



ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ  
หายใจในคนสุขภาพดี

Impact of Wildfire Smog on Respiratory Muscles  
Strength in Healthy People

โดย

วิเชียร วงศ์ยัง  
ฉัตรนัยน์ พุฒพิง  
ศศิธร สมจิตต์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด)  
คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2556

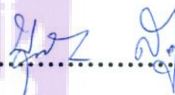
โครงการวิชาชีพ เรื่อง  
ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ  
ในคนสุขภาพดี  
Impact of Wildfire Smog on Respiratory Muscles Strength  
in Healthy People

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา  
เพื่อประกอบการศึกษา  
ระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด)  
เมื่อ วันที่ 27 เดือน กันยายน พ.ศ. 2556



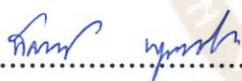
(นายวิเชียร วงค์ยัง)

นิสิต



(อ.ภ.บุญสิตา สายวุฒิกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(นายฉัตรนัยน์ พุ่มพัก)

นิสิต



(อ.ภ.ทัศนวิญา พัดเกาะ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



(นางสาวคศิธร สมจิตต์)

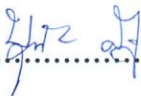
นิสิต

คณะกรรมการสอบโครงการได้อนุมัติให้

วิเชียร วงศ์ยัง  
ฉัตรนัยน์ พุฒพิภ  
ศศิธร สมจิตต์

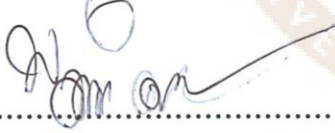
สอบผ่านในรายวิชาโครงการกายภาพบำบัด เรื่อง  
ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ  
ในคนสุขภาพดี  
Impact of Wildfire Smog on Respiratory Muscles Strength  
in Healthy People

เมื่อ วันที่ 27 เดือน กันยายน พ.ศ. 2556



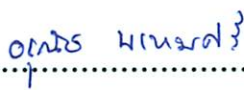
(อ.ภก.บุญสิตา สายวุฒิกุล)

ประธานกรรมการ



(อ.ภก.พุทธิพงษ์ พลคำฮัก)

กรรมการ



(อ.ภก.อรุณีย์ พรหมศรี)

หัวหน้าสาขากายภาพบำบัด



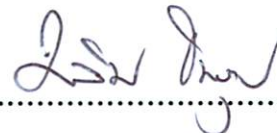
(อ.ภก.เอกราช วงศ์ชายะ)

กรรมการ



(อ.ภก.ทัตติญา พัดเกาะ)

กรรมการ



(รศ.มาลินี ชาญารุณ)

คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

## ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นายวิเชียร วงศ์ยัง
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Wichain Wongyoung
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 21 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดลำพูน
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	192 หมู่ที่ 8 ตำบลศรีวิชัย อำเภอสี จังหวัดลำพูน 51110 E-mail: Tooktik_t7@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนแม่ตื่นวิทยา จังหวัดลำพูน ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลายปีการศึกษา 2552 โรงเรียนธีรกานท์บ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



## ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย

นายฉัตรนัยน์ พุฒฟัก

ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ

Mr. Chatranai Pootfak

วัน เดือน ปี เกิด

วันที่ 9 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2534

สถานที่เกิด

จังหวัดพิจิตร

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

4 หมู่ 6 ตำบลหนองหญ้าไทร อำเภอสามโก้

จังหวัดพิจิตร 66160

E-mail: Chatranai@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2549

โรงเรียนยอแซฟพิจิตร จังหวัดพิจิตร

ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2552

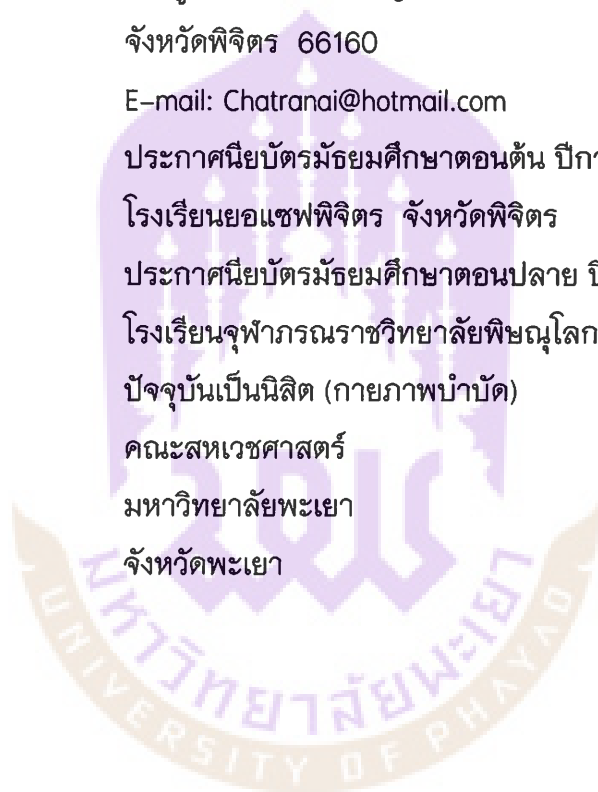
โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัยพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)

คณะสหเวชศาสตร์

มหาวิทยาลัยพะเยา

จังหวัดพะเยา



## ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย นางสาวศศิธร สมจิตต์  
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ Miss Sasithorn somjit  
วัน เดือน ปี เกิด วันที่ 2 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2535  
สถานที่เกิด จังหวัดเชียงใหม่  
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ 13 หมู่ 7 ตำบลศรีดงเย็น อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่  
50320  
E-mail: joongsoo\_jib@hotmail.com  
ประวัติการศึกษา ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2549  
โรงเรียนไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่  
ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2552  
โรงเรียนไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่  
ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)  
คณะสหเวชศาสตร์  
มหาวิทยาลัยพะเยา  
จังหวัดพะเยา

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนสุขภาพดี สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ในครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งได้แก่ อาจารย์บุญลิตา สายวุฒิกุล อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ทัศนวิญา พัดเกาะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ในระหว่างการดำเนินงานการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบโครงการงานวิชาชีวกายภาพบำบัดให้สมบูรณ์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์เอกราช วงศ์ชายะ และ อาจารย์พุทธิพงษ์ พลคำอัยก ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ และร่วมเป็นกรรมการการพิจารณาการสอบโครงการงานวิชาชีพรครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชากายภาพบำบัดคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ทุกท่านที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์และขอขอบคุณอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าในการเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนทำให้การศึกษาในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

วิเชียร

วงศ์ยัง

ฉัตรนัยน์

พุดมพัก

ศศิธร

สมจิตต์

27 กันยายน 2556

## คำรับรอง

ข้าพเจ้านายวิเชียร วงศ์ยัง นายฉัตรนัยน์ พุฒพิก และ นางสาวศศิธร สมจิตต์ นิสิต สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่าโครงการเรื่อง ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนสุขภาพดี (Impact of Wildfires Smog on Respiratory Muscles Strength in Healthy People) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกตัดแปลงมาจากผลการศึกษาผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

วิเชียร                      วงศ์ยัง  
ฉัตรนัยน์                      พุฒพิก  
ศศิธร                              สมจิตต์

27 กันยายน 2556



## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญคำย่อ	vii
บทคัดย่อภาษาไทย	viii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ix
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	4
สมมติฐาน	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
<b>บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม</b>	<b>6</b>
หมอกควันและผลกระทบต่อ	6
โรคปอดถูกจำกัดการขยายตัว	8
การตรวจวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ	9
การตรวจสมรรถภาพปอด	11
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
<b>บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา</b>	<b>19</b>
ขอบเขตงานวิจัย	19
รูปแบบการวิจัย	19
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	19
วัสดุอุปกรณ์และตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	21
ขั้นตอนการศึกษา	25
วิธีการดำเนินการศึกษา	29

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3 (ต่อ)</b>	30
การทดสอบความน่าเชื่อถือ	30
การวิเคราะห์ข้อมูล	31
<b>บทที่ 4 ผลการศึกษา</b>	32
<b>บทที่ 5 วิจัยผลการศึกษา</b>	37
ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความชุกของผู้ที่มีการอุดตันของระบบทางเดินหายใจ	37
ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด	39
สรุปผลการศึกษา	40
ปัญหาและข้อจำกัดในการศึกษา	41
ประโยชน์ของการศึกษาครั้งนี้	41
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	43
<b>ภาคผนวก</b>	46
ภาคผนวก ก แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป	48
ภาคผนวก ข หนังสือแสดงความการเข้าร่วมโครงการวิจัย	52
ภาคผนวก ค ตารางแสดงข้อมูล FEV <sub>1</sub> / FVC , FEV <sub>1</sub> , FVC , PEF ,FEF <sub>25%-75%</sub> , PI max , PE max	56

## สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	กรอบแนวความคิด (conceptual framework) ผลกระทบของหมอกควันต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ	5
รูปที่ 2	เครื่อง Spirometer (MicroLab, CA, USA)	22
รูปที่ 3	แผนผังแสดงขั้นตอนการแปลผลสมรรถภาพปอด	23
รูปที่ 4	เครื่อง Respiratory pressure meter (MicroRPM, CareFusion, United Kingdom)	24
รูปที่ 5	การวัดสมรรถภาพปอด	26
รูปที่ 6	การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า	27
รูปที่ 7	การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก	28
รูปที่ 8	วิธีการดำเนินการศึกษา (study overview design)	29
รูปที่ 9	แสดงขั้นตอนการตัดอาสาสมัคร	33
รูปที่ 10	ร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจ	34
รูปที่ 11	ร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด	35

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	การทดสอบความนำเชื่อก้าวการวัด Forced vital capacity maneuver (FVC) ของ ผู้วิจัย 3 คน	30
ตารางที่ 2	การทดสอบความนำเชื่อก้าวการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจเข้า(PImax) ของผู้วิจัย 3 คน	30
ตารางที่ 3	การทดสอบความนำเชื่อก้าวการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจออก(PEmax) ของผู้วิจัย 3 คน	31
ตารางที่ 4	แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร	33
ตารางที่ 5	ความถี่และร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจ (Obstructive lung abnormality, OLA)	34
ตารางที่ 6	ความถี่และร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก(Restrictive lung abnormality, RLA)	35
ตารางที่ 7	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) (95%CI) ของตัวแปรความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (PImax) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (PEmax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก (RLD) เปรียบเทียบกับค่าปกติ (Norm) ในอาสาสมัคร จำนวน 71 คน	36

## สารบัญคำย่อ

6MWT	=	6-minute walk test
BMI	=	Body mass index
CO	=	Carbon monoxide
COPD	=	Chronic obstructive pulmonary disease
DOE	=	Dyspnea on exertion
FEV1/FVC	=	Forced expiratory volume in first second
FRC	=	Force residual volume
FVC	=	Forced vital capacity
MVV	=	Maximum voluntary ventilation
NO <sub>2</sub>	=	Nitrogen dioxide
O <sub>3</sub>	=	Ozone
PEFR	=	Peak expiratory flow rate
PEmax	=	Maximum expiratory pressure
PImax	=	Maximum inspiratory pressure
PM <sub>10</sub>	=	Particle mass 10
ppm	=	Part per million
RLA	=	Restrictive lung abnormality
RV	=	Residual volume
SCM	=	Sternocleidomastoid muscle
SF-36	=	The short form health survey-36
SO <sub>2</sub>	=	Sulfur dioxide
SVC	=	Slow vital capacity
TLC	=	Total Lung Capacity
VC	=	Low vital capacity
V/Q	=	Ventilation-perfusion ratio

