บทวิทยาการ
Original Article

ผลของการฝึกหายใจต่อค่าความจุปอดในผู้ป่วยโรคหัวใจ

อรชุมา หุตะโกวิท พ.บ., ว.ว.* กมลมาศ เบญจพลสิทธิ์ วท.ม. ธีรนันท์ อังคณานาฏ พ.บ., ว.ว.*****
* เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร
** วิทยาศาสตร์การกีฬา โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร
*** อายุรศาสตร์ อนุสาขาโรคหัวใจ อาจารย์ที่ปรึกษา โรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

บทคัดย่อ

บทนำ: ในหลายทศวรรษที่ผ่านมามีผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มากมายอธิบายถึงความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายกับความสมบูรณ์ของระบบหัวใจและหลอดเลือด อย่างไรก็ดีการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจนั้นจะต้องเลือกระดับความหนักเบาที่เหมาะสมจึงจะเกิดประโยชน์ การฝึกหายใจเป็นการออกกำลังกายที่มีความปลอดภัย เพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจทำให้ร่างกายได้รับอากาศในปริมาตรมากขึ้นและใช้แรงน้อยลง

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการฝึกหายใจ โดยเปรียบเทียบค่าความจุปอดก่อนและหลังการฝึกหายใจ

วิธีดำเนินการวิจัย: รูปแบบการวิจัยเป็นแบบ cross-sectional research ในผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในคลินิกฟื้นฟูสภาพหัวใจ โดยผู้ป่วยได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจตามโปรแกรมมาตรฐานร่วมกับการฝึกหายใจ แล้ววัดค่าความจุปอดก่อนและหลังการฝึก นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาความแตกต่างและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ

ผลการวิจัย: มีผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งสิ้น 43 คน ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายจากภาวะเส้นเลือดหัวใจตีบ อายุ 62 ± 14.87 ปี ความสูง 164 ± 8.73 เซนติเมตร น้ำหนัก 68 ± 17.35 กิโลกรัม ดัชนีมวลกาย 25.17 ± 6.08 ค่าความจุปอด FVC ก่อนการฝึกหายใจ 2.06 ± 0.57 ลิตร FVC หลังฝึกหายใจ 2.23 ± 0.6 ลิตร ค่า FEV1 ก่อนการฝึกหายใจ 1.92 ± 0.55 1.92 ลิตร FEV1 หลังการฝึกหายใจ 2.06 ± 0.53 ลิตร นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการฝึกหายใจโดยใช้ paired t-test พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของค่าความจุปอดภายหลังการฝึกหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งค่า FVC และ FEV1 ที่ค่า $p < 0.05$

สรุป: การฝึกหายใจมีผลเพิ่มค่าความจุปอดในผู้ป่วยโรคหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การฝึกหายใจ โรคหัวใจ ค่าความจุปอด การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหัวใจ

บทวิทยาการ
Original Article

The effects of breathing exercises on pulmonary functions in cardiac patients

Ornchuma Hutakowit M.D.*, Kamolmas Benjapolsit M.S.**, Teeranan Angkananard M.D.***

* Rehabilitation Medicine, Charoenkrung Pracharak Hospital, Medical service department, Bangkok

** Sports Science, Charoenkrung Pracharak Hospital, Medical service department, Bangkok

*** Division of Cardiology, Faculty of Medicine, Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn Medical Center, MSMC Hospital Srinakharinwirot university

Abstract

Introduction: Over the past decades, numerous scientific reports have examined the relationships between physical fitness and cardiovascular health, however cardiac patients need the proper level and types of exercise for patient safety and benefit. Breathing exercise has been demonstrated to improve the ventilation and functional performance in cardiac patients.

Objective: To investigate effects of breathing exercises on pulmonary function before and after exercises.

Material and Methods: This cross-sectional research in patients undergoing cardiac rehabilitation program, which compared pulmonary function before and after performing breathing exercises consist of 8 positions with 5 repetitions. Patient management was similar in terms of assessment, positioning and mobility.

Measurement and result: Spiro metric measurements were performed for all patients (n = 43) pre and post exercises. The subjects are 30 men and 13 women. Age 62 ± 14.87 years, height 164 ± 8.73 cm., weight 68 ± 17.35 kg., BMI 25.17 ± 6.08 kg/m^2, FVC before 2.06 ± 0.57 L., FVC after 2.23 ± 0.6 L., FEV1 before 1.92 ± 0.55 L., FEV1 after 2.06 ± 0.53 L. Calculation with paired samples t-test showed significant improvement in FVC and FEV1 after exercises compare to before exercises at p-value < 0.05. All patients can follow the exercises program.

Conclusion: Cardiac patients had improved pulmonary function after breathing exercises compare to before exercises with statistic significant.

Keywords: breathing exercises, cardiac patients, pulmonary function

Abbreviation: FVC = Force Vital Capacity FEV1 = Forced Expiratory Volume in 1 second

โรคหัวใจและการรักษาในปัจจุบัน

โรคหัวใจเป็นปัญหาที่สำคัญของระบบสาธารณสุข และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่สำคัญของประชาชนชาวไทย นอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียต่อชีวิตแล้ว ยังก่อให้เกิดความเสียหายทางด้านทรัพย์สินที่จะต้องนำมาใช้จ่ายเป็นค่ารักษาพยาบาลอีกด้วย โรคหัวใจที่พบบ่อยในปัจจุบัน ได้แก่ โรคหัวใจขาดเลือดซึ่งเกิดจากภาวะเสื่อมของหลอดเลือดและส่วนน้อยเกิดจากภาวะอื่น ๆ เช่น ความผิดปกติแต่กำเนิด หลอดเลือดอักเสบ โรคเนื้อเยื่อแทรกซึม และการหดเกร็งของหลอดเลือดโคโรนารี่ (coronary artery spasm)[1]

