



ผลระยะยาวจากการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ
ขณะวิ่งออกกำลังกายต่อระดับแก๊สในเลือดของคนวัยทำงาน
A LONG-TERM EFFECT OF WEARING A REUSABLE MASK
WHILE RUNNING EXERCISE ON BLOOD GAS LEVELS IN ADULTS

เดชา ชินอักษร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

ผลระยะยาวจากการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ
ขณะวิ่งออกกำลังกายต่อระดับแก๊สในเลือดของคนวัยทำงาน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A LONG-TERM EFFECT OF WEARING A REUSABLE MASK
WHILE RUNNING EXERCISE ON BLOOD GAS LEVELS IN ADULTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Sport and Exercise Science)

Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลระยะยาวจากการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ
ขณะวิ่งออกกำลังกายต่อระดับแก๊สในเลือดของคนวัยทำงาน

ของ

เดชา ชินอักษร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาด) (รองศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ เทียนทอง)
..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ปิปทุม)

ชื่อเรื่อง	ผลระยะยาวจากการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ขณะวิ่งออกกำลังกายต่อระดับแก๊สในเลือดของคนวัยทำงาน
ผู้วิจัย	เดชา ชินอักษร
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สรณยา สีละมาด

ที่มา ทั่วโลกได้เผชิญปัญหาของโรคระบบทางเดินหายใจที่มีสาเหตุทั้งจากไวรัส เช่น โรคโควิด 19 (COVID19) และแบคทีเรีย เช่น วัณโรค (Tuberculosis : TB) รวมถึงปัญหามลพิษทางอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก และ PM2.5 จนนำไปสู่การใส่หน้ากากอนามัยในชีวิตประจำวันรวมถึงการวิ่งออกกำลังกาย วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำที่มีต่อค่าแก๊สในเลือด (PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ในขณะวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและความหนักสูงของคนวัยทำงาน วิธีการวิจัย อาสาสมัครจำนวน 15 ราย ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 25 – 40 ปี ไม่มีโรคประจำตัว และมีประสบการณ์ในการวิ่งออกกำลังกาย ถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มความหนักปานกลาง และกลุ่มความหนักสูง ทั้ง 2 กลุ่มใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำมีความสามารถในการกรองอนุภาคที่ 95% ขณะวิ่งออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการศึกษา หลังใส่หน้ากากวิ่งออกกำลังกาย ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (PaCO_2) และค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรอื่น ๆ ในการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่มพบว่า ค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดงของกลุ่มความหนักสูงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากลุ่มความหนักปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในตัวแปรอื่นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม สรุปผล การใส่หน้ากากอนามัยวิ่งออกกำลังกายระยะยาวส่งผลให้ร่างกายมีความสัมพันธ์กับการเกิดสภาวะ Primary Respiratory Acidosis แต่ร่างกายยังคงความสามารถในการปรับสมดุลสภาวะความเป็นกรดในเลือด (pH) โดยไม่มีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือดแดง แต่ใช้การปรับแก้ผ่านท่อไตส่วนต้นโดยใช้ไบคาร์บอเนต (HCO_3) เป็นเคมีตั้งต้น ส่งผลให้มีการลดลงของปริมาณน้ำในเลือดทำให้เกิดความสัมพันธ์กับการเกิดสภาวะเลือดข้น (Relative polycythemia)

คำสำคัญ : หน้ากากอนามัย, วิ่ง, ออกกำลังกาย, โควิด 19, วัณโรค, ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, ฮีมาโทคริต, แก๊สในเลือดแดง

Title	A LONG-TERM EFFECT OF WEARING A REUSABLE MASK WHILE RUNNING EXERCISE ON BLOOD GAS LEVELS IN ADULTS
Author	DECHA CHINAKSORN
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Sonthaya Sriramatr

Background: There is the problem around the world regarding pandemic diseases of the respiratory system caused by viruses, such as COVID-19 and tuberculosis (TB), and the problems of air pollution, small dust, and PM2.5 leading to wearing masks in daily life, including running exercise. Objectives: To study and compare the long-term effects of wearing reusable masks on blood gas (PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3) and hematocrit (HCT) in moderate and vigorous intensity running exercise in groups of adults. Methods: there were 15 healthy volunteers, aged 25-40 years, no underlying disease, and experienced in running exercises were randomized into two groups: moderate and a vigorous intensity groups. Both groups wore reusable masks which could filter the air at 95% during running exercises for six weeks. Results: Carbon dioxide in arterial blood (PaCO_2) and bicarbonate in the red blood (HCO_3) significantly increased ($p < 0.05$) after wearing reusable masks in running exercise. There were no significant differences observed in the other variables. The comparison between the two groups found that the amount of bicarbonate in the arterial blood (HCO_3) in the vigorous-group was significantly increased more than moderate-group ($p < 0.01$), but there were no significant differences between the groups were observed in other variables. Conclusions: Wearing a mask while running for a long time influenced bodies associated with Primary Respiratory Acidosis. However, the body retains the ability to reduce acidity in the blood (pH) without increasing the number of red blood cells. Instead, rectification was performed through the proximal ureter using bicarbonate (HCO_3) as a chemical substrate. As a result, there was a decrease in the amount of water in the blood, which was associated with the occurrence of the state of thick blood (Relative polycythemia).

Keyword : Mask, Running, Exercises, PM2.5, COVID-19, Tuberculosis, Hematocrit, Arterial Blood Gas

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จบรรลุล่วงด้วยดีจากการให้โอกาสในการดำเนินการวิจัย จาก รองศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และสนับสนุนในทุกๆด้าน อีกทั้งช่วยแก้ไขข้อบกพร่องและตรวจสอบความถูกต้องในการดำเนินการจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์จนมีความถูกต้องและสมบูรณ์ตามระเบียบสภามหาวิทยาลัย รวมถึงคอยให้คำแนะนำข้อบกพร่องในการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขั้นสูง ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีความถูกต้อง ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและกราบขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ เทียนทอง ประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ประสิทธิ์ ปืปทุม คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ที่ได้ช่วยตรวจสอบ ให้คำแนะนำ รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินการจัดทำปริญญานิพนธ์ และช่วยให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิต มิตรานันท์ ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร ที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในเรื่องกรอบเวลาตลอดระยะเวลาการศึกษาและการดำเนินการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นายแพทย์บัณฑิต ชุณหสวัสดิกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านวินโรค ที่เป็นแรงบันดาลใจจนสามารถมองเห็นปัญหาการวิจัย รวมถึงความมุ่งมั่นตลอดระยะเวลาดำเนินการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ นายแพทย์ปิโยรส บุรณาร และ นางวิชาวราภรณ์ ทารส พยาบาลวิชาชีพ ปฏิบัติการ จากสำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร ที่คอยให้ความช่วยเหลือและช่วยระยะเวลาส่วนตัว มาช่วยดำเนินการในการเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดแดง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ได้ข้อมูลในการวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ได้เสียสละทั้งร่างกายและเวลาเข้าร่วมจนสิ้นสุดการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และบุคลากร ในภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ และช่วยพัฒนาทักษะในการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนทั้งการให้คำแนะนำ ช่วยเหลือด้านเอกสาร ประสานงาน และ นางสาวคณิตา คุ่มสิงสัน นักวิทยาศาสตร์ ปฏิบัติการ ประจำห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้ช่วยเหลือ และช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์การกีฬาในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุปราณี คุณกิตติ ที่ให้แนวทางในการศึกษา พร้อมคำให้ปรึกษา และให้กำลังใจ โดยยืนอยู่เคียงข้างนิสิตตลอดมา จนทำปริญญาโทสำเร็จ รวมถึง ดร.ระพีพัฒน์ ศรีมาลา เพื่อนร่วมชั้นเรียนตั้งแต่ระดับปริญญาตรี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐชาติ ทัศนัย รุ่นพี่ที่เป็นต้นแบบในการเป็นนักวิจัย ที่ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ช่วยหาแนวทางในการพัฒนาทักษะในการทำปริญญาโท

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.แพทย์หญิงนงพงา ลิ่มสุวรรณ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก.บ. ศุภลักษณ์ เข็มทอง ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และให้การรักษาโรคประจำตัวของนิสิต จนนิสิตสามารถดำเนินการทำปริญญาโทสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้อนุมัติทุนการศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษาในโครงการ 70 ปี 70 ทน มศว คีนส์สังคม รุ่นที่ 1 ให้ผู้วิจัยมีคุณวุฒิระดับปริญญาโท และขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ที่ได้อนุมัติทุนพัฒนาบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2564 สาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ ให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยจนบรรลุวัตถุประสงค์การวิจัย ตามระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย และอยู่ในกรอบจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นิสิตปีการศึกษา 2562 ภาคพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้แก่ นายธิตินันท์ น้อยคำเมือง นางสาวยุพาวรรณ ระงับไพโร นางสาวทิพย์วิมล สิงห์เอี่ยม นางสาวนภัษ ภัทฤดี ศรีประภาธนาเลิศ และ นางสาวรุ่งอรุณ เขยโพธิ์ ที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือซึ่งกัน และกันตลอดระยะเวลาการศึกษา จนสามารถดำเนินการทำปริญญาโทสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ และน้องสาว ที่คอยให้กำลังใจ ให้การดูแล ให้การช่วยเหลือ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมาในทุกๆด้าน ตลอดระยะเวลาการศึกษาและการทำปริญญาโทจนสำเร็จบรรลุวัตถุประสงค์ด้วยดี ประโยชน์ คุณค่า และคุณงามความดีได้ใดที่เกิดจากปริญญาโทเล่มนี้ ผู้วิจัยขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านดังที่กล่าวมาข้างต้น

เดชา ชินอักษร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
ความสำคัญของการวิจัย	7
ขอบเขตงานวิจัย	7
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	7
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	7
ตัวแปรที่ศึกษา	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
สมมติฐานการวิจัย.....	11
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	12
1. ประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย	13
1.1. ประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย.....	13
1.2. การวิ่งออกกำลังกายของประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย	14

2. การวิ่งออกกำลังกาย	15
2.1. การออกกำลังกาย	15
2.2. การวิ่งออกกำลังกาย	16
2.3. วงจรทางกายวิภาคศาสตร์ของการวิ่ง	17
2.4. ประโยชน์ของการวิ่งออกกำลังกาย	19
3. ระบบการหายใจ	20
3.1. โครงสร้างระบบการหายใจ	20
3.2. ระบบควบคุมการหายใจ	22
3.3. ระบบการแลกเปลี่ยนแก๊ส	23
3.4. การเปลี่ยนแปลงของแก๊สออกซิเจน (O ₂) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ในร่างกาย	25
3.5. ปฏิกริยาเคมีในการหายใจ	28
3.6. การหายใจนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับเข้าร่างกายซ้ำ (Rebreathing CO ₂)	30
3.7. การวิเคราะห์แก๊สจากหลอดเลือดแดง	30
3.8. การวิเคราะห์ผลจากค่าแก๊สในหลอดเลือดแดง Arterial Blood Gas	32
4. สถานะแวดล้อมที่ส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ	33
4.1. มลพิษทางอากาศ	33
4.2. การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด -19 (COVID -19)	37
4.3. การแพร่ระบาดของวัณโรค (TB)	38
4.4. การวิ่งออกกำลังกายกับระยะห่างทางสังคม (Social Distance)	39
5. หน้ากากอนามัย	41
5.1. หน้ากากกรองอนุภาค	41
5.2. หน้ากากอนามัย	42
5.3. หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ	43

5.4. หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำสำหรับออกกำลังกายและเล่นกีฬา	47
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
6.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
6.2. กลไกของการใช้หน้ากากที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจ	55
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	58
1. การกำหนดกลุ่มประชากรและการเลือกข้อมูล.....	58
ประชากร	58
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	58
เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion criteria)	59
เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria).....	59
การจัดผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้ากลุ่ม (Subject allocation).....	59
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล	60
ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	60
1. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล	60
2. วิธีดำเนินการวิจัย.....	61
3. กระบวนการควบคุมการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง	69
3. การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล	70
4. จริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์.....	71
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	72
ผลการวิจัย	73
4.1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง.....	75
4.2. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริสัมพันธ์.....	81
4.3. ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังใส่หน้ากาก (Period)	86

4.4. ผลการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Group)	93
4.5. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล	99
บทที่ 5 อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	101
อภิปรายผล	101
สมมติฐานการวิจัย	101
ข้อจำกัดของการวิจัย	105
ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในอนาคต	105
ประโยชน์จากผลการวิจัย	106
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก	116
ผนวก ก	117
ผนวก ข	118
ผนวก ค	119
ผนวก ง	120
ประวัติผู้เขียน	126

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปก่อนการใส่หน้ากากของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน.....	76
ตาราง 2 ข้อมูลทั่วไปหลังการใส่หน้ากากของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน.....	77
ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ระยะเวลาที่ใช้หน้ากากอนามัยใน 1 วัน ของอาสาสมัคร จำนวน 12 คน วึ่งออกกำลังกายกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง ในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก.....	79
ตาราง 4 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของอาสาสมัคร จำนวน 12 คน วึ่งออกกำลังกายกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูงในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก.....	80

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
ภาพประกอบ 2 ปิรามิดประชากร - ประเทศไทย พ.ศ. 2562	14
ภาพประกอบ 3 สถิติผู้ออกกำลังกายด้วยวิธีการวิ่งในประเทศไทย ปี 2559	15
ภาพประกอบ 4 วงจรการวิ่ง (Running Gait Cycle)	18
ภาพประกอบ 5 วงจรการวิ่ง (Running Gait Cycle)	19
ภาพประกอบ 6 โครงสร้างระบบการหายใจ	20
ภาพประกอบ 7 External Respiration	24
ภาพประกอบ 8 Internal Respiration	25
ภาพประกอบ 9 การสลายกลูโคส	26
ภาพประกอบ 10 ค่า pCO ₂ pH 2,3 BPG ในเลือด	27
ภาพประกอบ 11 การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์	28
ภาพประกอบ 12 ปฏิกริยาเคมีในการหายใจ	29
ภาพประกอบ 13 ระดับค่าปกติของ Arterial Blood Gas	31
ภาพประกอบ 14 ตำแหน่งในการเจาะหลอดเลือดแดง	32
ภาพประกอบ 15 การวิเคราะห์ค่า Arterial Blood Gas	33
ภาพประกอบ 16 ดัชนีวัดค่าคุณภาพอากาศ	34
ภาพประกอบ 17 ค่าดัชนีคุณภาพอากาศในประเทศไทย	35
ภาพประกอบ 18 ค่าเฉลี่ยรายปีของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ในประเทศไทย	36
ภาพประกอบ 19 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองในอากาศกับแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค	37
ภาพประกอบ 20 หน้ากาก N 95	42
ภาพประกอบ 21 หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ (surgical mask หรือ Medical mask)	43

ภาพประกอบ 22	คุณสมบัติหน้ากาก Win-Mask (Washable Innovative Nano-Masks)	44
ภาพประกอบ 23	มาตรฐานฉลาดผลิตภัณฑ์เครื่องหมาย Smart Fabric หน้ากากผ้า	45
ภาพประกอบ 24	หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX	47
ภาพประกอบ 25	UA SPORTSMASK	48
ภาพประกอบ 26	ASICS RUNNERS FACE COVER.....	49
ภาพประกอบ 27	อาดิดาส FACE COVERS	50
ภาพประกอบ 28	รูปแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ.....	74
ภาพประกอบ 29	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อ ค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA)	81
ภาพประกอบ 30	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อ ค่าความเป็นกรด - ด่างในเลือดแดง (pH) ของคนวัยทำงาน	82
ภาพประกอบ 31	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อ ค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ของคนวัยทำงาน.....	83
ภาพประกอบ 32	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อ ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) ของคนวัยทำงาน	84
ภาพประกอบ 33	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อ ค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดงของคนวัยทำงาน.....	85
ภาพประกอบ 34	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อ ค่าฮีมาโทคริต (HCT) ในเลือดแดงของคนวัยทำงาน	86

ภาพประกอบ 35 ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือด (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) ด้วยวิธี Hotelling 's T^2 เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) 87

ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในเลือดแดง..... 88

ภาพประกอบ 37 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2)..... 89

ภาพประกอบ 38 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) 90

ภาพประกอบ 39 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO_3)..... 91

ภาพประกอบ 40 ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO_3) ด้วยสถิติการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired samples t-test)..... 92

ภาพประกอบ 41 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าฮีมาโทคริต (HCT)..... 93

ภาพประกอบ 42 ผลการวิเคราะห์ผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) ด้วยวิธี Hotelling 's T^2 เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) 94

ภาพประกอบ 43 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในเลือดแดง 95

ภาพประกอบ 44 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO ₂).....	96
ภาพประกอบ 45 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO ₂)	97
ภาพประกอบ 46 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO ₃).....	98
ภาพประกอบ 47 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าฮีมาโทคริต (HCT)	99
ภาพประกอบ 48 ไบคาร์บอเนต บัฟเฟอร์ ซิสเต็ม (Bicarbonate Buffer System)	103
ภาพประกอบ 49 กระบวนการปรับแก้ผ่านไต	104
ภาพประกอบ 50 แบบสอบถามความพร้อมที่จะมีกิจกรรมทางกาย	117
ภาพประกอบ 51 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	119
ภาพประกอบ 52 หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX	120
ภาพประกอบ 53 นาฬิกาวัดอัตราการเต้นของหัวใจ Huawei band 4	120
ภาพประกอบ 54 เครื่องวัดความดันโลหิต Citizen รุ่น CH-452-AC	121
ภาพประกอบ 55 เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย OMRON รุ่น HBF 224.....	121
ภาพประกอบ 56 เครื่องวัดออกซิเจนและวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบปลายนิ้ว	122
ภาพประกอบ 57 ชุดเจาะหลอดเลือดแดง ยี่ห้อ BD Preset.....	122
ภาพประกอบ 58 เครื่องวิเคราะห์ค่าแก๊สในเลือดแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Radiometer รุ่น ABL Flex 80 Basic.....	123
ภาพประกอบ 59 เครื่องวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย	123

ภาพประกอบ 60 หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ ยี่ห้อ Welcare 124

ภาพประกอบ 61 น้ำยาฆ่าเชื้อพื้นผิวยี่ห้อคาวีไวฟ์ 124

ภาพประกอบ 62 น้ำยาฆ่าเชื้อเดทตอล..... 125

ภาพประกอบ 63 ทีมกู้ชีพและรถพยาบาลฉุกเฉิน 125



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยได้เผชิญวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนคือ ปัญหามลพิษทางอากาศ และปัญหาการแพร่ระบาดของโรคติดต่อในระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดความวิตกกังวลในสังคมเป็นอย่างมาก โดยปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศไทยได้เผชิญมาอย่างปีต่อเนื่อง หลายปี โดยเฉพาะปัญหาเรื่องฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ซึ่งประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยต่อปีสูงกว่าเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโลกและทางกรมควบคุมมลพิษกำหนด (กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2563) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ถือได้ว่าเป็นปัญหาที่ทุกประเทศล้วนให้ความสำคัญ เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 มีขนาดเล็กมาก โดยสามารถหายใจเข้าผ่านระบบการกรองตามสรีรวิทยาของร่างกาย เข้าไปได้ถึงระดับกระแสเลือด ซึ่งสามารถสร้างความเสียหายให้แก่สุขภาพทั้งในระยะเฉียบพลัน เช่น โรคภูมิแพ้ โรคระบบทางเดินหายใจอักเสบ หรือหัวใจล้มเหลวเฉียบพลัน และส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาว เช่น กลุ่มโรคหลอดเลือดและหัวใจ และโรคมะเร็ง (World Health Organization, 2022) นอกจากนี้ประเทศไทยยังเผชิญกับปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อวัณโรค โดยประเทศไทยเป็นหนึ่งในสามสิบประเทศที่เผชิญปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อวัณโรคสูงตามการประกาศขององค์การอนามัยโลก วัณโรคสามารถพบการติดเชื้อได้ทุกอวัยวะของร่างกาย แต่จะพบมากที่สุดที่ปอดถึงร้อยละ 80 โดยเชื้อวัณโรคนั้นมีขนาดเล็กมาก และเป็นเชื้อที่มีความทนทานสูงมาก ทำลายยาก สามารถแพร่ระบาดผ่านทางสารคัดหลั่งจากระบบทางเดินหายใจ ทั้งละอองฝอยขนาดใหญ่ และทางละอองฝอยขนาดเล็ก ทำให้เป็นโรคที่สามารถแพร่ระบาดผ่านทางอากาศได้ (Airborne Transmission) โดยในประเทศไทยตรวจพบผู้ติดเชื้อรายใหม่ถึงปีละกว่า 1.2 แสนคน และเสียชีวิตมากกว่า 1.1 หมื่นคนต่อปี (Division of Tuberculosis, 2021) ในประเทศไทยได้พบเชื้อวัณโรคที่มีการวิวัฒนาการตัวเองในทนต์กับยาและสภาพแวดล้อม จนทำให้เกิดโรควัณโรคดื้อยา และโรควัณโรคดื้อยารุนแรง จนนำไปสู่การที่กระทรวงสาธารณสุข ประกาศให้โรควัณโรคดื้อยารุนแรง เป็นโรคติดต่อร้ายแรงในลำดับที่สิบสาม เมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2561 (กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

ปัญหาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19 ซึ่งเป็นชื่อเรียกอย่างเป็นทางการของไวรัสชนิดใหม่ที่ทางองค์การอนามัยโลกได้ประกาศเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 โดยเริ่มมีการระบาดครั้งแรกเมื่อปลายปี 2562 ณ เมื่ออู่ฮั่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งโรคโควิด - 19 มีการติดต่อผ่านทางละอองของสารคัดหลั่งในทางเดินหายใจ ทั้งละอองฝอยขนาดใหญ่และละออง

ฝอยขนาดเล็ก ซึ่งเป็นอีกโรคหนึ่งที่สามารถติดต่อผ่านทางอากาศได้ (Airborne Transmission) โดยโรคโควิด - 19 ถือเป็นโรคที่มีอัตราการเสียชีวิตระดับปานกลางถึงต่ำ ผู้ที่ติดเชื้อส่วนใหญ่มักไม่มีอาการ หรือมีอาการเพียงเล็กน้อย แต่สามารถสร้างตัวเองเป็นพาหะส่งต่อเชื้อให้แก่ผู้อื่น ส่งผลทำให้เชื้อแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการระบาดไปทั่วโลก อาการโดยทั่วไปคือมีลักษณะคล้ายอาการของโรคไข้หวัดใหญ่ มีไข้ อุณหภูมิร่างกายสูงเกิน 37.5 องศาเซลเซียส ไอ มีน้ำมูก การรับรู้กลิ่นลดลง สำหรับอาการรุนแรงที่พบได้คือ เกิดภาวะปอดอักเสบเฉียบพลันและระบบหายใจล้มเหลวเฉียบพลัน จนนำไปสู่การเสียชีวิต (Wu, Chen, & Chan, 2020) สำหรับประเทศไทยพบผู้ติดเชื้อคนแรกเมื่อวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2563 และเกิดการแพร่ระบาดขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการที่ผู้ติดเชื้อเข้าไปร่วมชมการชกมวยและเข้าไปใช้บริการสถานบันเทิงในกรุงเทพมหานคร ตลอดจนการมีผู้ติดเชื้อจากประเทศข้างเคียงเดินทางเข้ามาในประเทศไทยผ่านพรมแดนตามช่องทางธรรมชาติ กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศให้โรคโควิด - 19 เป็นโรคติดต่อร้ายแรงในลำดับที่ 14 เมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2563) และเพื่อเป็นการควบคุมการแพร่ระบาดอย่างเร่งด่วน วันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2563 รัฐบาลจึงได้มีการออกพระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ.2548 (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2563) มีการออกมาตรการทางสาธารณสุขที่เข้มงวด และสั่งปิดเมืองตามพื้นที่ที่มีการแพร่ระบาดทำให้สามารถควบคุมสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19 ไว้ได้ แต่สถานการณ์ยังคงไม่ดีขึ้นเนื่องจากได้มีการแพร่ระบาดครั้งที่ 2 และ 3 โดยยังไม่สามารถควบคุมการแพร่ระบาดลงได้ ข้อมูลวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ในประเทศไทยพบผู้ติดเชื้อมากกว่า 2 ล้านคน เสียชีวิตมากกว่า 8,000 คน (ศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน กรมควบคุมโรค, 2564) ผลจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19 ทำให้เกิดมาตรการใหม่ทางสังคม (New Normal) ผลที่เป็นรูปธรรมเห็นได้ชัดเจนคือ การเว้นระยะห่าง 1.5 - 2 เมตร ของบุคคลในสังคม (Social Distancing หรือ Physical Distancing) และการสวมหน้ากากอนามัย โดยเฉพาะการใช้หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ

การที่ประเทศไทยเผชิญปัญหาใหญ่ทั้งสามปัญหาพร้อมกัน ทำให้กลายเป็นปัญหาที่ใหญ่มากยิ่งขึ้น เนื่องด้วยมีผลการศึกษายืนยันว่าการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ทำให้จำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในอากาศเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย (Liu et al., 2018) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ยังส่งผลให้เอื้อต่อการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19 ตลอดจนทำให้ผู้ป่วยจากเชื้อไวรัสโควิด - 19 มีอาการที่หนักมากยิ่งขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ, 2563) จากมูลเหตุดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบของการออกกำลังกายด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะการวิ่งออกกำลังกายในกลุ่มประชากรวัยทำงาน ซึ่งในปัจจุบันปี 2563 ประเทศไทยมี

ประชากรจำนวน 66,558,935 คน โดยช่วงวัยทำงาน (15 - 59 ปี) จำนวน 42,845,915 คน เป็นกลุ่มที่มีจำนวนประชากรสูงที่สุดคิดเป็น 64.37 % (กองสถิติพยากรณ์, 2562) ส่งผลให้มีอิทธิพลสูงมากต่อการพัฒนาประเทศในด้านต่าง ๆ จากรายงานกระทรวงสาธารณสุข ประชากรในช่วงวัยทำงานเกิดความเปลี่ยนแปลงในหลายด้านที่ส่งผลด้านลบต่อสุขภาพของคนวัยทำงาน (นฤมล โชวีสูงเนิน, 2561) แต่ด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ทำให้มีการส่งต่อข้อมูลทางสุขภาพอย่างรวดเร็ว และการสนับสนุนจากหน่วยงานต่าง ๆ ทำให้ประชากรกลุ่มวัยทำงานมีความต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสุขภาพ ส่งผลให้เกิดการออกกำลังกายในประชากรกลุ่มนี้เพิ่มสูงขึ้น (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, 2562) โดยกิจกรรมการออกกำลังกายที่กลุ่มวัยทำงานเลือกเป็นลำดับต้น ๆ คือการวิ่งออกกำลังกาย ซึ่งเป็นที่นิยมในประชากรกลุ่มวัยทำงาน (25 - 59 ปี) สูงมากกว่า 6.8 ล้านคน หรือคิดเป็นประมาณร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมดในประเทศไทย (ศูนย์พัฒนาความรู้กิจกรรมทางกายประเทศไทย, 2560)

การวิ่งออกกำลังกาย คือ กิจกรรมที่เป็นการเคลื่อนไหวอย่างเป็นขั้นตอน มีรูปแบบที่ชัดเจน ส่งเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับร่างกายยังผลให้มีสุขภาพที่ดี มีความสนุก คลายความวิตกกังวลความเครียดทำให้มีสุขภาพจิตที่ดี (กรีซเพช นนทโคตร, 2562) การวิ่ง คือ การเคลื่อนที่ในแนวระนาบที่มีช่วงที่เท้าทั้งสองข้างไม่สัมผัสพื้นดิน ส่งผลทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าการเดิน (สถาวร จันทรผ่องศรี, 2561) สำหรับการแบ่งความหนักในการวิ่งออกกำลังกายสามารถแบ่งได้หลากหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ แบ่งระดับความหนักตามอัตราการเต้นของหัวใจ โดยยึดค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเกณฑ์ (HR_{MAX}) โดยสามารถแบ่งได้เป็น 5 ระดับย่อย คือ ระดับเบามาก ระดับเบา ระดับปานกลาง ระดับหนัก และระดับหนักมาก (American College of Sport Medicine, 2018) จากปัญหาที่ได้กล่าวถึงในข้างต้นได้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการวิ่งออกกำลังกายอย่างเป็นรูปธรรมที่เห็นได้อย่างชัดเจน คือ การสวมหน้ากากอนามัยทั้งแบบใช้ครั้งเดียวและแบบใช้ซ้ำ เนื่องจากการศึกษาโดยใช้การจำลองทางอากาศพลศาสตร์ในอุโมงค์ลมพบว่า การที่พุดคูปกติโดยการยืนอยู่กับที่มีการกระจายของละอองสารคัดหลั่งในอากาศมีรัศมี 1.5 ถึง 2 เมตร แต่หากมีการเคลื่อนที่โดยเฉพาะการออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหว ทั้งการเดินออกกำลังกาย วิ่งออกกำลังกาย การปั่นจักรยาน ส่งผลทำให้มีอัตราการหายใจที่สูงมากยิ่งขึ้น ทำให้ละอองของสารคัดหลั่งสามารถแพร่กระจายไปทางด้านหลังได้ไกลตั้งแต่ 6 เมตรถึง 20 เมตร (Blocken, Malizia, van Druenen, & Marchal, 2020; Chandrasekaran & Fernandes, 2020) และมีการสำรวจด้วยการสุ่มจากทั่วโลกพบว่ามากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ที่วิ่งออกกำลังกาย รู้สึกมี

ความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นหากมีการสวมหน้ากากอนามัยในระหว่างการวิ่งออกกำลังกาย (บริษัท แอซิคส์ ประเทศไทย จำกัด, 2563)

การใช้หน้ากากอนามัยในขณะที่วิ่งออกกำลังกายจึงเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อป้องกันทั้งเรื่องฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 และการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ ตลอดจนเรื่องของการลดปริมาณขยะหน้ากากอนามัยแบบใช้ครั้งเดียว โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ที่เรียกว่า Surgical Mask หรือ Medical Mask (Thailand Center of Excellence for Life Sciences (Public Organization), 2563) และสามารถพัฒนาจนทำให้หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำมีประสิทธิภาพเทียบเคียงหน้ากากกรองอนุภาคระดับ N95 ในที่สุด (บริษัท สุภารา จำกัด, 2021) อีกทั้งยังมีการพัฒนาหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำสำหรับการกีฬาและการออกกำลังกายโดยเฉพาะ และได้มีการวางจำหน่ายในประเทศไทยให้แก่ประชาชนทั่วไป (Under Armour, 2020; บริษัท อาติดาส ประเทศไทย จำกัด, 2563; บริษัท แอซิคส์ ประเทศไทย จำกัด, 2563)

ระบบในการหายใจเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อการวิ่งออกกำลังกายและมีความสัมพันธ์กับการสวมหน้ากากอนามัยขณะวิ่งออกกำลังกายเป็นอย่างมาก ระบบการหายใจคือการนำเข้าของอากาศไปที่ปอดเรียกว่าการหายใจเข้า เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจน (O_2) เพื่อให้ร่างกายนำไปใช้เป็นพลังงาน และเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นของเสียจากการสร้างพลังงานและขับออกสู่ร่างกายเรียกว่าหายใจออก (วิชาการณ์ เลิศวีรพล, 2559) โดยอากาศจะผ่านอวัยวะซึ่งไม่ได้มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส ดังนั้น จมูก คอหอย กล่องเสียง หลอดลม หลอดลมใหญ่ และปอด ภายในปอดจะมีแขนงถุงลมย่อยและถุงลม โดยรอบถุงลมมีเส้นเลือดฝอยเส้นประสาท และหลอดน้ำเหลือง ซึ่งตรงจุดนี้จะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้น โดยปอดจะมีจำนวนถุงลมโดยประมาณข้างละ 350 ล้านถุง (ชาญชัย ชอภธรรมสกุล, 2547)

เมื่ออากาศผ่านเข้ามาถึงปอดจะเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สด้วยวิธีการแพร่ แล้วหลังจากนั้นจะเกิดกระบวนการทางเคมีในหลอดเลือดเพื่อขนส่งทั้ง ออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เข้าออกเซลล์ของร่างกายต่อไป (จิตติอาภา ตั้งคำวานิช, 2552) แต่เมื่อมีการสวมหน้ากากอนามัยวิ่งออกกำลังกาย ทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจน (O_2) ลดลง ส่งผลให้เกิดการหายใจย้อนกลับของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือเรียกว่า Rebreathing CO_2 ทำให้เกิดการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในกระแสเลือด ส่งผลต่อสมดุลย์ของระดับ กรด – เบส (pH) ในกระแสเลือด ซึ่งการที่จะวิเคราะห์ได้จำเป็นต้องตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของแก๊สในหลอดเลือดแดง (Arterial Blood Gas หรือ ABG) โดยไม่นิยมทำในหลอดเลือดดำและเส้นเลือดฝอย เนื่องจาก

จะทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนได้สูงกว่าการวิเคราะห์เลือดจากหลอดเลือดแดง ซึ่งมีผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า ค่าแก๊สจากหลอดเลือดดำ (Venous Blood Gas หรือ VBG) ให้ผลที่แตกต่างกับ ค่าแก๊สจากหลอดเลือดแดง (ABG) โดยเฉพาะค่าระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($p\text{CO}_2$) และ ค่าระดับแก๊สออกซิเจนในเลือด ($p\text{O}_2$) แสดงค่าที่ต่างกันมากจนไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบผล ทางคลินิกได้ (Bloom, Grundling, Bestwick, & Harris, 2014; Byrne et al., 2014)

ปัจจุบันการศึกษากลกระทบบจากการใส่หน้ากากอนามัยขณะออกกำลังกายมีไม่มากและ เป็นการศึกษามูลแบบเฉียบพลันทั้งสิ้น โดยมีการศึกษาถึงผลกระทบบแบบเฉียบพลันจากการใส่ หน้ากากกรองอนุภาค N 95 ขณะออกกำลังกายที่มีต่อการการทำงานของปอดและอัตราการเต้น ของหัวใจ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเดินด้วยความเร็ว 5.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลา 60 นาที ผลจาก การศึกษาพบค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในเลือดสูงขึ้น แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของค่า ความอิ่มตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง (SpO_2) (Kim, Benson, & Roberge, 2013) มี การศึกษามูลแบบเฉียบพลันของการสวมหน้ากากอนามัยและหน้ากากกรองอนุภาค N 95 ที่มีต่อ การทำงานของปอด หัวใจ และค่าแก๊สในเลือด โดยมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ ไม่สวมหน้ากาก กลุ่มสวมหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ และ กลุ่มที่สวมหน้ากากกรองอนุภาค N 95 โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ปั่นจักรยานไฟฟ้าที่ความเร็วคงที่ และมีการเพิ่มน้ำหนัก 3 รอบ จากผลการศึกษาทั้ง 3 กลุ่ม ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าแก๊สในเลือด (Fikenzer et al., 2020) พบการเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และพบการลดลงของระดับออกซิเจน (O_2) ใน เลือด แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ร่างกายยังสามารถใช้กระบวนการปรับแก้ (Compensation) ในการปรับ สมดุลย์ของ กรด-เบส ในเลือดให้เป็นปกติจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับค่าแก๊สในเลือด

เซลเลอร์ และคณะ (2016) ได้แสดงให้เห็นถึงผลการศึกษาระยะยาว 6 สัปดาห์ ของการ ใส่หน้ากากจำลองสภาวะออกซิเจนเบาบางระดับความสูง 2,743.2 เมตร ที่มีต่อการออกกำลังกาย ด้วยความหนักระดับสูง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถแบบแอนโอโรบิค (Anaerobic) และแอโรบิค (Aerobic) โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 17 คน โดยทำการศึกษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 4 วัน ซึ่ง ผลสรุปของการศึกษานี้ คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปรที่ ทำการศึกษา ได้แก่ Fatigue Index, Anaerobic Capacity, Peak Power, VO_2MAX ทั้งก่อนทำ การฝึกและหลังทำการฝึก รวมทั้งไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ใส่หน้ากากและกลุ่มที่ไม่ใส่ หน้ากาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าร่างกายของกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี สามารถออกกำลังกายด้วยความหนักระดับสูงภายใต้ที่มีการจำกัดของ การรับออกซิเจน ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ และการ หายใจนำเข้าคาร์บอนไดออกไซด์กลับเข้าสู่ร่างกายใหม่ได้ แต่ก็ยังมีอาจทราบได้ถึงความ

เปลี่ยนแปลงของระดับแก๊สในเลือด และ HCT (Sellers, Monaghan, Schnaiter, Jacobson, & Pope, 2016)

การสวมหน้ากากออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและความหนักสูงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MAX_{HR}) ด้วยระดับความหนักที่แตกต่างกัน ร่างกายมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของทั้ง ความต้องการในการรับแก๊สออกซิเจน (O_2) เข้าไปในร่างกายเพิ่มขึ้น และการเร่งขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกาย แต่ด้วยหน้ากากที่เป็นอุปสรรคทำให้เกิดการ Rebreathing CO_2 หายใจเอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ร่างกายเร่งขจัดออกกลับเข้าไปใหม่ ทำให้ร่างกายใช้กระบวนการปรับแก้ (Compensation) โดยกระตุ้นให้มีอัตราการหายใจถี่มากขึ้น และสร้าง ฮีมาโตคริต (Hematocrit หรือ HCT) เพิ่มขึ้นเพื่อเป็นส่วนที่ช่วยจับกับแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้มากขึ้น ตัวแปรทั้งหมดจะแปรผันตามระดับความหนัก ซึ่งความหนักระดับสูงมีโอกาที่จะส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของระดับแก๊สในเลือด (Arterial Blood Gas หรือ ABG) และ ฮีมาโตคริต (HCT) ได้มากกว่าความหนักระดับปานกลาง ซึ่งจากผลการศึกษาแบบเฉียบพลันที่ผ่านมา ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อระดับแก๊สในเลือด และระดับของ ฮีมาโตคริต (HCT) ในระหว่างกลุ่มที่สวมหน้ากาก และกลุ่มที่ไม่สวมหน้ากาก (Barbieri et al., 2020; Bourassa, Bouchard, & Lellouche, 2018; Fikenzer et al., 2020; Kim et al., 2013; Lauren et al., 2015; Sellers et al., 2016) ผลจากการศึกษาแบบเฉียบพลันยังไม่อาจบ่งชี้ได้ว่า ระดับความหนักปานกลางและความหนักระดับสูงของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MAX_{HR}) ส่งผลต่อค่าแก๊สในเลือด และ ฮีมาโตคริต (HCT) จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาในระยะยาว

สำหรับการศึกษาในเรื่องผลของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำขณะวิ่งออกกำลังกายในประเทศไทยนั้นยังไม่พบว่ามีการศึกษาอย่างจริงจัง ส่งผลให้ไม่สามารถมีคำแนะนำที่ชัดเจนให้แก่ประชาชน ณ ปัจจุบัน พบเพียงคำแนะนำที่เทียบเคียงมาจากผลการศึกษาจากต่างประเทศที่เป็นผลแบบเฉียบพลัน ผู้วิจัยจึงเห็นควรดำเนินการวิจัยเรื่องผลระยะยาวจากการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำขณะวิ่งออกกำลังกายต่อระดับแก๊สในเลือดของคนวัยทำงาน โดยมีคำถามว่า “การใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและสูงเป็นประจำ จะส่งผลต่อค่า PaO_2 , $PaCO_2$, pH, HCO_3 และ HCT ของคนวัยทำงานหรือไม่” ซึ่งถือได้ว่าเป็นครั้งแรกในประเทศไทยที่ได้มีการศึกษาในเรื่องนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณสุขต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่า PaO₂ PaCO₂ pH HCO₃ และ HCT ของคนวัยทำงาน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบผลของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงเป็นประจำที่มีต่อค่า PaO₂ PaCO₂ pH HCO₃ และ HCT ของคนวัยทำงาน

2. เพื่อเป็นแนวทางในการให้คำแนะนำต่อบุคคลวัยทำงานที่ต้องการสร้างเสริมสุขภาพจากการวิ่งออกกำลังกายในสภาวะอากาศที่เป็นมลพิษและวิถีสังคมแบบใหม่ (New Normal)

ขอบเขตงานวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นกลุ่มวัยทำงานเพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 25-40 ปี จำนวน 5400 คน เป็นสมาชิกกลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งออกกำลังกายสวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งเพื่อสุขภาพ กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนดี@สวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนกันปั่นไหนดี กลุ่มสังคมออนไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัย กลุ่มสังคมออนไลน์ UA Run Crew (Thailand) ที่วิ่งออกกำลังกาย ณ สวนจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยเป็นกลุ่มวัยทำงาน จำนวน 15 คน เพศชายและเพศหญิง อายุ 25 - 40 ปี ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ การวิ่งออกกำลังกาย 2 ระดับ คือ

1.1. ความหนักปานกลาง 64 % – 76 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (HR_{MAX})

1.2. ความหนักสูง 77 % – 95 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (HR_{MAX})

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

2.1. ค่าระดับแก๊สในเลือด (Arterial Blood Gas) ดังนี้

2.1.1. ระดับค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด PaO₂

- 2.1.2. ระดับค่าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด PaCO_2
- 2.1.3. ระดับค่าความเป็นกรด - ด่าง pH
- 2.1.4. ระดับค่าไบคาร์บอเนต HCO_3
- 2.2. ระดับค่าฮีมาโตคริต HCT

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. VO_2Peak หมายถึง ค่าความสามารถสูงสุดของร่างกายในการใช้ออกซิเจนมาใช้เป็นพลังงาน โดยร่างกายไม่สามารถทำงานได้ครบ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบการทำงานของหัวใจ ระบบการไหลเวียนโลหิต ระบบการทำงานในการแลกเปลี่ยนแก๊สของปอด ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ (รุ่งชัย ชวนไชยะกุล, 2565)

