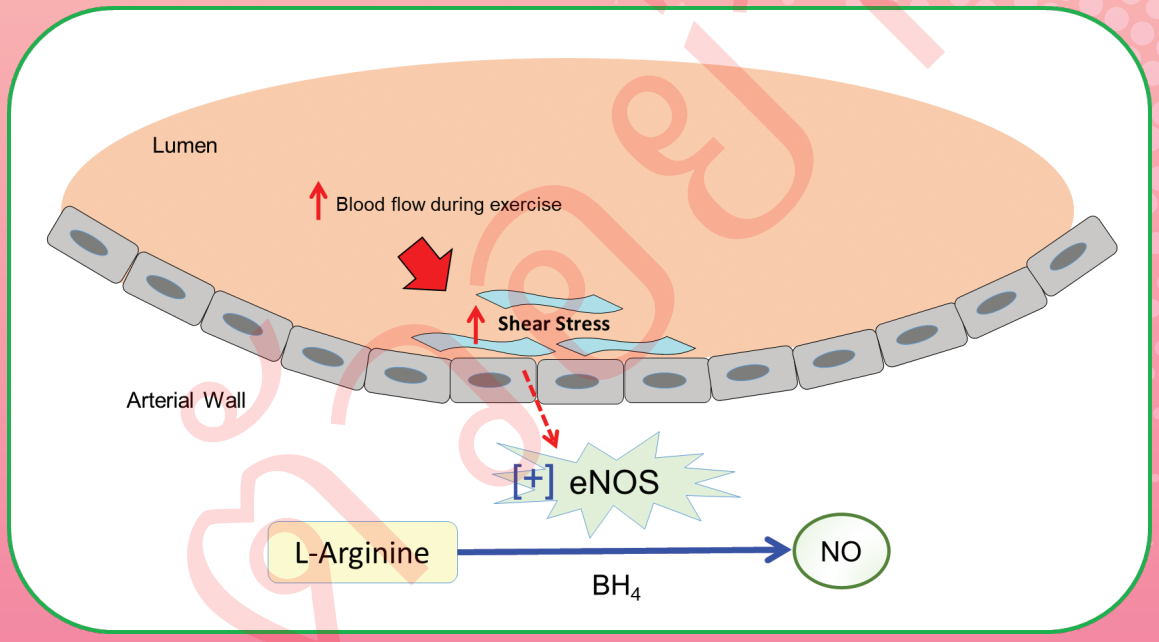
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การออกกำลังกายเพื่อพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด

(Cardiovascular Endurance Exercise)



ดร.จิตานันท์ เหล่าศิริไพศาล

ตำราที่ได้รับทุนสนับสนุนการเขียนตำราจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พ.ศ. 2564

สารบัญ

สารบัญตาราง *(6)*

สารบัญรูปภาพ *(7)*

คำนำ *(8)*

บทที่ 1 หลักการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทาน ของระบบหัวใจและหลอดเลือด 1

บทที่ 2 การตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย 21

บทที่ 3 การออกกำลังกายแบบช่วงเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด 32

บทที่ 4 การออกกำลังกายในน้ำเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด 37

บทที่ 5 การออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทาน ของระบบหัวใจและหลอดเลือดในนักกีฬา 45

บทที่ 6 การออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทาน ของระบบหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง 52

บทที่ 7 การออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 57

บทที่ 8 การออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของหลอดเลือดส่วนปลาย 61

เอกสารอ้างอิง *65*

ดัชนีค้นคำ *70*

สารบัญตาราง

ตาราง 1-1 วิธีการกำหนดความหนักในการออกกำลังกายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด 14

ตาราง 6-1 การจำแนกระดับความดันโลหิตที่ปกติ สูงกว่าปกติ ความดันโลหิตสูงระดับที่ 1 และความดันโลหิตสูงระดับที่ 2 ตามเกณฑ์ของ ACC และ AHA 53

ตาราง 8-1 การแบ่งระดับความรุนแรงของโรคหลอดเลือดส่วนปลายตามอาการโดย Fontaine classification 62