ภาวะเสื่อมของหลอดเลือดที่เรียกว่า โรคหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) เชื่อว่าเกิดจากมีไขมันคอเลสเตอรอลเกาะสะสมบนผนังหลอดเลือดด้านในและเกิดขบวนการอักเสบอย่างต่อเนื่อง โดยมีตัวกระตุ้นหลายชนิด เช่น ความดันโลหิตสูง น้ำตาลในเลือดสูง ภาวะอ้วนลงพุง สารพิษจากแบคทีเรีย สารพิษบางอย่างจากควันบุหรี่ โดยพบว่าตัวกระตุ้นดังกล่าวจะทำให้เกิดภาวะถูกออกซิไดส์เกินสมดุลต่อเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด ส่งผลให้เซลล์เยื่อบุหลอดเลือดทำงานผิดปกติ ทำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวโมโนไซต์ และทีลิมโฟไซต์ มาเกาะที่พื้นผิวและแทรกตัวเข้าไปอยู่ภายในผนังหลอดเลือด หลังจากนั้นโมโนไซต์ที่ผ่านจากรูของหลอดเลือดเข้าไปใต้ผนังหลอดเลือดชั้นใน ก็จะเปลี่ยนรูปร่างเป็นแมคโครฟาจซึ่งจับกินออกซิไดซ์แอลดีแอล แล้วเปลี่ยนไปเป็นไลปิดลาเดนโฟม เซลล์เหล่านี้จะหลั่งสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการอักเสบของหลอดเลือด ทำให้ขบวนการดังกล่าวดำเนินต่อไป และเมื่อแมคโครฟาจโฟมเซลล์ตาย ก็จะรวมกันอยู่ภายในผนังของหลอดเลือดร่วมกับไขมันที่อยู่นอกเซลล์กลายเป็นแถบไขมันซึ่งเป็นพยาธิสภาพเบื้องต้นของภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง[2] เมื่อขบวนการเสื่อมของหลอดเลือดยังคงดำเนินต่อไป และมีการกระตุ้นเกล็ดเลือด และระบบการแข็งตัวของเลือดทำให้เกิดลิ่มเลือดซ้อนทับบนตะกรันท่อหลอดเลือดเดิม ถ้าลิ่มเลือดมีขนาดเล็กก็จะไม่ทำให้เกิดภาวะหัวใจขาดเลือด ซึ่งต่อมาร่างกายก็จะกำจัดลิ่มเลือดนั้นออกไปได้ แต่เมื่อลิ่มเลือดนั้นมีขนาดใหญ่ก็จะทำให้เกิดภาวะหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจลดลง เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ขนส่งทางหลอดเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจกับปริมาณออกซิเจนที่กล้ามเนื้อหัวใจต้องใช้ ทำให้เกิดภาวะหัวใจขาดเลือดหรือกล้ามเนื้อหัวใจตายตามมา ส่งผลให้การทำงานของหัวใจลดลง ผู้ป่วยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก เหนื่อยง่าย ไม่สามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติ

ความก้าวหน้าในการรักษาโรคหัวใจในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้ยาที่มีประสิทธิภาพ การขยายหลอดเลือดหัวใจ การผ่าตัดซ่อมและเปลี่ยนลิ้นหัวใจ และการผ่าตัดทำทางเบี่ยงหลอดเลือดหัวใจ ทำให้อัตราการตายจากโรคหัวใจและหลอดเลือดลดลงมาก แต่กลับทำให้จำนวนผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจวายหรือหัวใจล้มเหลวเรื้อรังมีจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ[3] และพบการตีบซ้ำของหลอดเลือดหัวใจในผู้ป่วยบางราย ผู้ป่วยกลุ่มนี้ต้องการการดูแลรักษาอย่างใกล้ชิดเนื่องจากอัตราการตายสูงและมีโอกาสที่จะเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลบ่อย ภาวะหัวใจวายเรื้อรังเป็นภาวะที่ทำให้ผู้ป่วยมาพบแพทย์ด้วยอาการเหนื่อยง่าย หรืออาการบวม และมีการบีบตัวของเวนตริเคิลซ้ายลดลง คือ LVEF น้อยกว่า 40 - 45 % อาจตรวจพบภาวะหัวใจโตจากการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ หรือภาพถ่ายรังสีทรวงอก โดยภาวะหัวใจวายสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ Lt.heart failure ผู้ป่วยมักให้ประวัติว่ามี dyspnea on exertion คือ อาการเหนื่อยง่ายขณะออกกำลังกาย ซึ่งถ้าไม่ได้รับการรักษาที่เหมาะสม อาการจะเป็นมากขึ้นจนเริ่มมีอาการ paroxysmal nocturnal dyspnea และ orthopnea ตามลำดับ paroxysmal nocturnal dyspnea คือ อาการที่