2. VO_2max หมายถึง ค่าความสามารถสูงสุดของร่างกายในการใช้ออกซิเจนมาใช้เป็นพลังงาน โดยร่างกายทำงานได้ครบ 4 ระบบ ได้แก่ ระบบการทำงานของหัวใจ ระบบการไหลเวียนโลหิต ระบบการทำงานในการแลกเปลี่ยนแก๊สของปอด ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ (รุ่งชัย ชวนไชยะกุล, 2565)

3. METs หมายถึง ค่าจำนวนของออกซิเจนที่ร่างกายต้องใช้ (American College of Sport Medicine, 2018)

4. Brog CR10 Scale หมายถึง ค่าบอกระดับความเหนื่อย โดยมีหน่วยวัดเป็นตั้งแต่ 1-10 โดย 1 คือไม่เหนื่อยเลย 10 คือเหนื่อยที่สุด (American College of Sport Medicine, 2018)

5. ABG หมายถึง Arterial Blood Gas คือการตรวจวิเคราะห์ค่าแก๊สในเลือดโดยนำมาจากหลอดเลือดแดง (วิภา รุชชัยพิชิตกุล, 2543)

6. Physical Distancing หมายถึง การพยายามเคลื่อนไหว การมีกิจกรรมทางกายใดใด ด้วยการรักษาระยะห่างจากผู้อื่นในระยะไม่ต่ำกว่า 1 เมตร (World Health Organization, 2020)

7. PM 2.5 หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดเล็ก หรืออนุภาคแขวนลอยในอากาศที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

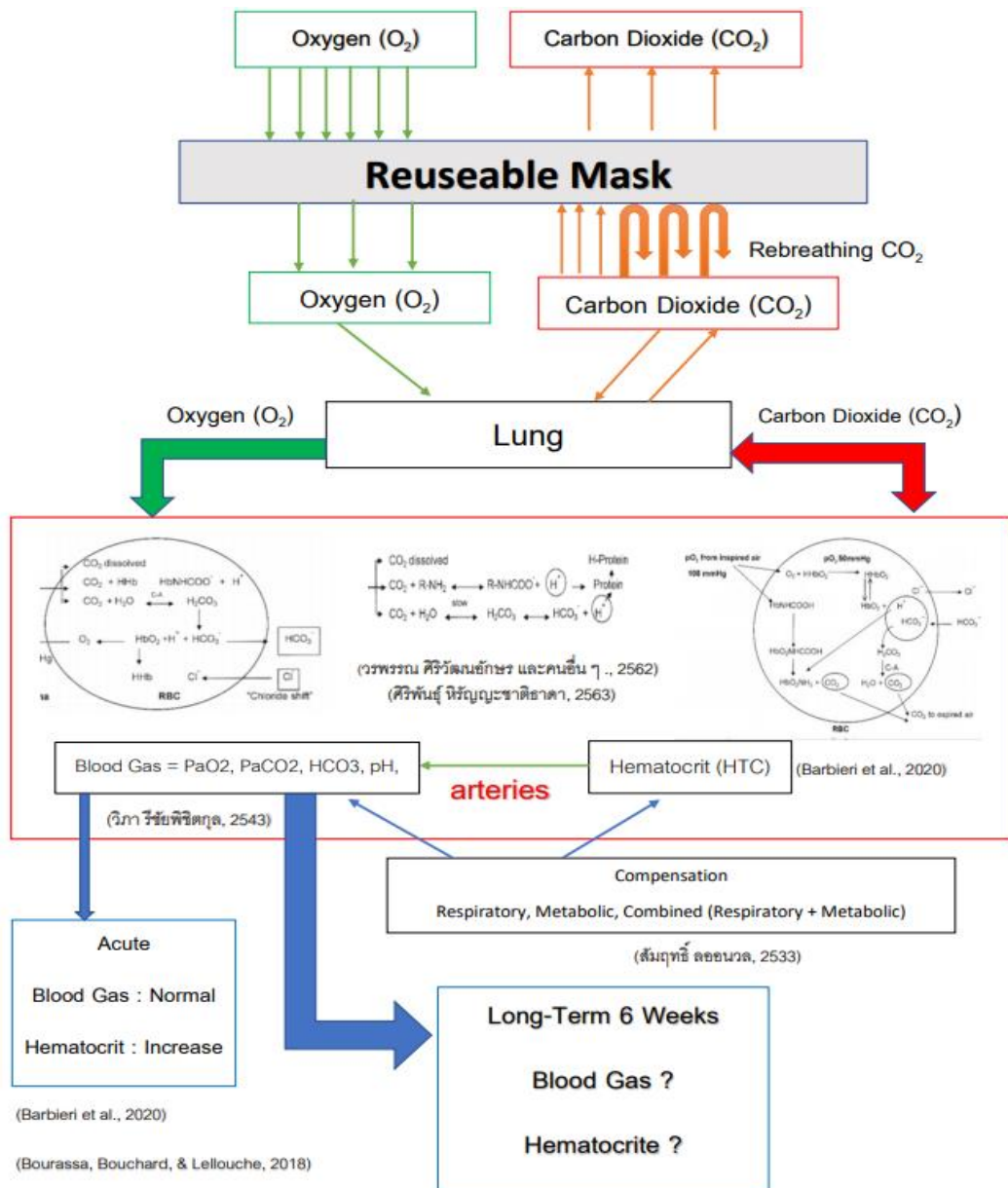
8. Hypoxia หมายถึง ภาวะที่ปริมาณของแก๊สออกซิเจน (O_2) ในเนื้อเยื่อร่างกายมีปริมาณน้อยกว่าที่ร่างกายจะทำงานได้ตามปกติ (สุทัศน์ ษจรบุญ et al., 2557)

9. Hypercapnia หมายถึง การเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในเลือดจนส่งผลให้ร่างกายทำงานผิดปกติ (สุทัศน์ ษจรบุญ et al., 2557)

10. Rebreathing CO_2 หมายถึง การหายใจเข้านำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ร่างกายขับออกมากลับเข้าไปในร่างกายใหม่ (Chandrasekaran & Fernandes, 2020)

11. COVID – 19 หมายถึง เชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ก่อให้เกิดโรคติดต่อระบบทางเดินหายใจได้แก่ โรคโควิด 19 มีการแพร่ระบาดทั่วโลก (Pandemic) ครั้งแรก ปี 2563 (Wu et al., 2020)
12. O_2 หมายถึง แก๊สออกซิเจน (วรพรรณ ศิริวัฒนอักษร, ชัชวาลย์ ศรีสวัสดิ์, นีโลบล เนืองตัน, ภัทรบุตร มาศรีตัน, & สมทรง เลขะกุล, 2562)
13. CO_2 หมายถึง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (วรพรรณ ศิริวัฒนอักษร et al., 2562)
14. PaO_2 หมายถึง แก๊สออกซิเจนในเลือดแดง (Bloom et al., 2014)
15. $PaCO_2$ หมายถึง แก๊สคาร์บอนไดในเลือดแดง (Bloom et al., 2014)
16. HCO_3 หมายถึง เกลือของกรดไบคาร์บอนิกในเลือดแดง (Bloom et al., 2014)
17. pH หมายถึง ค่าความเป็นกรด - ด่าง ในเลือด (Bloom et al., 2014)
18. HCT หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงในน้ำเลือด (Barbieri et al., 2020)
19. Respiratory Acidosis หมายถึง ภาวะที่ค่าความเป็น กรด - ด่าง (pH) ในเลือดมีค่าลดลงจากการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในเลือด ส่งผลให้การหายใจลดลง ร่างกายจะเพิ่มกระบวนการในการปรับแก้ (Compensation) ยิงขึ้น (วิโรจน์ ไวกานิชกิจ, 2542)
20. Tuberculosis หรือ TB หมายถึง เชื้อ Mycobacterium Tuberculosis หรือ เชื้อวัณโรค (สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2561)
21. Relative polycythemia หมายถึง สภาวะที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเลือดข้น (ปาริชาติ เพิ่มพิกุล, 2554)
22. Pulmonary Ventilation หมายถึง กระบวนการนำอากาศภายนอกเคลื่อนที่เข้าสู่ใน ร่างกาย เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่บริเวณถุงลมปอด (Alveoli) ทำให้เกิดแรงขับดันจากบริเวณที่มีแรงดันสูงไปที่ที่มีแรงดันต่ำ ส่งผลให้มีการเคลื่อนของอากาศออกจากร่างกาย (วิชาภรณ์ เลิศวีรพล, 2559)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. การใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงส่งผลต่อค่า PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3 และ HCT ของคนวัยทำงาน
2. การใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูง มีผลต่อค่า PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3 และ HCT ของคนวัยทำงานแตกต่างกัน



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้สรุปเนื้อหาที่สำคัญและนำมาเรียบเรียงเป็นแนวทางเพื่อทำการศึกษาวิจัยตามหัวข้อดังนี้

1. ประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย
 - 1.1. ประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย
 - 1.2. การวิ่งออกกำลังกายของประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย
2. การวิ่งออกกำลังกาย
 - 2.1. การออกกำลังกาย
 - 2.2. การวิ่งออกกำลังกาย
 - 2.3. วงจรทางกายวิภาคศาสตร์ของการวิ่ง
 - 2.4. ประโยชน์ของการวิ่งออกกำลังกาย
3. ระบบการหายใจ
 - 3.1. โครงสร้างระบบการหายใจ
 - 3.2. ระบบควบคุมการหายใจ
 - 3.3. ระบบการแลกเปลี่ยนแก๊ส
 - 3.4. การเปลี่ยนแปลงของแก๊สออกซิเจน (O_2) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในร่างกาย
 - 3.5. ปฏิกริยาเคมีในการหายใจ
 - 3.6. การวิเคราะห์แก๊สจากหลอดเลือดแดง
4. สภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ
 - 4.1. มลพิษทางอากาศ
 - 4.2. การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด - 19 (COVID - 19)
 - 4.3. การแพร่ระบาดของวัณโรค (TB)
 - 4.4. การวิ่งออกกำลังกายกับระยะห่างทางสังคม (Social Distance)
5. หน้ากากอนามัย
 - 5.1. หน้ากากกรองอนุภาค
 - 5.2. หน้ากากอนามัย
 - 5.3. หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

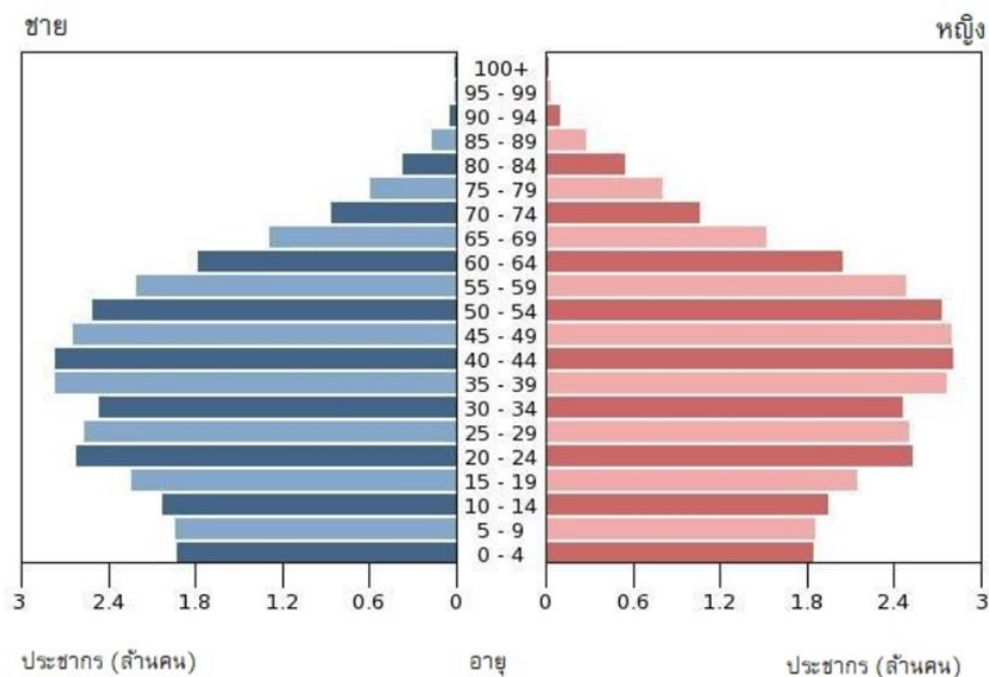
6.2. กลไกของการใช้น้ำกากที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจ

1. ประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย

1.1. ประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย

ปี 2562 ประเทศไทยมีประชากรจำนวน 66,558,935 คน โดยจำแนกเป็น ช่วงวัยเด็ก (0 - 14 ปี) 10,947,179 คน คิดเป็น 16.45 % , ช่วงวัยทำงาน (15 - 59 ปี) 42,845,915 คน คิดเป็น 64.37% , ช่วงวัยสูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) 11,136,059 คน คิดเป็น 16.73 % และไม่สามารถจำแนกได้ 1,629,782 คน คิดเป็น 16.73 % (กองสถิติพยากรณ์, 2562) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า “ช่วงวัยทำงาน” เป็นช่วงวัยที่มีประชากรมากที่สุดถึง 64.37 % ของจำนวนประชากรทั้งหมด (ดูภาพประกอบ 2) โดยประชากรกลุ่มนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจและสังคม ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสอง พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๖๔ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2017)

ปิรามิดประชากร - ประเทศไทย พ.ศ. 2562



ภาพประกอบ 2 ปิรามิดประชากร - ประเทศไทย พ.ศ. 2562

ที่มา (Thailand Board of Investment, 2563)

ประชากรในช่วงวัยทำงานนี้มีการเปลี่ยนแปลงในหลาย ๆ ด้าน ทั้งด้านของการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย การเปลี่ยนแปลงทางด้านจิตใจ ตลอดจนการแข่งขันกันทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ เป็นต้น ทำให้มีพฤติกรรมในการให้ความสำคัญกับการหารายได้มากกว่าการดูแลสุขภาพของตนเอง ทำให้ส่งผลเสียโดยตรงต่อสุขภาพ (นฤมล โชวีสูงเนิน, 2561) แต่จากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางเทคโนโลยีมีการเกิดขึ้นของสังคมออนไลน์ ทำให้มีการสื่อสารและส่งต่อข้อมูลทางสุขภาพอย่างรวดเร็ว กลุ่มประชากรสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างง่ายดาย จึงทำให้เกิดแรงกระตุ้น ตลอดจนมีการผลักดันจากภาครัฐ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมของประชากรช่วงวัยทำงาน ทำให้กลุ่มประชากรหันมาทำกิจกรรมการออกกำลังกายกันมากยิ่งขึ้น (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม, 2562)

1.2. การวิ่งออกกำลังกายของประชากรช่วงวัยทำงานในประเทศไทย

การออกกำลังกายด้วยการวิ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย กล่าวคือ มีคนไทยจำนวนมากถึง 11.96 ล้านคน หรือประมาณร้อยละ 20 ของประชากรทั้งหมดในประเทศไทย

ไทยออกกำลังกายด้วยการวิ่ง เป็นชาย 7.4 ล้านคน และหญิง 4.56 ล้านคน ซึ่งเมื่อจำแนกตามช่วงวัยพบว่า เป็นวัยเด็ก 7 แสนคน วัยรุ่น 1.9 ล้านคน วัยทำงาน (25 – 59 ปี) 6.88 ล้านคน และวัยสูงอายุ 2.49 ล้านคน ตามลำดับ (คุณภาพประกอบที่ 3) กล่าวได้ว่าคนไทยทำงานนิยมออกกำลังกายด้วยการวิ่งมากถึงร้อยละ 10 ของประชากรในประเทศไทย (ศูนย์พัฒนาความรู้กิจกรรมทางกายประเทศไทย, 2560)



ภาพประกอบ 3 สถิติผู้ออกกำลังกายด้วยวิธีการวิ่งในประเทศไทย ปี 2559

ที่มา (ศูนย์พัฒนาความรู้กิจกรรมทางกายประเทศไทย, 2560)

2. การวิ่งออกกำลังกาย

2.1. การออกกำลังกาย

การออกกำลังกาย คือ “กิจกรรมทางกายประเภทใดก็ได้ที่ทำให้ร่างกายคงสภาพหรือสร้างเสริมความแข็งแรงให้แก่สุขภาพและสมรรถภาพของร่างกาย (Harper, 2020) ใช้ชีวิตอย่างเป็นปกติและมีอายุที่ยืนยาวมากขึ้น” (Kylasov & Gavrov, 2011) หรือกิจกรรมที่มีแบบแผนมีการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมปฏิบัติอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อรักษาสุขภาพและสร้างเสริมสมรรถภาพทางร่างกาย ซึ่งทำให้เกิดความเพลิดเพลิน สนุกสนาน ลดความเครียด ส่งเสริมสมรรถภาพทางจิตใจ (กรีซเพชร นนทโคตร, 2562)

2.2. การวิ่งออกกำลังกาย

การออกกำลังกายด้วยการวิ่ง เป็นการเคลื่อนที่โดยที่มีจังหวะที่เท้าทั้งสองข้าง ลอยเหนือพื้นซึ่งจะแตกต่างกับการเดินที่จะเป็นการเคลื่อนที่ที่ช้ากว่าและไม่มีจังหวะที่เท้าทั้งสองข้างลอยอยู่เหนือพื้นดิน (สถาวร จันทรผ่องศรี, 2561) หรือการวิ่งคือการเคลื่อนที่ที่เร็วกว่าเดิน และมีการวางเท้าเป็นขั้นตอนอย่างรวดเร็วโดยที่มีจังหวะยกเท้าทั้งสองข้างเหนือพื้นก่อนจะวางเท้าใดเท้าหนึ่งในขั้นตอนถัดไป (Cambridge dictionary, 2020) โดยการออกกำลังกายด้วยวิ่งนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นสามรูปแบบใหญ่ ๆ ดังนี้ (American College of Sport Medicine, 2018)

2.2.1. แบ่งตามระดับของการใช้ออกซิเจน (VO_{2MAX}) ของกิจกรรม

2.2.1.1. ใช้ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2MAX}) มาเป็นเกณฑ์ แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ

- < 37 % ระดับความหนักเบา เบามาก (Very Light)
- 37 % - 45 % ระดับความหนักเบา เบา (Light)
- 46 % - 63 % ระดับความหนักเบา ปานกลาง (Moderate)
- 64 % - 90 % ระดับความหนักเบา หนัก (Vigorous)
- > 91 % ระดับความหนักเบา หนักมาก (Near maximal or Maximal)

2.2.1.2. ใช้ค่าจำนวนของออกซิเจนที่ร่างกายต้องใช้ (METs) มาเป็นเกณฑ์ โดยแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ

- < 3 METs ระดับเบาถึงเบามาก (Very Light or Light)
- 3.0 – 5.9 METs ระดับปานกลาง (Moderate)
- > 6 METs ระดับหนัก (Vigorous)

2.2.2. ใช้ระดับค่าความเหนื่อย Brog CR10 Scale มาเป็นเกณฑ์ โดยแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ

- < 2 ไม่เหนื่อย (Light)
- 3 – 4 เหนื่อยปานกลางค่อนข้างเบา (Moderate – Light)
- 5 – 7 เหนื่อยปานกลางค่อนข้างมาก (Moderate – Heavy)
- 8 – 10 เหนื่อยมาก (Heavy)

2.2.2. แบ่งตามระดับอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (Heart Rate Max : HR_{MAX})

- < 57 % ระดับความหนักเบาเบามาก (Very Light)
- 57 % - 63 % ระดับความหนักเบาเบา (Light)

64 % - 76 % ระดับความหนักแบบปานกลาง (Moderate)

77 % - 95 % ระดับความหนักแบบสูง (Vigorous)

≥ 96 % ระดับความหนักแบบสูงมาก (Near maximal or Maximal)

2.2.3. แบ่งตามระยะทาง

การวิ่งนั้นจะถูกแยกออกเป็น 3 ระยะ โดยทางสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (International Association of Athletics Federations : IAAF), คณะกรรมการโอลิมปิกสากล (The International Olympic Committee : IOC) และสมาคมกีฬากรีฑาแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้แบ่งการวิ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

2.2.2.1. ระยะสั้นมีระยะทางไม่เกิน 800 เมตร

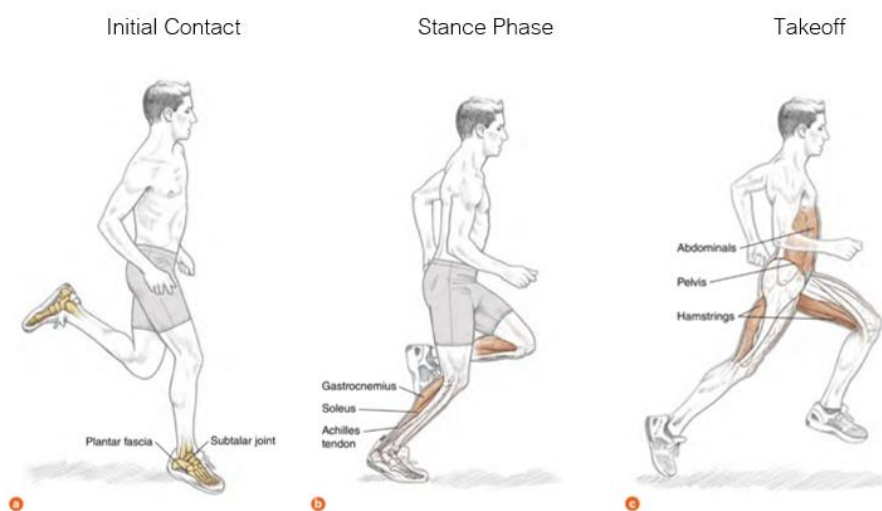
2.2.2.2. ระยะกลางมีระยะทางไม่เกิน 3,000 เมตร

2.2.2.3. ระยะไกลมีระยะทางที่มากกว่า 3,000 เมตร

2.3. วงจรทางกายวิภาคศาสตร์ของการวิ่ง

วงจรทางกายวิภาคศาสตร์ของการวิ่ง คือ ลักษณะท่าทางของชุดการเคลื่อนไหวทางร่างกาย โดยเริ่มต้นตั้งแต่เท้าอยู่บนพื้น ถ้ายกเท้าขึ้น ยกปลาย จนเท้าวนกลับมาสัมผัสที่พื้นเหมือนเดิมเรียกวงจรนี้ว่า Running Gait Cycle ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ (Nicola & Jewison, 2012)

2.3.1. ช่วง Stance Phases จะเป็นลักษณะท่าทางขณะเท้าสัมผัสพื้น และสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วงย่อย คือ (ดูภาพประกอบที่ 4)



ภาพประกอบ 4 วงจรการวิ่ง (Running Gait Cycle)

ที่มา (Nicola & Jewison, 2012)

ช่วง Initial Contact จะเป็นจังหวะที่เริ่มมีการถ่ายน้ำหนักลงสู่พื้น โดยมีอวัยวะที่ทำหน้าที่สำคัญคือ จุดเชื่อมของกระดูกเท้าส่วน Tarsal กับกระดูกส่วน Calcaneus Heel Bone เรียกว่า Subtalar Ankle Joint ทำให้เท้ามีการเคลื่อนไหวบนล่างและ Subtalar Joint ทำให้เท้ามีการเคลื่อนไหวด้านข้าง อีกส่วนที่สำคัญในจังหวะนี้คือ Plantar Fascia เอ็นฝ่าเท้า โดยสามารถควบคุม Plantar Dorsiflexion การกระดกของฝ่าเท้าและ Plantar Flexion การงอของฝ่าเท้า (Nicola & Jewison, 2012)

ช่วง Stance Phase น้ำหนักจะถูกถ่ายเทลงสู่พื้นมากขึ้นพร้อมการทำงานของกล้ามเนื้อส่วน Gastrocnemius, Soleus และเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon) ทั้งหมดจะทำงานสัมพันธ์กันในการถ่ายเทแรงลงสู่พื้นพร้อมกับทำหน้าที่ในลักษณะคล้ายสปริงที่หดตัว (Nicola & Jewison, 2012)

ช่วง Take Off จะเป็นจังหวะในการถ่ายเทน้ำหนักลงสู่พื้นทั้งหมดพร้อมรับแรงจากพื้นส่งร่างกายให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าจากการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ Abdominals, Glutes, Hamstrings, การควบคุมสมดุลย์ของกระดูกเชิงกราน (Pelvic) และการคลายตัวของกล้ามเนื้อส่วน Gastrocnemius, Soleus และเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon) ในลักษณะคล้ายการยืดออกของสปริง (Nicola & Jewison, 2012)

2.3.2. ช่วง Swing Phase จะเป็นลักษณะทางร่างกายขณะที่เท้ามีการเหวี่ยง แกว่งสลับข้างและมีการลอยเหนือพื้นโดยไม่มีเท้าข้างไหนเลยที่สัมผัสพื้น (Nicola & Jewison, 2012) โดยมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Hip Flexors, Quadriceps, Hamstrings และกลุ่มกล้ามเนื้อน่อง นำเท้าสลับไปข้างหน้าจนถึงจังหวะเตรียมลงสู่พื้นเพื่อกลับเข้าสู่ Stance Phase (Initial Contact) ใหม่อีกครั้ง (ดูภาพประกอบที่ 5) (Nicola & Jewison, 2012)



ภาพประกอบ 5 วงจรการวิ่ง (Running Gait Cycle)

ที่มา (Nicola & Jewison, 2012)

2.4. ประโยชน์ของการวิ่งออกกำลังกาย

การวิ่งออกกำลังกายนั้นมีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นอย่างมาก ช่วยในการพัฒนาสร้างเสริมระบบการหายใจ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระบบประสาท มวลกระดูก และสังเกตพบลักษณะที่เป็นสัญญาณเชิงบวกต่อทางสุขภาพจิตและสังคม (รุจิเรศ เตื่อพิริยะสกุล et al., 2558) อีกทั้งยังช่วยในเรื่องการปรับสมดุลย์ของระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย ช่วยลดและควบคุมน้ำหนักตัวไม่ให้มากเกินไป และยังช่วยปรับสมดุลย์ของสารเคมีในสมองอีกด้วย ซึ่งทำให้ช่วยเพิ่มความสุข ความสะดวก และลดความเครียด ความวิตกกังวลต่าง ๆ (ปฏิบุษ เย็นธรรม, 2557) ที่สำคัญที่สุดการวิ่งออกกำลังกายสามารถช่วยให้ “การทำงานของปอด หลอดเลือด และหัวใจ” พัฒนาดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยทั้งหมดทั้งสิ้นต้องพิจารณาทั้ง “ปริมาณและความหนัก” ในการวิ่งออกกำลังกายให้

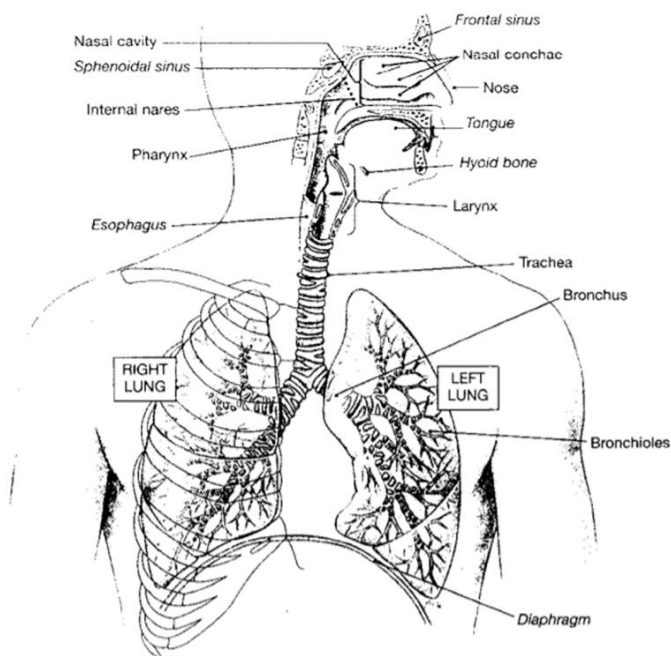
เหมาะสมกับสภาพร่างกายและข้อจำกัดตลอดจนโรคประจำตัวของตนเอง (ประวิตร หวังประเสริฐ & ณรงค์ ศิริตระกูล, 2554)

3. ระบบการหายใจ

3.1. โครงสร้างระบบการหายใจ

ระบบการหายใจมีหน้าที่หลัก คือ การนำอากาศจากภายนอกร่างกายเคลื่อนที่เข้าสู่ในร่างกาย เพื่อมีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ถุงลมปอด (Alveoli) ทำให้ได้แก๊สออกซิเจน (O_2) และมีการเปลี่ยนเป็นแก๊สเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นำออกจากร่างกาย ซึ่งกลไกนี้ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนจากที่มีแรงดันสูงไปสู่ที่มีแรงดันต่ำ ทำให้มีการเคลื่อนของอากาศทำให้เกิดเป็นการหายใจ ซึ่งเรียกระบบนี้ว่า Pulmonary Ventilation (วิชาภรณ์ เลิศวีรพล, 2559) โครงสร้างของระบบหายใจจะถูกแบ่งออกเป็น

3.1.1. อวัยวะส่วนที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สซึ่งประกอบไปด้วย (ดูภาพประกอบที่ 6) (ชาญชัย ชอบธรรมสกุล, 2547)



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างระบบการหายใจ

ที่มา (ชาญชัย ชอบธรรมสกุล, 2547)

จมูก (Nose) เป็นอวัยวะที่มีกระดูกจมูกและกระดูกอ่อน ประกบกันในลักษณะสามเหลี่ยมอยู่บริเวณกึ่งกลางของใบหน้า ภายในจะมีขน (Cilia) ไว้ดักจับสิ่งแปลกปลอม มีการการจับสารเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น (Mucus) และมีประสาทการรับรู้กลิ่นต่าง ๆ (Olfactory Nerve) มีเส้นเลือดดำเป็นร่างแหที่มีความเปราะบางมาก บริเวณฐานจมูกติดกับเพดานด้านบนในปาก (Hard Palate) หลังเพดานแข็งคือเพดานอ่อน (Soft Palate) ทำหน้าที่ช่วยกั้นไม่ให้อาหารจากหลอดอาหารไหลเข้าสู่โพรงจมูก ปลายสุดของเพดานอ่อนคือลิ้นไก่ (Uvula)

คอหอย / หลอดคอ (Pharynx) เป็นต่อจากเนื้อเพดานอ่อน ไปถึงหลอดอาหารและหลอดเสียงยาวประมาณสิบสามเซนติเมตร ส่วนบนกว้าง ส่วนล่างแคบ ลักษณะเหมือนรูปกรวย ซึ่งหลอดคอส่วนต้น (Nasopharynx) จะเชื่อมต่อกับโพรงจมูกบริเวณหลังช่องปาก ส่วนนี้จะมีขนาดกว้างที่สุด ด้านล่างของหลอดคอส่วนต้น คือ ต่อมทอลซิล (Tonsil) มีไว้ดักจับและทำลายเชื้อโรคที่ผ่านเข้าทางช่องปากและจมูก และที่หลอดคอส่วนต้นนี้จะมีท่อยูสตาเคียน (Eustachian Tube) ทำหน้าที่เพื่อคอยรักษาระดับแรงดันในหูชั้นกลาง ส่วนถัดมา คือ หลอดคอส่วนปาก (Oropharynx) อยู่บริเวณหลังช่องปาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกลืนซึ่งเป็นทางผ่านของทั้งอากาศและอาหาร ด้านข้างทั้งสองข้าง จะมีต่อมทอลซิลพัลลาตินขนาดใหญ่ (Palatine Tonsil) ส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนหลอดคอส่วนล่างสุด (Laryngopharynx) จะอยู่ติดกับด้านหน้าของหลอดอาหาร และด้านหลังของกล่องเสียง โดยมีอวัยวะปิดกล่องเสียง (Epiglottis) ทำหน้าที่คอยปิดเปิดเพื่อกั้นไม่ให้อาหารเข้าสู่หลอดคอส่วนล่าง

กล่องเสียง (Larynx) อยู่บริเวณโคนลิ้นกับหลอดลม (Trachea) เป็นทางผ่านของอากาศ มีหน้าที่ทำให้เกิดเสียง มีอวัยวะหลัก 2 ชุด คือ สายเส้นเสียง (Vocal Cord) สองสาย และกระดูกอ่อน (Cartilage) เก้าชิ้น กระดูกอ่อนชิ้นที่สำคัญ คือ กระดูกอ่อนที่ทำหน้าที่เป็นฝาปิดเปิดกล่องเสียง ซึ่งจะอยู่เหนือกระดูกอ่อนชิ้นที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ Thyroid Cartilage หรือ เรียกว่า ลูกกระเดือก (Adam's Apple)

หลอดลม (Trachea) เป็นต่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณสองจุดห้าเซนติเมตร มีกระดูกอ่อนและกล้ามเนื้อหุ้มรูปทรงคล้ายวงกลมรูป C จำนวนสิบหกถึงยี่สิบวง มีความยาวโดยประมาณสิบถึงสิบสองเซนติเมตร ภายในมีเซลล์สร้างเมือก (Mucus) และขน (Cilia) คอยดักจับสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กที่ผ่านเข้ามาที่ปากกับอากาศ และช่วยขับสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กนั้นออกจากร่างกายผ่านการหายใจออก

หลอดลมใหญ่ (Bronchus) เป็นส่วนที่ต่อจากหลอดลม (Trachea) แยกออกต่อกับปอดทั้ง ด้านขวาซึ่งมีลักษณะสั้นแต่กว้างต่อกับปอดในแนวตั้ง ส่วนใหญ่หากมีสิ่ง

แลกเปลี่ยนเข้ามาที่อากาศมักจะตกลงมาที่ด้านนี้ และด้านซ้ายมีลักษณะแคบ และยาวต่อกับปอดในแนวเฉียง ปลายของหลอดลมใหญ่ของทั้งสองข้าง คือ หลอดลมฝอย (Bronchiole) ซึ่งแตกเป็นแขนงจำนวนมากจะนำพาอากาศไปสู่ถุงลม (Alveoli)

ปอดเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญในระบบการหายใจ โดยทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างอากาศกับเลือด ปอดมีสองส่วนคือ ปอดส่วนด้านซ้ายมีสองกลีบ (Lobes) และปอดด้านขวามีสามกลีบ (Lobes) ตรงกลางส่วนล่างจะมีลักษณะเว้าเพื่อรองรับตำแหน่งของหัวใจ ปอดมีลักษณะพรุณใกล้เคียงฟองน้ำ มีความยืดหยุ่นสูงมาก ภายในประกอบไปด้วยหลอดลมฝอย และมีถุงลมด้านละประมาณ 350 ล้าน ถุงลม โดยมีเส้นเลือดฝอย (Capillaries) ปกคลุมรอบถุงลม ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างอากาศกับเลือด รวมทั้งยังมีหลอดเลือดเพื่อหล่อเลี้ยงเซลล์ต่าง ๆ ของปอด ตลอดจนหลอดน้ำเหลืองและเส้นประสาท

การจะทำให้ระบบการหายใจได้อย่างสมบูรณ์นั้นต้องประกอบไปด้วย การเคลื่อนที่เข้าออกของอากาศภายนอกกับถุงลมปอด (Pulmonary ventilation) การแพร่ของแก๊สระหว่างถุงลมปอดและเลือด (diffusion) การขนส่งแก๊สในเลือดเพื่อเข้าออกเซลล์ (transport) และระบบควบคุมการทำงานของระบบการหายใจทั้งหมด (ศิริพันธุ์ หิรัญญาชาติธาดา, 2563) กล่าวคือ กระบวนการหายใจจะเริ่มต้นตั้งแต่การที่เราหายใจนำอากาศเข้าทางจมูก ปาก หลอดคอ กลัองเสียง และผ่านหลอดลมไปสู่ปอดตามลำดับในส่วนเราจะเรียกว่า “ทางผ่านอากาศ” หลังจากนั้นอากาศจะเข้าไปสู่ปอด และถุงลมปอด เพื่อเข้าสู่ “กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส” ต่อไป (ฐิติอาภา ตั้งคำวานิช, 2552)

3.2. ระบบควบคุมการหายใจ

อัตราการหายใจโดยปกติแล้ว จะเกิดขึ้นแบบอัตโนมัติและสม่ำเสมอ ในคนปกติสภาวะของอัตราการหายใจจะอยู่ที่สิบสองถึงยี่สิบครั้งต่อนาที เราสามารถควบคุมการหายใจได้แต่จะทำได้ไม่นานเนื่องจากการหายใจจะถูกควบคุมด้วยสองระบบคือ (ชาญชัย ชอภธรรมสกุล, 2547)

3.2.1. ระบบประสาทสมองส่วนที่ควบคุมระบบการหายใจคือ สมองส่วนเมดูลาอีอบลองกาตา (Medulla Oplongata) และพอนด์ (Pons) ซึ่งจะอยู่บริเวณก้านสมองและเส้นประสาทคู่ที่ 5, 9 และ 10 ทำหน้าที่เป็นศูนย์ควบคุมการหายใจทั้งหมด โดยจะควบคุมทั้งการหายใจเข้าและหายใจออก สมองส่วนที่ส่วนที่สัมพันธ์กับการควบคุมการหายใจอีกส่วนคือ สมองส่วนซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ (Cerebral Cortex) ซึ่งสมองส่วนนี้จะทำให้เราสามารถควบคุมอัตราการหายใจให้ช้าหรือเร็วได้ แม้แต่การกลืนหายใจก็มาจากการทำงานของสมองส่วนนี้ แต่จะไม่สามารถ

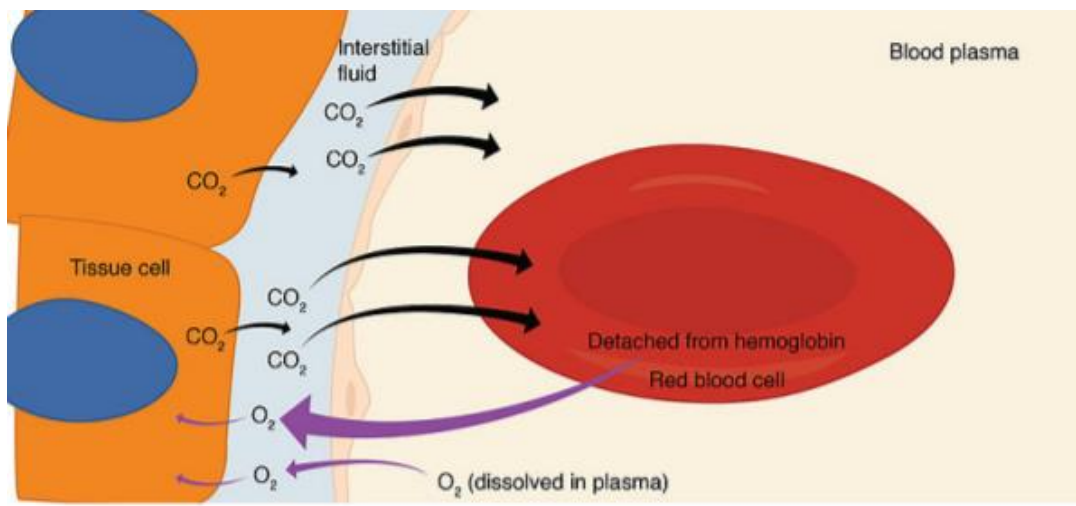
ทำได้นานเนื่องจากสภาวะความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่สูงมากยิ่งขึ้น ก็จะกลับไปกระตุ้นให้การหายใจทำงานจากระบบทางเคมี แล้วส่งสัญญาณมาที่สมองส่วนที่ควบคุมการหายใจ

3.2.2. ระบบเคมี คือ ระบบในการแลกเปลี่ยนแก๊สในร่างกาย ซึ่งแก๊สที่มีผลต่ออัตราการหายใจคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไฮโดรเจนไอออน (H^+) โดยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะมีบทบาทมากที่สุดในการควบคุมอัตราการหายใจ

3.3. ระบบการแลกเปลี่ยนแก๊ส

เมื่อออกซิเจน (O_2) ได้แพร่เข้ามาสู่เซลล์ ออกซิเจนจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการ Metabolic Respiration เพื่อสังเคราะห์ Adenosine Triphosphate (ATP) ทั้งในการสังเคราะห์ร่วมกับกลูโคส โปรตีน และไขมัน (ศิริพันธุ์ ธีรบุญญาชาติธาดา, 2563) ทั้งนี้ต้องมีการเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สทั้งก่อนและหลังกระบวนการ Metabolic Respiration โดยระบบการแลกเปลี่ยนแก๊สในมนุษย์นั้นมีอยู่สองขั้นตอน คือ

