึกษาและสรุปว่าบททดสอบ คอนโคนีมีความแม่นยำสูงเช่นเดียวกับการทดสอบทางตรงจากตัวอย่างเลือดโดยมีความสัมพันธ์กับวิธีการวัดทางตรงในระดับ 0.99 ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกต่อการหาระดับการเกิดจุดเริ่มล้าในภาวะที่ร่างกายมีกรดแลคติกสะสมประมาณ 4 มิลลิโมล/ลิตร

สำหรับการทดสอบแบบคอนโคนี (Conconi Test) เป็นการทดสอบนักกีฬาประเภทความอดทนในระยะกลางหรือระยะไกล การทดสอบวิธีการนี้เพิ่มหาระดับจุดเริ่มล้า (Anaerobic Threshold) ในนักกีฬาแต่ละคนเพื่อผู้ฝึกสอนจะได้ทราบและนำไปประกอบเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของนักกีฬาต่อไป การทดสอบนี้สามารถนำไปใช้กับนักกีฬาได้ทุกประเภท เช่น พายเรือ ว่ายน้ำ จักรยาน กรีฑา สเก็ต ไตรกีฬา บาสเกตบอล ฟุตบอล และกีฬาชนิดอื่น ๆ ที่สนใจระดับการเกิดจุดเริ่มล้าของนักกีฬา การทดสอบจุดเริ่มล้าเพื่อศึกษาระดับอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อกล้ามเนื้อเริ่มมีการสะสมกรดแลคติกในปริมาณมากเกินความสามารถที่ออกซิเจนจะทำงานได้ หลังจากการเกิดจุดเริ่มล้าและร่างกายทำงานต่อไปจะมีกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีผลต่อสมรรถภาพการทำงานของร่างกายการทดสอบ หาจุดเริ่มล้าโดยวิธีของคอนโคนี (Conconi Test) สามารถทำการทดสอบได้ทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ เช่น การวิ่งในสนาม 200 หรือ 400 เมตร การใช้จักรยาน การใช้ลู่วิ่ง การว่ายน้ำ เป็นต้น โดยยึดทฤษฎีเมื่อปริมาณงานเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักของงาน เริ่มต้นด้วยการอบอุ่นร่างกายเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 110 ครั้งต่อนาที หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบโดยเพิ่มความหนักหรือความเร็วพร้อมกับวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุกช่วงเวลาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถึงภาวะที่อัตราการเต้นของหัวใจเริ่มไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเพิ่มความหนักหรือความเร็ว ให้หยุดการทดสอบ ดังนั้นระดับจุดเริ่มล้าของการทดสอบ คืออัตราการเต้นของหัวใจเริ่มไม่เป็นสัดส่วนในระดับนั้นนั่นเอง (<http://www.geocitiess.com/Hotsprings/3257/conconi.html>, 2003)

วิธีการทดสอบ คอนโคนี (Conconi Test)

- 1) อบอุ่นร่างกาย 5-10 นาที
- 2) ตั้งลู่วิ่งกล (Treadmill) ให้มีความชันขึ้น 1%
- 3) เริ่มต้นที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (8 Km/ hr)
- 4) ค่อย ๆ เพิ่มความเร็วทุก ๆ 200 เมตร โดยเพิ่มครั้งละ 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- 5) บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจและความเร็วทุก ๆ 200 เมตร

- 6) วิ่งต่อไปจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจที่ 85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (85%MHR)
- 7) บันทึกผลที่อัตราความเร็วในการวิ่งเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจที่ 85%MHR
- 8) คูลดาวน์ (cool down)

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University