

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลการฝึกที่มีผลต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สรีรวิทยาของระบบกล้ามเนื้อ

ระบบกล้ามเนื้อเป็นระบบที่สำคัญในการออกกำลังกายหรือประกอบกิจกรรมต่างๆ เนื่องจากการเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย เซลล์กล้ามเนื้อจะมีความไวต่อสิ่งเร้า และสามารถส่งสัญญาณไฟฟ้าไปตามส่วนต่างๆ ของเซลล์ได้เหมือนเซลล์ประสาท ในร่างกายมนุษย์สามารถจำแนกเซลล์กล้ามเนื้อได้ 3 ชนิด ตามลักษณะ โครงสร้างและหน้าที่ ประกอบด้วย เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ จะพบได้ที่หัวใจเท่านั้น เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ จะพบอวัยวะภายในของร่างกายเช่น ผนังหลอดเลือดแดง ผนังกระเพาะอาหาร และเซลล์กล้ามเนื้อลาย ซึ่งกล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกประกอบเป็นกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อขา เป็นต้น การหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (คณะวิทยาศาสตร์, 2539) กล้ามเนื้อลายทำงานอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ โดยการสั่งงานของระบบประสาท มีหน้าที่สำคัญ คือ เป็น แหล่งกำเนิดของแรงที่จะทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายเคลื่อนไหวได้ตามต้องการ (อนันต์, 2527) เซลล์กล้ามเนื้อลายมีรูปร่างคล้ายทรงกระบอก ภายในมัดกล้ามเนื้อลายมัดใหญ่แต่ละมัดจะมีกล้ามเนื้อมัดย่อยรวมอยู่หลายมัด กล้ามเนื้อมัดย่อยแต่ละมัดจะมีเซลล์ของกล้ามเนื้ออยู่หลายร้อยอัน ซึ่งเซลล์กล้ามเนื้อและละเซลล์จะถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นในสุด เรียกว่า เอนโดมิยเซียม (Endomysium) และถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นกลาง เรียกว่า เพอร์ริมิยเซียม (Perimysium) ส่วนกล้ามเนื้อทั้งมัดจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหุ้มรอบนอกทั้งมัด เรียกว่า อีพิมิยเซียม (Epimysium) โดยจะแผ่เป็นพังพืด ทำหน้าที่ป้องกันมัดกล้ามเนื้อและแผ่นพังพืดจะมารวมกันหนาขึ้น กลายเป็นเอ็นเพื่อไปยึดติดกับกระดูก (ชูศักดิ์และกันยา, 2536) การยึดเกาะของกล้ามเนื้อกับส่วนของกระดูกนั้น ส่วนที่ทำหน้าที่ยึดเกาะ คือ ส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งเป็นส่วนที่เรียกว่า เอ็นกล้ามเนื้อ จะพบที่บริเวณส่วนปลายของกล้ามเนื้อ สามารถแบ่งจุดเกาะของกล้ามเนื้อออกเป็น 2 ลักษณะ คือ จุดเกาะต้น (Origin) เป็นจุดที่ถูกตรึงให้อยู่กับที่จะอยู่ใกล้ลำตัว เอ็นของกล้ามเนื้อที่มาเกาะจะสั้น และจุดเกาะปลาย เป็นจุดที่ถูกดึงให้มีการเคลื่อนที่มักจะถูกยึดไว้ไกลจากลำตัว เอ็นของกล้ามเนื้อที่มาเกาะมักจะยาว (เลิศลักษณ์, 2537) เซลล์กล้ามเนื้อลายจะมีสีต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนมายโอโกลบิน (Myoglobin) ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ ทำหน้าที่เก็บออกซิเจน และทำให้กล้ามเนื้อมีสีแดง ดังนั้น เซลล์กล้ามเนื้อที่มีมายโอโกลบิน (Myoglobin) มาก เรียกว่า เซลล์กล้ามเนื้อแดง (Red muscle cell) ส่วนกล้ามเนื้อที่มีมายโอโกลบิน (Myoglobin) น้อยจึงเรียกว่า เซลล์กล้ามเนื้อขาว (White muscle cell) (ชูศักดิ์และกันยา, 2536) เซลล์กล้ามเนื้อแต่ละชนิดมี

ความสามารถในการหดตัวแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างกันนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์นิวรอน (Motor neuron) ที่มาเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อแต่ละมัด เซลล์กล้ามเนื้อจะมีการพัฒนาและปรับตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่การทำงาน และการใช้พลังงานของเซลล์ จากคุณสมบัติพิเศษเกี่ยวกับความเร็วในการหดตัว และคุณสมบัติทางชีวเคมีที่แตกต่างกันของเซลล์กล้ามเนื้อลาย โดยทั่วไปในร่างกายมนุษย์สามารถจำแนกเซลล์กล้ามเนื้อลายในร่างกายออกเป็น (คณะวิทยาศาสตร์, 2539)

1. เซลล์กล้ามเนื้อแดง หรือ เซลล์กล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-twitch) เพราะ เซลล์กล้ามเนื้อแดงจะถูกหล่อเลี้ยงด้วยเซลล์ประสาทที่มีปลอกไมอีลินขนาดเล็ก ซึ่งสามารถส่งกระแสประสาทได้ช้า ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อหดตัวได้ช้า (Hamill และ Knutzen, 1995) เซลล์กล้ามเนื้อแดงจะมีมัยโอโกลบินมาก มีมัดไมโทคอนเดรีย และหลอดเลือดฝอยมากทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีสีแดง พลังงานที่ใช้ในการหดตัวได้มาจากขบวนการออกซิเดทีฟ ฟอสฟอริเรชัน (Oxidative phosphorylation) ของกลูโคส และกรดไขมัน (Fatty acid) ซึ่งขบวนการนี้เกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่จะเกิดขึ้นตลอดเวลาเมื่อมีออกซิเจน จะให้สารเอทีพี (ATP) จำนวนมาก ทำให้กล้ามเนื้อมีความทนทานต่อความเมื่อยล้า เซลล์กล้ามเนื้อแดง จะมีปริมาณของไขมันสูง เซลล์กล้ามเนื้อชนิดนี้พบมากในมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่รักษาท่าทางของร่างกาย

2. เซลล์กล้ามเนื้อขาว หรือ เซลล์กล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch) มีมัยโอโกลบิน มัยโทคอนเดรีย และหลอดเลือดฝอยน้อย แต่มีการสะสมกลัยโคเจนไว้ภายในเซลล์กล้ามเนื้อมาก มีสีขาว กล้ามเนื้อชนิดนี้เมื่อยล้าได้ง่าย แหล่งพลังงานที่ใช้ได้จากขบวนการกลัยโคไลซิส (Glycolysis) ซึ่งจะสลายกลัยโคเจน (Glycogen) ที่สะสมในเซลล์กล้ามเนื้อทำให้ได้สารเอทีพี (ATP) อย่างรวดเร็ว จะพบเซลล์กล้ามเนื้อชนิดนี้ได้บริเวณมัดกล้ามเนื้อของแขนและขา นอกจากนี้ เซลล์กล้ามเนื้อขาวยังแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.1 เซลล์กล้ามเนื้อขาวชนิด บี. (Fast glycolytic fiber) เป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่มีความสามารถในการหดตัวได้เร็ว เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อชนิดนี้จะถูกหล่อเลี้ยงด้วยเซลล์ประสาทที่มีปลอกไมอีลินหุ้มที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทชนิดแอลฟามอเตอร์นิวรอน (Alpha motoneurons) ที่นำกระแสประสาทด้วยความเร็วสูง ทำให้กล้ามเนื้อขาวชนิด บี. หดตัวได้เร็ว (Hamill และ Knutzen, 1995) ภายในเซลล์จะมีมัยโทคอนเดรีย (Mitochondria) และไขมันต่ำ มีหลอดเลือดฝอยมาเลี้ยงน้อย ไม่ทนทานต่อความเมื่อยล้า (คณะวิทยาศาสตร์, 2539)

2.2 เซลล์กล้ามเนื้อขาวชนิด เอ. (Fast-oxidative glycolytic fiber) มีลักษณะของเซลล์กล้ามเนื้อแดง และเซลล์กล้ามเนื้อขาวชนิด บี. รวมกัน มีมัยโทคอนเดรีย มัยโอโกลบิน และหลอดเลือดฝอยมาก มีสีแดง พลังงานที่ใช้ในการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อขาวชนิด เอ. ได้จากขบวนการออกซิเดทีฟ ฟอสฟอริเรชัน (Oxidative phosphorylation) และกลัยโคไลซิส (Glycolysis) จึงสามารถสร้างสารเอทีพี (ATP) และสลายสารเอทีพี (ATP) ได้เร็ว สามารถหดตัวได้เร็วเนื่องจากถูกหล่อเลี้ยงด้วยเซลล์ประสาทที่มี

ปลอกไม้อีลินขนาดใหญ่ (Hamill และ Knutzen, 1995) ทนต่อความเมื่อยล้าได้ดี แต่ทนได้ไม่มากเท่ากับ เซลล์กล้ามเนื้อแดง ซึ่งพบกล้ามเนื้อชนิดนี้ในมนุษย์ได้น้อย

กล้ามเนื้อลายแต่ละมัดจะประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อแดง และเซลล์กล้ามเนื้อขาว แต่จะมีเซลล์กล้ามเนื้อชนิดใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับพันธุกรรม แต่รูปแบบการฝึกสามารถกระตุ้นให้กล้ามเนื้อพัฒนา คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปได้ (ประทุม, 2527) เช่น ผลการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะทำให้เซลล์กล้ามเนื้อขาวมีขนาดใหญ่ขึ้นมากกว่าเซลล์กล้ามเนื้อแดง (การกีฬาแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.) สอดคล้องกับ Hamill และ Knutzen (1995) กล่าวว่า เซลล์กล้ามเนื้อ และมอเตอร์ยูนิต สามารถพัฒนาให้มีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงได้ด้วยการฝึก โดยเซลล์กล้ามเนื้อขาวชนิด เอ. สามารถเปลี่ยนเป็นเซลล์กล้ามเนื้อขาวชนิด บี. โดยการฝึกแบบเฉพาะเจาะจงด้วยการฝึกที่เน้นกำลัง แต่ยังไม่เป็นที่ชัดเจนว่าการฝึกแบบเฉพาะเจาะจงนี้จะสามารถทำให้เซลล์กล้ามเนื้อแดงเปลี่ยนคุณสมบัติเป็นเซลล์กล้ามเนื้อขาวได้

ระบบไหลเวียนเลือดและการหายใจ

ระบบไหลเวียนเลือด

ระบบไหลเวียนเลือดกับการออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กัน กลไกการทำงานของร่างกายขณะออกกำลังกายอาศัยพลังงานจากการเผาผลาญสารอาหาร โดยมีระบบไหลเวียนเลือดที่มีหน้าที่สำคัญในการนำออกซิเจนไปให้กล้ามเนื้อใช้ และนำของเสียกลับออกมาจากกล้ามเนื้อ ความทนทานในการทำงานของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด ดังนั้นเมื่อกล้ามเนื้อทำงาน ระบบไหลเวียนเลือดต้องเพิ่มการทำงานขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของกล้ามเนื้อ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) การไหลเวียนของเลือดเกิดขึ้นได้ ต้องอาศัยการทำงานของหัวใจบีบตัวดันเลือดให้ไหลไปตามหลอดเลือดซึ่งแยกแขนงไปตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย การทำงานของระบบไหลเวียนเลือดประกอบด้วย

1. เลือด (Blood) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางติดต่อระหว่างเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย การไหลเวียนเลือดจะช่วยให้เซลล์มีสภาพแวดล้อมที่คงที่และเหมาะสม เลือดจะนำสารอาหารให้เนื้อเยื่อต่างๆ พร้อมกับนำของเสียและสารที่หลังจากเนื้อเยื่อออกไปตามกระแสเลือดไปยังอวัยวะหรือเนื้อเยื่ออื่นเพื่อนำไปใช้หรือทำลาย เลือดจัดเป็นเนื้อเยื่อชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว เรียกว่า พลาสมา (Plasma) คนปกติมีปริมาตรพลาสมาในร่างกายประมาณ 5% ของน้ำหนักร่างกาย พลาสมาเป็นของเหลวมีสีเหลืองใส มีสารต่างๆ ละลายอยู่ ได้แก่ อิเล็กโทรไลต์หรือไอออนต่างๆ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต (กลูโคส) ไลปิด กรดอะมิโน วิตามิน ฮอร์โมน ของเสีย เช่น ยูเรียและกรดยูริก และแก๊ส เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และส่วนที่เป็นเม็ดเลือด (Blood cell) ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 3 ชนิด คือ เม็ดเลือดแดง (red blood cell) ประกอบด้วย ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เมื่อรวมตัวกับออกซิเจน เรียกว่า ออกซิฮีโมโกลบิน

(Oxyhemoglobin) มีอายุประมาณ 90-120 วัน จะถูกทำลายที่ตับและม้าม เม็ดเลือดขาว (White blood cell) มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ป้องกันการรุกรานของแบคทีเรียหรือเชื้อโรคและสารแปลกปลอมต่างๆ เม็ดเลือดขาวมีหลายชนิดและมีขนาดต่างกัน เม็ดเลือดขาวจะถูกทำลายที่ตับ และเกล็ดเลือด (Thrombocyte or Platelets) มีขนาดเล็กกว่าเม็ดเลือดแดง มีหน้าที่ทำให้เลือดหยุดไหลหรือห้ามเลือด (Hemostasis) เมื่อเกิดบาดแผล

2. หัวใจ มีหน้าที่บีบตัวดันเลือดไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย และคลายตัวให้บางส่วนของเลือดในร่างกายไหลกลับเข้าหัวใจ ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวส่งให้แก่ร่างกายเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาวะของร่างกายที่ต้องการเลือดไปเลี้ยงแตกต่างกัน หัวใจประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ จัดตัวสานกันเป็นห้องสี่ห้องสองห้องบนเรียกว่า Atrium สองห้องล่างเรียกว่า Ventricles ผนังของ Atrium บาง เมื่อเทียบกับผนังของ Ventricles จึงยืดขยายได้ง่ายกว่า ทำให้รับเลือดที่กลับสู่หัวใจได้แม้เพียงความดันเลือดต่ำๆ ส่วนผนังกล้ามเนื้อของ Ventricles หนา เพราะต้องบีบตัวแรงเพื่อเอาชนะความดันในหลอดเลือดแดงใหญ่ ลึ้นหัวใจ ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของเลือดให้ไหลผ่านหัวใจไปในทิศทางเดียว คือ จากด้านหลอดเลือดดำไปยังหลอดเลือดแดง (คณะวิทยาศาสตร์, 2539) ในขณะที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อต้องการเลือดเพิ่มขึ้น หัวใจจะต้องทำงานเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate : H.R. และปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวในแต่ละครั้ง (Stroke Volume : S.V.)

2.1 อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate : H.R.)

2.1.1. อัตราเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) ผู้ใหญ่ปกติทั่วไปมีค่าเฉลี่ยประมาณ 70 ครั้ง/นาที เด็กเล็กมีอัตราเต้นของหัวใจสูงกว่า ประมาณ 135 ครั้ง/นาที อัตราเต้นของหัวใจเปลี่ยนแปลงได้ง่ายอาจเต้นเร็วหรือช้า ตัวอย่างปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเต้นของหัวใจ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเต้นของหัวใจ

อัตราเต้นของหัวใจ	ปัจจัย
เพิ่มขึ้น	ตื่นเต้น โกรธ หายใจเข้า กระตุ้นความรู้สึกรีบ ออกกำลังกาย ขาดออกซิเจน เป็นไข้ เป็นต้น
ลดลง	กลัว โศกเศร้า หายใจออก กระตุ้นใยประสาทรู้สึกรีบใน trigeminal nerve เพิ่มการกระตุ้นของ Baroreceptors เพิ่ม intracranial pressure

2.1.2 อัตราเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย เมื่อออกกำลังกายอัตราเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นทันที และเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย การเพิ่มอัตราเต้นของหัวใจในระยะต้นเกิดจากอิทธิพลของระบบประสาทซิมพาเทติก ในระยะต่อมาเกิดจากกลไกทางรีเฟล็กซ์ (Reflex) เนื่องจากผลจากการออกกำลังกายมากระตุ้น เช่น กรดแลคติก (Lactic acid) การขาดออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงอัตราเต้นของหัวใจจากการออกกำลังกาย แบ่งได้ดังนี้

2.1.2.1 การออกกำลังกายอย่างเบา พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นทันทีแต่เพิ่มไม่มาก และกลับลดลงเล็กน้อย แล้วคงเพิ่มอยู่ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย สาเหตุเนื่องมาจากตอนเริ่มออกกำลังกาย หัวใจต้องเตรียมพร้อมที่จะทำงานมากกว่างานที่ต้องทำจริง แต่เมื่อออกกำลังกายไประยะหนึ่งร่างกายจะปรับตัวให้พอเหมาะกับงานที่ทำ เมื่อหยุดออกกำลังกายอัตราเต้นของหัวใจจะค่อยๆ เข้าสู่ระดับปกติในเวลา 1-2 นาที

2.1.2.2 การออกกำลังกายปานกลาง พบว่า อัตราเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประมาณ 120-140 ครั้ง/นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนักเบาของการออกกำลังกาย อัตราเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจะคงอยู่ด้วยอัตราค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่ออกกำลังกาย เมื่อหยุดการออกกำลังกายอัตราเต้นของหัวใจจะค่อยๆ ลดลงกลับสู่สภาพปกติแต่ใช้เวลานานกว่าการออกกำลังกายอย่างเบา ซึ่งอัตราเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการใช้พลังงานของร่างกาย จึงทำให้ทราบถึงอัตราการใช้พลังงานของร่างกายในการออกกำลังกายจากการวัดอัตราเต้นของหัวใจ

2.1.2.3. การออกกำลังกายอย่างหนัก พบว่า อัตราเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นทันทีและเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกายอัตราเต้นของหัวใจจะค่อยๆ ลดลง แต่ใช้เวลาในการพักนานกว่าการออกกำลังกายอย่างเบาและปานกลาง การออกกำลังกายอย่างหนักนี้ ร่างกายสามารถทำได้เพียงระยะสั้น อัตราเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุด เรียกว่า อัตราเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) ซึ่งอัตราเต้นของหัวใจสูงสุดขึ้นอยู่กับอายุและสภาพของการฝึก

2.2 ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้ง (Stroke volume : S.V.)

2.2.1 ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งในขณะพัก จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับท่าทางของร่างกาย เช่น ในท่านั่งมีค่า 70-80 มิลลิลิตร ส่วนในท่านอนมีค่า 100-120 มิลลิลิตร เพราะเลือดดำไหลเข้าสู่หัวใจได้ดีไม่ต้องต่อต้านกับแรงโน้มถ่วงของโลก

2.2.2. ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งในขณะออกกำลังกาย จะมีค่าเพิ่มขึ้น การออกกำลังกายหนักปานกลางปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นประมาณ 100-170 มิลลิลิตร และมีค่าสูงคงที่เมื่อความหนักของการออกกำลังกายอยู่ที่ระดับ 60-70% ของความสามารถในการรับออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen intake) การออกกำลังกายที่ความหนักเกินระดับ Anaerobic threshold มีปัจจัย

เสริมที่ทำให้ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น คือ กล้ามเนื้อทำงานเพิ่มขึ้นจะเป็นตัวขัดขวางการไหลของเลือดและมีการหลังแคตคอลลามีนเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัว อัตราเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น และการหลังเอปิเนฟรินและนอร์เอปิเนฟริน จากระบบประสาทซิมพาเทติก ทำให้ปริมาตรเลือดที่หัวใจบีบตัวเพิ่มขึ้น

2.3. ปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac output : C.O.) ในขณะที่พักปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาทีมีค่าประมาณ 5 ลิตร/นาที ขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกาย เมื่อมีการออกกำลังกาย ปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาทีจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกาย ในระยะแรกของการออกกำลังกายปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาทีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1 นาที หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนเข้าสู่ภาวะคงที่ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกายซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการจับออกซิเจนของร่างกาย

3. หลอดเลือด ในขณะที่ออกกำลังกายยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภายในหลอดเลือด คือ หลอดเลือดภายในกล้ามเนื้อมีการขยายตัวเพื่อรับเลือดไปเลี้ยงมากขึ้น มีผลทำให้อัตราการไหลของเลือดเร็วขึ้น และความดันเลือดก็เพิ่มขึ้นด้วย

3.1 ความดันเลือด (Blood pressure) การบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจมีผลเพิ่มความดันเลือดในหัวใจ ทำให้ลิ้นหัวใจเปิดออกสู่หลอดเลือด ความดันเลือดในหลอดเลือดแดงใหญ่ ทั้ง Aorta และ Pulmonary artery สูงขึ้น ทำให้เกิดการไหลของเลือดไปตามหลอดเลือดต่างๆ ความดันเลือดในหลอดเลือดแดงใหญ่ จะปรากฏเป็นคลื่นสูงต่ำเป็นจังหวะตามการเต้นของหัวใจ ความดันสูงเกิดขึ้นขณะหัวใจบีบตัว เรียกว่า Systolic pressure (SP) ความดันต่ำสุดที่เกิดขึ้นขณะหัวใจคลายตัวเรียกว่า Diastolic pressure (DP) ขณะออกกำลังกายความดันสูงเกิดขึ้นขณะหัวใจบีบตัวจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความหนักของการออกกำลังกาย เป็นผลมาจากปริมาตรเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาที ส่วนค่าความดันเลือดต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัวเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในขณะที่ออกกำลังกาย

3.2 ออกซิเจนในกระแสเลือด ความแตกต่างของออกซิเจนในหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ เรียกว่า $a-v_{O_2}$ diff หรือ Arterial-venous oxygen difference ซึ่งค่าของ $a-v_{O_2}$ diff ในขณะออกกำลังกายจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าในขณะที่พัก

3.3 ปริมาตรน้ำที่เป็นส่วนประกอบของเลือด (Plasma volume) ลดลงประมาณ 10-20% ภายหลังจากออกกำลังกาย หากออกกำลังกายเต็มที่จะลดลง 15-20% ถ้าเป็นการออกกำลังกายด้วยการฝึกแบบแรงต้าน (Resistance training) ที่ความหนัก 40% Plasma volume ลดลง 7.7% แต่ถ้าใช้ความหนักที่ 70% จะลดลง 13.9% การลดลงของ Plasma volume ทำให้เลือดมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้การไหลเวียนของเลือดช้าลง ซึ่งจะไปจำกัดการขนส่งออกซิเจน

3.4 ความเป็นกรดต่างในเลือด ในขณะที่ค่า pH~7.4 ในขณะที่การออกกำลังกายที่ความหนัก 50% ค่า pH จะลดลงเล็กน้อย มีค่า pH~7.0

ระบบหายใจ (respiratory system)

สิ่งมีชีวิตมีความต้องการออกซิเจน (O_2) สำหรับนำไปใช้สันดาปอาหารเพื่อสร้างพลังงาน และมีความจำเป็นต้องกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาการสันดาปอาหาร ความต้องการได้รับออกซิเจนและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่สิ่งมีชีวิตยังดำรงชีวิตอยู่และทำงานได้ ในร่างกายมนุษย์มีระบบหายใจ (Respiratory system) ประกอบด้วย

1. ส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศ (Conducting airways) นับตั้งแต่โพรงจมูก (Nasal cavity) ปากคอกหอย (Pharynx) กล่องเสียง (Larynx) หลอดลมใหญ่ (Trachea) หลอดลมเล็ก (Bronchi) หลอดลมฝอย (Bronchioles) ในส่วนโพรงจมูก ปาก กล่องเสียง และส่วนบนของหลอดลมใหญ่จะอยู่นอกช่องอก (Extrathoracic) หลอดลมใหญ่ส่วนล่างจะแตกแขนงไปเป็นหลอดลมเล็กซ้ายและขวา ซึ่งแต่ละด้านจะแตกออกเป็นสองแขนงเรื่อยๆ ไป การแตกแขนงจะเกิดขึ้นประมาณ 16 ครั้ง จึงถึงหลอดลมฝอยส่วนปลายที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.6-0.8 มิลลิเมตร ภายในท่อจะมีกล้ามเนื้อเรียบอยู่ภายใน การแตกแขนงแต่ละครั้งจะทำให้ขนาดของท่อเล็กลงไปเรื่อยๆ แต่จะทำให้มีจำนวนและพื้นที่หน้าตัดของท่อทางเดินอากาศเพิ่มมากขึ้น ผนังท่อทางเดินอากาศจะมีเซลล์เยื่อ (Epithelial cell) ซึ่งมีขน (Cilia) จำนวนมากปกคลุมอยู่ และยังมี Goblet cell ทำหน้าที่ผลิตเมือกแทรกอยู่โดยทั่วไป ระบบท่อทางเดินอากาศมีหน้าที่สำคัญ 4 ประการ คือ

1.1. เป็นทางเดินอากาศระหว่างบรรยากาศกับถุงลมปอด

1.2. ให้ความชื้นแก่อากาศที่จะผ่านเข้าปอด ในขณะที่อากาศจากบรรยากาศที่มีความชื้นต่ำ ไหลผ่านท่อทางเดินอากาศเพื่อเข้าสู่ปอด จะมีการระเหยของน้ำจากของเหลวที่ถูกสร้างและหลังจากต่อมบนผนังทางเดินอากาศส่วนต้น ทำให้อากาศที่ผ่านเข้าไปถึงถุงลมปอดอิมตัวด้วยไอน้ำเหมาะสำหรับการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านผนังถุงลม

1.3. อุ่นอากาศที่จะผ่านเข้าสู่ปอดให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกาย โดยเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณท่อทางเดินอากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่านเข้ามา โดยวิธีการแผ่รังสีความร้อน (heat radiation) ทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นช่วยเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซที่บริเวณผนังถุงลมปอดให้สูงขึ้น

1.4. ทำความสะอาดอากาศที่จะผ่านเข้าสู่ปอดด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การกรองด้วยขนจมูก และการดักจับด้วยชั้นเยื่อเมือก (Mucus lining) ที่เคลือบผนังทางเดินอากาศอยู่โดยขนของเซลล์เยื่อผนัง



ทางเดินอากาศจะ โบกพัดให้ชื้นเยื่อเมือกพร้อมด้วยสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เคลื่อนยื้อขึ้นสู่ลำคอและถูกขจัดทิ้งโดยการกลืนหรือการขับออกทางจมูกและปาก

เส้นประสาทหลักที่มายังระบบท่อทางเดินหายใจ คือ เส้นประสาทเวกัสและเส้นประสาทซิมพาเทติก มีหน้าที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่ผนังหลอดเลือดและผนังหลอดลม และยังควบคุมการหลั่งเยื่อเมือกของ Goblet cell และ Mucus secreting gland ในผนังหลอดลมด้วย

2. ส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Respiratory) เริ่มตั้งแต่หลอดหายใจฝอย (Respiratory bronchioles) ท่อถุงลม (Alveolar duct) ถุงลมใหญ่ (Alveolar sac) และถุงลมเล็ก (Alveoli) โครงสร้างเหล่านี้จะมีผนังบางพอที่จะยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศในถุงลมกับอากาศในเลือดของเส้นเลือดฝอยที่แตกแขนงเป็นร่างแหห่อหุ้มอยู่โดยรอบ หลอดหายใจฝอยแต่ละหลอดจะแตกแขนงออกไปเป็นถุงลมใหญ่ (Alveolar sac) ประมาณ 100 ถุง เรียกว่าเป็น 1 Functional unit ของปอด ถุงลมใหญ่แต่ละถุงประกอบด้วย ถุงลมเล็ก (Alveoli) ประมาณ 20 ถุง ในปอดของคนปกติจะมีถุงลมเล็กจำนวนประมาณ 300 ล้านถุง โครงสร้างถุงลม ประกอบด้วย เซลล์เยื่อ (Epithelial cell) ชั้นเดียว แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 (Type I alveolar epithelial cell) เป็นเซลล์ส่วนใหญ่ของผนังถุงลมมีลักษณะแบนและบางมาก ชนิดที่ 2 (Type II alveolar epithelial cell) เป็นเซลล์เยื่อที่มีขนาดและรูปร่างใหญ่กว่า ทำหน้าที่สร้างสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) โครงสร้างของระบบหายใจตั้งแต่หลอดลมใหญ่ส่วนปลายลงมาถึงถุงลมปอดจะอยู่ในช่องทรวงอก (Thoracic cavity) ด้านล่างของช่องทรวงอกเป็นแผ่นกล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) กั้นอวัยวะภายในช่องอกและช่องท้องออกจากกัน ปอดจะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ เรียกว่า Visceral pleura ส่วนเยื่อบางๆ ที่บุช่องทรวงอกเรียกว่า Parietal pleura

นอกจากหน้าที่หลักในการขนส่งและแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายนอกกับภายในร่างกายแล้ว ระบบหายใจยังมีหน้าที่สำคัญอื่นอีก ดังนี้

1. ช่วยในการควบคุมดุลกรดด่างของร่างกาย การเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในร่างกายจะนำไปสู่การเพิ่มปริมาณกร (H^+) และในทางกลับกันการเพิ่มปริมาณกรดจะนำไปสู่การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยปฏิกิริยา $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ดังนั้นระบบหายใจมีส่วนช่วยในการควบคุมดุลกรดด่างของร่างกายได้ โดยการควบคุมการขับทิ้ง CO_2 ออกจากร่างกาย

2. ช่วยในการเปล่งเสียง เสียงเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านสายเสียง (Vocal cord) แลทำให้สายเสียงสั่นสะเทือน การเปล่งเสียงจึงสามารถเกิดขึ้นได้โดยการควบคุมกล้ามเนื้อช่วยการหายใจผ่าน

ระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อทำให้เกิดการไหลของอากาศผ่านสายเสียงและปาก ซึ่งจะทำให้เกิดเสียงลักษณะต่างๆ ตามต้องการ

3. ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากสิ่งแปลกปลอมในอากาศที่หายใจ สิ่งแปลกปลอมที่ผ่านเข้าไปถึงทางเดินอากาศส่วนปลายและถุงลม จะถูกกำจัดออกจากร่างกายได้หลายทาง เช่น โดยกระบวนการ Mucociliary escalator ถูกกินโดยเซลล์แมกโครเฟจ ถูกขจัดออกทางระบบน้ำเหลือง ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ต่างๆ ในน้ำเลือดหรือน้ำหลังจากเซลล์ หรืออาจถูกกำจัดโดยระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย

4. ทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บสำรองเลือด ระบบไหลเวียนเลือดของปอดในผู้ชายปกติหนัก 70 กิโลกรัม สามารถจะเลือดไว้ได้ถึง 500 มิลลิลิตร จึงทำให้ปอดสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บสำรองเลือดสำหรับการสูดฉีดเลือดออกจากหัวใจข้างซ้ายได้ในคราวจำเป็น

5. ช่วยทำหน้าที่เป็นแหล่งกรองเลือดของร่างกาย โดยที่ลิ้มเลือด ฟองอากาศ เศษชิ้นส่วนของเซลล์ หรือเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์ไขมัน ไชกระดูก เซลล์มะเร็ง อาจหลุดลอยมาในกระแสเลือด และอาจไปอุดตันตามเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญ เช่น สมองหรือ หัวใจ เมื่อเลือดไหลผ่านร่างแหเส้นเลือดฝอยของปอดซึ่งจำนวนมาก สิ่งอุดตันเหล่านี้จะมาติดหรืออุดตันที่เส้นเลือดฝอยของปอดแทน ซึ่งเป็นผลทำให้ไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้น ในถุงลมที่ไม่มีเลือดมาเลี้ยง ซึ่งปอดสามารถเปิดเส้นเลือดฝอยเส้นอื่นที่ปกติปิดอยู่ขึ้นมาใช้งานเพิ่มเติมได้ในคราวจำเป็นและสิ่งอุดตันเหล่านั้นจะถูกขจัดออกจากเส้นเลือดฝอยของปอดภายใน 4-5 วัน โดยการย่อยสลายของเอนไซม์ โดยเซลล์แมกโครเฟจ หรือโดยการขจัดออกทางระบบน้ำเหลือง

6. ทำหน้าที่ในกระบวนการเมทาบอลิซึมของสารบางชนิด เช่น เปลี่ยนแองจิโอเทนซิน I ไปเป็นแองจิโอเทนซิน II การกำจัดสาร Norepinephrine ออกจากกระแสเลือดเมื่อเลือดไหลผ่านปอด สร้างและหลั่งสารที่มีผลภายในปอดเอง เช่น สารลดแรงตึงผิว เป็นต้น (คณะวิทยาศาสตร์, 2539)

การทำงานของระบบหายใจขณะออกกำลังกาย จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน (O_2) เพิ่มขึ้นถึง 30 เท่า ร่างกายต้องมีการปรับการหายใจให้เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการในขณะออกกำลังกาย ซึ่งในขณะพักจะมีอัตราการหายใจ (Respiratory rate : R.R.) เฉลี่ยประมาณ 12-16 ครั้งต่อนาที ส่วนปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้ง (Tidal Volume : T.V.) ในขณะพักมีค่าประมาณ 500 มิลลิลิตร ส่วนปริมาณการระบายอากาศหายใจต่อนาที (Minute Ventilation : M.V.) ในคนปกติขณะพักมีค่าประมาณ 6 ลิตรต่อนาที ในขณะออกกำลังกายจะทำให้การหายใจเพิ่มขึ้นทั้ง อัตราการหายใจ (Respiratory rate : R.R.) และปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละนาที (Tidal Volume : T.V.) ซึ่งอัตราการหายใจจะเพิ่มได้ สัมพันธ์กับความหนักของการออกกำลังกาย การออกกำลังกายอย่างหนักมีผลทำให้อัตราการหายใจและ

ปริมาณการหายใจต่อนาทีจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาการออกกำลังกาย ระบบหายใจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับการฝึก ผู้ที่ได้รับการฝึกแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. อัตราการหายใจ การฝึกหรือการออกกำลังกายมีผลต่อระบบการหายใจ คือ ทำให้ทรวงอกขยายและความลึกของการหายใจเพิ่มขึ้น ส่วนอัตราการหายใจช้าลง ผู้ที่ได้รับการฝึกจะมีการหายใจที่ได้ประโยชน์มากกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก ในการออกกำลังกายอย่างเดียวกัน ความต้องการออกซิเจนน้อยกว่า เพราะสามารถใช้ออกซิเจนจากอากาศได้มากกว่า ความแตกต่างจะมากขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายหนักขึ้น ผลจากการฝึกจะเกิดขึ้นช้า และเห็นผลได้ใน 7 สัปดาห์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการหายใจขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกาย

2. การระบายอากาศ เป็นค่าของการระบายอากาศสูงสุดต่อนาทีที่เพิ่มขึ้นจากการฝึก เป็นการเพิ่มขึ้นของปริมาณของอากาศหายใจเข้าหรือออกแต่ละครั้ง และความถี่ของการหายใจ ผู้ที่ได้รับการฝึกจะมีค่าของการระบายอากาศต่อนาทีต่ำกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก เมื่อออกกำลังกายด้วยความหนักที่เท่ากัน

3. งานของการหายใจ เมื่อให้ออกกำลังกายด้วยความหนักที่เท่ากัน ผู้ที่ได้รับการฝึกจะใช้ ออกซิเจนน้อยกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก เนื่องจากกล้ามเนื้อของการหายใจของผู้ที่ได้รับการฝึกมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ดีกว่า ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์และไมโทคอนเดรียที่ระดับเซลล์ (ชูศักดิ์ และกันยา, 2536)

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ชูศักดิ์และกันยา (2536) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake) เป็นความสามารถของร่างกายที่จะนำออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอด เข้าไปใช้สร้างพลังงานภายในเซลล์ได้มากที่สุด ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างเต็มที่ สอดคล้องกับ Kent (1998) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption : VO_2 max) เป็นความสามารถของร่างกายที่จะนำออกซิเจนที่หายใจเข้าไปเพื่อใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานภายในเซลล์ให้ได้มากที่สุดในเวลา 1 นาที ความสามารถในการใช้ออกซิเจนเพื่อสร้างพลังงานมีความสำคัญต่อความสามารถของร่างกายในการที่จะประกอบกิจกรรมหรือออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องยาวนาน โดยไม่เหน็ดเหนื่อย ออกซิเจนจะถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อได้ใช้จำนวนมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 4 อย่าง (ประทุม, 2527) คือ

1. ปริมาณอากาศที่เข้าสู่ปอด (Minute ventilation) อากาศจะเข้าสู่ปอดมากในขณะที่ออกกำลังกายหรือมีความจุปอด (Vital capacity) เพิ่มขึ้นทำให้ความดันของออกซิเจนภายในปอดมีมากขึ้น การฟุ้งกระจาย การไหลของก๊าซเข้าสู่ระบบการไหลเวียนเลือดสะดวกขึ้น ออกซิเจนไหลเข้าสู่เซลล์มากขึ้น

2.ความสามารถของโลหิตที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ตัวการสำคัญในการจับออกซิเจนเข้าสู่กระแสโลหิต คือ Hemoglobin ถ้ามีจำนวนมากจะสามารถนำพาออกซิเจนไปใช้ได้มาก

3.ความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อ คือ ความจำเป็นที่ต้องการสร้างพลังงานโดยใช้ออกซิเจน ในกิจกรรมที่ต้องออกแรงติดต่อกันเป็นเวลานาน จึงต้องมีการนำเอาออกซิเจนจากบรรยากาศมาทดแทนออกซิเจนที่ใช้ไป

4.ปริมาณเลือดที่ฉีดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) หากหัวใจฉีดเลือดออกจากหัวใจมากการใช้ออกซิเจนจะมากตามไปด้วย

สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันตามสถานะทางเพศ อายุ ขนาดรูปร่าง โดยจะเพิ่มขึ้นตามอายุ สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้นสูงสุด เมื่ออายุ 20-25 ปี ในเพศหญิงมีค่าประมาณ 40 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และ 25-30 ปี ในเพศชาย มีสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดประมาณ 50 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที หลังจากช่วงอายุดังกล่าวสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดจะคงที่และค่อยๆ ลดต่ำลง (ชูศักดิ์และกันยา, 2536) ซึ่งสามารถดูได้จากเกณฑ์มาตรฐาน ตามตารางดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์มาตรฐานความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

Age (yr)	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
Women					
20-29	≤31	32-34	35-37	38-41	42+
30-39	≤29	30-32	33-35	36-39	40+
40-49	≤27	28-30	31-32	33-36	37+
50-59	≤24	25-27	28-29	30-32	33+
60+	≤23	24-25	26-27	28-31	32+
Men					
20-29	≤37	38-41	42-44	45-48	49+
30-39	≤35	36-39	40-42	43-47	48+
40-49	≤33	34-37	38-40	41-44	45+
50-59	≤30	31-34	35-37	38-41	42+
60+	≤26	27-30	31-34	35-38	39+

หน่วย : มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

ที่มา : Heyward (1997). Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription.