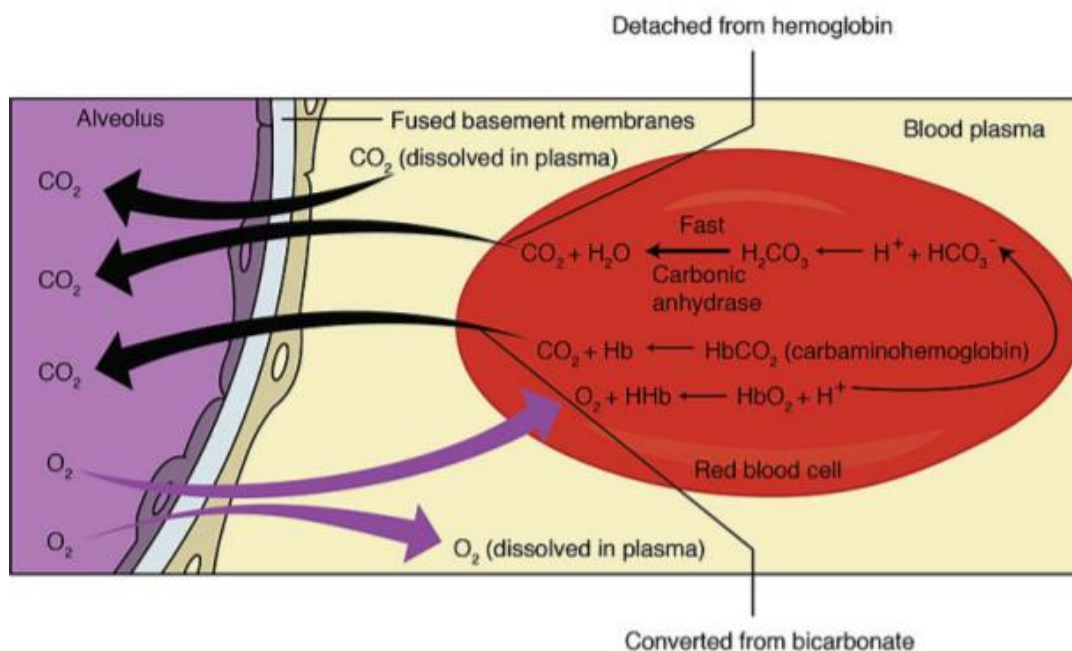
3.3.1. External Respiration (ดูภาพประกอบที่ 7) เป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาของระบบหายใจ โดยเริ่มตั้งแต่มีการนำอากาศเข้าสู่ร่างกายผ่านทางจมูก หรือ ปาก ผ่านสู่คอหอย ก่อเลี้ยง หลอดลม หลอดลมใหญ่ แขนงหลอดลมใหญ่ และหลอดลมฝอย (bronchiole) ซึ่งเป็นอวัยวะที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Respiratory Bronchiole) ได้แก่ Respiratory Bronchiole, Alveolar Duct ซึ่งกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สจะไปสิ้นสุดที่ถุงลมฝอย (alveolar sac) อวัยวะถุงลมปอดนั้นจะมีสารคัดหลั่งจำพวก Phospholipid เพื่อลดแรงตึงผิวของถุงลมทั้งหมดและทำให้ถุงลมฝอยแต่ละใบนั้นไม่ติดกัน สารนั้นเรียกว่า Surfactant บริเวณผนังของถุงลมฝอยแต่ละใบมีรูเป็นช่องติดกัน มีผลทำให้ถุงลมแต่ละใบนั้นมีแรงดันที่เท่ากันทั้งปอด โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สในบริเวณนี้จะเป็นการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมปอดและเส้นเลือดฝอย (อาภรณ์ รัชไชย, 2560) ซึ่งจะเป็นไปในลักษณะการแพร่ (Diffusion) แรงดันย่อยของทั้งออกซิเจน O_2 และคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 เพื่อเข้าออกหลอดเลือด โดยแพร่ผ่านทางเส้นเลือดฝอยที่ถุงลมปอด โดยออกซิเจน O_2 จะแพร่จากถุงลมปอดเข้าสู่เส้นเลือดฝอยแต่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 จะเป็นไปในทิศทางกลับกันคือแพร่จากเส้นเลือดฝอยกลับเข้าสู่ถุงลมในปอด ซึ่งการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณนี้จะเป็นไปตาม กฎของดัลตัน (Dalton's law) และกฎของเฮนรี (Henry's law) (พิทยา บุญคงเสน & เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์, 2563)



ภาพประกอบ 7 External Respiration

พินิจ (Panawala, 2018)

3.3.2. Internal Respiration (ดูภาพประกอบที่ 8) เป็นระบบหายใจระดับเซลล์ หรือมีการใช้แก๊สออกซิเจน (O_2) ในกระบวนการทางชีวเคมี กระบวนการ Metabolic Respiration เพื่อสังเคราะห์ Adenosine Triphosphate (ATP) ส่วนของเสียที่ได้มาจากกระบวนการนี้คือ Lactic Acid (ศิริพันธ์ุ หิรัญญะชาติธาดา, 2563) การหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะเป็นของเสียในกระบวนการสังเคราะห์ ATP ซึ่งในกระบวนการนี้ เซลล์มีความจำเป็นที่ต้องใช้แก๊สออกซิเจน (O_2) สูง และต้องการขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากเซลล์ ส่งผลทำให้ภายในเซลล์มีค่า pO_2 ต่ำ ค่า CO_2 สูง ในขณะที่ในหลอดเลือดมีค่า pO_2 สูง และมีค่า CO_2 ต่ำ จึงเกิดการแพร่ผ่านแรงดันย่อยของแก๊สออกซิเจน (O_2) จากหลอดเลือดเข้าสู่เซลล์ และขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ออกจากเซลล์ เข้าสู่หลอดเลือด ซึ่งการแพร่นี้จะสิ้นสุดเมื่อความดันของแก๊สระหว่างหลอดเลือดและเซลล์จะเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ (Panawala, 2018)



ภาพประกอบ 8 Internal Respiration

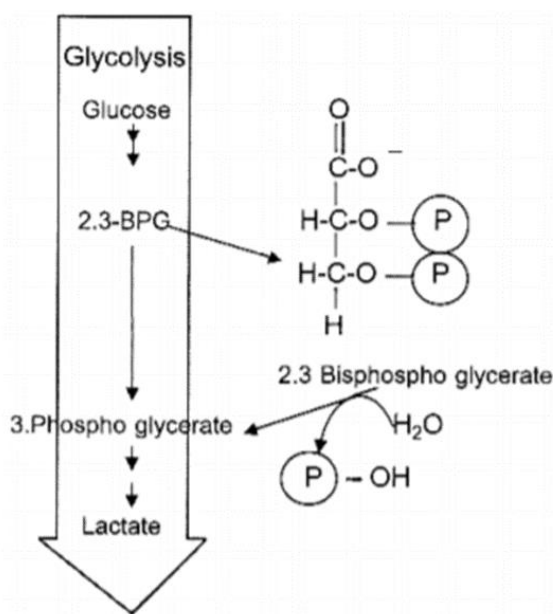
ที่มา (Panawala, 2018)

3.4. การเปลี่ยนแปลงของแก๊สออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในร่างกาย

แก๊สออกซิเจน (O_2) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เมื่อถูกแพร่แรงดันย่อยเข้าสู่หลอดเลือดจะเข้าไปจับตัวฮีโมโกลบิน (Hemoglobin หรือ Hb) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีอยู่ถึงร้อยละเก้าสิบแปดในเม็ดเลือดแดงในฮีโมโกลบิน (Hb) จะมีสารสีแดงที่เรียกว่าฮีม (Heme) มีความสามารถจับตัวกับแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้ดี ทำหน้าที่ขนส่งแก๊สออกซิเจน (O_2) จากปอดไปยังเซลล์ต่างๆของร่างกาย ถูกสังเคราะห์จากตับร้อยละแปดสิบห้า จากไขกระดูกร้อยละสิบห้า และส่วนของโปรตีนที่เรียกว่า โกลบิน (Globin) ซึ่งจะมีความสามารถในการจับตัวกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีหน้าที่ขนส่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากเซลล์ต่างๆ กลับสู่ปอด จะถูกสังเคราะห์ที่ไซโตพลาสซึมของเม็ดเลือดแดงอ่อน โดยการปริมาณการสังเคราะห์ขึ้นมาของ Heme และ Globin จะมีความสัมพันธ์กันในเชิงสมมูลย์ เพื่อร่วมเข้าด้วยกันเป็นฮีโมโกลบิน (Hb) โดยฮีโมโกลบิน (Hb) จะมีอายุประมาณหนึ่งร้อยยี่สิบวัน ผนังเซลล์ของฮีโมโกลบิน (Hb) จะถูกสลายในเซลล์ Reticulo Endothelial System (RES) แตกออกมาเป็นฮีม (Heme) และถูกสลายออกเป็นเหล็ก ร่างกายจะสะสมเก็บไว้ใช้งานต่อ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยจะถูกขับออกมาทางปอด ส่วน

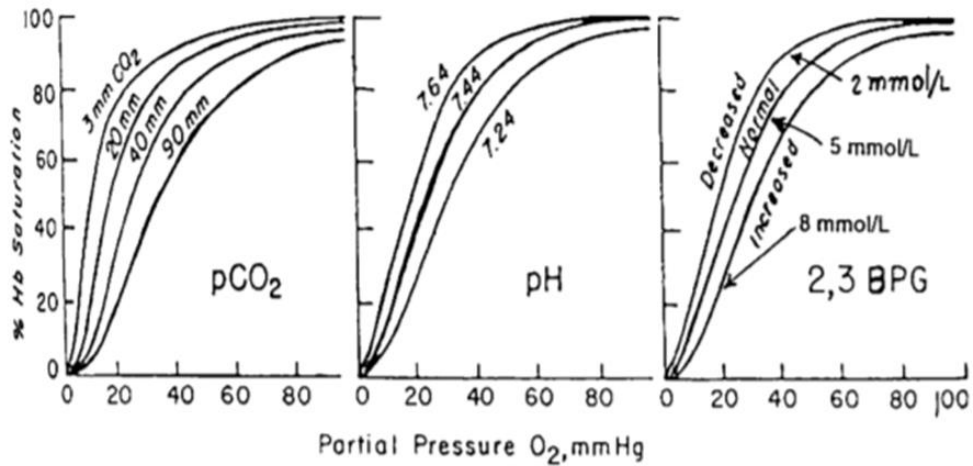
ไกลบินจะถูกสลายเป็นกรดอะมิโน ร่างกายจะดูดซึมสะสมไว้กลับมาใช้งานใหม่ (วรพรรณ ศิริวัฒน์ อักษร et al., 2562)

การขนส่งออกซิเจน (O_2) โดยแก๊สจะแพร่จากบริเวณที่มีความดันสูงไปสู่บริเวณที่มีความดันต่ำ ซึ่งก็คือแก๊สออกซิเจน (O_2) แพร่จากอากาศเข้าสู่ถุงลมปอด แล้วแพร่แรงดันย่อยผ่านหลอดเลือดดำฝอยที่ถุงลมปอด โดยในหลอดเลือดดำหลังมีการแพร่แรงดันย่อยของแก๊สออกซิเจน (O_2) จะมีค่า pO_2 50 มิลลิเมตรปรอท แล้วจะเปลี่ยนแปลงเป็นเลือดแดงโดยมีค่า pO_2 100 มิลลิเมตรปรอท แล้วถูกหัวใจปั๊มเลือดแดงไปสู่ส่วนต่างๆของร่างกาย แล้วกลับมาเข้าสู่วงจรเดิมซ้ำไปเรื่อยๆไป โดยความสามารถในการจับแก๊สออกซิเจน (O_2) จะลดลงเมื่อ เลือดมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มมากขึ้น, ร่างกายมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น, เลือดมีค่า pH เป็นกรดมากขึ้น และเม็ดเลือดแดงผลิต 2, 3 - bisphosphoglycerate (2, 3 - BPG) มากขึ้นจากการสลายกลูโคสจากกระบวนการ Glycolysis (ดูภาพประกอบที่ 9) ทำให้มีความสามารถจับแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้ลดลง ซึ่งโดยปกติค่านี้จะเป็นค่าคงที่เพื่อเป็นกลไกในการควบคุมปริมาณแก๊สออกซิเจน (O_2) (วรพรรณ ศิริวัฒน์อักษร et al., 2562) (ดูภาพประกอบที่ 10)



ภาพประกอบ 9 การสลายกลูโคส

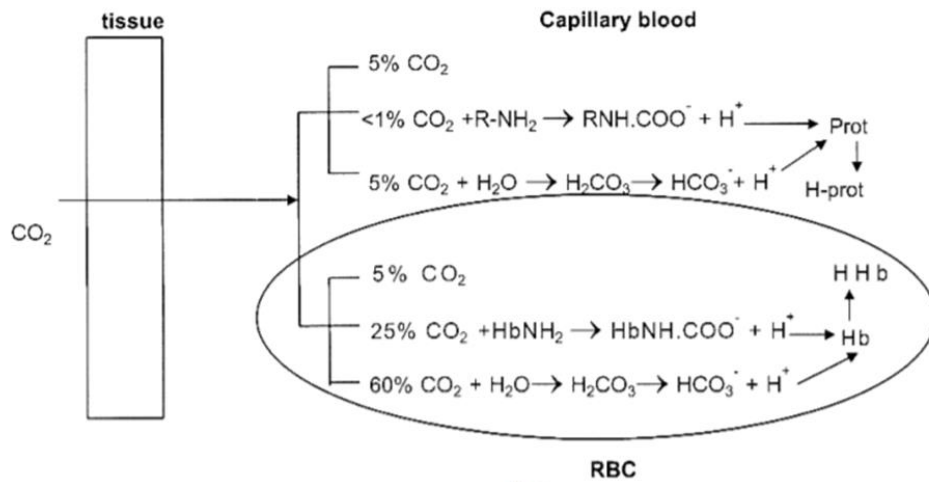
ที่มา (วรพรรณ ศิริวัฒน์อักษร et al., 2562)



ภาพประกอบ 10 ค่า pCO₂ pH 2,3 BPG ในเลือด

ที่มา (วรพวรรณ ศิริวัฒนอักษร et al., 2562)

การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) (ดูภาพประกอบที่ 11) จะเป็นการแพร่แรงดันย่อยจากเซลล์ในอวัยวะต่างๆของร่างกายเข้าสู่หลอดเลือดดำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีความสามารถในการละลายน้ำได้สูงกว่าแก๊สออกซิเจน (O₂) ประมาณยี่สิบเท่า โดยจะละลายอยู่ในน้ำของพลาสมาและเม็ดเลือดแดงประมาณร้อยละสิบในเลือดแดงจะมีค่า pCO₂ 40 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ละลายอยู่ 1.2 มิลลิโมล ต่อ พลาสมา 1 ลิตร ในเลือดดำจะมีค่า pCO₂ 46 มิลลิเมตรปรอท มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ละลายอยู่ 1.38 มิลลิโมล ต่อ พลาสมา 1 ลิตร แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะทำปฏิกิริยากับกลุ่มของสารประกอบโปรตีนซึ่งเรียกว่า Carbamino compound เกิดเป็นสารประกอบ HbCO₂ (Carbamino hemoglobin) จะเกิดในฮีโมโกลบิน (Hb) สามารถจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ได้ประมาณ 25 % ส่วนในน้ำพลาสมาจับได้ประมาณร้อยละหนึ่ง เรียกว่า Carbamino hemoglobin หลังจากที่ฮีโมโกลบิน (Hb) จับกับแก๊สออกซิเจน (O₂) ได้ HbO₂ (Oxyhemoglobin) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะหลุดจาก HbCO₂ ด้วยการเกิดกระบวนการ Haldane effect ซึ่งจะสัมพันธ์กับการหายใจเพื่อนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ออกจากร่างกาย และอีกร้อยละหกสิบห้า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะอยู่ในรูป HCO₃ (Bicarbonate) ซึ่งจะอยู่ในเม็ดเลือดแดงและน้ำพลาสมา (วรพวรรณ ศิริวัฒนอักษร et al., 2562)



ภาพประกอบ 11 การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์

ทีมา (วรพรรณ ศิริวัฒน์อักษร et al., 2562)

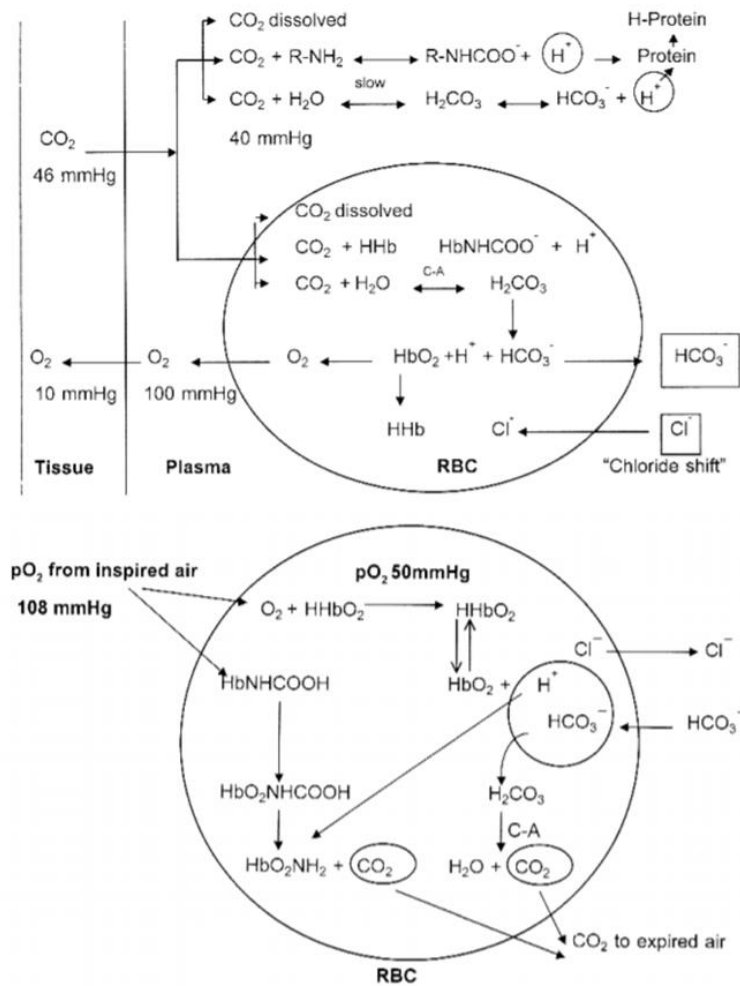
3.5. ปฏิกริยาเคมีในการหายใจ

เมื่อออกซิเจน (O_2) แพร่แรงดันย่อยเข้าสู่หลอดเลือด แก๊สออกซิเจน (O_2) จับกับฮีโมโกลบิน (Hb) เปลี่ยนเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (HbO_2) และรวมกับโปรตอนของไฮโดรเจน (H^+) ที่อยู่ในเม็ดเลือดแดงเปลี่ยนไปเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (HHbO_2) ซึ่งค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่ต่ำกว่าไฮโดรเจนฮีโมโกลบิน (HHb) จึงแตกตัวทำให้เกิด HbO_2^+ รวมกับ H^+ เมื่อในเม็ดเลือดแดงมีปริมาณโปรตอนของไฮโดรเจน H^+ มากขึ้น จึงเกิดของปฏิกริยา คือ

3.5.1. ปฏิกริยาการขับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกายโดย HCO_3^- จากพลาสมาเข้าสู่เม็ดเลือดแดงโดยมีการรวมกับโปรตอนของไฮโดรเจน H^+ ได้เป็น H_2CO_3 และดำเนินการแตกตัวเป็น น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะถูกขจัดออกจากร่างกายผ่านทางลมหายใจ

3.5.2. เกิด Bohr Effect และ Haldane Effect โดยเมื่อฮีโมโกลบิน (Hb) จับกับแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้เป็น HbO_2 ซึ่งจะทำให้มีโปรตอนของไฮโดรเจน H^+ เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ใน HbNHCOO อนุภาคของ Carbamino hemoglobin ถูกขจัดออกซึ่งเรียกปฏิกริยา Haldane Effect และหากฮีโมโกลบิน (Hb) รับแก๊สออกซิเจน (O_2), โปรตอนของไฮโดรเจน H^+ จากกรดชนิดอื่น ๆ มากยิ่งขึ้น จะส่งผลทำให้ HbO_2 ปลดปล่อยแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้สะดวกขึ้นซึ่งเรียกปฏิกริยา Bohr Effect

สุดท้ายปฏิกิริยาเคมีในการหายใจทำให้เกิดปฏิกิริยา Reverse Chloride Shift โดย HCO_3^- เข้าสู่เม็ดเลือดแดง Cl^- (Chlorine 2 ตัว) ที่อยู่ในเม็ดเลือดจะถูกซึมออกไปสู่พลาสมา สุดท้าย HCO_3^- ที่ซึมผ่านสู่เม็ดเลือดแดงจะเข้าจับกับโปรตอนของไฮโดรเจน H^+ พร้อมสลายตัวจากการเพิ่มขึ้นในปฏิกิริยาของ Carbonic Anhydrase ทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และร่างกายจะขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกไปผ่านการหายใจ (วรพรรณ ศิริวัฒน์อักษร et al., 2562) (ดูภาพประกอบที่ 12)



ภาพประกอบ 12 ปฏิกิริยาเคมีในการหายใจ

ที่มา (วรพรรณ ศิริวัฒน์อักษร et al., 2562)

3.6. การหายใจนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับเข้าร่างกายซ้ำ (Rebreathing CO₂)

การหายใจนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กลับเข้าสู่ร่างกายซ้ำใหม่อีกครั้ง เรียกว่า Rebreathing CO₂ เป็นภาวะที่มีการหายใจเข้านำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เป็นของเสียที่ร่างกายขับออกมาทางการหายใจออกกลับเข้าไปอีกครั้งหนึ่ง สามารถเกิดขึ้นจากการใส่หน้ากากอนามัย ซึ่งเป็นสิ่งขัดขวางทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไม่สามารถระบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลทำให้ร่างกายมีระดับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้สรีรวิทยาของร่างกายมีความคล้ายผู้ป่วยเป็นโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) และยังส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของค่าระดับความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบิน (saO₂) (Chandrasekaran & Fernandes, 2020) ทำให้มีโอกาสเข้าสู่ภาวะพร่องออกซิเจน (Hypoxia) และภาวะการคั่งของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด (Hypercapnia) (สุทัศน์ ชาญบุญ et al., 2557)

3.7. การวิเคราะห์แก๊สจากหลอดเลือดแดง

การวิเคราะห์แก๊สจากหลอดเลือดแดง หรือ Arterial Blood Gas Interpretation (ABG) คือ การตรวจความผิดปกติของ PaO₂, PaCO₂, HCO₃, pH, Base Excess, Hb Content, Hb O₂, O₂ Content และ HbCO (ดูภาพประกอบที่ 13) ด้วยการเจาะนำเลือดจากหลอดเลือดแดง (ดูภาพประกอบที่ 14) มาทำการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Blood Gas ซึ่งเป็นวิธี Invasive (วิภา รัชชพิชิตกุล, 2543) และจะไม่นิยมหาค่าจากหลอดเลือดดำและเส้นเลือดฝอย เนื่องจากผลที่ได้จะมีการผิดเพี้ยนได้สูงกว่าการวิเคราะห์เลือดจากหลอดเลือดแดง โดยมีผลการศึกษาพบว่า ค่าแก๊สที่ได้จากหลอดเลือดดำ (Venous Blood Gas หรือ VBG) ให้ผลที่แตกต่างกับค่าแก๊สที่ได้จากหลอดเลือดแดง (ABG) ซึ่งแม้ค่าระดับความเป็นกรด – ด่าง (pH) และระดับค่าไบคาร์บอเนต (HCO₃) จะสามารถนำผลมาเทียบเคียงกันได้ทางคลินิก (ในบางกรณี) แต่ระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (pCO₂) และค่าระดับแก๊สออกซิเจนในเลือด (pO₂) แสดงค่าที่ต่างกันมากจนไม่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบผลทางคลินิกได้ (Bloom et al., 2014; Byrne et al., 2014)

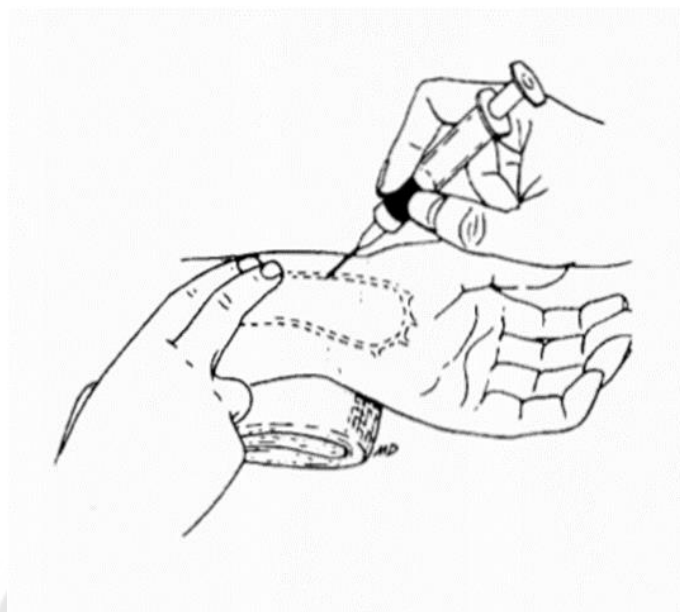
ตำแหน่งที่นิยมใช้ในการเจาะเลือดคือ Radial Artery เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่อยู่ตื้น ผู้ที่ถูกเจาะเลือดจะมีความเจ็บน้อยกว่าตำแหน่งอื่น และสามารถหยุดเลือดได้เร็ว สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จะใช้เข็มขนาดยี่สิบสี่ ยาวหนึ่งนิ้ว, Syringe แก้วขนาดสองมิลลิลิตร เคลือบสารกันการแข็งตัวของเลือด Heparin อุปกรณ์สำหรับฆ่าเชื้อและทำความสะอาด เมื่อเจาะแล้วต้องรีบนำส่งตรวจ

ภายในสิบนาที สำหรับในกรณีที่ได้สังเกตเห็นที่มีความเย็น 0 - 5 องศาเซลเซียส และต้องนำเลือดส่งตรวจภายในเวลาไม่เกินหนึ่งร้อยยี่สิบนาที (วิชา รักษาศัลยกรรม, 2543)

Variable	Absolute normal	Range
pH (unit)	7.40	7.35-7.45
PaCO ₂ (mmHg)	40.0	35-45
PaO ₂ (mmHg)	97.0	≥ 80
HCO ₃ ⁻ (meq/L)	24.0	22-28
Base excess (meq/L)	0.0	± 2
Hb content (g)	14.0	12-15
Hb O ₂ (%)	97.5	≥ 95
O ₂ content (vol %)	19.8	≥ 16
HbCO (%)	0.0	≤ 2.0

ภาพประกอบ 13 ระดับค่าปกติของ Arterial Blood Gas

ที่มา (วิชา รักษาศัลยกรรม, 2543)



ภาพประกอบ 14 ตำแหน่งในการเจาะหลอดเลือดแดง

ทีมา (วิภา รัชชัยพิชิตกุล, 2543)

3.8. การวิเคราะห์ผลจากค่าแก๊สในหลอดเลือดแดง Arterial Blood Gas

การวิเคราะห์จากสภาวะความเป็น กรด - ด่าง จะพิจารณาจากตัวแปรหลักสามตัว คือ pH PaCO₂ HCO₃ สามารถแยกออกได้เป็นสามกลุ่ม คือ Respiratory (การหายใจโดยใช้ปอด) วิเคราะห์ที่ค่า pH PaCO₂ เป็นหลัก และ Metabolic (กระบวนการทางชีวเคมี) วิเคราะห์ที่ค่า pH HCO₃ เป็นหลัก และสุดท้าย คือ Combined (Respiratory + Metabolic) (ดูภาพประกอบที่ 15) ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายจะมีความสามารถในการปรับจากการเกิดสภาวะความเป็น กรด-ด่าง ให้ค่า pH กลับมาเป็นปกติ ซึ่งก็คือกระบวนการ Compensation โดยหากร่างกายมีค่า pH ที่ไม่ปกติ โดยมีสาเหตุมาจากระบบ Respiratory ไตจะเข้ามามีบทบาทในการปรับสมดุลย์แต่จะเป็นไปอย่างช้าๆ > 24 ชั่วโมง ในทางกลับกัน หากสาเหตุมาจากระบบ Metabolic ปอดจะเข้ามาช่วยปรับสมดุลย์อย่างรวดเร็ว < 45 วินาที (สัมฤทธิ์ ลอนนวล, 2533) โดยค่าหลักๆที่สามารถแปรผลได้ชัดเจน คือ (วิโรจน์ ไหววนิชกิจ, 2542)

pH บอกถึงสภาวะความเป็น กรด - ด่าง ของเลือดโดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 7.35 - 7.45 ในกรณีที่มีค่าต่ำกว่า 7.35 จะเข้าสู่ภาวะ acidemia แต่หากมีค่าสูงกว่า 7.45 จะเข้าสู่ภาวะ alkalemia

PaO₂ ค่าความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินค่าปกติจะอยู่ระหว่าง 80 - 100 มิลลิเมตรปรอท หากมีค่าต่ำกว่านี้จะเข้าสู่ภาวะ Hypoxemia

PaCO₂ ค่าระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดหากต่ำกว่า 35 แสดงถึงภาวะ Hyperventilation ภาวะหายใจเร็วและลึกผิดปกติ และหากมีค่าสูงกว่า 45 แสดงถึงภาวะ Hypoventilation ภาวะการหายใจช้าและลดลงผิดปกติ

O₂ Content จะบ่งบอกในเรื่อง Tissue Oxygenation

Primary disorder	Primary abnormality	Compensatory response	Expected compensation
Metabolic acidosis	↓HCO ₃ ⁻ ↓pH	↓PaCO ₂	$\Delta\text{PaCO}_2 = 1.2 \times \Delta\text{HCO}_3^-$
Metabolic alkalosis	↑HCO ₃ ⁻ ↑pH	↑PaCO ₂	$\Delta\text{PaCO}_2 = 0.7 \times \Delta\text{HCO}_3^-$
Respiratory acidosis			
Acute	↑PaCO ₂ ↓pH	↑HCO ₃ ⁻	$\Delta\text{HCO}_3^- = 0.1 \times \Delta\text{PaCO}_2$
Chronic	↑PaCO ₂ ↓pH	↑↑HCO ₃ ⁻	$\Delta\text{HCO}_3^- = 0.35 \times \Delta\text{PaCO}_2$
Respiratory alkalosis			
Acute	↓PaCO ₂ ↑pH	↓HCO ₃ ⁻	$\Delta\text{HCO}_3^- = 0.2 \times \Delta\text{PaCO}_2$
Chronic	↓PaCO ₂ normal to ↑pH	↓↓HCO ₃ ⁻	$\Delta\text{HCO}_3^- = 0.5 \times \Delta\text{PaCO}_2$

ภาพประกอบ 15 การวิเคราะห์ค่า Arterial Blood Gas

ที่มา (วิภา รัชชพิชิตกุล, 2543)

4. สภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ

4.1. มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ คือ ภาวะที่อากาศมีสารเจือปนสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ได้มีการจัดทำเกณฑ์ไว้โดยมีการวัดค่าจากสารมลพิษหลักหกชนิด ได้แก่ (กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2563)

PM 10 คือ ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter) ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

PM 2.5 คือ ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter) ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน

O₃ คือ แก๊สโอโซน (Ozone)

NO₂ คือ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide)

SO₂ คือ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide)

CO คือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)

โดยมีการทำเป็นดัชนีวัดค่าคุณภาพอากาศซึ่งในประเทศไทยแบ่งไว้ที่ห้าระดับตามตัวเลขและแถบสี ดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 16)

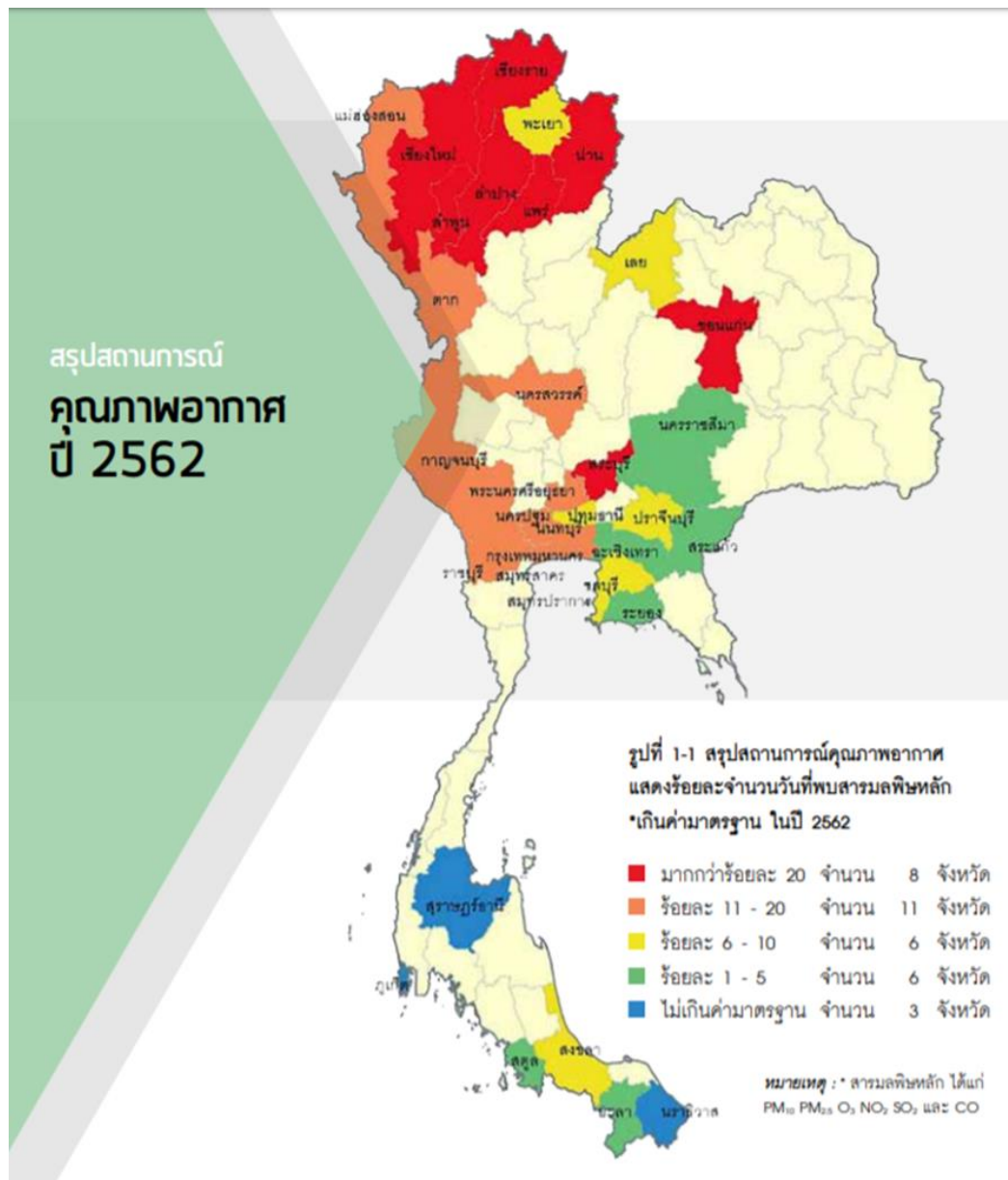
ความหมายของสี	0 - 25	26 - 50	51 - 100	101 - 200	201 ขึ้นไป
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	มีผลกระทบต่อสุขภาพ

AQI	ความหมาย	สีที่ใช่	คำอธิบาย
0 - 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 - 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ
51 - 100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ผู้ที่มีโรคและสุขภาพเป็นพิเศษ : หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง
101 - 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป : ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ผู้ที่มีโรคและสุขภาพเป็นพิเศษ : ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แสบหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูงหรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น หากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

ภาพประกอบ 16 ดัชนีวัดค่าคุณภาพอากาศ

ที่มา (กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2563)

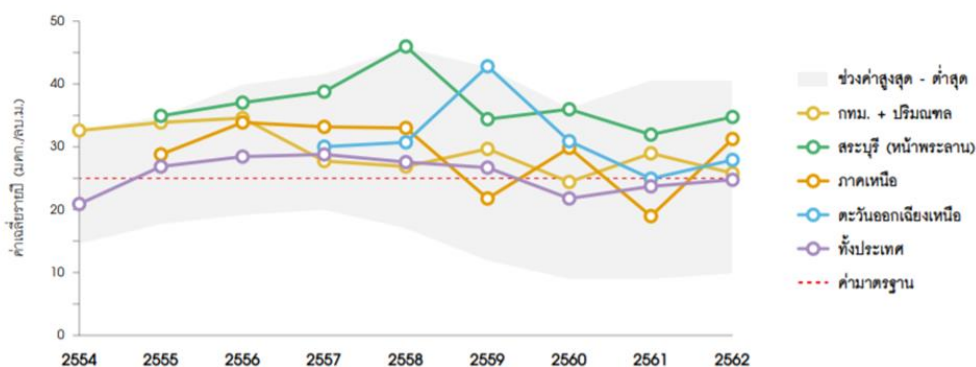
สำหรับสถานการณ์ที่ผ่านมาในประเทศไทย พบปัญหาหมอกพิษทางอากาศมีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 เฉลี่ยรายปีสูงเกินเกณฑ์ความปลอดภัยที่ได้มีการตั้งไว้ที่ไม่เกิน 25 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะ กรุงเทพมหานคร ภาคกลาง และภาคเหนือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) (ดูภาพประกอบที่ 17)



ภาพประกอบ 17 ค่าดัชนีคุณภาพอากาศในประเทศไทย

ทีมา (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

นอกจากจะสูงกว่าเกณฑ์ที่กรมควบคุมมลพิษตั้งไว้ (เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในกลุ่มประเทศ
ด้อยพัฒนาและประเทศกำลังพัฒนา) ยังสูงกว่าเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโรคประเทศไทย (World
Health Organization Thailand) ได้ให้คำแนะนำไว้ว่าควรควบคุมให้ระดับฝุ่นละอองขนาดเล็ก
PM 2.5 มีค่าเฉลี่ยทั้งปีไม่เกิน 10 ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร และใน 24 ชั่วโมงไม่เกิน 25
ไมโครกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร (ดูภาพประกอบที่ 18)

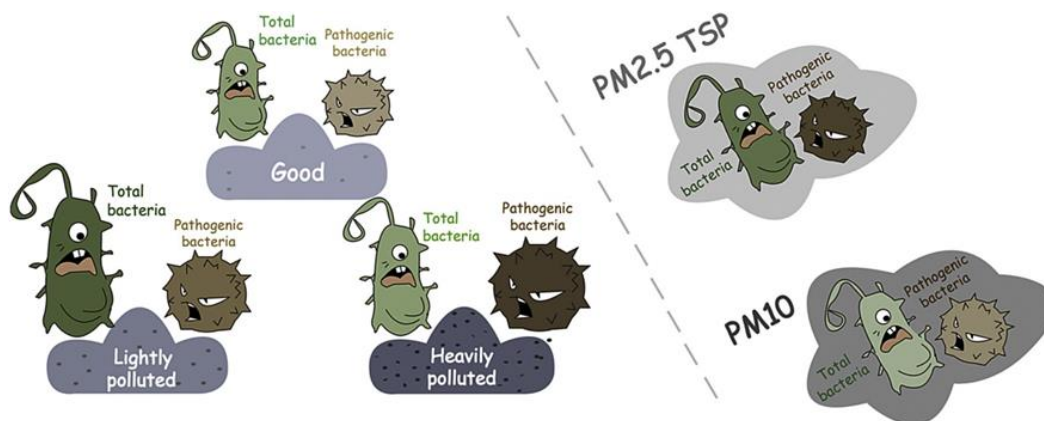


ภาพประกอบ 18 ค่าเฉลี่ยรายปีของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ในประเทศไทย

ที่มา (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 เป็นสารที่วัดที่สำคัญที่สามารถใช้ประเมินผลเสียต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นสารที่ทุกประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญในการควบคุม ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เมื่อสูดดมเข้าไปจะสามารถผ่านเข้าร่างกายไปถึงระดับถุงลมปอด หากสูดดมเข้าไปไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาสั้นหรือนาน จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจ หลอดลมอักเสบ หรือมีการสะสมทำให้เกิดผลกระทบที่รุนแรง เช่น โรคมะเร็ง กลุ่มโรคหลอดเลือดและหัวใจ เป็นต้น (World Health Organization Thailand, 2562)

นอกจากนั้นการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ยังส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic Bacteria) ในอากาศ (ดูภาพประกอบที่ 19) โดยที่ยังมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมากขึ้นเท่าไร จะยังพบจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคสูงมากขึ้นตามกัน ซึ่งแบคทีเรียเหล่านั้นจะเข้าไปจับตัวกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ทำให้คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 สูง มีความเสี่ยงมากกว่าปกติต่อการป่วยด้วยโรคติดต่อในระบบทางเดินหายใจจากแบคทีเรีย อาทิเช่น วัณโรค ปอดบวม เป็นต้น (Liu et al., 2018)



ภาพประกอบ 19 ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองในอากาศกับแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค

ที่มา (Liu et al., 2018)

4.2. การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด -19 (COVID -19)

ในช่วงปลายปี 2562 ที่ผ่านมาได้ตรวจพบการแพร่ระบาดของโคโรนาไวรัส (Coronavirus) ไม่ทราบชื่อสายพันธุ์ซึ่งเป็นสายพันธุ์ใหม่ โดยพบเหตุการณ์แพร่ระบาดครั้งแรกที่เมืองอู่ฮั่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน และได้แพร่ระบาดอย่างรวดเร็วไปในหลายประเทศ จนเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2563 มีการตรวจพบผู้ติดเชื้อรายแรกในประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ที่เดินทางมาจากเมืองอู่ฮั่น และเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2563 ทางองค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ได้มีการตั้งชื่อไวรัสสายพันธุ์นี้อย่างเป็นทางการว่า “Coronavirus Disease - 2019 หรือ COVID - 19” เป็นโรคที่เกิดขึ้นในสัตว์และมีการติดต่อจากสัตว์มาสู่มนุษย์ แล้วไวรัสได้มีการพัฒนาตัวเองทำให้สามารถติดต่อจากคนไปสู่มนุษย์ได้ทางสารคัดหลั่งต่าง ๆ โดยพบได้มากที่สุดที่สารคัดหลั่งจากระบบทางเดินหายใจ ซึ่งโรค COVID - 19 นี้เป็นโรคที่มีอัตราการเสียชีวิตระดับต่ำถึงปานกลาง (2 % - 5 %) โดยผู้ที่ติดเชื้อส่วนใหญ่อาจจะไม่แสดงอาการแต่สามารถเป็นพาหะแพร่เชื้อไปสู่ผู้อื่นได้ สำหรับผู้ที่แสดงอาการจะปรากฏมีไข้ อ่อนเพลียร่างกายสูงเกิน 37.5 องศาเซลเซียส ไอ หายใจลำบาก มีการรับรู้กลิ่นที่ลดลง และอาการรุนแรงที่พบได้คือ “ทำให้เกิดภาวะปอดอักเสบรุนแรงแบบเฉียบพลัน และระบบทางเดินหายใจล้มเหลว” ซึ่งนำไปสู่การล้มเหลวของอวัยวะหลายระบบจนนำไปสู่การเสียชีวิตในที่สุด (Wu et al., 2020)

กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศให้โรคโควิด - 19 เป็นโรคติดต่ออันตราย ตามพระราชบัญญัติโรคติดต่อ พ.ศ. 2558 ตั้งแต่วันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 (กระทรวงสาธารณสุข, 2563) และรัฐบาลไทยได้มีการออกพระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2548 เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2563 (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2563) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการ

ควบคุมสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19 ในประเทศไทยเริ่มมีการติดต่อจากคนสู่คนภายในประเทศ จากการที่มีผู้ติดเชื้อเข้าไปร่วมชมการชกมวยไทย และเข้าใช้สถานบันเทิงยามค่ำคืนในใจกลางกรุงเทพมหานคร โดยในหลายสถานที่ที่มีการตรวจพบการแพร่เชื้อจากคนไปสู่คนนั้น ล้วนเป็นสถานที่ที่มีการรวมตัวกันของกลุ่มคนจำนวนมาก ทำให้ง่ายต่อการเกิดการแพร่เชื้ออย่างรวดเร็ว เมื่อรัฐบาลไทยได้มีการประกาศใช้พระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ.2548 (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2563) ทำให้มีมาตรการทางสาธารณสุขที่เข้มงวด ประกาศปิดเมืองเพื่อควบคุมการแพร่ระบาดให้อยู่ในวงที่จำกัด และมีการออก “มาตรการใหม่ทางสังคม” หรือ New Normal อาทิเช่น ใส่หน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่อยู่นอกเคหะสถาน เว้นระยะห่างต่อบุคคลในสังคมอย่างน้อย 1.5 เมตร (Social Distancing หรือ Physical Distancing) การใช้แอลกอฮอล์เจลในการทำความสะอาดมือเพื่อฆ่าเชื้อไวรัสก่อนสัมผัสใบหน้า เป็นต้น ตลอดจนใช้มาตรการกักตัว (quarantine) ของผู้ที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทยเพื่อดูอาการในช่วงระยะฟักตัวของเชื้อไวรัสโควิด - 19 เป็นระยะเวลาสิบสี่วันในสถานที่ที่ทางรัฐบาลจัดไว้ ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพส่งผลให้สามารถควบคุมการแพร่ระบาดอยู่ในวงที่จำกัด ในเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2565 มีประชากรชาวไทยติดเชื้อโควิด - 19 ไปแล้วมากกว่า 2 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิตไปมากกว่า 8,000 คน (ศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน กรมควบคุมโรค, 2564) และผลที่คาดไม่ถึงจากมาตรการใหม่ทางสังคม หรือ New Normal นี้เอง ทำให้เกิดการ “ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเชื้อไวรัสให้หวัดใหญ่ประจำถิ่นในทุกสายพันธุ์” ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้น่าจะมาจากการเกิดขึ้นของมาตรการใหม่ทางสังคม โดยเฉพาะการใส่หน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันการติดเชื้อโควิด - 19 (Suntronwong et al., 2020)

ประเทศไทยกำลังจะประสบปัญหาใหญ่จากการที่แพทย์ได้มีการออกมายืนยันแล้วว่า “ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 ทำให้มีโอกาสเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด - 19” ตลอดจนทั้งทำให้ผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัสโควิด - 19 อยู่แล้วนั้น มีอาการรุนแรงมากยิ่งขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ, 2563) ซึ่งกล่าวได้ว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่อากาศมีมลพิษสูง ยิ่งมีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อกลุ่มโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจรวมทั้งเชื้อไวรัสโควิด - 19 ได้ง่ายกว่าผู้ที่อาศัยในบริเวณที่อากาศมีมลพิษต่ำ

4.3. การแพร่ระบาดของวัณโรค (TB)

วัณโรคเป็นโรคติดต่อที่เป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญของประเทศไทยและของโลก วัณโรคเกิดจากเชื้อ Mycobacterium Tuberculosis (TB) ได้ถูกพบรอยโรคครั้งแรกจากกระดูกของมัมมี่ในประเทศอียิปต์ที่มีอายุมากกว่าสองพันสี่ร้อยปี เชื้อวัณโรคมีการติดต่อจากคนสู่คนผ่านทาง

ละอองฝอยขนาดใหญ่ (Droplet) และละอองฝอยขนาดเล็กทางอากาศ (Airborne Transmission) มีขนาด 1 – 5 ไมครอน และเชื้อวัณโรคมีความสามารถในการทนกับสภาพแวดล้อมมากกว่าเชื้อชนิดอื่น ๆ ติดต่อกันจากคนสู่คนได้ง่ายโดยมีการติดเชื้อ (TB Infection) สูงถึงร้อยละสามสิบ (สำนักวัณโรค กรมควบคุมโรค, 2561) ซึ่งทำให้กลายเป็นปัญหาใหญ่ของโลก โดยทางองค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ได้ประกาศให้โรควัณโรคเป็นปัญหาฉุกเฉินของโลกในปี ค.ศ. 1993 หรือ พ.ศ. 2536 (Nakajima, 1993)

ประเทศไทยได้ถูกประกาศจากองค์การอนามัยโลกให้เป็นหนึ่งในสามสิบประเทศ ที่มีการแพร่ระบาดของระดับสูงของวัณโรค โดยมีการเพิ่มของผู้ติดเชื้อรายใหม่เกินกว่า 1.2 แสนคนต่อปี และพบผู้เสียชีวิตจากวัณโรคมากกว่า 1.1 หมื่นคนต่อปี วัณโรคสามารถเป็นได้ในทุกวัยของร่างกายแต่พบมากที่สุดถึงร้อยละแปดสิบ โดยอาการที่มักพบในผู้ป่วยวัณโรคคือ ไอนานเกินกว่าสองสัปดาห์ มีเสมหะปนเลือด น้ำหนักตัวลดลงเนื่องจากเบื่ออาหาร และมักมีไข้และเหงื่อออกในตอนบ่ายถึงกลางคืน ในประเทศไทยนอกจากมีผู้ติดเชื้อวัณโรครายใหม่ และมีผู้เสียชีวิตต่อปีเป็นจำนวนมากแล้วนั้น ยังมีปัญหาที่น่ากังวลร่วมเข้ามาอีก คือ ปัญหาวัณโรคดื้อยา และวัณโรคดื้อยารุนแรง ซึ่งได้สร้างความเสียหายต่อเศรษฐกิจ ชุมชน และสังคม อีกทั้งผู้ป่วยยังต้องใช้ความอดทนในการรักษาสูงมากเนื่องจาก จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการรักษานานกว่าหกเดือนขึ้นไป (Division of Tuberculosis, 2021) จนเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2561 กระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศให้ วัณโรคดื้อยารุนแรงเป็นโรคติดต่ออันตรายในลำดับที่ 13 (กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

4.4. การเว้นออกกำลังกายกับระยะห่างทางสังคม (Social Distance)

การศึกษาของคอรีโดวาและลาตาซา (2020) ได้ทำการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจที่มีต่อความเข้มข้นในการออกกำลังกาย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาในเรื่องของระบบการหายใจ โดยมุ่งเน้นไปที่การหายใจออกเป็นหลัก โดยวัดการไหลของอากาศและปริมาตรของปอดด้วยการใช้เครื่องวัด Spirometry ในผู้ที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิคซึ่งรวมถึง การวิ่ง และการปั่นจักรยาน

โดยผลวิจัยนี้พบว่าในขณะที่พักร่างกายจะมีอากาศเข้าถึงหลอดลม มีการหายใจลึกสองถึงสิบห้าครั้งต่อนาที เมื่อมีการออกกำลังกายร่างกายจะปรับให้มีการหายใจเพิ่มขึ้นเป็นสามสิบห้าถึงสี่สิบห้าครั้งต่อนาที และสามารถเพิ่มได้เป็นหกสิบถึงเจ็ดสิบครั้งต่อนาทีในผู้ที่ออกกำลังกายทั้งหมดนี้เป็นกลไกปกติของร่างกายที่ต้องการใช้ออกซิเจน (O_2) เป็นพลังงานและเร่งขับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกาย ซึ่งทั้งหมดนี้จะส่งผลโดยตรงกับการควบคุมการแพร่

ระบาดของเชื้อไวรัส COVID - 19 ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องควบคุมการไหลเวียนของอากาศไม่ให้เกินหนึ่งถึงสองลูกบาศก์เมตรต่อคน ในขณะที่เดียวกันงานวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่มีการศึกษาของการไหลเวียนของอากาศในแนวนานกับพื้นโลกมากนัก จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคทางวิศวกรรมศาสตร์ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการจำลองสถานการณ์ เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID - 19 จากการรวบรวมข้อมูลในหลายปีที่ผ่านมา ปริมาณการหายใจของผู้ที่ออกกำลังกาย จะเริ่มต้นรับปริมาณอากาศที่ยี่สิบถึงสามสิบลิตรต่อนาที และได้รับอากาศสูงสุดที่หนึ่งร้อยห้าสิบถึงสองร้อยลิตรต่อนาที เมื่อมีการรับปริมาณอากาศมากขึ้นก็มีการหายใจเอาอากาศออกมากขึ้นตามซึ่งจากการคำนวณนี้ ระยะห่างทางสังคม (Social Distance) ปกติคือหนึ่งเมตรครึ่งถึงสองเมตร (เป็นการยืนหายใจในสถานการณ์ปกติ) แต่เมื่อมีการออกกำลังกาย ระยะห่างทางสังคม ควรเพิ่มขึ้นอย่างน้อยสามเท่า (6 - 7 เมตร) และเมื่อคำนวณโดยรวมการกระจายตัวระดับอนุภาคเพิ่มจะได้ระยะห่างสูงสุดคือสิบเท่าของระยะห่างทางสังคมปกติ และอย่างต่ำที่สุดคือห้าเท่าหรือสิบเมตร ที่ควรมีระยะห่างทางสังคมในขณะที่ออกกำลังกาย (Córdova & Latasa, 2020)

การศึกษาของบล็อคเคนและคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางอากาศพลศาสตร์จากการเคลื่อนไหวในกิจกรรมทางร่างกายเช่น การเดิน การวิ่ง และการปั่นจักรยาน ที่มีต่อการกระจายของละอองสารคัดหลั่งจากร่างกาย เนื่องมาจากเหตุการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID - 19 ทำให้เกิดมาตรการใหม่ทางสังคมและการเว้นระยะห่างของบุคคลในสังคม (New normal และ Social distancing) ขึ้นทั่วโลกซึ่งก็คือ การเว้นระยะห่างของบุคคลในสังคม 1.5 เมตร (Social Distance) โดยงานวิจัยนี้ได้ทำแบบจำลองทางอากาศพลศาสตร์ในการกระจายของละอองสารคัดหลั่งขนาดใหญ่ (Droplet) และละอองของสารคัดหลั่งขนาดเล็ก (Aerosol) ระหว่างคนสองคน ได้ทำการจำลองการเคลื่อนไหวและการกระจายของสารคัดหลั่ง ทั้งละอองฝอยขนาดใหญ่และละอองฝอยขนาดเล็กในอุโมงค์ลม โดยผลจากการศึกษานี้ได้พบว่า การเว้นระยะห่างทางสังคม 1.5 เมตร นั้นไม่สามารถนำมาใช้อ้างอิงใน กลุ่มสังคม / บุคคล ที่มีการทำกิจกรรมทางกายที่มีความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้องได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้บุคคลที่อยู่ด้านหลังเพิ่มความเสี่ยงในการได้รับละอองสารคัดหลั่งต่าง ๆ จากคนที่อยู่ด้านหน้าได้ โดยการเดินที่มีความเร็วสี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง ละอองสารคัดหลั่งสามารถสามารถกระจายไปทางด้านหลังได้ไกลอย่างน้อยห้าเมตร และในการวิ่งที่มีความเร็วสิบสี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง ละอองสารคัดหลั่งสามารถกระจายไปทางด้านหลังได้ไกลไม่ต่ำกว่าสิบเมตร (Blocken et al., 2020)

5. หน้ากากอนามัย

จากทั้งปัญหามลภาวะทางอากาศ ปัญหาการแพร่ระบาดของโรคติดต่อในระบบทางเดินหายใจ ส่งผลให้ประชาชนเกิดความตระหนักในการดูแลป้องกันตนเองรวมทั้งมีความรับผิดชอบต่อสังคมมากยิ่งขึ้นซึ่งอุปกรณ์สำคัญที่ใช้นั้นก็คือ “หน้ากากอนามัย” (เกสรา แสนใจบาล, 2550)

หน้ากากอนามัย คือ อุปกรณ์ภายนอกที่มีลักษณะคล้ายหน้ากากครึ่งใบหน้า โดยจะปิดคลุมพื้นที่บริเวณ จมูก ปาก คาง และแก้มทั้ง 2 ข้าง โดยมีสายยางยึดแบบคล้องหู หรือ แบบคาดเพื่อผูกบริเวณด้านหลังศีรษะ ต้องไม่มีรูระบายอากาศ การตัดเย็บต้องซ้อนทับกันแน่นหนา ไม่ควรมีการเย็บบริเวณกึ่งกลางตัวหน้ากากอนามัย เพื่อป้องกันสารคัดหลั่งที่ละอองฝอยขนาดใหญ่ (Droplet) และละอองฝอยขนาดเล็ก (Aerosol) ตลอดจนอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กในอากาศ โดยในปัจจุบันหน้ากากอนามัยจะถูกแบ่งออกเป็นสี่ประเภทคือ

5.1. หน้ากากกรองอนุภาค

หน้ากากกรองระดับอนุภาค (Particulate respirators) เป็นหน้ากากที่ใช้สำหรับผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่มีความอันตรายสูงอาทิเช่น พื้นที่ที่ประสบปัญหาที่มีค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 สูง ป้องกันเจ้าหน้าที่แพทย์ที่ให้การรักษาและคัดกรองผู้ติดเชื้อไวรัสโควิด - 19 เป็นต้น หน้ากากกลุ่มนี้เป็นหน้ากากที่มีอนุภาคการกรองที่ขนาด 0.3 ไมครอน ระดับ 90 % ขึ้นไป สามารถกันละอองน้ำได้ เป็นแบบใช้ครั้งเดียวแล้วต้องทำลายทิ้ง ที่นิยมใช้ในทางการแพทย์คือ หน้ากาก N95 มีความสามารถในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน ที่ 95 % (ดูภาพประกอบที่ 20) ข้อดีของหน้ากากประเภทนี้คือ มีระดับการปกป้องที่สูงมาก สามารถป้องกันสารคัดหลั่งจากผู้ป่วยได้ทั้งละอองฝอยขนาดใหญ่ ละอองฝอยขนาดเล็ก และอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กในอากาศ มีความแนบสนิทกับผิวหนัง แต่ข้อเสียคือ มีราคาสูง และผู้ใช้หายใจลำบากเนื่องจากการที่มีความสามารถในการกรองอนุภาคได้สูง ก็ทำให้มีการไหลเวียนและการผ่านของอากาศที่ต่ำด้วย



ภาพประกอบ 20 หน้ากาก N 95

ที่มา (บริษัท 3เอ็ม (ประเทศไทย) จำกัด, 2563)

5.2. หน้ากากอนามัย

หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ (surgical mask หรือ Medical mask) เป็นหน้ากากอนามัยที่มีใช้ตามสถานพยาบาลต่าง ๆ และใช้สำหรับประชาชนทั่วไป (ดูภาพประกอบที่ 21) เน้นไปที่การป้องกันสารคัดหลั่งจากละอองฝอยขนาดใหญ่ (Droplet) สามารถกันละอองน้ำได้ระดับหนึ่ง เป็นแบบใช้ครั้งเดียวแล้วต้องทำลายทิ้ง ข้อดีคือ หายใจสะดวก ราคาไม่แพง หาซื้อได้ง่าย และเหมาะที่จะให้ผู้ป่วยใส่เพื่อกรองสารคัดหลั่งที่ออกมาจากระบบทางเดินหายใจของผู้ป่วย เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อได้ ข้อเสียคือ ไม่แนบสนิทกับใบหน้า “ไม่สามารถใช้ป้องกัน” ละอองฝอยขนาดเล็กจากสารคัดหลั่งของผู้ป่วย (Aerosol) อนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กในอากาศ และฝุ่นละอองขนาด PM 2.5 ได้ (วิลาวัณย์ พิเชียรเสถียร, 2020)



ภาพประกอบ 21 หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ (surgical mask หรือ Medical mask)

ทีมา (ไทยรัฐออนไลน์, 2563)

5.3. หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ

หน้ากาก Win - Mask (Washable Innovative Nano - Masks) นับได้ว่าเป็น หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำรุ่นแรกๆ ที่นำมาใช้ทางการแพทย์ ในสถานการณ์ที่เกิดการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งถูกพัฒนาต่อยอดจากการวิจัยพัฒนาหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำสำหรับป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 (ดูภาพประกอบที่ 22) นำโดยคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ศูนย์ความเป็นเลิศชีววิทยาศาสตร์ (TCELS) และการสนับสนุนร่วมมือจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีการสนับสนุนเงินทุนในการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ซึ่งผลที่ได้นั้น Win - Mask มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 และเชื้อไวรัสโควิด - 19 ได้ดีกว่าหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ทั่วไป (Surgical Mask หรือ Medical Mask) แต่ประสิทธิภาพยังดีกว่าหน้ากากกรองอนุภาค N 95 และที่สำคัญสามารถซักฆ่าเชื้อแล้วนำกลับมาใช้ซ้ำได้ถึงสามสิบครั้งโดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพ (Thailand Center of Excellence for Life Sciences (Public Organization), 2563)



 ประสิทธิภาพการกรองอนุภาคของหน้ากาก (Particle filtration efficiency)  ความสามารถในการป้องกันของเหลว (Fluid resistance)  ความกระชับของหน้ากากเมื่อสวมใส่ (FIT test)  การทดสอบการซึมผ่านของอากาศ (Permeability test)  สักใจได้โดยไม่สูญเสียคุณสมบัติ	หน้ากากผ้าในกั้นไรฝุ่น (WIN-Masks: Washable Innovative Nano-Masks) เพื่อป้องกัน COVID-19 ป้องกันละอองฝุ่นและของ PM 2.5 ได้ 65% * อยู่ในระหว่างการพัฒนาให้สามารถกรองอนุภาค PM 2.5 ได้ไม่ต่ำกว่า 80%	หน้ากากอนามัยทั่วไป (Surgical Mask) ป้องกันละอองฝุ่นและของ PM 2.5 ได้ 65%
	ใช้น้ำยาล้างในเครื่องซักผ้า	
	FIT efficiency ป้องกันอากาศจากภายนอกได้ 68%	FIT efficiency ป้องกันอากาศจากภายนอกได้ 62%
	หน้ากากในรุ่นนี้ใช้วัสดุมาตรฐาน ISO 9237 : 1995 (E) ได้ค่าเฉลี่ย 0.709 สูงกว่าค่าเฉลี่ยของ ค่ามาตรฐานของหน้ากาก (ค่า = 0 แปลว่าไม่สามารถกั้นฝุ่นได้ ค่า = 1 แปลว่าไม่สามารถกั้นฝุ่นได้มาก)	
	สักใจได้ 30 ครั้ง มีประสิทธิภาพการกรองต่ออนุภาค 0.3 ไมครอน ประมาณ 45% ละลายเป็นน้ำจากหน้ากากอนามัยแบบใช้แล้วทิ้ง (disposable)	สักใจได้ มีประสิทธิภาพการกรองต่ออนุภาค 0.3 ไมครอน ประมาณ 34%

ภาพประกอบ 22 คุณสมบัติหน้ากาก Win-Mask (Washable Innovative Nano-Masks)

ทีมา (Thailand Center of Excellence for Life Sciences (Public Organization), 2563)

ด้วยเหตุนี้ Win - Mask ถือได้ว่าเป็นต้นแบบในการผลิต “หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ” สำหรับป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด - 19, ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 และโรคติดต่อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนได้ทางอากาศ (Airborne Transmission Disease) ให้กับภาคเอกชนไทย ทำให้เกิดการแข่งขันในการพัฒนาทางด้านวิศวกรรมสิ่งทอ โดยในปัจจุบันสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ ได้ออกมาตรฐานฉลาดผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม “Smart Fabric หน้ากากผ้า” ให้กับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์ในการทดสอบ (ดูภาพประกอบที่ 23) (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2563)

หลักเกณฑ์การทดสอบ

รายการทดสอบ	เกณฑ์กำหนด	มาตรฐานการทดสอบ	ระยะเวลาทดสอบ
1. การทดสอบประสิทธิภาพการกรองฝุ่นขนาดเล็ก (PFE) ที่ขนาดไม่เกิน 0.3 ไมครอน	≥ 65%	ASTM F 2299	Sub-Contact (Taiwan) 2-3 เดือน หรืออาจมากกว่า (ไม่สามารถกำหนดวันรับผลได้)
2. การผ่านได้ของอากาศ (cm ³ /cm ² /s)	1 < X ≤ 50	125 Pa, 5 cm ²	5 วันทำการ
3. ความคงทนของสีต่อการซัก *	≥ 3	TIS 121 book 3 Method A (1)	
4. ปริมาณเชื้อโรค (mg/kg) *	≤ 30	EN ISO 14362	
5. ฟอรัมดีไฮด์ (mg/kg)	≤ 75	TIS 121 book 33	

หมายเหตุ

- การทดสอบประสิทธิภาพการกรองฝุ่นขนาดเล็กและการทดสอบการผ่านได้ของอากาศ ต้องจัดเตรียมผ้าชิ้นกันเพื่อให้เป็นไปตามลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์
- การทดสอบการสะท้อนน้ำและการต้านเชื้อแบคทีเรียสามารถเลือกทดสอบหรือไม่ทดสอบก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ประกอบการ
- (*) ยกเว้นผ้าขาว และผ้าไม่ย้อมสี
- (**) ทดสอบหลังการแช่น้ำ 10 รอบ

คุณสมบัติเพิ่มเติม (Optional) ถ้ามี

6. การสะท้อนน้ำ (rating) **	≥ ISO 3	ISO 4920	5 วันทำการ
7. การต้านแบคทีเรีย **	99.9 %	กรณีตัวอย่างดูดซึมน้ำได้ดี AATCC 100 กรณีตัวอย่างดูดซึมน้ำไม่ดี หรือลงสารสะท้อนน้ำ ASTM E 2149 or JIS Z2801	10 วันทำการ

ภาพประกอบ 23 มาตรฐานฉลากผลิตภัณฑ์เครื่องหมาย Smart Fabric หน้ากากผ้า

ที่มา (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2563)

ข้อมูล ณ วันที่ 4 ตุลาคม 2563 มีหน้ากากอนามัยผ้าแบบใช้ซ้ำที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์เครื่องหมาย “Smart Fabric หน้ากากผ้า” และออกวางจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไปแล้วทั้งสิ้นจำนวน 32 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ (ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2563)

1. บริษัท อินเนอซลี จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ MASKA
2. บริษัท เซ็พเอด จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ MEDMASK
3. บริษัท วาย.อาร์.ซี.เท็กซ์ไทล์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ PRO+FABRIC
4. บริษัท วาย.อาร์.ซี.เท็กซ์ไทล์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ PRO FABRIC
5. บริษัท พาลาดิน เวิร์ค แวร์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ หน้ากากผ้าซักได้ BLUE BEAR รุ่น 3D BAMBOO PERMA
6. บริษัท สิ่งทอชาติน จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ ICECUBE
7. บริษัท อจินไตย จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ HUSK CLOTH MASK
8. บริษัท อุตสาหกรรมไหมไทย จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ FACE MASK
9. บริษัท แอลฟา โปรเซสซิ่ง จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ MEECA TECHNO MASK 3D PLUS FILTER
10. บริษัท แอลฟา โปรเซสซิ่ง จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ MEECA TECHNO MASK 3D

11. บริษัท โอเรียนตอลการ์เมนท์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ EASY MASK
12. บริษัท โอเรียนตอลการ์เมนท์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ SMART MASK
13. บริษัท ดี พีลโล 999 (ประเทศไทย) จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ DMASK
14. บริษัท ยูนิฟอร์ม จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ HYBRID SPORT SMART MASK
15. บริษัท ยูเนียน ไทย กรุป จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ BW MASK
16. บริษัท นำรุ่ง เรย์อน จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ NRR NANO FABRIC
17. บริษัท เอที เอ็ม เอส จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ COTTON SILK 500T FABRIC

MASK

18. บริษัท อินโนเทค เท็กซ์ไทล์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ I-TEX FABRIC MASK
19. บริษัท ปັณณภัทร ดีเวลอปเมนท์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ P&D MASK
20. บริษัท จีอีพี สปินนิ่ง จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ FILAGEN COLLAGEN MASK
21. บริษัท ไฟล์ ลิฟวิ่ง จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ ALLERTEX PLUS
22. บริษัท มาซาฮิโร จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ HIRO SHIELD
23. บริษัท ที.สัน.เทรตมาร์ค จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ SMART FACE COVER
24. บริษัท กรีนแคร์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ GREEN CARE MASK
25. บริษัท โรงงานไทยแลนด์นิตติ้ง จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ MASK FABRIC
26. บริษัท มาเจสติค โปรดักท์ จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ M.1 MASK (V3WF

PREMIUM MASK)

27. บริษัท โอที อินเตอร์เทรด จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ Water Repellent Mask by

MAPLE

28. บริษัท สิ่งทอชาติิน จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ CAREZZA
29. บริษัท สิ่งทอชาติิน จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ INNOVA
30. บริษัท สกุล ไชย พรีเมียม แอนด์ แพค จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ PREMIUM

MASK

31. บริษัท อีโก้ แบ็ค จำกัด ชื่อผลิตภัณฑ์ ECO MASK
32. ห้างหุ้นส่วนจำกัด กิมง่วนจัน ชื่อผลิตภัณฑ์ KNC MASK

นอกจากนี้ยังมีบริษัท สุภาวรา จำกัด ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ จีคิว (GQ) ซึ่งเป็นผู้ประกอบการเอกชนในประเทศไทยรายแรกที่ได้พัฒนาหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ จนมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหน้ากากกรองอนุภาค รุ่น N95 ซึ่งได้แก่ หน้ากากอนามัย

ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX (ดูภาพประกอบที่ 24) โดยมีคุณสมบัติกรองอนุภาคขนาดเล็กขนาด 0.075 ไมครอน ได้ที่ 96% คุณสมบัติในการสะท้อนของเหลว (Liquid Repellent) แห้งเร็ว และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ถึง 30 ครั้ง โดยได้รับการทดสอบและรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์ จากสถาบันบิวโร เวิร์ทส เซอทิฟิเคชั่น (Bureau Veritas Certification) ซึ่งเป็นสถาบันที่ได้รับการยอมรับทั้งในประเทศไทยและในระดับนานาชาติ (Bureau Veritas Thailand Ltd., 2021)



ภาพประกอบ 24 หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX

ที่มา (บริษัท สุภारा จำกัด, 2021)

5.4. หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำสำหรับออกกำลังกายและเล่นกีฬา

แนวคิดเรื่องการออกแบบหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำสำหรับการออกกำลังกายและเล่นกีฬา ได้มีการศึกษากันอย่างจริงจังมาตลอดในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ทั้งเพื่อตอบสนองความต้องการใช้หน้ากากอนามัยของประชาชนทั่วไปในการป้องกันอันตรายจากฝุ่นละอองในอากาศ ป้องกันการติดเชื้อจากโรคติดเชื้อที่แพร่ระบาดผ่านทางอากาศ (แต่ยังไม่สามารถป้องกัน

โรคติดต่อที่สามารถติดต่อจากคนสู่คนผ่านทางอากาศ หรือ Airborne Transmission Disease ได้) และเพื่อลดปัญหาปริมาณขยะติดเชื้อของหน้ากากอนามัยแบบใช้ครั้งเดียว หลายบริษัทเอกชนชั้นนำทางการกีฬาและการออกกำลังกาย จึงได้เร่งคิดค้นหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ หรือออกกำลังกายและเล่นกีฬา โดยในประเทศไทยมีการจัดจำหน่ายอย่างเป็นทางการแล้วดังนี้

5.4.1. บริษัท อันเดอร์อาเมอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ถือได้ว่าเป็นบริษัทเอกชนรายแรกในประเทศไทย โดยผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายคือรุ่น UA SPORTSMASK โดยออกแบบเป็นหน้ากากอนามัยแบบรูปทรงสามมิติ มีความแนบสนิทกับใบหน้า ซ้อนทับกันทั้งหมด 3 ชั้น โดยชั้นนอกสุดจะเป็นเส้นใยแบบ Spacer Fabric ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเส้นใยที่มีการทอเป็น 3 ชั้น ในลักษณะสามมิติ ป้องกันการเกาะของน้ำและการซึมผ่านของของเหลวต่างๆ ตลอดจนจนถึงมีประสิทธิภาพในการกรองอากาศ ชั้นกลางเป็น Open Cell Foam ขึ้นรูปแบบสามมิติ เพื่อช่วยเรื่องการระบายอากาศและความชื้น ตลอดจนเพิ่มพื้นที่ภายในเพื่อการไหลเวียนของอากาศ ชั้นในสุดเป็นเส้นใยที่เคลือบสารป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยใช้เทคโนโลยี ISO CHILL ซึ่งมีประสิทธิภาพในเรื่องการระบายความชื้น และผสมเส้นใย PROTX 2 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อโรคทั้งแบคทีเรียและไวรัสโควิด - 19 สามารถซักและนำกลับมาใช้ได้ใหม่ได้ 30 ครั้งโดยยังคงประสิทธิภาพของเส้นใย PROTX 2 (Under Armour, 2020) (ดูภาพประกอบที่ 25)



ภาพประกอบ 25 UA SPORTSMASK

ที่มา (Under Armour, 2020)

5.4.2. บริษัท แอซิคส์ ประเทศไทย จำกัด โดยผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายคือรุ่น ASICS RUNNERS FACE COVER ได้รับการออกแบบมาจากสถาบันวิทยาศาสตร์การกีฬาของเอสิคส์ (ASICS Institute of Sport Science : ISS) โดยจากผลของการศึกษาวิจัยจาก ISS พบว่ากลุ่มผู้ที่วิ่งออกกำลังกายมากกว่าร้อยละห้าสิบ มีความรู้สึกปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เมื่อมีการสวมหน้ากากอนามัยในขณะที่วิ่งออกกำลังกาย ซึ่งหน้ากากได้ถูกออกแบบมาให้มีความโค้งรับกับใบหน้า และมีพื้นที่ภายในเพื่อเป็นพื้นที่ของการไหลเวียนอากาศ มี 3 ชั้น ชั้นนอกสุดผลิตจากผ้าแบบแห้งเร็ว ป้องกันการเกาะของละอองน้ำรวมถึงป้องกันการซึมผ่านของสารคัดหลั่งต่างๆจากภายนอก ชั้นในสุดเป็นผ้าที่มีผิวสัมผัสนุ่มป้องกันการเกิดอาการแพ้ทางผิวหนัง ส่วนคางจะเป็นช่องสำหรับระบายอากาศ และใช้วัสดุรีไซเคิลเป็นส่วนผสมร้อยละสามสิบเอ็ด สามารถซักและนำกลับมาใช้ได้ใหม่ (บริษัท แอซิคส์ ประเทศไทย จำกัด, 2563) (ดูภาพประกอบที่ 26)



ภาพประกอบ 26 ASICS RUNNERS FACE COVER

ที่มา (บริษัท แอซิคส์ ประเทศไทย จำกัด, 2563)

5.4.3. บริษัท อาติดาส ประเทศไทย จำกัด โดยผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายคือรุ่น FACE COVERS ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยป้องกันการแพร่กระจายของไวรัสและเชื้อโรคผ่านการส่งผ่านทางละอองของสารคัดหลั่งเป็นหลัก ทำจากผ้าที่นุ่มและระบายอากาศได้ดี สวมใส่สบาย ซักและนำกลับมาใช้ได้ โดยมีโครงสร้างรับกับโครงหน้าและสันจมูก ผลิตแบบผ้า 2 ชั้น เส้นใยที่ใช้ผลิตคือ 93 % Recycled polyester ผสมกับ 7 % elastane (บริษัท อาติดาส ประเทศไทย จำกัด, 2563) (ดูภาพประกอบที่ 27)



ภาพประกอบ 27 อาดิดาส FACE COVERS

ทีมา (บริษัท อาดิดาส ประเทศไทย จำกัด, 2563)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบัน (ปี 2563) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายถือว่าเป็นเรื่องใหม่ ๆ ซึ่งผู้วิจัยพบว่ามีเพียงงานวิจัยที่สามารถนำมาเทียบเคียงได้ก็คือ การศึกษาเกี่ยวกับผลจากการใส่หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ (Surgical Mask หรือ Medical Mask) และหน้ากากกรองอนุภาค (N 95, FFP2) ที่มีต่อการออกกำลังกาย และการศึกษาผลจากการใส่หน้ากากที่จำลองสภาวะการขาดออกซิเจน (Hypoxia) ที่ส่งผลต่อร่างกาย

ซอร์และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลกระทบแบบเฉียบพลันจากการสวมผ้าและหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการออกกำลังกายในบุคคลที่มีสุขภาพแข็งแรง ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 14 คน ออกแบบการศึกษาแบบไขว้ cross - over design โดยกลุ่มตัวอย่างจะทำการปั่นจักรยานวัดแรง cycle ergometry test 3 ครั้ง คือ ปั่นโดยไม่ใส่หน้ากาก, ปั่นโดยใส่หน้ากากอนามัยทางการแพทย์, ใส่หน้ากากผ้า โดยเริ่มทำการปั่นจักรยานอบอุ่นร่างกาย 5 นาที ระดับความต้านทานที่เลือกเอง โดยสวมหน้ากากตลอดเวลาทำการทดสอบ กำลังเริ่มต้นของ ergometer อยู่ระหว่าง 35 ถึง 100 W ขึ้นอยู่กับระดับความฟิตและเพิ่มขึ้น 35 W ทุก ๆ 2 นาที จนกระทั่งปั่นไม่ไหว โดยคงความเร็วที่ 70 – 75 รอบ ต่อ นาที

ผลการศึกษารูปได้ว่าการสวมหน้ากากทั้ง หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ และ หน้ากากผ้า ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อระดับความหนักที่แตกต่างกันในระดับความหนักปานกลาง และระดับความหนักสูง ซึ่ง

ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง (arterial oxygen saturation), ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเนื้อเยื่อ (tissue oxygenation index) และอัตราการเต้นของหัวใจ (Shaw, Butcher, Ko, Zello, & Chilibeck, 2020)

ปีฟาร์เอ้และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบแบบเฉียบพลันทางสรีรวิทยา จากการใส่หน้ากากอนามัยขณะออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการเกิดภาวะการขาดออกซิเจน (O_2) และการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยได้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 8 คน (เพศหญิง 2คน) มีอายุเฉลี่ย 48.9 ปี มีส่วนสูงเฉลี่ย 168 เซนติเมตร มีประวัติการเจ็บป่วย 5 คน จำแนกได้เป็น ความดันโลหิตสูง (1 ราย), จิตเวช (1 ราย), โควิด 19 ราย (หายแล้ว 1 ราย), สูบบุหรี่ (1 ราย), ฤกษ์ลมโป่งพอง (1 ราย) และ ไม่มีประวัติการเจ็บป่วย 4 ราย โดยใช้แบบทดสอบ Ruffier Test ด้วยการวิดพื้น 21 ครั้ง ทำในสภาวะแวดล้อมเปิด (สวนสาธารณะ) มีการควบคุมด้วยการวัดค่า SpO_2 , อัตราการเต้นของหัวใจ (HR), วัตต์ (W), O_2 และ CO_2 คำนวณเป็นกิโลกรัมต่อวินาที (Kp-m/s) และถูกแปลงเป็น W และ W/kg และค่าทั้งหมดได้จากการวัดโดยการใช้ Pulse Oximeter รุ่น FS20C TEMPI-TEC เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ MultiRae จาก Rae Systems® (เครื่องตรวจจับสารเคมีแบบพกพา) พร้อมการวิเคราะห์ O_2 , CO_2 , CO แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 คน ได้รับการคำนวณทางประสิทธิภาพได้ 82.81 ± 27.3 W (1.23 ± 0.37 W/kg) (6 - 8 METS) พบกลุ่มตัวอย่าง 2 ราย มีค่า CO_2 2% (20,000 ส่วนต่อล้านหรือ ppm) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดหลังจากใส่หน้ากากอนามัยทำการทดสอบวิดพื้น 21 ครั้ง พบว่า ความอิ่มตัวของออกซิเจนของฮีโมโกลบินลดลง 14 % และเพิ่มความคั่งของ CO_2 ในเลือด 3.7 % (Pifarré, Zabala, Grazioli, & de Yzaguirre i Maura, 2020)

พีเคนซาร์และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาผลแบบเฉียบพลันของการใส่หน้ากากอนามัย (Surgical Mask) และหน้ากากกรองอนุภาค (N 95) ในขณะออกกำลังกายที่มีต่อระบบปอดและหัวใจ ได้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีจำนวน 36 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน คือ 1. ไม่ใส่หน้ากากอะไรเลย 2. ใส่หน้ากากอนามัย (Surgical Mask) 3. ใส่หน้ากากกรองอนุภาค (N 95) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจะได้รับการตรวจร่างกาย และตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ Electrocardiogram (ECG) ก่อนการทดสอบ สำหรับวิธีที่ใช้ทดสอบ กลุ่มผู้วิจัยได้ใช้วิธี Incremental exertion test (IET) บนจักรยานไฟฟ้าที่ความเร็วคงที่ 60 – 70 รอบ/นาที โดยจะทำการเพิ่มน้ำหนัก 3 ครั้งต่อการทดสอบ 1 ครั้ง โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง และจะมีการปิดตากกลุ่มตัวอย่างเพื่อลดอคติจากการมองเห็น ในระหว่างการ

ทดสอบจะมีการสอบถามกลุ่มตัวอย่างในเรื่องการหายใจ ความรู้สึก และความผิดปกติต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ

ผลจากการศึกษาที่ได้คือ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก พบว่ากลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่ใส่หน้ากากอนามัย และหน้ากากกรองอนุภาค มีความจุปอด, การระบายอากาศ, การหายใจ และการตอบสนองต่อแลคเตทในเลือด ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลของอัตราการเต้นของหัวใจ และค่า Blood Gas ในทั้ง 3 กลุ่มไม่ต่างกันยกเว้นค่าของแลคเตทที่พบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ใส่หน้ากากอนามัย และกลุ่มที่ใส่หน้ากากกรองอนุภาค และสุดท้ายในกลุ่มตัวอย่างที่ใส่หน้ากากทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก พบว่ามีความไม่สบายในการหายใจ อึดอัด อย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มจนจบการทดสอบ (Fikenzer et al., 2020)

ลอเรนและคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจในผู้ที่ออกกำลังกายประเภทแอโรบิกภายใต้การจำกัดการใช้ออกซิเจนด้วยหน้ากาก โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครจำนวน 6 คน อายุระหว่าง 18 – 35 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ในกลุ่มควบคุมกลุ่มตัวอย่างจะได้สวมหน้ากากแบบหลอก (ออกซิเจนที่ระดับความสูงเท่ากับระดับน้ำทะเล) และในกลุ่มทดลองกลุ่มตัวอย่างสวมหน้ากาก Elevation Training Mask 2.0 จำลองให้มีออกซิเจนเบาบางที่ระดับความสูง 3,000 ฟุต เหนือระดับน้ำทะเล โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ออกกำลังกายด้วยเครื่องเดินแบบวงรี (Elliptical Machine) เดินระยะทาง 1 ไมล์ โดยทำ 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง (ครั้งที่ 2 – 9 ครั้ง) โดยครั้งที่ 1 และ 10 จะเป็นการทดสอบเพื่อประเมินก่อนและหลังการทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้ได้ผลสรุปออกมาว่า ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปร ทั้งอัตราการเต้นของหัวใจก่อนออกกำลังกาย, อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก รวมทั้ง ระยะเวลาที่เดินจนถึงระยะ 1 ไมล์ (Lauren et al., 2015)

บุราสซาและคณะ (2018) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Impact of Gas Masks on Work of Breathing, Breathing Patterns, and Gas Exchange in Healthy Subjects. ผลกระทบจากหน้ากากป้องกันแก๊สพิษทางการทหารที่มีต่อตัวชี้วัดในการหายใจ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว รวมทั้งไม่สูบบุหรี่ และดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 14 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบกลุ่มละ 10 นาที คือกลุ่มขณะพักแบบใส่หน้ากาก และไม่ใส่หน้ากาก และกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบใส่หน้ากากและไม่ใส่หน้ากาก โดยทุกกลุ่มจะสลับกันทดสอบในทุกแบบ โดยมีช่วงเวลาในการพักที่ 5 นาที (สำหรับกลุ่มที่พัก) และ 10 นาที (สำหรับ

กลุ่มที่วิ่ง) โดยกลุ่มที่ออกกำลังกายจะให้วิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าความเร็ว 3 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือ 4.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตั้งระดับความชันที่ 10 % โดยควบคุมการใช้พลังงานที่ 7.4 Mets สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมี Ventilation Floe Meters, สายสวนบัลลูนในการวัด Esophageal pressure, Pulse oximeter และ Arterial Blood Gases จากการเจาะเลือดจากเส้นเลือดแดงฝอยทันทีหลังจบการทดสอบ

ผลการศึกษาปรากฏถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงดันในหลอดอาหารในขณะสวมหน้ากากที่ 60 % และไม่สวมหน้ากาก 30 % และการพยายามหายใจที่แตกต่างกัน ระหว่างการพักแบบใส่หน้ากาก และไม่ใส่หน้ากาก เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบไม่ใส่หน้ากาก และใส่หน้ากาก ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของ Arterial Blood Gases (Bourassa et al., 2018)

