

BreathSmart Pro+: นวัตกรรมเครื่องตรวจสมรรถภาพและบริหารปอดพร้อมกับ

ตรวจวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO2) สำหรับการฟื้นฟูหลังจาก COVID-19

BreathSmart Pro+: Innovative Breath Analysis and Lung Exercise Device

with Blood Oxygen Saturation (SpO2) Monitoring for Post-COVID-19 Recovery

ศราวุธ ชัยมูล^{1*} ธเนศ คณะดี⁴ นางสาวณัฏฐา เมธากาญจนศักดิ์² นัตริชัย พิมพ์ศักดิ์³ พิเชษฐ เรืองสุขสุด² ธนวรรณ ติรเมธ²

¹วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์, ²คณะพยาบาลศาสตร์, ³คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

⁴คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ^{1*}E-mail: sarachai@kku.ac.th

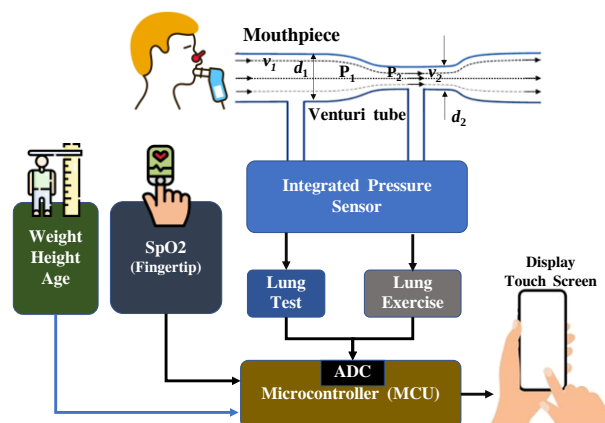
บทคัดย่อ

การฟื้นฟูปอดเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้ป่วยที่เพิ่งฟื้นตัวจากโรค COVID-19 และมีอาการจากปอดอักเสบซึ่งกระบวนการฟื้นฟูปอดเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวหรือการออกกำลังกายที่จะช่วยส่งเสริมการฟื้นฟูความยืดหยุ่นในเนื้อเยื่อปอดและถุงลมให้กลับมามีความสามารถเต็มรูปแบบอีกครั้ง งานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องตรวจวัดสมรรถภาพและบริหารปอดสำหรับผู้ป่วยที่หายจากโรค COVID-19 เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพปอด การบริหารปอดอย่างต่อเนื่อง ผ่านการวัดปริมาณและอัตราการไหลของลมหายใจด้วยเซนเซอร์ที่วัดความแตกต่างของความดันอากาศ และในอุปกรณ์เดียวกันนี้ยังมีการประเมินความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (SpO2) ซึ่งจะวัดระดับออกซิเจนที่ปลายนิ้ว ผลจากการทดสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานได้ค่า Peak flow และ ค่า Flow rate มีค่าความเที่ยงตรงอยู่ที่ 99% ขณะที่ค่า SpO2 มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง ± 1 ซึ่งจากผลการทดสอบสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมสุขภาพปอดและการประเมินค่า SpO2 ในผู้ป่วยที่กำลังพักฟื้นตัวหลังจากติดเชื้อ COVID-19 หรือผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้อย่างสะดวกและง่ายยิ่งขึ้น ข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อให้เข้าใจเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของระบบทางเดินหายใจและสุขภาพปอดโดยรวมของผู้ป่วยได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การฟื้นฟูปอด การฟื้นฟูหลัง COVID-19 การวิเคราะห์สมรรถภาพปอด เครื่องบริหารปอด

Abstract

It is essential to engage in lung rehabilitation for individuals who have recently recovered from COVID-19 and are experiencing pneumonia. The rehabilitation process involves incorporating movements or exercises that gradually promote the restoration of flexibility in the lung tissue and air sacs, allowing them to regain their full capacity. This research presents a device for analysis and managing lung capacity in patients who have recovered from COVID-19, aiming to promote lung function and continuous pulmonary rehabilitation. The same device also includes an evaluating of blood oxygen saturation levels by measuring the quantity and rate of airflow through sensors that detect air pressure differentials. Additionally, the concentration of



รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของเครื่อง BreathSmart Pro+ สำหรับตรวจสมรรถภาพ บริหารปอดและค่า SpO2 สำหรับผู้ป่วยหลัง COVID-19

oxygen in the blood (SpO2) is measured through the assessment of oxygen levels at the fingertip. The test results compared to the standard instruments showed that the Peak Flow and Flow Rate values were within 99% accuracy. However, the SpO2 measurements had an error range of approximately ± 1 . This can be applied to patients to enhance their lung function assessment, pulmonary rehabilitation, and SpO2 evaluation, especially for those recovering from COVID-19 or individuals with respiratory system issues. It provides greater convenience in accessing these assessments, and the data can also be further analyzed to gain valuable insights into the overall respiratory system functioning and lung health of patients.

