บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในรายงานการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. เม็ดเลือดแดงและการออกกำลังกาย
2. ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max)
3. ปริมาณสูงสุดของการใช้ออกซิเจนก่อนการสะสมของกรดแลคติก (AT)
4. การฝึกแบบอินเทอร์วาลเทรนนิ่ง (interval training)

เม็ดเลือดแดงและการออกกำลังกาย

ปริมาณเลือดในร่างกายคนเราแตกต่างกันตามน้ำหนัก เพศ อายุ เราสามารถคำนวณได้โดยเทียบจากน้ำหนักตัวคือ เลือดมีค่าประมาณ 8% ดังนั้นผู้ใหญ่น้ำหนักตัว 60-70 กิโลกรัม จะมีเลือดประมาณ 5 ลิตร (ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ cardiac output, CO) ส่วนในทารกแรกเกิดจะมีค่าประมาณ 300 มิลลิลิตร เลือดมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

การหายใจ (respiration): ขนส่งออกซิเจนจากปอดสู่เซลล์และเนื้อเยื่อทั่วร่างกาย และนำคาร์บอนไดออกไซด์ จากเซลล์สู่ปอด

การลำเลียงสารอาหาร (nutritive transport): นำอาหารเช่น กลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมัน วิตามิน และเกลือแร่จากระบบทางเดินอาหารสู่เซลล์

การขับถ่าย (excretion): ขนส่งของเสียจากกระบวนการเมตาบอลิสม์ เช่น ยูเรีย กรดยูริค และ creatine เพื่อขับทิ้งที่ไต

การรักษาดุลยภาพ (homeostasis): ควบคุมให้เกิดความสมดุลของน้ำ pH และเกลือแร่

การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (regulation of body temperature): ช่วยควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย เพราะเลือดมีประจุความร้อนสูงจึงมีอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ เช่น เวลามีไข้หลอดเลือดบริเวณผิวหนังจะขยายตัว ให้เลือดมาระบายความร้อนออกไป

การป้องกัน (protection): ป้องกันและทำลายสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย ภูมิคุ้มกัน และเม็ดเลือดขาว (สุพรพิมพ์ เจียรสกุล, 2544)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ส่วนประกอบของเลือด ถ้านำเลือดมาใส่สารกันเลือดแข็งตัว (anticoagulant agent) หรือนำไปปั่นให้ตกตะกอนจะเห็นเลือดแยกออกเป็นส่วน ๆ

1. ส่วนที่อยู่ด้านบนจะเป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อน คือ พลาสมา (plasma)

2. ส่วนล่างคือ เม็ดเลือดต่าง ๆ ที่ตกตะกอน ประกอบไปด้วยเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด ส่วนใหญ่ของชั้นที่ตกตะกอนคือเม็ดเลือดแดง ชั้นบาง ๆ สีขาวเรียกว่า Buffy ชั้นนี้เป็นชั้นของเม็ดเลือดขาว จะหนามากในผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งในเม็ดเลือดขาว (leukemia)

ชั้นของเม็ดเลือดแดงที่ตกตะกอนจะมีประมาณ 45% ของเลือดทั้งหมด เรียกปริมาณนี้ว่า Haematocrit **หรือ** Packed cell volume (PCV) ในผู้ชายจะมีค่า 40-54% ในผู้หญิงจะมีค่า 36-47% (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา, 2539)

เม็ดเลือดแดง รูปร่างของเม็ดเลือดแดงเป็นเซลล์กลมเว้าเข้าตรงกลาง มีขนาดโดยประมาณหนา 2 นาโนเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นาโนเมตร โดยมีฮีโมโกลบินเกาะอยู่ซึ่งทำให้เม็ดเลือดแดงมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น 30 % เม็ดเลือดแดงสามารถพับงอ เปลี่ยนรูปไปมาได้ขณะผ่านเข้าหลอดเลือดเล็ก โดยที่ความดันเซลล์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก พลังงานหรืออาหารของเม็ดเลือดแดงคือน้ำตาลกลูโคส รูปร่างของเม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส ภายในเม็ดเลือดแดงมีโมเลกุลโปรตีนเรียกว่าฮีโมโกลบิน ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนจากปอดไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (กนกวรรณ กู้ตระกูล และจันทรวรรณ แสงแข, 2541, หน้า 110)

หน้าที่ของเม็ดเลือดแดง

1. เป็นตัวพาออกซิเจนจากปอดไปสู่เซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยมีฮีโมโกลบินเป็นตัวกลางและในขณะเดียวกันก็นำคาร์บอนไดออกไซด์ และของเสียต่าง ๆ ออกจากเซลล์

2. มีเอนไซม์ Carbonic Anhydrase ในเม็ดเลือดแดงช่วยเร่งปฏิกิริยาการสร้างกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3,Carbonic acid) จากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไปยังปอด

3. เกี่ยวข้องกับขบวนการ Chloride Shift ซึ่งเป็นขบวนการที่ลดการเปลี่ยนแปลง pH ในเลือด (Sheeler, 1996)

ฮีโมโกลบิน สาเหตุที่เม็ดเลือดแดงมีสีแดงก็เพราะฮีโมโกลบิน แต่ละเซลล์ของเม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบิน ประมาณ 280,000,000 โมเลกุล ฮีโมโกลบินมีหน้าที่ขนส่งออกซิเจน ในอัตรา 1:4 คือ ฮีโมโกลบิน 1 โมเลกุลจับกับ ออกซิเจน 4 โมเลกุล

ฮีโมโกลบินเป็นโปรตีนตัวสำคัญของเม็ดเลือดแดง สร้างขึ้นในระยะนอโมบลาสท์ (normoblast) ในภาวะปกติอัตราการสร้างเม็ดเลือดแดงจะอยู่ที่ 6 กรัม/ วัน แต่ถ้ามีการเสียเลือดหรือเม็ดเลือดแดงถูกทำลายมาก ๆ จะมีการสร้างเพิ่มได้ 6-7 เท่า ฮีโมโกลบินประกอบด้วย 4 ส่วน โดยในแต่ละส่วน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มีฮีมกรุฟ (heme group) เกาะกับโปรตีนฮีม (heme) เป็นอนุพันธ์ของโปรไฟริน (porphyrin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเหล็ก ทำหน้าที่ในการจับออกซิเจน

เมื่อฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนจะกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) และเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เกาะกับฮีโมโกลบินก็จะกลายเป็นคาร์บามิโนฮีโมโกลบิน (carbaminohemoglobin) โดยที่ คาร์บอนไดออกไซด์ นั้นมีความสามารถในการจับกับฮีโมโกลบินสูงกว่าออกซิเจนเสียอีก ถ้ามีปริมาณฮีโมโกลบินที่ไม่ได้จับกับออกซิเจนเกิน 5 กรัม (ปกติมีฮีโมโกลบิน 15 กรัม) จะทำให้เลือดไม่แดง ผิวหนัง ริมฝีปาก เล็บมือ เล็บเท้า ดูเขียวคล้ำเรียกว่า cyanosis (Bary, 1994)

การสร้างเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดแดงเริ่มสร้างในถุงไข่แดง (yolk sac) ขณะเป็นตัวอ่อนระยะเริ่มแรก หลังจากที่ตัวอ่อนเริ่มสร้างอวัยวะภายใน การสร้างเม็ดเลือดแดงจะเกิดขึ้นที่ ตับ ม้าม และไขกระดูก ในวัยผู้ใหญ่เม็ดเลือดแดงส่วนใหญ่สร้างที่ไขกระดูก บริเวณแขน ขา กระดูกสันหลัง กระดูกซี่โครง กระดูกหน้าอก และกระดูกศรีษะ กระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงในไขกระดูกเรียกว่า hemopoiesis หรือ hematopoiesis

สารที่จำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดง

1. โปรตีน จำเป็นสำหรับการสร้างส่วนที่เป็นโกลบิน (globin part) ของฮีโมโกลบิน

2. เหล็ก เป็นส่วนประกอบของ ฮีโมโกลบินโมเลกุล ในผู้ป่วยที่ขาดธาตุเหล็กทำให้กระบวนการสร้างเม็ดเลือดเปลี่ยนไป และเม็ดเลือดที่สร้างขึ้นจะผิดปกติคือมีสีจาง (hypochromic) และมีขนาดเล็กลง (microcytic)

3. วิตามิน B_{12} และกรดโฟลิค (folic acid) หน้าที่ของสารทั้ง 2 ในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงยังไม่ชัดเจน แต่เชื่อว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ถ้าขาดวิตามิน B_{12} เม็ดเลือดแดงที่สร้างขึ้นจะมีขนาดใหญ่ (macrocytic) และมีสีเข้มขึ้น (hyperchromic)

4. สารอื่น ๆ เช่น ทองแดง (copper) เกี่ยวข้องกับการดูดซึมเหล็ก โคบอลท์ (cobalt) เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์วิตามิน B_{12} (กนกวรรณ กู้ตระกูล และจันทรวรรณ แสงแข, 2541, หน้า 110)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง อัตราการสร้างใหม่ของเม็ดเลือดแดงเท่ากับอัตราการตาย ซึ่งมีสัดส่วนประมาณ 3,000,000 เซลล์ต่อนาที การสร้างเม็ดเลือดแดงถูกควบคุมโดย erythropoietin จากไต และ growth factors จากไขกระดูก