คิมและคณะ (2013) ทำการศึกษาเรื่อง Pulmonary and heart rate responses to wearing N95 filtering facepiece respirators การตอบสนองของอัตราการหายใจและการทำงานของปอด ต่อการใส่หน้ากากกรองอนุภาค N 95 โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีสุขภาพดี ไม่สูบบุหรี่ จำนวน 20 คน (11 คนไม่เคยใส่หน้ากากกรองอนุภาค N 95 มาก่อน) กลุ่มตัวอย่างทุกคน จะได้รับการตรวจร่างกายจากแพทย์ และยืนยันว่าไม่มีการตั้งครรภ์ (ในเพศหญิง) กลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยการสุ่ม คือ กลุ่มใส่หน้ากาก และกลุ่มไม่ใส่หน้ากาก ในกลุ่มที่ใส่หน้ากาก มีการทดสอบความพอดีกับใบหน้าและทำการสูดดมในหน้ากากกรองอนุภาค 4 แบบ 1. หน้ากากกรองอนุภาค N95 แบบพับ 2. หน้ากากกรองอนุภาค N 95 แบบพับ และมีวาล์วระบายอากาศ 3. หน้ากากกรองอนุภาค N95 ทรงถ้วย 4. หน้ากากกรองอนุภาค N 95 ทรงถ้วยและมีวาล์วระบายอากาศ ทำการสอบดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มใส่ชุดออกกำลังกายกางเกงขาสั้น เดินด้วยความเร็ว 5.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระดับความชัน 0 องศา ระยะเวลา 60 นาที ณ อุณหภูมิห้องปกติ และติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ค่าความอิ่มตัวออกซิเจนในเม็ดเลือดแดง (SpO₂) และอัตราการเต้นของหัวใจ ผ่านทางผิวหนังโดยติดอุปกรณ์ที่ติ่งหูข้างซ้าย พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) โดยมีการบันทึกค่าที่ได้ทุก 10 นาที

ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่ใส่หน้ากากกรองอนุภาค N 95 กับกลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก พบว่ากลุ่มที่ใส่หน้ากากกรองอนุภาค N 95 มีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า 5.7 - 10.6 ครั้ง ต่อ นาที มีการหายใจมากกว่า 1.4 - 2.4 ครั้ง ต่อ นาที และพบค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สูงกว่า 1.7 - 3.0 มิลลิเมตรปรอท โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าความอิ่มตัวออกซิเจนของเม็ดเลือดแดง (Kim et al., 2013)

บาริเบียและคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาการปรับรับเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการใช้หน้ากากแบบจำกัดการไหลเวียนของอากาศ Elevation training mask® (2.0) ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน ทำการสุ่มเลือกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใส่หน้ากาก กับกลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก โดยมีการทำ Pilot Study (ตรวจสอบและปรับความเที่ยงของเครื่องมือ) ด้วยการพบกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 6 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการสร้างความคุ้นเคยกับกลุ่มตัวอย่าง และอธิบายวิธีการออกกำลังกาย ด้วยการใช้อุปกรณ์ Cycle ergometer ครั้ง 2 – 3 ให้ออกกำลังกายแบบต่อเนื่องเริ่มจากการออกกำลังกาย 60 % ของกำลังสูงสุด และเพิ่มความหนักขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับการใช้กำลังสูงสุด ครั้งที่ 4 จะให้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ใส่หน้ากากได้สร้างความคุ้นเคยกับอุปกรณ์ Airflow Restriction Mask (ARM) โดยจำลองการไหลเวียนของอากาศที่บนความสูง 15,000 ฟุต (4,572 เมตร) ครั้งที่ 5 และ 6 กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม จะทำการออกกำลังกายด้วยการใช้อุปกรณ์ Cycle ergometer เหมือนทุกครั้งแต่จะค่อยเพิ่มระดับความหนักไปจนถึงระดับการใช้กำลังสูงสุด ในวันที่ทำการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่แบ่งกลุ่มไว้ทั้ง 2 กลุ่ม จะออกกำลังกายต่อเนื่องนาน 20 นาที ด้วยเครื่อง Cycle ergometer โดยคงรอบการปั่นที่ 65 – 75 รอบ ต่อ นาที คงระดับความหนัก 60 % ของการใช้กำลังสูงสุด ในระหว่างการออกกำลังกายจะทำการใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Ventilation Gas Analyzer) และ มีการเจาะเลือด 0.125 มิลลิลิตร 10 นาที ก่อนทำการทดสอบ และหลังทำการทดสอบทันที เพื่อทำการวิเคราะห์ Blood Gas

การศึกษาทดสอบนี้ได้ผลสรุปว่า ผลจากการวิเคราะห์ Blood Gas พบความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

1. กลุ่มที่ใส่หน้ากาก (ARM) มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ลดลง (พบภาวะเป็นกรดมากขึ้น) เมื่อเทียบกับกลุ่มไม่ใส่หน้ากาก
2. กลุ่มที่ใส่หน้ากาก (ARM) มีค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในเลือดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มไม่ใส่หน้ากาก
3. กลุ่มที่ใส่หน้ากาก (ARM) มีค่าปริมาณฮีมาโตคริต HCT (Hematocrit) หรือปริมาณความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงในน้ำเลือดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มไม่ใส่หน้ากาก
4. ผลวิเคราะห์แก๊สจากการหายใจพบความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ

4.1. Oxygen Uptake / 1 min ในกลุ่มใส่หน้ากาก (ARM) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก

4.2. Partial pressure of end-tidal CO_2 / 1 min ในกลุ่มใส่หน้ากาก (ARM) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก

4.3. Partial pressure of end-tidal O_2 / 1 min ในกลุ่มใส่หน้ากาก (ARM) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก

4.4. Ventilation / 1 min ในกลุ่มใส่หน้ากาก (ARM) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก

4.5. Respiratory / 1 min ในกลุ่มใส่หน้ากาก (ARM) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก

ในส่วนของ Gas Analysis และ Ventilation นั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน จึงสรุปได้ว่าการใช้หน้ากาก (ARM) ไม่ส่งผลให้เกิดภาวะ Hypoxia สามารถที่จะนำมาใช้ฝึกกล้ามเนื้อในการหายใจให้แข็งแรง รวมทั้งแสดงถึงให้เห็นถึงผลกระทบในการควบคุมสมดุลกรด – ด่าง (pH) ของร่างกาย โดยกลไกของการใช้หน้ากากที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจหายใจ (Barbieri et al., 2020)

เซลเลอร์และคณะ (2016) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของหน้ากากจำลองสภาวะที่ออกซิเจนเบาบางเพื่อเพิ่มขีดความสามารถแบบแอนเอโรบิค (Anaerobic) และแอโรบิค (Aerobic) ในนักเรียนนายร้อย ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 17 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แบบเท่าเทียม คือ กลุ่มที่ใส่หน้ากากจำลองสภาวะออกซิเจนเบาบางที่ระดับความสูง 2,743.2 เมตร และกลุ่มไม่ใส่หน้ากาก โดยทำการศึกษเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ๆ ละ 4 วัน 1 วัน เป็นการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 1 วัน พร้อมวิ่งด้วยระยะทาง 3.2 – 8 กิโลเมตร 1 วัน ว่ายน้ำ 500 – 1,000 เมตร 1 วัน ปั่นจักรยานระยะทาง 5 – 10 กิโลเมตร พร้อมสะพานกระเป๋าน้ำหนัก 15.88 กิโลกรัม

ผลสรุปของการศึกษานี้คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ Fatigue Index, Anaerobic Capacity, Peak Power, VO_2MAX ทั้งก่อนทำการฝึกและหลังทำการฝึก รวมทั้งไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ใส่หน้ากากและกลุ่มที่ไม่ใส่หน้ากาก (Sellers et al., 2016)

6.2. กลไกของการใช้หน้ากากที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจ

อุปสรรคจากหน้ากากที่ส่งผลต่อระบบหายใจขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ

1. ปัจจัยภายนอก เป็นเรื่องของการเลือกใช้หน้ากากในการนำมาออกกำลังกายว่ามีความสามารถในการกรองอากาศได้มากน้อยแค่ไหน หากมีความสามารถในการกรองอากาศมากก็จะเป็นอุปสรรคต่อระบบการหายใจมาก หากมีความสามารถในการกรองอากาศได้น้อยก็จะเป็นอุปสรรคต่อระบบการหายใจน้อยลงเช่นกัน และอุณหภูมิ ความร้อน เป็นต้น

2. ปัจจัยภายใน เป็นเรื่องของสิ่งที่มีผู้ที่ออกกำลังกายสามารถควบคุมได้ เช่น ระยะเวลาในการออกกำลังกาย ระดับความหนักในการออกกำลังกาย เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อระบบการหายใจทั้งสิ้น

หน้ากากอนามัยจะส่งผลในการขัดขวางการนำแก๊สออกซิเจน (O_2) เข้าสู่ร่างกาย และขัดขวางการขับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกาย ทำให้เกิดภาวะ Rebreathing CO_2 กลไกการหายใจย้อนกลับของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่งผลทำให้มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในการหายใจเข้าสู่สูงมากยิ่งขึ้น เมื่อเกิดการแพร่ของแก๊สในบริเวณถุงลมย่อยภายในปอดทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ถูกแพร่กลับเข้าไปสู่เส้นเลือดทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีส่งผลทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะเข้าไปจับกับเฮโมโกลบิน Hb ทำให้เกิดเป็น Carbaminohemoglobin ($HbCO_2$) แล้วถูกแยกออก กลายเป็นไบคาร์บอเนต HCO_3 (Bicarbonate) และโปรตอนของไฮโดรเจน H^+ ส่งผลทำให้มีการจับกับออกซิเจน (O_2) ได้ลดลง เมื่อค่า $PaCO_2$ เพิ่มขึ้น ค่า HCO_3 เพิ่มขึ้น และมีค่า pH ลดลง ทำให้เกิดภาวะ Acute Respiratory Acidosis ทำให้เกิดภาวะอัตราการหายใจลดลง (hypoventilation) แต่ร่างกายยังคงพยายามรักษาสมดุลด้วยกระบวนการ Compensation โดยการสั่งงานจากสมองส่วนเมดูลาอ็อบลองกาตา (Medulla Oplongata) และพอนด์ (Pons) ซึ่งเป็นส่วนที่ควบคุมการหายใจแบบอัตโนมัติจะไปกระตุ้นสมองส่วนซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ (Cerebral Cortex) เพิ่มอัตราการหายใจให้ถี่ยิ่งขึ้นเพื่อเร่งขับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกาย ซึ่งผู้ที่ออกกำลังกายโดยใช้หน้ากากเกิดอาการหายใจถี่แบบผิดปกติ จึงจำเป็นต้องถอดหน้ากากออกเพื่อหยุดภาวะ Rebreathing CO_2

อีกหนึ่งกลไกที่สำคัญคือ Buffering System ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมสมดุล กรด - เบส ในร่างกาย ระบบ Buffer ที่ส่งผลมากที่สุดคือ (Protein Buffering System) จะทำหน้าที่รักษาสมดุล กรด - เบส ในเลือด และในเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย เนื่องจากองค์ประกอบในร่างกายมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก โดยในเม็ดเลือดแดง หรือ เฮโมโกลบิน (Hb) มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละสามสิบสาม และผนังเซลล์ต่างๆก็มีโปรตีนเป็นประกอบมากกว่าร้อยละห้าสิบ โดยเฮโมโกลบิน (Hb) นั้นมีบทบาทมากที่สุดในกระบวนการ Protein Buffering System โดย Hb จะมีความสามารถในการดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และโปรตรอนของไฮโดรเจน (H^+) ในเลือดส่งผลทำให้ควบคุมภาวะ กรด - เบส (pH) ในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ

ในกรณีที่ใช้หน้ากากเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง กลไกเบื้องต้นอาจจะไม่สามารถควบคุมสมดุล กรด - เบส ในเลือดได้ สมองจะส่งสัญญาณให้มีการเพิ่มขึ้นของฮีมาโตคริต haematocrit หรือ hematocrit (Hct หรือ HCT) ซึ่งก็คือปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงที่แยกส่วนจาก

น้ำพลาสมา โดยเมื่อร่างกายมีระดับออกซิเจนในเลือด (pO_2) ลดลง การลดลงของ pO_2 จะไปกระตุ้นให้ม้ามเร่งสร้าง Reticulocyte (เซลล์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อน) แบบจับปล้นเข้าสู่กระแสเลือดโดยตรงเพื่อเร่งกลไก Hemoglobin Buffering System และเพิ่มการจับกับออกซิเจน (O_2) แต่ต่อจากนั้นเมื่อยังไม่สามารถรักษาสมดุลของ กรด - เบส ได้อีก ระบบต่อมาสมองจะส่งคำสั่งให้ไตและตับ (ส่วนใหญ่จากไต) หลังฮอร์โมน Erythropoietin (EPO) ต่อจากนั้น EPO จะเข้าไปใน Myeloid stem cell หรือไขกระดูกแดง เพื่อกระตุ้นให้มีการสร้างเม็ดเลือดแดงจากเซลล์ต้นกำเนิด เซลล์เม็ดเลือดแดงที่เกิดขึ้นใหม่ในไขกระดูกแดงจะเข้าสู่กระบวนการ Cellular Differentiation (การเปลี่ยนสภาพของเซลล์) ซึ่งเป็นกระบวนการเจริญเติบโตของเม็ดเลือดแดงจนได้ Reticulocyte (เซลล์เม็ดเลือดแดงตัวอ่อน) ซึ่งจะเข้าสู่กระแสเลือด และจะพัฒนาเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงเต็มวัย ซึ่งจะมาช่วยเพิ่มการจับกับแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้มากขึ้น รวมถึง Buffer กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และโปรตรอนของไฮโดรเจน (H^+) ได้มากขึ้นด้วย เพื่อเป็นการควบคุมสมดุล กรด - เบส (pH) ในเลือดโดยระบบนี้จะใช้ระยะเวลามากกว่า 24 ชั่วโมงขึ้นไป แต่สุดท้ายหากร่างกายพยายามเร่งกระบวนการ Compensation แล้วแต่ยังไม่สามารถควบคุมสมดุล กรด - เบส ในเลือดได้ ร่างกายก็จะได้รับอันตรายที่เกิดขึ้นจากภาวะออกซิเจน (O_2) ในเลือดต่ำ (Hypoxia) และเกิดภาวะการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (hypercapnia)

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดกลุ่มประชากรและการเลือกข้อมูล

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย เป็นประชากรกลุ่มวัยทำงาน (25 – 40 ปี) เพศชาย และเพศหญิง จำนวน 5,400 คน จากกลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งออกกำลังกายสวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งเพื่อสุขภาพ กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนดี@สวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนกันปั่นไหนดี กลุ่มสังคมออนไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัย กลุ่มสังคมออนไลน์ UA Run Crew (Thailand) ที่วิ่งออกกำลังกายในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย เป็นกลุ่มวัยทำงาน เพศชาย และเพศหญิง อายุ 25 – 40 ปี จากกลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งออกกำลังกายสวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งเพื่อสุขภาพ กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนดี@สวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนกันปั่นไหนดี กลุ่มสังคมออนไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัย กลุ่มสังคมออนไลน์ UA Run Crew (Thailand) ที่วิ่งออกกำลังกายในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 15 คน มาจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G Power Version 3.1.9.4. (Faul, Erdfelder, Buchner, & Lang, 2009) โดยนำตัวแปรค่า pH จากงานวิจัย 2 งานวิจัย ได้แก่ การศึกษาของ บูราสซาและคณะ (2018) และ การศึกษาของ ฟิเคนเซอร์และคณะ (2020) (Bourassa et al., 2018; Fikenzer et al., 2020) นำมาแทนค่าในโปรแกรม G Power โดยเลือก Test Family เป็น T Tests เลือก Statistical Test เป็น Means : Difference between two independent means (two groups) เลือก Type of power analysis เป็น A priori เมื่อนำค่า Mean ของตัวแปร pH ของช่วงเวลาหลังการฝึก มาแทนค่าใน Determine ค่า Mean Group 1 = 7.42 (1) Mean Group 2 = 7.29 (2) SD Group 1 = 0.02 (1) SD Group 2 = 0.06 (2) เมื่อโปรแกรมคำนวณออกมาจะได้ค่า ขนาดของอิทธิพล (Effect Size) = 2.906888 ปิดช่อง Determine นำค่าขนาดของอิทธิพล (Effect Size) = 2.906888 ที่คำนวณได้จากช่อง Determine

มาแทนค่าในช่อง Effect Size d เลือกร Tail (s) เป็น Two ใส่ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ใส่ค่าระดับอำนาจการทดสอบที่ 0.80 ใส่ค่า Allocation ratio ที่ 1 แล้วกด Calculate จะได้ผลการคำนวณจากโปรแกรม ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 คน เพื่อป้องกันการขาดหายของกลุ่มตัวอย่าง และเพื่อให้มีความเหมาะสมทางสถิติกับจำนวนตัวแปรตาม จึงเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 15 คน และได้มาโดยการประกาศรับอาสาสมัครด้วยความสมัครใจ แล้วทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มแบบเท่าเทียมกัน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเข้าและคัดออกดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. เป็นบุคคลที่มีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว
2. สามารถร่วมการศึกษาวิจัยได้ครบ 6 สัปดาห์
3. ผ่านการทดสอบจากแบบประเมินจาก แบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย PAR-Q+ 2019 ฉบับภาษาไทย (ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล, 2562)
4. มีประวัติการออกกำลังกายด้วยการวิ่งมาไม่ต่ำกว่า 6 เดือน
5. ไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มแอลกอฮอล์
6. สำหรับเพศหญิงต้องไม่อยู่ในสภาวะตั้งครรภ์
7. มีอายุระหว่าง 25 – 40 ปี
8. มีระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (SpO₂) ด้วยการวัดปลายนิ้ว (Fingertip Pulse Oximeter) สูงกว่า 95%

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. ไม่สามารถเข้าร่วมการศึกษาวิจัยได้ครบ 6 สัปดาห์
2. ไม่สามารถดำเนินการตามข้อกำหนดในการศึกษาวิจัย
3. ไม่ผ่านการทดสอบจากแบบประเมินจาก แบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย PAR-Q+ 2019 ฉบับภาษาไทย (ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล, 2562)
4. เกิดความผิดปกติทางร่างกายช่วงระหว่างทำการศึกษาวิจัยในทุกกรณี อาทิเช่น มีอาการบาดเจ็บทางกล้ามเนื้อและข้อต่อ มีอาการหายใจช้ากว่าปกติ (12 ครั้งต่อนาที) ในระหว่างการใช้ชีวิตปกติประจำวัน เป็นต้น

การจัดผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้ากลุ่ม (Subject allocation)

1. ใช้วิธี Random allocation โดยเมื่อกลุ่มอาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและลงชื่อในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จะให้อาสาสมัครทั้ง 15 คน จัดเรียงลำดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂max) โดยเรียงจากมากมาน้อย แล้วทำการสุ่มลำดับ

1 และ 2 ต่อเนื่องจนถึงลำดับสุดท้าย หมายเลข 1 คือ วิ่งออกกำลังกายความหนักระดับปานกลางของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และ หมายเลข 2 คือ วิ่งออกกำลังกายความหนักระดับสูงของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2. ได้มาโดยการประกาศรับอาสาสมัครด้วยความสมัครใจ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

1.1. อุปกรณ์ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่งออกกำลังกาย และวัดค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ยี่ห้อ หัวเหว่ย (Huawei) รุ่น Huawei Band 4 ผลิตในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน พร้อมแอปพลิเคชันการวิ่งออกกำลังกาย Huawei Health Version 10.1.1.312

1.2. เครื่องวัดองค์ประกอบทางร่างกายแบบดิจิตอลยี่ห้อ OMRON รุ่น HBF - 224 ผลิตในประเทศญี่ปุ่น

1.3. เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Citizen รุ่น CH - 452 - AC ผลิตในประเทศญี่ปุ่น

1.4. แบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย PAR-Q+ 2019 ฉบับภาษาไทย

1.5. ห้องปฏิบัติการทางชั้นสูงสำหรับตรวจวิเคราะห์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สในหลอดเลือดแดงแบบอัตโนมัติ (Blood Gas Analyzer) ยี่ห้อ Radiometer รุ่น ABL Flex 80 Basic ผลิตในประเทศเดนมาร์ก โดยมีการตั้งค่าความเที่ยง, ตรวจวัดคุณภาพ และควบคุมการใช้งานเครื่อง โดย บริษัทเมดิคอล ซายน์ เซอร์วิส จำกัด

1.6. เครื่องวัดออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ (Pulse Oximeter) ยี่ห้อ จัมเปอร์ (JUMPER) รุ่น JPD - 500E ผลิตในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

1.7. เครื่องวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย, เครื่องวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ, เครื่องวิเคราะห์การหายใจ ยี่ห้อ COSMED รุ่น K5 ผลิตในประเทศสาธารณรัฐอิตาลี หรือ ยี่ห้อ CARDIOCOACH ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ มีคุณสมบัติเทียบเท่า หรือ มีคุณสมบัติสูงกว่า

1.8. โทรศัพท์มือถือพร้อมลงแอปพลิเคชันไลน์

1.9. แบบประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

- 1.10. แบบบันทึกข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง
- 1.11. แบบบันทึกผู้ทำการเก็บข้อมูล
- 1.12. แบบบันทึกอาการไม่พึงประสงค์ของกลุ่มตัวอย่าง
- 1.13. เอกสารชี้แจงกระบวนการวิจัยและข้อกำหนดในการศึกษาวิจัย
- 1.14. เอกสารยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัย
- 1.15. หน้ากากกรองอนุภาคมาตรฐาน N95 หรือ FFP2 หรือ P2 หรือ KN95 หรือ เทียบเท่า

1.16. ชุดสำหรับเจาะหลอดเลือดแดงโดยเฉพาะ ติดตั้งเข็มขนาด 22G และกระบอกบรรจุเลือดเคลือบสารลิเทียมเฮปาริน (lithium heparin) ขนาด 3 มิลลิตร ชนิดปราศเชื้อบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทป้องกันการปนเปื้อนแบบใช้งานครั้งเดียวทิ้ง ยี่ห้อ เบ็คตัน ดิกคินสัน รุ่น BD Preset™ with pre-attached needles 22G นำเข้าโดย บริษัทเบ็คตัน ดิกคินสัน (ประเทศไทย) จำกัด

1.17. น้ำยาฆ่าเชื้อพื้นผิวแบบแผ่น (Surface Disinfectant Wipes) สามารถฆ่าเชื้อโคโรนาไวรัส 2019 (COVID-19), HIV ภายใน 60 วินาที และฆ่าเชื้อวัณโรค (TB) ภายใน 3 นาที

1.18. โครงหน้ากากอนามัย (3D Mask Holder) สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1. ศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับสวมหน้ากากขณะออกกำลังกายที่มีต่อความเปลี่ยนแปลงของระดับแก๊สในเลือด (Blood Gas) และความเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา การหายใจ ศึกษาทบทวนรูปแบบวิธีการออกกำลังกายด้วยการวิ่ง ศึกษาทบทวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากการวิ่งออกกำลังกาย ศึกษาเหตุปัจจัยที่มีความจำเป็นต้องใช้หน้ากากอนามัยขณะวิ่งออกกำลังกาย ตลอดจนจนถึงการศึกษาทบทวนในเรื่องหน้ากากอนามัยประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทย

2.2. ดำเนินการเลือกหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำที่กำหนดเกณฑ์การคัดเลือก ดังนี้

- 2.2.1. เป็นหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำที่มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาดเล็กระดับ 0.1 ไมครอน ได้ไม่ต่ำกว่า 95 %
- 2.2.2. มีจำนวนของชั้นผ้าไม่ต่ำกว่า 2 ชั้น
- 2.2.3. มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย
- 2.2.4. กันละอองน้ำได้ และมีความสามารถต้านทานการเกาะของของเหลว

2.2.5. สามารถทำความสะอาดและนำกลับมาใช้ซ้ำได้ไม่ต่ำกว่า 15 ครั้งขึ้นไป โดยยังคงประสิทธิภาพในข้อ 2.2.1., 2.2.2., 2.2.3. และ 2.2.4.

2.2.6. หน้ากากปิดครอบคลุมบริเวณ จมูก แก้ม ปาก และคาง

2.2.7. ขอบทั้งหมดของหน้ากากสามารถแนบสนิทกับใบหน้าของกลุ่มตัวอย่าง

2.2.8. ไม่มีวาล์วระบายอากาศ

2.2.9. รูปทรงเป็นแบบ 3 มิติ และมีพื้นที่เหลือสำหรับใส่ Mask holder ป้องกันตัวหน้ากากแนบสนิทกับใบหน้า

ซึ่งจากการเลือกหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำที่มีการวางจำหน่ายในประเทศไทยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 1 ยี่ห้อ ได้แก่ หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX (บริษัท สุภารา จำกัด, 2021) ผลิตในประเทศไทย

2.3. ดำเนินการหาอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัย โดยเผยแพร่ประกาศหาอาสาสมัครจากกลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งออกกำลังกายสวนจตุจักร กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งเพื่อสุขภาพ กลุ่มสังคมออนไลน์วิ่งไหนดี@สวนจตุจักร, สังคมออนไลน์วิ่งไหนกันป่วนไหนดี กลุ่มสังคมออนไลน์ Happiest Healthy Club, กลุ่มสังคมออนไลน์ UA Run Crew (Thailand) ที่วิ่งออกกำลังกายในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 5,400 คน ซึ่งประกอบด้วยบุคคลวัยทำงาน อายุ 25 – 40 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิง รวมจำนวน 15 คน

2.4. ดำเนินการจัดผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้ากลุ่ม (Subject allocation)

2.4.1. ใช้วิธี Random allocation โดยเมื่อกลุ่มอาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและลงชื่อในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จะให้อาสาสมัครทั้ง 15 คน จัดเรียงลำดับความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2\max$) โดยเรียงจากมากมาน้อย แล้วทำการสุ่มลำดับ 1 และ 2 ต่อเนื่องจนถึงลำดับสุดท้าย หมายเลข 1 คือ วิ่งออกกำลังกายความหนักระดับปานกลางของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และ หมายเลข 2 คือ วิ่งออกกำลังกายความหนักระดับสูงของค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2.4.2. ได้มาโดยการประกาศรับอาสาสมัครด้วยความสมัครใจ

2.4. อธิบายกระบวนการศึกษาวิจัยและข้อกำหนดแบบละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาริวิจัยได้รับทราบ และตรวจสอบคุณสมบัติของผู้เข้าร่วมการวิจัยตามเกณฑ์การคัดเลือก ตลอดจนได้รับการยินยอมเข้าร่วมการศึกษาริวิจัยจากผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร

2.5. การเก็บตัวอย่างเลือด (ก่อนและหลังการศึกษาริวิจัย)

2.6. การดำเนินการศึกษาวิจัยมีดังนี้

2.6.1. อธิบายข้อกำหนดในการศึกษาวิจัยให้แก่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนซึ่งมีดังนี้

2.6.1.1. ข้อกำหนดทางด้านการส่งข้อมูลการออกกำลังกาย โดยส่งภาพการใส่หน้ากากก่อนและหลังการวิ่งออกกำลังกาย ส่งบันทึกข้อมูลการวิ่งออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจากแอปพลิเคชันของอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยส่งมายังไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัยทุกครั้งหลังการวิ่งออกกำลังกาย

2.6.1.2. ข้อกำหนดในการแถลงอาการความผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทุกกรณี ในระหว่างการศึกษาวิจัยอย่างเปิดเผยและเร่งด่วน โดยติดต่อตรงผ่านทางไลน์ส่วนตัว หรือโทรศัพท์มือถือหมายเลข 094-550-9946 ถึงผู้วิจัยทันทีตลอด 24 ชั่วโมง

2.6.2. ดำเนินการวัดและจัดเก็บข้อมูลของค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max), ค่าวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ, ค่าวิเคราะห์การหายใจ, ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ดำเนินการโดยผู้วิจัย ณ เอสพี ฟิตเนส แอทบางโพ กรุงเทพมหานคร มีรพพยาบาลที่มิกู้ชีพประจำพื้นที่ เข้าช่วยเหลือได้ทันทีในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินทางการแพทย์กับกลุ่มตัวอย่าง โดยจะทำการทดสอบแบบจำกัดจำนวน กลุ่มตัวอย่าง 1 ท่าน ต่อ 1 ช่วงเวลา (นัดหมายเวลาห่างกัน 60 นาที) โดยผู้วิจัย ใส่หน้ากากกรองอนุภาคมาตรฐาน N95, หมวกคลุมผม, ถุงมือแบบปราศจากเชื้อ, แว่นตา, เฟสซิลด์ และ ชุดกันละอองสารคัดหลั่ง (Isolation gown) ซึ่งทั้งหมดเป็นไปตามคำแนะนำแนวทางการใช้อุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อ โดย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับปรับปรุงวันที่ 25 เมษายน 2563) (กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2563) กลุ่มตัวอย่างที่มาถึงก่อนเวลานัดหมายจะนั่งพักคอยบริเวณส่วนพักคอยนอกห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่มีอากาศถ่ายเท มีการเว้นระยะห่างทางสังคมไม่ต่ำกว่า 2 เมตร มีการทำความสะอาดทั้งก่อนและหลังกลุ่มตัวอย่างใช้งานเช็ดด้วยแอลกอฮอล์แบบน้ำความเข้มข้นร้อยละ 70 - 75 โดยปริมาตร โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องสวมหน้ากากอนามัยมาตรฐาน N95 ตลอดเวลาที่อยู่ในพื้นที่ ยกเว้นช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลซึ่งจะทำการทดสอบทั้งสิ้น 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1 เวลา 9.00 น. ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง ก่อนผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยาและเก็บตัวอย่างเลือดครั้งที่ 1

ครั้งที่ 2 เวลา 9.00 น. มากกว่า 24 ชั่วโมง หลังจากทำการศึกษาวิจัยครบ 6 สัปดาห์

โดยกระบวนการเมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยมาถึง จะทำการนั่งพักอย่างน้อย 10 นาที และจิบน้ำเปล่าไม่เกิน 250 มิลลิลิตร ทำการยืดเหยียดร่างกายแบบเคลื่อนไหวเป็นเวลา 5 นาที แล้วทำการสวมหน้ากากวิเคราะห์แก๊ส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แบบพกพา ยี่ห้อ COSMED รุ่น K5 หรือ ยี่ห้อ CARDIOCOACH แล้วทำการวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ยี่ห้อ h/p/cosmos รุ่น stratos med หรือ ลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการเก็บข้อมูลที่เทียบเท่า โดยตั้งระดับความชันที่ 1 % โดยทำการวิ่งอบอุ่นร่างกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงเริ่มเข้าสู่การทดสอบโดยวิ่งแบบต่อเนื่อง โดยคงความเร็วสุดท้ายจากการอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มความเร็ว 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งผู้เข้าทดสอบวิ่งไม่ไหว ต้องปรับลดความเร็วลงมา ให้ผู้ทดสอบทำการเดินเพื่อ쿨ดาวน์ 5 นาที จากนั้นให้ผู้ทดสอบพัก 5 นาที แล้วทำการยืดเหยียดแบบหยุดนิ่งเป็นเวลา 5 นาที ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม COSMED หรือ CARDIOCOACH และทำการบันทึกผลการทดสอบ

2.6.3. ดำเนินการวัดและจัดเก็บข้อมูลทางสรีรวิทยา (ก่อนและหลังการศึกษาวิจัย)

2.6.2.1. วัดความดันโลหิต ด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Citizen รุ่น CH - 452- AC ผลิตในประเทศญี่ปุ่น ทำการวัดความดันโลหิตแก่ผู้เข้าร่วมการศึกษาวิจัยในท่านั่ง วางแขนข้างขวาบนโต๊ะ ปล่อยตัวตามสบาย หลังจากการนั่งพักอย่างน้อย 15 นาที

2.6.2.2. วัดส่วนสูง โดยผู้เข้ารับการศึกษาวิจัยยืนตรง หันหน้าออกจากผนังที่ติดระดับความสูง ไม่เงยหน้า หลังไม่แอ่น

2.6.2.3. ชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าดัชนีมวลกาย ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืนตัวตรง โดยปราศจากรองเท้าและถุงเท้า บนเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกายแบบดิจิตอลยี่ห้อ OMRON รุ่น HBF - 224 ผลิตในประเทศญี่ปุ่น

2.6.2.4. การเก็บตัวอย่างเลือด ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดที่ห้องปฏิบัติการสนาม โรงยิมพลศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร) จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยมีการทำความสะอาดห้อง ทั้งโต๊ะ เก้าอี้ และ อุปกรณ์ทุกชนิดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อพื้นผิวแบบแผ่น (Disinfectant Wipes) สำหรับวัสดุสำหรับเก็บตัวอย่างเลือดทั้งหมดและถุงมือจะใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ภายในห้องมีการจัดการอากาศให้เป็นห้องแรงดันบวก โดยเปิดแอร์ พัดลมกรองอากาศ และเปิดกระจก โดยกำหนดจุดที่ทีมแพทย์และเจ้าหน้าที่ประจำอยู่จะอยู่

ทิศทางเหนือลม โดยทีมแพทย์และพยาบาล สังกัดสำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร ใส่หน้ากากกรองอนุภาคระดับ N95, หมวกคลุมผม, ถุงมือแบบปราศจากเชื้อ, แว่นตา, เฟสชีลด์ และ ชุดกันละอองสารคัดหลั่ง (Isolation gown) ซึ่งทั้งหมดเป็นไปตามคำแนะนำแนวทางการใช้อุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อ โดย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับปรับปรุงวันที่ 25 เมษายน 2563) (กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2563) โดยแพทย์จะเป็นผู้ทำหัตถการเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดแดงตำแหน่ง Radial Artery ของข้อมือซ้าย / ขวา (ข้างที่ไม่ถนัด) หรือในกรณีที่ไม่สามารถเก็บที่ตำแหน่ง Radial Artery จะเปลี่ยนไปที่ตำแหน่ง brachial Artery ของแขนข้างซ้าย / ขวา (ข้างที่ไม่ถนัด) ของผู้เข้าร่วมการศึกษาวินิจฉัยทุกคน โดยแพทย์จะทำการคลำหาชีพจรและทำการทดสอบด้วยวิธีการที่เรียกว่า Allen's test เพื่อตรวจสอบว่าหลอดเลือดปกติ หลังจากพบตำแหน่งของหลอดเลือดแดงแล้ว แพทย์ทำการฆ่าเชื้อโรคบนผิวหนังด้วยแอลกอฮอล์ 70 % หลังจากนั้นจะใช้ชุดเจาะแก๊สในเลือดแดง ยี่ห้อ เบ็คตัน ดิกคินสัน รุ่น BD Preset™ with pre-attached needles 22G ประกอบด้วยเข็มขนาด 22G (Needle) และกระบอกบรรจุเลือด (Syringe) ขนาด 3 มิลลิลิตร เคลือบสารกันเลือดแข็งตัว Lithium Heparin เก็บตัวอย่างเลือด โดยจะเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร เพื่อตรวจระดับแก๊สในเลือด และระดับค่าฮีมาโตคริต ในเลือดแดง (ภาควิชาเวชศาสตร์ชั้นสูง, 2563) หลังจากเก็บตัวอย่างเลือดส่วนเข็มจะถูกถอดทิ้งลงในกล่องสำหรับเก็บเข็มที่ใช้แล้วเพื่อป้องกันการทิ่มตำ แพทย์จะผสมเลือดกับสารกันการแข็งตัวของเลือด Heparin ทันทีด้วยการหมุนกระบอกบรรจุเลือดแบบแก้ว (Syringe) เป็นวงกลม (rotate) และพลิกขึ้นลงเบาๆ (inversion mixing) และนำเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์แก๊สในหลอดเลือดแดงแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Radiometer รุ่น ABL Flex 80 Basic ทันที โดยก่อนการเก็บตัวอย่างเลือดทุกครั้ง ผู้เข้าร่วมวิจัยงดอาหารและเครื่องดื่มทุกประเภทอย่างน้อยเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ยกเว้นการจิบน้ำเปล่าแก้กระหาย และนอนหลับอย่างน้อย 8 ชั่วโมง โดยจะดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือด 2 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างจะเข้ามารับการเก็บตัวอย่างเลือดทีละคน ส่วนที่เหลือจะนั่งพักคอยบริเวณส่วนพักคอยนอกห้องปฏิบัติการสนาม ที่มีอากาศถ่ายเท มีการเว้นระยะห่างทางสังคมไม่ต่ำกว่า 2 เมตร มีการทำความสะอาดทั้งก่อนและหลังกลุ่มตัวอย่างใช้งานด้วยเช็ดด้วยแอลกอฮอล์แบบน้ำความเข้มข้นร้อยละ 70 - 75 โดยปริมาตร สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเสร็จแล้ว จะออกมานั่งพักคอยอยู่อีกบริเวณโดยมีทีมกู้ชีพและพยาบาลดูแลอย่างใกล้ชิด และเมื่อสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างเลือด แพทย์จะเป็นผู้ประเมินอาสาสมัครทุกคนอีกครั้งว่าเลือดหยุดไหลและอาสาสมัครมีความปลอดภัย โดยอาสาสมัครทุกคนจะต้องใส่หน้ากากกรองอนุภาค N95 ตลอดระยะเวลาที่อยู่ในพื้นที่ สำหรับตัวอย่างเลือดที่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์แล้ว, กล่องเก็บเข็มใช้แล้ว,

ชุด และอุปกรณ์ที่ผ่านการใช้งานทั้งหมด จะถูกทิ้งลงในถุงขยะติดเชื้อ (ถุงสีแดง) และนำส่งที่มรภพยาบาลกู้ชีพนำไปทิ้งยังถังขยะติดเชื้อในโรงพยาบาล โดยจะดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือด 2 ครั้ง

ครั้งที่หนึ่ง เวลา 9.00 น. ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง หลังจากการเก็บข้อมูลค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max), ค่าวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ, ค่าวิเคราะห์การหายใจ, ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ครั้งที่ 1

ครั้งที่สอง เวลา 9.00 น. ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บข้อมูลค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max), ค่าวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ, ค่าวิเคราะห์การหายใจ, ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ครั้งที่ 2

2.6.2.5. การวิเคราะห์เลือดดำเนินการ ณ ห้องปฏิบัติการสนาม คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร โดยนักเทคนิคการแพทย์ สำนักอนามัยจังหวัดกรุงเทพมหานคร ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สในหลอดเลือดแดงแบบอัตโนมัติ (Blood Gas Analyzer) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สในหลอดเลือดแดงแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Radiometer รุ่น ABL Flex 80 Basic

2.6.4. วัดความเที่ยงของอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบพกพา ยี่ห้อ หัวเว่ย รุ่น HUAWEI Band 4 จะดำเนินการปรับตั้งค่าความเที่ยงมาจากโรงงานผู้ผลิต

2.6.3. แบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นสองกลุ่ม กลุ่มละ 7 คน และ 8 คน ตามลำดับ ด้วยวิธีการสุ่มแบบเท่าเทียมกัน โดยใช้วิธี Random allocation โดยเมื่อกลุ่มอาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและลงชื่อในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จะให้อาสาสมัครทั้ง 15 คน จัดเรียงลำดับตามความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) โดยเรียงจากมากมาน้อย แล้วทำการสุ่มลำดับ 1 และ 2 ต่อเนื่องจนถึงลำดับสุดท้าย โดยจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.6.3.1. กลุ่มที่ 1 จำนวน 7 คน ใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX วิ่งออกกำลังกายด้วยความหนักระดับปานกลาง (Moderate) ของอัตราการหายใจสูงสุด (MAX_{HR}) (American College of Sport Medicine, 2018) โดยอาสาสมัครจะทราบโดยดูเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบพกพาที่บริเวณข้อมือ ซึ่งอาสาสมัครจะใส่ไว้ตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุดการวิ่งออกกำลังกายในแต่ละครั้ง กลุ่มตัวอย่างดำเนินการส่งข้อมูลการออกกำลังกาย โดยส่งภาพการใส่หน้ากากก่อนและหลังการวิ่งออกกำลังกาย ส่งบันทึกข้อมูลการวิ่งออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจากแอปพลิเคชันของอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยส่งมายังไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัยทุกครั้งหลังการวิ่งออกกำลังกาย (Home Base Exercises)

2.6.3.2. กลุ่มที่ 2 จำนวน 8 คน ใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX วิ่งออกกำลังด้วยความหนักระดับสูง (Vigorous) ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MAX_{HR}) (American College of Sport Medicine, 2018) โดยอาสาสมัครจะทราบโดยดูเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบพกพาที่บริเวณข้อมือ ซึ่งอาสาสมัครจะใส่ไว้ตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุดการวิ่งออกกำลังภายในแต่ละครั้ง กลุ่มตัวอย่างดำเนินการส่งข้อมูลการออกกำลังกาย โดยส่งภาพการใส่หน้ากากก่อนและหลังการวิ่งออกกำลังกาย ส่งบันทึกข้อมูลการวิ่งออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจากแอปพลิเคชันของอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยส่งมายังไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัย ทุกครั้งหลังการวิ่งออกกำลังกาย (Home Base Exercises)

2.6.4. ดำเนินการศึกษาวิจัย โดยจะพบผู้ร่วมการศึกษาวิจัยรวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง และส่งข้อมูลแบบออนไลน์ 31 ครั้ง (Home Base Exercises)