Keywords: Lung rehabilitation, COVID-19 recovery, Lung capacity analysis, Lung exercise device

1. บทนำ

การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้เกิดการป่วยของระบบทางเดินหายใจ ซึ่งอาจเกิดปอดอักเสบอย่างรุนแรง และมีอาการหายใจล้มเหลวเฉียบพลันได้ ผู้ป่วยส่วนหนึ่งที่หายป่วยจากการติดเชื้ออาจพบรอยโรคเป็นพังผืดหรือแผลในปอด เกิดพยาธิ

สภาพที่เนือปอด หรือมีการทำลายเนือปอดมากขึ้น อาจจะทำให้สูญเสียความยืดหยุ่นทำให้สมรรถภาพปอดของผู้ป่วยลดลง [1]-[2] อีกทั้ง COVID-19 ยังมีโอกาสที่จะติดเชื้อซ้ำได้ จึงมีความจำเป็นที่ผู้ป่วยควรจะ สามารถรับรู้สมรรถภาพปอดของตนเองและมีแนวทางในการฟื้นฟูสมรรถภาพปอดอย่างต่อเนื่องในรูปแบบที่เข้าถึงง่ายและสะดวก รวมทั้ง การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (SpO₂) [3]-[4] โดยทั่วไปการตรวจสมรรถภาพปอดนั้นผู้ป่วยจำเป็นต้องไปรับการตรวจที่โรงพยาบาล ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลา เสียค่าใช้จ่ายหลายอย่าง และการพบปะผู้คนจำนวนมากอาจทำให้เกิดความเสี่ยงในการติดเชื้อเพิ่มขึ้นได้ และจากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า การตรวจสมรรถภาพปอดสามเดือนหลังจากผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาล พบว่าปอดบวมเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยถ้าหากการตรวจสมรรถภาพปอดซึ่งต้องดำเนินการหลังจากเอกซเรย์ทรวงอกพบความผิดปกติ ผู้ป่วยอาจมีอาการทุพพลภาพอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเมื่อผู้ป่วยจำหน่ายออกจากโรงพยาบาลครบสามเดือน จึงมีความจำเป็นที่ผู้ป่วยจะต้องได้รับการประเมินสมรรถภาพการทำงานของปอดและมีการฟื้นฟูสมรรถภาพของปอดร่วมด้วยเพื่อติดตามผู้ป่วยที่มีอาการเกี่ยวกับทางเดินหายใจภายหลังการติดเชื้อของโรค COVID-19

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอเครื่องตรวจสมรรถภาพและบริหารปอดทั้งที่เป็นแบบเฉียบพลันและเรื้อรังโดยเฉพาะผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาแล้วจาก COVID-19 เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถตรวจสมรรถภาพ บริหารและฟื้นฟูปอดโดยใช้ชื่อว่า BreathSmart Pro+ นอกจากนี้ ได้เพิ่มฟังก์ชันการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด ในเครื่องเดียวกันเพื่อความสะดวกในการใช้งานซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้ผู้ป่วยได้ฟื้นฟูสมรรถภาพปอดด้วยตนเองที่บ้าน และเกิดความต่อเนื่องของการฟื้นฟูสมรรถภาพของปอด โดย BreathSmart Pro+ อาจจะแบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ เริ่มจากการทำต้นแบบและนำไปทำการสอบเทียบกับเครื่องมือวัดตามมาตรฐาน เมื่อได้ผลที่ดีและพึงพอใจก็จะนำไปทดสอบกับคนต่อไปซึ่งในงานวิจัยจะอยู่ในขั้นตอนแรกซึ่งผลการทดสอบจะเป็นผลเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน

2. การออกแบบและหลักการทำงาน

แผนผังการทำงานของ BreathSmart Pro+ แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย ปากเป่า (Mouthpiece) เซ็นเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor) เซ็นเซอร์วัดค่า SpO₂ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller: MCU) และหน้าจอแสดงผลและป้อนข้อมูล โดยปากเป่าจะออกแบบโดยใช้หลักการทำงานของท่อเวนจูรี (Venturi tube) ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่วัดได้ทั้งของเหลวและก๊าซ ทำงานโดยอาศัยทฤษฎีของเบอร์นูลลี (Bernoulli's theorem) หรือหลักการวัดความดันแตกต่าง โดยลมที่เป่าหรือดูดจะใช้สมการของเวนจูรีซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของความเร็ว (v) และความดัน (P) ของการเปลี่ยนแปลงของของไหลแสดงดังสมการที่ (1)

$$P_1 - P_2 = \Delta p = \frac{\rho}{2} v_2^2 - v_1^2 \quad (1)$$

เมื่อ P คือ ความดัน v คือ ความเร็ว และ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล โดยการตรวจสมรรถภาพปอดจะทำการวัดปริมาตรและอัตราการ

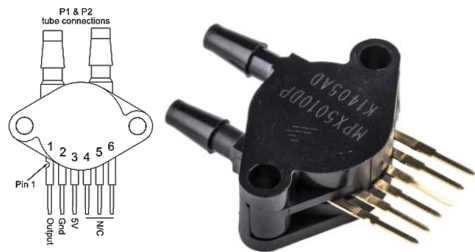
ไหลของลมหายใจที่ผ่านเข้า-ออกจากรปอด ดังนั้น จากสมการของเวนจูรีจะถูกแปลงเป็นการไหลของมวล (Mass flow rate - Q_m) ในหน่วย ลิตรต่อวินาที (L/s) หรือลิตรต่อนาที (L/min) โดย $Q_m = \rho Q$ เมื่อ Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร แสดงดังสมการที่ (2) เมื่อ A_1 และ A_2 คือพื้นที่หน้าตัดที่ d_1 และ d_2 ตามลำดับ

$$Q = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \frac{A_1}{\sqrt{(A_1 / A_2)^2 - 1}} \quad (2)$$

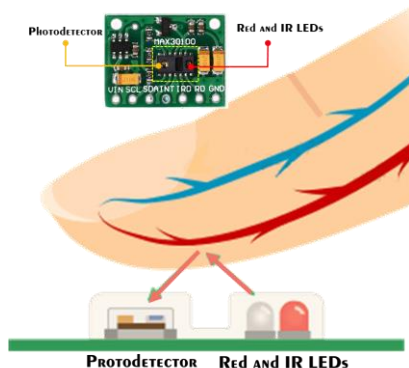
โดยปริมาณของ P_1 และ P_2 จะวัดผ่านเซนเซอร์วัดความดันซึ่งจะทำการแปลงแรงดัน (ในหน่วย kPa) เป็นแรงดันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเซนเซอร์ในที่นี้ใช้เซ็นเซอร์เบอร์ MPX5010DP ของบริษัท NXP แสดงโครงสร้างและรูปถ่ายดังรูปที่ 2 เซ็นเซอร์วัดความดัน MPX5010DP ใช้การทำงานตามหลักของพิเอสโซไรซิสติค (Piezo resistivity) ซึ่งถูกฝังลงในแผ่นซิลิโคนภายในเซนเซอร์หากมีการปรับความดันที่แผ่นซิลิโคนแผ่นซิลิโคนจะโค้งเบาะลง ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของพิเอสโซไรซิสติคเปลี่ยนแปลง และค่าความต้านทานนี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับความดันที่ปรับใช้ โดย MPX5010DP เป็นเซนเซอร์วัดความดันแบบหลายจุดและแบบเกจ (Differential and gauge pressure) ซึ่งเป็นความแตกต่างของความดันระหว่างจุดสองจุด มีสองพอร์ตที่เชื่อมต่อกับแหล่งความดัน คือพอร์ต P1 และ P2 ความแตกต่างความดันจะถูกปรับใช้ระหว่างพอร์ตทั้งสองและถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันแอนะล็อกที่ขา 1 แรงดันที่ได้จะอ่านจะถูกแปลงและประมวลผลเป็นสัญญาณดิจิทัลผ่านตัววงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to digital converter: ADC) ขนาด 10 บิตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega328 โดยข้อมูลที่จะได้จะต้องถูกปรับจนและเทียบค่าจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน

ขณะที่การวัดระดับความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดจะทำให้ปลายนิ้วโดยใช้โมดูลที่ประกอบด้วยเซนเซอร์ MAX30100 ซึ่งจะปล่อยแสงสีแดงและอินฟราเรดจาก LED ที่ความยาวคลื่นประมาณ 750 นาโนเมตรผ่านผิวหนัง เนื้อเยื่อ และเลือด ซึ่งแสงบางส่วนจะถูกดูดซึมโดยหลอดเลือด ในขณะที่ส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับไปยังตัวรับที่ใช้โฟโตดีเทกเตอร์ (Photodetector) เมื่อมีการดูดซึมและสะท้อนแสงจำนวนแสงที่ดูดซึมและสะท้อนจะขึ้นอยู่กับระดับออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจโดยวิธีการคำนวณจะใช้เทคนิค Photoplethysmography (PPG) [5] เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเลือดและสร้างรูปร่างการเต้นของหัวใจ โดยวิเคราะห์ลักษณะของคลื่นหัวใจเพื่อคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างแสงที่ดูดซึมและการสะท้อนที่คลื่นยาวต่าง ๆ จะถูกใช้ในการประมาณระดับออกซิเจนในเลือด หลักการทำงานและภาพถ่ายของโมดูล MAX30100 แสดงดังรูปที่ 3 และเนื่องจากเครื่อง BreathSmart Pro+ มี 3 ฟังก์ชันหลักในการทำงาน คือ

1. การตรวจสมรรถภาพปอด ที่มีลักษณะการทำงานเหมือนสไปโรมิเตอร์ (Spirometer) [6] ที่ใช้วัดปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าและออกจากปอดโดยวัดปริมาตรและอัตราการไหลของอากาศ (Air flow) ของอากาศที่ผู้เข้ารับการตรวจหายใจออกมาหรือหายใจเข้าไป และ Peak flow meter ซึ่งเป็นเครื่องตรวจสมรรถภาพปอดเพื่อประเมิน



รูปที่ 2 โครงสร้างและภาพถ่ายของเซนเซอร์ MPX5010DP



รูปที่ 3 หลักการทำงานและภาพถ่ายของเซนเซอร์ MAX30100

ประสิทธิภาพของหลอดลม ค่าที่ได้จะบอกให้ทราบสภาวะหลอดลม เพราะหากพบว่าหลอดลมตีบหรือแคบลง ความเร็วของลมที่เป่าออกมาจะมีค่าที่ได้น้อย แต่ถ้าหากหลอดลมไม่ตีบค่าที่เป่าก็จะได้มาก อย่างไรก็ตามค่าที่ได้ยังขึ้นกับเพศ อายุ และส่วนสูง ซึ่งจะเป็นส่วนในการพิจารณาประกอบ

2. การบริหารปอด ซึ่งจะมีลักษณะการทำงานเหมือนเครื่อง Tri-Flow [7] ชนิดควบคุมการไหลเข้าของอากาศ (Flow dependent incentive spirometer) ซึ่งบังคับความลึกของการหายใจโดยประเมินจากอัตราการไหลของอากาศที่หายใจเข้าไปยังปอด ถ้าผู้ป่วยหายใจเข้าด้วยการไหลสูงขนาดหนึ่งผ่านทางท่อเวทนูที่กล่าวมาในข้างต้นก็จะเกิดความดันลบ (Negative pressure) ทำให้สามารถที่จะบอกระดับอัตราการไหลผ่านจอของเครื่องแทนการการแสดงผลแบบลูกบอลได้

3. การวัดระดับความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ

ในการใช้งานทั้งหมดจำเป็นต้องมีส่วนของการป้อนข้อมูลผู้ทดสอบ และการเลือกฟังก์ชันผ่านหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส (Touch screen) ที่สามารถเลือกและการป้อนข้อมูลได้

3. วิธีการทดสอบ ผลการทดสอบและอภิปราย

ก่อนนำไปทดสอบกับผู้ป่วยจริง เครื่อง BreathSmart Pro+ จะต้องนำไปสอบฟังก์ชันต่าง ๆ เทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ดังนี้