การสร้างเม็ดเลือดแดงมีอัตราที่เปลี่ยนแปลงได้ เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความต้องการออกซิเจนของร่างกาย ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดแดงได้แก่

1. Erythropoietin ฮอร์โมน เป็นฮอร์โมนที่หลั่งจากไต เมื่ออัตราการละลายตัวของออกซิเจนในเม็ดเลือดลดลง ไตจะหลั่ง erythropoietin ให้ไปกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง

2. อายุและเพศ เด็กมีอัตราการสร้างเม็ดเลือดแดงมากกว่าผู้ใหญ่ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องมาจากการลดแหล่งสร้างเม็ดเลือดแดงในตับและที่อื่น ๆ

3. การออกกำลังกายและอารมณ์ การออกกำลังกาย การตื่นเต้น กลัว กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงในระยะสั้น ๆ

4. สิ่งแวดล้อม การอาศัยอยู่ในที่สูง ความดันบรรยากาศต่ำ ทำให้การสร้างเม็ดเลือดแดงเปลี่ยนไป

5. ฮอร์โมน เช่น thyroxin, androgens, cortisal และ prolactin สร้างกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงได้ (สุวรรณ ธีระวรพันธ์, วิสุดา สุวิทยาวัฒน์ และเพ็ญโฉม พึ่งวิชา, 2539)

การทำลายเม็ดเลือดแดง โดยทั่วไปเม็ดเลือดแดงมีอายุเฉลี่ย 120 วัน เมื่อเม็ดเลือดแดงอายุมากขึ้นปริมาณ ATP ในเซลล์จะลดลง เนื่องจากการสร้างใหม่ไม่พอกับที่ใช้ไป ทำให้หน้าที่ของ ATP ซึ่งช่วยทำให้ผนังของหลอดเลือดยืดหยุ่นได้ดี ควบคุมการส่งผ่านอิออน ผ่านเมมเบรนของเม็ดเลือดแดง และป้องกันการ oxidation ของโปรตีนภายในเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดแดงที่อายุมากจะถูกทำลายโดย 2 วิธีคือ

1. Fragmentation ผนังเม็ดเลือดแดงบางส่วนจะหลุดออกไปทำให้เม็ดเลือดแดงบางขึ้นเล็กลง และรูปร่างเปลี่ยนไป จนกระทั่งเม็ดเลือดแดงแตกออก

2. Phagocytosis เม็ดเลือดแดงถูกทำลายโดยเม็ดเลือดขาว

เลือดจาง (anemia) คือภาวะที่ร่างกายมีเม็ดเลือดแดงหรือฮีโมโกลบินน้อยกว่าปกติ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการสร้างลดลง หรืออัตราการทำลายมากกว่าปกติก็ได้ เป็นเหตุให้ความหนืดของเลือดลดลงและเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน ทำให้หัวใจทำงานหนักขึ้นเพื่อจะได้ให้เนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ได้รับออกซิเจน และถ้าเป็นโรคนี้นาน ๆ จะทำให้เป็นโรคหัวใจล้มเหลวได้ ภาวะเลือดจางอาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. Normochromic, normocytic anemia เป็น ภาวะเลือดจางจากการเสียเลือดมากหรือเพราะการสร้างเม็ดเลือดแดงต่ำลง หรือเกิดจากการทำลายเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น

2. Hypochronic, microcytic anemia เป็นภาวะเลือดจางจากการขาดแร่ธาตุหรือสารที่จำเป็นในการสร้างฮีโมโกลบิน เช่น ธาตุเหล็ก

3. Macrocytic anemia ภาวะโลหิตจางจากความผิดปกติในการสร้าง DNA หรือกรดนิวคลีอิก (สุวรรณ ธีระวรพันธ์ และคณะ, 2539)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาวะเลือดจางในนักกีฬากับการออกกำลังกาย จากการศึกษาเกี่ยวกับภาวะเลือดจางในนักกีฬาพบว่า นักกีฬาจะเกิดภาวะดังกล่าวเมื่อมีปริมาณเม็ดเลือดแดงต่ำ หรือมีอัตราการละลายของฮีโมโกลบินต่ำ ซึ่งจะอยู่ที่ 14g/dl ในชาย และ 12g/dl ในหญิง

ภาวะเลือดจางในนักกีฬาจะเริ่มพบหลังจากที่ เริ่มฝึกการออกกำลังกายโดยการฝึกความอดทน (aerobic exercise) ไปซักระยะเวลาหนึ่ง โดยเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การแตกตัวของเม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด การขาดธาตุเหล็ก และการเพิ่มขึ้นของปริมาณพลาสมา ซึ่งเป็นสิ่งปกติไม่ใช่ภาวะการเจ็บป่วย แต่เป็นภาวะที่อาจนำไปสู่การเสื่อมลงของสมรรถภาพร่างกาย และอาจทำให้เกิดการลดลงของค่าการจับออกซิเจนสูงสุดได้ (Chredrungsi, 1996)

เม็ดเลือดแดงกับการออกกำลังกาย การขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อในขณะออกกำลังกายนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถสูงสุดในการทำงานของร่างกาย โดยกลไกดังกล่าวเกิดจากการทำงานของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดแดงมีช่วงชีวิตที่จำกัด จากการศึกษาทำให้ทราบว่าการฝึกความอดทนในนักกีฬาเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เม็ดเลือดแดงแตกตัวเร็วขึ้น และอาจทำให้การฝึกความอดทนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลหิตจางในนักกีฬา ในภาวะปกติเม็ดเลือดแดงจะมีอายุถึง 120 วัน แต่อัตราการสลายตัวจะเพิ่มมากขึ้นในนักกีฬาที่มีการฝึกอย่างหนักโดยเฉพาะในนักวิ่ง นักปั่นจักรยาน และนักว่ายน้ำ ซึ่งเป็นกลุ่มกีฬาที่มีนักกีฬาเกิดภาวะโลหิตจางในนักกีฬามากที่สุด (John, 1995, pp. 9-31)

การทำงานของเม็ดเลือดแดง เป็นสิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงความสามารถของนักกีฬา ถ้าอัตราการถูกทำลายของเม็ดเลือดแดงมากกว่า อัตราการเกิดขึ้นมาใหม่ นักกีฬาจะมีโอกาสเป็นโรคโลหิตจางในการเล่นกีฬาได้มาก และทำให้สมรรถภาพลดลง การวิ่งมาราธอนเป็นกีฬาหนึ่งที่แสดงให้เห็นการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง ทั้งนี้เป็นผลมาจาก แรงกระแทกที่เท้า (foot strike) และการวิ่งลงเขานั้นก่อให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงมากกว่าการวิ่งขึ้นเขา อันเนื่องมาจากมีแรงกระแทกที่มากกว่า รวมถึงการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ eccentric ที่มากกว่า concentric (Miller, Pate & Burgess, 1988, pp. 56-60)

ในการวิจัยของซัยกูลา (Szygula, 1990, pp. 181-97) ที่ทำการทดลองคล้ายคลึงกับงานวิจัยของเวท (Weight, 1993, pp. 1-4) เพื่อศึกษาภาวะโลหิตจางในนักกีฬา โดยใช้ค่าฮีมาโตคริตและฮีโมโกลบิน รวมถึงปริมาณเหล็กในพลาสมา เป็นตัวแปร เพื่อเป็นตัวบ่งบอกภาวะเลือดจางของนักกีฬา

ในปี 1988 โอ.ทูล. และคณะ (O'Toole, Hiller & Roalstad, 1988, pp. 272-275) พบว่าระยะเวลาและความหนักของการออกกำลังกาย มีผลโดยตรงกับการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด ซึ่งเกิดจากการลดลงของปริมาณเฮพโตโกลบิน (haptoglobin) ภายหลังการออกกำลัง

กาย และพบมากในนักไตรกีฬาที่ลงแข่งขันมากกว่า 2 ชั่วโมง ซึ่งก่อนหน้านั้นมีรายงานการศึกษาที่พบว่า ภาวะการมีเลือดออกในปัสสาวะมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการลดลงของเฮพโตโกลบิน ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬามาราธอน 23 คน ภายหลังการวิ่งมาราธอน (Casoni, Borsetto & Cavicchi, 1985, pp. 176-179) ในขณะที่มีรายงานการค้นพบที่ว่า ภายหลังการฝึกความอดทนจะทำให้มวลของ เม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น และปริมาณพลาสมาเพิ่มขึ้นด้วย (Cook, 1994, pp. 146-154) ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ กรีน สัทตัน และคอทส์ (Green, Sutton & Coates, 1991, pp. 1810-1815) ที่พบว่าหลังการฝึกความอดทนความหนืดของเลือดจะน้อยลง

