อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้พบว่า กลุ่มที่ผ่านการฝึกออกกำลังกายขนาดปานกลางมีการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดดีกว่ากลุ่มที่ผ่านการฝึกขนาดเบาและกลุ่มที่ไม่ผ่านการฝึกมาเลย นั่นคือมีอัตราเต้นของหัวใจขณะพัก และ PEP/LVET ต่ำกว่า แต่มี VO_2max สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

จากการศึกษาที่ผ่านมา (3,6,12,22,24,28) พบว่า การฝึกออกกำลังกายมีผลเพิ่มสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือดทั้งขณะพักและขณะออกกำลังกาย โดยพบว่าอัตราเต้นของหัวใจขณะพักลดลง แต่ปริมาณเลือดที่หัวใจส่งออกต่อนาที(cardiac output,CO)ไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือมีปริมาณเลือดที่หัวใจส่งออกแต่ละครั้ง (stroke volume,SV) เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นจากการมี contractility ของกล้ามเนื้อหัวใจเพิ่มขึ้น (2,3,7,16,23,29)หรือจากการเพิ่ม diastolic filling ซึ่งอธิบายด้วย Frank-Starling mechanism (4,8,10,19,31) และในขณะออกกำลังกายเต็มที่ พบว่า CO ของคนที่ผ่านการฝึกเพิ่มขึ้นมากกว่าคนที่ไม่เคยฝึกออกกำลังกาย โดยการเพิ่มของ SV เนื่องจากอัตราเต้นของหัวใจสูงสุดไม่แตกต่างกัน (1,24) และพบว่า VO_2max จะสูงกว่ามาก(1,6,24) ปัจจัยสำคัญเกิดจากการมี SV มากกว่า และมีการเพิ่มความแตกต่างของปริมาณ O_2 ในเลือดดำและเลือดแดง (arteriovenous oxygen difference, A-V O_2 Diff.)(21) นั้นแสดงว่ามีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ดีกว่า

การศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายขนาดปานกลางมีอัตราเต้นของหัวใจขณะพักช้ากว่ากลุ่มอื่นเช่นเดียวกัน ซึ่งกลไกที่ทำให้มีอัตราเต้นของหัวใจช้าในคนที่ผ่านการฝึกออกกำลังกาย เชื่อกันว่าอาจเกิดจากการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเธติก (parasympathetic nervous system) หรืออาจมีการเก็บสะสม acethycholine ที่หัวใจเพิ่มขึ้น หรือมีการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติก (sympathetic nervous system) ลดลง (13,24) แต่ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจำนวน receptor ของ cardiac cell membrane (3,17) หรือการลดลงของอัตราเต้นของหัวใจอาจไม่ใช่ผลของระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system,ANS) เพราะเมื่อยับยั้งการทำงานของ ANS แล้วยังคงมีอัตราเต้นของหัวใจต่ำอยู่ (15) ดังนั้นอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ S-A node เองที่ทำให้อัตราเต้นของหัวใจช้าลง

การที่มีอัตราเต้นของหัวใจช้าลงในขณะพักและขณะออกกำลังกาย ทำให้หัวใจมีการใช้ออกซิเจนน้อยลง ซึ่งการปรับตัวนี้อาจใช้อธิบายผลของการออกกำลังกายต่อการลดอัตราเสี่ยงของการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ (13)

Central Library
Prince of Songkhla University

ในการศึกษา systolic time intervals โดยใช้อัตราส่วนของ PEP/LVET เป็นค่าที่ใช้บอกความสามารถในการทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย (left ventricle) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับค่า ejection fraction (14) โดยอัตราส่วนนี้มีปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องหลายอย่าง ทั้ง afterload และ myocardial contractility รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของ preload (18) การลดลงของค่า PEP/LVET แสดงว่ามีการเพิ่มของค่า ejection fraction แม้ว่าจะมีบางรายงานการศึกษาในคนและสัตว์ไม่พบว่าการฝึกออกกำลังกายมีผลเพิ่ม contractility ของกล้ามเนื้อหัวใจโดยตรง (6,10,24) แต่ก็มีบางรายงานการศึกษาที่พบว่ามีการเพิ่ม contractility ภายหลังการฝึก (3,30) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ฝึกขนาดปานกลางมีค่า PEP/LEVT น้อยกว่ากลุ่มอื่นในขณะที่ค่าความดันเลือดแดงไม่แตกต่างกัน และทำการวัดในขณะนอนพัก ดังนั้นทั้ง afterload และ preload จึงไม่น่าจะมีความแตกต่างกัน ค่า PEP/LVET ที่น้อยกว่านี้น่าจะเป็นตัวบ่งบอกได้ว่ามี contractility ที่ดีกว่ากลุ่มอื่นๆ ทำให้สนับสนุนสมมุติฐานที่เชื่อว่า SV ที่เพิ่มขึ้นนั้นส่วนหนึ่งเกิดจากการเพิ่ม contractility ของกล้ามเนื้อหัวใจเอง กลไกที่ทำให้มีการเพิ่ม contractility เมื่อผ่านการฝึกยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด Scheuer และ Tipton (24) ได้รายงานว่ามีการเพิ่มการทำงานของ actomyosin ATPase ในกล้ามเนื้อหัวใจหนู(rat)ที่ผ่านการฝึกโดยการว่ายน้ำ แต่มีรายงานว่าในหนู (2,27) และสุนัข(7,9)ที่ฝึกโดยการวิ่งบน treadmill มีการเพิ่ม contractility โดยไม่มีการเพิ่มการทำงานของ actomyosin ATPase นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการเพิ่ม contractility ของกล้ามเนื้อหัวใจเกิดจากการเพิ่มจำนวนของ sarcolemmal-bound Ca^{2+} ซึ่งใช้สำหรับ excitation-contraction coupling (27)