ตาราง 8-2 การแบ่งระดับความรุนแรงของโรคหลอดเลือดส่วนปลายโดยใช้ค่าสัดส่วนระหว่างความดันโลหิตบริเวณขาและแขน (ankle-brachial pressure index, ABI) 63

ตัวอย่าง

สารบัญรูปภาพ

รูป 1-1 ขั้นตอนการประเมินความจำเป็นในการปรึกษาแพทย์ หรือ ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการออกกำลังกาย (exercise specialist) ก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายตามคำแนะนำของ ACSM 4

รูป 1-2 Borg Rating of Perceived Exertion Scale 7

รูป 1-3 รูปแบบการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายแบบ high-intensity interval training (HIIT) 15

รูป 1-4 ตัวอย่างการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายแบบวงจร หรือแบบสถานี (Circuit training) 17

รูป 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวซาร์โคเมียร์ของเซลล์กล้ามเนื้อและแรงที่ได้จากการหดตัวของกล้ามเนื้อ 23

รูป 2-2 สัดส่วนของ cardiac output ที่ไปอวัยวะต่างๆ ขณะพักและขณะออกกำลังกาย 26

รูป 2-3 กลไกกระตุ้นการสร้าง nitric oxide ขณะออกกำลังกาย 26

รูป 2-4 สรุปกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้งานขณะออกกำลังกาย 28

รูป 2-5 สรุปกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังจากการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดเป็นประจำ 31

รูป 4-1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ตกลงส่วนล่างของร่างกาย ขณะยืนในน้ำที่ระดับความลึกต่างๆ เมื่อเทียบกับขณะยืนบนบก 38

รูป 4-2 การตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด เมื่อร่างกายตั้งตรงอยู่ในน้ำ 39

รูป 4-3 Hydrostatic pressure ที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกายขณะยืนในน้ำ 39

รูป 4-4 Buoyant dumbbells 40

รูป 4-5 Fin, Kickboard 40

รูป 4-6 การวิ่งในน้ำลึก 43

รูป 4-7 Floating pool noodles 43

รูป 8-1 Claudication scale 64

คำนำ

ตำราเล่มนี้จัดทำขึ้นสำหรับใช้ในการเรียนการสอนของนักศึกษากายภาพบำบัด ในรายวิชาการออกกำลังกายเพื่อการรักษา กายภาพบำบัดทางสภาวะพิเศษ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้การออกกำลังกายเพื่อการรักษา นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งในการศึกษา ค้นคว้าสำหรับนักศึกษาและบุคลากรทางสายสุขภาพที่ใช้การออกกำลังกายเพื่อเป็นเครื่องมือหนึ่งในการส่งเสริม ป้องกัน รักษา หรือ ฟื้นฟู การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด เนื้อหาของตำราครอบคลุมหลักการทั่วไปในการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด วิธีการออกกำลังกายแบบต่างๆ และการออกกำลังกายทางเลือก ได้แก่ การออกกำลังกายแบบช่วง (interval training) การออกกำลังกายในน้ำ รวมถึงการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายสำหรับกลุ่มผู้ป่วยที่จะได้รับประโยชน์จากการออกกำลังกายเพื่อการพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด

ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัวที่สนับสนุนการพัฒนาการเรียนรู้ และการสร้างสรรค์ผลงานต่างๆ นอกจากนี้ขอขอบคุณผู้ป่วย นักศึกษา เพื่อน และรุ่นพี่ ที่คอยให้ข้อเสนอแนะ แลกเปลี่ยน ทำให้เกิดแนวคิดที่ดีเกี่ยวกับการพัฒนาต่อยอดความรู้เกี่ยวกับการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการเขียนตำรา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนการจัดทำตำราเล่มนี้ อันจะเป็นการเริ่มต้นที่สำคัญต่อการพัฒนาตำราที่เผยแพร่ในวงกว้างยิ่งขึ้น

จิตานันท์ เหล่าศิริไพศาล

หลักการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด

การออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 6 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. Frequency คือ ความถี่ในการออกกำลังกายต่อสัปดาห์ หรือจำนวนวันในการออกกำลังกายต่อสัปดาห์ ความถี่ในการออกกำลังกายต่อสัปดาห์อาจปรับเปลี่ยนได้โดยขึ้นกับความหนักของการออกกำลังกาย ตามคำแนะนำของ ACSM[3] ความถี่ในการออกกำลังกายต่อสัปดาห์สำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดแบ่งได้โดยอิงตามความหนักของการออกกำลังกายไว้ดังนี้

- กรณีออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลาง ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 5 วันต่อสัปดาห์
- กรณีออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูง ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์
- กรณีที่มีการออกกำลังกายทั้งที่ความหนักระดับปานกลาง และระดับสูง ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3-5 วันต่อสัปดาห์

อย่างไรก็ตามในกรณีของผู้สูงอายุ ผู้ป่วย หรือผู้ที่เริ่มต้นโปรแกรมการออกกำลังกาย ความถี่ของการออกกำลังกายในช่วงแรกของโปรแกรมการออกกำลังกาย อาจปรับเปลี่ยนให้น้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์

2. Intensity คือ ความหนักของการออกกำลังกาย

การกำหนดความหนักของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดมีวิธีการที่นิยมใช้อย่างน้อย 3 วิธีการ (ตาราง 1-1) ได้แก่

2.1 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดควรมีความหนักอย่างน้อยที่ระดับความหนักปานกลาง ซึ่งอยู่ในช่วง 64-76 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2.2 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (heart rate reserve, HRR method) หรือ Karvonen method โดยความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดควรมีความหนักอย่างน้อยที่ระดับความหนักปานกลาง ซึ่งอยู่ในช่วง 40-59 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง

2.3 ระดับความเหนื่อย หรือ rating of perceived exertion (RPE) ตัวอย่างของ RPE scale ที่นิยมใช้ได้แก่ Borg's scale (รูป 1-2) ที่มีช่วงระหว่าง 6-20 โดย 6 คือ ระดับความเหนื่อยที่น้อยที่สุด และ 20 คือ ระดับความเหนื่อยที่มากที่สุด ระดับ RPE ที่เทียบเท่ากับความหนักระดับปานกลาง คือ RPE ที่อยู่ในช่วง 12-13

วิธีการกำหนดความหนักที่อิงกับอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นวิธีการที่แนะนำให้ใช้กำหนดความหนักของการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำ นอกจากนี้การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายนั้นมีผลจากอารมณ์และความรู้สึกของผู้ถูกวัดน้อยกว่าวิธีการที่ใช้การบอกระดับความเหนื่อยเป็นตัวเลข (เช่น Borg's scale)

การกำหนดความหนักของการออกกำลังกายด้วยการใช้เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และการใช้เปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ต้องใช้อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในการคำนวณหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (target heart rate) โดยค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่ถูกต้องจะได้มาจากการทำการทดสอบด้วยการออกกำลังกาย (graded exercise testing หรือ incremental exercise testing) ทั้งนี้หากไม่สามารถทำการทดสอบด้วยการออกกำลังกายเพื่อหาอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดได้ ค่าดังกล่าวสามารถคาดคะเนจากการคำนวณด้วยสมการ ซึ่งการคาดคะเนดังกล่าวเป็นการคาดคะเนโดยอิงตามอายุ โดยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น สมการที่นิยมใช้ในการคาดคะเนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการคำนวณนั้นมีสองสมการได้แก่

- **สมการของ Fox และคณะ** การคาดคะเนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดโดยใช้สมการนี้ทำได้โดยคำนวณจากสมการ 220 – อายุ โดยหากใช้สมการนี้ในการคาดคะเนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในบุคคลที่มีอายุมากกว่า 40 ปี มักจะได้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่มากกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกาย ในทางตรงกันข้าม การใช้สมการนี้ในการคาดคะเนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในบุคคลที่มีอายุน้อยกว่า 40 ปี มักจะได้ค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยการออกกำลังกาย
- **สมการของ Tanaka และคณะ**[4] การคาดคะเนอัตราการเต้นของหัวใจด้วยสมการของ Tanaka และคณะเหมาะสำหรับการใช้ในกลุ่มประชากรทั้งเพศชายและหญิง โดยคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจากสมการ 208 – (0.7 x อายุ)

บทบาทการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดขณะออกกำลังกาย

ระบบประสาทส่วนกลางมีบทบาทในการปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดโดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบริเวณกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานขณะออกกำลังกายส่งสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่อยู่ในสมองส่วนเมดัลลา

สามกลไกหลักที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่สมอง ได้แก่

1) Muscle chemoreceptor หรือ กลไกส่วนที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงของระดับสารเคมีต่างๆ บริเวณกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานขณะออกกำลังกาย เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ การเพิ่มขึ้นของไฮโดรเจนไอออน เป็นต้น

2) Muscle mechanoreceptor ได้แก่ กลไกการรับรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับแรงที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัว เช่น muscle spindles, Golgi tendon organs เป็นต้น

3) Baroreceptor เป็นกลไกที่รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตในหลอดเลือดแดง

กลไกทั้งสามช่วยให้เกิดการปรับการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดให้เหมาะสมกับสภาวะที่เปลี่ยนแปลงไปขณะออกกำลังกาย ที่เฉพาะเจาะจงกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (fine-tune) เช่น การปรับเปลี่ยนการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักเบา และระดับความหนักสูงจะแตกต่างกัน เนื่องจากสิ่งกระตุ้นต่างๆ ที่ส่งไปยังศูนย์ควบคุมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่สมองมีระดับการกระตุ้นที่แตกต่างกัน เป็นต้น

กลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้งานขณะออกกำลังกายที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปเป็นรูปอย่างง่ายดังที่แสดงใน รูป 2-4

การลดลงของความดันโลหิตหลังการออกกำลังกาย (Post-exercise hypotension)

การลดลงของความดันโลหิตหลังหยุดออกกำลังกาย หรือ post-exercise hypotension อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการหน้ามืดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างรวดเร็วหลังออกกำลังกาย สภาวะดังกล่าวมีโอกาสพบได้บ่อยหลังการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อขา ที่ระดับความหนักสูง การลดลงของความดันโลหิตหลังออกกำลังกายเกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณกล้ามเนื้อที่ใช้งานขณะออกกำลังกาย โดยกลไกการควบคุมเฉพาะที่ที่ทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด

การกำหนดความหนักของการออกกำลังกายในน้ำ

เนื่องจากขณะอยู่ในน้ำร่างกายจะมีอัตราการเต้นของหัวใจที่น้อยกว่าบนบก การกำหนดความหนักของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดด้วยวิธีการที่ใช้อัตราการเต้นของหัวใจโดยทั่วไปจะหักลบอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายลง 7 ถึง 20 ครั้งต่อนาที จากอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายที่ตั้งไว้สำหรับการออกกำลังกายบนบก[23-25] ทั้งนี้หากมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะยืนบนบกและยืนในน้ำจะทำให้ได้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่จะหักลบออกได้เฉพาะเจาะจงกับแต่ละบุคคลมากยิ่งขึ้น การวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจในน้ำทำการวัดโดยยืนที่ระดับน้ำที่จะออกกำลังกายและยืนให้นิ่งมากที่สุด ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจหลังยืนในน้ำเป็นเวลา 2-3 นาที และนำค่าดังกล่าวหักลบออกจากอัตราการเต้นของหัวใจที่ทำการวัดขณะยืนบนบก

ตัวอย่างการนำค่าความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจในน้ำและบนบก (aquatic heart rate deduction) มาใช้ในการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย เมื่อทำการออกกำลังกายในน้ำ

กำหนดให้ นาย เอ อายุ 50 ปี อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เท่ากับ 70 ครั้งต่อนาที ความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างยืนบนบกและยืนในน้ำ (aquatic heart rate deduction) เท่ากับ 10 ครั้งต่อนาที

กำหนดความหนักของการออกกำลังกายเป้าหมายที่ระดับ 50% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (50% HRR)

- คาดคะเนอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยใช้สมการของ Tanaka และคณะ

  208 – 0.7(50) = 173 ครั้งต่อนาที

- คำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง

  173 – 70 = 103 ครั้งต่อนาที

หักลบค่าอัตราการเต้นของหัวใจสำรองที่ได้ ด้วยค่า aquatic heart rate deduction เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายในขั้นตอนต่อไป