3.1 ค่า Peak Flow เทียบกับเครื่อง MicroLab 3500 Spirometer รุ่น MK 8 ยี่ห้อ CareFusion (<https://www.medisave.co.uk/>) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

3.2 ค่า Flow rate เทียบกับเครื่อง Spirometer รุ่น 22-2500 ยี่ห้อ Smiths Medical (<https://www.vitalitymedical.com/>) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบค่า Peak flow เทียบกับเครื่อง MicroLab 3500 Spirometer รุ่น MK 8 ยี่ห้อ CareFusion

ค่าจาก เครื่อง มาตรฐาน (L/m)	ค่าที่วัดได้จาก BreathSmart Pro+ (L/m)						ค่าความ เที่ยงตรง เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย (L/m)	
300	305	302	301	303	303	302.8	99.07
400	404	403	405	401	402	403.0	99.25
500	505	501	509	503	504	504.4	99.12
600	602	604	604	603	605	603.6	99.4
ค่าความเที่ยงตรงเฉลี่ยรวม (%)							99.21

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบค่า Flow rate เทียบกับเครื่อง Coach 2 Incentive Spirometer รุ่น 22-2500 ยี่ห้อ Smiths Medical

ค่าจาก เครื่อง มาตรฐาน (mL/s)	ค่าที่วัดได้จาก BreathSmart Pro+ (mL/s)						ค่าความ เที่ยงตรง เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย (mL/s)	
400	403	402	403	402	401	402.2	99.45
500	503	502	501	505	502	502.6	99.48
600	601	608	605	602	603	603.8	99.36
700	704	708	705	703	701	704.2	99.40
ค่าความเที่ยงตรงเฉลี่ยรวม (%)							99.42

ตารางที่ 3 ผลการสอบเทียบค่า Oxygen saturation เทียบกับเครื่อง Pulse Oximeter รุ่น CMS70A ยี่ห้อ CONTEC

ค่าจากเครื่อง มาตรฐาน (%)	ค่าที่วัดได้จาก BreathSmart Pro+ (%)						ค่า ผิดพลาด
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย (%)	
97	98	97	97	98	98	97.6	+0.6
96	96	95	95	96	96	95.6	-0.5
96	95	96	97	97	95	96.0	0
98	99	98	99	97	97	98.0	0

3.3 ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (SpO2) เทียบกับเครื่อง Pulse Oximeter รุ่น CMS70A ยี่ห้อ CONTEC (<https://www.contecmec.com/>) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

นอกจากนี้ ยังมีส่วนของการตรวจสอบคู่มือและขั้นตอนในการใช้เครื่องมือโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จากอาจารย์พยาบาลจากสาขาการพยาบาลผู้ใหญ่ 2 ท่านและพยาบาลวิชาชีพ หน่วยงานพยาบาลการตรวจสอบสมรรถภาพปอด 1 ท่าน โดยจะทำการทดสอบ 4 ฟังก์ชัน คือ (1) ฟังก์ชันการตรวจสอบสมรรถภาพปอด (2) ฟังก์ชันการบริหารปอด (3) ฟังก์ชันการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด และ (4) การดูแลรักษาเครื่อง โดยค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหา (Content validity index: CVI) คำนวณได้จาก

$$CVI = \frac{\text{ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}} \quad (3)$$

ซึ่งคู่มือการใช้งานเครื่อง BreathSmart Pro+ ได้รับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความตรงเนื้อหา (CVI) เท่ากับ 0.93 ซึ่งแปลผลได้ว่า ค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาผ่านเกณฑ์คุณภาพ

จากผลการทดสอบฟังก์ชันต่าง ๆ ของเครื่อง BreathSmart Pro+ เทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานพบว่าการทำงานมีความสอดคล้องถูกต้องและแม่นยำในระดับสูงกล่าวคือ ค่า Peak Flow และ Flow Rate มีความแม่นยำถึง 99% ขณะที่ค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดแสดงช่วงข้อผิดพลาดประมาณมากที่สุด ± 0.6 หรือเกิน 99.3% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่นำเสนอมีความสามารถและความถูกต้องพร้อมที่จะนำไปทดสอบในขั้นต่อไป คือ การนำไปใช้ทดสอบกับผู้ใช้จริงตามระเบียบการวิจัยทางการแพทย์ซึ่งในบทความนี้ไม่ได้นำเสนอผลการทดสอบแต่จะแสดงรูปตัวอย่างของอุปกรณ์ หน้าจอ คู่มือและการนำไปทดสอบของนักศึกษาพยาบาล แสดงดังรูปที่ 4