การลดลงของปริมาณเฮพโตโกลบินนั้นมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณพลาสม่า เฟอริติน (plasma ferritin) เซลบีและ เอชเนอร์ (Selby & Eichner, 1986, pp. 791-794) พบว่าภายหลังการฝึกความอดทน 6 อย่างสัปดาห์ ปริมาณพลาสม่า เฟอริติน ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก และเฮพโตโกลบิน ลดลงมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีรายงานการค้นพบว่า ปริมาณเฟอริติน และเฮพโตโกลบิน ในนักกีฬาวิ่งระยะทางไกลนั้นน้อยกว่า นักกีฬาขี่จักรยาน และนักกีฬาพายเรือ (Schobersberger, Tschann & Hasibeder, 1990, pp. 163-168) สำหรับในงานวิจัยอื่น ๆ นั้น เลบบี และเรทเมอร์ (Labbe & Rettmer, 1989, pp. 40-46) ได้ใช้วิธีตรวจนับเรติคิวโลไซท์ (reticulocyte) และครีเอติน (ceatine) ซึ่ง พบว่าปริมาณของสารทั้ง 2 เป็นประโยชน์ ในการประเมินอัตราการเปลี่ยนแปลงของ RBC ที่ถูกทำลายในนักกีฬา เพราะเป็นค่าที่แสดงให้ทราบถึงอัตราส่วนระหว่าง RBC ที่เกิดขึ้นใหม่กับ RBC ที่สลายตัวไปและยังมีการค้นพบที่ว่า ปริมาณเรติคิวโลไซท์ จะเพิ่มขึ้นเป็น 100% ในนักกีฬาที่ผ่านการวิ่งมาราธอนมาแล้ว 2 วัน โดยปรากฏการณ์ดังกล่าว เกิดขึ้นควบคู่กับการลดลงของเฮพโตโกลบิน (Buysse, Delanghe & De Buyzere, 1990, pp. 155-162)

สำหรับภาวะการสลายตัวของเม็ดเลือดแดงนั้น พบว่าอัตราการถูกทำลายของเม็ดเลือดแดง จะลดลงในสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึกความอดทนในผู้ชายธรรมดา (Schmidt, Maassen & Tegtbur, 1989, pp. 453-458)

การสูญเสียธาตุเหล็กนั้นตรวจพบได้อยาก มีรายงานว่าการสูญเสียธาตุเหล็กนั้นควบคู่มากับการหลั่งเหงื่อ การขับถ่ายปัสสาวะ และภาวะการมีเลือดออกในทางเดินอาหารและการขับถ่าย (Witte, 1991, pp. 484-485) ซึ่งเซเลอร์ นาเจลและแฟรง (Seiler, Nagel & Franz, 1989, pp. 357-365) กล่าวว่าการสูญเสียธาตุเหล็กนั้นเป็นปัญหาสำคัญของเพศหญิง โดยธาตุเหล็กจะออกมาพร้อมการเสียเลือดในระหว่างมีประจำเดือน โดยเฉลี่ยจะมีการเสียเลือดประมาณ 35 ml ต่อครั้ง มอร์เฮาส์ และมิลเลอร์ (Morehouse & Miller, 1976) ตั้งข้อสังเกตุว่าความอดทนของผู้หญิงในการวิ่งระยะทางไกลจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของผู้ชาย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่ผู้หญิงมีจำนวนเม็ดเลือดแดงน้อยกว่าผู้ชายนั้นเอง และมีรายงานว่าภาวะการสูญเสียธาตุเหล็ก การมีเลือดออกในปัสสาวะ และในระบบ

อาหาร รวมไปถึงการสลายตัวของเม็ดเลือดแดงแล้วปล่อยฮีโมโกบินออกมา เป็นกลไกที่ทำให้เกิดการสูญเสียเม็ดเลือดแดง ซึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างที่มีการออกกำลังกายอย่างหนัก (Newhouse & Clement, 1988, pp. 337-352)

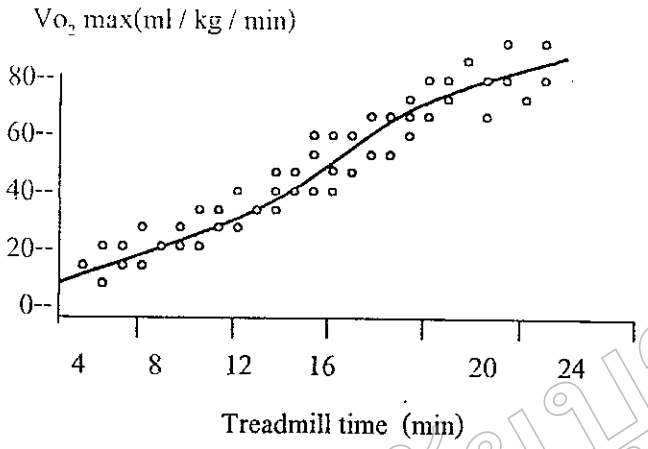
โดยปกติการฝึกความอดทนจะก่อให้เกิดการลดลงของเปอร์เซ็นต์เม็ดเลือดแดง (Evans, Mohandas & Leung, 1984, pp. 477-488) และมีการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณเม็ดเลือดโดยรวม (mean corpuscle volume, MCV) โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงมวลรวมเม็ดเลือดแดง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นตัวเร่งให้เกิดการทดแทน เม็ดเลือดแดงที่มีอายุ (Mairbaur, Humpeler & Schwabeger, 1983, pp. 1403-1407)

ภาวะการเพิ่มขึ้นของแลคเตท (lactate) โดยปราศจาก H^+ ion นั้นเป็นผลให้เกิดการสูญเสียเม็ดเลือดแดง ในขณะออกกำลังกายที่ระดับการทำงานสูงสุด ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถอธิบายว่าเหตุใดแลคเตท จึงมีบทบาทเป็นตัวกำหนดความเหนื่อยในการทำงาน เพราะการสะสมของแลคเตท ทำให้เกิดการลดลงของเม็ดเลือดแดง (Beutler, 1982, pp. 1141-1147) (Telford, Kolbuch & Weidemann, 1994, p. A191)

ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน

ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไปให้เซลล์ใช้ใน 1 นาที เรียกว่า oxygen consumption (VO_2) ส่วนปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปให้เซลล์ใช้ได้ต่อช่วง 1 นาที เรียกว่า maximum oxygen consumption หรือ ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน(VO_2 max หรือ max VO_2) ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของร่างกาย ซึ่งความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของแต่ละคนจะไม่เท่ากัน ก่อนที่คนเราจะมีอายุย่างเข้าสู่วัยรุ่นความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของผู้หญิงจะอยู่ประมาณ 70 % ของผู้ชาย และจะพบว่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของทั้งหญิงและชายจะสูงสุดเมื่ออายุราว ๆ 18 – 20 ปี แล้วค่อย ๆ ลดลงโดยเฉลี่ยแล้วเมื่อถึงอายุ 60 ปีจะเหลือเพียง 70 % ของเมื่ออายุ 25 ปี (Burrill[Online], 1999; Morehouse & Miller, 1976, p. 148)

เมื่อร่างกายเริ่มเปลี่ยนสภาพจากขณะพักมาเป็นการออกกำลังกายค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเรื่อย การออกกำลังกายเป็นระยะเวลานาน ๆ โดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ ซึ่งมีความหนักเป็นตัวกำหนดมีระยะเวลาที่เพียงพอ จะทำให้ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนในขณะออกกำลังกายบนลู่วิ่งกล (Foster et al., 1984, pp. 1229 – 1234 citing in Robert & Scott, 1997, p. 490)

สำหรับผู้ที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายบ่อย ๆ จะมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก และผู้ที่มีค่าสูงสุดในการจับออกซิเจนมากย่อมแสดงถึงมีความแข็งแรงของระบบขนส่งออกซิเจนดี และย่อมหมายถึงมีความสามารถในการทำงานต่าง ๆ ได้ดีกว่าผู้อื่นด้วย (Tamer, 1982)

ขณะเดียวกันในนักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนจะสูงกว่าคนปกติ ในนักวิ่งมาราธอนที่ทำการฝึกความอดทนเป็นประจำ จะพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายรับเข้าไปมีมากขึ้นเป็น 10 – 20 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับในขณะพัก และเมื่อเปรียบเทียบนักกีฬาด้วยกันเองมักพบว่า นักกีฬาที่ทำการฝึกความอดทน มักมีความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนสูงกว่านักกีฬาประเภทอื่น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 1 แสดงค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของนักกีฬาแต่ละประเภท

(The Olympic Book of Sports Medicines, 1988, p. 103)

	ชาย (มล./กก.)นาที)	หญิง (มล./กก.)นาที)
นักวิ่งระยะไกล	75 – 80	65 - 70
นักสกีข้ามทุ่ง	75 – 78	65 – 70
จักรยาน	70 – 75	60 – 65
นักวิ่งระยะกลาง	70 – 75	65 – 68
สกี	65 – 72	55 - 60
ว่ายน้ำ	60 – 70	55 – 60
เรือกรรเชียง	65 – 69	60 – 64
การแข่งขันประเภทคู่	65 – 70	55- 60
แคนนู	60 – 68	50 – 55
เดินทน	60 – 65	55 – 60
ฟุตบอล (Soccer)	50 – 57	-
แฮนด์บอล	55 – 60	48 – 52
ฮ็อกกี้น้ำแข็ง	55 – 60	-
วอลเลย์บอล	55 – 60	48 – 52
เทนนิส	48 – 52	40 – 45
เทเบิล เทนนิส	40 – 45	38 – 42
มวย	60 – 65	-
มวยปล้ำ	60 – 65	-
ยูโด	55 – 60	50 – 55
คาบสากล	45 – 50	40 – 45
วิ่งระยะสั้น (100,200 เมตร)	48 – 52	43 – 47
กระโดดสูง	50 – 55	45 – 50
ยกน้ำหนัก	40 – 50	-
ยิงธนู	40 – 45	35 – 40
กระโดดค้ำถ่อ	45 – 50	-