ครั้งที่ 1 จะเป็นการอธิบายขั้นตอนของการศึกษาวิจัย วิธีการเก็บตัวอย่างเลือด วิธีการใช้และทำความสะอาดหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX โดยผู้เข้าร่วมการศึกษาวิจัยต้องทำความสะอาดหน้ากากอนามัยทุกครั้งหลังการวิ่งออกกำลังกาย ด้วยวิธีการล้างหน้ากากอนามัยด้วยน้ำสบู่ แล้วล้างผ่านน้ำสะอาด เป็นจำนวน 2 ครั้ง โดยห้ามทำการขยี้หรือซักหน้ากากอนามัย แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง วิธีการวอร์มอัพ วิธีการยืดเหยียด และวิธีการวิ่งเบื้องต้น ตลอดจนตอบข้อซักถามผ่านวิดีโอคอลในแอปพลิเคชันไลน์

ครั้งที่ 2 เก็บข้อมูลอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2max), วิเคราะห์ค่าแก๊สจากลมหายใจ, วิเคราะห์ค่าการหายใจ, ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ครั้งที่ 1 เวลา 9.00 น. ณ เอสพีฟิตเนส แอท บางโพ กรุงเทพมหานคร

ครั้งที่ 3 เก็บข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาครั้งที่ 1 และตัวอย่างเลือดครั้งที่ 1 เวลา 9.00 น. ณ ห้องปฏิบัติการสนาม โรงยิมพลศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร) จังหวัดกรุงเทพมหานคร ห่างจากการนัดพบครั้งที่ 2 ไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง

ครั้งที่ 4 ถึง 33 จะเป็นการสวมหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX วิ่งออกกำลังกาย ทำการส่งข้อมูลแบบออนไลน์กลับมาที่ผู้วิจัย (Home Base Exercises) โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 7 คน ใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX วิ่งออกกำลังด้วยความหนักระดับปานกลาง (Moderate) โดยควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ระหว่าง 64 % – 76 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (American College of Sport Medicine, 2018) ควบคุมโดยอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่งออกกำลังกายและวัดค่า

ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ยี่ห้อ หัวเหว่ย (Huawei) รุ่น Huawei Band 4 โดยใช้อ้างอิงค่าอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจจากการวัดครั้งที่ 1 ริงออกกำลังกายสัปดาห์ละ 5 วัน ๆ ละ 30 นาที โดยใช้เวลาอบอุ่นร่างกายโดยใช้การยืดเหยียดแบบมีการเคลื่อนไหวก่อนเริ่มการวิ่ง และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งหลังการวิ่ง อย่างละ 10 นาที รวมใช้เวลา 50 นาทีต่อวัน โดยกลุ่มตัวอย่างส่งภาพการใส่หน้ากากก่อนและหลังการวิ่งออกกำลังกายบันทึกภาพหน้าจอในส่วน อัตราการเต้นของหัวใจ และ ระยะเวลาการวิ่งออกกำลังกาย จาก แอปพลิเคชัน Huawei Health มายังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้วิจัย (Home Base Exercises) โดยผู้เข้าร่วมการศึกษาวินิจฉัยจะใส่หน้ากากตลอดเวลา รวมเวลาที่ใส่หน้ากาก 50 นาทีต่อครั้ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (Sellers et al., 2016) กลุ่มตัวอย่างได้รับน้ำเพิ่ม 750 มิลลิลิตร ในทุกวันที่มีการวิ่งออกกำลังกาย โดยกลุ่มตัวอย่างสามารถจิบน้ำได้ 2 ช่วง คือก่อนการอบอุ่นร่างกายและหลังการยืดเหยียดร่างกาย โดยผู้เข้าร่วมการศึกษาวินิจฉัยจะได้รับการแจกหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ ยี่ห้อ Welcare สำหรับใส่เปลี่ยนทุกครั้งหลังการออกกำลังกาย แล้วทำส่งบันทึกข้อมูลการวิ่งออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ จากแอปพลิเคชันของอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยส่งมายังไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัยทุกครั้งหลังการวิ่งออกกำลังกาย

กลุ่มที่ 2 ใส่หน้ากากแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX ริงออกกำลังกายด้วยความหนักระดับสูง (Vigorous) โดยควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ระหว่าง 77 % - 95 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (American College of Sport Medicine, 2018) ควบคุมโดยอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะวิ่งออกกำลังกายและวัดค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ยี่ห้อ หัวเหว่ย (Huawei) รุ่น Huawei Band 4 โดยใช้อ้างอิงค่าอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจจากการวัดครั้งที่ 1 ริงออกกำลังกายสัปดาห์ละ 5 วัน ๆ ละ 30 นาที โดยใช้เวลาอบอุ่นร่างกายโดยใช้การยืดเหยียดแบบมีการเคลื่อนไหวก่อนเริ่มการวิ่ง และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบหยุดนิ่งหลังการวิ่ง อย่างละ 10 นาที รวมใช้เวลา 50 นาทีต่อวัน โดยกลุ่มตัวอย่างส่งภาพการใส่หน้ากากก่อนและหลังการวิ่งออกกำลังกายบันทึกภาพหน้าจอในส่วน อัตราการเต้นของหัวใจ และ ระยะเวลาการวิ่งออกกำลังกาย จาก แอปพลิเคชัน Huawei Health มายังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้วิจัย (Home Base Exercises) โดยผู้เข้าร่วมการศึกษาวินิจฉัยจะใส่หน้ากากตลอดเวลา รวมเวลาที่ใส่หน้ากาก 50 นาทีต่อครั้ง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (Sellers et al., 2016) กลุ่มตัวอย่างได้รับน้ำเพิ่ม 750 มิลลิลิตร ในทุกวันที่มีการวิ่งออกกำลังกาย โดยกลุ่มตัวอย่างสามารถจิบน้ำได้ 2 ช่วง คือก่อนการอบอุ่นร่างกายและหลังการยืดเหยียดร่างกาย โดยผู้เข้าร่วมการศึกษาวินิจฉัยจะได้รับการแจกหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ ยี่ห้อ Welcare สำหรับใส่เปลี่ยนทุกครั้งหลังการออกกำลังกาย

กาย แล้วทำส่งบันทึกข้อมูลการวิ่งออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจากแอปพลิเคชันของอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยส่งมายังไลน์ส่วนตัวของผู้วิจัยทุกครั้งหลังการวิ่งออกกำลังกาย

ครั้งที่ 34 เก็บข้อมูลทางด้านสรีรวิทยาครั้งที่ 2 และเก็บตัวอย่างเลือดครั้งที่ 2 เวลา 9.00 น. 24 ชั่วโมงภายหลังการพบครั้งที่ 34 ณ ห้องปฏิบัติการสนาม โรงยิมพลศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร) จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ครั้งที่ 35 เก็บข้อมูลอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ($VO_2\max$), วิเคราะห์ค่าแก๊สจากลมหายใจ, วิเคราะห์ค่าการหายใจ, ค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ครั้งที่ 2 เวลา 9.00 น. 24 ชั่วโมง ภายหลังจากจบการศึกษาวิจัย 6 สัปดาห์ ณ เอสพี ฟิตเนส แอทบางโพ กรุงเทพมหานคร พร้อมทั้งทำแบบประเมินความพึงพอใจในการเข้าร่วมการศึกษาร่วมกัน

2.6.5. กำหนดสถานที่สำหรับวิ่งออกกำลังกายคือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

2.6.6. ผู้เข้าร่วมการศึกษาร่วมกันทั้งสองกลุ่มจะต้องสวมหน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX (บริษัท สุภาวรา จำกัด, 2021) ในทุกครั้งที่วิ่งออกกำลังกายตลอดช่วงเวลาของการศึกษาร่วมกัน และผู้เข้าร่วมการศึกษาร่วมกันจะได้รับการแจก Surgical Mask ยี่ห้อ Welcare สำหรับใส่เปลี่ยนทุกครั้งหลังการออกกำลังกาย

2.6.7. ทุกครั้งที่มีการพบกลุ่มอาสาสมัคร จะมีทีมพยาบาลวิชาชีพปฏิบัติการ และเครื่องมือในการปฐมพยาบาลและพร้อมปฏิบัติการในเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้นกับกลุ่มอาสาสมัคร

2.6.8. ดำเนินการประเมินผลความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการศึกษาร่วมกัน โดยให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาร่วมกันทำแบบประเมินความพึงพอใจหลังทำการทดสอบในการนัดพบครั้งที่ 35

2.6.9. ดำเนินการเปรียบเทียบผลจากการบันทึกข้อมูลทั้ง 2 ครั้ง ทางด้านสรีรวิทยา, อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ($VO_2\max$), ค่าวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ, ค่าวิเคราะห์การหายใจ, ค่าอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ, ค่าวิเคราะห์ผลแก๊สในเลือดแดง (Blood Gas : pH, PaO_2 , $PaCO_2$, HCO_3) และค่าระดับฮีมาโตคริต (HCT) ด้วยการคำนวณทางสถิติในโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS (IBM Corporation, 2019)

3. กระบวนการควบคุมการฝึกของกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ดำเนินการช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID – 19) ซึ่งอยู่ภายใต้พระราชบัญญัติบริหารราชการภายใต้สถานการณ์ฉุกเฉิน (สำนัก

นายกรัฐมนตรี, 2563) ผู้วิจัยจึงเห็นควรลดจำนวนครั้งในการพบอาสาสมัคร จึงปรับรูปแบบการดำเนินการเก็บข้อมูลหลักในลักษณะให้อาสาสมัครรับผิดชอบตนเอง (Home Base Exercises) มีการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Huawei Health โดยให้อาสาสมัครเปิดแอปพลิเคชันตั้งแต่เริ่มกระบวนการออกกำลังกายจนเสร็จสิ้นการออกกำลังกาย แล้วให้อาสาสมัครบันทึกผลการออกกำลังกายในทุกวันที่มีการออกกำลังกาย แล้วดำเนินการส่งผลรวมของการออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจ และภาพถ่ายหน้าของอาสาสมัคร (Selfie) ขณะใส่หน้ากาก (ที่ใช้ในการวิจัย) โดยส่งมายังผู้วิจัยผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line) ในทุกครั้งที่มีการออกกำลังกาย รวมถึงผู้วิจัยจะดำเนินการติดตามและสอบถามหากอาสาสมัครไม่ส่งข้อมูลมายังผู้วิจัยตามที่ได้นัดหมายไว้ โดยผู้วิจัยจะจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดไว้ในคอมพิวเตอร์เป็นระยะเวลา 5 ปี

3. การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกมาดำเนินการตามกระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Version 26 (IBM Corporation, 2019) ดังนี้

1. วิเคราะห์ความเป็นโค้งปกติของข้อมูล (Test of Normality) ของกลุ่มตัวอย่างด้วยการใช้สถิติ Skewness อ้างอิงตาม The rule of thumb โดยมีค่าอยู่ในช่วง ± 1.96
2. วิเคราะห์ความแปรปรวนของชุดข้อมูลด้วยสถิติ Box's Test of Equality of Covariance Matrices
3. ดำเนินการวิเคราะห์ความเท่ากันระหว่างกลุ่มข้อมูลทั้ง 2 ในช่วงเวลาก่อนการฝึก และหลังการฝึก ด้วยสถิติ Independence Sample T-test
4. หาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาทั่วไป, อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_2MAX) ค่าวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ ค่าวิเคราะห์การหายใจ ค่าอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ค่าแก๊สในเลือดแดง (Blood Gas) และค่าระดับฮีมาโตคริต (HCT) ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ใน 2 ช่วงเวลา คือ ก่อนและหลังการทดลอง
5. วิเคราะห์ผลของการวิ่งที่ความหนักต่างกัน (ปานกลาง - สูง) และผลของเวลาการฝึก (ก่อน - หลัง) ที่มีต่อตัวแปรตามต่าง ๆ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 way Multivariate Analysis of Covariance : MANOVA) หากพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม และ / หรือ เวลาการฝึก จะแยกทดสอบแต่ละตัวแปรเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน

(Independent Samples T-Test) และ / หรือ ด้วยการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Samples T-Test) ด้วยวิธี Hotelling's T^2

5. กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. จริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์

การศึกษาในครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยในมนุษย์ตามหลักจริยธรรมสากล ตามข้อบังคับข้อกำหนด รวมถึงปฏิบัติตามกฎหมายทั้งภายในประเทศ และระหว่างประเทศ โดยอยู่ภายใต้กรอบปฏิญญาเฮลซิงกิ (Declaration of Helsinki) ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC/E/G-116/2564 อนุมัติให้ดำเนินการวิจัยในมนุษย์ ตามเอกสารเลขที่ อว 8718/ เมื่อวันที่ 19 มีนาคม 2564 ต่อมาได้มีการปรับกระบวนการวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยคณะกรรมการจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้พิจารณาอนุมัติ เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2564 ในวาระการประชุมครั้งที่ 12/2564 และดำเนินการรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยเพื่อขอต่ออายุการรับรองการดำเนินการวิจัยในมนุษย์ โดยคณะกรรมการจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้พิจารณารับรอง เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2565 ในวาระการประชุมครั้งที่ 2/2565 และผ่านการลงทะเบียนรับรองงานวิจัยแบบทดลองทางคลินิก (Thai Clinical Trials Registry: TCTR) เลขที่ TCTR20220816001 จาก Thai Clinical Trials Registry Administrative.

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจากข้อมูลที่ได้มีการเก็บมา (Collecting data) ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป IBM SPSS Statistic Version 26.0.0.0 32 Bit-Edition (IBM Corporation, 2019) โดยทำการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

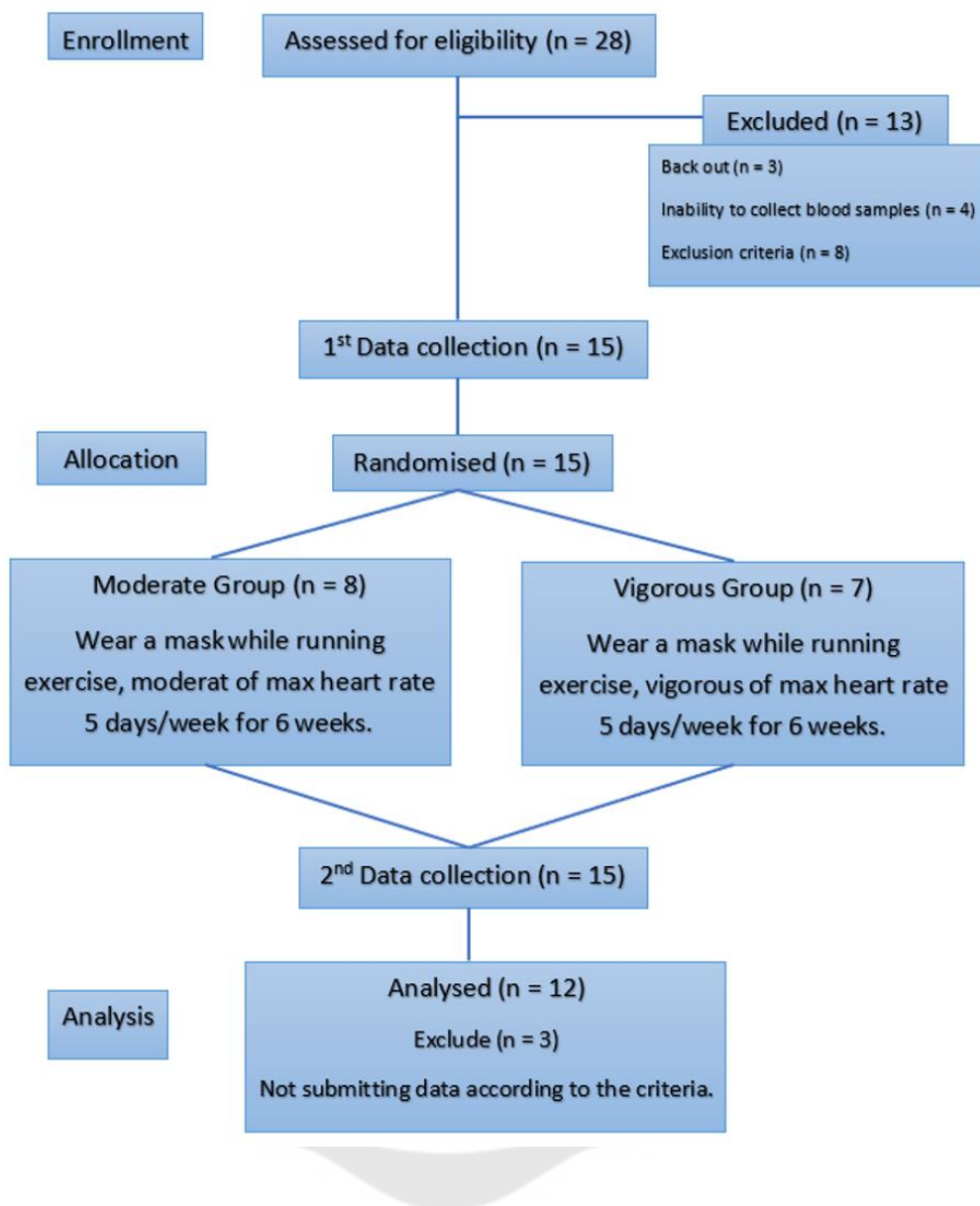
1. ในแต่ละกลุ่มมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) เท่ากัน
2. ค่าของตัวแปรตาม (Dependent Variable) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent)
3. ค่าความแปรปรวน - แปรปรวนร่วมของตัวแปรตาม (Dependent Variable) ในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Homogeneity of variance-covariance matrices) ด้วยสถิติ Box's Test of Equality of Covariance Matrices มีค่า p-Value (Sig.) ที่ระดับ 0.333
4. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) ในแต่ละกลุ่ม มีจำนวนเท่ากับ หรือ มากกว่า จำนวนตัวแปรตามที่ทำการศึกษา
5. ข้อมูลมีการแจกแจงภายใต้โค้งปกติ โดยใช้สถิติ Skewness อ้างอิงตาม The rule of thumb โดยมีค่าอยู่ในช่วง ± 1.96
6. เพื่อตรวจสอบความเท่ากันของข้อมูลจึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่ม (Independent Samples T-Test) ของกลุ่มความหนักปานกลาง และ กลุ่มความหนักสูง ทั้งในช่วงก่อนและหลังใส่หน้ากาก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 – way MANOVA) โดยใช้สถิติ Pillai's Trace ในการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน หากพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการฝึกและระยะเวลาจะแยก

ทดสอบตามตัวแปรตาม (Dependent Variable) ระหว่างก่อนการฝึกกับหลังการฝึก และระหว่างความหนักปานกลางกับความหนักสูง ที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน ด้วยวิธี Hotelling 's T^2 โดยใช้สถิติ Pillai's Trace เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Samples T-Test) และ / หรือ ด้วยการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Samples T-Test) กำหนดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ < 0.05 (p - Value < 0.05) รวมทั้งรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ย (\bar{x}) \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm SD)

ผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถเข้าร่วมการเก็บข้อมูลได้ครบซึ่งเข้าเงื่อนไขเกณฑ์การคัดออก ผลการวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจึงเป็นข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน ซึ่งจากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คนเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ดูภาพประกอบที่ 28)



ภาพประกอบ 28 รูปแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบ่งออกเป็น 5 ส่วนประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน

และผลการวิเคราะห์แยกแยะระหว่างก่อนการฝึกกับหลังการฝึก และ ระหว่างความหนักปานกลางกับ ความหนักสูง ที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน และสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน ที่ผ่านเกณฑ์คุณสมบัติการคัดเลือก เป็นเพศชาย 10 คน เพศหญิง 2 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มแบบเท่าเทียม คือ กลุ่มความหนักปานกลาง (ชาย = 5 คน หญิง = 1 คน) และ กลุ่มความหนักสูง (ชาย = 5 คน หญิง = 1 คน) มีจำนวนเท่ากัน กลุ่มละ 6 คน โดยข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครจะได้รับการตรวจวัด 2 ช่วงเวลาคือ ก่อนใส่ หน้ากาก (ก่อนทำการศึกษา) และ หลังใส่หน้ากาก (หลังทำการศึกษา) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของชุดข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Samples T-Test) เพื่อตรวจสอบความเท่ากันของข้อมูล โดยรายงานผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm SD) การแจกแจงแบบสมมาตรโดยใช้สถิติ Skewness อ้างอิงตาม The rule of thumb โดยมีค่าอยู่ในช่วง ± 1.96 ค่า t-Value กำหนดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ < 0.05 (p -Value < 0.05) เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไป กลุ่มความหนักปานกลาง และ กลุ่มความหนักสูง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงก่อนใส่หน้ากากแสดงข้อมูลในตารางที่ 1 และ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติข้อมูลทั่วไปช่วงหลังใส่หน้ากากแสดงข้อมูลในตารางที่ 2

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปก่อนการเสหน้กากของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน

ข้อมูลทั่วไป	ก่อนการเสหน้กาก			
	ความหน้กปานกลาง		ความหน้กสูง	
	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Skewness	t
เพศ	ชาย = 5 คน หญิง = 1 คน	ชาย = 5 คน หญิง = 1 คน		
อายุ (ปี)	35.00 ± 2.76	32.33 ± 4.80	1.327	-0.620
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	71.48 ± 10.88	65.08 ± 14.37	-0.657	1.180
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	166.33 ± 9.52	171.50 ± 7.23	0.27	0.870
ระยะเวลาที่เสหน้กากอนามัย ใน 1 วัน (ชั่วโมง)	7.33 ± 2.16	8.50 ± 2.35	-1.404	-1.058
ความอึดตัวของอกซิเจนในเลือด (เปอร์เซ็นต์)	99.83 ± 0.41	99.00 ± 1.10	-0.638	-0.896
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูง สุด (มิลลิตร/ลิตร/นาที)	44.37 ± 10.69	46.85 ± 9.98	-1.945	1.746
อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	177.67 ± 6.44	179.50 ± 8.37	-0.617	-0.416
			-0.871	-0.426
				0.679

Skewness คือ การแจกแจงแบบสมมาตร โดยใช้สถิติ Skewness อ้างอิงตาม The rule of thumb โดยมีค่าอยู่ในช่วง ± 1.96

t คือ ค่า t-value

Sig. (p-Value) < 0.05 คือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ได้กำหนดไว้

ตาราง 2 ข้อมูลทั่วไปหลังการเสหนักากของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คน

ข้อมูลทั่วไป	ความหนักปานกลาง		หลังการเสหนักาก		t	Sig.
	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วง = 1 คน	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหนักสูง		
เพศ	ชาย = 5 คน	หญิง = 1 คน	ชาย = 5 คน	หญิง = 1 คน	-0.620	0.549
อายุ (ปี)	35.00 ± 2.76		32.33 ± 4.80		1.180	0.265
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	71.48 ± 10.89		65.08 ± 14.37		0.870	0.405
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	166.33 ± 9.52		171.50 ± 7.23		-1.404	0.315
ระยะเวลาที่ใช้หน้ากากอนามัย ใน 1 วัน (ชั่วโมง)	7.33 ± 2.16		8.50 ± 2.35		-0.638	0.391
ความถี่ของออกซิเจนในเลือด (เปอร์เซ็นต์)	99.00 ± 0.63		99.00 ± 1.26		0.000	1.000
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูง สุด (มิลลิตร/ลิตร/นาที)	46.25 ± 9.85		49.53 ± 15.53		-0.437	0.671
อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	177.33 ± 8.33		180.33 ± 7.50		-0.655	0.527

Skewness คือ การแจกแจงแบบสมมาตร โดยใช้สถิติ Skewness อ้างอิงตาม The rule of thumb โดยมีค่าอยู่ในช่วง ± 1.96

t คือ ค่า t-value

Sig. (p-Value) < 0.05 คือ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ต่ำกว่าหมดไว้

การวิจัยครั้งนี้มีการศึกษาผลของตัวแปรตามคือ ระดับค่าแก๊สในเลือดแดงซึ่งประกอบด้วย ค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) ค่าความเป็นกรด - ด่าง ในเลือดแดง (pH) ค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) โดยรายงานผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (\pm SD) โดยแยกข้อมูลก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) และแยกระหว่างกลุ่มความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) โดยแสดงข้อมูลในตารางที่ 3 และข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) และแยกระหว่างกลุ่มความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) โดยแสดงข้อมูลในตารางที่ 4



ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ระยะเวลาที่ใช้หน้ากากอนามัยใน 1 วัน ของอาสาสมัคร จำนวน 12 คน รังออกกำลังกายกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง ในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก

ข้อมูลตัวแปรที่ศึกษา	ก่อนการฝึก						หลังการฝึก					
	ความหนักปานกลาง			ความหนักสูง			ความหนักปานกลาง			ความหนักสูง		
	ค่าเฉลี่ย	\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	\pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
pH (ยูนิต)	7.39	± 0.44	7.41 ± 0.13	7.37	± 0.34	7.39	± 0.32	7.39	± 0.32	7.39	± 0.32	
PaO_2 (มิลลิเมตรปรอท)	102.83	± 6.31	99.17 ± 29.10	79.17	± 27.78	85.83	± 34.46	85.83	± 34.46	85.83	± 34.46	
PaCO_2 (มิลลิเมตรปรอท)	37.28	± 6.14	39.27 ± 3.56	41.95	± 4.80	44.52	± 7.21	44.52	± 7.21	44.52	± 7.21	
HCO_3 (มิลลิเมตรปรอท)	22.00	± 2.06	24.18 ± 1.74	23.72	± 1.28	26.15	± 2.61	26.15	± 2.61	26.15	± 2.61	
HCT (มิลลิลิควาเดนท์/ลิตร)	45.83	± 3.31	46.67 ± 4.97	43.00	± 5.44	44.67	± 3.83	44.67	± 3.83	44.67	± 3.83	
ระยะเวลาใส่หน้ากากอนามัยใน 1 วัน (ชั่วโมง)	7.92	± 21.9	7.92 ± 2.19	7.92	± 2.19	7.92	± 2.19	7.92	± 2.19	7.92	± 2.19	

ตาราง 4 ข้อมูลเปรียบเทียบค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO₂ PaCO₂ pH HCO₃) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของอาสาสมัคร จำนวน 12 คน รังอกกำลังกายกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง ในช่วงก่อนการฝึกและหลังการฝึก

ข้อมูลตัวแปรที่ศึกษา	ก่อนการฝึก		หลังการฝึก		ความเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
	ความหนักปานกลาง		ความหนักสูง		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	
pH (ยูนิต)	7.39	7.41	7.37	7.39	- 00.02 (- 00.27)
PaO ₂ (มิลลิเมตรปรอท)	102.83	99.17	79.17	85.83	- 23.66 (- 23.01)
PaCO ₂ (มิลลิเมตรปรอท)	37.28	39.27	41.95	44.52	04.67 (12.53)
HCO ₃ (มิลลิเมตรปรอท)	22.00	24.18	23.72	26.15	01.72 (07.82)
HCT (มิลลิฮิวมาเนท/ลิตร)	45.83	46.67	43.00	44.67	- 02.83 (- 06.17)

4.2. ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) โดยใช้สถิติ Pillai's Trace ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ตัวแปรต้น คือ ช่วงเวลาก่อนการฝึก / หลังการฝึก และ ช่วงความหนักปานกลาง / ความหนักสูง ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน มีค่า p - Value ที่ 0.899 ค่า F ที่ 0.312 ค่า Effect size ที่ 0.089 และมีค่า Power ที่ 0.106 โดยสามารถแจกแจงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทีละตัวแปรที่ทำการศึกษาดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 28)

Tests of Between-Subjects Effects

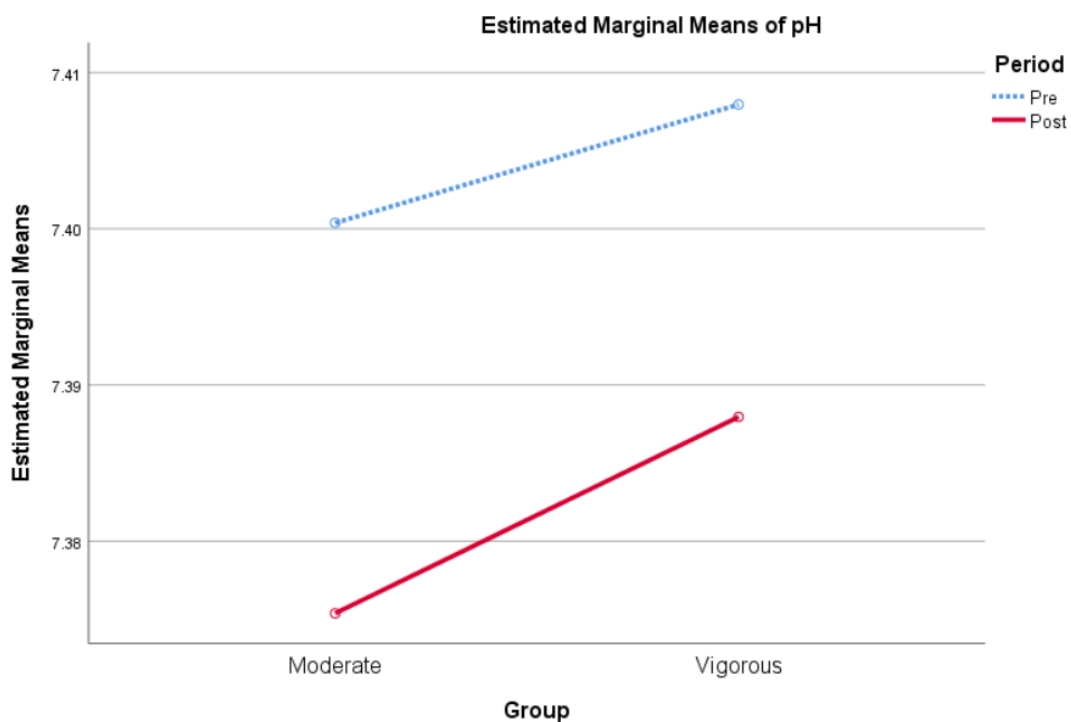
Source	Dependent Variable	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	R Squared	Observed Power
Group * Period	pH	3.750E-5	.035	.853	.002	.167	.054
	PaO2	160.167	.225	.640	.011	.135	.074
	PaCO2	.510	.016	.900	.001	.222	.052
	HCO3	.094	.024	.879	.001	.400	.052
	HCT	1.042	.052	.822	.003	.102	.055

f. Computed using alpha = .05

ภาพประกอบ 29 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

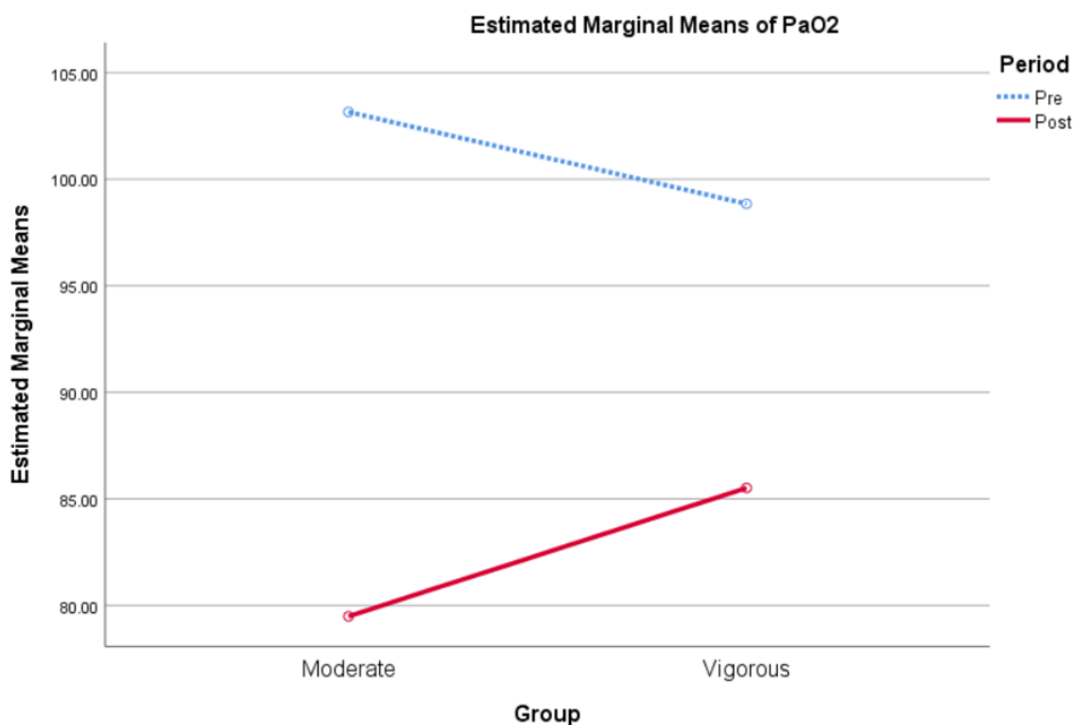
4.2.1. ค่าความเป็นกรด - ด่างในเลือดแดง (pH) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p - Value ที่ 0.853 ค่า Mean Square ที่ 3.750E-5 ค่า F ที่ 0.35 ค่า Effect size ที่ 0.02 ค่า R Squared ที่ 0.167 และมีค่า Power ที่ 0.54 (ดูภาพประกอบที่ 29)



ภาพประกอบ 30 ผลการวิเคราะห์ที่สัมพันธ์กันระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าความเป็นกรด - ด่างในเลือดแดงแดง (pH) ของคนวัยทำงาน

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

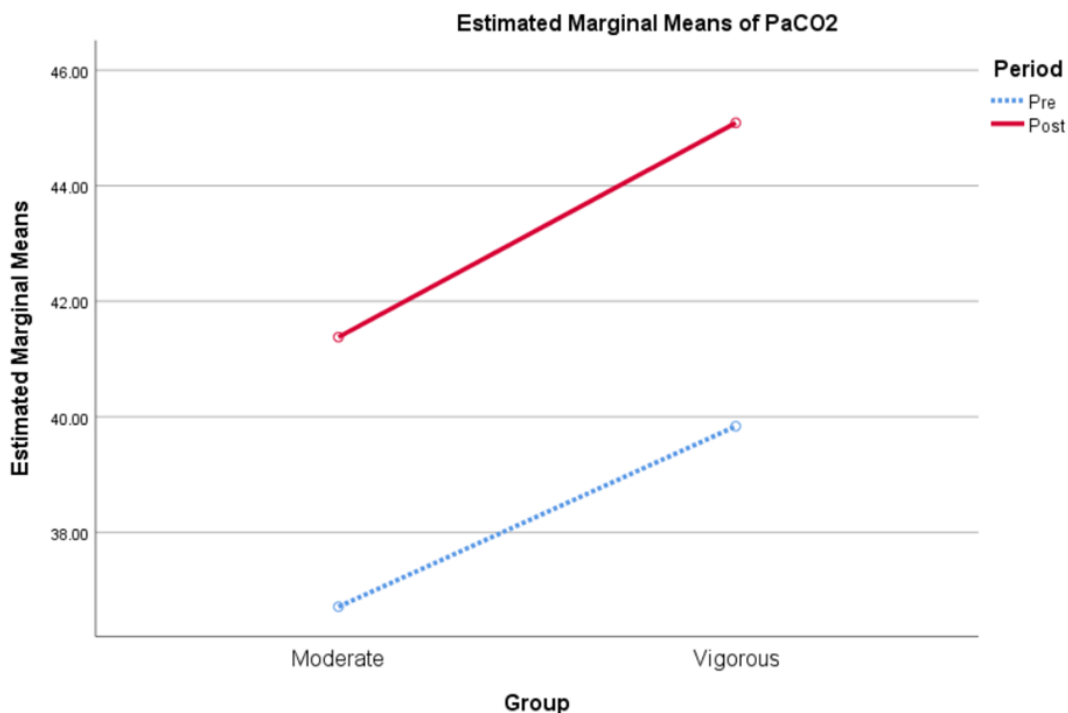
4.2.2. ค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p - Value ที่ 0.640 ค่า Mean Square ที่ 160.167 ค่า F ที่ 0.225 ค่า Effect size ที่ 0.11 ค่า R Squared ที่ 0.135 และมีค่า Power ที่ 0.74 (ดูภาพประกอบที่ 30)



ภาพประกอบ 31 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO₂) ของคนวัยทำงาน

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

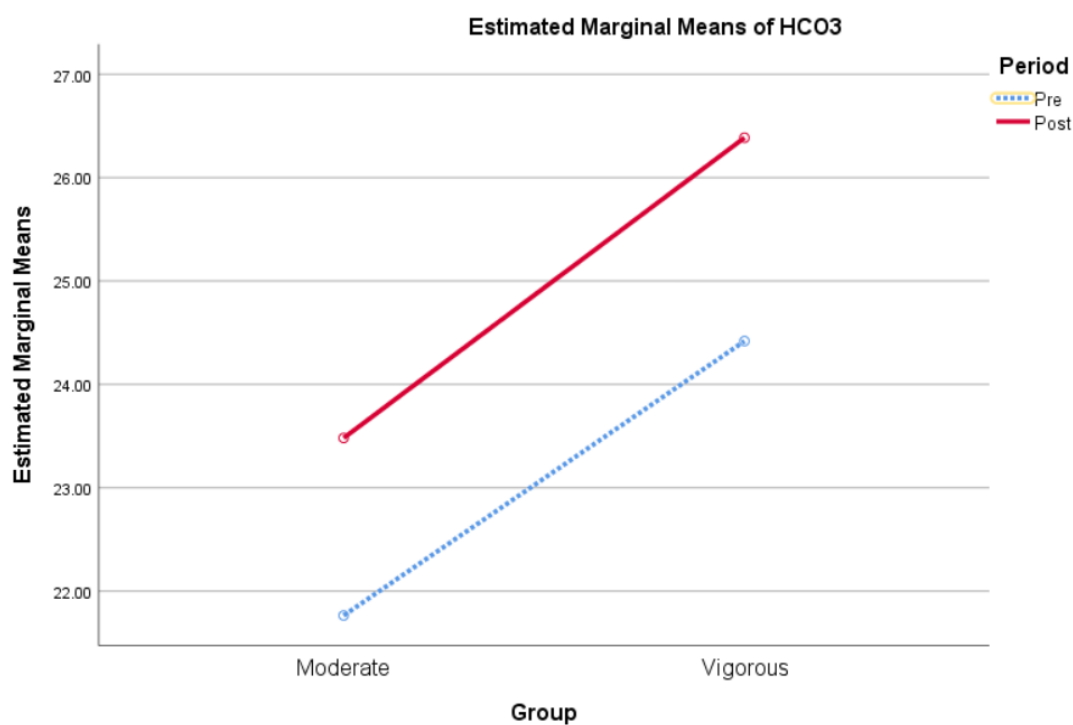
4.2.3. ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด (PaCO₂) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p-Value ที่ 0.900 ค่า Mean Square ที่ 0.510 ค่า F ที่ 0.016 ค่า Effect size ที่ 0.01 ค่า R Squared ที่ 0.222 และมีค่า Power ที่ 0.52 (ดูภาพประกอบที่ 31)



ภาพประกอบ 32 ผลการวิเคราะห์ที่สัมพันธ์กันระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO₂) ของคนวัยทำงาน

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

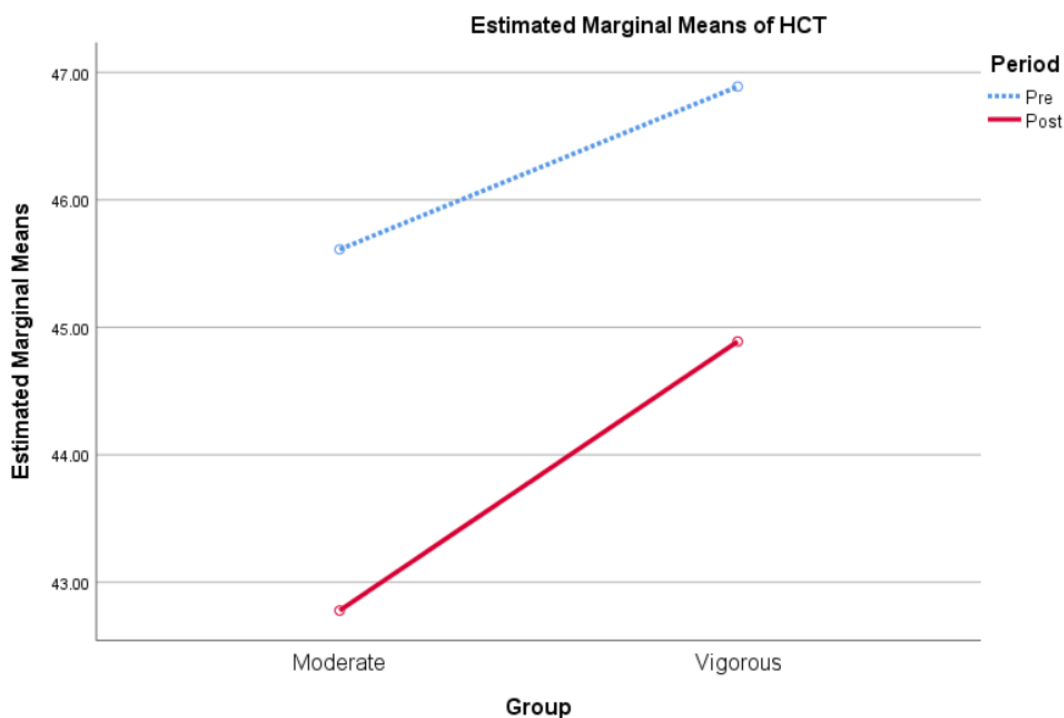
4.2.4. ค่าไบคาร์บอเนต (HCO₃) ในเลือดแดง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p-Value ที่ 0.879 ค่า Mean Square ที่ 0.094 ค่า F ที่ 0.024 ค่า Effect size ที่ 0.01 ค่า R Squared ที่ 0.400 และมีค่า Power ที่ 0.52 (ดูภาพประกอบที่ 32)



ภาพประกอบ 33 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าไบคาร์บอเนต (HCO₃) ในเลือดแดงของคนวัยทำงาน

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.2.5. ค่าฮีมาโทคริต (HCT) มีค่า p - Value ที่ 0.822 ค่า Mean Square ที่ 1.042 ค่า F ที่ 0.52 ค่า Effect size ที่ 0.03 ค่า R Squared ที่ 0.102 และมีค่า Power ที่ 0.55 (ดูภาพประกอบที่ 33)