เกิดขณะผู้ป่วยนอนหลับไปแล้วเป็นเวลานาน 2-3 ชั่วโมง แล้วต้องตื่นลุกขึ้นมานั่งหรือยืนเนื่องจากหายใจไม่เต็มอิ่ม หรือรู้สึกหอบเหนื่อย ส่วนใหญ่มักจะต้องอยู่ในท่านั่งหรือยืนนานเกินกว่า 30 นาที อาการจึงจะดีขึ้น บางครั้งอาจได้ยินเสียงหายใจวีซร่วมด้วย สำหรับอาการ orthopnea นั้น ผู้ป่วยจะมีอาการหายใจไม่สะดวกหรือหายใจไม่ออกเมื่อล้มตัวลงนอนราบ หรือหนุนหมอนใบเดียว เมื่อมีอาการดังกล่าวผู้ป่วยจะต้องลุกขึ้นนั่งทันทีอาการจึงจะดีขึ้น และบางรายสามารถกลับไปนอนราบได้ทั้งคืน ตรวจพบเสียง crepitation ในปอด อาจมี pulsus alternan หรือการหายใจแบบ cheyne stroke ซึ่งภาวะหัวใจวายด้านซ้ายมีสาเหตุมาจาก idiopathic or secondary dilated cardiomyopathy, aortic stenosis, aortic regurgitation, hypertrophic cardiomyopathy mitral stenosis, mitral regurgitation, left atrial myxoma สำหรับภาวะหัวใจวายข้างขวาผู้ป่วยจะมีอาการเหนื่อยง่ายขณะออกแรง เนื่องจากหัวใจไม่สามารถเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจไปเลี้ยงร่างกายได้พอเพียง และมีอาการร่วมด้วย คือ ขาทั้งสองข้างบวมกดบุ๋ม อาการหนังตาบวม หรืออาการท้องโตขึ้นจากการมีน้ำในช่องท้องหรือบวมทั้งตัว ตรวจพบ jugular venous pressure สูงกว่า 4.5 เซนติเมตรน้ำ อาจพบตับโตร่วมด้วย มีสาเหตุจาก pulmonary hypertension, constrictive pericarditis, restrictive cardiomyopathy, tricuspid regurgitation, decompensated pulmonic stenosis, high output failure, arrhymogenic right ventricular dysplasia

ปัจจุบันเชื่อว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้การเสื่อมของหลอดเลือดแดงโคโรนารี่เป็นมากขึ้น ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ การสูบบุหรี่ โรคเบาหวาน ไขมันในเลือดสูง ความดันโลหิตสูง โรคอ้วนซนิดลงพุง ภาวะเครียดเรื้อรัง การได้รับสารเสพติดบางชนิด เช่น โคเคน การใช้ยาเคมีบำบัด fluorouracil, capecitabine การใช้รังสีรักษา การติดเชื้อเอดส์ การได้รับมลภาวะบางอย่าง การไม่ออกกำลังกาย และการรับประทานผักผลไม้น้อยเกินไป ทำให้มีโอกาสเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจตีบเร็วรังได้ การปรับเปลี่ยนปัจจัยเสี่ยงดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ป่วยมีผลการรักษาที่ดีขึ้นได้ด้วย

โรคหัวใจและการออกกำลังกาย

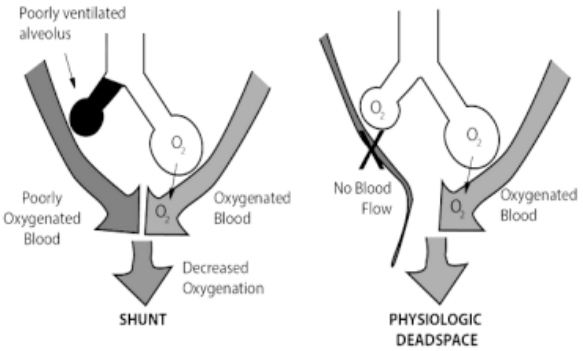
ในหลายทศวรรษที่ผ่านมามีผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มากมายอธิบายถึงความสัมพันธ์ของกิจกรรมทางกายกับความสมบูรณ์ของระบบหัวใจและหลอดเลือด จากสถาบันต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทย สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา สมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา บ่งบอกว่าการมีกิจกรรมทางกายที่สม่ำเสมอจะส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยคนที่มีสมรรถภาพร่างกายแข็งแรงจะมีโอกาสเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบน้อยกว่าผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง (sedentary life style) นอกจากนั้นการมีกิจกรรมทางกายยังมีผลป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ภาวะกระดูกพรุน ภาวะมะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยลดน้ำหนัก ลดปริมาณไขมัน LDL และเพิ่มไขมันดี HDL เพิ่มความมั่นใจ ลดความเครียด และความวิตกกังวล[4]

แม้การออกกำลังกายจะให้ผลดีในหลายด้าน แต่จะต้องเลือกความหนักเบาให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล[5] เช่น นักกีฬาระดับโลกที่ได้รับการฝึกฝนมาอย่างดีจะสามารถวิ่งมาราธอน คือ ระยะทาง 42.195 กิโลเมตรได้ในเวลา 2 ชั่วโมงโดยไม่เป็นอันตราย คนปกติสามารถออกกำลังกายโดยการเดินต่อเนื่องเป็นระยะทาง 4 กิโลเมตรได้ในเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจจะมีความสามารถในการออกกำลังกายน้อยกว่าคนปกติ จากการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจที่ลดลงและจากภาวะความไม่สมดุลของอากาศที่เข้ามาสู่ถุงลมปอดและเลือดที่มาสู่หลอดเลือดฝอยถุงลมปอด (ventilation/perfusion mismatching) และภาวการณ์ได้รับเลือด