## บทคัดย่อ

หมอกควันไฟป่า (wildfire smog) เป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย สาเหตุของหมอกควันไฟป่าเกิดจากการเผาวัสดุทางการเกษตรหรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทำให้เกิดเขม่าควัน ก๊าซต่างๆ และฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครกรัม (PM<sub>10</sub>) แพร่กระจายในอากาศ เมื่อหายใจเอา PM<sub>10</sub> จะเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (lower respiratory tract) ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบในทุกระบบของร่างกาย (systemic inflammation) โดยจะทำให้อาการของโรคแย่หรือกำเริบขึ้นในกลุ่มผู้ป่วยโรคต่างๆ ส่วนในคนสุขภาพดีจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ลดสมรรถภาพปอด ลดความทนทานการออกกำลังกาย ลดคุณภาพชีวิต และเพิ่มความชุกของภาวะการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก แต่พบว่ายังไม่มีการศึกษาใดที่ศึกษาสาเหตุของการจำกัดการขยายตัวของทรวงอกที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลานาน และ 2) เพื่อศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (P<sub>I</sub>max) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (P<sub>E</sub>max) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน โดยรูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาสำรวจย้อนหลัง (retrospective survey study) ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีจำนวน 120 คน (ชาย 50 คน หญิง 70 คน อายุเฉลี่ย 25-60 ปี) อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ 20 กิโลเมตรรอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจังหวัดพะเยา ไม่ต่ำกว่า 4 ปี โดยวัดสมรรถภาพปอดด้วยเครื่อง Spirometer (MicroLab<sup>TM</sup>, CA, USA) และวัด P<sub>I</sub>max P<sub>E</sub>max ด้วยเครื่อง Respiratory Pressure Meter (MicroLab<sup>TM</sup>, CA, USA) เลือกค่าที่ดีที่สุดเปรียบเทียบกับค่าปกติ พบว่าความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดเท่ากับร้อยละ 59.17 และเฉพาะในผู้ที่มีจำกัดการขยายตัวของปอดที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันไฟป่ามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (P<sub>I</sub>max) ลดลง  $29.26 \pm 24.19$  เซนติเมตรน้ำ ( $p=0.000$ ) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (P<sub>E</sub>max) ลดลง  $76.25 \pm 59.96$  เซนติเมตรน้ำ ( $p=0.000$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติ จึงสรุปได้ว่าคนสุขภาพดีที่สัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ากล้ามเนื้อหายใจออกน้อยกว่าปกติ แสดงว่าหมอกควันไฟป่าเป็นสาเหตุที่ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจลดลง และเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอด

**คำสำคัญ:** หมอกควันไฟป่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ คนสุขภาพดี การจำกัดการขยายตัวของปอด ความชุก

## Abstract

Wildfire smog is one of the major problems in Thailand. It's caused by agricultural burned or forest fired. Various gases and particulate mass of particles smaller than 10 mm in diameter ( $PM_{10}$ ) are produced then spreaded through air. If  $PM_{10}$  is inhaled into a lower respiratory tract, causes the inflammatory process in all human body systems (systemic inflammation). That makes adverse effect on health in patients and healthy people. In healthy people, the smog increases the risk of chronic obstructive pulmonary disease, declines pulmonary function, decreases exercise tolerance, reduces quality of life and surprisingly increases prevalence of restrictive lung abnormality (RLA). However, there is limited information on the factor that causes the abnormality in healthy people who long-term expose the smog. Therefore, the objective of this study are 1) to determine the RLA prevalence of these people and 2) to investigate an inspiratory muscle strength (PImax) and an expiratory muscle strength (PEmax) of people who is diagnosed RLA by standard spirometry. This study had been carried out a retrospective cross-sectional analytic survey in 120 healthy volunteers (50 males and 70 females with age range 25–60 year-old) who lived in the area 20 kilometers around the local air quality monitoring stations more than four years. The FVC maneuver was measured by Spirometer (MicroLab™, CA, USA) and PImax, PEmax were tested by Respiratory Pressure Meter (MicroLab™, CA, USA) the best each value were selected and compared to normal values. The results showed the prevalence of RLA was 59.17 percent, and these RLA people were lower PImax and PEmax than normal values of Thai population which were  $29.26 \pm 24.19$  cmH<sub>2</sub>O ( $p=0.000$ )  $76.25 \pm 59.96$  cmH<sub>2</sub>O ( $p=0.000$ ), respectively. It is concluded that healthy people who exposed the wildfire smog more than four years and was diagnosed RLA have declined inspiratory and expiratory muscle strengths. It also is indicted that wildfire smog is a cause of respiratory muscle strength decreased and is one of the factors that contribute to restrict lung expansion.

**Keywords:** Wildfire smoke ,Respiratory muscle strength , Healthy People , Restrictive lung disease , Prevalence

# บทที่ 1

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาหมอกควันไฟป่า (wildfire smog pollution) เป็นปัญหาสำคัญและเร่งด่วนของประเทศไทย [1] สาเหตุของหมอกควันไฟป่าเกิดจากการเผาวัสดุทางการเกษตรเพื่อเตรียมพื้นที่ในการทำการเกษตรกรรมและการบุกรุกทำลายป่าโดยมนุษย์หรือเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ทำให้เกิดเขม่าควันไฟฟุ้งกระจายในอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide, CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (nitrogen dioxide, NO<sub>2</sub>) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide, SO<sub>2</sub>) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (particle mass 10, PM<sub>10</sub>) [2] เมื่อหายใจเอาฝุ่นละอองที่ปะปนในอากาศเข้าไปในระบบทางเดินหายใจ ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) จะถูกดักจับที่ระบบทางเดินหายใจส่วนต้น (upper-respiratory tract) บริเวณจมูกและลำคอ ซึ่งจะถูกขับออกมาพร้อมกับเสมหะ ส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM<sub>10</sub>) ถือเป็นฝุ่นละอองที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เพราะสามารถแทรกตัวลึกเข้าไปถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (lower respiratory tract) เข้าไปในเนื้อเยื่อปอด (lung parenchyma) เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบในทุกระบบของร่างกาย (systemic inflammation) [3] ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของประชาชนโดยเฉพาะด้านสุขภาพ

หมอกควันไฟป่าที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจทั้งในประชากรที่มีโรคและประชากรสุขภาพดีโดยในกลุ่มผู้ป่วยที่มีโรคระบบหัวใจหรือระบบทางเดินหายใจอยู่ก่อนแล้วจะทำให้อาการของโรคที่เป็นอยู่แย่ลงหรือกำเริบขึ้น โดยพบว่าผู้ป่วยโรคหัวใจจะมีอาการเจ็บหน้าอก (chest pain) หัวใจเต้นเร็ว (rapid heartbeat) หายใจสั้น (shortness of breath) หรือรู้สึกล้า (fatigue) มากยิ่งขึ้น [4] ส่วนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคภูมิแพ้ (respiratory allergies) โรคหอบหืด (asthma) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (chronic obstructive pulmonary disease) เมื่อได้รับหมอกควันจะมีอาการหายใจลำบาก (inability to breath normally) ไอร่วมกับมีเสมหะหรือไม่มีเสมหะ (cough with or without mucous) รู้สึกอึดอัดทรวงอก (chest discomfort) หรือมีเสียงหวีดร่วมกับหายใจสั้นๆ (wheezing and shortness of breath) [5] ส่วนในประชากรที่มีสุขภาพดีจะเกิดอาการแสบตา (stinging eye) ตาแดง (conjunctivitis) น้ำตาไหล (cried) คอแห้ง (feel dry) ระคายคอ (scratchy throat) หายใจสั้น (shortness of breath) เหนื่อยง่าย (dyspnea) และเจ็บแน่นหน้าอก (chest pain) มากยิ่งขึ้น [6]

ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่าจังหวัดที่มีค่าของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) ในปริมาณที่เกินมาตรฐาน ( $PM_{10}$  มากกว่า 120 ppm) [7] ได้แก่จังหวัดแม่ฮ่องสอน น่าน เชียงราย ลำปาง แพร่ พะเยา เชียงใหม่ ลำพูน [1] โดยตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2550 เป็นต้นมา พื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาหมอกควันไฟป่าในทุกช่วงเดือนธันวาคมถึงพฤษภาคมของทุกปี โดยจังหวัดพะเยาซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งที่ประสบปัญหาไฟป่าและหมอกควัน มีข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศอุทยานการเรียนรู้วีนพะเยา ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2553 โดยในปีพุทธศักราช 2556 พบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในเดือนมีนาคมและเมษายนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 208 และ 157 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [7] ตามลำดับ ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของเด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ และประชากรสุขภาพดี [6] บ่งชี้ให้เห็นว่าในช่วงฤดูอากาศแห้งแล้ง คือ ฤดูหนาวถึงฤดูร้อน ส่งผลให้เกิดปัญหาไฟป่า และจังหวัดพะเยาเป็นจังหวัดที่มีภูเขาล้อมรอบ จึงเกิดการสะสมของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในปริมาณที่สูงเกินมาตรฐาน จนเกิดเป็นหมอกควันในอากาศเป็นระยะเวลาานาน ส่งผลกระทบต่อผู้ป่วย ผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรครวมทั้งคนสุขภาพดี

จากการศึกษาเกี่ยวกับผลของหมอกควันไฟป่าในคนสุขภาพดีที่ผ่านมา พบว่าหมอกควันไฟป่ามีผลต่อสุขภาพะด้านต่างๆ เช่น เพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง [8] ลดปริมาตรปอด [9] ลดสมรรถภาพปอด [10] ลดความทนทานการออกกำลังกาย [11] และลดคุณภาพชีวิต [12] โดยการศึกษาผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ เรื่อง ผลของหมอกควันไฟป่าต่อสมรรถภาพปอดและปริมาตรปอดในคนสุขภาพดี [13] ซึ่งศึกษาสมรรถภาพปอดด้านความเร็วการเป่าลมออก (Forced vital capacity maneuver หรือ FVC maneuver) ในคนสุขภาพดีที่สัมผัสฝุ่นควันเปรียบเทียบกับค่าปกติในอาสาสมัครจำนวน 195 คนที่สัมผัสกลุ่มควันเป็นระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 3 ปี พบว่ามีอาสาสมัคร 164 คน (ร้อยละ 84.10) ที่มีค่า  $FEV_1/FVC$  ปกติ ค่า FVC และ FVC %predicted ต่ำกว่าค่าปกติ ซึ่งถือว่าประชากรร้อยละ 84.1 เป็นผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality, RLA) แต่การศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดเท่านั้นไม่ได้ศึกษาว่าเหตุใดเมื่อประชากรสุขภาพดีส่วนใหญ่ที่สัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาานานจึงมีการจำกัดการขยายตัวของปอดเกิดขึ้น

จากสรีรวิทยาเรื่องกลไกการหายใจ (mechanics of breathing) พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกลไกหายใจประกอบด้วย กล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle) ความยืดหยุ่นของปอด

(lung elasticity) ความยืดหยุ่นของผนังทรวงอก (chest wall elasticity) และแรงต้านภายในทางเดินอากาศ (airway resistance) ซึ่งความผิดปกติของการขยายตัวของปอดที่ถูกจำกัด (RLA) มีสาเหตุหลัก 2 สาเหตุ จาก 4 ปัจจัยข้างต้น คือ ความยืดหยุ่นของเนื้อปอด (lung elasticity) ที่ลดลง และหรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength) มีค่าต่ำลง [14] ซึ่งปัจจุบันยังไม่ได้มีการศึกษาใดที่ศึกษาว่าการสัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาเวลานาน (โดยเฉพาะ PM<sub>10</sub>) มีผลเปลี่ยนแปลงความยืดหยุ่นของเนื้อปอดหรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจแต่อย่างใด

ดังนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงเกิดคำถามงานวิจัยที่ว่า ปัจจัยใดระหว่างความสามารถในการยอมตามของเนื้อปอด (lung elasticity) กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดในคนสุขภาพดีที่ได้สัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป โดยในการศึกษานี้จะศึกษาหนึ่งปัจจัยเป็นเบื้องต้นก่อนคือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength) โดยใช้เครื่องประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจแบบไฟฟ้า (electronic respiratory pressure meter)



