การใช้ออกซิเจน

ความหมาย

การใช้ออกซิเจน (oxygen uptake) เป็นกระบวนการใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อ (tissues) ในการสันดาป สารประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนให้เป็นพลังงานเพื่อการทำงานของเนื้อเยื่อ

กระบวนการของการใช้ออกซิเจน

เมื่อเราหายใจเข้าอากาศจะเข้าไปในปอด และภายในปอดก็จะมีกระบวนการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นไปตามหลักของการแพร่กระจาย (diffusion) กล่าวคือ ออกซิเจนในปอดซึ่งมีความหนาแน่นและมีความดันส่วน (partial pressure) มากกว่าออกซิเจนที่มีอยู่ในโลหิตดำที่ไหลเวียนมายังปอดก็จะแพร่กระจายไปสู่โลหิตดำ โลหิตก็จะกลายเป็นโลหิตแดง โดยออกซิเจนจะไปรวมตัวกับเฮโมโกลบิน (Hb) เป็นออกซิเฮโมโกลบิน (HbO_2) ในขณะเดียวกันคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตดำ ซึ่งมีความเข้มข้นและความดันส่วนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในถุงลมในปอด (alveoli) ก็จะแพร่กระจายออกมาในถุงลมในปอด แล้วเราก็หายใจออกมา ในขั้นตอนนี้โลหิต จะมีปริมาณของออกซิเจนที่จะนำโดยเฮโมโกลบินและพลาสม่า (plasma) ประมาณร้อยละ ๒๐.๑๐ โดยปริมาตร (20.1 vol.%) เนื่องจากในโลหิต ๑๐๐ มิลลิลิตร จะมีเฮโมโกลบิน ประมาณ ๑๕ กรัม และเฮโมโกลบิน ๑ กรัม จะนำออกซิเจนไปได้ ๑.๓๔ มิลลิลิตร ดังนั้น เฮโมโกลบิน ๑๕ กรัม จะนำออกซิเจนไปได้ ๑.๓๔ × ๑๕.๐ = ๒๐.๑ นั่นคือ โลหิต ๑๐๐ มิลลิลิตร จะ สามารถนำออกซิเจนไปได้ ๒๐.๑ มิลลิลิตร การแลกเปลี่ยนก๊าซในขั้นตอนนี้เราเรียกว่า *การแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดกับโลหิต (external respiration)*

อีกขั้นตอนหนึ่ง เป็นการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างโลหิตแดงกับเนื้อเยื่อ (internal respiration) การแลกเปลี่ยนก๊าซในขั้นตอนนี้เป็นไปตามหลักการของการแพร่กระจาย โดยออกซิเจนจะแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อเพื่อการสันดาปต่อไป คาร์บอนไดออกไซด์จะแพร่จากเนื้อเยื่อมายังโลหิต เมื่อมีคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นจะมีสีคล้ำและดำขึ้น เราจึงเรียกว่า*โลหิตดำ* (venous blood) โลหิตดำจะนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์มายังปอด แล้วเราก็หายใจออกเพื่อเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทิ้ง กระบวนการดังกล่าวก็จะหมุนเวียนไปเช่นนี้อย่างต่อเนื่อง

การนำออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

โลหิตจะนำอาหารและออกซิเจนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายในขณะพักและขณะออกกำลังกายแตกต่างกัน กล่าวคือ ในขณะพัก โลหิตจะนำออกซิเจนไปยังอวัยวะภายในซึ่งได้แก่ ตับ กระเพาะ ม้าม และลำไส้ประมาณ ๒๔ เปอร์เซ็นต์ ไตประมาณ ๑๔ เปอร์เซ็นต์ สมองประมาณ ๑๓ เปอร์เซ็นต์ ผิวหนังประมาณ ๘ เปอร์เซ็นต์ หัวใจประมาณ ๔ เปอร์เซ็นต์ กล้ามเนื้อ ประมาณ ๒๑

เปอร์เซ็นต์ และอวัยวะอื่นๆ อีกประมาณ ๑๐ เปอร์เซ็นต์ แต่ในขณะออกกำลังกายอย่างหนัก โลหิตจะนำออกซิเจนไปยังอวัยวะภายในและอื่นๆ น้อยลงมาก แต่จะนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ ๗๓ เปอร์เซ็นต์ และผิวหนัง ๑๑ เปอร์เซ็นต์ เพราะในขณะออกกำลังกายอย่างหนัก ร่างกายและกล้ามเนื้อต้องการ พลังงานมากเพื่อที่จะทำงาน ดังนั้น โลหิตจึงนำอาหารและออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานมากที่สุดการไหลเวียนของโลหิตก็มีมากขึ้น ในการไหลเวียนของโลหิต นอกจากจะนำอาหารและออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานแล้ว ยังนำของเสียและนำความร้อนออกจากกล้ามเนื้อที่ทำงานอีกด้วย ของเสียจะถูกนำไปยังอวัยวะต่างๆ ที่ทำหน้าที่กำจัดของเสียออกจากร่างกายและความร้อนจะถูกนำไปยังผิวหนังเพื่อระบายความร้อนออกจากกล้ามเนื้อและร่างกาย โดยการหลั่งเหงื่อ ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก การไหลเวียนของโลหิต จึงมาสู่ผิวหนังเป็นอันดับสองรองจากกล้ามเนื้อ

ขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนักนั้น ปริมาณของออกซิเจนในโลหิตแดงก็จะมีประมาณร้อยละ ๒๐.๑ โดยปริมาตรเท่าเดิมและปริมาณที่ไหลเวียนของโลหิต ใน ๑ นาทีนั้นจะมีมากกว่าขณะพักประมาณ ๕ เท่า

การหาปริมาตรของการใช้ออกซิเจน

การหาปริมาตรของการใช้ออกซิเจน จะหาได้โดยการใช้สูตร

VO_2 = C.O. × (a - v)O_2 diff

VO_2 = การใช้ออกซิเจนมีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที หรือมิลลิลิตรต่อนาทีต่อน้ำหนักตัว ๑ กิโลกรัม (L/min or ml/min/Kg)

C.O. = Cardiac Output คือ การไหลเวียนของโลหิต ใน ๑ นาที หรือ C.O. = Heart rate × Stroke Volume มีหน่วยเป็นลิตร/นาที

(a - v)O_2 diff. = ความแตกต่างของปริมาณ O_2 ในโลหิตแดงและโลหิตดำ (arterio - venous oxygen difference) มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อเลือด ๑๐๐ มิลลิลิตร (หรือ ml เปอร์เซ็นต์)

ตัวอย่าง ในขณะพักการไหลเวียนของโลหิตไปเลี้ยงร่างกายใน ๑ นาที มีปริมาณ ๕ ลิตร ออกซิเจนในโลหิตแดงและในโลหิตดำมีประมาณ ๑๕.๗๐ เปอร์เซ็นต์ และ ๑๕.๐๗ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากประมาณว่าโลหิตแดงจะรับออกซิเจนได้ ๕๘ เปอร์เซ็นต์ และในโลหิตดำจะมีออกซิเจนอยู่ ๗๕ เปอร์เซ็นต์ (Ricci, Benjamin, 1967 หน้า ๑๓๓ และ Mathews, Stacy และ Hoover, 1964 หน้า ๒๓๑)

ดังนั้น VO_2 ขณะพัก

= C.O. × (a - v)O_2 diff.

= ๕,๐๐๐ × (๑๕.๗๐ - ๑๕.๐๗)/๑๐๐

= ๕,๐๐๐ × ๔.๖๓/๑๐๐

= ๔.๖๓ × ๕๐

= ๒๓๑.๕๐ มิลลิลิตร/นาที

การใช้ออกซิเจนกับสมรรถภาพทางกาย

การใช้ออกซิเจนขณะพักและขณะออกกำลังกายอย่างหนักของคนโดยทั่วไปที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายนี้จะมีน้อยกว่าคนที่มีสมรรถภาพทางกายดี โดยเฉพาะนักกีฬาประเภทใช้ความอดทนจะมีการใช้ออกซิเจนมากที่สุด เราจึงนิยมใช้การวัดการใช้ออกซิเจน เพื่อที่จะดูว่าผู้ใดมีความอดทนมาก รายละเอียดจะเห็นได้จากตารางข้างล่างนี้ (Fox, Edward, and Mathews และ Donald , 1981, หน้า ๒๓๗)

สภาพ	การใช้ออกซิเจน (มิลลิลิตร/นาที)
๑. คนที่ขาดการออกกำลังกายอย่างเพียงพอ (untrained)	
๑.๑ ขณะพัก	๓๐๐
๑.๒ ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก	๓,๑๐๐
๒. คนที่มีการออกกำลังกายอย่างเพียงพอ	
๒.๑ ขณะพัก	๓๐๐
๒.๒ ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก	๓,๔๐๐
๓. นักกีฬาประเภทใช้ความอดทน (endurance athletes)	
๓.๑ ขณะพัก	๓๐๐
๓.๒ ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก	๕,๕๗๐

การใช้ออกซิเจนกับอายุ เพศ

โดยปกติคนที่มีอายุมากขึ้นการใช้ออกซิเจนจะลดลง ทั้งเพศหญิงและเพศชายในอายุเดียวกัน เพศชายจะมีการใช้ออกซิเจนได้มากกว่าหญิง ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้ (Wilmore, Jack H. 1973 หน้า ๓๒๐)