มาเลี้ยงน้อยลงในบางส่วนของปอด (regional hypoperfusion) โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจวายร่วมด้วย[6] ในผู้ป่วยโรคหัวใจบางรายที่มีอาการเหนื่อยมาก จึงไม่สามารถเดินได้ถึง 6 นาทีในการทดสอบ Six-Minute Walk Test[7] แต่ผู้ป่วยที่มีสภาพหัวใจดีเพียงพอและได้รับการรักษาที่เหมาะสมแล้วจะสามารถออกกำลังกายได้ต่อเนื่องถึง 60 นาที การให้โปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจที่เหมาะสมคือการให้ความรู้ในการปรับปรุงพฤติกรรมการดำเนินชีวิตเพื่อลดปัจจัยเสี่ยง ข้อแนะนำการใช้ยา การให้การสนับสนุนทางจิตใจ การออกกำลังกายและการฝึกหายใจที่เหมาะสม สามารถป้องกันการตีบซ้ำของหลอดเลือดและทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยดีขึ้น[8, 9] ลดอัตราการตายที่เกิดจากการเกิดภาวะหัวใจขาดเลือดซ้ำ 20 - 25 % โดยโปรแกรมฟื้นฟูที่มีคุณภาพ จะทำให้ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยลดลงและลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา ลดอัตราการตีบซ้ำของหลอดเลือดได้[10] สำหรับผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดในการออกกำลังกายมาก และไม่สามารถฝึกฝนร่างกายตามโปรแกรมต่าง ๆ ได้ จะได้ประโยชน์จากการออกกำลังกายง่าย ๆ เช่น การกางแขน เหวี่ยงแขนขึ้นลง การกระดกขา และการบิดตัว กิจกรรมง่าย ๆ เหล่านี้หากทำพร้อมการฝึกหายใจแบบ pursed-lip อย่างสม่ำเสมอจะช่วยบรรเทาความเหนื่อยในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยได้[11]

การฝึกหายใจในผู้ป่วยโรคหัวใจ

การฝึกหายใจหรือ breathing exercise ในผู้ป่วยโรคหัวใจ[12]นั้น เป็นการออกกำลังกายซึ่งจะมีผลช่วยลดภาวะ ventilation to perfusion mismatch[13] (รูปภาพที่ 1) ทำให้ถุงลมส่วนที่แฟบมีการขยายตัวออกและเกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ดีขึ้น จากถุงลมไปสู่เส้นเลือดฝอย และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแขนขาจะเป็นการช่วยลด after load หรือ peripheral vascular resistant เนื่องจากทำให้เกิดการยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ เพิ่มการไหลเวียนเลือดไปสู่ส่วนปลายได้ดีขึ้น



รูปภาพที่ 1 แสดงถึงภาวะ VQ mismatch แบบ shunt และ physiologic dead space

โดยสรุป สาเหตุของการเกิดภาวะหัวใจขาดเลือด ส่วนใหญ่เกิดจากขบวนการหลอดเลือดแดงแข็ง ซึ่งปัจจุบันเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการอักเสบของหลอดเลือดแบบเรื้อรัง โดยขบวนการดังกล่าวเริ่มต้นจากภาวะความผิดปกติของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด หลังจากนั้นจึงมีตะกรันท่อหลอดเลือดเกิดขึ้นและมีการพัฒนาของตะกรันท่อหลอดเลือดเพิ่มขึ้น จนมีการตีบแคบของหลอดเลือดในที่สุด ปัจจุบันพบว่า มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและพัฒนาของตะกรันท่อหลอดเลือด ซึ่งการค้นพบสิ่งดังกล่าวจะนำไปสู่แนวทางการรักษาโรคด้วยวิธีการใหม่นอกเหนือไปจากการใช้ยา และการทำให้มีเลือดกลับมาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เช่น การผ่าตัดบายพาสหลอดเลือดเลี้ยงหัวใจ หรือการถ่างขยายหลอดเลือดหัวใจด้วยบอลลูน

การฝึกหายใจ คือ การเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจ เช่น กล้ามเนื้อกระบังลม กล้ามเนื้อระหว่างซี่โครง กล้ามเนื้อออก คอและไหล่ตอนบน[14] ให้แข็งแรง ปรับปรุงรูปแบบการหายใจให้ถูกต้องมากขึ้น เมื่อผู้ป่วยรู้จักวิธีการหายใจที่ถูกต้อง ร่างกายจะได้รับอากาศในปริมาตรมากขึ้นโดยใช้แรงน้อยลง ปอดขยายตัวและหดตัวได้ดี มีจังหวะการหายใจที่สม่ำเสมอ เพิ่มการเคลื่อนไหว

ของผนังทรวงอก ป้องกันภาวะปอดแฟบ ทำให้ความจุปอดเพิ่มขึ้น บรรเทาอาการหอบเหนื่อย เป็นการฝึกที่ทำได้ง่ายและปลอดภัย เมื่อผู้ป่วยทำจนเป็นกิจวัตร จะทำให้การขนส่งออกซิเจนเป็นไปได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดเพิ่มมากขึ้น ระบบต่าง ๆ ในร่างกายได้รับออกซิเจนเพียงพอและทำงานได้ดีขึ้น ทำให้หัวใจทำงานได้ดีและฟื้นตัวได้เร็ว[15]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากองค์ความรู้ดังกล่าวผู้เสนอผลงานจึงทำการศึกษาผลของการฝึกหายใจในผู้ป่วยโรคหัวใจเพื่อพัฒนารูปแบบการฝึกหายใจที่เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคหัวใจ และพิสูจน์ทราบว่า การฝึกหายใจมีประสิทธิภาพอย่างไรด้วยการวัดค่าความจุปอดก่อนและหลังการฝึกหายใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

คัดเลือกผู้ป่วยนอกที่ส่งมาจากอายุรแพทย์โรคหัวใจ เพื่อเข้ารับการฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจ ณ คลินิกฟื้นฟูสภาพหัวใจ ชั้น 5 อาคารอนุสรณ์ 20 ปี โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ สำนักการแพทย์ และทำการเก็บข้อมูลค่าความจุปอดก่อนและหลังการฝึกหายใจ แล้ววิเคราะห์หาความแตกต่าง และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามเกณฑ์ เพื่อศึกษาลักษณะของผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษา และศึกษาผลของการฝึกหายใจต่อความจุปอด

เกณฑ์การคัดเข้า

1. stable angina
2. post cardiac surgery
3. post myocardial infarction
4. controlled congestive heart failure
5. post percutaneous coronary intervention
6. patient with risk for coronary artery disease