ในกลุ่มที่ผ่านการฝึกขนาดเบา มีอัตราเต้นของหัวใจขณะพัก และค่า systolic time intervals ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ฝึก นั่นแสดงว่าการฝึกในขนาดเบานี้ไม่มีผลเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจ แต่พบว่า VO_2max ของกลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายขนาดเบาและขนาดปานกลางมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ไม่ฝึก โดยที่กลุ่มที่ฝึกขนาดปานกลางมีค่า VO_2max มากกว่ากลุ่มที่ฝึกขนาดเบา ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา(5,20,27) พบว่า VO_2max เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการฝึกทั้งในคนสุขภาพดีและผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจโดยขนาดของการเพิ่ม VO_2max ขึ้นกับขนาดความหนัก ช่วงเวลา และความถี่ของการฝึก นั่นคือถ้าขนาดที่ฝึกเป็นขนาดเบา คือมีช่วงเวลาในการฝึกแต่ละครั้งน้อย จะมี VO_2max เพิ่มน้อยกว่าคนที่ฝึกในขนาดปานกลางและหนักที่ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งนานกว่า ในขนาดความถี่เดียวกัน (1) แต่ถ้าฝึกออกกำลังกายแต่ละครั้งใช้เวลาน้อยแต่เพิ่มความถี่ให้มากขึ้นจะสามารถเพิ่ม VO_2max ได้มากขึ้น(24)

การที่กลุ่มที่ผ่านการฝึกขนาดเบามี VO_2max มากกว่ากลุ่มที่ไม่เคยผ่านการฝึก โดยที่มีประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจไม่แตกต่างกันนั้น อาจเกิดจากการเพิ่ม O_2 extraction (11) เพียงอย่างเดียว

ผลของการฝึกออกกำลังกายต่อความดันเลือด จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในกลุ่มคนที่มีอายุน้อย (น้อยกว่า 30 ปี) และกลุ่มคนที่มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ที่มีความดันเลือดปกติ เมื่อฝึกออกกำลังกายแล้วมีการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย(24) แต่ในคนสูงอายุและผู้ป่วยความดันโลหิตสูงพบว่าเมื่อฝึกออกกำลังกายมีผลลดความดันเลือดได้(25,26) จากการศึกษาครั้งนี้ผู้ถูกทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีความดันเลือดอยู่ในช่วงปกติ และไม่มีความแตกต่างกัน นั้นแสดงว่าการฝึกออกกำลังกายขนาดปานกลางและขนาดเบาไม่มีผลต่อความดันเลือดของผู้ถูกทดลองกลุ่มนี้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าไม่มีความแตกต่างของการทำงานของระบบหายใจ เช่นเดียวกับที่มีรายงานมาก่อน(1) เมื่อฝึกออกกำลังกายในขนาดเบาและปานกลาง แต่ในคนที่ฝึกออกกำลังกายโดยการว่ายน้ำ จะมีผลเพิ่มความจุปอด(vital capacity,VC) มีอัตราการหายใจขณะพักลดลง และมีปริมาตรอากาศหายใจเข้าออกแต่ละครั้ง (tidal volume,TV) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (1,13) การเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจขึ้นอยู่กับขนาดความหนักของการฝึกออกกำลังกาย (13)

มีการศึกษากันมากถึงขนาดของการออกกำลังกายที่พอเหมาะ เพราะถ้าน้อยเกินไปจะไม่มีผลเพิ่มสมรรถภาพของร่ายกาย หรืออาจเพิ่มได้เพียงบางระบบ แต่ถ้ามากเกินไปสำหรับกลุ่มที่ไม่ใช่นักกีฬาก็อาจมีปัญหาเรื่องการบาดเจ็บ จากการศึกษาครั้งนี้กำหนดขนาดของการฝึกออกกำลังกาย โดยใช้ช่วงเวลาในการฝึกแต่ละครั้งและความถี่ของการฝึก ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มที่ฝึกขนาดเบาและขนาดปานกลาง เพื่อศึกษาความแตกต่างของประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจนั้น พบว่าการฝึกขนาดเบามีผลเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนเลือดน้อยมาก ส่วนการฝึกขนาดปานกลางสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนเลือดได้ดีพอสมควร แต่ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหายใจด้วย ควรจะฝึกออกกำลังกายในขนาดที่หนักกว่านี้ ดังนั้นการกำหนดขนาดการฝึกโดยใช้การกำหนดช่วงเวลาที่ฝึกแต่ละครั้งและความถี่ของการฝึก น่าจะใช้ในการกำหนดขนาดงานอย่างหยาบ ๆ ได้ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติสำหรับบุคคลทั่วไป