



การพัฒนาเครื่องบริหารปอด เพื่อแก้ปัญหาสภาวะพร่องของระบบทางเดินหายใจ

DEVELOPMENT OF SPIROMETER
TO SOLVE THE PROBLEM OF RESPIRATORY SYSTEM



นิกร ยานินตา บุศรา ไพธิสุข บุญญาดา ประภัทรศิริ เมธัส กวินกุล
วัชรวิลี ยานินตา และ วรณชนก ไตวิชา

การพัฒนาเครื่องบริหารปอด เพื่อแก้ปัญหาสุขภาพะพร่องของระบบทางเดินหายใจ

DEVELOPMENT OF SPIROMETER
TO SOLVE THE PROBLEM OF RESPIRATORY SYSTEM

นิกร ยาอินตา และ บุศรา โพธิสุข

Nikorn Ya-inta and Bursara Phothisuk

อาจารย์ประจำ วิทยาลัยสงฆ์ลำพูน มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย

Professor Lamphun Buddhist College Mahachulalongkornrajavidyalaya University

บุญญาดา ประภัทรสิริ, เมธัส กวินกุล, วัชรวัลลี ยาอินตา และ วรณชนก โตวิชา

Bunyada Prapattarasiri, Methas Kawinkul, Watcharawali Ya-inta and Wanchanok Towitcha

นักวิจัยอิสระ

Independent researcher

(Received : April 25, 2019 ; Revised : May 27, 2019 ; Accepted : May 29, 2019)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาสุขภาพะพร่องในระบบทางเดินหายใจ สร้างเครื่องบริหารปอด และศึกษาผลการใช้เครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพะพร่องของระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยมี 2 กลุ่ม คือ อาสาสมัครผู้สูงอายุ (อายุ 60 ปีขึ้นไป) และอาสาสมัครที่มีอายุน้อยกว่า 60 ปี ในเขตเทศบาลตำบลท่ากว้าง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ จำนวนประชากรที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 50 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุมักพบปัญหาในระบบทางเดินหายใจ คือ ความจุของปอดจะลดลง อันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะปอดแฟบได้ง่าย และยังพบโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ คือ โรคหอบหืด วัณโรค โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง และโรคถุงลมโป่งพอง ดังนั้น แนวทางที่จะช่วยให้ปอดขยายได้คือ การบริหารปอดด้วยวิธีการดูดลมเข้าปอดจะทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนมากขึ้น ช่วยให้การหายใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น การผลิตเครื่องบริหารปอดแบบ Incentive Spirometer NK1 จึงเป็นการพัฒนาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยขยายปอด ซึ่งได้ออกแบบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และมีการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 โดยได้ใช้หลักการแทนที่ลมด้วยน้ำ เพื่อวัดปริมาณอากาศที่จะเข้าปอด ผลการใช้เครื่องบริหารปอดแบบ Incentive Spirometer NK1 พบว่าไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ทดสอบแต่อย่างใด แต่ได้ส่งผลดีต่อผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงมีแนวโน้มลดลงหลังการทดสอบร้อยละ 77.27 และในผู้สูงอายุสามารถช่วยเพิ่มปริมาณอากาศให้แก่ปอดได้ในระดับดี (940 ซีซี) และในระดับดีมาก (1,233 ซีซี) กับกลุ่มปกติ

คำสำคัญ: เครื่องบริหารปอด ระบบทางเดินหายใจ สุขภาวะ

Abstract

This research aims to study the problems of health in the respiratory system, the make the Spirometer and to study the effect of using the Spirometer to problem solving of health in the respiratory system that is an experimental research. The populations used in the research have 2 groups, including elderly volunteers (aged over 60 years old) and volunteers under 60 years old in the area of Tha Kluang Municipality, Saraphi District, Chiang Mai Province. The populations used in collecting data are 50 samples.

It was found that the elderly often find the problem of respiratory system, including the capacity of the lungs will decrease which is leading to Atelectasis to the elderly easily and it still found the diseases of respiratory system, namely Asthma, Tuberculosis, Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Emphysema. Therefore, a way to be able to help the lungs expansion that is to exercise the lungs by means of wind suction that will make the body to get more oxygen and help to breathe more efficiently The production of an Incentive Spirometer NK1 is to develop for using as a tool to help the lungs expansion that is designed according to scientific principles and the effectiveness of the Incentive Spirometer by using the principle of replacing the wind with water in order to measure the volume of air that will go into the lungs. The result of using Spirometer in the Incentive Spirometer NK1 found that does not negatively affect to health of the tester in any way, but there is good result for those who have high blood pressure by having the trend of decreasing after the test of 77.27 percent, in the elderly can help increase the air volume to the lungs at good level (940 cc.), and at a very good level (1233 cc.) with normal group.