เกณฑ์การคัดออก[16]

1. ผู้ป่วยโรคถุงลมปอดอุดกั้นเรื้อรัง
2. ผู้ป่วยโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ
3. ผู้ป่วยที่ไม่สามารถฝึกการหายใจได้ครบ
4. ผู้ป่วยที่มีหลอดเลือดแดงโป่งพองในทรวงอก
5. ผู้ป่วยที่เพิ่งได้รับการผ่าตัดช่องอก หรือช่องท้อง
6. ผู้ป่วยที่ไม่สามารถเป่าเครื่องทดสอบความจุปอด
7. ผู้ป่วยที่ระบบหลอดเลือดและหัวใจยังไม่คงที่
8. ผู้ป่วยที่เพิ่งได้รับการผ่าตัดตา เช่น ผ่าตัดต้อกระจก

คำนวณหาจำนวนประชากร

pooled variance = δ^2 โดยใช้สูตรการคำนวณสำหรับ two dependent mean

$$\delta^2 = \delta 1^2+\delta 2^2-2r\delta 1\delta 2$$

$$\delta^2 = 12^2+13^2 - 2\,(0.37)\,x12x13$$

$$= 144+169-115.44$$

$$\delta^2 = 197.6$$

$\delta 1$= 12 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่ม1)

$\delta 2$= 13 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่ม2)

$$N = (Z\alpha/2 + Z\beta)^2$$

$$\delta^2/d^2 = (1.96+1.28)^2 \times 197.6/49$$

N = 42.33 = 43 คน

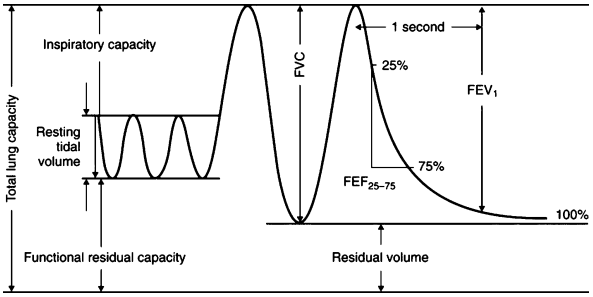
α = 0.05 $Z\alpha/2$= 1.96

β = 0.2$Z\beta$= 0.84 d = 7

$\delta 1$, $\delta 2$, d จากงานวิจัยของ Elizabeth Westerdahl[17]

ผู้ป่วยทุกรายได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติตัวเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและเข้ารับการทดสอบค่าความจุปอด FVC เป็นปริมาตรของอากาศที่วัดได้เมื่อหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากที่หายใจเข้าเต็มปอด และ FEV1 คือ ปริมาตรอากาศที่หายใจออกอย่างเร็ว และแรงเต็มที่ภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นลิตร หรือเทียบกับค่าปกติเป็นเปอร์เซ็นต์ (รูปภาพที่ 2) ด้วยเครื่องวัดสมรรถภาพปอด

Spiro meter Schiller SP-1 ซึ่งได้รับการคาลิเบรชั่นตามมาตรฐาน โดยทำการทดสอบความจุปอดตามขั้นตอนต่อไปนี้[18, 19]



รูปภาพที่ 2 แสดงค่าความจุของปอด

ขั้นตอนการวัดค่าความจุปอด (รูปภาพที่ 3)

ขั้นที่ 1 ผู้ทดสอบอธิบายและสาธิตวิธีการทดสอบที่ถูกต้องทีละขั้นตอนให้ผู้รับการทดสอบทราบ ให้ทดลองเป่าหนึ่งครั้ง เพื่อให้ผู้รับการทดสอบเกิดความคุ้นเคยไม่ประหม่า ได้ค่าของการตรวจที่แม่นยำ

ขั้นที่ 2 ยืนตัวและหลังตรง เท้า2ข้างแตะกับพื้น

ขั้นที่ 3 หนีบจมูกด้วย nose clip

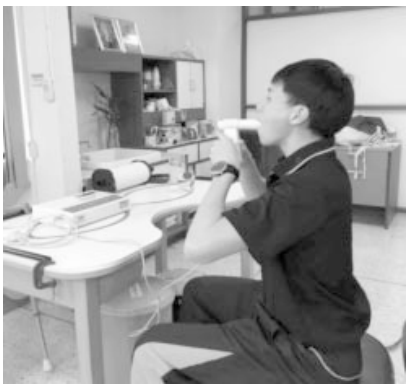
ขั้นที่ 4 หายใจเข้าเต็มที่

ขั้นที่ 5 อม mouth piece และปิดปากให้แน่นรอบ mount piece

ขั้นที่ 6 หายใจออกให้เร็วและแรงจนหมด

ขั้นที่ 7 ทำซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์ โดยสามารถทำซ้ำได้ไม่เกิน 8 ครั้ง

ทำการวัด 2 ครั้ง ก่อนและหลังการฝึกและนำค่าที่ดีที่สุดมาใช้ในการแปลผล



รูปภาพที่ 3 แสดงการวัดค่าความจุปอด

ขั้นตอนการฝึกหายใจ (รูปภาพที่ 4 - 12)

ท่าที่ 1 นั่งสบาย ๆ วางมือ 2 ข้างไว้ที่หน้าท้อง หายใจเข้าทางจมูกให้ท้องพอง หายใจออกให้ท้องยุบ และแขม่วท้อง 5 ครั้ง

รูปภาพที่ 4 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 1

ท่าที่ 2 เหยียดแขน 2 ข้างตรงมาข้างหน้าเสมอไหล่ กางแขนไปด้านข้างพร้อมสูดหายใจเข้าเต็มที่ ท้องพอง แล้วหายใจออกท้องยุบพร้อมกับหุบแขนมาที่เดิม