### วัตถุประสงค์

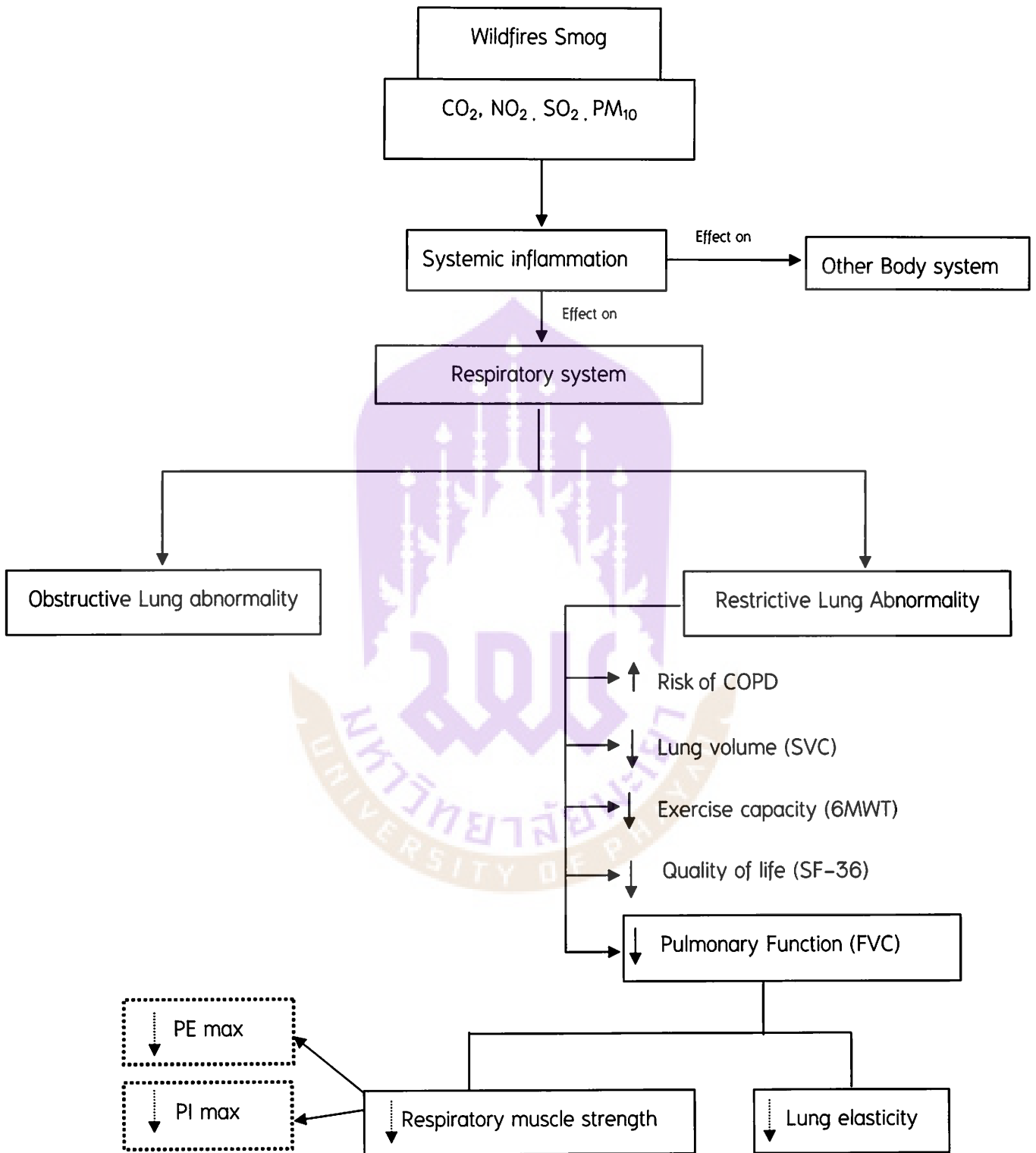
1. เพื่อศึกษาความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลานาน
2. เพื่อศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (maximum inspiratory pressure, PImax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน
3. เพื่อศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (maximum expiratory pressure, PEmax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน

### สมมติฐาน

1. ผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลานานน่าจะมีความชุกมากกว่าผู้ที่มีภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจ (obstructive lung abnormality)
2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (maximum inspiratory pressure, PImax) น่าจะลดลง ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน
3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (maximum expiratory pressure, PEmax) น่าจะลดลง ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปัจจัยที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดในคนที่สัมผัสหมอกควันไฟป่ามาเป็นระยะเวลานาน
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานในหาแนวทางป้องกันโรคระบบทางเดินหายใจที่มีสาเหตุจากหมอกควันไฟป่าต่อไป
3. เป็นการรณรงค์ป้องกันแก้ไขภาวะหมอกควันไฟป่าจากการเผาป่า ซึ่งก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ



รูปที่ 1 กรอบแนวความคิด (conceptual framework) ผลกระทบของหมอกควันต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### 1. หมอกควันและผลกระทบ (Wildfire smoke and its effects)

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง เป็นภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในอากาศ ทั้งในรูปของแข็ง ฝุ่นละออง ไอระเหย หรือก๊าซ รวมทั้งกลิ่น เขม่า ควัน สารกัมมันตรังสี สารประกอบของไฮโดรคาร์บอน พรอท ตะกั่ว ออกไซด์ของไนโตรเจน และคาร์บอน เป็นต้น ซึ่งหากมีสารเหล่านี้ปริมาณมากและเป็นระยะเวลาานจะทำให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสุขภาพอนามัยของมนุษย์สัตว์และพืช สารมลพิษดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ [14] เช่น การบุกรุกทำลายป่าด้วยการเผาโดยมนุษย์ การเผาวัสดุทางการเกษตร รวมถึงการเกิดไฟป่าตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซต่างๆที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O<sub>3</sub>) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO<sub>2</sub>) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) และฝุ่นควันหรือหมอกควันซึ่งจัดเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เป็นต้น

##### 1.1 ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ

ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางอากาศมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารมลพิษ ระยะเวลาที่ได้รับ ตลอดจนภูมิคุ้มกันของร่างกายของแต่ละคน ผลกระทบของก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายดังนี้

1.1.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม รถยนต์ การสูบบุหรี่ ก๊าซชนิดนี้เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และเมื่อหายใจเอาก๊าซ CO เข้าไปจะรวมกับเฮโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง เป็นสารประกอบที่เรียกว่า Carboxyhemoglobin ซึ่งสามารถรวมตัวกับเฮโมโกลบินได้ดีกว่าออกซิเจนถึง 200-500 เท่า ดังนั้นเมื่อหายใจเข้าเอาก๊าซเข้าไป เลือดจะจับกับออกซิเจนได้น้อยลง ทำให้หัวใจต้องสูบน้ำเลือดให้เร็วขึ้น ส่งผลให้หัวใจและปอดต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อจะนำออกซิเจนไปสู่เซลล์ให้เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับปอดและหัวใจ อาการอื่นๆ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ มึนงง ถ้าได้รับก๊าซนี้ปริมาณน้อยๆ แต่เป็นเวลานานจะทำให้ จิตใจและประสาทผิดปกติ อ่อนเพลียไม่มีแรง ความจำเสื่อม เบื่ออาหาร หูอื้อ ถ้าได้รับก๊าซนี้ปริมาณมากเป็นเวลานานอาจเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ [15]

1.1.2 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) เกิดได้จากธรรมชาติ โดยไนโตรเจนและออกซิเจนในบรรยากาศจะรวมตัวกัน และเกิดจากการกระทำของมนุษย์คือ การเผาป่าไม้เกิดเชื้อเพลิงที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเฮโมโกลบินได้เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ทำให้เลือดไม่สามารถนำออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายได้เต็มที่ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการระคายเคืองของเยื่อทางเดินหายใจ ตา และจมูก [15]

1.1.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ( $\text{SO}_2$ ) ในธรรมชาติการที่พวกจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์สาร ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ เมื่อเกิดการสลายตัวจึงทำให้เกิดก๊าซไฮโดรซัลไฟด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุน ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง และระบบทางเดินหายใจ ถ้าได้รับก๊าซนี้อยู่นานๆ จะทำให้เยื่อจมูกอักเสบ หลอดลมอักเสบอย่างเรื้อรัง ถ้าได้รับปริมาณมากๆ ในระยะเวลาอันสั้น อาจทำให้เนื้อเยื่อของทางเดินหายใจบวม หายใจไม่ออกจนถึงแก่ความตาย [15]

1.1.4 ฝุ่นละอองขนาดเล็ก คือ ส่วนผสมของอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ร่วมกับละอองเหลวฝุ่นละอองขนาดเล็ก อาจจะมีคุณสมบัติเป็นกรด สารเคมีอินทรีย์ โลหะ หรือฝุ่นผงขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กสัมพันธ์ที่ทำให้เกิดโรค ขนาดที่มีความสำคัญได้แก่ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Particle matter 10,  $\text{PM}_{10}$ ) เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปทางจมูกถึงหลอดลมและปอดได้ [14] ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน

## 1.2 หมอกควันในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยพบว่ามี 8 จังหวัดที่ประสบปัญหาภาวะมลพิษของค่าน้ำแข็งรุนแรงตั้งแต่ช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 โดยมีแนวโน้มการเพิ่มสูงขึ้นของปริมาณฝุ่น  $\text{PM}_{10}$  โดยส่วนมากเกิดจากการเผาในพื้นที่ป่าทำให้ประชาชนได้รับผลกระทบในหลายจังหวัด เช่น เชียงรายพะเยาลำปางแม่ฮ่องสอนเชียงใหม่ลำพูนน่าน และแพร่ เป็นต้น [16] มักจะพบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนของทุกปีจากผลการศึกษากลุ่มการรักษาผู้ป่วยนอก ในกลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือดทุกชนิด กลุ่มโรคทางเดินหายใจทุกชนิด กลุ่มโรคตาอักเสบ และกลุ่มโรคผิวหนังอักเสบที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในปี พ.ศ. 2550 พบว่าปริมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรขึ้นไป ส่งผลให้ผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าวเป็นโรคหอบหืดและถุงลมโป่งพอง (Emphysema) สูงขึ้น 3.5 เท่า ขณะที่ประชากรทั่วไปจะมีอัตราเสี่ยงต่อการเสียชีวิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.25 [17]

จะเห็นได้ว่าผลของสภาพหมอกควันกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจได้รับผลกระทบมาก เช่น การก่อเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและโรคการจำกัดการขยายตัวของปอด

โดยในการศึกษานี้จะขอกล่าวอธิบายเฉพาะโรคการจำกัดการขยายตัวของปอดซึ่งพบจำนวนมากกว่าของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง จากการศึกษาผลของหมอกควันไฟป่าต่อสมรรถภาพปอดในคนปกติสุขภาพดี [6]

## 2. โรคปอดถูกจำกัดการขยายตัว (restrictive lung disease)

โรคปอดที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ มีหลายชนิด ได้แก่ โรคปอดอักเสบ (pneumonia) โรคระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย (central and peripheral neuropathy) โรคทางเมตาบอลิซึม (metabolic syndrome) โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (muscle weakness) หรือน้ำในช่องเยื่อหุ้มปอด (pleural effusion) เป็นต้น

### 2.1 คำจำกัดความและการจำแนกชนิด

ภาวะปอดถูกจำกัดการขยายตัว คือ ภาวะที่ปอดหรือทรวงอกถูกจำกัดการขยายตัว ทั้งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อปอด (lung parenchyma) เยื่อหุ้มปอด (pleural) ผนังทรวงอก (chest wall) หรือระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular) เป็นต้น

โรคปอดถูกจำกัดการขยายตัวสามารถแบ่งตามสาเหตุสำคัญ ได้แก่ คือ 1) โครงกระดูก 2) เยื่อหุ้มปอด 3) ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ 4) เนื้อเยื่อแทรกเสริม หรือ 5) ภาวะอ้วน เป็นต้น

### 2.2 พยาธิสรีรวิทยา

ความผิดปกติจากโรคปอดถูกจำกัดการขยายตัว ทำให้ปริมาตรปอดลดลง (lung-volume) โดยอาจมีกลไกสำคัญ 2 ประการ คือ (1) ทรวงอก (thoracic cage) มีขนาดลดลง และ (2) มีความผิดปกติของเนื้อปอดโดยตรงได้แก่ โรคพังผืดทรวงอก (fibrothorax) โรคพังผืดในเนื้อหุ้มปอด (diffuse interstitial fibrosis) หรือ โรคปอดอักเสบจากการสำลัก (aspirated pneumonia) เป็นต้น ทำให้เนื้อปอดมี compliance ลดลง มีผลทำให้การกระจายของอากาศไม่ทั่ว (abnormal air-flow distribution) ผู้ป่วยต้องใช้งานในการหายใจ (work of breathing) เพิ่มขึ้น

การกระจายของการระบายอากาศไม่สม่ำเสมอ ทำให้สัดส่วนของ V/Q (ventilation-perfusion ratio) มีค่าลดลง ทำให้เกิดภาวะการพร่องออกซิเจนในเลือด (hypoxemia) และทำให้เกิดการคั่งค้างของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (hypercapnia) ส่งผลให้ผู้ป่วยต้องหายใจเร็วขึ้น กล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานหนักกว่าเดิมเรียกว่า งานของการหายใจ (work of breathing) เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาตรปอดที่ลดลงและ compliance ของปอดมีการลดลง ทำให้ผู้ป่วยต้องการความดันผ่านปอด (transpulmonary pressure) เป็นลบให้มากขึ้น เพื่อให้ได้ความจุ