Keywords: Spirometer, Respiratory, Health

บทนำ

สถานการณ์ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน อาจเทียบอย่างง่ายว่ามีขนาดประมาณ 1 ใน 25 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ เล็กขนาดที่ขนจมูกของมนุษย์นั้นไม่สามารถกรองได้ ทำให้ฝุ่นละอองชนิดนี้สามารถแพร่กระจายเข้าสู่ทางเดินหายใจ กระแสเลือด และแทรกซึมสู่กระบวนการทำงานในอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย เพิ่มความเสี่ยงเป็นโรคเรื้อรัง โดยที่ PM 2.5 เกิดขึ้นได้จาก 2 ปัจจัยหลักคือ 1) แหล่งกำเนิดโดยตรง ได้แก่ 1.1) การเผาในที่โล่ง ปล่อย PM 2.5 มากที่สุด โดยมาจากการเผาในที่เพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยวเพื่อป้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตอาหารของบริษัทอุตสาหกรรมเกษตรขนาดใหญ่ในภาคเหนือตอนบนของไทยและภูมิภาคลุ่มน้ำโขง รวมไปถึงหมอกควันพิษข้ามพรมแดน 1.2) การคมนาคมขนส่ง โดยมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งดีเซลและแก๊สโซลีนเป็นหลัก อีกทั้งยังเป็นแหล่งกำเนิดของออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) อีกด้วย 1.3) การผลิตไฟฟ้าที่มีสัดส่วนในการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) สูงชั้นบรรยากาศมากที่สุด และ 1.4) อุตสาหกรรมการผลิต โดยพบมากที่สุดในพื้นที่เขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด จังหวัดระยอง ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากสารเคมีและอุตสาหกรรม 2) การรวมตัวของก๊าซอื่นๆ ในบรรยากาศ โดยเฉพาะซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) รวมทั้งมีสารปรอท (Hg), แคดเมียม (Cd), อาร์เซนิก (As) หรือโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ที่ล้วนแล้วแต่เป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ (จินตนา ประชุมพันธ์, 2561) และ

ในปี 2560 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงตรวจวัดได้ในช่วง 2-116 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสูงสุดเฉลี่ย 74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เกินมาตรฐาน 14 จาก 18 จังหวัด ที่มีการตรวจวัด (กรมควบคุมมลพิษ, 2560, 7)

ฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถก่อให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงต่อสุขภาพประชาชน เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ทางระบบทางเดินหายใจ จะทำลายอวัยวะของระบบทางเดินหายใจโดยตรง และยังทำให้เกิดการระคายเคืองตา ระคายคอ แน่นหน้าอก หายใจถี่ หอบเหนื่อย อักเสบ เกิดหอบหืด ถุงลมโป่งพอง และอาจเกิดโรกระบบทางเดินหายใจ โดยเส้นทางการเข้าสู่ทางเดินหายใจนั้นขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่างและความหนาแน่น รวมถึงลักษณะของลมหายใจร่วมด้วย (วนิดา จินาศาสตร์, 2551) และจากข้อมูลผู้ป่วยในสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ พบว่า แนวโน้มอัตราการเกิดกลุ่มโรกระบบทางเดินหายใจต่อประชากร 100,000 คน ของผู้ที่ใช้สิทธิ์ประกันสุขภาพถ้วนหน้าในกลุ่ม 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี และเพิ่มสูงมากขึ้นในปี พ.ศ.2555 (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับ สมศักดิ์ โล่ห์เลขา (2560) นายกแพทยสภา ที่ได้เปิดเผยตัวเลขที่น่าเป็นห่วงของจำนวนประชากรที่กำลังประสบปัญหาการป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจ โดยพบว่า อัตราการเกิดของโรคเฉลี่ยร้อยละ 10 ต่อปี ร้อยละ 20-30 เป็นเด็กที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไป เนื่องมาจากมลพิษทางอากาศ ฝุ่นควันต่างๆ เป็นตัวกระตุ้นให้ภูมิคุ้มกันต้านทานลดต่ำลง และส่งผลต่อการเพิ่มความเสียหายในการเป็นโรคทางเดินหายใจอักเสบ และโรคทางเดินหายใจชนิดรุนแรงขึ้น เช่น มะเร็งปอด โรคถุงลมโป่งพอง หอบหืด เป็นต้น