รูปภาพที่ 5, 6 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 2

ท่าที่ 3 นั่งสบาย ๆ กระดกข้อเท้าสลับซ้ายขวา 10 ครั้ง

รูปภาพที่ 7 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 3

ท่าที่ 4 นั่งหรือยืนกางขาเล็กน้อย หายใจเข้าพร้อมยกแขนไปด้านหน้า ค่อย ๆ เคลื่อนแขนขึ้นเหนือศีรษะหยุดนิ่งแล้วหายใจออก พร้อมกับค่อย ๆ เอาแขนลงข้างลำตัว

รูปภาพที่ 8 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 4

ท่าที่ 5 ยื่นมือซ้ายจับพนักเก้าอี้ นั่งหรือยืนตัวตรง หายใจเข้าบิดตัวพร้อมกางแขนขวาไปด้านหลังเท่าที่ได้ หายใจออก พร้อมเอาแขนกลับมาที่เดิม และทำเช่นเดียวกันกับแขนขวา

รูปภาพที่ 9 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 5

ท่าที่ 6 เดินย่ำขาอยู่กับที่สบาย ๆ

รูปภาพที่ 10 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 6

ท่าที่ 7 แกว่งแขน ซ้ายขวา 10 ครั้ง

รูปภาพที่ 11 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 7

ท่าที่ 8 วางฝ่ามือ 2 ข้างบนชายโครง ออกแรงกดด้านข้างเพื่อกระชับซี่โครงเข้าหากันแล้วหายใจออก และหายใจเข้าสบาย ๆ

รูปภาพที่ 12 แสดงการฝึกหายใจท่าที่ 8

หลังจากทำการฝึกครบ 8 ท่าแล้ว ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นเวลา 1 นาที หรือจนกว่าจะหายเหนื่อยและทำการวัดค่าความจุปอดซ้ำอีกครั้ง และเก็บข้อมูลค่าความจุปอดก่อนและหลังการฝึกหายใจแล้วนำค่าที่ดีที่สุดก่อนการฝึกและหลังการฝึกมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและนำเสนอตามชนิดของข้อมูล โดยข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง นำเสนอโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อมูลค่าความจุปอด นำเสนอด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการฝึกหายใจโดยใช้ paired sample t-test ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ p-value < 0.05 ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ เพศ โรคที่เป็น นำข้อมูลมาจัดเป็นหมวดหมู่โดยการแจกแจงเพื่อแสดงจำนวนของข้อมูลว่าแต่ละข้อมูลนั้นมีกี่จำนวน

ผลการวิจัย

มีผู้เข้าร่วมโครงการ 43 คน เป็นเพศหญิง 13 คน เพศชาย 30 คน อายุน้อยที่สุด 37 ปี อายุมากที่สุด 84 ปี อายุเฉลี่ย 62 ปี ผู้ป่วยเป็นโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายจากภาวะหลอดเลือดหัวใจตีบ 30 คน ภาวะหัวใจวาย 6 คน เปลี่ยนลิ้นหัวใจ 1 คน ภาวะเสี่ยงต่อโรคหัวใจ ได้แก่ ภาวะน้ำหนักเกินและขาดการออกกำลังกาย 3 คน กล้ามเนื้อหัวใจทำงานผิดปกติโดยไม่ขาดเลือด 3 คน ผู้ป่วยทุกรายสามารถฝึกการหายใจตามโปรแกรมได้ดี โดยไม่มีการเป็นลมและไม่มีอาการหอบเหนื่อย ความสูงน้อยที่สุด 148 เซนติเมตร ความสูงมากที่สุด 190 เซนติเมตร เฉลี่ย 164 เซนติเมตร น้ำหนักน้อยที่สุด 42 กิโลกรัม น้ำหนักมากที่สุด 114 กิโลกรัม เฉลี่ย 68 กิโลกรัม ค่า BMI ต่ำสุด 18 สูงสุด 38 เฉลี่ย 25.17 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูล อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง

	อายุ	เพศ	ความสูง	น้ำหนัก	BMI
N	43	43	43	43	43
mean/ freq	62.07	30 (ชาย)	164	68.02	25.17
S.D./freq	14.87	13 (หญิง)	8.73	17.35	6.08

ตารางที่ 2 paired samples t-test

	$\bar{X} \pm$ S.D.		$\bar{X} \pm$ S.D.	p
FVC before	2.06 $\pm$ 0.57	FVC after	2.23 $\pm$ 0.60	<0.05*
FEV1 before	1.92 $\pm$ 0.55	FEV1 after	2.06 $\pm$ 0.53	<0.05*

*ค่า p-value < 0.05

ค่าความจุปอด FVC ก่อนการฝึกหายใจเท่ากับ 2.0642 ลิตร (71.209 %) และหลังการฝึกหายใจ เท่ากับ 2.2340 ลิตร (77.162 %) ค่า FEV1 ก่อนการฝึกหายใจ 1.9240 ลิตร (94.906 %) หลังการฝึกหายใจ 2.0633 ลิตร (101.302 %) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 21 พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของค่าความจุปอดภายหลังการฝึกหายใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งค่า FVC และ FEV1 ที่ค่า p น้อยกว่า 0.01 ผู้ป่วยทุกรายมีค่า FEV1/FVC มากกว่า 70 เฉลี่ย 94.765 แสดงให้เห็นว่าผู้ป่วยที่เข้ามาในการศึกษานี้ไม่มีโรคของหลอดลมร่วมด้วย