ปอด (total lung capacity) เท่าเดิม ดังนั้นจะพบว่าผู้ป่วย มักหายใจด้วยรูปแบบเฉพาะที่เรียกว่า Restrictive breathing pattern หรือหายใจตื้นๆ และเร็ว

งานในการหายใจ (work of breathing) ในภาวะที่ปอดมีการถูกจำกัดการขยายตัวใน ขณะที่ร่างกายต้องแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ทำให้กล้ามเนื้อต้องทำงานมากกว่าปกติ รวมไปถึงใช้กล้ามเนื้อคอช่วยในการหายใจ ลักษณะทางคลินิก นอกจากจะพบว่า ผู้ป่วยมีการหายใจเร็วขึ้น (tachypnea) แล้ว ยังพบอาการหอบเหนื่อยทั้งในขณะพัก (resting dyspnea) ขณะพูด (dyspnea of phonation) หรือขณะออกกำลังกาย (dyspnea on exertion : DOE) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการไอ และอ่อนเพลียได้

### 2.3 การตรวจพบทางคลินิก

2.3.1. การขยายตัวของทรวงอกโดยรวมลดลง แสดงถึงปริมาตรปอด (lung volume) และ Compliance ลดลง

2.3.2. กระบังลมเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนและเคลื่อนลงด้านล่างได้น้อยลง

2.3.3. ภาพรังสีทรวงอก อาจพบบอกรได้ว่าปริมาตรปอดลดลง

2.3.4. การวัดปริมาตรปอดทางคลินิก พบว่า ค่าของ FEV1 ปกติ FVC ลดลง สัดส่วนระหว่าง FEV1 และ FVC มีค่าปกติ และ Residual volume (RV) มีค่าลดลงหรือปกติ เมื่อเทียบกับค่าที่ควรจะเป็น (predicted value)

จากพยาธิสรีรวิทยาของโรคที่จำกัดการขยายตัวของปอด จะมีผลต่อการขยายตัวของทรวงอก (chest expansion) ทำให้การระบายอากาศ (ventilation) ไม่มีประสิทธิภาพทำให้การแลกเปลี่ยนอากาศบกพร่อง (gas exchange) ซึ่งเกิดจากปัจจัยระหว่างความสามารถในการยืดหยุ่นของเนื้อปอด (lung elasticity) กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength)

โดยในการศึกษาจะศึกษาเพียงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength) เท่านั้น

### 3. การตรวจวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle strength)

กล้ามเนื้อในการหายใจทำให้เกิดการระบายอากาศเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการหายใจเข้า (inspiratory muscle) คือกระบังลม (diaphragm) เมื่อกระบังลมหดตัว จะทำให้ความดันระหว่างเยื่อหุ้มปอดลดลง (pleural pressure decreased) ผนังทรวงอกขยายตัว (rib cage expansion) เพิ่มความดันในช่องท้อง (abdominal pressure increased) จนเกิดการเคลื่อนของอวัยวะในช่องท้องไปทางด้านหน้า (abdominal outward movement) เกิด

แรงดันลบในทรวงอก (negative intrathoracic pressure) ส่งผลในปอดขยายตัวใหญ่ขึ้น (Lung enlarge) นอกจากนี้กล้ามเนื้อหายใจเข้าที่สำคัญคือ Scalene, Sternocleidomastoid, External intercostals และ Perasternal intercostals ส่วนกล้ามเนื้อหายใจออก (expiratory muscle) ที่สำคัญ คือ กล้ามเนื้อหน้าท้อง (abdominal muscle) โดยเมื่อหดตัวจะทำให้เพิ่มความดันในช่องท้อง แล้วดันกะบังลมขึ้นทำให้เกิดแรงดันบวก (positive intrathoracic pressure) ในทรวงอก ทำให้อากาศเคลื่อนออกจากถุงลม นอกจากนี้กล้ามเนื้อหายใจออกยังประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Internal intercostals และกล้ามเนื้อ Pectoralis

ขณะพัก การหายใจเข้าเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมเป็นหลัก ส่วนการหายใจออกเป็นเพียงแค่การคืนตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม ขณะออกกำลังกาย พบว่าการหายใจเข้ามีกล้ามเนื้ออื่นมาช่วยในการหายใจเข้าด้วย ขณะเดียวกันจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหายใจออกทำงานเพื่อลด Force residual volume (FRC) ส่งผลให้กล้ามเนื้อกะบังลมทำงานได้มากขึ้น โดยพบว่าแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจะมีแรงการหดตัวมากที่สุด ณ ปอดมีปริมาตรเล็กลง ขณะเดียวกันแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจออกจะมากที่สุดเมื่อปอดมีการขยายตัวจนได้ปริมาตรสูง

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle strength) สามารถประเมินโดยการวัด maximum inspiratory pressure (MIP or P<sub>imax</sub> or negative inspiratory force) และ maximum expiratory pressure (MEP or P<sub>E</sub>max) MIP บกป้องถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ diaphragm และกล้ามเนื้อหายใจเข้าอื่นๆ ขณะที่ MEP บ่งบอกถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ abdominal และกล้ามเนื้อหายใจออกอื่นๆ

### 3.1 ข้อบ่งชี้สำหรับการวัด MIP และ MEP

ประกอบด้วย

#### 3.1.1 ความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง (respiratory muscle weakness)

เช่นผู้ป่วยหอบเหนื่อย (dyspnea) ไอไม่มีประสิทธิภาพ (weak cough)

ผู้ป่วยระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular disease)

#### 3.1.2 Spirometer ตรวจพบรูปแบบการถูกจำกัด (pattern of restriction) การ

ลดลงของปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรก (reduced forced

expiratory volume in on second, FEV<sub>1</sub>) ลดลงของปริมาตรสูงสุดของ

อากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุด (reduced forced vital

capacity, FVC) อัตราส่วนของ FEV<sub>1</sub>/FVC ปกติ (normal FEV<sub>1</sub> / FVC ratio)

ลดลงของความจุปอดรวม (Total Lung Capacity, TLC) และการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle weakness) ในการวินิจฉัยแยกโรค

3.1.3 Spirometer ตรวจพบความจุชีพลดลง (Low vital capacity, VC) โดยไม่ทราบสาเหตุและการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle weakness) ในการวินิจฉัยแยกโรค

3.1.4 Spirometer ตรวจพบความสามารถในการหายใจสูงสุดลง (low maximum voluntary ventilation) โดยไม่ทราบสาเหตุและการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle weakness) ในการวินิจฉัยแยกโรค

3.1.5 ประเมินการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มขึ้น เท่าเดิมหรือลดลง

3.1.6 เพื่อดูการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงของอุบัติการณ์ความพิการในผู้สูงอายุ ผู้ที่นอนโรงพยาบาลผู้ป่วยที่เสียชีวิตด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและผู้ป่วยที่เสียชีวิตด้วยโรคหัวใจล้มเหลว

#### 4. การตรวจสมรรถภาพปอด (Pulmonary function test)

การตรวจสมรรถภาพปอด เป็นการตรวจที่สำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่งในกระบวนการวิจัย ประเมินและติดตามผลการรักษาโรคระบบการหายใจ เช่น โรคหอบหืด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคปอดจากการทำงาน เป็นต้น นอกจากนี้การตรวจสมรรถภาพปอดยังสามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมของการทำงานของปอดก่อนที่อาการแสดงทางคลินิกจะเริ่มปรากฏ [13] ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการตรวจ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แน่นอนถูกต้องมาใช้ประกอบการประเมิน หรือวินิจฉัยผู้ป่วยที่มีปัญหาทางระบบทางเดินหายใจ ซึ่งวัตถุประสงค์โดยทั่วไปในการตรวจสมรรถภาพปอดมีดังนี้

- 1.) ตรวจหาความผิดปกติของระบบหายใจ
- 2.) ประเมินความรุนแรงของความผิดปกติที่เกิดขึ้น
- 3.) เฝ้าติดตามการดำเนินของโรค
- 4.) ประเมินการตอบสนองต่อยาที่ใช้รักษา
- 5.) เป็นข้อมูลในการเฝ้าติดตามการดำเนินของโรค
- 6.) ประเมินความเสี่ยงก่อนการผ่าตัด
- 7.) ศึกษาทางระบาดวิทยา

นอกจากนี้ในการตรวจสอบสมรรถภาพปอดยังต้องพิจารณาถึง การเลือกใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐาน วิธีการตรวจที่ถูกต้อง การแปลผลการตรวจอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยใช้ค่าปกติที่เหมาะสม [21]

#### 4.1 การวัดการระบายอากาศ (Measurement of ventilator function)

การวัดการระบายอากาศ หมายถึงการทดสอบสมรรถภาพปอดที่อาศัยการวัดอัตราการระบายและปริมาตรของลมหายใจเข้า-ออก เป็นการตรวจสอบสมรรถภาพปอดที่ถือเป็นพื้นฐานที่ใช้บ่อยที่สุด เพราะทำได้ง่ายและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เรียกการตรวจสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธีการวัดปริมาตรและอัตราการระบายลมเข้าออกว่า สไปโรมิเตอร์ (Spirometer) ซึ่งใช้ในการตรวจวินิจฉัยแยกโรคที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung disease) และโรคหลอดลมอุดกั้นจากสาเหตุต่างๆ (obstructive airway diseases) [21]

#### 4.2 สไปโรเมตรี (Spirometry)

สไปโรมิเตอร์ หมายถึงการตรวจสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธีการวัดปริมาตรและอัตราการระบายลมที่หายใจเข้าและออกจากปอด เรียกเครื่องมือที่ใช้วัดว่า สไปโรมิเตอร์ (Spirometer) ค่าที่เราวัดได้จากการทำสไปโรเมตรีได้แก่

4.2.1 Force expiratory volume in one second ( $FEV_1$ ) คือ ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการทำ FVC maneuver มีหน่วยเป็น “ลิตร” ซึ่งค่านี้จะต่ำกว่าปกติในกรณีที่มีหลอดลมอุดกั้น

4.2.2  $FEV_1 / FVC$  คำนวณได้จากการนำค่า  $FEV_1$  หารด้วย FVC และคูณด้วย 100 หน่วยเป็น “ร้อยละ” เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า percent  $FEV_1$  (%  $FEV_1$ ) หมายถึงปริมาตรของลมที่เป่า ออกได้ในวินาทีแรกเทียบกับปริมาตรของลมที่เป่าออกได้ทั้งหมดค่า  $FEV_1/FVC$  เป็นข้อมูลดีที่สุดในที่แสดงถึงการอุดกั้นของหลอดลม

4.2.3 Forced vital capacity (FVC) เป็นปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่จนสุด จากตำแหน่งที่หายใจเข้าเต็มที่ มีหน่วยเป็นลิตร

4.2.4 Forced expiratory flow at 25 – 75% of FVC ( $FEF_{25-75\%}$ ) เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของอากาศในช่วงกลางของ FVC มีหน่วยเป็น “ลิตรต่อวินาที” หรือ “ลิตรต่อนาที” ที่ BTPS การทดสอบนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในหลอดลมขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 2 มิลลิเมตร ข้อเสียคือความสามารถในการให้ผลซ้ำ (reproducibility) ต่ำกว่าค่า  $FEV_1$  มีความจำเพาะต่ำ (specificity) และจะยากต่อการแปลผลในกรณีที่มีการลดลงของ  $FEV_1$  หรือ FVC

4.2.5 Peak expiratory flow rate (PEFR) คือความเร็วสูงสุดของลมที่เป่าออกมาได้หน่วยเป็น “ลิตรต่อนาที” [13]

4.3 ปริมาตรของลมที่เป่าออกได้ในวินาทีแรกเทียบกับปริมาตรของลมที่เป่าออกได้ทั้งหมด ( $FEV_1 / FVC$  หรือ percent  $FEV_1$  หรือ %  $FEV_1$ )