สำหรับปัญหาโรกระบบทางเดินหายใจของผู้สูงอายุนั้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพร่างกายเมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะระบบหายใจ กล่าวคือ เนื้อปอด จะสูญเสียความยืดหยุ่น เมื่อร่วมกับสภาวะที่ทรวงอกขยายตัวไม่ได้เต็มที่ ทำให้การไหลเวียนของก๊าซในปอดไม่เต็มที่เท่าที่ควร เกิดการคั่งของก๊าซในปอด ส่วนที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ผนังที่เป็นทางผ่านของการแลกเปลี่ยนก๊าซทั้ง 2 หนาตัวขึ้น ทำให้ผู้สูงอายุทนต่อสภาวะที่ต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นไม่ได้ดีเท่าที่ควร เช่น ขณะออกกำลังกาย (ประเสริฐ อัสสันตชัย, 2552) จากภาวะถดถอยของโครงสร้างระบบหายใจที่เกิดขึ้นในวัยสูงอายุ กระทั่งต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความสามารถในการหดกลับของปอดและทรวงอก แรงต้านต่อการไหลของอากาศ การระบายอากาศและการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกลไกป้องกันตัวเองของทางเดินหายใจซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการลดลงของปริมาตรปอดการคั่งค้างของเสมหะ และการเพิ่มงานของการหายใจตามมา ทั้งนี้ เทคนิคทางกายภาพบำบัดทรวงอกถือเป็นแนวทางการจัดการปัญหาที่ผู้สูงอายุสามารถฝึกปฏิบัติ เพื่อชะลอหรือลดความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง ภายหลังได้รับคำแนะนำจากนักกายภาพบำบัด (เมธี จินะโกฏิ และการันต์ พงษ์พานิช, 2561)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาเครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพะพร่องของระบบทางเดินหายใจ โดยจะประดิษฐ์เครื่องบริหารปอดจากวัสดุที่ใช้แล้วทางการแพทย์และใช้วิธีทดสอบประสิทธิภาพตามหลักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลการใช้เครื่องบริหารปอดอันจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจและผู้สูงอายุต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาปัญหาสุขภาพะพร่องในระบบทางเดินหายใจ สร้างเครื่องบริหารปอด และศึกษาผลการใช้เครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพะพร่องในระบบทางเดินหายใจ

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องบริหารปอดที่ประดิษฐ์จากกระบอกฉีดยาขนาด 200 ซีซี (NK1) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

สำหรับการประดิษฐ์เครื่องมือทดสอบปริมาตรของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 นั้น เนื่องจากหลักการทำงานของ Incentive Spirometer เป็นการดูดลมเข้าปอดในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือวัดปริมาตรลมเข้าปอดทางตรงได้ ฉะนั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบและประดิษฐ์เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 ด้วยหลักการการแทนที่ลมด้วยน้ำ (เครื่อง Volume Test) เพื่อวัดปริมาตรอากาศที่จะเข้าปอดได้ และได้ทำการทดสอบปริมาตรอากาศของเครื่อง spirometer NK1 กับเครื่อง Volume Test ซึ่งจากการนำเครื่อง Incentive Spirometer NK1 ไปทดสอบหาชุดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดลอง ผู้วิจัยได้คัดเลือกใช้ Incentive Spirometer NK1 ที่เจาะรูขนาด 5 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดประสิทธิภาพของเครื่องบริหารปอดด้วยหลักการการแทนที่ลมด้วยน้ำ

การดำเนินการทดลอง

ในขั้นตอนการดำเนินการทดลองนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองในรูปแบบของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 กับกลุ่มอาสาสมัคร โดยมีรายละเอียดการทดลองคือ การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 โดยทดลองกับกลุ่มอาสาสมัครจำนวน 50 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มผู้สูงอายุ และกลุ่มปกติ ตามขั้นตอนดังนี้

1. แนะนำโปรแกรมการทดลองใช้เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1

2. เตรียมความพร้อมของอาสาสมัครก่อนการทดลองด้วยการตรวจร่างกาย โดยสอบถามประวัติส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก โรค และตรวจร่างกายด้วยการวัดค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และระดับออกซิเจนในเลือด เพื่อให้ผู้ควบคุมการทดลองอันประกอบด้วยแพทย์ และผู้วิจัยได้ประเมินสุขภาพร่างกายของอาสาสมัครว่ามีความพร้อมในการทดลองหรือไม่ หากพบว่า อาสาสมัครคนใดมีปัญหาสุขภาพที่อาจเกิดอันตรายระหว่างการทดสอบ ให้ทำการระงับการทดลองกับอาสาสมัครที่คนนั้น

3. ทำการทดลองโดยใช้เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 โดยการดูดลมเข้าปอดจำนวน 10 ครั้ง ในระยะเวลาต่อเนื่องโดยไม่พัก หลังจากนั้น ให้อาสาสมัครพัก 10 นาที
4. ทำการวัดค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และระดับออกซิเจนในเลือด ซึ่งเป็นการวัดค่า การตรวจสอบสุขภาพร่างกายหลังการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจัดทำโดยการแบบบันทึกทั้งหมดมาตรวจสอบความสมบูรณ์ความถูกต้องในการจดบันทึก เพื่อนำมา วิเคราะห์ข้อมูล จากนั้น ทำการการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล โดยวิเคราะห์จำนวนและค่าร้อยละ ซึ่งประกอบด้วย เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และโรค
2. วิเคราะห์ผลการตรวจร่างกาย เป็นการเปรียบเทียบผลก่อนการทดลองและหลังการทดลองของค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ระดับออกซิเจนในเลือด โดยกำหนดค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าในแต่ละหัวข้อ
3. วิเคราะห์ผลการทดลองใช้เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 โดยวิเคราะห์จากจำนวนปริมาตร อากาศที่ดูดได้ใน 10 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยปริมาตรอากาศที่ดูดได้ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ผลการวิจัย

1. ปัญหาสุขภาพภาวะพร่องในระบบทางเดินหายใจ

ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์เป็นชุดอวัยวะที่มีหน้าที่ในการรับออกซิเจนและขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อวัยวะหลักของระบบทางเดินหายใจคือ ปอด ซึ่งทำการแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะที่เราหายใจ เซลล์เม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ ลำเลียงออกซิเจนจากปอดและนำไปยังอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายที่จำเป็นต้องใช้ ดังนั้น มลพิษทางอากาศ ฝุ่นควัน ต่างๆ ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญต่อการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคภูมิแพ้ หอบหืด มะเร็งปอด เป็นต้น สำหรับการทำงานของระบบทางเดินหายใจของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุมักพบปัญหาสุขภาพระบบทางเดินหายใจ คือ ความจุของปอดจะลดลง ทำให้มีปริมาตรของอากาศค้างในปอดเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากความยืดหยุ่นของเนื้อปอด หลอดลมลดลง เยื่อหุ้มปอดแห้ง ทึบ เป็นสาเหตุนำไปสู่การลดการขยายตัวของปอด และในผู้สูงอายุยังพบโรคเกี่ยวกับระบบหายใจ คือ โรคหอบหืด วัณโรค โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในผู้สูงอายุ และโรคถุงลมโป่งพอง

2. การสร้างเครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพภาวะพร่องของระบบทางเดินหายใจ

การสร้างเครื่องบริหารปอดนี้ ประกอบด้วย กระจกฉีดยาพลาสติกขนาด 200 ซีซี ท่อพลาสติกขนาด 50 เซนติเมตร และตัวปากดูด สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการประดิษฐ์คือ ใบเลื่อย กาวแท่งพร้อมปืนอัดกาว สว่านเจาะรู กระดาษทรายอ่อน การประดิษฐ์เครื่องบริหารปอดมีแนวคิดเหมือนกับกระบอกเครื่องสูบลมยางรถด้วยมือแบบโบราณ โดยเปรียบเทียบการสูบลมยางรถโดยวิธีการดันลมเข้ายาง แต่เครื่องบริหารปอดเป็นการดูดลมเข้า

วิธีการสร้างเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 มีขั้นตอน คือ 1) เจาะรูที่โคนกระบอกฉีดยา 2) ตัดแกนกระบอกสูญยาว 3) นำชิ้นส่วนทั้ง 2 มาประกอบเข้าด้วยกัน 4) ต่อท่อยาง พร้อมปากเปิดกับส่วนปลายของกระบอก 5) ตรวจสอบความเรียบร้อย ความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของลูกลอย 6) ทดสอบดูดลมพร้อมกับสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของ ลูกลอย

สำหรับการทดสอบปริมาตรของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 ผู้วิจัยได้ใช้หลักการ การแทนที่ ลมด้วยน้ำ เพื่อวัดปริมาตรอากาศที่จะเข้าปอดได้ โดยมีอุปกรณ์การประดิษฐ์ คือ แกลลอนขนาดบรรจุ 4 ลิตร 2 แกลลอน คือ แกลลอน A และแกลลอน B ท่อขนาด 6 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว สายยางขนาด 7 มิลลิเมตร 2 เส้น ยาวสั้นละ 15 เซนติเมตร ท่อพลาสติกขนาด 7 มิลลิเมตร ยาว 4 เซนติเมตร 2 ท่อ และกาวแท่งและปืนยิงกาวแท่ง

วิธีการสร้างเครื่องทดสอบปริมาตรของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 คือ 1) เชื่อมแกลลอนทั้งสองด้วยท่อขนาด 6 ฟุต อุดรอยรั่วด้วยกาวแท่ง แล้วนำไปวางในถาด และเททับด้วยเรซินบริเวณกันแกลลอน 2) ผสมน้ำหวานสีแดง (เพื่อให้มองเห็นระดับน้ำได้ชัดเจน) แกลลอนละ 2.5 ลิตร จากนั้นก็ทำเครื่องหมายปริมาตรน้ำครึ่งละ 100 ซีซี จนสูงสุดประมาณ 1500 ซีซี 3) เจาะรูฝาปิดแกลลอน A จำนวน 2 รู ใส่หลอดพลาสติกขนาด 7 มิลลิเมตร ใช้ 2 หลอด และต่อด้วยท่อพลาสติกทั้งสองท่อยาวเส้นละ 15 เซนติเมตร 4) เติมน้ำในแกลลอนที่เชื่อมต่อกันแล้วครึ่งละ 200 ซีซี เพื่อให้หน้าขึ้นด้านละ 100 ซีซี และทำเครื่องหมายไว้จนถึงขีดสูงสุด (ตามภาพ) จากการทำเครื่องหมายได้จำนวนปริมาตรน้ำ 25 ขีด (2,500 ซีซี)

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบปริมาตรของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 นั้น ผู้วิจัยได้ทำการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญถึงความเที่ยงและประสิทธิภาพตามหลักวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาและยืนยันประสิทธิภาพของเครื่องทดสอบปริมาตรของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 เป็นที่เรียบร้อย และสรุปได้ว่าขนาดของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 รุ่นขนาด 5 มิลลิเมตร มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการทดสอบกับกลุ่มประชากร



ลูกลอยต้านแรงดูด



ลูกลอยต้านแรงดูด

ภาพที่ 3 เตรียมความพร้อมก่อนการทดสอบ
(ลูกลอยต้านแรงดูดจะอยู่ด้านล่างสุด)

ภาพที่ 4 การดูดอากาศเข้าปอด
(ลูกลอยต้านแรงดูดจะอยู่ด้านบนสุด)

3. ผลการใช้เครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพช่องของระบบทางเดินหายใจ

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล

การศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลทั่วไปของประชากร (กลุ่มอาสาสมัคร) ในตำบลท่ากว้าง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ จำแนกตาม เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และโรค โดยแบ่งกลุ่มประชากร (กลุ่มอาสาสมัคร) จำนวน 50 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้สูงอายุ จำนวน 22 คน และทำการทดสอบกลุ่มปกติ จำนวน 28 คน

ผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 77.27 มีอายุระหว่าง 70-79 ปี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 ส่วนใหญ่มีส่วนสูงระหว่าง 150-159 เซนติเมตร จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 68.18 น้ำหนักส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 50-59 กิโลกรัม จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 และมีโรคประจำตัว จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 86.36 ซึ่งโรคประจำตัวของผู้สูงอายุนั้นพบว่า ผู้สูงอายุจำนวน 8 คน มีโรคประจำตัวมากกว่า 1 โรคขึ้นไป โรคประจำตัวที่พบมากที่สุดได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง จำนวน 11 คน รองลงมาได้แก่ โรคเบาหวาน จำนวน 6 คน โรคไขมันในเลือด จำนวน 4 คน โรคกระเพาะอาหาร จำนวน 3 คน โรคไทรอยด์ จำนวน 2 คน โรคกระดูกทับเส้น จำนวน 3 คน และเป็นโรคเก๊าท์ โรคพาร์กินสัน โรคเวียนศีรษะ จำนวนโรคละ 1 คน

กลุ่มปกติส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 96.43 มีอายุระหว่าง 50-59 ปี จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 82.14 มีส่วนสูงระหว่าง 150-159 เซนติเมตร จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 89.29 มีน้ำหนักระหว่าง 50-59 กิโลกรัม จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 53.57 และมีโรคประจำตัว จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 64.29 ซึ่งโรคประจำตัวของกลุ่มปกตินั้น พบว่า กลุ่มปกติจำนวน 4 คน มีโรคประจำตัวมากกว่า 1 โรคขึ้นไป โรคประจำตัวที่พบมากที่สุดได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง จำนวน 7 คน รองลงมาได้แก่ โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือด จำนวนโรคละ 4 คน โรคไทรอยด์ จำนวน 2 คน และโรคหัวใจขาดเลือด โรคแพ้ภูมิคุ้มกันตัวเอง (SLE Systemic Lupus Erythematosus) โรคไขมันพอกตับ โรคภูมิแพ้ จำนวนโรคละ 1 คน

3.2 ผลวิเคราะห์การตรวจร่างกาย

จากการวิเคราะห์ผลการตรวจร่างกาย โดยการเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใช้เครื่อง Incentive Spirometer NK1 ของประชากร (กลุ่มอาสาสมัคร) พบว่า ความดันโลหิตของผู้สูงอายุส่วนใหญ่ ก่อนและหลังทดสอบไม่ปกติ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 59.09 ทั้งนี้ จากการเปรียบเทียบความดันโลหิตมีแนวโน้มลดลงหลังการทดสอบร้อยละ 77.27 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้สูงอายุ ก่อนและหลังทดสอบ ส่วนใหญ่ปกติ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 81.82 อัตราการหายใจของผู้สูงอายุ และระดับออกซิเจนในเลือดของผู้สูงอายุ ก่อนและหลังทดสอบ มีความปกติทั้งหมด จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ในกลุ่มปกติ พบว่า ความดันโลหิตของกลุ่มปกติส่วนใหญ่ ก่อนและหลังทดสอบการใช้เครื่อง Incentive Spirometer NK1 พบว่า ส่วนใหญ่ปกติ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 53.57 ทั้งนี้ ความดันโลหิตมีแนวโน้มลดลงหลังการทดสอบร้อยละ 50.00 อัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มปกติ ก่อนและหลังทดสอบ ส่วนใหญ่ปกติ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 82.14 อัตราการหายใจของกลุ่มปกติ และระดับออกซิเจนในเลือดของกลุ่มปกติ ก่อนและหลังทดสอบ มีความปกติทั้งหมด จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย พบว่า ในกลุ่มผู้สูงอายุได้ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ ค่าชีพจร ค่าอัตราการหายใจ และระดับออกซิเจน ส่วนค่าความดันโลหิต มีความแตกต่างกันจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ สำหรับกลุ่มปกติพบว่า ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ทุกข้อ

3.3 ผลการทดลองใช้เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1

กลุ่มผู้สูงอายุ พบว่า ปริมาตรอากาศที่ดูดได้ของกลุ่มผู้สูงอายุ โดยภาพรวม ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดี (940 ซีซี) และเมื่อจำแนกเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด พบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (968 ซีซี) ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด (882 ซีซี)

กลุ่มปกติ พบว่า ปริมาตรอากาศที่ดูดได้ของกลุ่มปกติ โดยภาพรวม ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดีมาก (1,233 ซีซี) และเมื่อจำแนกเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด พบว่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1,261 ซีซี) ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด (1,168 ซีซี)

การอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพของระบบทางเดินหายใจ ผู้วิจัยสรุปและอภิปรายผลดังนี้

1. จากการวิจัยพบว่า ในผู้สูงอายุจะประสบปัญหาการทำงานของระบบทางเดินหายใจ คือ ความจุของปอดจะลดลง ทำให้มีปริมาตรของอากาศค้างในปอดเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากความยืดหยุ่นของเนื้อปอด หลอดลมลดลง เยื่อหุ้มปอดแห้งทึบ เป็นสาเหตุนำไปสู่การลดการขยายตัวของปอด ซึ่งแนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยให้ปอดขยายได้คือ การออกกำลังกายปอดด้วยวิธีการดูดลม ดังนั้น จึงต้องมีการช่วยขยายปอดให้หายใจได้มากขึ้น อัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของจริยา พรหมสุวรรณ (2552) ที่ได้ศึกษาเรื่อง “การทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับประสิทธิภาพการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดต่อการลดอาการหายใจลำบากในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง” พบว่า การฟื้นฟูสมรรถภาพปอดมีองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละรูปแบบ ได้แก่ การออกกำลังกายกล้ามเนื้อร่างกายส่วนบน การออกกำลังกายกล้ามเนื้อร่างกาย

ส่วนล่าง การออกกำลังกายกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ ดังนั้น ปัญหาสภาวะพร่องในระบบทางเดินหายใจ สามารถแก้ไขได้ด้วยกระบวนการออกกำลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจด้วยวิธีการตุลุมเข้าปอด

2. จากการวิจัยพบว่า การผลิตเครื่องบริหารปอดแบบ Incentive Spirometer NK1 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยขยายปอด ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนมากขึ้น กระตุ้นกล้ามเนื้อกะบังลม ช่วยให้การหายใจมีประสิทธิภาพมากขึ้น เครื่องบริหารปอดนี้ไม่เพียงแต่มีประโยชน์ต่อผู้สูงอายุเท่านั้น ผู้ป่วยที่ผ่าตัดและคนปกติทั่วไปสามารถนำไปใช้กับการบริหารปอดให้ปอดทำงานดีขึ้นได้ ขณะเดียวกัน เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 ได้ผลิตจากวัสดุทางการแพทย์ คือ กระจกฉีดยาขนาด 200 ซีซี นำมาผ่านกระบวนการดัดแปลงให้เป็นเครื่องบริหารปอดที่มีราคาถูกลง หากเทียบกับเครื่อง Spirometer ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด และเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 มีความแข็งแรง ทนทาน ไม่แตกหักง่าย เครื่องนี้มีความเป็นไปได้ของโอกาสที่จะสามารถผลิตเพื่อการแจกจ่ายให้แก่ผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยได้อย่างทั่วถึง

หลักการออกแบบเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 ได้ดำเนินการออกแบบตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และมีการทดสอบปริมาตรของเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 โดยได้ใช้หลักการ การแทนที่ลมด้วยน้ำ เพื่อวัดปริมาตรอากาศที่จะเข้าปอดได้ ขณะเดียวกัน ได้ผ่านการรับรองความเที่ยงและประสิทธิภาพของเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ การผลิตเครื่องบริหารปอด มีความสอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ ถาวร วาจนศิริ (2556) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องวัดปริมาตรอากาศขณะหายใจแบบดิจิทัล” พบว่า ได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องวัดปริมาตรอากาศขณะหายใจแบบดิจิทัล โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ กฎของความดัน อิเล็กทรอนิกส์ และไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผลการจัดทำงานวิจัยสามารถออกแบบ และสร้างเครื่องวัดปริมาตรอากาศขณะหายใจแบบดิจิทัล ดังนั้น การออกแบบเครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์และผ่านกระบวนการทดสอบประสิทธิภาพ จัดได้ว่าเป็นเครื่องมือที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3. จากการวิจัยพบว่า ผลวิเคราะห์การตรวจร่างกายทั้ง 2 กลุ่ม พบปัญหาความดันโลหิตสูงก่อนการทดสอบเกินจากมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม การทดสอบพบว่า ความดันโลหิตมีแนวโน้มลดลงหลังการทดสอบร้อยละ 77.27 ในกลุ่มผู้สูงอายุ และร้อยละ 50.00 ในกลุ่มปกติ ดังนั้นจึงจัดได้ว่า การใช้เครื่องบริหารปอดทำให้ความดันโลหิตลดลงจากเดิม ซึ่งลดลงไม่มากนัก และอยู่ในระดับเกณฑ์ปกติ และเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้ทดสอบ สำหรับอัตราการเต้นของหัวใจของผู้สูงอายุและกลุ่มปกติ ก่อนและหลังทดสอบ ส่วนใหญ่มีอัตราการเต้นของหัวใจในสภาพที่ปกติ อัตราการหายใจและระดับออกซิเจนในเลือดมีความปกติในร้อยละ 100 แสดงได้ว่า การใช้เครื่องบริหารปอดแบบ Incentive Spirometer NK1 ไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ทดสอบแต่อย่างใด แต่ในขณะที่เดียวกันได้ส่งผลดีต่อผู้ที่มีความดันโลหิตสูงเกินจากค่ามาตรฐาน ช่วยให้ความดันโลหิตลดลงได้

4. จากการวิจัยพบว่า เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 สามารถช่วยเพิ่มปริมาตรอากาศให้แก่ปอดได้ในระดับดีกับผู้สูงอายุ และในระดับดีมากกับกลุ่มปกติ ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของอากาศที่เข้าสู่ปอดจะช่วยให้ปอดขยาย เนื่องจากมีอากาศเข้าไปมากกว่าการหายใจปกติ ดังนั้น การใช้เครื่องบริหารปอดจึงเป็นการออกกำลังกายปอดเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของปอดให้ดีขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จันทรา เพ็ชรมาก (2551) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง “เปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้เครื่องกระตุ้นหายใจกับยาลดความดันที่มีต่อสมรรถภาพปอด” พบว่า การฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพปอดด้วยการฝึกรูปแบบเครื่องกระตุ้นหายใจ สามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดให้ดีขึ้นได้

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาสภาวะพร่องของระบบทางเดินหายใจด้วยการประดิษฐ์เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 จากวัสดุทางการแพทย์ คือ กระจกฉีดยาพลาสติกขนาด 200 ซีซี ซึ่งมีราคาถูกกว่าเครื่องบริหารปอดที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 3 เท่า และมีความคงทนต่อการแตกหัก จึงเป็นการง่ายที่จะผลิตเพื่อการแจกจ่ายให้แก่ผู้ที่มีปัญหาในระบบทางเดินหายใจ เครื่องบริหารปอด Incentive Spirometer NK1 สามารถช่วยเพิ่มปริมาตรอากาศ

ให้แก่ปอดได้ในระดับดีในผู้สูงอายุและระดับดีมากในคนปกติที่มีอายุต่ำกว่า 60 ปี การเพิ่มขึ้นของอากาศที่เข้าสู่ปอดจะช่วย
ให้ปอดขยาย ทำให้ปอดแข็งแรง ลดการเกิดปัญหาสุขภาพะพร่องของระบบทางเดินหายใจได้

ผลงานวิจัย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรอบด้านทั้งในเชิงนโยบาย เชิงสาธารณะ และเชิงวิชาการ โดยสามารถ
ครอบคลุมทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน อันช่วยให้ประชาชนในสังคมมีสุขภาพกายที่ดีขึ้น ลดภาระ
ค่าใช้จ่ายของรัฐบาลในการจัดสรรงบประมาณเพื่อดูแลสุขภาพของประชาชน

ข้อเสนอแนะการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อสังคม

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อสังคม เชิงนโยบาย

1. กระทรวงสาธารณสุข สามารถนำแนวทางจากงานวิจัยนี้ไปประโยชน์ในการดูแลและฟื้นฟูระบบทางเดินหายใจ
ทั้งในผู้ป่วย ผู้สูงอายุ และประชาชนทั่วไป
2. กระทรวงศึกษาธิการ สามารถนำงานวิจัยนี้ไปส่งเสริมเพื่อการศึกษาในด้านการรักษาสุขภาพของระบบทางเดินหายใจ
และศึกษานวัตกรรมทางการแพทย์ชั้นสูงในทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน
3. หน่วยงานการวิจัย สามารถนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนานโยบายทำงานร่วมกันกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริม
สุขภาพ (สสส.)
4. รัฐบาล สามารถนำงานวิจัยนี้ไปจัดตั้งเป็นนโยบายในการส่งเสริมสุขภาพของระบบทางเดินหายใจทั้งในสภาวะปกติ
และในสภาวะวิกฤติของการเกิดมลพิษทางอากาศ

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อสังคม เชิงสาธารณะ

1. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลท่ากว้าง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ได้เผยแพร่องค์ความรู้จาก
การวิจัยนี้
2. องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น สามารถนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาและต่อยอดโครงการเพื่อรองรับสุขภาพในระบบ
ทางเดินหายใจของผู้สูงอายุ

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

การศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพะพร่องของระบบทางเดินหายใจ” คณะผู้วิจัย
มีข้อเสนอแนะทางการวิจัย ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1.1 นโยบายเร่งด่วน ควรเตรียมความพร้อมแก่ผู้ที่จะก้าวเข้าสู่ผู้สูงอายุในการบริหารความแข็งแรงของ
กล้ามเนื้ออกะบังลม เพื่อลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคในระบบทางเดินหายใจและฟื้นฟูระบบทางเดินหายใจในผู้ที่เป็นโรคแล้ว
เพื่อการดำเนินชีวิตที่ดีมีความสุขเมื่อถึงวัยผู้สูงอายุ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์

1.2 รัฐบาลควรมีนโยบายวางแผนสาธารณสุข เป็นแผนแห่งชาติ ระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว อย่างมี
ประสิทธิภาพให้ครอบคลุมปัญหาทุกด้านเพื่อรองรับปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากการที่สังคมไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ
โดยเฉพาะปัญหาในระบบทางเดินหายใจเนื่องมาจากภาวะฝุ่นควันขนาดเล็ก (PM 2.5)

2. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

2.1 หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องด้านสุขภาพ ควรเผยแพร่ผลงานการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้ผู้สูงอายุ หรือบุคคล
ทั่วไปได้รับทราบถึงผลดีของการใช้เครื่องบริหารปอด

3. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

- 3.1 ควรศึกษาวิจัยในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ป่วยเกี่ยวกับโรคปอด
- 3.2 ควรศึกษาวิจัยถึงการประยุกต์ใช้หลักวิทยาศาสตร์สุขภาพมาพัฒนาสุขภาพของประชาชน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องบริหารปอดเพื่อแก้ปัญหาสุขภาพพร่องของระบบทางเดินหายใจ” สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความเมตตาอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. พระสุธีรัตนบัณฑิต ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพุทธศาสตร์ พระมหาสมยศ สุทธิสิริ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พระครูสิริสุตานุยุต ที่ได้ชี้แนะแนวทางและรูปแบบการวิจัย จนได้นี้อาสาจารย์เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวม ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ อุเทน ปัญญา และนายแพทย์ปองปรีดา แสนจิตต์ แพทย์โรงพยาบาลสารภี อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเพื่อให้ได้คุณภาพและเป็นไปตามหลักการวิจัย และหลักการทางวิทยาศาสตร์

ขอขอบคุณอาสาสมัครเพื่อการวิจัยทุกท่านที่เสียสละเวลาในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัย และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประกอบในการวิจัยจนสำเร็จลงด้วยดีในครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในวิทยาลัยสงฆ์ลำพูนทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจจะศึกษาเรื่องเดียวกันนี้ต่อไป

หมายเหตุ: บทความนี้ผ่านการรับรองการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย หมายเลขใบรับรอง ว.30/2561

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2560). *สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2560*. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- จริยา พรหมสุวรรณ. (2552). *การทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับประสิทธิผลการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดต่อการลดอาการหายใจลำบากในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง*. รายงานวิจัย. วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีสงขลา.
- จันทรา เพ็ชรมาก. (2551). *เปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อหายใจโดยใช้เครื่องกระตุ้นหายใจกับยางยืดที่มีต่อสมรรถภาพปอด*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จินตนา ประชุมพันธ์. (2561). *PM2.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ กับวิกฤตสุขภาพที่คนไทยจะต้องแลก*. THE STANDARD. สืบค้นจาก <https://thestandard.co/pm-2-5-environmental-nano-pollutants>
- ถาวร วาจนศิริ. (2556). *การออกแบบและสร้างเครื่องวัดปริมาณอากาศขณะหายใจแบบดิจิทัล*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ประเสริฐ อัสสันตชัย. (2552). *ผู้สูงอายุกับระบบการหายใจ*. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เมธี จินะโกฏิ และการันต์ พงษ์พานิช. (2561). *บทความพื้นฐานวิชาการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจในผู้สูงอายุและการจัดการทางกายภาพบำบัดทางออก*. *เวชสารแพทย์ทหารบก*, 71(4), 279-283.
- วนิดา จินาศาสตร์. (2551). *มลพิษทางอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ โล่เลขา. (2560). *แพทย์ผู้เชี่ยวชาญ...ชี้วิกฤตมลพิษ ส่งผลคนไทยป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ*. สืบค้นจาก www.ryt9.com/s/tpd/2530516
- สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2555). *โรคและภัยสุขภาพจากปัญหาหมอกควัน*. กรมควบคุมโรค.