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สังเกตได้ว่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของแต่ละคนแต่ละกีฬา จะไม่เท่ากัน แต่สามารถที่จะทำให้มีการพัฒนาขึ้นได้ ด้วยการเพิ่มปริมาณงาน และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของงาน การศึกษาของเดวิด (David [Online], 1999) แสดงให้เห็นว่า คนทั่วไปสามารถที่จะเพิ่มปริมาณการรับออกซิเจนได้เมื่อทำการฝึกวิ่งตามโปรแกรมเป็นระยะทาง 25 ไมล์ ต่อสัปดาห์ แล้วจึงเพิ่มขึ้นเป็น 50 ไมล์ ต่อ สัปดาห์ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น 10 %

ในปี 1992 งานวิจัยของ นิโคลิค และ อีลิค (Nikolic & Ilic, 1992, pp. 36-38) พบว่าเด็กชายอายุ 15 ปี ที่ได้รับการฝึกความอดทนโดยการว่ายน้ำ มีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 31.5 และในรายงานการวิจัยที่ทำโดยลอตี้และคณะ (Lortie et al., 1984, pp. 232-236) พบว่าค่าสูงสุดในการใช้ออกซิเจนของกลุ่มตัวอย่าง ที่ผ่านการฝึกความอดทนเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 33

เจนคิน และ ไคว์เกร์ย (Jenkins & Quigley [CD-ROM], 1992) พบว่าภายหลังการฝึกความอดทนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ด้วยการขี่จักรยานวัดงาน สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 30-40 นาที กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น 8.5 % และนอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความสามารถสูงสุดในการจับออกซิเจน จะลดลงตามอายุ ปีละ 0.51 ml/kg/min ซึ่งตรงกับการค้นพบของ วิสซิล และฮูส (Wessel & Huss, 1980 อ้างถึงใน จรวยพร ธรณินทร์, 2529) ที่รายงานการศึกษาภาคตัดขวางระบุว่า ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานจะลดลงตามอายุ แต่สำหรับในนักกีฬาหรือผู้ที่ออกกำลังกายอยู่เป็นประจำ จะทำให้สามารถชะลอการลดลงของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนได้

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน

1. อายุ ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยเฉพาะในช่วงอายุ 16-17 ปี ของผู้หญิงและช่วงอายุ 18-20 ปีในผู้ชาย ในช่วงแรกเกิดถึง 10 ปีพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนตามอายุไม่มากนักทั้งในเด็กชายและเด็กหญิง หลังจากอายุ 25 ปี ค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนจะค่อย ๆ ลดลง จนเมื่ออายุ 60 ปีจะมีค่าเป็น 70% ของเมื่อตอนอายุ 25 ปี (Astrand & Rodahl, 1986)

2. เพศ ในวัยเด็กนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ของค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนทั้งเด็กหญิงและเด็กชาย แต่เมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธ์พบว่าเพศหญิงจะมีค่าความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่ 65-75% ของเพศชาย ด้วยเหตุผลของความแตกต่างทางด้านร่างกาย โดยส่วนใหญ่ผู้ชายจะมีกล้ามเนื้อขนาดใหญ่กว่าผู้หญิง และมีไขมันในร่างกายน้อยกว่า ดังนั้นผู้ชายจึงสามารถทำงานในเชิงแอโรบิคได้ดีกว่า และผู้ชายยังมีปริมาณ ฮีโมโกลบินมากกว่าในเพศหญิง 10-14% (Astrand, 1956, p. 307)

3. กล้ามเนื้อ ค่าสูงสุดของปริมาณการใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นเมื่อมีการใช้งานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ๆ หรือมีกลุ่มของกล้ามเนื้อที่ใช้งานหลายกลุ่ม พบว่าการวิ่งบนลู่วิ่งกลที่มีการปรับขั้นได้ (treadmill) จะให้ค่าสูงสุดของการใช้ออกซิเจนมากกว่าการปั่นจักรยาน (cycle ergometer) 7% (Hermansen, 1973, p. 395)

4. ระยะเวลาและความหนักของการทำงาน พบว่าในการทดสอบเกี่ยวกับระบบขนส่งออกซิเจนนั้น ระยะเวลาที่จะทำให้ผู้ทดสอบสามารถถึงค่าสูงสุดในการใช้ออกซิเจนคือ 10--2 นาที (Buchfuhrer & Hansen, 1983, pp. 1558-1564)

5. พันธุกรรม ประมาณการว่า 93% ของปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีผลมาจากอิทธิพลของพันธุกรรม (Noble, 1986)

6. การฝึก การฝึกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ในคนทั่วไปการฝึกออกกำลังกายที่ความหนักไม่มากนัก เป็นเวลา 6 อาทิตย์ จะทำให้ค่าสูงสุดในการจับออกซิเจนเพิ่มขึ้น 5-10% และ 10-20% ในกลุ่มที่ออกกำลังกายอย่างหนัก (Saltin , 1968, p. 7)

แอนแอโรบิคเทรชโฮล ระดับกั้นการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิค, ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนการสะสมของกรดแลคติก

ในระหว่างการออกกำลังกาย เมื่อร่างกายทำงานไปถึงจุดที่การขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำได้เพียงพอต่อความต้องการในการสร้างพลังงาน กลไกการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิค (anaerobic glycolysis) จะเข้ามามีส่วนช่วยในการสร้างพลังงาน โดยการเปลี่ยนไพรูเวต (pyruvate) เป็นกรดแลคติก (lactic acid) ก่อให้เกิดการสะสมกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในกล้ามเนื้อ กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นนี้ จะถูกทำให้เป็นกลาง (buffer) โดย HCO_3 ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และสามารถตรวจวัดได้ทันที (Wasserman, Hassen & Sue, 1994)

คำจำกัดความของแอนแอโรบิคเทรชโฮล (AT) จุดที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายทำให้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการสร้างพลังงานแอโรบิค มีมากกว่าปริมาณที่ร่างกายได้รับ ร่างกายจึงต้องใช้กลไกการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิคมาช่วยเสริม เป็นเหตุให้มีการสะสมกรดแลคติกภายในร่างกาย และส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบแลกเปลี่ยนก๊าซ (Wasserman, Whipp, Koyal & Beaver, 1973, pp. 236-243)

ในปัจจุบันมีการรายงานค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ AT อยู่หลายค่า ถึงแม้ว่าจะไม่ใช้จุดเดียวก็ตามที จุดต่าง ๆ เหล่านี้มีชื่อเรียกแตกต่างกันเช่น lactate threshold (LT), ventilatory threshold (VT), onset of blood lactate accumulation (OBLA).

ตารางที่ 2 แสดงระดับการเกิดของค่าต่าง ๆ โดยวัดจากปริมาณกรดแลคติกในเลือด (Billat. 1996)

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด (ml/L)	คำจำกัดความ	หมายเหตุ
มาตรฐาน +1	Onset of Plasma lactate Accumulation	มีกรดแลคติกในร่างกายแต่สามารถกำจัดได้
2.2	Maximal Steady –state	
3.5-5	Lactate Threshold	เป็นจุดเริ่มต้นการสะสมกรดแลคติกส่วนเกินในร่างกายมักใช้อ้างอิงเป็นจุดเดียวกับ AT
4	Anaerobic Threshold and Onset of Blood lactate Accumulation	

ความสำคัญของแอนแอโรบิคเทรชโฮล (AT) สำหรับความสำคัญของ AT นั้นอธิบายอย่างงายโดยใช้ VO_2max เป็นส่วนประกอบสำคัญ เนื่องจากมักรายงานค่า AT เป็น % VO_2max หน่วยเป็น ml/kg/min

ยกตัวอย่างให้ นักกีฬา 2 คน เป็นเพศชายเหมือนกัน มีส่วนสูง น้ำหนัก ไขมันในร่างกาย และอายุเท่ากัน นักกีฬาคนที่ 1 มีค่า VO_2max =70 ml/kg/min นักกีฬาคนที่ 2 มีค่า VO_2max =50 ml/kg/min ถ้าดูจากค่า VO_2max ในการวิ่งแข่งขัน นักกีฬาคนที่ 1 น่าจะเป็นผู้ชนะ แต่ในการวิ่งแข่งทุกครั้ง นักกีฬาคนที่ 2 มักเป็นฝ่ายได้รับชัยชนะเสมอ เมื่อทำการทดสอบโดยการหาค่า AT พบว่า นักกีฬาคนที่ 1 มีค่า AT ที่ 50 % VO_2max ในขณะที่นักกีฬาคนที่ 2 มีค่า AT ที่ 90 % VO2max และหาประสิทธิภาพที่แท้จริงในการทำงานของนักกีฬาทั้ง 2 คน ได้โดยการเอาค่า AT คูณ กับ ค่า VO_2max นักกีฬาคนที่ 1 จะมีประสิทธิภาพในการทำงานของ VO_2max เป็น 70 ml/kg/min x .5 = 35 ml/kg/min ในขณะที่นักกีฬาคนที่ 2 จะมีประสิทธิภาพในการทำงานของ VO_2max เป็น 50 ml/kg/min x .9 = 45 ml/kg/min นั้นเป็นเหตุผลว่าทำไมนักกีฬาคนที่ 2 จึงชนะการแข่งขันเสมอ

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[Online]. 2001)