โดยคนปกติลมที่เป่าออกในวินาทีแรกจะมากกว่าร้อยละ 70 ของลมที่เป่าออกได้ทั้งหมดนั่นก็คือค่า  $FEV_1 / FVC$  จะมากกว่าร้อยละ 70 ดังนั้นเมื่อมีการอุดกั้นทางเดินหายใจ ค่า  $FEV_1 / FVC$  จะน้อยกว่าร้อยละ 70 โดยค่า  $FEV_1 / FVC$  เป็นข้อมูลที่ดีที่สุดที่แสดงถึงการอุดกั้นของหลอดลม

#### 4.4 ข้อบ่งชี้ของการทำสไปโรเมตรี

##### 4.4.1 เพื่อการวินิจฉัยโรค

4.4.1.1 ในผู้ที่มีอาการอาการแสดง หรือผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่ผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากโรกระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ อาการเหนื่อย ไอ หายใจมีเสียงหวีด เจ็บหน้าอก หรือ ตรวจร่างกายพบเสียงหายใจผิดปกติ ทรวงอกผิดปกติ หรือ ภาพรังสีทรวงอกผิดปกติ ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น หรือ ตรวจพบออกซิเจนในเลือดแดงต่ำ หรือ คาร์บอนไดออกไซด์สูง เป็นต้น

4.4.1.2 ในรายที่เป็นโรคที่มีผลต่อการทำงานของระบบหายใจ เพื่อประเมินความรุนแรง

4.4.1.3 ในผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรกระบบการหายใจ ได้แก่ สูบบุหรี่ อาชีพที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดจากการประกอบอาชีพ เช่น ทำงานเหมืองแร่ ฯลฯ

4.4.1.4 ประเมินความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนด้านระบบหายใจในผู้ป่วยก่อนการผ่าตัด

##### 4.4.2 ติดตามการรักษาหรือการดำเนินโรค

4.4.2.1 ติดตามผลการรักษา ได้แก่ ผลของยาขยายหลอดลมในผู้ป่วยที่มีการอุดกั้นของหลอดลม ประเมินผลของยาสเตียรอยด์ในผู้ป่วยหอบหืด หรือ Interstitial lung disease เป็นต้น

4.4.2.2 ติดตามการดำเนินโรค เช่น ผู้ป่วยที่มีการอุดกั้นของหลอดลม Interstitial lung disease, Neuromuscular disease เช่น Guillain–Barre syndrome เป็นต้น

4.4.2.3 ติดตามผู้ป่วยที่มีอาชีพเสี่ยงต่อการเกิดโรกระบบหายใจจากการประกอบอาชีพเสี่ยงต่อการเกิดโรกระบบหายใจจากการประกอบอาชีพ

#### 4.4.2.4 ติดตามผลข้างเคียงของยาที่มีผลต่อระบบการหายใจ เช่น

Amiodarone

4.4.3 ประเมินความทุกข์ทรมาน ในผู้ป่วยที่เกิดโรคจากการทำงาน ประเมินความเสี่ยง เพื่อทำประกันสุขภาพ

4.4.4 การสำรวจสุขภาพชุมชน และ การศึกษาทางระบาดวิทยา [13]

### 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2002 Maranetra KN และคณะ [23] ได้ศึกษาเกี่ยวกับความชุกและอุบัติการณ์ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในผู้สูงอายุของเมืองกรุงเทพมหานคร ปอดอุดกั้นเรื้อรังส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการดูแลสุขภาพในผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายจากความชุกและอุบัติการณ์ที่สะท้อนให้เห็นถึงระดับปัญหาของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง การศึกษาทางระบาดวิทยาโดยใช้เกณฑ์ในการวินิจฉัยปอดอุดกั้นเรื้อรังโดยใช้ FEV<sub>1</sub>/FVC ที่น้อยกว่า 70% และการเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่า 15% จากการได้รับยาขยายหลอดลม ในกรณีที่พบพยาธิสภาพหัวใจโตในการเอกซเรย์ (ด้านหลัง-หน้า ด้านข้าง) พบความชุก (1998) ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 3094 ในผู้สูงอายุที่อายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 10 กิโลเมตรรอบโรงพยาบาลศิริราช คิดเป็น 7.11% (95% CI:6.21-8.01) ขณะที่อัตราการเกิด (1999) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเป็น 3.63% (95% CI:2.83-4.43) ทั้งความชุกและอุบัติการณ์ที่เพิ่มขึ้นกับอายุที่เพิ่มขึ้น โรคที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่พบในผู้ชายที่สูบบุหรี่ การกระจายในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ระดับเล็กน้อย:ปานกลาง:รุนแรง ในการศึกษาความชุกเป็น 5.6:2.2:1 ผลการวิจัยในปัจจุบันบ่งบอกว่าการสูบบุหรี่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและมลพิษในสภาพแวดล้อมที่ปิด โดยเฉพาะการทำอาหารในบ้านแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุบัติการณ์ที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับความชุกในประชากรกลุ่มนี้อาจหมายถึงสิ่งแจ้งเตือนเพื่อที่จะผลิตนโยบายแห่งชาติที่จะส่งเสริมสุขภาพอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพและสามารถป้องกันโรค ป้องกันการสูญเสียทางสังคมและเศรษฐกิจในอนาคต

ในปี พ.ศ. 2548 อรวรรณ โพนเงิน [24] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและอายุ เพศ น้ำหนักและส่วนสูง ในอาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 249 คน (หญิง 122 และ ชาย 127 คน) อายุ 30-70 ปี แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 30-39, 40-49, 50-59 และ 60-70 ปี ในเพศหญิงและเพศชาย ตัวแปรในการศึกษานี้ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก วัดโดยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ทำการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจำนวน 10 ครั้ง และกล้ามเนื้อหายใจ

ออก จำนวน 12 ครั้ง นำค่าที่สูงที่สุดมาวิเคราะห์ผลผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าในเพศหญิงอายุ 30-39, 40-49, 50-59 และ 60-70 ปี เท่ากับ  $93.13 \pm 26.38$ ,  $94.20 \pm 29.96$ ,  $84.41 \pm 24.09$  และ  $71.90 \pm 20.75$  ซม.น้ำ ตามลำดับ และกล้ามเนื้อหายใจออกเท่ากับ  $94.45 \pm 31.19$ ,  $95.03 \pm 33.99$ ,  $99.94 \pm 28.83$  และ  $79.90 \pm 25.55$  ซม.น้ำ ตามลำดับ ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าในเพศชาย อายุ 30-39, 40-49, 50-59 และ 60-70 ปี เท่ากับ  $133.27 \pm 23.94$ ,  $131.38 \pm 30.11$ ,  $118.16 \pm 31.17$  และ  $105.81 \pm 18.09$  ซม.น้ำ ตามลำดับและกล้ามเนื้อหายใจออกเท่ากับ  $177.03 \pm 42.42$ ,  $184.25 \pm 47.43$ ,  $159.10 \pm 55.24$  และ  $160.32 \pm 45.98$  ซม.น้ำ ตามลำดับโดยที่ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า เพศมีผลการความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและหายใจออก โดยเพศชายมีค่ามากกว่าเพศหญิง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าลดลงเมื่ออายุมากกว่า 60 ปีแต่อายุไม่มีผลต่อกล้ามเนื้อหายใจออกทั้งสองเพศ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ามีความสัมพันธ์กับอายุและน้ำหนักทั้งสองเพศ และสัมพันธ์กับส่วนสูงเฉพาะในเพศชาย ส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกไม่มีความสัมพันธ์กับอายุ น้ำหนักและส่วนสูงในทั้งสองเพศสมการความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าในเพศหญิงเท่ากับ  $77.57 - 0.59 \text{ อายุ} + 0.62 \text{ น้ำหนัก}$  และเพศชายเท่ากับ  $124.39 - 0.91 \text{ อายุ} + 0.63 \text{ น้ำหนัก}$  ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในเพศหญิงมีค่าน้อยกว่าเพศชาย ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าในคนไทย คาดคะเนค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจากสมการและอาจนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกเพื่อคัดกรองได้

ในปี ค.ศ. 2008 J.R.Swiston และคณะ [3] ได้ศึกษาเรื่องระดับวิทยาที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสบุหรี่หรือชีวมวลกับภาวะแทรกซ้อนของหัวใจ ซึ่งกลไกความสัมพันธ์นี้ยังไม่ชัดเจนมากนัก จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้คือ อธิบายลักษณะการเกิดโรคปอดแบบเฉียบพลันและการเกิดการอักเสบจากการสัมผัสกับควันไฟป่า จากนักดับเพลิงไฟฟ้าตามฤดูกาล ( $n = 52$ ) ซึ่งได้รับคัดเลือกก่อน และ/หรือ หลังจากวันดับเพลิง ประเมินโดยใช้แบบสอบถามและการวัดระดับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ การตอบสนองที่มีผลต่อปอดได้รับการประเมินโดยใช้แบบสอบถาม การเป่าสไปโรเมตริย์ และการมีเสมหะ การวัดจำนวนเซลล์เม็ดเลือดและการอักเสบมีการวัดเพื่อกำหนดผลต่อการตอบสนอง การประมาณอนุภาคที่อยู่ในทางเดินหายใจมีอยู่ในระดับที่สูง ( $\text{Peak levels} > 2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) ในระหว่างกิจกรรมที่ใช้ในการดับเพลิง ผลการศึกษาพบว่า อากาศทางระบบหายใจที่ได้รับการรายงานจากนักดับเพลิงมีถึงร้อยละ 65 ของกลุ่มตัวอย่างแกรนูโลไซต์ในเสมหะเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.55 ถึง 10.9 การเปลี่ยนแปลงของนักดับเพลิงมีดังต่อไปนี้ มีการเพิ่มขึ้นของการไหลเวียนเซลล์เม็ดเลือดขาว

( $5.55 \times 10^9$  ถึง  $7.06 \times 10^9 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ ) และ Band cell ( $0.11 \times 10^9$  ถึง  $0.16 \times 10^9 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ ) ระดับ Serum interleukin (IL)-6, IL-8 และ Monocyte chemotactic protein-1 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ Band cells IL-6 และ IL-8 มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง Macrophages ในเสมหะและการไหลเวียนของ Band cellสรุปผลได้ว่าการรับสารอย่างเฉียบพลันกับมลพิษทางอากาศจากควันไฟป่ามีการอักเสบภายในปอดและมีการตอบสนองต่อการอักเสบ

ในปี พ.ศ. 2552 วไลพร พรหมณัฐ [25] ได้ศึกษาสมรรถภาพปอดและอาการที่ผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจของคณงานเผาถ่านและศึกษาความแตกต่างของสมรรถภาพปอดระหว่างคณงานเผาถ่านกับเกษตรกรสวนยาง ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี การศึกษาทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มศึกษาเป็นคณงานเผาถ่านและกลุ่มเปรียบเทียบเป็นเกษตรกรสวนยาง ซึ่งทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์อาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและตรวจสมรรถภาพปอด โดยใช้เครื่องมือ Spirometer และ Peak flow meter ผลการศึกษาอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ พบว่ากลุ่มศึกษามีอาการไอ ร้อยละ 84 มีเสมหะร้อยละ 82 แน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก ร้อยละ 42 หายใจมีเสียงหวีด ร้อยละ 38 ระคายจมูก ร้อยละ 80 และมีอาการคัดจมูก น้ำมูกไหล ร้อยละ 26 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอาการไอมีเสมหะ กลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบมีอาการร้อยละ 40 และ 32 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม และผลจากการทดสอบสมรรถภาพปอดด้วย Spirometer พบว่า คณงานเผาถ่านมีผลสมรรถภาพปอดผิดปกติ คิดเป็นร้อยละ 2 โดยมีความผิดปกติแบบ Mild obstructive ขณะที่กลุ่มเกษตรกรสวนยางไม่มีผลสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติและคณงานเผาถ่านมีค่าเฉลี่ยของ FVC%, FEV<sub>1</sub>%, FVC%, FEV<sub>1</sub>/FVC% และ PEF% ต่ำกว่าเกษตรกรสวนยางเล็กน้อย ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า FEV<sub>1</sub>/FVC% และ PEF% ส่วนการทดสอบสมรรถภาพปอดด้วย Peak flow meter พบว่า ผู้ที่ปฏิบัติงานเผาถ่านจะมีค่า Peak expiratory flow rate (PEFR) น้อยกว่าผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรสวนยาง โดยเฉพาะในช่วงระยะเผาไม้ ที่มีขั้นตอนการเปิดช่องใส่ไฟและเปิดปล่องเร่งไฟ และระยะเผาไม้ที่ทำการปิดช่องใส่ไฟและปิดปล่องเร่งไฟ ผู้ที่ประกอบอาชีพเผาถ่านจะมีค่า PEFR น้อยกว่าผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรสวนยางอย่างมีนัยสำคัญ