ภาพประกอบ 34 ผลการวิเคราะห์ที่สัมพันธ์ระหว่างค่าก่อนและหลังของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าฮีมาโทคริต (HCT) ในเลือดแดงของคนวัยทำงาน

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.3. ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังใส่หน้ากาก (Period)

ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังใส่หน้ากาก (ผลของช่วงเวลา) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) ค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) โดยใช้สถิติ Pillai's Trace ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ตัวแปรต้น คือ ช่วงเวลาก่อนการฝึก / หลังการฝึก (ผลของช่วงเวลา) ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่า p - Value ที่ 0.082 ค่า F ที่ 2.416 ค่า Effect size ที่ 0.430 และมีค่า Power ที่ 0.606 จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) ของตัวแปรตามที่ทำการศึกษามีผลไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) ด้วยวิธี

Hotelling's T^2 เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) โดยสามารถแจกแจงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรที่ทำการศึกษาดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 34)

Source	Dependent Variable	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power ^a
Period	pH	.003	2.837	.108	.124	.361
	PaO ₂	2053.500	2.886	.105	.126	.366
	PaCO ₂	147.510	4.706	.042*	.190	.542
	HCO ₃	20.350	5.179	.034*	.206	.582
	HCT	35.042	1.754	.200	.081	.243

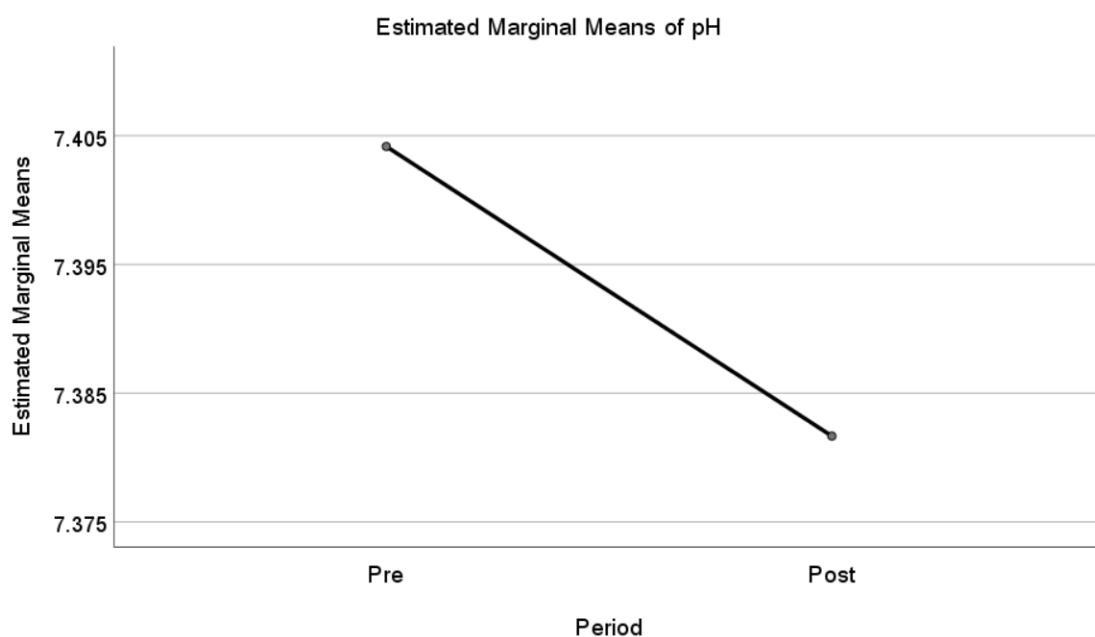
* p-Value (Sig.) < 0.05

a. Computed using alpha = .05

ภาพประกอบ 35 ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและความหนักสูงที่มีต่อระดับแก๊สในเลือด (PaO₂, PaCO₂, pH, HCO₃) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) ด้วยวิธี Hotelling's T^2 เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

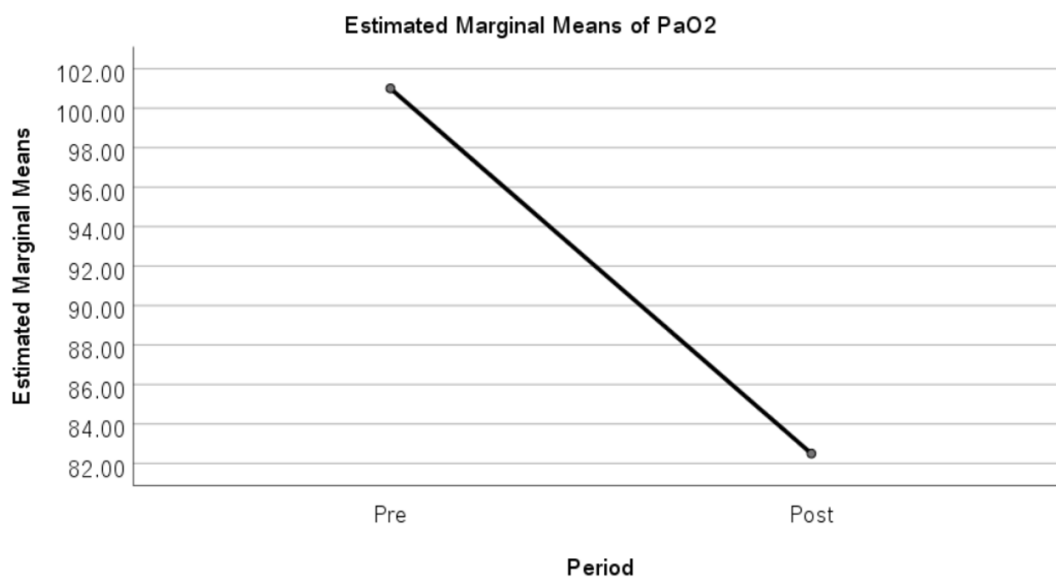
4.3.1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในเลือดแดงในช่วงก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p - Value ที่ 0.108 ค่า Mean Square ที่ 0.003 ค่า F ที่ 2.837 ค่า Effect size ที่ 0.124 และมีค่า Power ที่ 0.361 (ดูภาพประกอบที่ 35)



ภาพประกอบ 36 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในเลือดแดง

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

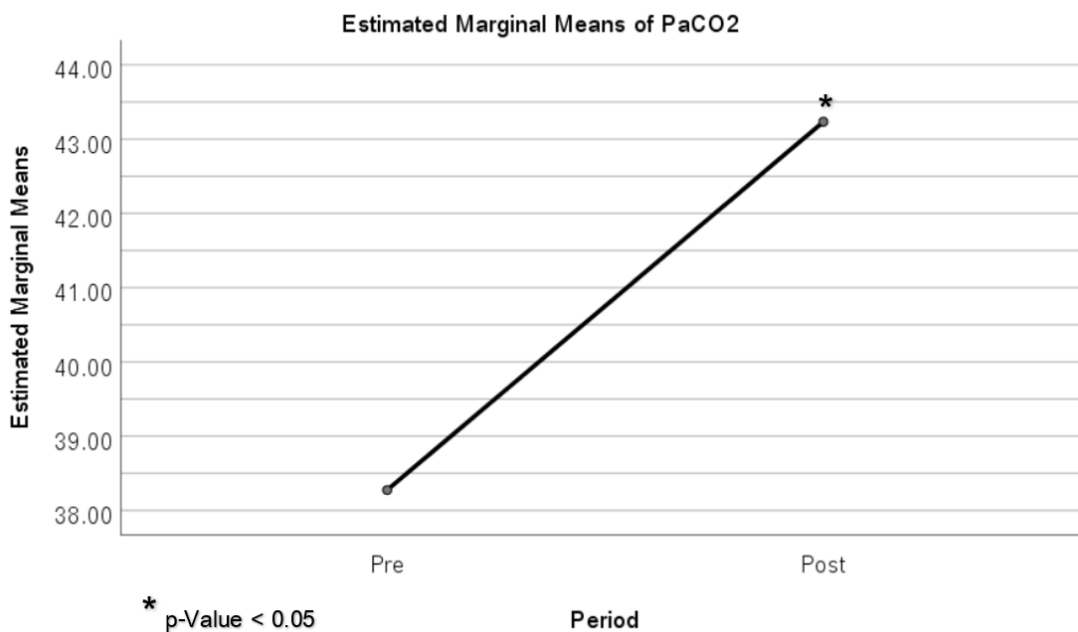
4.3.2. ค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ในช่วงก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p - Value ที่ 0.105 ค่า Mean Square ที่ 2053.500 ค่า F ที่ 2.886 ค่า Effect size ที่ 0.126 และมีค่า Power ที่ 0.366 (ดูภาพประกอบที่ 36)



ภาพประกอบ 37 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO₂)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

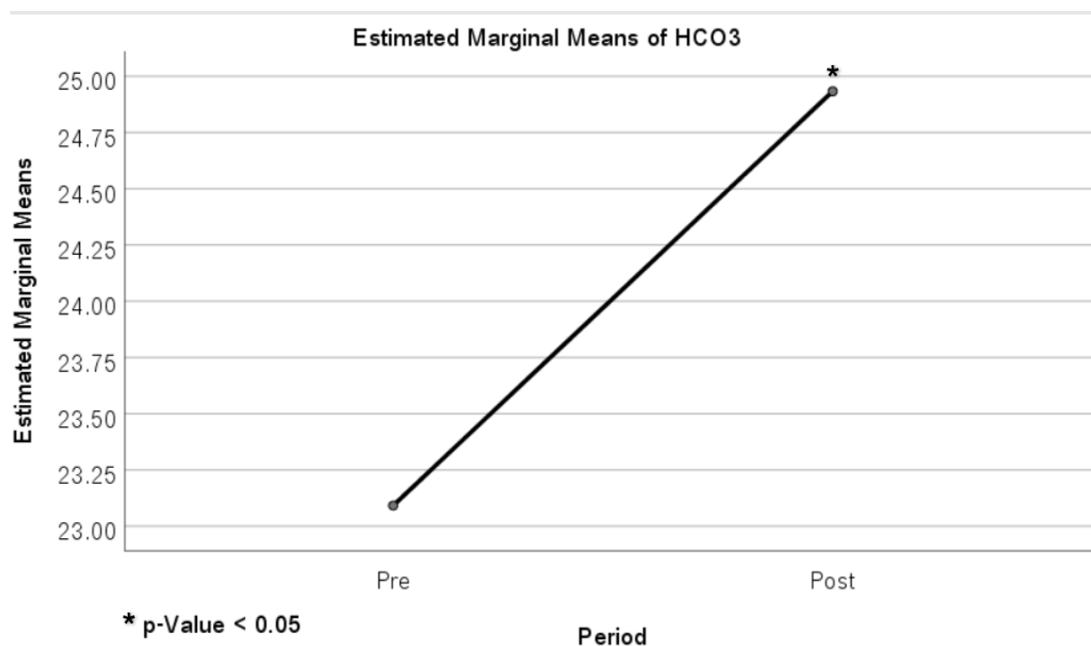
4.3.3. ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO₂) ในช่วงก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p – Value ที่ 0.042 (< 0.05) ค่า Mean Square ที่ 147.510 ค่า F ที่ 4.706 ค่า Effect size ที่ 0.190 และมีค่า Power ที่ 0.542 (ดูภาพประกอบที่ 37)



ภาพประกอบ 38 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO₂)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.3.4. ค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃) ในช่วงก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p – Value ที่ 0.034 (< 0.05) ค่า Mean Square ที่ 20.350 ค่า F ที่ 5.179 ค่า Effect size ที่ 0.206 และมีค่า Power ที่ 0.582 (ดูภาพประกอบที่ 39)



ภาพประกอบ 39 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

เนื่องจากค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃) ระหว่างกลุ่มพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงดำเนินการแยกการทดสอบทีละกลุ่ม ด้วยสถิติการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired samples t-test) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃) ในกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง ของค่าระหว่างก่อนและหลังการใส่หน้ากากพบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเหมือนกัน จึงยืนยันผลของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) (ดูภาพประกอบที่ 40)

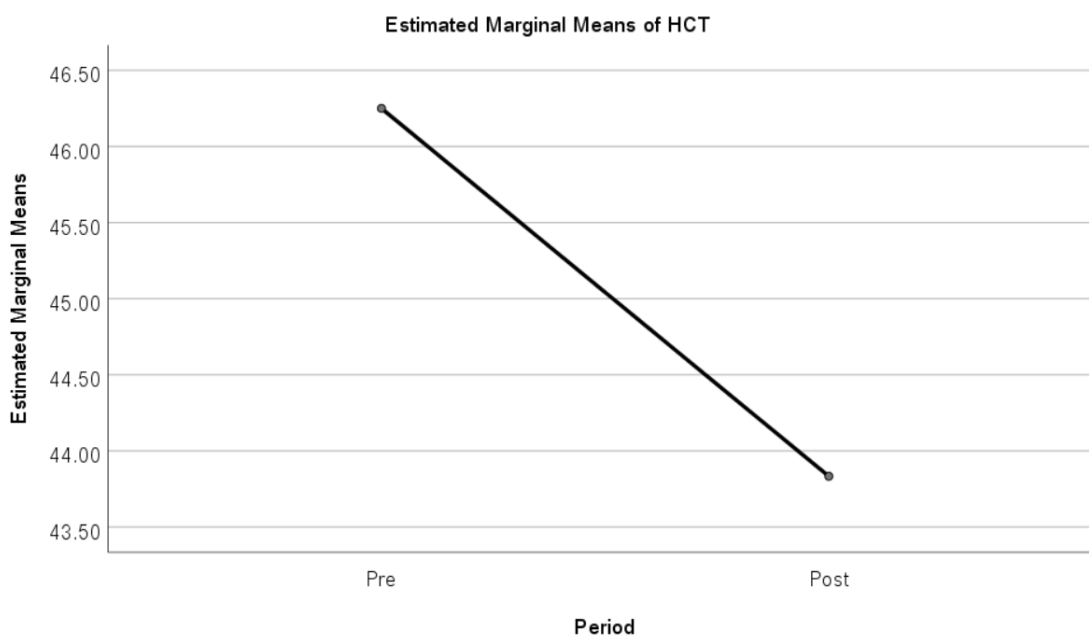
		Paired Samples Test				
		Paired Differences			t	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean		
Moderate	HCO ₃ Pre Test HCO ₃ Post Test	-1.71667	1.53286	.62579	-2.743	.041*
Vigorous	HCO ₃ Pre test HCO ₃ Post Test	-1.96667	1.16390	.47516	-4.139	.009*

* p-Value (Sig.) < 0.05

ภาพประกอบ 40 ผลการวิเคราะห์ค่าระหว่างก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าไบนคาร์บอนเนตในเลือดแดง (HCO₃) ด้วยสถิติการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired samples t-test)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.3.5. ค่าฮีมาโทคริต (HCT) ในช่วงก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p – Value ที่ 0.200 ค่า Mean Square ที่ 35.042 ค่า F ที่ 1.754 ค่า Effect size ที่ 0.081 และมีค่า Power ที่ 0.243 (ดูภาพประกอบที่ 41)



ภาพประกอบ 41 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการใส่หน้ากาก (Period) ของค่าฮีมาโทคริต (HCT)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.4. ผลการวิเคราะห์ระหว่างกลุ่ม (Group)

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) โดยใช้สถิติ Pillai's Trace ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ตัวแปรต้น คือ ช่วงความหนักปานกลาง / ความหนักสูง ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่า p - Value ที่ 0.054 ค่า F ที่ 2.786 ค่า Effect size ที่ 0.465 และมีค่า Power ที่ 0.678 วิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) โดยสามารถแจกแจงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ละตัวแปรที่ทำการศึกษาได้ดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 42)

Univariate Test Results

Source	Dependent Variable	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Observed Power ^a
Group	pH	.001	1.125	.302	.053	.173
	PaO2	13.500	.019	.892	.001	.052
	PaCO2	31.054	.991	.331	.047	.158
	HCO3	31.970	8.136	.010*	.289	.774
	HCT	9.375	.469	.501	.023	.100

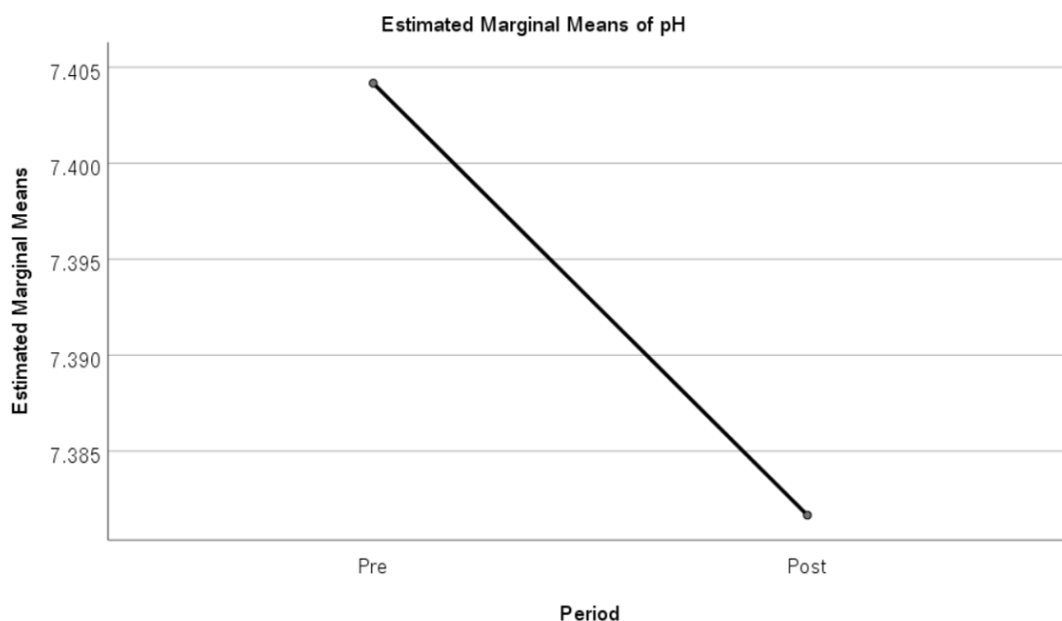
*p-Value (Sig.)

a. Computed using alpha := .05

ภาพประกอบ 42 ผลการวิเคราะห์ผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อระดับแก๊สในเลือดแดง (PaO2 PaCO2 pH HCO₃) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของคนวัยทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณร่วมแบบสองทาง (2 - way MANOVA) ด้วยวิธี Hotelling 's T² เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

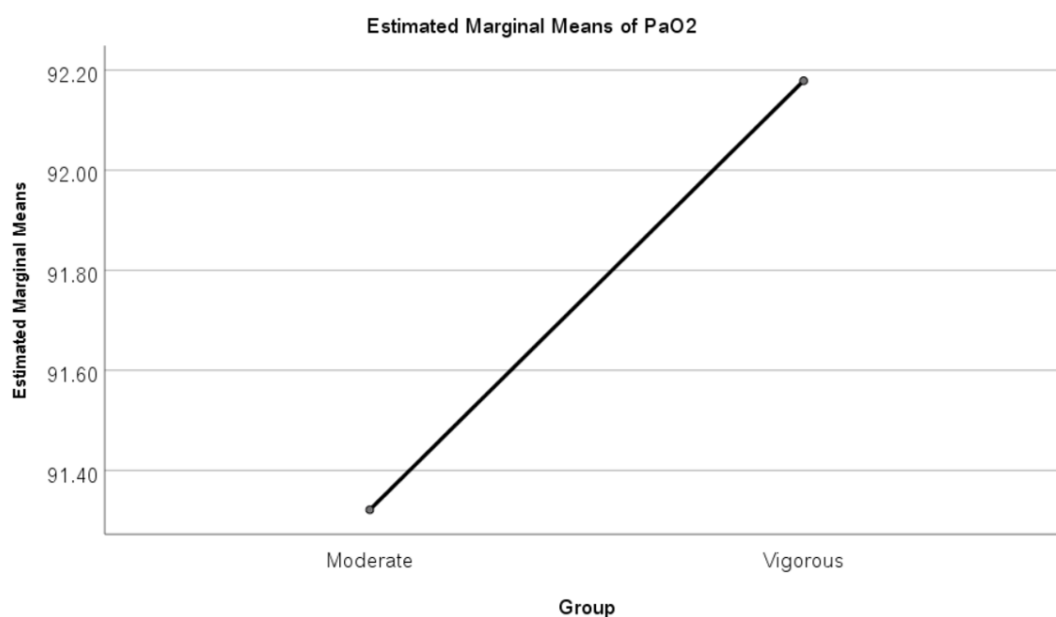
4.4.1. ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในเลือดแดงของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p - Value ที่ 0.302 ค่า Mean Square ที่ 0.001 ค่า F ที่ 1.125 ค่า Effect size ที่ 0.053 และมีค่า Power ที่ 0.173 (ดูภาพประกอบที่ 43)



ภาพประกอบ 43 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนัปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในเลือดแดง

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

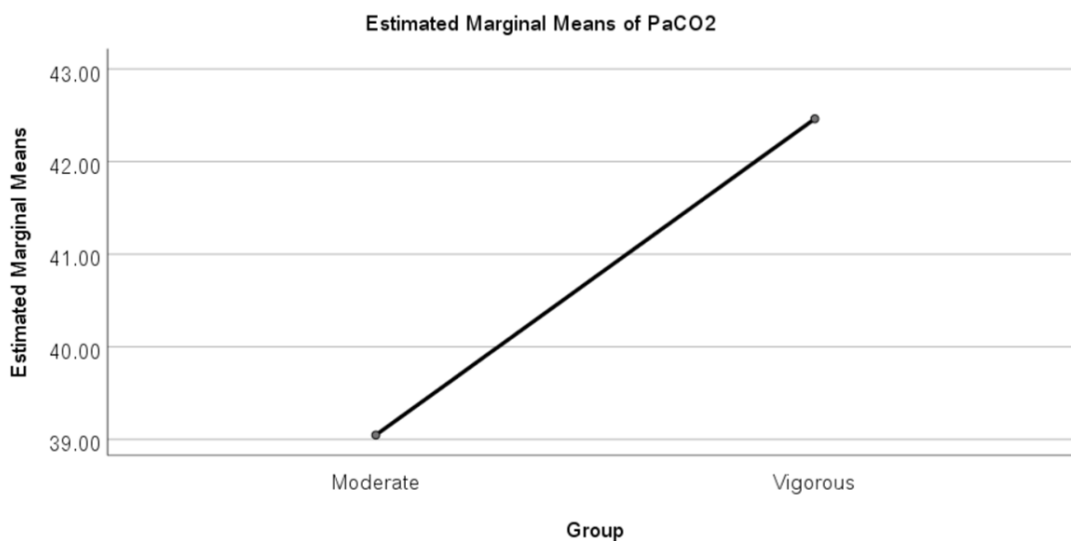
4.4.2. ค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนัปานกลางและความหนักสูง (Group) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p - Value ที่ 0.892 ค่า Mean Square ที่ 13.500 ค่า F ที่ 0.019 ค่า Effect size ที่ 0.001 และมีค่า Power ที่ 0.052 (ดูภาพประกอบที่ 44)



ภาพประกอบ 44 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO₂)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

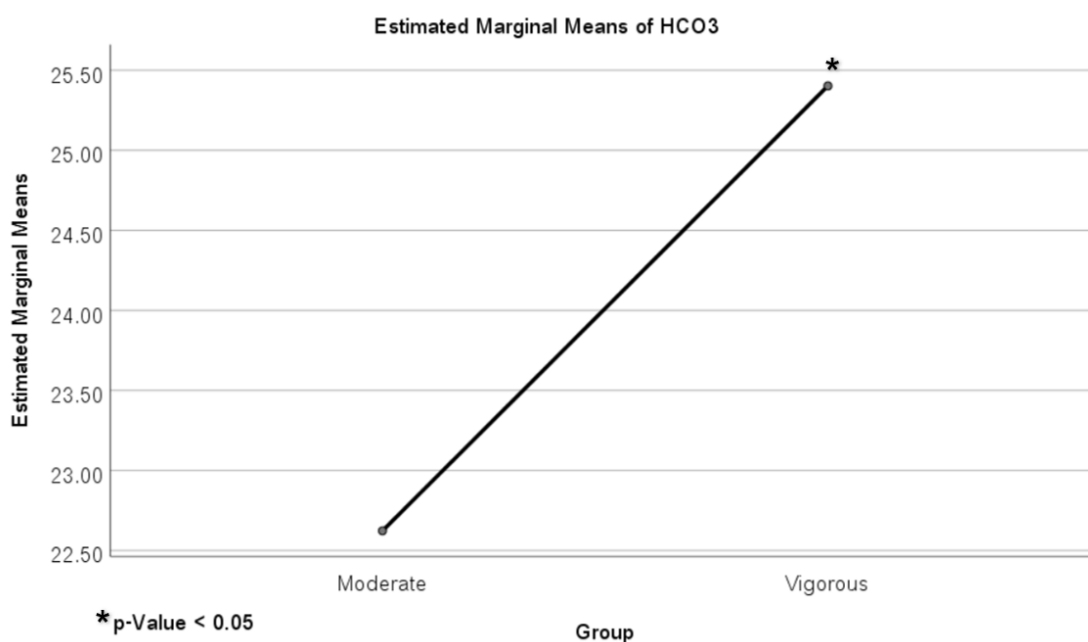
4.4.3. ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO₂) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p – Value ที่ 0.331 ค่า Mean Square ที่ 31.054 ค่า F ที่ 0.991 ค่า Effect size ที่ 0.047 และมีค่า Power ที่ 0.158 (ดูภาพประกอบที่ 45)



ภาพประกอบ 45 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO₂)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.4.4. ค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p – Value ที่ 0.010 (< 0.05) ค่า Mean Square ที่ 31.970 ค่า F ที่ 8.136 ค่า Effect size ที่ 0.289 และมีค่า Power ที่ 0.774 (ดูภาพประกอบที่ 46)

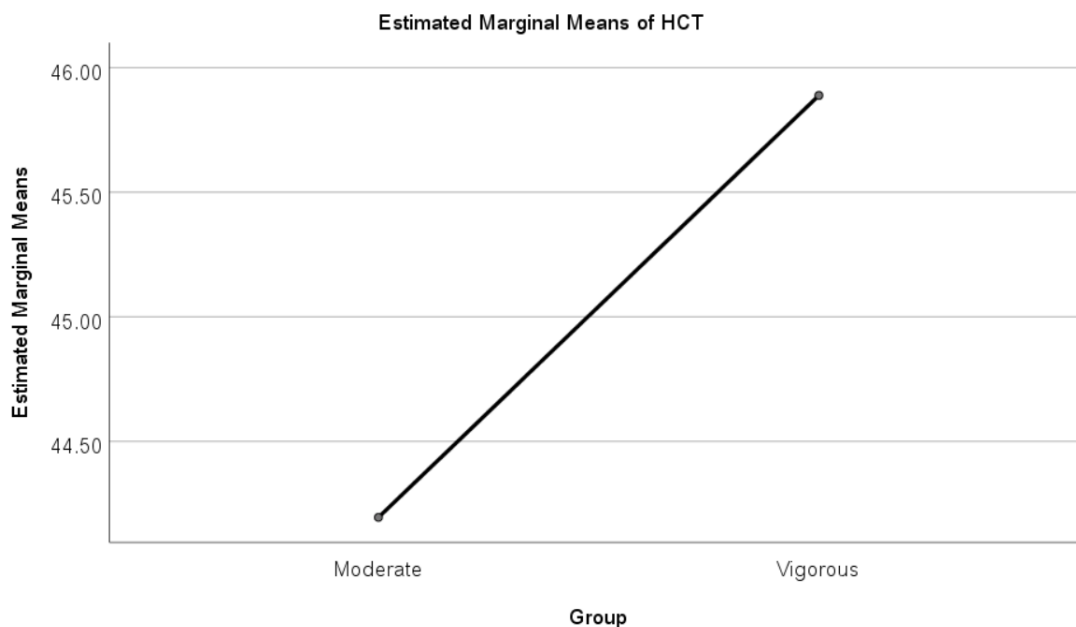


ภาพประกอบ 46 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

เนื่องจากค่าก่อนกับหลังการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกาย ค่าก่อนกับหลังที่มีต่อค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO₃) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงดำเนินการแยกการทดสอบที่ละช่วงเวลา (ก่อน / หลัง) ทั้งกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง ด้วยการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Samples T-Test) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองช่วงเวลา (ก่อน / หลัง)

4.4.3. ค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า p-Value ที่ 0.501 ค่า Mean Square ที่ 9.375 ค่า F ที่ 0.469 ค่า Effect size ที่ 0.023 และมีค่า Power ที่ 0.100 (ดูภาพประกอบที่ 48)



ภาพประกอบ 47 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายระหว่างความหนักปานกลางและความหนักสูง (Group) ที่มีต่อค่าฮีมาโทคริต (HCT)

ที่มา (IBM Corporation, 2019)

4.5. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการตรวจวัดข้อมูลทั่วไปทั้งก่อนและหลังการศึกษา ได้แก่ เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความอิมิตัวของออกซิเจนในเลือด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ และระยะเวลาในการใช้หน้ากากอนามัยใน 1 วัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างทั้งก่อนและหลังการศึกษา และตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าแก๊สในเลือดแดง (pH PaO₂ PaCO₂ HCO₃) และค่าฮีมาโทคริต (HCT) โดยผู้วิจัยพบความเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบค่าระหว่างก่อนและหลังการศึกษาดังนี้

4.5.1. ค่าความเป็นกรด – ด่างในเลือดแดง (pH) ของกลุ่มความหนักปานกลางมีค่าลดลง 0.02 (ยูนิต) คิดเป็นร้อยละ 0.27 และกลุ่มความหนักสูงมีค่าลดลง 0.02 (ยูนิต) คิดเป็นร้อยละ 0.027

4.5.2. ค่าออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ของกลุ่มความหนักปานกลางมีค่าลดลง 23.66 มิลลิเมตรปรอท คิดเป็นร้อยละ 23.01 และกลุ่มความหนักสูงมีค่าลดลง 13.34 มิลลิเมตรปรอท คิดเป็นร้อยละ 13.45

4.5.3. ค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) ของกลุ่มความหนักปานกลางมีค่าเพิ่มสูงขึ้น 4.67 มิลลิเมตรปรอท คิดเป็นร้อยละ 12.53 และกลุ่มความหนักสูงมีค่าลดลง 5.25 มิลลิเมตรปรอท คิดเป็นร้อยละ 13.37

4.5.4. ค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ของกลุ่มความหนักปานกลางมีค่าเพิ่มสูงขึ้น 1.72 มิลลิเมตรปรอท คิดเป็นร้อยละ 7.82 และกลุ่มความหนักสูงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น 1.97 มิลลิเมตรปรอท คิดเป็นร้อยละ 8.15

4.5.5. ค่าฮีมาโทคริต (HCT) ของกลุ่มความหนักปานกลางมีค่าลดลง 2.83 มิลลิกรัมเดซิลิตร คิดเป็นร้อยละ 6.17 และกลุ่มความหนักสูงมีค่าลดลง 2.00 มิลลิกรัมเดซิลิตร คิดเป็นร้อยละ 4.29

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาก่อนการฝึก / หลังการฝึก และ ช่วงความหนักปานกลาง / ความหนักสูง ของผลระยะยาวของการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงที่มีต่อค่าแก๊สในเลือดแดง (PaO_2 PaCO_2 pH HCO_3) และค่าฮีมาโทคริต HCT ของคนวัยทำงาน แต่ด้วยตัวแปรตามไม่พบความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรเดียว (UNIVARIATE) แยกทีละตัวแปรที่ทำการศึกษา จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ช่วงเวลาหลังใส่หน้ากาก พบค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (PaCO_2) ในเลือดแดงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.033 (p-Value < 0.05) กลุ่มความหนักปานกลางมีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.53 กลุ่มความหนักสูงมีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.37 และพบว่าหลังใส่หน้ากากค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดง มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.022 (p-Value < 0.05) กลุ่มความหนักปานกลางมีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.82 กลุ่มความหนักสูงมีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.15 และระหว่างกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง (Group) พบว่าค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดงของกลุ่มความหนักสูงมีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.010 (p-Value < 0.05) กลุ่มความหนักปานกลางมีค่าเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 7.82 และกลุ่มความหนักสูงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.15

บทที่ 5

อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

ปริณญาณินพณธ์เรื่องผลระยะยาวจากใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงต่อระดับแก๊สในเลือดของคนวัยทำงาน การการตั้งสมมติฐานไว้ 2 ประการดังนี้

สมมติฐานการวิจัย

1. การใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูงส่งผลต่อค่า PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3 และ HCT ของคนวัยทำงาน ผลการศึกษาในระยะเวลา 6 สัปดาห์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแก๊สในเลือด แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของค่าฮีมาโทคริต (HCT) โดยพบความเปลี่ยนแปลงในค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) และค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดง เพิ่มสูงมากขึ้นหลังการใส่หน้ากากวิ่งออกกำลังกาย มีผลมาจากมีการหายใจเข้านำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการ Metabolic Respiration เพื่อสังเคราะห์ Adenosine Triphosphate (ATP) (ศิริพันธุ์ หรือญญะชาติธาดา, 2563) โดยหลังจากจากกระบวนการ Metabolic Respiration แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะแพร่จากเซลล์เข้าสู่หลอดเลือดดำและแพร่ผ่านเส้นเลือดฝอยที่อยู่รอบถุงลม (Alveoli) ที่บริเวณปอดทั้งสองข้างและถูกขับออกมาด้วยการหายใจออก แต่การมีหน้ากากอนามัยเป็นสิ่งขัดขวางทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไม่สามารถระบายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการหายใจนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กลับเข้าสู่ร่างกายซ้ำใหม่อีกครั้ง (Rebreathing CO_2) ส่งผลให้มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด (PCO_2) เพิ่มสูงขึ้น (สุทัศน์ ฆจรบุญ et al., 2557) เมื่อพบความผิดปกติร่างกายจะตอบสนองโดยการที่สมองส่วนเมดูลาอ็อบลองกาตา (Medula Oplongata) และพอนด์ (Pons) จะกระตุ้นให้เพิ่มระดับการหายใจให้เร็วมากยิ่งขึ้นเพื่อเร่งขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ผ่านทางระบบการหายใจ โดยเป็นกลไกแรกทีร่างกายมีการตอบสนอง แต่เมื่อมีการเกิดแบบซ้ำๆ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ยังไม่ลดลง ร่างกายจะปรับตัวด้วยการตอบสนองผ่านระบบในการแลกเปลี่ยนแก๊สในร่างกายหรือ ระบบเคมี (ชาญชัย ชอบธรรมสกุล, 2547) การที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีการเพิ่มปริมาณสูงขึ้นจากการหายใจเข้า (Rebreathing CO_2) จะส่งผลทำให้ปริมาณออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) หรือ HbO_2 มีค่าลดลง เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในลมหายใจมีปริมาณมากขึ้นจะมีการแพร่ย้อนกลับเข้าสู่เส้นเลือดฝอยที่อยู่รอบถุงลม (Alveoli) ทำให้เข้ามา

แย่งจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin หรือ Hb) ได้มากขึ้น ส่งผลทำให้เกิดสารประกอบ HbCO_2 (Carbamino hemoglobin) เพิ่มมากขึ้น (Chandrasekaran & Fernandes, 2020) เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีความสามารถในการเข้าจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ได้สูงกว่าแก๊สออกซิเจน (O_2) 200 - 300 เท่า จึงทำให้มีปริมาณ Carbamino hemoglobin (HbCO_2) ในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติ ส่งผลทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) และค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดงเพิ่มสูงขึ้น (วรพรรณ ศิริวัฒนอักษร et al., 2562)

2. การใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูง มีผลต่อค่า PaO_2 , PaCO_2 , pH, HCO_3 และ HCT ของคนวัยทำงานแตกต่างกัน จากผลการศึกษาในระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มความหนักสูงมีการเพิ่มขึ้นของค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) สูงกว่ากลุ่มความหนักปานกลาง ด้วยระดับของความหนักที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน โดยในช่วงเวลาเดียวกันกลุ่มความหนักสูงมีความต้องการใช้แก๊สออกซิเจน (O_2) มากกว่ากลุ่มความหนักปานกลาง เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ Adenosine Triphosphate (ATP) ส่งผลให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นของเสียที่ร่างกายต้องขจัดออก สมองส่วนเมดูลาอ็อบลองกาตา (Medula Oplongata) และพอนด์ (Pons) จะเพิ่มอัตราการหายใจให้มีความถี่มากยิ่งขึ้น เพื่อเร่งขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากร่างกาย และสมองส่วนซีรีบรัลคอร์เท็กซ์ (Cerebral Cortex) จะเพิ่มระดับอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อให้เกิดการเร่งขจัดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากเซลล์และรับแก๊สออกซิเจน (O_2) เข้าสู่เซลล์เพื่อใช้ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ Metabolic Respiration (ชาญชัย ชอบธรรมสกุล, 2547) แต่ด้วยหน้ากากที่เป็นอุปสรรคทั้งการขจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และรับแก๊สออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดการหายใจเอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ร่างกายเร่งขจัดออกกลับเข้าไปใหม่ (Rebreathing CO_2) ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด (PCO_2) เพิ่มขึ้น (สุทัศนีย์ ขจรบุญ et al., 2557) ร่างกายจึงใช้กระบวนการปรับแก้ (Compensation) โดยใช้กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเลือด เมื่อมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด (PCO_2) สูงมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการแย่งจับกับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin หรือ Hb) ของแก๊สออกซิเจนในเลือด (PO_2) ลดลง ส่งผลทำให้เกิดสารประกอบ HbCO_2 (Carbamino hemoglobin) เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3) ในเลือดแดงเพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มความหนักสูงเพิ่มสูงกว่ากลุ่มความหนักปานกลาง (Chandrasekaran & Fernandes, 2020)

จาก 2 สมมติฐาน ผลจากการศึกษาพบมีตัวแปรที่มีความเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน คือ การเพิ่มขึ้นของค่าไบคาร์บอเนตในเลือดแดง (HCO_3) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ

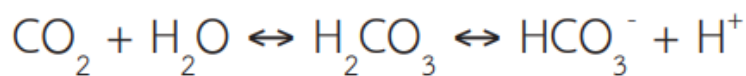
ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งเป็นของเสียจากการสร้างสังเคราะห์ Adenosine Triphosphate (ATP) ภายในเซลล์ ร่วมกับการหายใจเอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ร่างกายเร่งขจัดออกกลับเข้าไปใหม่ (Rebreathing CO_2) ร่างกายจึงใช้กระบวนการปรับแก้ (Compensation) เพื่อไม่เกิดสภาวะเป็นกรด (Acidosis) หรือ มีค่า pH ในเลือดไม่ต่ำกว่า 7.35 ยูนิต (ชาญชัย ชอภธรรมสกุล, 2547) ร่างกายจะใช้กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเลือดโดยปรับผ่านไบคาร์บอเนต บัฟเฟอร์ซิสเต็ม (Bicarbonate Buffer System) โดยไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) จะจับกับไฮโดรเจนไอออน (H^+) กลายเป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid : H_2CO_3) และแตกตัวกลายเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) โดยกระบวนการปรับแก้จะเกิดพร้อมๆกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจและอัตราการเต้นของหัวใจ (สุจิตรา วิถิน, 2020) (ดูภาพประกอบที่ 47)



ภาพประกอบ 48 ไบคาร์บอเนต บัฟเฟอร์ซิสเต็ม (Bicarbonate Buffer System)

ที่มา (สุจิตรา วิถิน, 2020)

กระบวนการปรับแก้ผ่านไต (Renal Compensation) โดยใช้กระบวนการการดูดกลับของของไบคาร์บอเนต (Bicarbonate Reabsorption) ที่บริเวณท่อไตส่วนต้น (Proximal Tubule) โดยไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) จะจับกับไฮโดรเจนไอออน (H^+) กลายเป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid : H_2CO_3) ส่วนที่เป็นขนาดเล็กบริเวณเซลล์ท่อไตส่วนต้น (Brush Border) เปลี่ยนกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) เป็น น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และสุดท้ายถูกดูดกลับผ่านไตและกลับมาอยู่ในรูปไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ซึ่งการสูญเสียของเหลวจะเกิดขึ้นที่กระบวนการนี้ (สุจิตรา วิถิน, 2020) (ดูภาพประกอบที่ 48)



ภาพประกอบ 49 กระบวนการปรับแก้ผ่านไต

ที่มา (สุจิตรา วีณิน, 2020)

เมื่อพิจารณาจากผลของการศึกษาในครั้งนี้ ผลจากการใส่หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำในการวิ่งออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางและที่ความหนักสูง มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะ Respiratory Acidosis เมื่อร่างกายใช้กระบวนการปรับแก้ผ่านไต (Renal Compensation) ไตจะทำการดูดน้ำ (H_2O) กลับ เก็บสะสมไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และขับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกจากร่างกาย (สุจิตรา วีณิน, 2020) ส่งผลให้เลือดมีความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำ (H_2O) ในเลือดได้สูญเสียไปในกระบวนการนี้ (มีลักษณะสอดคล้องกับพยาธิสภาพของเลือดหลังการใส่หน้ากากของอาสาสมัครทุกคน) โดยเป็นไปในลักษณะ Primary Respiratory Acidosis (Patel S & Sharma S, 2022) เนื่องจากผลการศึกษาในช่วงเวลา (หลัง) พบค่าแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดง (PaCO_2) สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ทั้งในช่วงเวลา (หลัง) ระหว่างกลุ่ม (ความหนักปานกลาง/ความหนักสูง) พบค่าไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อรักษาสมาดุลยของ กรด - ด่าง (pH) ในเลือดไว้ (ในค่าเฉลี่ยในช่วงหลังใส่หน้ากากพบค่า pH ลดลง 0.02 p ยูนิต ทั้งกลุ่มความหนักปานกลางและกลุ่มความหนักสูง) และผลจากกระบวนการปรับแก้ของร่างกาย (Compensation) ที่เกิดจากกระบวนการปรับแก้ผ่านไต (Renal Compensation) นี้เอง และผลจากการศึกษาค่าฮีมาโทคริต (HCT) ไม่พบเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบปริมาตรของน้ำเลือดลดลงส่งผลให้ลักษณะของเลือดมีความหนืดขึ้น (มีลักษณะสอดคล้องกับพยาธิสภาพของเลือดหลังการใส่หน้ากากของอาสาสมัครทุกคนมีความหนืดมากขึ้นกว่าก่อนใส่หน้ากาก) จึงมีความสัมพันธ์กับลักษณะของสภาวะที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเลือดข้น (Relative polycythemia) ซึ่งมีร่วมกับลักษณะของผลการศึกษาที่มีความสัมพันธ์กับ Primary Respiratory Acidosis จึงทำให้มีโอกาสพัฒนาเข้าสู่สภาวะเลือดข้น (Polycythemia) ได้ (ปาริชาติ เพิ่มพิกุล, 2554) เมื่อหลายปัจจัยมารวมกันอาจส่งผลในด้านลบ ทำให้มีโอกาสพัฒนาไปสู่การเกิดลิ่มเลือดได้

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดจากการเกิดสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด 19 ซึ่งเป็นโรคอุบัติใหม่ ทำให้มีความจำเป็นในการปรับกระบวนการวิจัยให้มีการพบอาสาสมัครเท่าที่จำเป็นจากที่ต้องควบคุมการวิ่งออกกำลังกายทุกครั้งเป็นการให้อาสาสมัครรับผิดชอบตนเองส่งผลการวิ่งผ่านทางออนไลน์ ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมตัวแปรต่างๆได้อย่างที่ควรจะเป็น อาทิเช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ ความถูกต้องในการใส่หน้ากาก การใส่หน้ากากตลอดระยะเวลาวิ่งออกกำลังกาย เป็นต้น ทำให้ข้อมูลที่ได้จากอาสาสมัครจะมาจากความรับผิดชอบต่อตัวอาสาสมัคร รวมถึงเพื่อความปลอดภัยของอาสาสมัครและทีมผู้วิจัย จึงจำเป็นต้องจัดห้องปฏิบัติการสนามขึ้นมาเองแทนการเข้าไปใช้สถานที่ของสถานพยาบาลเนื่องจากสถานพยาบาลถือเป็นสถานที่เสี่ยงสูง ส่งผลทำให้งบประมาณในการศึกษาสูงมากขึ้นจนเกินงบประมาณที่ได้ตั้งไว้ รวมถึงระยะเวลาในการศึกษาต้องเป็นไปตามอายุของน้ำยาตรวจค่าแก๊สในเลือดแดง และค่าฮีมาโทคริต (HCT) ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถเพิ่มจำนวนอาสาสมัครได้เท่าที่ตั้งเกณฑ์ไว้เนื่องจากข้อจำกัดของงบประมาณ และข้อจำกัดเรื่องอายุของน้ำยา รวมถึงความกังวลของอาสาสมัครที่มีต่อสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ที่กลุ่มประชากรส่วนใหญ่ยังกังวลต่อการเข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งการได้อาสาสมัครมากขึ้นจะทำให้มีโอกาสที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในอนาคต

ปัญหาเรื่องของคุณภาพอากาศ โรคติดต่อที่สามารถติดต่อผ่านทางอากาศจะยังคงเป็นปัญหาที่มนุษย์ยังต้องเผชิญทั้งในปัจจุบันและอนาคต การใช้หน้ากากอนามัยจะยังคงอุปกรณ์ที่เข้าถึงง่าย ราคาไม่สูง เพื่อใช้ในการป้องกันตนเองของผู้คนจำนวนมาก ทั้งจากปัญหาคุณภาพอากาศ และโรคติดต่อต่างๆ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อดูความสามารถในการปรับแก้ (Compensation) จากระบบต่างๆ รวมถึงผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย อาทิเช่น ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count: CBC) การทำงานของไต แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ฮอริโมนจากต่อมหมวกไต 2, 3 - bisphosphoglycerate (2, 3 - BPG) ฮอริโมน Erythropoietin (EPO) สารพันธุกรรมเจเคทู (JAK2) รวมถึงระยะเวลาในการศึกษาที่นานมากยิ่งขึ้นและมีขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากกกว่านี้ จึงควรพิจารณาศึกษาเพิ่มดังนี้

1. ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระบบต่างๆจากการใช้หน้ากากอนามัยขณะออกกำลังกายเป็นระยะเวลาสั้นต่อเนื่อง
2. การศึกษาผลจากการใช้หน้ากากอนามัยขณะวิ่งออกกำลังกายต่อระดับแก๊สในเลือดของคนช่วงวัยต่างๆ โดยมีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เพื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. ศึกษาครอบคลุมถึงความเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์และระดับสารพันธุกรรม
4. ศึกษาถึงความสามารถในการปรับตัวของร่างกายรวมถึงความสามารถในการเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพของกระบวนการการปรับแก้ (Compensation)
5. ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้แม้ค่าแก๊สในเลือดโดยรวมจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของช่วงเวลา (ก่อน/หลัง) บ่งชี้ให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงขนาดเล็กซึ่งอาจจะได้รับอิทธิพลมาจากมาตรการบังคับให้ใส่หน้ากากอนามัยทุกช่วงเวลาที่อยู่นอกเคหะสถาน การศึกษาในอนาคตควรจำกัดอิทธิพลนี้ รวมทั้งเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นในการใช้หน้ากากอนามัยกับการออกกำลังกาย

ประโยชน์จากผลการวิจัย

การวิ่งออกกำลังกายจะยังคงเป็นที่นิยมมากยิ่งขึ้น เนื่องเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายที่ง่าย และได้รับแรงผลักดันจากภาครัฐและเอกชน รวมถึงกระแสความนิยมในสื่อโซเชียลมีเดีย อีกทั้งปัญหาของการศึกษานี้ก็ยังมีโอกาสคลี่คลายในเร็ววัน หน้ากากอนามัยจึงยังคงมีความจำเป็น ทำให้ผลจากการศึกษามีประโยชน์ดังนี้

1. ประโยชน์ต่อนักวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อใช้เป็นฐานของการศึกษาในอนาคต รวมถึงวางแผนความหนักในการออกกำลังกายเมื่อจำเป็นต้องใส่หน้ากากอนามัย
2. ประโยชน์ต่อประชาชนในการเฝ้าระวังอันตรายที่มีโอกาสเกิดจากการใส่หน้ากากออกกำลังกาย และออกกำลังกายขณะใส่หน้ากากอนามัยด้วยระดับความหนักที่เหมาะสม
3. ประโยชน์ต่อภาคเอกชนในการพัฒนาหน้ากากอนามัยประสิทธิภาพสูงในป้องกันมลพิษและโรคติดต่อระบบทางเดินหายใจ ที่มีความสามารถระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ประโยชน์ในทางการแพทย์ต่อการวินิจฉัยการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิสภาพของผู้ป่วยที่ใส่หน้ากากอนามัยในการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างๆ

บรรณานุกรม

- American College of Sport Medicine. (2018). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10). China: Wolters Kluwer.
- Barbieri, J. F., Gáspari, A. F., Teodoro, C. L., Motta, L., Castaño, L. A. A., Bertuzzi, R., . . . de Moraes, A. C. (2020). The effect of an airflow restriction mask (ARM) on metabolic, ventilatory, and electromyographic responses to continuous cycling exercise. *PLOS ONE*, *15*(8), e0237010. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237010>
- Blocken, B., Malizia, F., van Druenen, T., & Marchal, T. (2020). Towards aerodynamically equivalent COVID19 1.5 m social distancing for walking and running. *Questions and Answers. Website Bert Blocken, Eindhoven University of Technology (The Netherlands) and KU Leuven (Belgium)*. Disponible su: <http://www.urbanphysics.net/COVID19.html> (ultimo accesso 21 aprile 2020). Retrieved from https://www.euroga.org/system/1/user_files/files/000/045/111/45111/150d3060c/original/Social_Distancing_v20_White_Paper.pdf
- Bloom, B. M., Grundlingh, J., Bestwick, J. P., & Harris, T. (2014). The role of venous blood gas in the Emergency Department: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Emergency Medicine*, *21*(2), 81-88.
- Bourassa, S., Bouchard, P.-A., & Lellouche, F. (2018). Impact of Gas Masks on Work of Breathing, Breathing Patterns, and Gas Exchange in Healthy Subjects. *Respiratory Care*, *63*(11), 1350. Retrieved from <http://rc.rcjournal.com/content/63/11/1350.abstract>
- Bureau Veritas Thailand Ltd. (2021). Bureau Veritas Thailand Ltd. <https://www.bureauveritas.co.th/>
- Byrne, A. L., Bennett, M., Chatterji, R., Symons, R., Pace, N. L., & Thomas, P. S. (2014). Peripheral venous and arterial blood gas analysis in adults: are they comparable? A systematic review and meta-analysis. *Respirology*, *19*(2), 168-175.
- Cambridge dictionary. (Ed.) (2020). online.

- Chandrasekaran, B., & Fernandes, S. (2020). "Exercise with facemask; Are we handling a devil's sword?" – A physiological hypothesis. *Medical Hypotheses*, 144, 110002.
- Córdova, A., & Latasa, I. (2020). Respiratory flows as a method for safely preventing the coronavirus transmission (COVID-19). *Apunts Sports Medicine*, 55(206), 81-85. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666506920300195>
- Division of Tuberculosis. (2021). *National Tuberculosis Control Programme Guideline, Thailand 2021* (Vol. 1). Bangkok: Department of Disease Control, Ministry of Public Health.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149-1160. Retrieved from <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Fikenzer, S., Uhe, T., Lavall, D., Rudolph, U., Falz, R., Busse, M., . . . Laufs, U. (2020). Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clinical Research in Cardiology*. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01704-y>
- IBM Corporation. (2019). IBM SPSS version 26. *Software*.
- Kim, J.-H., Benson, S. M., & Roberge, R. J. (2013). Pulmonary and heart rate responses to wearing N95 filtering facepiece respirators. *American Journal of Infection Control*, 41(1), 24-27. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196655312007171>
- Kylasov, A., & Gavrov, S. (2011). Diversity of sport : non-destructive evaluation. *Encyclopedia of Life Support Systems*, 2, 462-491.
- Lauren, B., Monroe, K., Nguyen, T., Suleiman, F., Tran, K., & Tran, V. (2015). Physiological Change Through Aerobic Exercise Under Hypoxic Conditions With An Elevation Mask. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10106/25257>
- Liu, H., Zhang, X., Zhang, H., Yao, X., Zhou, M., Wang, J., . . . Mao, W. (2018). Effect of air pollution on the total bacteria and pathogenic bacteria in different sizes of particulate matter. *Environmental pollution*, 233, 483-493. Retrieved from

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117307789>

Nakajima, H. (1993). Tuberculosis: a global emergency. *World Health*, 46(4), 3-3.

Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326221/WH-1993-Jul-Aug-p3-eng.pdf>

Nicola, T. L., & Jewison, D. J. (2012). The anatomy and biomechanics of running. *Clinics in sports medicine*, 31(2), 187-201. Retrieved from

[https://www.sportsmed.theclinics.com/article/S0278-5919\(11\)00106-2/abstract](https://www.sportsmed.theclinics.com/article/S0278-5919(11)00106-2/abstract)

Panawala, L. (2018). Difference Between Internal and External Respiration, 2-4. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/318305698_Difference_Between_Internal_and_External_Respiration

Patel S, & Sharma S. (2022). *Respiratory Acidosis* (Up date 2021, 21 June). StatPearls [Internet]: StatPearls

Pifarré, F., Zabala, D. D., Grazioli, G., & de Yzaguirre i Maura, I. (2020). COVID 19 and mask in sports. *Apunts Sports Medicine*. Retrieved from

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666506920300250>

Sellers, J. H., Monaghan, T. P., Schnaiter, J. A., Jacobson, B. H., & Pope, Z. K. (2016).

Efficacy of a ventilatory training mask to improve anaerobic and aerobic capacity in reserve officers' training corps cadets. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 1155-1160.

Shaw, K., Butcher, S., Ko, J., Zello, G. A., & Chilibeck, P. D. (2020). Wearing of Cloth or Disposable Surgical Face Masks has no Effect on Vigorous Exercise Performance in Healthy Individuals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8110.

Suntronwong, N., Thongpan, I., Chuchaona, W., Budi Lestari, F., Vichaiwattana, P.,

Yorsaeng, R., . . . Poovorawan, Y. (2020). Impact of COVID-19 public health interventions on influenza incidence in Thailand. *Pathogens and Global Health*, 114(5), 225-227. Retrieved from

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20477724.2020.1777803>

Thailand Board of Investment. (2563). ข้อมูลทั่วไปด้านประชากร. Retrieved from

<https://www.boi.go.th/index.php?page=demographic&language=th>

Thailand Center of Excellence for Life Sciences (Public Organization). (2563). นวัตกรรม หน้ากากผ่านนาโนกันไวรัส (WIN-Masks: Washable Innovative Nano-Masks) เพื่อป้องกัน COVID-19. Retrieved from <http://www.tcels.or.th/News/Coming-Soon/Activity-News/2060>

Under Armour. (2020). UA Sportmask. Retrieved from <https://www.underarmour.co.th/en-th/ua-sports-mask/>

World Health Organization. (2020). COVID-19: physical distancing. *Outbreaks and emergencies*. Retrieved from <https://www.who.int/westernpacific/emergencies/covid-19/information/physical-distancing>

World Health Organization. (2022). Air pollution. Health Topics website: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

World Health Organization Thailand. (2562). air-pollution. Retrieved from https://www.who.int/docs/default-source/thailand/air-pollution/briefing-on-air-pollution-th-thai.pdf?sfvrsn=408572d4_2

Wu, Y.-C., Chen, C.-S., & Chan, Y.-J. (2020). The outbreak of COVID-19: An overview. *Journal of the Chinese Medical Association : JCMA*, 83(3), 217-220. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32134861>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7153464/>

กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. (2563). คำแนะนำการใช้อุปกรณ์ส่วนบุคคลป้องกันการติดเชื้อ (Personal Protective Equipment, PPE) ฉบับวันที่ 20 เมษายน 2563 (เพิ่มเติม).

กระทรวงสาธารณสุข

http://covid19.dms.go.th/backend///Content/Content_File/Covid_Health/Attach/25630427103258AM_PPE%20COVID-19%20DMS%2025%20apr%202020%20present.pdf.

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2562. In ก. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Ed.). Retrieved

- form http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_book.php?bookid=41
กระทรวงสาธารณสุข. (2561). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ชื่อและอาการสำคัญของ
โรคติดต่ออันตราย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๖๑. ราชกิจจานุเบกษา: ราชกิจจานุเบกษา
Retireved form
http://www.mtc.or.th/law_doc/name_and_symptoms_disease2_2561.pdf.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ชื่อและอาการสำคัญของ
โรคติดต่ออันตราย (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๖๓. ราชกิจจานุเบกษา: ราชกิจจานุเบกษา
Retireved form
http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/048/T_0001.PDF.
- กรีซเพชกร นนทโคตร. (2562). การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. Retireved form
<http://dspace.bru.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/5610/5.%20%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%201%20%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B3%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. (2563). ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ. Retireved form
http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php
- กองสถิติพยากรณ์. (2562). รายงานสถิติรายปีประเทศไทยปี 2562. In สำนักงานสถิติแห่งชาติ
(Ed.). Retireved form <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/pubs/e-book/SYB-2562/files/assets/basic-html/index.html#4>
- เกสรฯ แสนใจบาล. (2550). การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตหน้ากากอนามัยแบบย
สังเคราะห์ชนิดผ้าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่. (บริหารธุรกิจ
มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, บัณฑิตวิทยาลัย. (การค้นคว้าอิสระ, บัณฑิต
วิทยาลัย). Retireved form <http://cmuir.cmu.ac.th/handle/6653943832/8732>
- ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล. (2562). แบบประเมินความพร้อมในการมีกิจกรรมทางกาย PART-Q+ 2019
Thai. Retireved form
<http://doh.hpc.go.th/bs/issueDisplay.php?id=186&category=A04&issue=Physical%20Activity>
- ชาญชัย ขอบธรรมสกุล. (2547). กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยา. In. Retireved form <http://old->

[book.ru.ac.th/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=PE244\(48\)](http://book.ru.ac.th/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=PE244(48))

จิตติอภา ตั้งคำวานิช. (2552). การประเมินระบบหายใจ. In โครงการตำราคณะพยาบาลศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร. Retireved form [http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-)

[learning/BCPN-](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-)

[CAI/7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-CAI/7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf)

[0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-CAI/7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf)

[0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-CAI/7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf)

[0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-CAI/7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf)

[0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf](http://www.nurse.nu.ac.th/web11/E-learning/BCPN-CAI/7%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%88.pdf)

ไทยรัฐออนไลน์. (2563). ยอดผลิตหน้ากากอนามัยพุ่ง 4.2 ล้านชิ้น/วัน ต่ออายุห้ามส่งออกอีก 6

เดือน. ข่าวเศรษฐกิจ. Retireved form

<https://www.thairath.co.th/news/business/1884604>

นฤมล ไชวสูงเนิน. (2561). การสร้างเสริมพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนวัยทำงานเพื่อป้องกันโรค

ความดันโลหิตสูง. PRIMARY HEALTH CARE DIVISION JOURNAL-วารสาร สุขภาพ

ภาค ประชาชน, 12(1).

บริษัท 3เอ็ม (ประเทศไทย) จำกัด. (2563). 3M™ Particulate Respirator 8210Plus, N95

160/Case. ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดของ 3เอ็ม. Retireved form

[https://www.3m.co.th/3M/th_TH/company-th/all-3m-products/~/3M-Particulate-Respirator-8210Plus-N95-160-](https://www.3m.co.th/3M/th_TH/company-th/all-3m-products/~/3M-Particulate-Respirator-8210Plus-N95-160-Case/?N=5002385+3294776411&preselect=3293786499&rt=rud)

[Case/?N=5002385+3294776411&preselect=3293786499&rt=rud](https://www.3m.co.th/3M/th_TH/company-th/all-3m-products/~/3M-Particulate-Respirator-8210Plus-N95-160-Case/?N=5002385+3294776411&preselect=3293786499&rt=rud)

บริษัท สุภาร่า จำกัด. (2021). GQMAX Mask. [https://gqsize.com/products/gqmax-](https://gqsize.com/products/gqmax-mask?gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2vqRI936xwPtE36qSKI-j-bMSEM0u8q6wZcC7KylCqxshg1TOaCFABoCzMMQAvD_BwE)

[mask?gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2vqRI936xwPtE36qSKI-j-](https://gqsize.com/products/gqmax-mask?gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2vqRI936xwPtE36qSKI-j-bMSEM0u8q6wZcC7KylCqxshg1TOaCFABoCzMMQAvD_BwE)

[bMSEM0u8q6wZcC7KylCqxshg1TOaCFABoCzMMQAvD_BwE](https://gqsize.com/products/gqmax-mask?gclid=CjwKCAjwtpGGBhBJEiwAyRZX2vqRI936xwPtE36qSKI-j-bMSEM0u8q6wZcC7KylCqxshg1TOaCFABoCzMMQAvD_BwE)

บริษัท อาดีดาส ประเทศไทย จำกัด. (2563). Adidas FACE COVERS. Retireved form

<https://www.adidas.co.th/th/face-covers-m-l-3-pack/H32391.html>

บริษัท แอสซิคส์ ประเทศไทย จำกัด. (2563). ASICS RUNNERS FACE COVER Retireved form

[https://www.asics.com/th/th-th/mk/face-](https://www.asics.com/th/th-th/mk/face-cover?utm_content=newsfeed&utm_source=facebook&utm_medium=social&utm_campaign=2020-runtofeel-&linkId=95855393)

[cover?utm_content=newsfeed&utm_source=facebook&utm_medium=social&utm_campaign=2020-runtofeel-&linkId=95855393](https://www.asics.com/th/th-th/mk/face-cover?utm_content=newsfeed&utm_source=facebook&utm_medium=social&utm_campaign=2020-runtofeel-&linkId=95855393)

- ปฏินุช เอ็นนมภ. (2557). ทำไมต้องวิ่งมาราธอน. *Srinagarind Medical Journal*, 29(4), 49-49.
- ประวิตร หวังประเสริฐ, & ณรงค์ ศิริตระกุล. (2554). การออกกำลังกาย: การวิ่งสำหรับคนวัยทำงาน. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 3(2). Retireved form <http://journal.pnu.ac.th/ojs/index.php/pnujr/article/view/89/515>
- ปาริชาติ เพิ่มพิกุล. (2554). Polycythemia and Blood Donation. *วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต*, 21, 143-146.
- พิทยา บุญคงเสน, & เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์. (2563). วิชาสรีรวิทยาการกีฬาและการออกกำลัง. Retireved form https://tnsuspb.ac.th/learning/Physiology/html/chapter4/content_4.html
- ภาควิชาเวชศาสตร์ชั้นสูง. (2563). คู่มือการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการกลาง. Retireved form <http://chulalongkornhospital.go.th/itcomputer/wp-content/uploads/2018/10/008-22-3-60.pdf>
- รุ่งชัย ขวณไชยะกุล. (2565). สรีรวิทยาของการฝึกเพื่อความทนทาน, 9. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.dpe.go.th/manual-files-401291791808>
- รุจิเรศ เอื้อพิริยะสกุล, สุณีย์ บวรสุนทรชัย, ยศวิน สกุลกรรณา, สุธิดา สกุลกรรณา, สุธาสินี ทองอ่อน, & เดชวิน หลายศิริเรืองไร. (2558). อุบัติการณ์การบาดเจ็บจากการแข่งวิ่งมาราธอน : งานวิ่งประเพณีกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 15(1), 171-178. Retireved form <http://www.sportscience.or.th/jsst/index.php/2jsst/article/viewFile/298/273>
- วรพรรณ ศิริวัฒน์อักษร, ชัชวาลย์ ศรีสวัสดิ์, นิโบล เนืองตัน, ภัทรบุตร มาศรัตน์, & สมทรง เลขะกุล. (2562). ชีวเคมีของเลือด. In. Retireved form https://www.si.mahidol.ac.th/department/biochemistry/home/md/lecture/biochemistry_of_blood.pdf
- วิชาภรณ์ เลิศวีรพล. (2559). บทที่ 5 การขนส่งและการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด เอกสารประกอบการเรียน. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิภา รัชชัยพิชิตกุล. (2543). การวิเคราะห์ก๊าซจากหลอดเลือดแดง. *บทฟื้นฟูวิชาการ*, 15(2), 107-113. Retireved form http://www.smj.ejnal.com/e-journal/showdetail/?show_detail=T&art_id=473
- วิโรจน์ ไวกวนิชกิจ. (2542). การแปลผลการตรวจวิเคราะห์ BLOOD GAS. *วารสารแพทย์เขต 4*,

18(3), 209-215.

วิลาวัลย์ พิเชียรเสถียร. (2020). การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลสำหรับโรคติดเชื้อโควิด-19ของบุคลากรที่มีสุขภาพ7(1), 7-24. Retrieved from <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/apnj/article/view/241945>

ศิริพันธ์ุ หิรัญญะชาติธาดา. (2563). บทนำระบบหายใจ. ระบบหายใจ. Retrieved from https://meded.psu.ac.th/binlaApp/class02/B4_311_241/Intro2Respiration/index.html

ศูนย์ปฏิบัติการภาวะฉุกเฉิน กรมควบคุมโรค. (2564). รายงานสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ฉบับที่ 539. <https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/situation/situation-no539-250664.pdf>

ศูนย์พัฒนาความรู้กิจกรรมทางกายประเทศไทย. (2560). จำนวนผู้ที่ออกกำลังกายด้วยวิธีการวิ่งในประเทศไทยปี 2559. มหาวิทยาลัยมหิดล:

ศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอ สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (2563). ผู้ประกอบการที่ได้รับฉลากเครื่องหมาย Smart Fabric หน้ากากผ้า. หน้ากากอนามัย. Retrieved from <https://testing.thaitextile.org/wp-content/uploads/2020/09/%E0%B8%9C%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3-%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%89%E0%B8%A5%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2-Smart-Fabric-%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%9C%E0%B9%89%E0%B8%B2.pdf>

สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. (2563). เครื่องหมายคุณภาพสิ่งทอไทย Smart Fabric (หน้ากากผ้า). บริการวิเคราะห์ทดสอบ. Retrieved from https://testing.thaitextile.org/?page_id=5241

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม (Ed.) (2562). สุขภาพคนไทย 2562 : สื่อสังคม สื่อสองคม สุขภาวะ

- คนไทยในโลกไซเบอร์ (Vol. 1). บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน): สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สถาวร จันทรผ่องศรี. (2561). ริงได้ ไม่ใช่แค่ได้ริง (4) (Vol. 1). โรงพิมพ์มติชน: สำนักพิมพ์มติชน.
- สัมฤทธิ์ ลออฉล. (2533). หลักการแปรผลการตรวจวิเคราะห์ก๊าซในเลือดเพื่อวินิจฉัยภาวะความเป็นกรด-ด่างของผู้ป่วย. บทความพิเศษ, 34(12), 913-918. Retireved form <http://clmjournal.org/fileupload/journal/126-1-2.pdf>
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (Ed.) (2017). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ. ศ. 2560-2564). สำนักนายกรัฐมนตรี: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ. (2563). จากฝุ่น PM 2.5 สู่วิถีชีวิต-19: ร่วมฝ่าวิกฤตไปด้วยกัน. Retireved form <http://210.1.23.130/handle/123456789/21711>
- สำนักนายกรัฐมนตรี. (2563). แถลงการณ์สำนักนายกรัฐมนตรี เรื่อง การประกาศสถานการณ์ฉุกเฉินตามพระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ. ๒๕๔๘. ราชกิจจานุเบกษา: ราชกิจจานุเบกษา Retireved form http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/A/024/T_0001.PDF.
- สำนักวันโรค กรมควบคุมโรค. (2561). แนวทางการควบคุมโรคในประเทศไทย พ.ศ. 2561. In. Retireved form https://thaichest.files.wordpress.com/2019/08/ntp_2018.pdf
- สุจิตรา วิณิน. (2020). ภาวะ metabolic acidosis จาก ยา หรือ สาร พิษ. *Thai Journal of Hospital Pharmacy*, 30(3), 198-212.
- สุทัศน์ ขจรบุญ, ปิยะ อัจฉมุงคุณ, นวพร วีรียงกูร, อุดร วงษ์ใหญ่, อัจฉริยะ แพงมา, ชาติชาย สุภาพ, . . . อนุญาตา เผือกขำ. (2557). คู่มือแนวทางการปฏิบัติการส่งต่อผู้ป่วยฉุกเฉินด้วยอากาศยาน พศ 2557 (ส. (สพฉ) Ed. Vol. 1). บริษัท ปัญญามิตร การพิมพ์ จำกัด: สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ).
- อภรณ์ รัชไช. (2560). ระบบแลกเปลี่ยนแก๊ส. ซีวิทยา. Retireved form <https://www.scimath.org/lesson-biology/item/6977-respiratory-system>



ผนวก ก

แบบสอบถามความพร้อมที่จะมีกิจกรรมทางกาย แปลโดย สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพไทย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

แบบสอบถามความพร้อมที่จะมีกิจกรรมทางกาย แปลจาก 2019-PAR-Q+

ส่วนของคำถามทั่วไป

การออกกำลังกาย หรือ กิจกรรมทางกาย มีหลักฐานที่ชัดเจนแล้วว่า มีประโยชน์ต่อสุขภาพ คนส่วนใหญ่ควรมีกิจกรรมทางกายในทุกวันของสัปดาห์ การมีกิจกรรมทางกายมีความปลอดภัยสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ แบบสอบถามนี้จะบอกได้ว่า มีความจำเป็นที่จะขอคำแนะนำเพิ่มเติมจากแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกกำลังกายก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายที่หนักขึ้นจากเดิมที่เคยมีกิจกรรมทางกายหรือไม่

- โปรดอ่านคำถาม 7 ข้อด้านล่างอย่างถี่ถ้วนและตอบด้วยความตั้งใจว่า ใช่ หรือไม่ใช่
- | | ใช่ | ไม่ใช่ |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. คุณเคยได้รับทราบจากแพทย์ว่า เป็นโรคเกี่ยวกับ <input type="checkbox"/> โรคหัวใจ หรือ <input type="checkbox"/> ความดันโลหิตสูง | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. คุณรู้สึกเจ็บที่หน้าอกในขณะที่พัก หรือระหว่างมีกิจกรรมในชีวิตประจำวัน หรือระหว่างออกกำลังกาย | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยเวียนศีรษะจนเสียการทรงตัว หรือเป็นลมไม่รู้สึกตัว หรือไม่ (ในกรณีที่คุณมีอาการอย่างหนักจนทำให้หายใจเร็ว แล็บความถี่การเวียนศีรษะ โปรดตอบว่าไม่ใช่) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. คุณได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหรือมีร่องรอยจากโรคหัวใจหรือโรคความดันโลหิตสูง หรือไม่ (โปรดระบุว่าใช่ ให้ระบุว่าโรคหรือชื่อโรค | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. ปัจจุบันคุณได้รับประทานยาเพื่อรักษาโรคหัวใจ หรือไม่ (โปรดระบุชื่อชนิดและยาที่ได้รับ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. ปัจจุบัน หรือ ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณมีปัญหาเรื่องกระดูกและข้อหรือกล้ามเนื้อเส้นเอ็น ซึ่งอาการจะแย่ลงเมื่อมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น (ในกรณีที่คุณมีปัญหากระดูกข้อ ข้อ กล้ามเนื้อหรือเส้นเอ็นในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา โปรดระบุอาการดังกล่าวโดยละเอียด และไม่มีข้อสงสัยความสามารถในการออกกำลังกายในกิจวัตร ให้ตอบว่าไม่ใช่) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. แพทย์เคยบอกคุณว่า คุณควรได้รับคำแนะนำก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกาย | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

ถ้าตอบว่าไม่ใช่ทุกข้อ คุณสามารถที่จะออกกำลังกายได้ และปลอดภัยในคำประกาศของผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย โดยไม่ต้องตอบคำถามในหน้า 2-3

- ไม่มีการมีกิจกรรมทางกายที่เพิ่มขึ้น โดยตรงสู่ความเสี่ยงต่อสุขภาพหรือกิจกรรมทางกาย
- ใช้คู่มือออกกำลังกายที่สอดคล้องกับสุขภาพและสถานะ International Physical activity guideline (www.who.int/dietphysicalactivity/en/).
- คุณเคยที่จะมีสุขภาพประเมินสมรรถภาพทางกาย (fitness) และประเมินสุขภาพของสุขภาพประจำตัว (health)
- ถ้าคุณอายุมากกว่า 45 ปี และไม่ได้มีข้อสงสัยเกี่ยวกับความแข็งแรงก่อน ให้ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายก่อนเข้าร่วมกิจกรรมทางกายที่มีความหนัก
- ถ้าคุณมีปัญหาเกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย โปรดอ่านแพทย์ ผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพที่ปรึกษา

Participant Declaration (คำประกาศของผู้สมัครเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย)

ข้าพเจ้า ผู้ซึ่งตอบคำถามในคำประกาศนี้ ได้สำนึก (เข้าใจ) โดยละเอียดถึงความเสี่ยงอย่างเต็มที่ และตระหนักดีว่า คำประกาศนี้จะใช้ได้ภายใน 12 เดือนนับจากวันที่ได้ตอบแบบสอบถาม และจะไม่มีผลในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงชื่ออื่น ข้าพเจ้ายินยอมที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับ กิจกรรมทางกายได้สำหรับสถานะนี้กับวิจัยฉบับ โดยผู้จัดศูนย์กิจกรรมทางกายซึ่งไม่เกี่ยวข้องและไม่เปิดเผยและปฏิบัติตามการรักษาความลับตามที่กฎหมายกำหนด

ชื่อ อาศัยที่ วันที่

พยาน อาศัยที่ (กรณีที่ยังไม่บรรลุนิติภาวะ)

ในกรณีที่ตอบไม่ใช่ 1 ข้อ หรือมากกว่า 1 ข้อ ให้ตอบคำถามในหน้า 2-3

⚠ ให้ระมัดระวังกิจกรรมทางกายที่เพิ่มขึ้น ในกรณีนี้

- ✓ คุณอาจต้องเป็นโรคปัจจุบันหรือโรคเรื้อรัง (เช่น เบาหวาน หรือมีไข้) โปรดแจ้งแพทย์หรือให้ทราบก่อนที่เข้าร่วมกิจกรรมทางกาย
- ✓ คุณอาจต้องขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพก่อนออกกำลังกาย ซึ่งให้คำแนะนำใน e-PAR-Q+ www.e-par-q.com ก่อนที่จะใช้คำแนะนำเกี่ยวกับกิจกรรมทางกายที่แนะนำและระดับของกิจกรรมทางกายจากเดิม
- ✓ คุณมีอาการที่รุนแรงของสุขภาพ โปรดอ่านคำถามในหน้า 2-3 หรือปรึกษาแพทย์ ผู้ผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพที่ปรึกษา ก่อนที่จะมีกิจกรรมทางกายที่แนะนำโดยไม่มี

ภาพประกอบ 50 แบบสอบถามความพร้อมที่จะมีกิจกรรมทางกาย

ผนวก ข

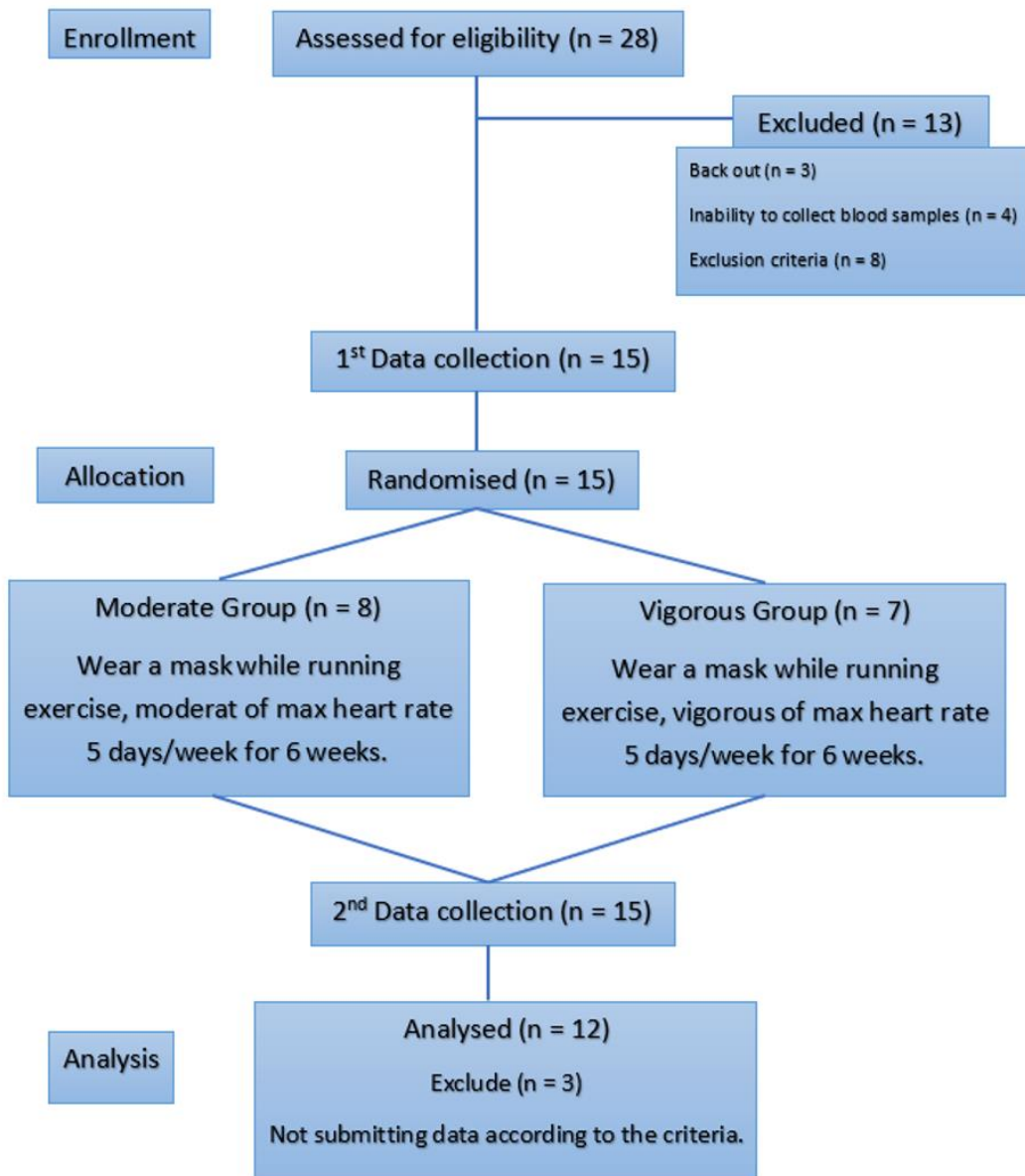
การคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{MAX}) จะคำนวณจากสูตร $208 - (0.7 \times \text{อายุ})$ ซึ่งมาจากงานวิจัยของ Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. ในปี 2011 เรื่อง Age-predicted maximal heart rate revisited. ตีพิมพ์ในวารสาร Journal of the american college of cardiology ฉบับที่ 37 หน้า 153 - 156.

ตัวอย่างที่ 1. เพศชาย สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน 25 อายุ 35 ปี จะสามารถคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดได้ดังนี้ $208 - (0.7 \times 30) = 187$ จากผลลัพธ์นี้ แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะอยู่ที่ 187 ครั้งต่อนาที

ตัวอย่างที่ 2. เพศหญิง สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน 25 อายุ 40 ปี จะสามารถคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดได้ดังนี้ $208 - (0.7 \times 40) = 180$ จากผลลัพธ์นี้ แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะอยู่ที่ 180 ครั้งต่อนาที

ผนวก ค

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย



ภาพประกอบ 51 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ผนวก ง

รูปเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย



ภาพประกอบ 52 หน้ากากอนามัยแบบใช้ซ้ำ ยี่ห้อ GQ รุ่น GQ MAX



ภาพประกอบ 53 นาฬิกาวัดอัตราการเต้นของหัวใจ Huawei band 4



ภาพประกอบ 54 เครื่องวัดความดันโลหิต Citizen รุ่น CH-452-AC



ภาพประกอบ 55 เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย OMRON รุ่น HBF 224



ภาพประกอบ 56 เครื่องวัดออกซิเจนและวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบปลายนิ้ว

JUMPER JPD – 500E



ภาพประกอบ 57 ชุดเจาะหลอดเลือดแดง ยี่ห้อ BD Preset



ภาพประกอบ 58 เครื่องวิเคราะห์ค่าแก๊สในเลือดแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ Radiometer รุ่น ABL Flex
80 Basic

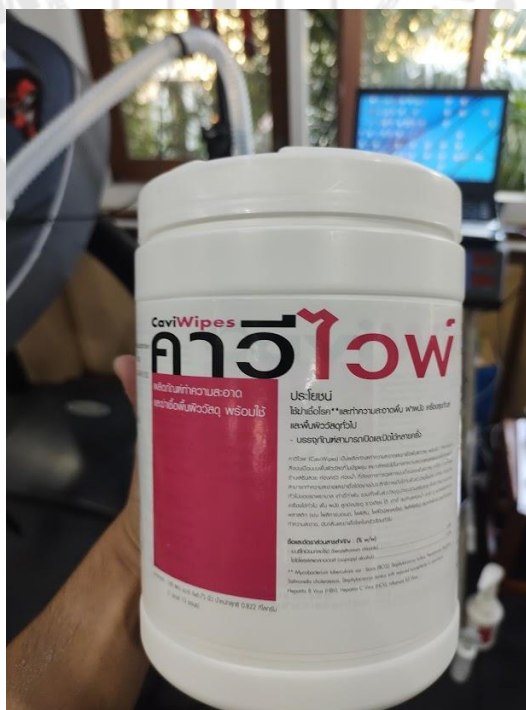


ภาพประกอบ 59 เครื่องวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

และวิเคราะห์แก๊สจากลมหายใจ ยี่ห้อ CardioCoach



ภาพประกอบ 60 หน้ากากอนามัยทางการแพทย์ ยี่ห้อ Welcare



ภาพประกอบ 61 น้ำยาฆ่าเชื้อพื้นผิวยี่ห้อคาวีไวพ์



ภาพประกอบ 62 น้ำยาฆ่าเชื้อเดทตอล



ภาพประกอบ 63 ทีมกู้ชีพและรถพยาบาลฉุกเฉิน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเดชา ชินอักษร
วัน เดือน ปี เกิด	3 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2545 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเอกสุขศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิไล พ.ศ. 2545 วุฒิบัตร หลักสูตร แม็กซี เอ็มบีเอ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย พ.ศ. 2546 ประกาศนียบัตร หลักสูตร เกษตร มินิ เอ็มบีเอ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2562 Certification of Completion Kinesio Taping for Sports Performance Course from Kinesio Taping Association พ.ศ. 2562 วุฒิบัตร การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการด้วยหลักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา พ.ศ. 2563 วุฒิบัตร การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง หลักการปฐมพยาบาลและการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐาน กรมพลศึกษา พ.ศ. 2563 ประกาศนียบัตร การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง หลักการปฐมพยาบาลและการช่วยชีวิตขั้นพื้นฐานสำหรับประชาชน มูลนิธิหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
ที่อยู่ปัจจุบัน	271 ถนนริมคลองประปาฝั่งซ้าย แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร
รางวัลที่ได้รับ	พ.ศ. 2543 เหรียญทองแดง กีฬาดาบสากล ประเภททีมเซเบอร์ชาย กีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28