กระบวนการพื้นฐานในการเกิดแอนแอโรบิคเทรชโฮล เมื่อปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนของร่างกายในการสร้างพลังงาน ขณะออกกำลังกายมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายสามารถขนส่งไปสู่กล้ามเนื้อ ในขณะที่อัตราการทำงานยังคงเพิ่มขึ้น ความไม่สมดุลย์ระหว่าง

ออกซิเจนที่ต้องการกับออกซิเจนที่ได้รับ ทำให้ร่างกายต้องใช้การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิคเข้ามาช่วย โดยการเปลี่ยนไพรูเวตเป็นกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะถูกบัฟเฟอร์โดย ไบคาร์บอเนต (HCO_3) ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในลมหายใจออกเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะไปรบกวนกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซด้วย และสามารถตรวจวัดได้ทันที (Wasserman, 1984)

กลไกการสร้างพลังงานของร่างกาย (Energy metabolism system) กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานจากสารชนิดหนึ่งคือ Adenosine Triphosphate (ATP) ซึ่งเป็นสารให้พลังงานสำหรับกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ ในกล้ามเนื้อเองนั้นมีปริมาณ ATP อยู่เล็กน้อยเพียงพอที่จะใช้ได้ประมาณ 1 วินาที ดังนั้นถ้าต้องการให้กล้ามเนื้อทำงานต่อไปเรื่อยๆจึงต้อง มีการสร้าง ATP ขึ้นมาจากสารต้นต่อและปฏิกิริยาเคมีอื่น โดยสามารถจำแนกระบบการสร้างพลังงานได้ดังนี้

1. ระบบฟอสฟาเจน (phosphagen system,alactic anaerobic source)

เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ ATP-PC พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ในระบบนี้มาจาก การแตกตัวของสารประกอบ phosphocreatine หรือ PC โดยที่ PC นี้มีความคล้ายคลึงกับ ATP คือเป็นสารประกอบหมู่ฟอสเฟต ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อเหมือนกัน เมื่อมีการแตกตัวของ PC จะได้ฟอสเฟตอิสระ (Pi) ,ครีเอทีน (C) และให้พลังงานในทันที พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ถูกนำไปใช้สร้าง ATP ดังสมการ

$$PC \longrightarrow Pi + C + Energy$$

$$Energy + ADP + Pi \longrightarrow ATP$$

การสร้างพลังงานนี้อาจเรียกว่าการสร้างพลังงานแบบ พลังระเบิด เนื่องจากว่าสามารถให้พลังงานได้มากในช่วงเวลาน้อย คือสามารถให้พลังงานได้ถึง 4-12 กิโลวัตต์ (kW) ในช่วงเวลาไม่เกิน 30 วินาที ซึ่งกีฬาที่อยู่ในกลุ่มของการใช้พลังงานรูปแบบนี้คือ วิ่ง 100 เมตร ยกน้ำหนัก กระโดดสูง ว่ายน้ำ 50 เมตร(พิชิต ภูติจันทร์, 2535, หน้า11)

2. ระบบกรดแลคติค (lactic acid system,lactic anaerobic source)

ระบบนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า แอนแอโรบิคไกลโคไลซิส (anaerobic glycolysis) ระบบนี้เป็นการสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นการเผาผลาญแบบไม่สมบูรณ์ (กลูโคส มีคาร์บอน 6 อะตอม แต่ละโมเลกุลจะถูกเปลี่ยนเป็นไพรูวิก ซึ่งมีคาร์บอน 3 อะตอม ได้ 2 โมเลกุล)

$$C_6H_{12}O_6 \text{ (กลูโคส)} \longrightarrow 2C_3H_4O_3 \text{ (ไพรูวิก)}$$

เมื่อกลูโคสเปลี่ยนเป็น ไพรูวิกแล้ว กรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นแลคติกอีกครั้งหนึ่งซึ่งในกระบวนการนี้จะก่อให้เกิดพลังงานและของเสียคือ กรดแลคติก และ คาร์บอนไดออกไซด์

$$2C_3H_4O_3 \longrightarrow H^+La^- + K + HCO_3 \longrightarrow H_2O + CO_2 + K^+La^-$$

สำหรับกีฬาในกลุ่มนี้คือ วิ่ง 200-1000 เมตร ยิมนาสติก ว่ายน้ำ 100-300 เมตร สามารถให้พลังงานสูงสุดที่ 3-8 กิโลวัตต์ ในระยะเวลาไม่เกิน 3 นาที (Sportech [Online], 2001)

3. ระบบออกซิเจน (oxygen system, aerobic source)

ระบบนี้เรียกว่าแอโรบิคไกลโคไลซิส (aerobic glycolysis) เป็นการสลายกลูโคสโดยการใช้ออกซิเจน ให้พลังงานสูงสุด 1-2 กิโลวัตต์ ในระยะเวลาตั้งแต่ 3 นาทีขึ้นไปมี 4 ขั้นตอนคือ

3.1 เปลี่ยนกลูโคสเป็นไพรูวิก

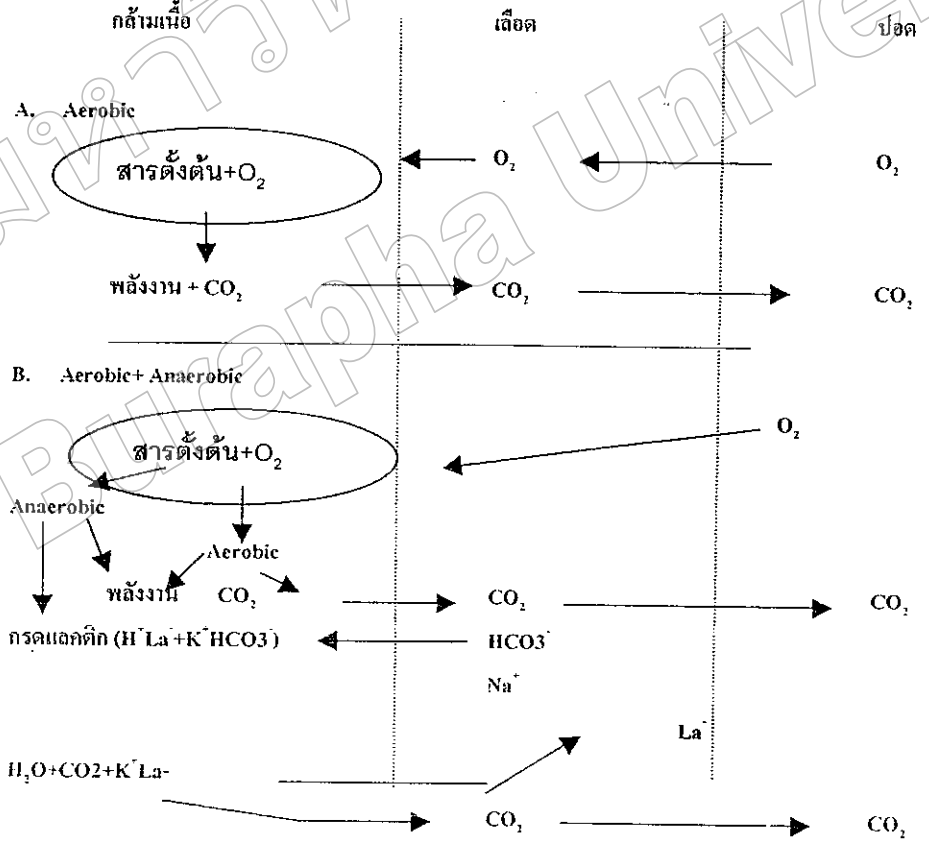
3.2 เปลี่ยนไพรูวิกเป็น อะซิทิล โคเอ

3.3 อะซิทอลโคเอเข้าวัฏจักรเครบส์

3.4 ระบบขนส่งออกซิเจน

ชนิดกีฬาที่จัดอยู่ในระบบการใช้พลังงานแบบนี้เช่น คือกีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขันนานๆ เช่น วิ่ง 5000 เมตร วิ่งมาราธอน ฮอกกี้ ฟุตบอล รักบี้ หรือบาสเกตบอลเป็นต้น

เมื่อร่างกายทำงานจนถึงระดับ AT ร่างกายจะใช้พลังงานร่วมกัน 2 ระบบ คือ แบบ aerobic system ร่วมกับ anaerobic system ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการแลกเปลี่ยนก๊าซจากการใช้พลังงานในระบบต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากส่วน Aของภาพที่ 2 คือการแลกเปลี่ยนก๊าซในระบบ แอโรบิคโดยการใช้สารตั้งต้น (Substrate) ร่วมกับออกซิเจน ได้ผลผลิตคือ พลังงาน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วน (B) แสดงถึงการแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะที่ร่างกายออกกำลังกายถึงระดับ AT มีการใช้พลังงานจาก 2 ระบบ โดยในส่วนของระบบแอนแอโรบิค นั้น ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและทำให้มีการสะสมของกรดแลคติก เป็นเหตุให้ค่า pH และไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดลดลง (Wasserman et al., 1994)

การแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะออกกำลังกายโดยการเพิ่มความหนักของงาน เมื่อร่างกายเริ่มออกกำลังกายค่า VO_2 จะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อย ๆ โดยถ้าการออกกำลังกายนั้นดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและมีความเข้มข้นในระดับปานกลาง คือไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในความหนักของงานอย่างฉับพลัน ประมาณ 3 นาทีหลังจากนั้น VO_2 จะสูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่งและจะรักษาระดับนี้ไปจนการออกกำลังกายสิ้นสุดลง ในขณะที่ปริมาณ VCO_2, VEและการผลิตกรดแลคติก ก็จะรักษาระดับไว้ด้วย เราเรียกการออกกำลังกายในช่วงนี้ว่า การออกกำลังกายที่ระยะคงที่หรือ (steady state exercise) (ประทุม ม่วงมี, 2527, หน้า 203)

ในการออกกำลังกายจนถึงระดับคงที่ ปริมาณ VO_2, VCO_2 และVE จะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดเป็นส่วนในแนวเส้นตรง (increased linearly) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก (linear relationship) แต่เมื่อมีการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายให้มากขึ้นจนถึงจุด AT ที่จุดนี้ VCO_2และVE จะเพิ่มขึ้นมากอย่างรวดเร็ว โดยความชันของกราฟชันขึ้น ในขณะที่ VO_2 ยังคงเพิ่มขึ้นในแนวตรงเช่นเดิม การเพิ่มขึ้นของ VCO_2 นี้เป็นผลมาจาก การที่ไบคาร์บอเนต HCO_3 ไปทำปฏิกิริยา กับกรดแลคติกในกระบวนการ anaerobic glycolysis

ในช่วงแรก ๆ นั้น VE จะเพิ่มขึ้นอย่างได้สัดส่วนกับ VCO_2 ทำให้อัตราส่วนระหว่าง VE/ VCO_2 และ $P_{ET}CO_2$ คงที่ ในขณะที่ อัตราส่วนระหว่าง VE/ VO_2 และ$P_{ET}O_2$ เพิ่มมากขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มความหนักของงานขึ้น VE จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่า VCO_2 ทำให้อัตราส่วนระหว่าง VE/ VCO_2 เพิ่มมากขึ้น และ $P_{ET}CO_2$ ลดลง เพื่อชดเชยภาวะที่เลือดมีค่า pH ลดลง (metabolic acidosis) โดยร่างกายจะใช้ระบบการหายใจชดเชยภาวะความเป็นกรด เนื่องจากกรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นในขบวนการ (anaerobic glycolysis) (Wasserman, Beaver & Whipp, 1990)

วิธีตรวจวัดแอนแอโรบิคเทรชโฮล

1. วิธีตรวจวัดโดยตรง

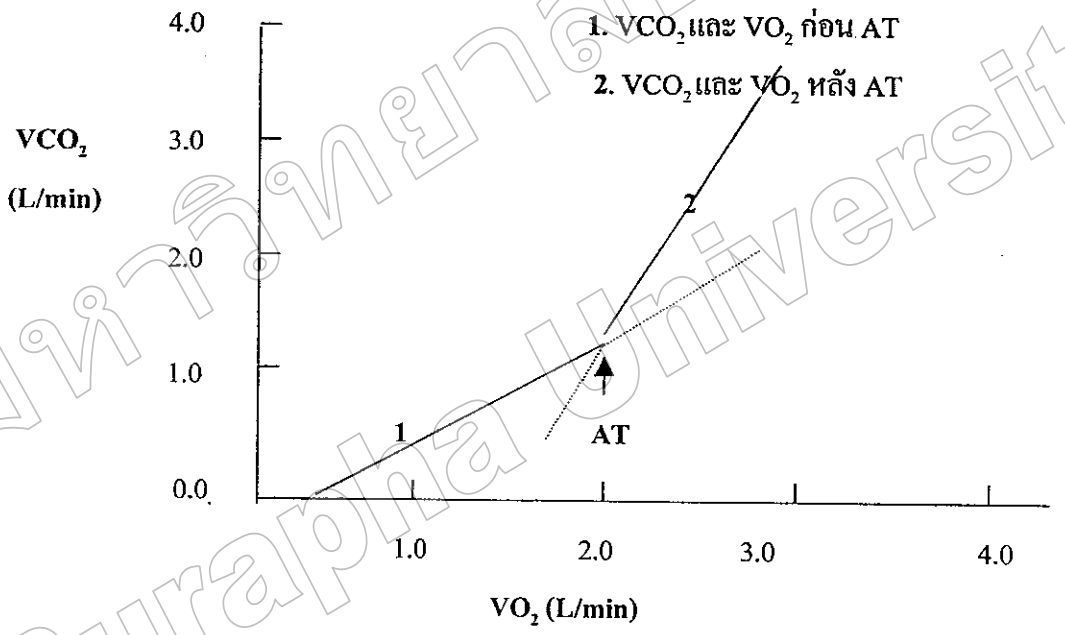
1.1 โดยการตรวจหาจุดที่เริ่มมีการเพิ่มขึ้นของการสะสมกรดแลคติกในกระแสเลือด โดยปกติในร่างกายจะมีกรดแลกติกอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 1 ml/L แต่ที่ระดับ AT จะมีกรดแลกติกอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 4 ml/L

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2 โดยการตรวจหาจุดที่เริ่มมีการลดลงของไบคาร์บอเนต HCO_3 และ pH ของเลือด (Beaver, 1986, pp. 472-478)

2. วิธีตรวจทางอ้อม

2.1 เทคนิค V-slope วิธีการนี้ ใช้หลักความสัมพันธ์ของเส้นกราฟ ระหว่าง VCO_2 และ VO_2 (ดังรูปที่ 3) โดยหลักที่ว่าในระหว่างการทำงานที่ระดับต่ำกว่า AT จะมีความสัมพันธ์ในเชิงลาด (linear relation) ระหว่างปริมาตรออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (VO_2) กับปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น (VCO_2) แต่ที่ระดับ AT กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อ VCO_2 ให้เพิ่มขึ้น โดยไม่มีผลกับ VO_2 (VO_2ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง) ทำให้ความชันของกราฟเปลี่ยนไปมีความชันมากขึ้น (Beaver, 1986)



ภาพที่ 3 แสดงเทคนิค V-slope

กราฟเส้นที่ **1** แสดงความสัมพันธ์ของ VCO_2 และ VO_2 ที่จุดต่ำกว่า AT โดยความสัมพันธ์ทั้ง 2 เป็นแบบ Linear relationship (สัมพันธ์ในแนวเส้น ตรงมีการเพิ่มในอัตราส่วนที่เท่ากัน) กราฟเส้นที่ **2** แสดงความสัมพันธ์ของ VCO_2 และ VO_2 เมื่อเริ่มเข้าสู่ AT แล้ว VCO_2 จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันในอัตราส่วนที่มากขึ้น ขณะที่ VO_2 ยังคงเพิ่มในอัตราที่ไม่เปลี่ยนแปลง ความชันของกราฟจึงชันขึ้น เอนเข้ามาแกน VCO_2 และที่จุดตัดของกราฟคือจุดที่ร่างกายเข้าสู่ AT ดัดแปลงจาก (Beaver, 1986)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 สมดุลย์ลมหายใจ (ventilatoly equivalent method) วิธีการนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานสำคัญของค่าตัวแปรลมหายใจต่างๆคือ 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) โดยที่ระดับ AT ค่า ปริมาตรลมหายใจออก (minute ventilation) : V_E เปลี่ยนไปเนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของ VE/VO_2, $P_{ET}O_2$ และ VCO_2 โดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงของ VE/VCO_2 และ $P_{ET}CO_2$ เพราะ VE เพิ่มขึ้นอย่างได้สัดส่วนพอเหมาะกับ VCO_2 ในขณะที่ขบวนการชดเชยภาวะpH ของเลือดลดลง (metabolic acidosis) ไม่สามารถทำได้ต่อไปโดยสามารถเขียนเป็นข้อๆได้ดังนี้คือ

2.2.1 มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นปฏิภาค (nonlinear) ของปริมาตรลมหายใจออก (minute ventilation) :V_E

2.2.2 มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่เป็นปฏิภาค (nonlinear) ของปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น (carbondioxide product,VCO_2) เพราะที่จุด AT นั้น กรดแลคติคที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกทำให้เป็นกลาง (buffer) เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกินขึ้นสามารถตรวจวัดได้ทันที

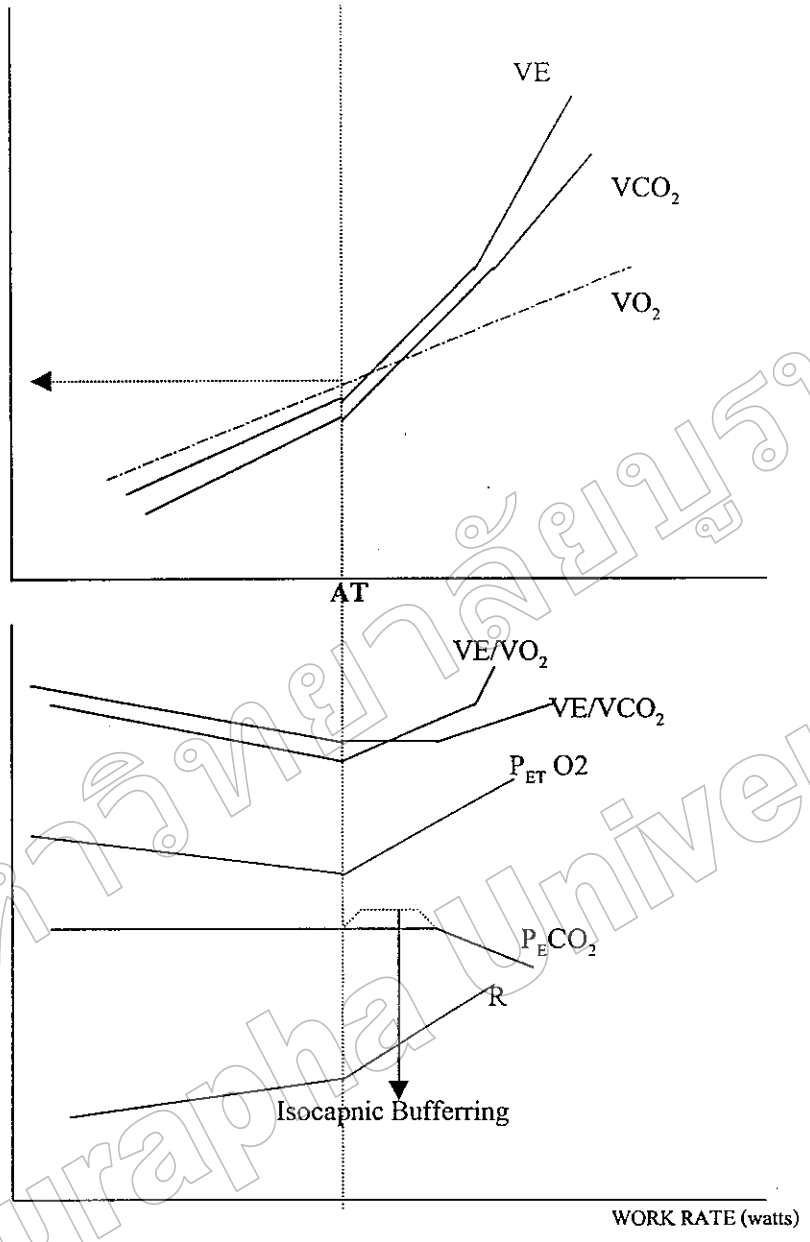
2.2.3 เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนในลมหายใจออกช่วงสุดท้าย (end-tidal oxygen percentage) :P_{ET} O2 โดยไม่มีการลดลงของคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกช่วงสุดท้าย เนื่องจากร่างการมีการหายใจที่ถี่และลึกมากขึ้น (hyperventilation) ทำให้ปริมาณออกซิเจนในลมหายใจออกมีมากขึ้น

2.2.4 เมื่อมีการเพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันของอัตราส่วนระหว่างของปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น กับ ปริมาตรออกซิเจนที่ถูกใช้ไป (respiratory gas exchange ratio) : R

2.2.5 เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนปริมาตรลมหายใจออกกับปริมาตรออกซิเจนที่ถูกใช้ไป VE/VO_2 โดยไม่มีการเพิ่มขึ้นของ VE/VCO_2 วิธีการนี้พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า AT ที่หาได้จากการวัดปริมาณ กรดแลคติกในเลือด (Caiozzo, Davis & Eillis, 1982, pp. 1184-1189) สำหรับการตรวจวัด AT โดยวิธีการแลกเปลี่ยนก๊าซวิธีนี้นั้น น่าจะเป็นวิธีการตรวจวัดที่ให้ผลดีที่สุดเนื่องมาจาก เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความหนักในการทำงานอย่างทันทีทันใด จะพบว่า VE และ VCO_2 จะยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กันไปอีกชักระยะของการเพิ่มขึ้นของงานภายหลังจากเข้าสู่ AT แล้ว ซึ่งเป็นสาเหตุให้พบว่าที่ระดับ AT นั้น ค่า VE/VCO_2 ยังคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และเป็นเหตุผลที่ว่าเหตุใดค่า P_ECO_2ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงกำจัดกรดแลคติก isocapnic buffering

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

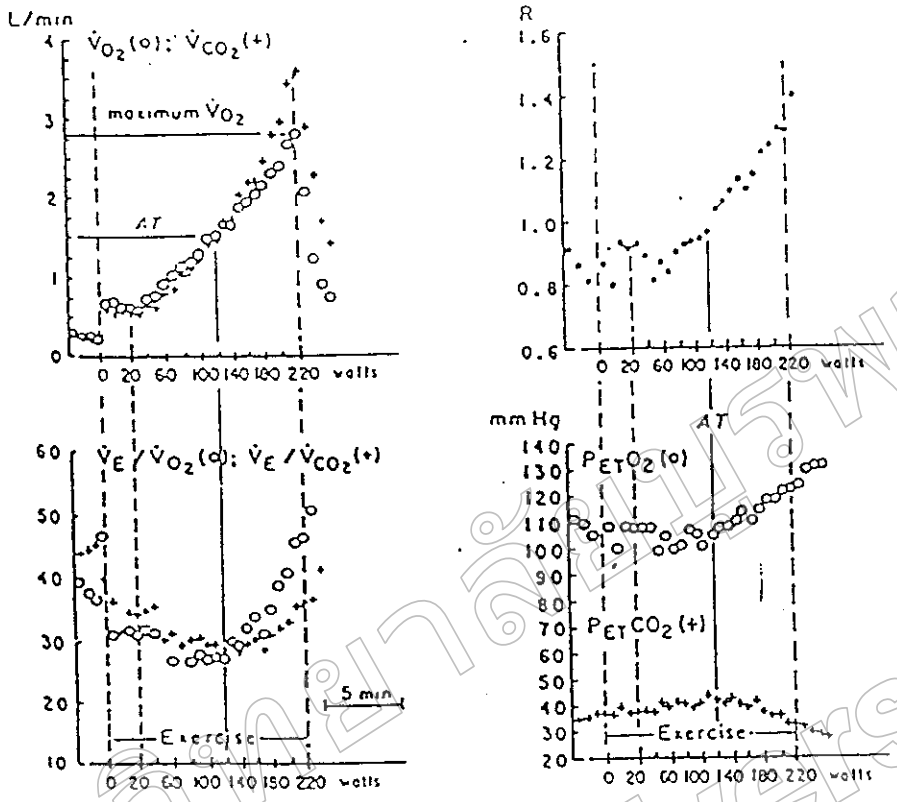


ภาพที่ 4 การเกิด AT โดยใช้สมดุลย์ลมหายใจ (ventilatoly equivalent method) ดัดแปลงจาก Davis (1985)

3. วิธีตรวจอย่างง่าย วิธีการนี้เป็นวิธีการวัดอย่างง่าย โดยใช้สูตร(220 – อายุ) x .85 = AT (หน่วยเป็น bpm) หรือใช้ Conconi Test ซึ่งเป็นการทดสอบภาคสนาม ในการหา AT วิธีการนี้เป็นการหา AT โดยการปั่นจักรยานวัดงาน การวิ่งบนลู่วิ่งกล หรือสามารถที่จะทำการวิ่งเองในลู่วิ่งได้

3
613. 7172
ม 123 ค
ค
180225

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 5 ภาวะการเกิดค่า AT และการเปลี่ยนแปลงก๊าซจากการทดสอบออกกำลังกายโดยการเพิ่มความหนักของงาน (Wasserman, 1994)

จากทุกภาพ แนวเส้นประถัดแกนตั้ง แสดงการเริ่มต้นการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 0 watts เส้นประเส้นที่ 2 แสดงการเริ่มต้นการเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย เส้นประเส้นสุดท้ายคือการสิ้นสุดการทดสอบ

ค่า AT ที่วัดจาก ปริมาณ VE/VO_2 คือช่วงที่กราฟเริ่มเพิ่มขึ้น และสัดส่วนของ VE/VCO_2 เริ่มคงที่(แนวเส้นทึบ) จุดต่ำจุดของสัดส่วน VE/VCO_2 จะเกิดเมื่อร่างกายมีอัตราการทำงานสูงสุด และส่งผลให้ร่างกายเข้าสู่ภาวะการหายใจชดเชยภาวะความเป็นกรด (respiratory compensation for metabolic acidosis) เนื่องจากกรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นในขบวนการแอนแอโรบิคไกลโคลัยซิส (anaerobic glycolysis)

ที่จุด AT ปริมาณออกซิเจนในลมหายใจออกช่วงสุดท้าย ($P_{ET}O_2$) ก็จะเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการหายใจที่ลึกและถี่มากขึ้น (hyperventilation) ซึ่งสัมพันธ์กับค่า VO2 ด้วย ในขณะที่ประมาณ 2นาทีต่อมาจะเริ่มมีการลดลงของ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกช่วงสุดท้าย ($P_{ET}CO_2$) และค่า R (respiratory exchange:อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกสร้างขึ้น VCO_2 กับออกซิเจนที่ถูกใช้ไป VO_2) จะเพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ VCO2

ปัจจัยที่มีผลต่อแอนแอโรบิคเทรชโฮล

1. ขนาดของร่างกายและมวลกล้ามเนื้อ จากการศึกษาพบว่าค่า AT ในเด็กจะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับน้ำหนักตัว (Cooper et al., 1984, pp. 628-634) และมีรายงานการวิจัยที่พบว่า ค่า AT ของคนที่มีน้ำหนักตัวเกิน 80 Kg จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 77 % VO_2max ในขณะที่ ค่า AT กลุ่มของคนที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 70 Kg จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 68 % VO_2max ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลุ่มที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า จะมีกลุ่มกล้ามเนื้อทำงานขณะออกกำลังกายมากกว่า มีส่วนช่วยทำให้มีการขจัดของเสียออกไปจากร่างกายได้ดีกว่า โดยปกตินั้นกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่กว่าจะช่วยให้ร่างกาย เข้าถึงการทำงานที่ ความหนักสูงสุดได้ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพลังงานแบบ Anaerobic energy เข้ามาช่วย ความสามารถในการเข้าถึงการทำงานที่จุดสุดสูงก่อนการปรับเปลี่ยนพลังงานนี้ ทำให้ยืดเวลาของการสะสมกรดแลคติกให้ช้าลง และทำให้ค่า AT ต่อ % VO_2max สูงขึ้นด้วย (Hughes et al., 1982, pp. 1598-1607)