ในปี พ.ศ. 2555 ทศวิญา พัดเกาะ [13] ได้ศึกษาผลของหมอกควันต่ออัตราการไหลของอากาศขณะหายใจออกสูงสุด (Peak expiratory flow rate, FEER) เปรียบเทียบกับค่าปกติและความเสี่ยงของการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในคนปกติสุขภาพดีที่สัมผัสฝุ่นควัน รูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาสำรวจย้อนหลัง ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีจำนวน 400 คน (ชาย

170 คน หญิง 230 คน อายุเฉลี่ย  $46.11 \pm 9.49$  ปี) อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ 20 กิโลเมตร รอบมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งอาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวไม่ต่ำกว่า 2 ปี โดยวัด PEFR ทั้งหมด 3-8 ครั้ง ด้วยเครื่อง Mini Wright peak flow meter เลือกค่าที่ดีที่สุด 3 ค่า เปรียบเทียบกับค่าปกติ และกรอกแบบประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังฉบับภาษาไทย ประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อ 5 คะแนน หากมีคะแนนตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป ถือว่าเป็นผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผลการศึกษาพบว่า หมอกควันมีผลทำให้กลุ่มอาสาสมัครมีค่า PEFR น้อยกว่าค่าปกติเท่ากับ  $46.13 \pm 82.05$  ลิตรต่อวินาที ( $p = 0.00$ ) จากคะแนนความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในกลุ่มอาสาสมัคร 400 คน พบร้อยละ 7.3 มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค และพบความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง PEFR เทียบกับค่าปกติและคะแนนความเสี่ยงของการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ ( $r^2 = -0.215$ ,  $p = 0.00$ ) สรุปผลการศึกษาครั้งนี้ ผลของหมอกควันทำให้เกิดความผิดปกติของทางเดินอากาศส่วนต้น ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคเรื้อรังทางระบบหายใจตามมาได้ และในคนปกติสุขภาพดีที่สัมผัสฝุ่นควันมีความชุกของความเสี่ยงการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังสูง

ในปี พ.ศ. 2555 สุชาติดา มั่นเขตกร [10] ได้ศึกษาผลของหมอกควันไฟป่าต่อสมรรถภาพปอดในคนปกติสุขภาพดี ที่สัมผัสฝุ่นควันเปรียบเทียบกับค่าปกติ โดยรูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาสำรวจวิเคราะห์แบบตัดขวาง ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีจำนวน 211 คน (ชาย 80 คน หญิง 131 คน อายุเฉลี่ย  $46.07 \pm 9.78$  ปี) อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ 20 กิโลเมตร รอบมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งอาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวไม่ต่ำกว่า 3 ปีโดยวัด FEV<sub>1</sub>/FVC ทั้งหมด 3-8 ครั้ง ด้วยเครื่อง spirometer (Micro lab™, CA, USA) เลือกค่าที่ดีที่สุด 3 ค่าเปรียบเทียบกับค่าปกติ ผลการศึกษาพบว่า หมอกควันมีผลทำให้กลุ่มอาสาสมัครมีสัดส่วนระหว่างค่า FEV<sub>1</sub>/FVC ปกติ คือเฉลี่ยเท่ากับ  $92.71 \pm 6.04$  (95%CI, 91.87 - 93.56) หรือคิดเป็นร้อยละ  $108.07 \pm 7.02$  ของค่าปกติของประชากรไทย ส่วนปริมาตรลมหายใจขณะแบ่งออกมากและเร็วที่สุด (FVC) ส่วนปริมาตรอากาศขณะหายใจออกแรงและเร็วที่สุดใน 1 วินาที (FEV<sub>1</sub>) พบว่าค่าต่ำกว่าค่าปกติของประชากรไทย เท่ากับ  $-0.48 \pm 0.44$  ลิตร ( $p=0.000$ ) และ  $-0.21 \pm 0.40$  ลิตร ( $p=0.000$ ) ตามลำดับ สอดคล้องกับอัตราการไหลของการอากาศหายใจออกสูงสุด (PEF) ที่ต่ำกว่าค่าปกติเช่นกัน ส่วนอัตราการหายใจออกสูงสุดในช่วงกลางของการแบ่งลมหายใจออก (FEF<sub>25%-75%</sub>) ปกติ ผลการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่า สัดส่วนระหว่าง FEV<sub>1</sub>/FVC (FEV<sub>1</sub>%) มีค่าปกติซึ่งบ่งบอกว่า ไม่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจในประชากรส่วนใหญ่ แต่พบว่ามีค่า FVC ต่ำกว่าค่าปกติ แสดงให้เห็นว่ามีการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอกในประชากรส่วนใหญ่ และค่าความชุกของผู้ที่มีการอุดกั้นของทางเดินหายใจและความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการ

ขยายตัวของปอดด้วยเครื่อง สไปโรเมตรีที่ที่มีความน่าเชื่อถือในการวัดและวินิจฉัย โดยมีค่าความชุกเท่ากับ 11.85 และ 79.15 ต่อประชากร 100 คน ตามลำดับ ดังนั้นการสัมผัสหมอกควันต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป ทำให้เนื้อปอดสูญเสียความสามารถในการขยายตัว ส่งผลเกิดจากการจำกัดการขยายตัวของปอดเกิดขึ้นในประชากรร้อยละ 79.15

ดังนั้น จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงเกิดคำถามงานวิจัยที่ว่า ปัจจัยใดระหว่างความสามารถในการยอมตามของเนื้อปอด (lung elasticity) กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดในคนปกติสุขภาพดีที่ได้สัมผัสหมอกควันไฟฟ้าเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป โดยในการศึกษานี้จะศึกษาหนึ่งปัจจัยเป็นเบื้องต้นก่อนคือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (respiratory muscle strength) โดยใช้เครื่องประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจแบบไฟฟ้า (electronic respiratory pressure meter)



## บทที่ 3

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

#### ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยาซึ่งต้องเป็นผู้ที่อาศัยอยู่ในช่วงเวลาดังต่อไปนี้
  - ธันวาคม 2552 ถึงพฤษภาคม 2553
  - ธันวาคม 2553 ถึงพฤษภาคม 2554
  - ธันวาคม 2554 ถึงพฤษภาคม 2555
  - ธันวาคม 2555 ถึงพฤษภาคม 2556 [7]
2. ระยะทางจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณอุทยานการเรียนรู้กว๊านพะเยาในรัศมีประมาณ 20 กิโลเมตร [15]

#### รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบการสำรวจย้อนหลัง (retrospective survey study)

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย  
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มคนที่มีสุขภาพดีเพศชายและเพศหญิงอายุระหว่าง 25-60 ปี [16] อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ 20 กิโลเมตร [15] รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณอุทยานการเรียนรู้กว๊านพะเยา
2. เกณฑ์การคัดเลือก (inclusion criteria) ประกอบด้วย
  1. อาสาสมัครสุขภาพดีทั้งเพศชายและเพศหญิง
  2. อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยาไม่น้อยกว่า 4 ปีและต้องอาศัยอยู่ในช่วงเดือน
    - ธันวาคม 2552 ถึงพฤษภาคม 2553
    - ธันวาคม 2553 ถึงพฤษภาคม 2554
    - ธันวาคม 2554 ถึงพฤษภาคม 2555
    - ธันวาคม 2555 ถึงพฤษภาคม 2556 [7]

3. อายุระหว่าง 25 – 60 ปี [16]
4. ไม่มีโรคระบบทางเดินหายใจ
5. ไม่มีประวัติการสูบบุหรี่มากกว่า 20 ซอง/ปี (pack/year) [17]
6. ไม่มีภาวะของโรคอ้วน คือมี Body Mass Index (BMI) มากกว่า  $29.9 \text{ kg.m}^{-2}$
7. ไม่มีภาวะผอม คือมี Body Mass Index (BMI) น้อยกว่า  $18.5 \text{ kg.m}^{-2}$
8. ไม่เป็นผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ช่างก่อสร้างหรือพนักงานในโรงงาน

อุตสาหกรรมที่ประวัติสัมผัสสารเคมีหรือฝุ่นไม้

9. ไม่มีประวัติการผ่าตัดเนื้อปอดออก เช่น Pneumonectomy, Lobectomy, Segmentectomy เป็นต้น
10. ไม่มีความผิดปกติของระบบประสาทสั่งการ (motor control dysfunction)
11. ไม่มีความผิดปกติของรูปร่างทรวงอก (chest shaped) เช่น Barrel chest shaped, Pectuscarinatum, Pectusexcavatum เป็นต้น
12. ไม่ใช่สตรีที่อยู่ในช่วงระหว่างตั้งครรภ์ (pregnant)
13. ไม่มีโรคหัวใจและหลอดเลือดเฉียบพลัน (acute cardiopulmonary disease)

เช่น Acute myocardial infraction เป็นต้น ภายใน 4 สัปดาห์ก่อนการทดสอบ

### 3. เกณฑ์คัดออก (exclusion criteria) ประกอบด้วย

1. เจ็บหน้าอกขณะทดสอบ (angina pectoris)
2. อาสาสมัครขอถอนตัวขณะทำการทดสอบ
3. อาสาสมัครไม่ยินยอมเข้าร่วมการทดสอบ

### 4. กลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย พบว่าในจังหวัดพะเยามีประชากรทั้งหมด 269,419 คน ดังนั้นเมื่อคำนวณจากสูตรของ Taro Yamane คือ

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n = กลุ่มประชากร

N = ประชากรทั้งหมด

E = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นในรูปของสัดส่วน

$e^2$  = ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง (0.05)

เมื่อแทนค่าจะได้  $n = 269,419 / 1 + (269,419)(0.05)^2 = 399.41$

ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างที่ต้องใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 400 คน

## วัสดุอุปกรณ์และตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

### 1. สมรรถภาพปอด (pulmonary function)

ประเมินสมรรถภาพปอดด้านอัตราการไหลของอากาศด้านความเร็วของการเบ่งลมออก ด้วยวิธี forced vital capacity maneuver (FVC Maneuver) ซึ่งจะทำให้ทราบค่าปริมาตรอากาศที่หายใจออกแรงและเร็วที่สุดใน 1 วินาที (forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>) และปริมาตรลมหายใจที่เบ่งออกมากและเร็วที่สุด (forced vital capacity, FVC) ปริมาตรอากาศที่ถูกขับออกเมื่อทดสอบมีหน่วยเป็นลิตร จากนั้นคำนวณค่า FEV<sub>1</sub>/FVC มีหน่วยเป็นร้อยละ (%) โดยใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ (spirometer) (MicroLab, CA, USA) (รูปที่ 1) ซึ่งมีความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับ  $\pm 3\%$  และใช้วิธีการวัดตามที่ระบุไว้ใน American Thoracic Society และ European Respiratory Society (2005) [18] โดยมีรายละเอียดของแต่ละตัวแปรดังต่อไปนี้

#### 1.1 FVC (forced vital capacity)

คือปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างรวดเร็วและแรงมากที่สุด หลังจากหายใจเข้าอย่างเต็มที่ ผลการประเมินค่า FVC แสดงถึงปริมาตรอากาศที่จุกอยู่ในปอดเกือบทั้งหมด (residual volume คงไว้) ค่านี้จะลดต่ำลงเมื่อน้ำเยื่อปอดมีการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นพังผืดหรือปอดขยายตัวได้ไม่เต็มที่ ภาวะเช่นนี้เรียกว่า “restrictive lung abnormality หรือมีการจำกัดการขยายตัวของปอด” ค่าปกติของ FVC คือควรจะมีค่าเท่ากับค่าทำนาย หรือมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกินร้อยละ 80 ของค่าทำนาย (lower limited of normal, LLN) โดยค่าทำนายคือค่าที่คำนวณจากความแตกต่างของเพศ อายุ ส่วนสูง และเชื้อชาติ ซึ่งค่าปกติของคนไทยมีการคำนวณให้อัตโนมัตินี้ในเครื่องสไปโรมิเตอร์อยู่แล้ว