บทสรุปและวิจารณ์

การฝึกหายใจเป็นการฝึกที่ทำได้ง่ายและปลอดภัย โดยการฝึกหายใจที่ถูกต้องเหมาะสมมีผลเพิ่มประสิทธิภาพของการหายใจ โดยใช้เวลาเพียงครั้งละไม่เกิน 10 นาที โดยสาเหตุที่ความจุปอดเพิ่มขึ้นนั้นเนื่องจากการฝึกหายใจทำให้เกิดการเพิ่มความยืดหยุ่นของทรวงอก ข้อต่อและกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ[20] แก้ไขภาวะ ventilation perfusion mismatch ของผู้ป่วยโรคหัวใจกลับมาดีขึ้นหรือใกล้เคียงปกติ จากเดิมที่ผู้ป่วยโรคหัวใจมีประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจที่ลดน้อยลงจากความเครียดและความวิตกกังวลซึ่งควบคุมโดยระบบนิวโรฮอร์โมนอล[21] อย่างไรก็ดีการฝึกหายใจ และทดสอบความจุปอดจะไม่สามารถทำได้ในกรณีผู้ป่วยที่มีโรคทางสมองที่ทำให้ผู้ป่วยบกพร่องทางการเรียนรู้หรือการสื่อสารเพื่อให้ได้ผลที่ดียิ่งขึ้น ควรมีการฝึกต่อเนื่องสม่ำเสมอที่บ้าน

สำหรับผู้ที่ต้องการให้การรักษาในคลินิกฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจสามารถเพิ่มการฝึกหายใจเข้าไปในโปรแกรมการฝึก และศึกษาสมรรถภาพร่างกายของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง เช่น อาจใช้การประเมินด้วย Six-Minute Walk Test การทดสอบ cardiopulmonary testing[22] โดยวัดจาก VO_2 max เพื่อพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้ป่วยโรคหัวใจต่อไป

ในกรณีผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว ควรส่งเสริมให้ผู้ป่วยใช้ชีวิตอย่างกระฉับกระเฉงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การออกกำลังกาย aerobic exercise ที่พอเหมาะอย่างสม่ำเสมอจะช่วยป้องกันกล้ามเนื้อลีบและปรับ peripheral circulation ให้ดีขึ้น ทำให้ผู้ป่วยสามารถทำงานต่าง ๆ ได้มากขึ้น รู้สึกกระปรี้กระเปร่า โดยไม่อ่อนเพลีย วิธีออกกำลังกายที่เหมาะสม ประหยัด และปลอดภัย สำหรับผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว คือ การฝึกหายใจ การเดินบนทางราบ โดยเริ่มทีละน้อย จาก 2 - 5 นาทีต่อวัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วเพิ่มเป็น 5 - 10 นาทีต่อวัน อย่างไรก็ตาม โปรแกรมออกกำลังกายต้องปรับให้เหมาะสมกับผู้ป่วยเป็นราย ๆ ไป[23] และควรหลีกเลี่ยง isometric exercise เช่น การเบ่ง การยกของหนักกว่า 10 กิโลกรัม หรือการออกแรงมากเกินจนฝืนความรู้สึกของตนเอง งดการออกกำลังกายในวันที่รู้สึกไม่ค่อยสบาย เป็นหวัด อ่อนเพลีย นอนไม่พอเพียง หรือมีอาการเหนื่อย ใจสั่น แน่นหน้าอก และควรมีการประเมินผู้ป่วยก่อนและหลังการออกกำลังกายทุกครั้งเพื่อความปลอดภัย[24, 25] อย่างไรก็ดีสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจตีบ คือ การสูบบุหรี่ ดังนั้น ในกลุ่มประชากรอาจมีโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจร่วมด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำการหาค่า airflow limitation หรือ FEV1/FVC พบว่า ประชากรทุกรายมีค่า FEV1/FVC อยู่ในเกณฑ์ปกติ ถือว่ามีการคัดผู้ป่วยโรคหลอดลมออกไปไม่ให้มีในการศึกษานี้แล้ว เนื่องจากโรคถุงลมโป่งพอง สามารถทำให้เกิดภาวะ dynamic hyperinflation ซึ่งการฝึกหายใจเข้าและออกอย่างถูกวิธีจะเป็นการแก้ไข dynamic hyperinflation และทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ FVC ได้[26, 27, 28] ควรมีการศึกษาต่อว่า ความจุปอดที่เพิ่มขึ้นหลังการฝึกหายใจสามารถอยู่ได้นานแค่ไหน และการฝึกหายใจต่อเนื่องเป็นประจำ สามารถ