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของการใช้ออกซิเจนระหว่างอายุ และเพศ

อายุ (ปี)	การใช้ออกซิเจน (ml/mg/min)				
หญิง	ต่ำ	ค่อนข้างต่ำ	ปานกลาง	ดี	ดีมาก
๒๐-๒๙	น้อยกว่า ๒๘	๒๙-๓๔	๓๕-๔๓	๔๔-๔๘	มากกว่า ๔๙
๓๐-๓๙	น้อยกว่า ๒๗	๒๘-๓๓	๓๔-๔๑	๔๒-๔๗	มากกว่า ๔๘
๔๐-๔๙	น้อยกว่า ๒๕	๒๖-๓๑	๓๒-๔๐	๔๑-๔๕	มากกว่า ๔๖
๕๐-๕๖	น้อยกว่า ๒๑	๒๒-๒๘	๒๙-๓๖	๓๗-๔๑	มากกว่า ๔๒
ชาย					
๒๐-๒๙	น้อยกว่า ๓๘	๓๙-๔๓	๔๔-๕๑	๕๒-๕๖	มากกว่า ๕๗
๓๐-๓๙	น้อยกว่า ๓๔	๓๕-๓๙	๔๐-๔๗	๔๘-๕๑	มากกว่า ๕๒
๔๐-๔๙	น้อยกว่า ๓๐	๓๑-๓๕	๓๖-๔๓	๔๔-๔๗	มากกว่า ๔๘
๕๐-๕๙	น้อยกว่า ๒๕	๒๖-๓๑	๓๒-๓๙	๔๐-๔๓	มากกว่า ๔๔
๖๐-๖๙	น้อยกว่า ๒๑	๒๒-๒๖	๒๗-๓๕	๓๖-๓๙	มากกว่า ๔๐

ความสัมพันธ์ของการใช้ออกซิเจนกับการออกกำลังกายและระบบไหลเวียน

การใช้ออกซิเจนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการออกกำลังกายและระบบไหลเวียนโลหิต กล่าวคือ ผู้ที่ออกกำลังกายอยู่เสมอจะมีการใช้ออกซิเจนดีกว่าผู้ที่ไม่ค่อยออกกำลังกาย และการที่มีการใช้ออกซิเจนสูงหรือดี ก็จะทำให้ระบบไหลเวียนโลหิตดีด้วย นั่นคือ การไหลเวียนของโลหิตไปเลี้ยงร่างกายใน ๑ นาที มีมากขึ้น การเต้นของหัวใจแข็งแรงและเป็นจังหวะดี และช้าลงในขณะพัก ปริมาณโลหิตต่อการบีบตัวของหัวใจใน ๑ ครั้ง จะมีปริมาณมาก ลักษณะเช่นนี้แสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานของหัวใจ ในขณะออกกำลังกาย ประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนโลหิตของผู้ที่มีการใช้ออกซิเจนสูง จะมีมากยิ่งขึ้น นั่นหมายถึงการนำออกซิเจนไปใช้เพื่อให้เกิดพลังงานมีมากยิ่งขึ้นนั่นเอง (Astrand, Per-Olof และ Kaare Rodahl, 1970 หน้า ๑๕๗-๑๖๕)

การนำความรู้เรื่องการใช้ออกซิเจนไปใช้ประโยชน์

เนื่องจากลักษณะของการออกกำลังกายที่จะทำให้การใช้ออกซิเจนดีนั้น จะต้องเป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่อง มีความหนักปานกลาง (๖๐-๘๕ เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด) และทำในเวลานาน ดังนั้นควรส่งเสริมกิจกรรมทางพลศึกษาที่มีลักษณะดังกล่าวนี้ เช่น ว่ายน้ำ วิ่งทน ถีบจักรยาน สกีน้ำ สกีหิมะ และสกีข้ามทวีป เป็นต้น

อนันต์ อัตชู

บรรณานุกรม

อนันต์ อัตชู. **สรีรวิทยาการออกกำลังกาย.** กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๒๗.

Astrand, Per-Olof and Kaare Rodahl. **Textbook of Work Physiology.** New York : McGraw-Hill Book Company, 1970.

DeVries. Herbert A., **Physiology of Exercise for Physical Education and Athletics.** Wm.C. Brown Publisher, 1986.

Fox, Edward L., and Donald K. Mathews, **The Physiological Basis of Physical Education and Athletics.** Saunders College Publishing, 1981.

Mathews, Donald K., Ralph W. Stacy, and George N. Hoover, **Physiology of Muscular Activity and Exercise.** The Ronald Press Company, 1964.

Ricci, Benjamin. **Physiological Basis of Human Performance.** Lea and Febiger, 1967.

Wilmore, Jack H., **Exercise and Sport Sciences Reviews.** Academic Press, 1973.