#### 1.2 FEV<sub>1</sub> (forced expiratory volume in one second)

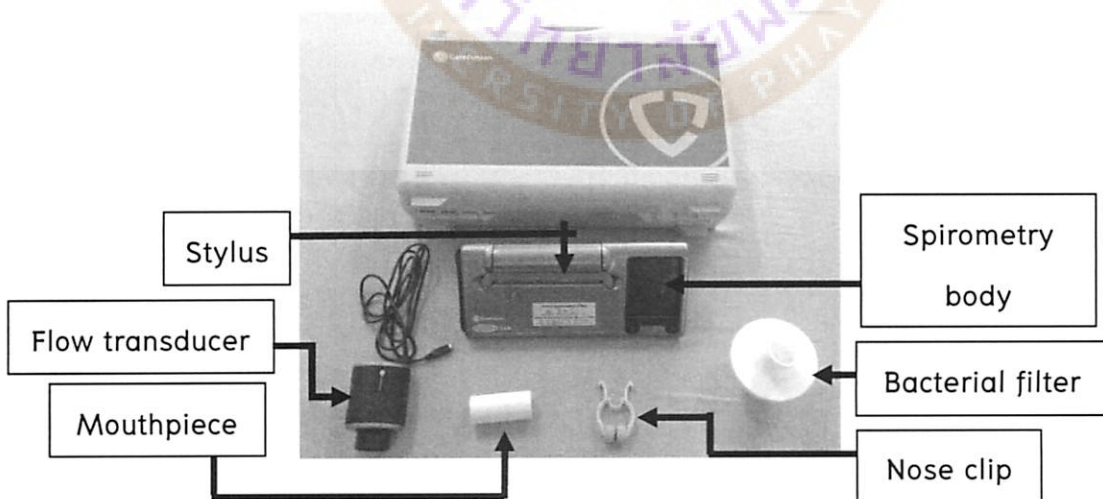
คือปริมาตรของอากาศที่เป่าออกอย่างรวดเร็วแรงในวินาทีที่ 1 ซึ่ง FEV<sub>1</sub> นี้เป็นข้อมูลที่ถูกใช้บ่อยที่สุดในการตรวจสมรรถภาพปอด เพื่อใช้ในการประเมินระดับความรุนแรงของการอุดกั้นของทางเดินหายใจ (obstructive lung severity) ผลการประเมินค่า FEV<sub>1</sub> นี้ใช้คำนวณร่วมกันกับ ค่า FVC เพื่อหาค่า FEV<sub>1</sub>/FVC มีหน่วยเป็นร้อยละ (%) โดยค่าปกติของ FEV<sub>1</sub> จะมีค่าเท่ากับค่าทำนาย หรือมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกินร้อยละ 80 ของค่าทำนาย (lower limited of normal, LLN) [19] โดยค่าทำนายคือค่าที่คำนวณจากความแตกต่างของเพศ อายุ ส่วนสูง และเชื้อชาติ ซึ่งค่าปกติของคนไทยมีการคำนวณให้อัตโนมัตินี้ในเครื่องสไปโรมิเตอร์อยู่แล้ว

### 1.3 FEV<sub>1</sub>/FVC %

คือร้อยละของปริมาตรของอากาศที่เป่าออกมาได้ในวินาทีที่ 1 ต่อปริมาตรของอากาศที่เป่าออกมาได้มากที่สุดอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นข้อมูลที่ดีที่สุดที่ใช้วินิจฉัยการอุดกั้นของหลอดลม (obstructive lung abnormality) ผลการประเมินค่า FEV<sub>1</sub>/FVC แสดงถึงความสามารถในการที่จะเป่าอากาศออกจากปอด ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแรงของผู้เข้ารับการทดสอบ และลักษณะของทางเดินหายใจ (airway) ถ้าทางเดินหายใจถูกอุดกั้น (airway obstruction) หรือมีความยืดหยุ่นตัวลดลง (decrease airway elasticity) อากาศจะผ่านออกลำบาก ค่าดังกล่าวนี้จะลดน้อยลง ภาวะเช่นนี้เรียกว่า “obstructive lung abnormality” หรือ “มีการอุดกั้นหรือบีบของหลอดลม” ค่าปกติของ FEV<sub>1</sub>/FVC จะมีค่าเท่ากับค่าทำนาย หรือมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกินร้อยละ 70 ของค่าทำนาย (lower limited of normal, LLN) [20]

### 1.4 FEF<sub>25%-75%</sub>

คือ FEF 25 – 75% (forced expiratory flow at 25 – 75% of FVC) เป็นค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของอากาศในช่วงกลางของการหายใจออกสูงสุด FVC มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาทีหรือลิตรต่อนาทีที่ Body Temperature Pressure Saturated (BTPS) การทดสอบนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในหลอดลมขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 2 มิลลิเมตร ข้อเสียคือ reproduce สู่ FEV<sub>1</sub> ไม่ได้มีความจำเพาะต่ำและจะยากต่อการแปลผลในกรณีที่มีการลดลงของ FEV<sub>1</sub> หรือ FVC [19]



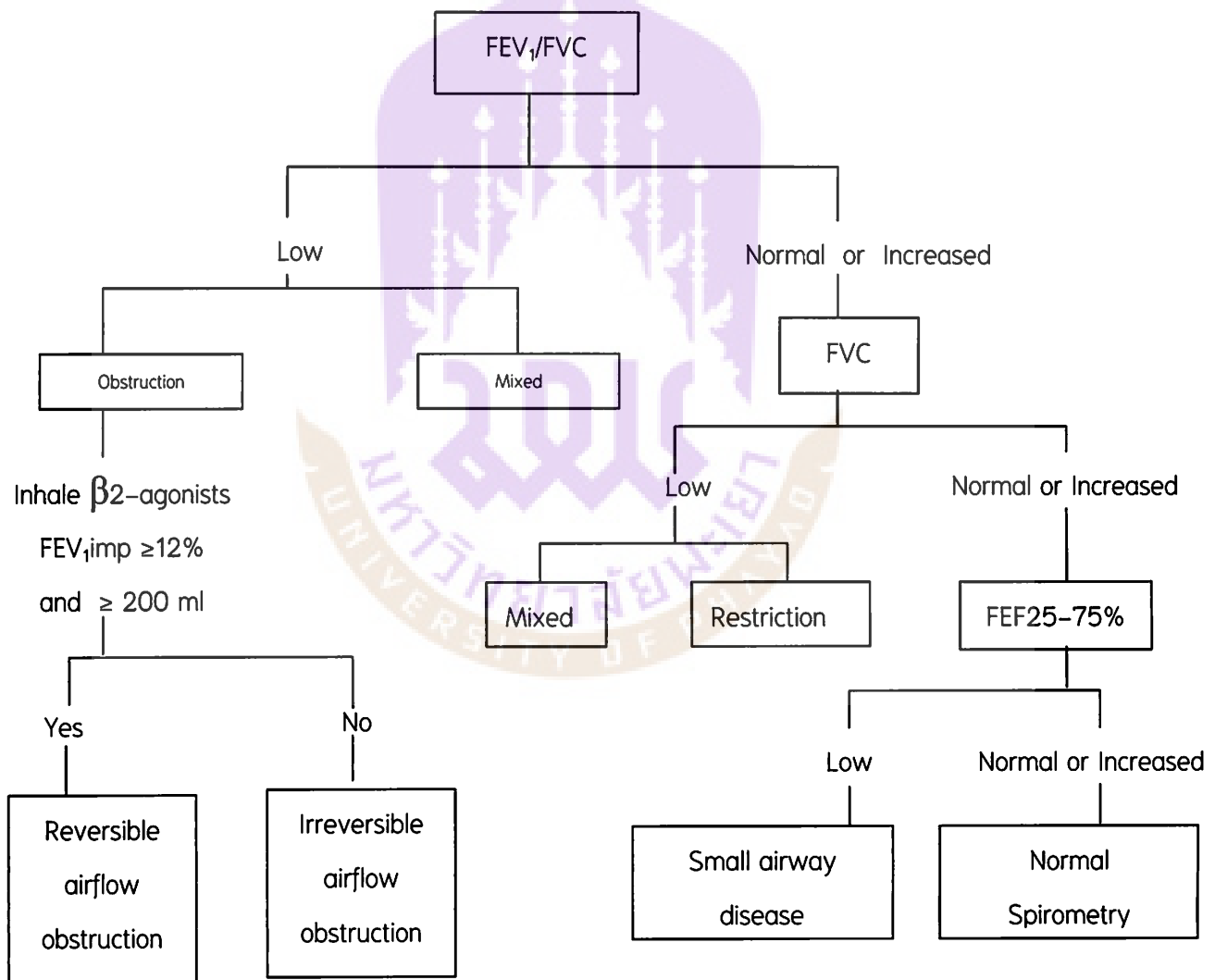
รูปที่ 2 เครื่อง Spirometer (MicroLab, CA, USA)

**ขั้นตอนการแปลผลสมรรถภาพปอด [19]**

สามารถแยกความผิดปกติของการทดสอบสมรรถภาพปอดออกได้เป็น obstructive lung abnormality (OLA) และ restrictive lung abnormality (RLA) โดยอาศัยค่า FEV<sub>1</sub>, FVC และ FEV<sub>1</sub>/FVC% โดยมีลำดับขั้นตอนการวินิจฉัยดังต่อไปนี้ (รูปที่ 3)

1. OLA จะมี FEV<sub>1</sub>/FVC% ลดลง FEV<sub>1</sub>ลดลงและในกรณีที่มีการอุดกั้นมากๆและมีอากาศถูกขังอยู่ในปอดมากขึ้นอาจพบค่า FVC จะลดลงได้

2. RLA จะมีปริมาตรของปอดลดลงแต่อัตราการไหลของลมหายใจออกจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ ดังนั้นแม้ค่า FEV<sub>1</sub>และ FVC จะลดลงแต่ FEV<sub>1</sub>/FVC% จะปกติหรือเพิ่มขึ้น



**รูปที่ 3** แผนผังแสดงขั้นตอนการแปลผลสมรรถภาพปอด [19]

โดยในการศึกษานี้ จะคัดกรองเฉพาะผู้ที่มีภาวะจำกัดการขยายตัวของปอด (RLA) เพื่อทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจต่อไป

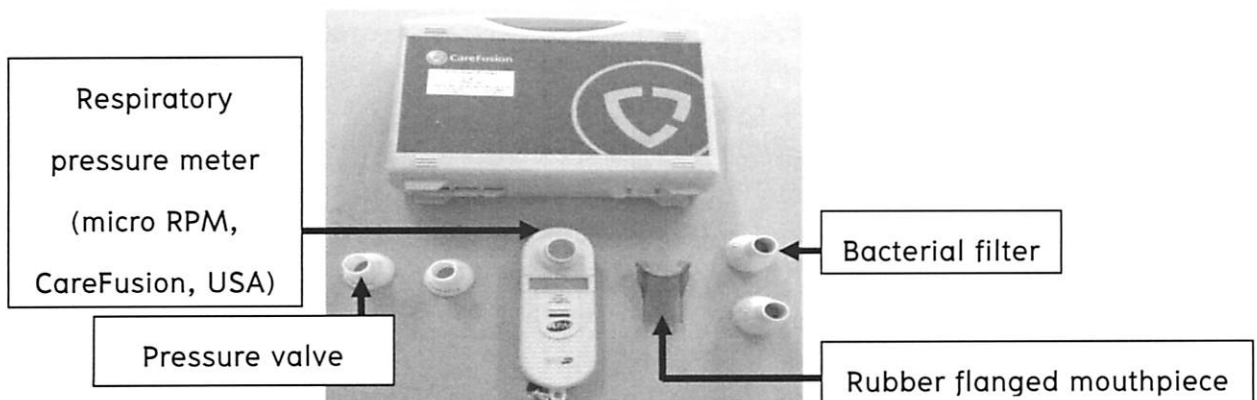
### 1.5 Acceptability criteria

1. เริ่มต้นถูกต้อง โดยหายใจเข้าจนสุดแล้วเป่าออกให้เร็วและแรง การดูว่าทำถูกต้องหรือไม่ดูจากกราฟปริมาตร-เวลา ซึ่งต้องมี extrapolated volume น้อยกว่า 5% ของ FVC หรือ 0.15 ลิตร แต่สำหรับเครื่อง spirometer ปัจจุบันคอมพิวเตอร์จะคำนวณให้