ทำให้ค่าความจุปอดเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง แด่ศาสตราจารย์นายแพทย์ประพาฬ ยงใจยุทธ ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคระบบทางเดินหายใจและปอด ผู้ให้คำแนะนำด้านการทดสอบความจุปอด ท่านผู้อำนวยการโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ ทีมอายุรแพทย์และอายุรแพทย์โรคหัวใจ ทีมศัลยแพทย์ วิสัญญีแพทย์ โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ ทีมศัลยแพทย์ทรวงอก โรงพยาบาลสมเด็จพระปิ่นเกล้า ทีมงานแพทย์พยาบาลคลินิกโรคหัวใจ ห้องปฏิบัติการสวนหัวใจ หออภิบาลผู้ป่วยหนักโรคหัวใจ นักกายภาพบำบัด นักวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้ช่วยเหลือคนไข้ คลินิกฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ ที่ร่วมให้การรักษาผู้ป่วย ซึ่งทำให้การรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจสำเร็จครบถ้วนลุล่วงได้ด้วยดี รวมทั้งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนกรุงเทพมหานคร อาจารย์แพทย์หญิงยุพดี ฟูสกุล คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล กองบรรณาธิการวารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ ที่ให้คำแนะนำด้านการเขียนบทความและรูปภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. สมาคมโรคหลอดเลือดแดงแห่งประเทศไทย สมาคมศัลยแพทย์ทรวงอกแห่งประเทศไทย. แนวทางเวชปฏิบัติในการดูแลผู้ป่วยโรค หัวใจขาดเลือดในประเทศไทย ฉบับปรับปรุง ปี 2557. [เข้าถึงเมื่อ 16 มิถุนายน 2560]. เข้าถึงได้จาก http://www. thaiheart.org.
2. เรวัตร พันธุ์กิ่งทองคำ. Etiology and Pathogenesis Part1: Chronic Ischemic Heart Disease. หน้า 1-5 ใน ประดิษฐ์ ปัญจวีณิน, รุ่งโรจน์ กฤตยพงษ์, เรวัตร พันธุ์กิ่งทองคำ. Practical cardiology. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์; 2556.
3. สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. แนวทางการปฏิบัติมาตรฐานเพื่อการวินิจฉัยและการดูแลรักษาผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลว. 2551 [เข้าถึงเมื่อ 6 มีนาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก http://www. thaiheart.org.
4. Jonathan Myers. Exercise and Cardio vascular Health. Circulation 2003; 107: e2-e5 Jan 2003. Available at http://circ.ahajournals.org/content/107/1/e2.short. Retrieved May 2, 2017.
5. ACSM Guideline for exercise testing and prescriptions 9th edition 2014. Available at http://www.guideline.gov/content.aspx?id=3185. Retrieved March 6, 2015.
6. Wasserman K, et al. Lung Function and Exercise Gas Exchange in Chronic Heart Failure. Circulation 1997; 96: 2221-7.
7. กมลทิพย์ หาญผดุงกิจ. 6-Min Walk Test. เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2557; 24(1): 1-4.
8. National Heart Foundation of Australia & Australian Cardiac Rehabilitation 2004. Recommended Framework for cardiac rehabilitation. Available at www.heartfoundation.com.au. Retrieved March 6, 2015.
9. ECRI National Guideline Clearing House. Cardiac rehabilitation 2012. Available at http://www.guideline.gov/content.aspx?id=3185. Retrieved March 6, 2015.

10. Curtis M. Rimmerman. Coronary Artery Disease. Cleveland Clinic Center for Continuing education Feb 2013. Available at http://www.clevelandclinicmeded.com/medicalpubs/diseasemanagement/cardiology/coronary-artery-disease/. Retrieved June 16, 2016.
11. สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย. แนวปฏิบัติบริการสาธารณสุขโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พ.ศ. 2553 สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.
12. Cahalin LP, Arena RA. Breathing exercises and inspiratory muscle training in heart failure Heart failure clin. 2015; 11(1): 149-72.
13. Christine E, Whitten MD. The airway Jedi. Available at https://airwayjedi.com/2017/01/06/ventilation-perfusion-mismatch. Retrieved August 10, 2017.
14. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, et al. Respiratory physiology. Ganong's Review of Medical Physiology, 23rdedition. New york, Sanfrancisco, Milan 2010; 599-650.
15. Novotny S, Kravitz L. The science of breathing. Available at https://www.unm.edu/~lkravitz/Article%20folder/Breathing.html. Retrieved March 6, 2015.
16. Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. August 2011; 66: 714-23.
17. Westerdahl E, et al. Deep-Breathing Exercise Reduce Atelectasis and Improve Pulmonary Function after Coronary Artery Bypass Graft Surgery. Chest 2005; 128(5): 3482-8.
18. สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย. แนวทางการตรวจสมรรถภาพปอด (Guidelines for Pulmonary Function Tests). [เข้าถึงเมื่อ 16 มิถุนายน 2560]. เข้าถึงได้จาก http://thaichest.net/images/article/guideline/GuidelinePFT.pdf.
19. Lutfi MF. The Physiological basis and clinical significance of lung volume measurement. Available at https://mrmjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40248-017-0084-5 Retrieved March 6, 2015.
20. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. Centre for Exercise and Sports Science Research, Edith Cowan University, Sport, Exercise and Life Sciences, School of Health, The University of Northampton, Northampton NN2 7AL, UK.Nicholas Institute of Sports Medicine and Athletic Trauma, Lenox Hill Hospital, New York, NY 10075, USA. 2016; 41(1): 1-11.
21. Yadav RK. Effect of yoga regimen on lung functions including diffusion capacity in coronary artery disease patients Int J Yoga. 2015 Jan-Jun; 8(1): 68-69. Available at https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4278138/.
22. Glidea TR, McCarthy K. Pulmonary function testing. Available at http://www.clevelandclinicmeded.com/medicalpubs/diseasemanagement/pulmonary/ pulmonary-function-testing. Retrieved August 10, 2017.
23. คณะกรรมการชมรมฟื้นฟูหัวใจ. แนวทางการฟื้นฟูสภาพในผู้ป่วยโรคหัวใจ (Cardiac Rehabilitation Guideline). [เข้าถึงเมื่อ 6 มีนาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก http://www.thaiheart.org.

24. Franklin BA, Balady GJ, Berra K, et al. The benefit of physical activity on heart disease. American College of Sports Medicine. Available at https://www.acsm.org/docs/current-comments/exercise-for-persons-with-cardiovascular-disease. Retrieved March 6, 2015.
25. Sietsema KE, Phongphibool S. International Seminar in Clinical Application in Cardiopulmonary Exercise Testing and Interpretation for Health Practitioners; June 29-30, 2017. Novotel Bangkok. Faculty of Sports Science et al Chulalongkorn University; 2017.
26. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function test. Eur Respir J2005; 26: 948-68.
27. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, et al. General consideration for lung function testing. Eur Respir J 2005; 26: 153-61.
28. Varga J. Mechanisms to dyspnoea and dynamic hyperinflation related exercise intolerance in COPD. Acta Physiol Hung. 2015; 102(2): 163-75.