  103 – 10 = 93 ครั้งต่อนาที

- คำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (50% HRR)

  93(0.5) + 70 = 116.5 ครั้งต่อนาที (ปัดตัวเลขขึ้นเป็น 117 ครั้งต่อนาที)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพด้านความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือดในนักกีฬา

1) Maximal aerobic capacity คือ ความสามารถของร่างกายในการใช้พลังงานของระบบผลิตพลังงานที่ใช้ออกซิเจน ตัวแปรหลักที่ใช้ในการบ่งบอกความสามารถดังกล่าวได้แก่ maximal oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$) หรือ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2) Anaerobic threshold หรือระดับกั้นของระบบผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิค คือ ระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เริ่มมีการผลิตพลังงานจากระบบแอนแอโรบิค (ระบบผลิตพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน) เพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากระบบผลิตพลังงานแบบแอโรบิค (ระบบผลิตพลังงานแบบใช้ออกซิเจน) ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ทันกับความต้องการของร่างกาย โดยตัวแปรที่ใช้ระบุ anaerobic threshold สามารถใช้จุดที่การระบายอากาศเริ่มเพิ่มขึ้นมากขึ้นจนไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (ระดับการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น บ่งบอกถึงระดับกิจกรรมหรือระดับความหนักของการออกกำลังกายที่มากขึ้น) เรียกจุดที่เกิดการเพิ่มขึ้นของการระบายอากาศอย่างมากโดยไม่เป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ออกซิเจนว่า **ventilatory threshold** นอกจากการประเมินระดับกั้นของระบบผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิคด้วย ventilatory threshold แล้ว การประเมินระดับแล็กเตตในเลือดเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการประเมินระดับความสามารถของร่างกายในการออกกำลังกายก่อนที่ระบบผลิตพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือแอนแอโรบิคจะมีบทบาทในการผลิตพลังงานมากขึ้น วิธีการนี้เรียกว่า onset of blood lactate accumulation (OBLA) โดยจุดนี้จะพบปริมาณของแล็กเตตในเลือดเพิ่มจากค่าขณะพักมากกว่า 4 มิลลิโมลต่อลิตร[8]

3) Exercise economy คือ ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานต่อความเร็วในทำกิจกรรม/เคลื่อนไหวร่างกาย นักกีฬาที่มี exercise economy ดี จะใช้พลังงานน้อยกว่าในการทำกิจกรรมเดียวกัน เมื่อเทียบกับนักกีฬาที่มี exercise economy น้อยกว่า ตัวอย่างเช่น ปัจจัยที่มีผลต่อ exercise economy ในนักกีฬาจักรยาน ได้แก่ ขนาดร่างกาย ความเร็วในการปั่นจักรยาน และตำแหน่งร่างกายที่มีผลต่อแรงต้านทานอากาศขณะปั่นจักรยาน โดยในนักกีฬาจักรยาน การที่มีร่างกายขนาดใหญ่ตำแหน่งของร่างกายที่เพิ่มแรงต้านทานกับอากาศขณะปั่นจักรยาน จะทำให้เกิดแรงต้านจากลมขณะปั่นจักรยานมากขึ้น และส่งผลทำให้ exercise economy ลดลง เป็นต้น

สำหรับการออกกำลังกายชนิดทนทานหรือ endurance training นิยมใช้เปอร์เซ็นต์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในการบ่งบอกความหนักของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายเพื่อพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด

การออกกำลังกายเป็นประจำช่วยพัฒนาการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด อันจะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่ดี ตำราเล่มนี้จะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึงหลักการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด เนื้อหาของตำราครอบคลุมความรู้พื้นฐานทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย ไปจนถึงการออกแบบโปรแกรมการออกกำลังกายในกลุ่มผู้ป่วยที่มีข้อควรคำนึงถึงที่เฉพาะเจาะจง เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์สูงสุดจากการออกกำลังกาย

ดร.จิตานันท์ เหล่าศิริไพศาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชากายภาพบำบัด
คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ISBN 978-616-314-854-4
9 786163 148544
ราคา 130 บาท
หมวดแพทยศาสตร์
http://thammasatpress.tu.ac.th