4. สรุป

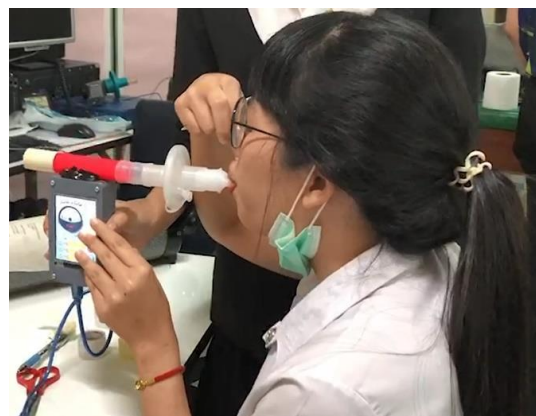
การฟื้นฟูสมรรถภาพปอดเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้ที่ฟื้นตัวจาก COVID-19 ซึ่งเป็นการผสมผสานการเคลื่อนไหวและการออกกำลังกายอย่างค่อยเป็นค่อยไปเพื่อคืนความยืดหยุ่นในเนื้อเยื่อปอดและถุงลม ซึ่งจะช่วยให้สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพได้เต็มที่ งานวิจัยนี้นำเสนออุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์ ประเมิน ส่งเสริมการทำงานของปอด และฟื้นฟูสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยหลัง COVID-19 อย่างต่อเนื่อง อุปกรณ์จะทำการวัดปริมาณและอัตราการไหลของอากาศ และระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด จากผลการทดสอบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่นำเสนอมีความถูกต้องแม่นยำที่สูงมากกว่า 99% ดังนั้น การนำอุปกรณ์นี้ไปใช้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการประเมินการทำงานของปอด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูตัวและเสริมสร้างสมรรถนะการทำงานของปอดที่ดีของผู้ที่เคยป่วยด้วยโรค COVID-19 โดยมีวิธีการประเมินการทำงานของปอดและระดับความอิ่มตัวของออกซิเจน มีการใช้งานที่สามารถอำนวยความสะดวกในโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพเฉพาะบุคคล และช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์ติดตามความคืบหน้าของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนเงินรายได้คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

- [1] ตูลยชาติ โคตรโสกา และ วรวัฒน์ จำปาเงิน, “การฟื้นฟูสมรรถภาพปอดสำหรับผู้ป่วยโรค COVID-19,” ศรีนครินทร์เวชสาร, ปี 37, ฉบับที่ 6, หน้า 705-713, 2565.
- [2] เตชิต จิระวิฑิตชัย. (2563). การฟื้นฟูสมรรถภาพปอดสำหรับผู้ป่วยโควิด-19 [ออนไลน์]. หาดูได้: <https://kku.world/w0pzd>
- [3] นิธิพัฒน์ เจริญกุล. (2563). การดูแลสุขภาพปอดในสถานการณ์การระบาดของเชื้อ COVID-19 [ออนไลน์]. หาดูได้: <https://kku.world/rzbzn>



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4 (ก) ตัวอย่างการทดสอบเครื่อง BreathSmart Pro+ (ข) หน้าจอแสดงผลและผลการวัด และ (ค) ตัวอย่างคู่มือการใช้งาน

- [4] ภรณ์พรพรพร พุฒวิชัยดิษฐ์, “การประเมินผลการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรงพยาบาลหลวงพ่อบึง ในช่วงสถานการณ์ การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19),” วารสารสุขภาพและสิ่งแวดล้อมศึกษา, ปี 7, ฉบับที่ 4, หน้า 51-63, ธ.ค. 2565.
- [5] “Photoplethysmogram.” Wikipedia, Wikimedia Foundation, 30 May 2023, en.wikipedia.org/wiki/Photoplethysmogram.
- [6] มูลนิธิสืมาถาธิวะ, แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย, ชลบุรี: มูลนิธิสืมาถาธิวะ, 2561.
- [7] ReBRAIN. (2566). Triflow เครื่องบริหารปอด ตัวช่วยให้ปอดแข็งแรง โดยไม่ต้อง ออกกำลังกาย [ออนไลน์]. หาดูได้: <https://kku.world/0gm3e>