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับขนาดร่างกาย จำนวนกล้ามเนื้อ ความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิต และกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์ ในขณะที่ออกกำลังกาย อัตราการใช้ออกซิเจนจะแปรตามความหนักเบาของการออกกำลังกาย โดยอัตราการใช้ออกซิเจนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นระหว่าง 2-3 นาทีแรกของการออกกำลังกายจนถึงระดับคงที่ (Steady state) ในระยะเวลา 3-6 นาที ซึ่งเป็นระดับที่อัตราการรับออกซิเจนของเนื้อเยื่อจากเลือดใกล้เคียงกับอัตราการใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อ เมื่อหยุดออกกำลังกายภาย้อตราการใช้ออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงสู่ภาวะปกติ (เพ็ญพิมล, 2537) การฝึกตามโปรแกรมการฝึกสามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ในระดับสูงสุดภายใต้ของเขตที่สามารถเพิ่มขึ้นได้ โดยค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะปรากฏชัดในรูปของปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของร่างกายต่อหน่วยเวลา (ml/kg//min) (William, 2006) ดังนั้น การออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ซึ่ง Hoeger (1989) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่เหมาะสมไว้ดังนี้

1. ชนิดของการออกกำลังกาย (Mode of exercise) การเสริมสร้างสมรรถภาพระบบไหลเวียนโลหิตต้องเป็นการออกกำลังกายที่ใช้พลังงานจากการสันดาปด้วยออกซิเจน ขอบเขตการออกกำลังกายให้อัตราการเต้นของหัวใจถึงเป้าหมายที่กำหนดและมีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในสภาวะคงที่ให้นานเท่าที่การออกกำลังกายจะเพียงพอต่อการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิต เช่น การวิ่ง การเดิน การกระโดดเชือก การว่ายน้ำ และการถีบจักรยาน

2. ความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity of exercise) การเสริมสร้างสมรรถภาพระบบไหลเวียนโลหิตจะได้ผลดีเมื่อออกกำลังกายที่ระดับความหนักของงาน 60-90% ของระดับความจุสำรองหัวใจ (Heart reserve capacity) แต่ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะกำหนดระดับความหนักของการออกกำลังกายที่ระดับ 60-75% ของความจุสำรองหัวใจ (Heart reserve capacity) เพื่อให้แน่ใจว่าการออกกำลังกายได้ผลดี และป้องกันการออกกำลังกายใกล้จุดสูงสุดเกินไปในผู้ที่ไม่เคยออกกำลังกายมาก่อน การออกกำลังกายในระดับนี้ช่วยให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละครั้งมีค่าสูงสุด และกล้ามเนื้อหัวใจเกิดภาวะด้านปริมาณ (Volume load) การออกกำลังกายที่เพิ่มความหนักขึ้นทำให้เกิดผลดีแต่ต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม

3. ระยะเวลาในการออกกำลังกาย (Duration of exercise) การออกกำลังกายแบบแอโรบิกควรใช้เวลาในการออกกำลังกายมากกว่า 10 นาที ถ้าเวลาในการออกกำลังกายสั้นเกินไปหรือพักนานเกินไป อัตราการเต้นของหัวใจจะลดต่ำกว่าระดับที่ให้ผลจากการฝึก ซึ่งระยะเวลาการออกกำลังกายจะขึ้นอยู่กับความหนักในการออกกำลังกาย เช่น ความหนักของการออกกำลังกายที่ระดับ 85-90% ควรใช้เวลาในการออกกำลังกายประมาณ 15-20 นาที และถ้าใช้ความหนักที่ 60-70% ควรฝึกเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาทีขึ้นไป โดยมีการอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกและมีการคลายอุ่นร่างกายภายหลังการฝึกทุกครั้ง

4.การออกกำลังกายต้องมีการปรับเพิ่มความหนัก (Progressive overload exercise) ในอัตราสม่ำเสมอตามสมรรถภาพทางกายที่เพิ่มขึ้น เมื่อการฝึกผ่านไป 2-3 สัปดาห์ และเมื่อความหนักในการออกกำลังกายใกล้จุดสูงสุด (Sub-maximal) ประมาณ 75-85% ของความหนักสูงสุด จึงรักษาระดับความหนักของการออกกำลังกาย

5.ความถี่ของการฝึก (Frequency of exercise) การออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์ โดยออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20-30 นาที ก็เพียงพอต่อการพัฒนาระบบการไหลเวียนโลหิตและหายใจ

ระบบพลังงานในร่างกาย

การออกกำลังกายหรือการฝึกกีฬาจำเป็นต้องอาศัยการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัยพลังงานทางเคมีที่ได้จากสารอาหารเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ใช้ในการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ ร่างกายได้พลังงานมาจากอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน พลังงานที่ได้จากอาหารจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบที่ให้พลังงานสูง คือ สารเอทีพี (ATP : Adenosine Triphosphatase) การใช้พลังงานของร่างกายมีแหล่งของพลังงานอยู่ 3 แหล่ง (Jack and David, 2000) คือ

1.แหล่งพลังงานที่ได้จากระบบ ATP-PC (Adenosine Triphosphate-Phosphocreatine) พลังงานได้มาจากสารเอทีพี (ATP : Adenosine Triphosphate) และสารพีซี (PC : Phosphocreatine) พบได้ในเซลล์ทั่วไป และพบมากในเซลล์กล้ามเนื้อ ร่างกายสามารถนำพลังงานชนิดนี้มาใช้ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนในกระบวนการสันดาป ATP-PC จะถูกนำมาใช้ได้ทันทีที่กล้ามเนื้อมีการหดตัว เป็นแหล่งที่ให้พลังงานสูงและจะหมดไปอย่างรวดเร็วในช่วง 30 วินาทีแรกของการออกกำลังกาย

2.แหล่งพลังงานจากระบบไกลโคไลติก (Glycolytic system) เป็นระบบพลังงานที่ได้จากการสลายสารไกลโคเจนในระบบแอนแอโรบิก โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจนเพื่อสังเคราะห์ ATP ที่มีความสำคัญในการออกกำลังกายระยะสั้น 1-3 นาที ซึ่งผลจากการทำงานในระบบนี้จะก่อให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid) สะสมอยู่ภายในเซลล์กล้ามเนื้อและในกระแสเลือด เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดอาการเมื่อยล้า

3.แหล่งพลังงานจากระบบแอโรบิก (Aerobic system) พลังงานที่ได้จากขบวนการออกซิเดชันสารอาหาร คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ซึ่งขบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) จำเป็นต้องใช้ ออกซิเจน จึงได้ สาร ATP จำนวนมาก ทำให้สามารถทำงานได้ติดต่อกันเป็นเวลานาน

การฝึกแบบวงจรหรือสถานี (Circuit Training)

การฝึกแบบวงจรเป็นการฝึกแบบสลับช่วงพัก (Interval training) ชนิดหนึ่งที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการลดน้ำหนักและเสริมสร้างกล้ามเนื้อ (Kennedy, 2007) สอดคล้องกับ Kravitz (2005) กล่าวว่า การฝึกแบบวงจรเป็นการนำเอากิจกรรมการออกกำลังกายที่ถูกเลือกมาใช้ในการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องติดต่อกัน โดยมีจำนวนสถานีการฝึกในหนึ่งวงจรจำนวน 9-12 สถานี จำนวนสถานีในแต่ละวงจรอาจมีจำนวนที่แตกต่างกันออกไป ในการฝึกแบบวงจรผู้ที่ออกกำลังกายจะเปลี่ยนจากสถานีที่หนึ่งไปยังสถานีถัดไปโดยใช้เวลาในการพักน้อยที่สุด (15-30 วินาที) หรือไม่พักเลย โดยแต่ละสถานีจะใช้เวลาในปฏิบัติกิจกรรม 15-45 วินาที หรือ 8-20 ครั้ง ถ้าเป็นการฝึกด้วยน้ำหนักจะใช้ความหนักที่ 40-60% ของความสามารถได้สูงสุดเพียง 1 ครั้ง (1 RM) ในโปรแกรมการฝึกอาจจะประกอบด้วย Machine Weight Training อุปกรณ์ที่เป็น Free Weight ลูกบอลออกกำลังกาย หรือท่ากายบริหารก็ได้ การฝึกแบบวงจรเป็นการฝึกที่ผสมผสานระหว่างการฝึกความแข็งแรงและการฝึกความอดทน การฝึกแบบวงจรประกอบด้วย การออกกำลังกาย 6-10 สถานี แต่ละสถานีใช้เวลาหรือจำนวนครั้งในการกำหนดความหนักของงาน ในขณะที่ทำการฝึก เช่น การฝึกยกน้ำหนักด้วยท่า Squat 15 วินาที พัก 15 วินาที แล้วจึงทำการฝึกในท่า Bench presses อีก 15 วินาที เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล (Clapis, 2005) การฝึกแบบวงจรสามารถปรับให้เหมาะสมกับผู้ออกกำลังกายที่มีสมรรถภาพทางกายที่ต่างกัน เป็นการออกกำลังกายเพื่อฝึกความแข็งแรงและความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต ความหนักที่ใช้ในการฝึกความแข็งแรงแบบวงจร คือ 40%-50% ของความสามารถสูงสุดที่นักกีฬาผู้นั้นสามารถยกได้ 1 ครั้ง (1 RM) ส่วนนักกีฬาที่ผ่านการฝึกมาแล้วสามารถเริ่มต้นการฝึกที่ระดับความหนักที่ 70% ของความสามารถสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง (เจริญ, 2540) ส่วนการฝึกแบบแอโรบิกจะใช้ความหนักของงานที่ระดับ 30-50% ของชีพจรสูงสุด การฝึกจะเริ่มจากกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ก่อน และใช้เวลาพักในแต่ละกิจกรรมน้อยที่สุด (Baechle, 1994) สอดคล้องกับ สมพัฒน์ (2550) กล่าวว่า การฝึกแบบวงจร (Circuit training) เป็นการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง โดยใช้อุปกรณ์หรือท่าทางในการออกกำลังกายหลายๆ แบบเรียงตามลำดับ โดยให้มีเวลาในการพักระหว่างสถานีน้อยที่สุด จะมีประโยชน์ในการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ จะเห็นได้ว่า การฝึกแบบวงจรเป็นการออกกำลังกายที่ต้องทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องติดต่อกันจนครบทุกสถานีที่ได้กำหนดไว้ กำหนดให้มีเวลาพักระหว่างสถานีน้อยที่สุดหรือไม่พักเลย เป็นการเสริมสร้างสมรรถภาพทางด้านความแข็งแรงและความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ

การสร้างโปรแกรมการฝึกแบบวงจรต้องพิจารณาถึงความพร้อมของผู้รับการฝึก สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ระดับสมรรถภาพทางกาย อายุ เพศ และสัดส่วนของร่างกาย ศิริรัตน์ (2535) กล่าวว่า องค์ประกอบพื้นฐานในการสร้างโปรแกรมการฝึกที่ต้องพิจารณา มีดังนี้

1. การเลือกกิจกรรมหรือชนิดของการฝึกขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่ต้องการ เช่น การสร้างโปรแกรมการฝึกเพื่อลดปริมาณไขมันในร่างกายจะต้องมีเนื้อหารายละเอียดที่เกี่ยวกับการลดปริมาณไขมันในร่างกาย

2. ระยะเวลาในการฝึกแต่ละวันขึ้นอยู่กับระดับความพร้อมทางสมรรถภาพทางกายของผู้เข้ารับการฝึกเป็นสำคัญ

3. ช่วงเวลาในการฝึกขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการฝึกแต่ละวันและความหนักของงานในแต่ละกิจกรรม โดยทั่วไปการฝึกควรฝึก 3 วันต่อสัปดาห์

4. ความหนักเบาของกิจกรรม การกำหนดความหนักเบาของกิจกรรมในการฝึกต้องคำนึงถึงสมรรถภาพทางกายของผู้เข้ารับการฝึกด้วย เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ฝึก การฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย ความหนักในการฝึกควรเริ่มจากความหนักระดับเบาก่อน แล้วค่อยเพิ่มความหนักทีละน้อย และกิจกรรมที่ใช้ควรเริ่มจากกิจกรรมที่ง่ายไปหายาก

5. ระยะเวลาของโปรแกรมฝึกต้องคำนึงถึงความสามารถของแต่ละบุคคลและขีดความสามารถสูงสุดเฉพาะบุคคล และต้องเข้าใจว่าความสามารถในการฝึกของแต่ละคนในแต่ละด้านในช่วงเวลาเดียวกันนั้นไม่เท่ากัน แต่โดยทั่วไปแล้วการฝึกระยะเวลา 6 สัปดาห์ ก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อร่างกายได้

Kravitz (2005) ได้ให้หลักในการสร้างโปรแกรมฝึกแบบวงจรไว้ดังนี้

1. การเลือกจำนวนของการออกกำลังกายหรือชนิดของการออกกำลังกายในการฝึกแบบวงจร ควรกำหนดการออกกำลังกายให้เป็นลักษณะที่ต่อเนื่องกัน

2. การออกกำลังกายหนึ่งวงจรควรจัดให้มีสถานีฝึกประมาณ 9-12 สถานี จำนวนของสถานีอาจจะมากขึ้นก็ได้ตามวัตถุประสงค์หรือการออกแบบการฝึก

3. ขณะออกกำลังกายในแต่ละสถานีควรใช้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรม 15-45 วินาที หรือ 8-20 ครั้ง (ความหนักของงานประมาณ 40-60% ของ 1 RM)

4. การเปลี่ยนกิจกรรมการออกกำลังกายหรือเปลี่ยนสถานีควรใช้เวลาในการพักประมาณ 15-30 วินาทีหรือไม่พักเลย ในการออกกำลังกายอาจมีการเพิ่มอุปกรณ์ หรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่หลากหลาย

5. หากต้องการพัฒนาความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตพร้อมกันสามารถทำได้โดยเพิ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ใช้เวลาปฏิบัติกิจกรรมประมาณ 30 วินาที ถึง 3 นาที ระหว่างเปลี่ยนสถานี

สรุปได้ว่า การฝึกแบบวงจร (Circuit training) เป็นการฝึกที่ผสมผสานกันระหว่างการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ และการฝึกความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต และการหายใจ จำนวนสถานีที่ใช้ในการฝึกจะมากขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการฝึก มีการจัดลำดับกิจกรรมการฝึกที่เลือกแล้วไว้เป็นสถานี โดยการฝึกจะต้องใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ไปหากกลุ่มกล้ามเนื้อมัดเล็ก ข้อดีของการฝึกแบบวงจร คือ ใช้เวลาฝึกไม่มาก การฝึกเป็นไปอย่างต่อเนื่องและสร้างความเพลิดเพลินในการฝึกไม่เบื่อหน่าย

ความสำคัญของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสถานี

เจริญ (2540) กล่าวว่า การฝึกด้วยน้ำหนักแบบสถานีหรือวงจร ได้ถูกนำมาใช้ในการฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับนักกีฬา ทำกายบริหารยกน้ำหนัก และจำนวนสถานีฝึกได้ถูกกำหนดและจัดเตรียมไว้โดยที่นักกีฬาสามารถหมุนเวียนจากสถานีฝึกหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่งได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็วใช้เวลาน้อย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกแต่ละสถานีฝึก อาจใช้อุปกรณ์ คัมเบล บาร์เบล หรือเครื่องมือฝึกกล้ามเนื้อเฉพาะส่วน หรืออาจผสมผสานกันทั้งสองส่วน โดยการฝึกยกน้ำหนักแบบสถานีใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการฝึกให้กับนักกีฬาที่เริ่มฝึกหัดใหม่ (Beginning athletes) หรือใช้ในกรณีที่มีสถานีที่ เวลาและอุปกรณ์จำกัด ซึ่งเหมาะสมหากนำไปใช้ฝึกกับนักกีฬาประเภทที่ต้องการความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ การฝึกแบบนี้จะต้องยกหรือปฏิบัติซ้ำๆ หลายครั้งในแต่ละเซทจึงจะได้ประโยชน์ โดยมีช่วงเวลาพักระหว่างสถานีหรือระหว่างเซทเพียงช่วงสั้นๆ สอดคล้องกับ Wilmore และ Costill (1988) กล่าวว่า การฝึกยกน้ำหนักแบบสถานี (Circuit weight training) สามารถพัฒนาความแข็งแรงกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว หรือความอดทนของระบบหัวใจไหลเวียนเลือดให้ดีขึ้น การฝึกด้วยน้ำหนักแบบสถานี เป็นการออกกำลังกายด้วยน้ำหนักที่ใช้หลักการฝึกให้ร่างกายทำงานอย่างต่อเนื่องนานเพียงพอที่จะมีผลต่อความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ พร้อมกับการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Rasch, 1983) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาติชาย (2536) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสถานีที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจของนิสิตชายและหญิง ผลการวิจัย พบว่า การฝึกยกน้ำหนักแบบสถานีมีผลต่อการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจดีขึ้น



การเสริมสร้างความแข็งแรงกล้ามเนื้อด้วยการฝึกด้วยน้ำหนัก

การเคลื่อนไหวร่างกายต้องใช้กล้ามเนื้อในการหดตัว ซึ่งต้องอาศัยกล้ามเนื้อหลายมัดทำหน้าที่ประสานงานร่วมกันเพื่อให้การเคลื่อนไหวนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การทำหน้าที่ประสานกันของกลุ่มกล้ามเนื้อสามารถแบ่งได้ดังนี้ (เลิศลักษณ์, 2537)

1.Mover หรือ Agonist เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่ทำหน้าที่ร่วมกันเพื่อให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวไปในแนวใดแนวหนึ่ง ประกอบด้วย Prime mover เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวโดยตรง และ Assistant mover หรือ Secondary mover เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ช่วยสนับสนุนในการเคลื่อนไหวเพื่อให้การเคลื่อนไหวดีขึ้น

2.Antagonist เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงกันข้ามกับการเคลื่อนไหว คือ เมื่อกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เคลื่อนไหว (agonist) หดตัว กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงกันข้ามกับการเคลื่อนไหว (antagonist) จะเหยียดตัวออก

3.Stabilizer หรือ Fixator หรือ Supportor เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ช่วยในการยึดกระดูกในส่วนต่างๆ ของร่างกายให้คงสภาพนิ่งอยู่กับที่ ในขณะที่ส่วนอื่นๆ มีการเคลื่อนไหว

4.Neutralizer เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่ต้องการหรือเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่รักษาสมดุลในการเคลื่อนไหว

5.Synergist เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวโดยตรงแต่จะเป็นตัวช่วยให้กล้ามเนื้ออื่นๆ เคลื่อนไหวได้เต็มที่

การประกอบกิจกรรมการออกกำลังกายจำเป็นต้องมีพื้นฐานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถภาพทางกาย และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการประกอบทักษะของกิจกรรมประเภทต่างๆ (วิริยา, 2529) การฝึกด้วยน้ำหนัก เป็นการฝึกเพื่อพัฒนากล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกระดูก โดยมีวัตถุประสงค์พื้นฐานเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อ ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength) เป็นความสามารถสูงสุดของกล้ามเนื้อในการออกแรง (Scott, 1996) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเกิดจากปัจจัย 3 ประการ คือ แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการให้ทำงาน (Agonists) คือ ผลรวมของแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ความสามารถของกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม (Antagonists) ที่จะทำงานประสานกับกล้ามเนื้อกลุ่มที่ต้องการทำงาน และอัตราส่วนทางเมคานิกส์ของการจัดระบบคานของร่างกาย (กระดูก) ที่เกี่ยวข้อง (ชูศักดิ์ และกันยา, 2536) การเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะถูกกำหนดด้วยพื้นฐานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของ

กล้ามเนื้อลายแต่ละมัด หากกล้ามเนื้อลายมีพื้นที่หน้าตัดมาก กล้ามเนื้อมัดนั้นก็จะมีความแข็งแรงมาก (อนันต์, 2527) แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับคุณภาพและขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อลาย แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมากที่สุดเมื่อข้อต่อยึดออกเป็นมุมกว้างเต็มที่ และถูกดึงกลับอย่างสม่ำเสมอจนมัดกล้ามเนื้อหดสั้น (ศิริรัตน์, 2531) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของมุมการฝึกเพื่อให้เกิดความแข็งแรง การฝึกยกน้ำหนักทำให้พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อโตขึ้น และมีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดกับการเพิ่มแรงของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับความแข็งแรง และความเร็ว การเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยการฝึกยกน้ำหนักจะทำให้กำลังและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Niwa, 1970) การฝึกด้วยน้ำหนักในขนาดปานกลางมีผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ (Swensen, 1993) การขยายขนาดของกล้ามเนื้อเป็นการขยายขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อในแต่ละมัดมีจำนวนคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง (เสก, 2534)

หลักการฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นที่ยอมรับกัน คือ หลักการฝึกหนักเกินปกติ (Overload principle) เป็นการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านทานที่สูงกว่าความสามารถปกติของกล้ามเนื้อด้วยการเพิ่มแรงต้านทานให้สูงขึ้นทีละน้อยจนเกือบเท่าความสามารถสูงสุดที่กล้ามเนื้อจะสามารถทำงานได้ ซึ่งมีผลทำให้กล้ามเนื้อมีการตอบสนองต่อการฝึก โดยกล้ามเนื้อมีการขยายขนาดใหญ่ขึ้น (Hypertrophy) (Westcott, 1983) เจริญ (2537) กล่าวว่า โปรแกรมการฝึกความแข็งแรงไม่ว่าจะมีรูปแบบเป็นอย่างไร ล้วนแต่ใช้หลักการเพิ่มความหนักในการฝึกมากกว่าปกติมาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดงานหรือความหนักในการฝึกให้กับนักกีฬา หลักการฝึกมากกว่าปกติเป็นการเพิ่มความเครียด (น้ำหนักหรือ แรงต้าน) จำนวนที่มากกว่าจำนวนปกติที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้ หรือใกล้เคียงกับที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้ และจะต้องมีการเพิ่มความเครียดแก่กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งกล้ามเนื้อจะตอบสนองในทางบวกและสามารถเพิ่มความแข็งแรงขึ้นได้ การกำหนดความหนักในการฝึกต้องใช้ความหนักที่เหมาะสม (Optimal load) การเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควรอยู่ในระดับที่ทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงเกือบเต็มที่ในการฝึกแต่ละครั้งจึงสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้มากที่สุด (Pauletto, 1991) ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีอยู่ 3 ประการ คือ ความหนักของการฝึก (intensity) ได้แก่ น้ำหนักแรงต้าน (Load) และอัตราเร็วในการปฏิบัติ (Velocity) ปริมาณของการฝึก (Volume) ได้แก่ ระยะเวลา (Duration) และจำนวนครั้ง (Repetition) และความเข้มของการปฏิบัติ ได้แก่ ระยะเวลา (Duration)

กลุ่มกล้ามเนื้อเป็นพื้นฐานสำคัญของร่างกายที่ควรได้รับการฝึกหรือเสริมสร้างความแข็งแรง กล้ามเนื้อควบคู่กับเสริมสร้างความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ประกอบด้วย กล้ามเนื้อหน้าอก กล้ามเนื้อหัวไหล่ กล้ามเนื้อหลังส่วนบน กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง กล้ามเนื้อปลายแขน กล้ามเนื้อท้อง กล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง กล้ามเนื้อสะโพก กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และกล้ามเนื้อน่อง (เจริญ, 2549) การสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อสามารถทำได้โดยให้กล้ามเนื้อได้ทำงานต้านทานกับแรงต้าน การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อตามลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. การฝึกแบบไอโซโทนิค (Isotonic) เป็นการออกกำลังกายแบบมีการเคลื่อนที่ (Dynamic exercise) เพื่อต้านกับแรงต้าน โดยกล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกหรือหดสั้นเข้าในระหว่างการออกกำลังกาย เช่น การฝึกความแข็งแรงโดยใช้น้ำหนัก (Weight training) (ชูศักดิ์และกันยา, 2536)

2. การฝึกแบบไอโซเมตริก (Isometric) เป็นการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยส่วนของร่างกายที่ออกกำลังกายไม่มีการเคลื่อนที่เป็นเพียงแรงกด ดัน ดึง อยู่กับที่ ข้อต่อไม่มีการเคลื่อนที่ เช่น การย่นคันท้ำแข็ง (ศิริรัตน์, 2534)

3. การฝึกแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic) เป็นการฝึกที่สามารถตั้งความเร็วของการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้ตามความเหมาะสมของการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การฝึกด้วยน้ำหนักเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมีข้อควรพิจารณา ดังนี้ คือ

1. ความเฉพาะเจาะจงในการฝึก Heyward (1991) กล่าวว่า การฝึกด้วยน้ำหนักจะเกิดประโยชน์สูงสุดจะต้องทำการฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการฝึก ชนิดของกิจกรรมการฝึก ความหนักในการฝึก และปริมาณของการฝึก ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการฝึกให้มากที่สุด สอดคล้องกับ ธวัช (2544) กล่าวว่า ความเฉพาะเจาะจงในการฝึกด้วยน้ำหนัก สามารถแบ่งได้ดังนี้

1.1. กลุ่มกล้ามเนื้อ (Muscle groups) เนื่องจากกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในร่างกายมีหน้าที่และลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน การพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้น้ำหนักควรแยกการพัฒนาออกเป็นกลุ่ม และควรได้รับการพัฒนาทุกกลุ่ม

1.2. ลักษณะการเคลื่อนไหว (Movement patterns) กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานมีการเคลื่อนไหวตามลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นๆ

1.3. ทักษะ (Motor skill) เป็นสิ่งสำคัญในการแสดงออกซึ่งความสามารถทางกีฬา เป็นการใช้แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อให้มีความสัมพันธ์กับความเร็วและทำให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างเหมาะสมในชนิดกีฬาต่างๆ

2. การฝึกหนักกว่าปกติ (Overload training) เป็นหลักการสำคัญที่สุดในการฝึกด้วยน้ำหนัก เพราะน้ำหนักเป็นแรงต้านในการฝึก มีผลทำให้กล้ามเนื้อทำงานมากกว่าปกติ Fisher และ Jensen (1990) กล่าวว่า การออกกำลังกายโดยการฝึกยกน้ำหนัก (Weight training) เป็นการฝึกโดยใช้แรงต้านที่ดีที่สุด การฝึกยกน้ำหนักจะต้องเปิดโอกาสให้กล้ามเนื้อทุกมัดของร่างกายได้รับการฝึกอย่างทั่วถึงโดยเริ่มฝึกจากมัดใหญ่และควรฝึกกล้ามเนื้อส่วนบนสลับกับส่วนล่างของร่างกาย สอดคล้องกับ ศิริรัตน์ (2536) กล่าวว่า หลักการฝึกยกน้ำหนักเกินเป็นวิธีการที่ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง โดยใช้น้ำหนักหรือแรงต้านเกินความสามารถมากกว่าปกติ สรุปได้ว่า ปัจจัยที่สำคัญสูงสุดในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกล้ามเนื้อ คือ การใช้แรงต้านที่มีความหนักใกล้เคียงกับความสามารถสูงสุด

3. การเพิ่มความต้านทานในการฝึก เมื่อนักกีฬาได้รับการพัฒนาความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การปรับเพิ่มความหนักในการฝึกให้กับนักกีฬาก็ต้องได้รับการปรับเพิ่มขึ้นด้วย การปรับเพิ่มความหนักในการฝึกด้วยน้ำหนักสามารถทำได้หลายวิธี คือ การเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ในการยก (Weight) เพิ่มจำนวนครั้งที่ยกในแต่ละเซต (Repetition) จำนวนเซตที่ใช้ในการฝึกแต่ละครั้ง (set) ลดเวลาพักระหว่างช่วงฝึกในแต่ละเซต (rest interval) เพิ่มจังหวะหรือความเร็วในการยก (Rhythms or speed) (เจริญ, 2540) สอดคล้องกับ อรวรรณ (2540) กล่าวว่า การฝึกยกน้ำหนักต้องเพิ่มน้ำหนักขึ้นเรื่อยๆ เมื่อกล้ามเนื้อคุ้นเคยกับแรงต้านทานนั้นแล้วควรเพิ่มความหนักเพื่อกระตุ้นให้มีการปรับปรุงความแข็งแรงต่อไปเรื่อยๆ น้ำหนักที่ควรปรับใหม่ไม่ควรหนักหรือเบาเกินไป ควรให้พอเหมาะและไม่ควรเพิ่มน้ำหนักมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ต่อสัปดาห์

4. รายละเอียดการฝึก ในการจัดทำโปรแกรมการฝึกควรประกอบด้วย ความหนักของการฝึก (Intensity) การฝึกด้วยน้ำหนักสามารถกำหนดความหนักของการฝึกที่เหมาะสมควรอยู่ในระดับที่กล้ามเนื้อต้องออกแรงเต็มที่ในการยกแต่ละครั้ง Pauletto (1991) กล่าวว่า ความหนักเป็นความตึงหรือความเครียดที่ให้กับกล้ามเนื้อ โดยความหนัก (Intensity) ในการออกกำลังกายจะถูกกำหนดด้วยจำนวนน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก จำนวนเซต จำนวนครั้ง ช่วงเวลาในการพัก และระยะเวลาการออกกำลังกาย สำหรับน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก คือ จำนวนของน้ำหนักหรือระดับความหนักของงานที่แตกต่างกัน เช่น ความหนักเกือบสูงสุดหรือสูงสุด 90-100% ความหนักปานกลาง 80-89% และความหนักขนาดเบา 60-79% ของความสามารถสูงสุดในการยกหนึ่งครั้ง (One-repetition maximum) การฝึกในระดับความหนักของการฝึกมากจะใช้ในการเสริมสร้างความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อ การฝึกในระดับความหนักปานกลางใช้ในการเสริมสร้างขนาดของกล้ามเนื้อ และการฝึกในระดับความหนักน้อยใช้ในการออกกำลังกายแบบแอโรบิก จำนวนครั้งและจำนวนชุดในการฝึก (Repetition and set) จำนวนครั้งในการฝึก เป็นจำนวนครั้งที่ได้กระทำติดต่อกันอย่างต่อเนื่องในหนึ่งชุด โดยไม่หยุดพักในช่วงจังหวะใดจังหวะหนึ่งของการเคลื่อนไหว ส่วนจำนวนชุดในการฝึก เป็นจำนวนครั้งของการฝึกที่ได้กระทำซ้ำในแต่ละกิจกรรมการฝึก โดยทั่วไปการฝึกด้วยน้ำหนักนิยมทำการฝึก 3-5 ชุดในแต่ละท่า (Egger และคณะ, 1999) จำนวนครั้ง

และจำนวนชุดในการฝึกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการฝึก ถ้าเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ควรใช้น้ำหนักในการฝึกมาก จำนวนครั้งในการฝึกน้อย จำนวนชุดในการฝึก 3 ชุด หากเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อควรใช้น้ำหนักในการฝึกน้อย แต่จำนวนครั้งในการฝึกมาก จำนวนชุดในการฝึกประมาณ 4-5 ชุด เป็นต้น และระยะเวลาในการพักระหว่างการฝึก (Rest) การฝึกด้วยน้ำหนักควรมีเวลาพักระหว่างการฝึกแต่ละชุดประมาณ 1-3 นาที ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการฝึก ระยะเวลาของการพักระหว่างสถานีมีความสำคัญในการนำไปสู่ความสำเร็จ การฝึกความแข็งแรงที่ใช้แรงต้านมากๆ ควรมีระยะเวลาในการพัก 2-5 นาที ทั้งนี้ ระยะเวลาพักควรขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหนัก จุดมุ่งหมายในการฝึกและความต้องการพื้นฐานในแต่ละชนิดกีฬา และการตัดสินใจว่าต้องพักระยะเวลานานเท่าไร ต้องคำนึงถึงแหล่งพลังงานสำรองที่ใช้ในการออกกำลังกาย การออกกำลังกายที่มีความหนักสูงๆ ระยะเวลาน้อยกว่า 30 วินาที แหล่งพลังงานที่ใช้ คือ ATP และ PC ซึ่งสามารถนำออกมาใช้ได้ทันที และต้องการระยะเวลาเก็บสำรองขึ้นใหม่ในช่วงเวลา 2.5-3 นาที จึงจะสามารถถูกนำมาใช้ได้ใหม่ (Wathen, 1994) การออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง การพักระหว่างการออกกำลังกายหรือระหว่างสถานีควรมีช่วงพักระหว่าง 1-2 นาที เพื่อให้การไหลเวียนของเลือดได้มีโอกาสกำจัดของเสียที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และการพักระหว่างการออกกำลังกายไม่ควรยาวนานเกินไปเพราะกล้ามเนื้อจะเย็นลง ซึ่งจะทำให้ผลของการออกกำลังกายน้อยลง ปริมาณการพักระหว่างการออกกำลังกายสามารถกำหนดได้โดยใช้ความรู้สึกของกล้ามเนื้อและอัตราการหายใจ (Pearl, 1993) นอกจากนี้ Egger และคณะ (1999) เสนอแนะว่า การพักมีความจำเป็นสำหรับการฟื้นคืนสภาพของกล้ามเนื้อภายหลังการฝึก โดยทั่วไปกลุ่มกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกจะต้องมีการพักภายหลังการฝึกมากกว่า 24 ชั่วโมง และจังหวะหรือความเร็วในการยก ความเร็วในการยกน้ำหนักมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับความหนักของการยก ทวีชัย (2541) กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงต้านสูงและความเร็วสูงมีผลทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว (White fiber) เพิ่มขนาด (Hypertrophy) และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีความเร็วในการหดตัวเพิ่มขึ้น

การสร้างโปรแกรมการฝึกหรือการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจจะต้องมีการกำหนดความหนัก ความถี่ และระยะเวลาของการออกกำลังกายให้เพียงพอ จะทำให้อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) มีค่าเพิ่มขึ้นได้

1. ความหนัก (Intensity) คือ ปริมาณงานที่ทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงาน การกำหนดความหนักเบาที่เหมาะสมของแต่ละคนไม่เท่ากัน ปัจจุบันตัวชี้วัดความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก คือ การกำหนดจากเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) พิชิต (2547) กล่าวว่า การฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายแบบแอโรบิก ควรใช้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 70-80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจึงจะเป็นผลดีต่อสุขภาพโดยรวม ส่วนเจริญ (2540) ได้เสนอแนะระดับของอัตราการเต้นของหัวใจที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการฝึก คือ ระดับที่ช่วยในการเผาผลาญไขมันในร่างกาย คือ ความ

หนัก 50-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระดับที่ช่วยรักษาสุขภาพและหัวใจให้แข็งแรง คือ ความหนัก 60-70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ระดับที่ช่วยพัฒนาระบบการทำงานแบบใช้ออกซิเจน คือ ความหนัก 70-80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ส่วน A.C.S.M (1995) แนะนำว่าความหนักของการออกกำลังกายควรอยู่ระหว่าง 60-90% ของชีพจรสูงสุด (HR_{max}) หรือ 50-80% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือชีพจรสำรอง ($HR_{reserve}$) ชีพจรมีความสัมพันธ์กับการอัตราการใช้ออกซิเจน จึงสามารถนำมาใช้กำหนดความหนักของการออกกำลังกายได้ เช่น การหาชีพจรสำรอง ($HR_{reserve}$) คำนวณได้จากการนำชีพจรสูงสุดลบด้วยชีพจรขณะพัก หลังจากนั้นนำชีพจรสำรองมาคำนวณหาชีพจรเป้าหมาย (Target HR) จากสูตรของ Karvonen (ศิริพร, 2542) โดยความหนักที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-80% สูตรในการคำนวณมีดังนี้

$$\text{ชีพจรเป้าหมาย} = [(\text{ชีพจรสูงสุด} - \text{ชีพจรขณะพัก}) \times 0.50 \text{ ถึง } 0.85] + \text{ชีพจร}$$

การออกกำลังกายหรือการฝึกแบบแอโรบิกเป็นการออกกำลังกายที่ต้องใช้ออกซิเจนในการสันดาปพลังงาน สามารถกำหนดความหนักของงานได้จากเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) การกำหนดเปอร์เซ็นต์ความหนักขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการออกกำลังกายหรือการฝึก

2. ระยะเวลา (Duration) การออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความทนทานของระบบไหลโลหิตและระบบหายใจ ควรออกกำลังกายติดต่อกันเป็นระยะเวลานานประมาณ 20-60 นาที ฌโนมวงศ์ (2547) กล่าวว่า การออกกำลังกายหรือการฝึกแบบแอโรบิกควรมีระยะเวลาการประกอบกิจกรรมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 20-60 นาที ที่ความหนักของงานประมาณ 60-65% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

3. ความถี่ (Frequency) ความถี่ของการออกกำลังกายหรือการฝึกจะขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาในการออกกำลังกาย ความถี่ของการฝึกควรฝึกมากกว่า 3-5 วัน ถ้าน้อยกว่า 3 วัน ร่างกายจะไม่สามารถพัฒนาสมรรถภาพได้ แต่ถ้าฝึกมากกว่า 5 วัน จะนำไปสู่การบาดเจ็บได้ (กุลยา, 2540) การออกกำลังกายแบบแอโรบิกอย่างน้อย 3-5 วัน อย่างน้อยวันละ 20 นาที ด้วยกิจกรรมการเคลื่อนไหว หรือการเล่นกีฬาต่างๆ เพื่อเพิ่มการสร้างมวลกระดูกทำให้กระดูกเจริญเติบโต ระบบหัวใจและหลอดเลือดแข็งแรง ช่วยควบคุมน้ำหนักตัว (กรมอนามัย, 2548)

การออกกำลังกายน้อยกว่า 2 วันต่อสัปดาห์ ส่งผลต่อร่างกายน้อยกว่าการออกกำลังกาย 3-5 วันต่อสัปดาห์ และการออกกำลังกายที่มากกว่า 5 วันต่อสัปดาห์ จะนำไปสู่การบาดเจ็บจากการออกกำลังกายได้ ระยะเวลาในการออกกำลังกายวันละ 20-60 นาที เพื่อให้เกิดการพัฒนาของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจดีขึ้น

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า กิจกรรมการเคลื่อนไหว หรือการใช้กิจกรรมกีฬาเพื่อให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหว โดยมีการกำหนดความหนัก ((Intensity) ระยะเวลา (Duration) และความถี่ (Frequency) ในการประกอบกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม สามารถเสริมสร้างสุขภาพและสมรรถภาพทางกาย (Health & Physical fitness development)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิก

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย โดยกล้ามเนื้อหัวใจมีการทำงานเป็นระยะเวลายาวนานต่อเนื่อง เช่น การเดิน การวิ่ง การว่ายน้ำ การปั่นจักรยาน (American college of sports medicine, 2006) ซึ่งการจัดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาระบบดังกล่าวต้องคำนึงถึงชนิดการออกกำลังกาย ความบ่อยและความหนักในการออกกำลังกาย และระยะเวลาของการออกกำลังกาย

การกำหนดความหนักในการออกกำลังกาย สามารถใช้วิธีการนับอัตราการเต้นของหัวใจที่ตอบสนองต่อการออกกำลังกาย (ซุสกีคี่ และกันยา, 2536) อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) แบ่งได้ดังนี้

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) โดยปกติแล้วอัตราการเต้นของหัวใจในผู้ใหญ่เพศชายจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 72 ครั้งต่อนาที ส่วนในผู้ใหญ่เพศหญิงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจที่เร็วกว่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีได้หมายความว่าผู้ที่มีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ จะมีความผิดปกติ แต่จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยอย่างอื่นประกอบเป็นรายๆ ไป

2. อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย เมื่อมีการออกกำลังกายอัตราเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นทันที และจะคงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ออกกำลังกายมีสาเหตุมาจากกลไกทางระบบประสาทที่ควบคุมโดยตรง ผลของการออกกำลังกายที่มีส่วนกระตุ้นกลไกทางระบบประสาท เช่น กรดแลคติก (Lactic acid) การเป็นหนี้ออกซิเจน การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายสามารถแบ่งออกเป็น

2.1. การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายอย่างเบา พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นทันทีแต่เพิ่มขึ้นไม่มาก และจะลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย สาเหตุเนื่องมาจากการเริ่มออกกำลังกาย หัวใจจะมีการเตรียมพร้อมที่จะทำงานมากกว่างานที่ต้องทำจริง เมื่อระยะเวลาการออกกำลังกายผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ร่างกายจะมีการปรับอัตราการเต้นของหัวใจให้พอเหมาะกับงานที่ต้องทำ เมื่อหยุดการออกกำลังกายหัวใจจะมีอัตราการเต้นของหัวใจค่อยๆ เข้าสู่ภาวะปกติในระยะเวลา 1-2 นาที

2.2. การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ออกกำลังกายหนักปานกลาง พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นทันทีอย่างรวดเร็ว ประมาณ 120-140 ครั้งต่อนาที อัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่ออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกายจะใช้เวลานานกว่าจะกลับคืนสู่สภาพปกติ อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการใช้พลังงานของร่างกาย

2.3. การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มสูงขึ้นทันทีและคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย เมื่อหยุดการออกกำลังกายจะใช้ระยะเวลาในการกลับคืนสู่สภาวะปกติมากกว่าการออกกำลังกายอย่างเบาและหนักปานกลาง การออกกำลังกายที่หนักมาร่างกายสามารถทำได้ในระยะเวลาสั้น หากฝืนกระทำต่อไปในระยะเวลาที่นานร่างกายอาจทนไม่ไหวจนเกิดภาวะหัวใจล้มเหลว อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุด เรียกว่า อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate)