2. เพศ จากการศึกษาพบว่า เมื่อวัดค่า AT ออกมาในรูปร้อยละของค่าการจับออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max) จะไม่พบความแตกต่างทั้งในเพศชายและหญิง แต่เมื่อแปลงค่า AT เป็น VO_2 ml/Kg/min จะพบความแตกต่างนี้ในนักกีฬาวิ่งมาราธอนชาย ซึ่งจะมีค่า AT สูงกว่านักกีฬาหญิง (Helgerud, 1994, pp. 155-161)

3. ลักษณะของการออกกำลังกาย พบว่าการออกกำลังกายในรูปแบบต่างกันจะส่งผลต่อค่า AT ไม่เหมือนกัน การออกกำลังโดยใช้กล้ามเนื้อแขนเป็นหลัก เช่น เหวี่ยง หมุน ดึงแขน จะทำให้ค่า AT เพิ่มขึ้นในปริมาณน้อยกว่า การออกกำลังกายโดยการใช้กล้ามเนื้อขาเป็นหลัก เช่นการวิ่งหรือการปั่นจักรยาน ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงาน มีขนาดใหญ่กว่า และอาจรวมไปถึงความแตกต่างระหว่าง การทำงานแบบ ของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Davis, Voda & Wilmore, 1976, pp. 554-550)

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

5. การสลายตัวของสารอาหาร ในระหว่างการออกกำลังกายนั้น พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ในเลือด ซึ่งจะลดการสะสมของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการออกกำลังกาย และจากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาก่อนการสะสม ของกรดแลคติกจะมากขึ้นในผู้ที่ได้รับประทานอาหารประเภทไขมัน ซึ่งหมายความว่าในผู้ที่มีร่างกายแข็งแรง จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากไขมันได้ดีกว่าบุคคลทั่วไป ทำให้ค่าAT อยู่ในระดับสูง (Ivy, Costill & Van, 1981, pp. 139-142)

6. การฝึกความอดทน งานวิจัยส่วนใหญ่ในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่า ภายหลังการฝึก

ความอดทนของร่างกาย ทำให้การสะสมของกรดแลคติกในร่างกายลดลง และค่า AT สูง เช่น รายงานการศึกษาของ เดวิส (Davis et al., 1979, pp. 1036-1046) ที่รายงานว่า มีการเพิ่มขึ้นของค่า AT 15% เมื่อเทียบเป็นค่า %VO_2max แต่เมื่อแปลงค่า AT เป็นค่า VO_2 (absolute VO_2) จะพบว่า AT เพิ่มขึ้นถึง 44 %ซึ่งตรงกับรายงานการวิจัยอีกฉบับที่ว่า ภายหลังการฝึกความอดทนที่ระดับ 80 % VO_2max เป็นเวลา 9 อาทิตย์ ค่า AT ของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น (Ready & Quinney, 1982, pp. 292-296) จากการศึกษาพบว่าถ้าให้กลุ่มตัวอย่างฝึกความอดทนที่ 50-60 % VO_2max เป็นเวลา 30 นาที /วัน โดยฝึก 3 วัน/อาทิตย์ ค่า AT ของกลุ่มตัวอย่างจะเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังสัปดาห์ที่4 (Krzeminski, Niewiadomski & Nazark, 1989, pp. 377-384)

หน่วยของแอนแอโรบิคเทรชโฮล หน่วยของแอนแอโรบิคเทรชโฮลจะแสดงในรูปร้อยละของค่าการจับออกซิเจนสูงสุด (%VO_2max) มีหน่วยเป็น ml/kg/min โดยทั่วไปในคนปกติจะมีค่า AT อยู่ที่ 40-60 % VO_2max (Davis et al., 1979, pp. 1036-1046)

การฝึกแบบอินเทอร์วาล (Interval Trainning)

การฝึกออกกำลังกายถูกนำมาใช้เพื่อฟื้นฟู ป้องกัน และรักษาระดับหรือการคงสภาพของสมรรถภาพทางกาย รวมไปถึงการควบคุมน้ำหนัก และการควบคุมความเครียด ผู้ที่ฝึกออกกำลังกายเป็นประจำ สามารถที่จะลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิต โรคนอนไม่หลับ ความกังกล ความเครียด โรคเบาหวาน (Griffith [Online], 1999; Kennedy, 1997, p. 200)

โดยทั่วไปเมื่อคนเราเริ่มทำการฝึกออกกำลังกาย ร่างกายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ในคนที่ออกกำลังกายแบบออกซิเจน (aerobic exercise) สมรรถภาพทางกาย และสรีระวิทยาจะเริ่มต้นพัฒนาในสัปดาห์ที่ 4 และเมื่อผ่านไปประมาณ 3 เดือน จะยิ่งเห็นการเปลี่ยนแปลง (effect training) ที่เด่นชัดยิ่งขึ้นถ้ามีการฝึกออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง (Kenneth [Online], 1997)

อินเทอร์วาลเทรนนิ่ง ในช่วงปี คศ.1940-1950 อีมิล ซาโตเพ็ค (Emil Zatopek) นักกีฬาชาวเช็คคนแรก ที่ได้เหรียญทองจากการวิ่ง 5000 เมตร, 10,000 เมตร และ มาราธอน จากการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกครั้งเดียวกัน โดยวิธีการฝึกที่ทำให้ได้รับชัยชนะคือ การฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาล ทำให้ผู้ฝึกสอนและนักกีฬาต่างๆ เริ่มรู้จักกับ อินเทอร์วาลเทรนนิ่งตั่งแต่นั้นเป็นต้นมา

การฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาล เป็นการฝึกที่นักกีฬาต้องวิ่งในระยะทางและเวลาที่กำหนดซ้ำ ๆ (ระยะทางและเวลาสั้น ๆ) โดยมีช่วงเวลาพักให้นักกีฬา ได้เดิน หรือวิ่งจ๊อกกิ้ง (jogging) นักกีฬาส่วนใหญ่มักเข้าใจผิดว่า อินเทอร์วาลมาจาก ช่วงเวลาที่ต้องวิ่งหรือระยะทางที่ต้องวิ่งซ้ำ ๆแต่ในความเป็นจริงแล้วมาจาก ช่วงระยะเวลาที่พัก ในการวิ่ง (Brian [Online], 2001)

ข้อดีของการฝึกแบบอินเทอร์วาล การฝึกแบบอินเทอร์วาลมีข้อได้เปรียบจากการฝึกแตกต่างไปจากการฝึกความอดทนโดยทั่วไปคือ ทำให้ร่างกายได้มีโอกาสพัฒนาระบบการสร้างและใช้พลังงานที่เหมาะสมกับประเภทกีฬาอย่างเต็มที่ นอกจากนั้นยังให้ร่างกายได้พักเพิ่มเติมพลัง และขจัดของเสีย ตลอดจนความร้อนจากกล้ามเนื้อเข้าสู่ระบบไหลเวียน เป็นการลดความเหนื่อย ชะลอจุดแห่งความล้า ทำให้ร่างกายทำงานได้มากขึ้น มีความอดทนมากขึ้น (ประทุม ม่วงมี, 2532, หน้า 10)

ประโยชน์ของการฝึกแบบอินเทอร์วาล (Fitness Work Athletic Club [Online], 1999)

1. การฝึกแบบอินเทอร์วาลเพิ่ม ความแข็งแรง (strength), กำลัง(power), ความเร็ว (speed) และเพิ่มการใช้พลังงานจากไขมัน (fat metabolism) ได้ดีกว่าการฝึกแบบแอโรบิค (aerobic exercise) ทั่วไป จากรายงานการค้นพบที่ว่า การฝึกแบบอินเทร์วาลจะเพิ่ม ปริมาณกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (lean muscle tissue) ได้ดีกว่าการฝึกแบบแอโรบิค และการเพิ่มขึ้นของปริมาณกล้ามเนื้อปราศจากไขมันนี้ จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายไขมันเพื่อสร้างพลังงาน

2. การฝึกแบบอินเทอร์วาล เพิ่มค่า แอนแอโรบิคหรือแลคติกเทรชโชล (anaerobic or lactic acid threshold) และปริมาณการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เมื่อค่าต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มขึ้น จะทำให้ร่างกายสามารถออกกำลังกายที่ระดับการเต้นของหัวใจสูง ๆ (higher heart rates) โดยปราศจากการสะสมของกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อ (lactic acid accumulation)

3. การฝึกแบบอินเทอร์วาลเทรนนิ่ง ช่วยประหยัดเวลา จากการศึกษาพบว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ใช้เวลา 30 นาที จะเทียบได้กับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคทั่วไป 60 นาที และการฝึกอินเทอร์วาล 3 ครั้ง/สัปดาห์ จะเทียบได้กับการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคทั่วไป 4-6 ครั้ง/สัปดาห์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University