2. หายใจออกได้เต็มที่ โดยดูจากกราฟปริมาตร - เวลาซึ่งเวลาในการหายใจออกต้องนานเพียงพอซึ่งอย่างน้อยที่สุดคือ 6 วินาทีและมี plateau อย่างน้อย 1 วินาที หรือมีเวลาหายใจออกน้อยกว่า 6 วินาที แต่มี plateau อย่างน้อย 1 วินาที และจะต้องไม่มีอาการไอการรื้อออกของลมขณะเป่าหรือมีสิ่งไปอุด mouthpiece เช่น ลิ้น ฟันปลอม

### 2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อการหายใจ

การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ วัดจากแรงดันสูงสุดที่กล้ามเนื้อการหายใจทำงานได้ โดยการวัดแรงดันสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจเข้าเรียกว่า "peak inspiratory maximum pressure (PImax)" ส่วนการวัดแรงดันสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจออกเรียกว่า "peak expiratory maximum pressure (PEmax)" โดย PImax บ่งบอกถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกะบังลม (diaphragm) และ external intercostal muscle ส่วน PEmax บ่งบอกถึงความแข็งแรงของ abdominal muscles และ internal intercostal muscle [21] โดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าวัดแรงดันของอากาศ (respiratory pressure meter) (MicroRPM, Care Fusion, United Kingdom) (รูปที่ 4) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรน้ำ (cmH<sub>2</sub>O) ซึ่งมีความแม่นยำ (accuracy) เท่ากับ ± 3 % และใช้วิธีการวัดตามที่ระบุไว้ใน American Thoracic Society และ European Respiratory Society (2002) [22]



รูปที่ 4 เครื่อง Respiratory pressure meter (MicroRPM, CareFusion, United Kingdom)

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (PI<sub>max</sub>) และความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจออก (PE<sub>max</sub>) ในการศึกษานี้จะกระทำเมื่อพบรูปแบบการถูกจำกัด (restriction) โดยการวัดจากเครื่องสไปโรมิเตอร์ ซึ่งวินิจฉัย (diagnosis) จากการพบการลดลงของ FEV<sub>1</sub> พบการลดลงของ FVC แต่อัตราส่วน FEV<sub>1</sub>/FVC ปกติหรือเพิ่มขึ้นและต้องประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจต่อ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยแยกโรค (differential diagnosis) [19]

## ขั้นตอนการศึกษา

### 1. ขั้นการสุ่มสำรวจและคัดกรองอาสาสมัคร

คณะผู้วิจัยสุ่มพื้นที่ในการศึกษาจังหวัดพะเยา (cluster area sampling) ซึ่งมีปริมาณกลุ่มคว้นเกินมาตรฐานเดินทางไปยังพื้นที่ดังกล่าวเพื่อสำรวจผู้ที่อยู่อาศัยในพื้นที่ 20 กิโลเมตร รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณอุทยานการเรียนรู้กว๊านพะเยาและอาศัยอยู่ในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาโดยใช้หลักการ opportunity sampling และคัดกรองอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก

### 2. ขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภายหลังจากอาสาสมัครยืนยันใบยินยอมเข้าร่วมวิจัยอาสาสมัครต้องกรอกข้อมูลด้านสุขภาพเบื้องต้น ทดสอบสมรรถภาพปอดด้วยเครื่องสไปโรมิเตอร์ (spirometer) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory pressure meter) โดยการทดสอบสมรรถภาพปอดด้วยเครื่องสไปโรมิเตอร์ด้วยวิธี FVC maneuver มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

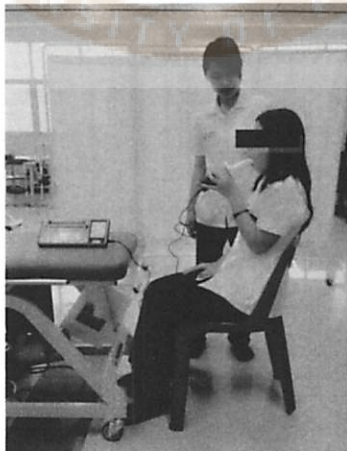
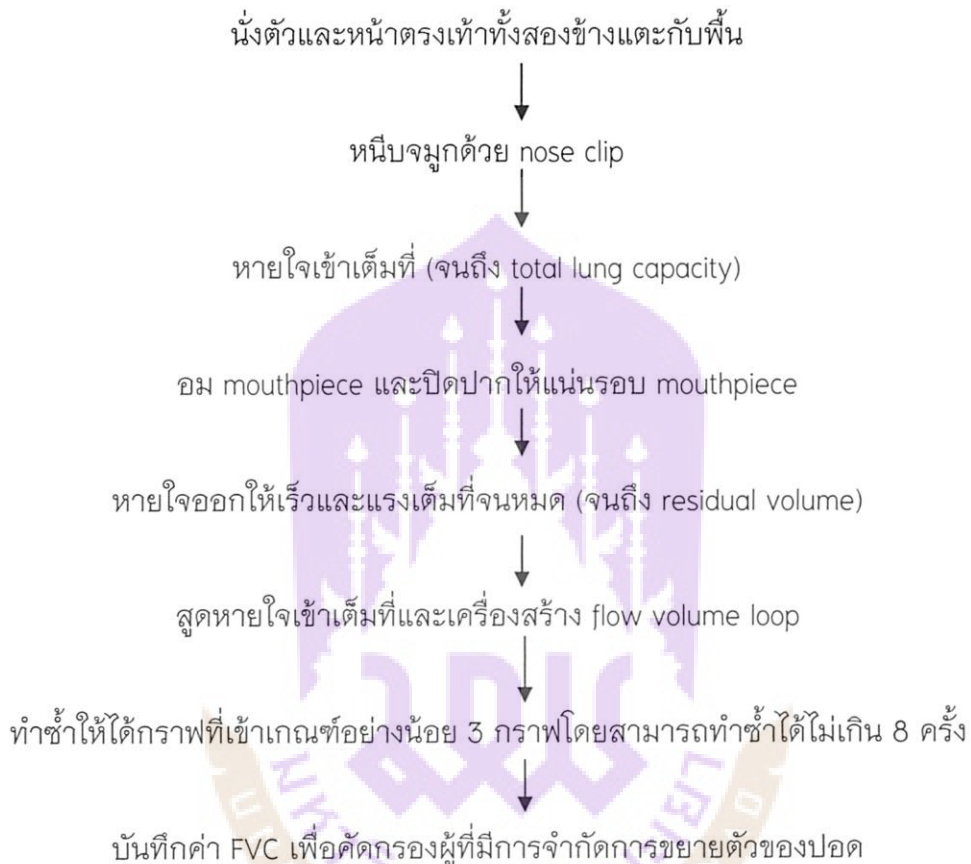
#### 2.1 การเตรียมตัวอาสาสมัคร [19]

เมื่อนัดหมายอาสาสมัครเพื่อมาทำการตรวจสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้แล้วจะให้คำแนะนำดังต่อไปนี้

- ไม่ออกกำลังกายอย่างน้อย 30 นาทีก่อนตรวจ
- ไม่ควรสวมเสื้อที่รัดทรงอกและท้อง
- หลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- หยุดยาขยายหลอดลม

## 2.2 การอธิบายและสาธิตการทดสอบสมรรถภาพปอด [19]

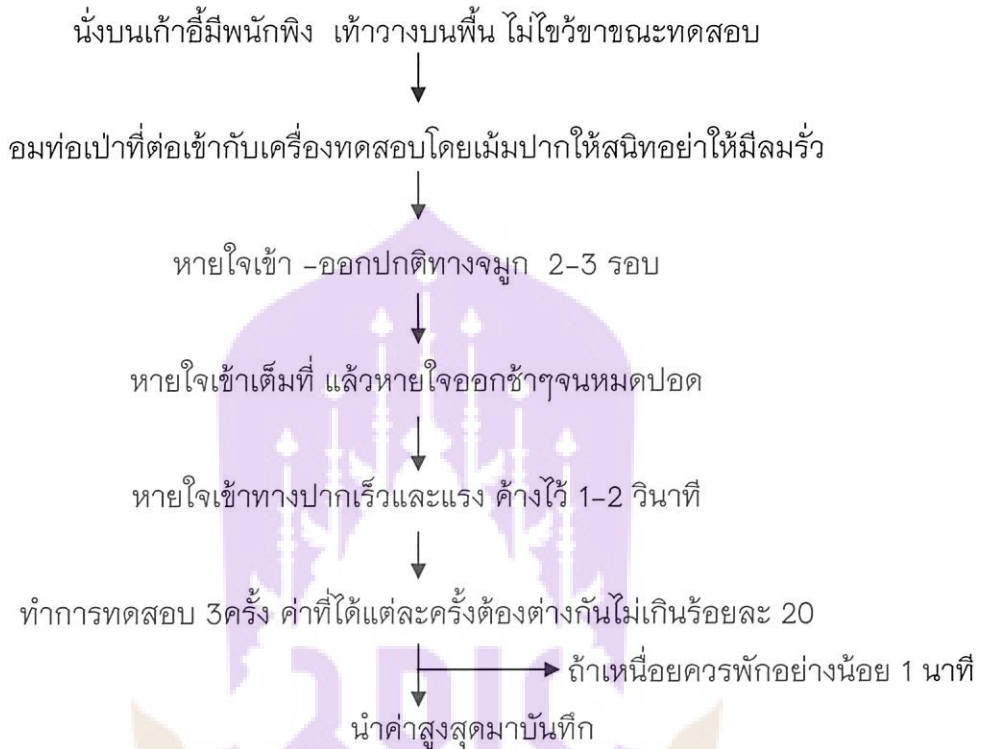
โดยมีขั้นตอนการอธิบายและสาธิตตามลำดับ ดังแสดงตามแผนภูมิต่อไปนี้และภาพแสดงวิธีการวัดสมรรถภาพปอด (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 การวัดสมรรถภาพปอด

### 2.3 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจเข้า (PImax) [21]

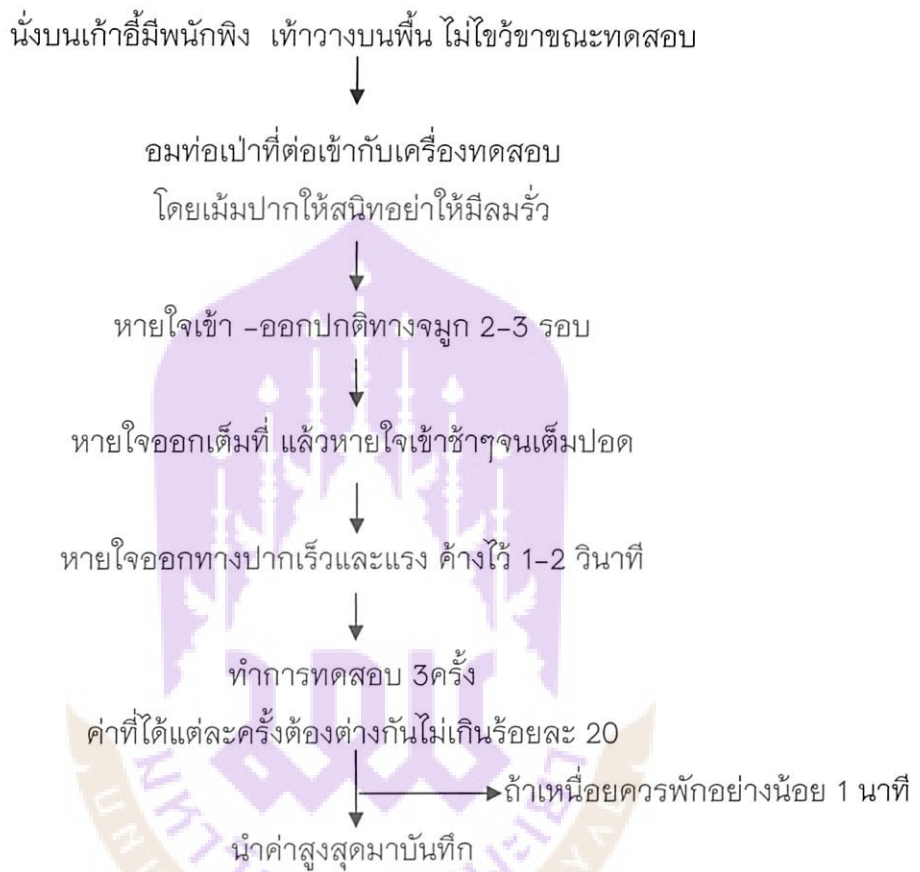
โดยมีขั้นตอนการอธิบายและสาริตตามลำดับ ดังแสดงตามแผนภูมิต่อไปนี้และภาพแสดงวิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า

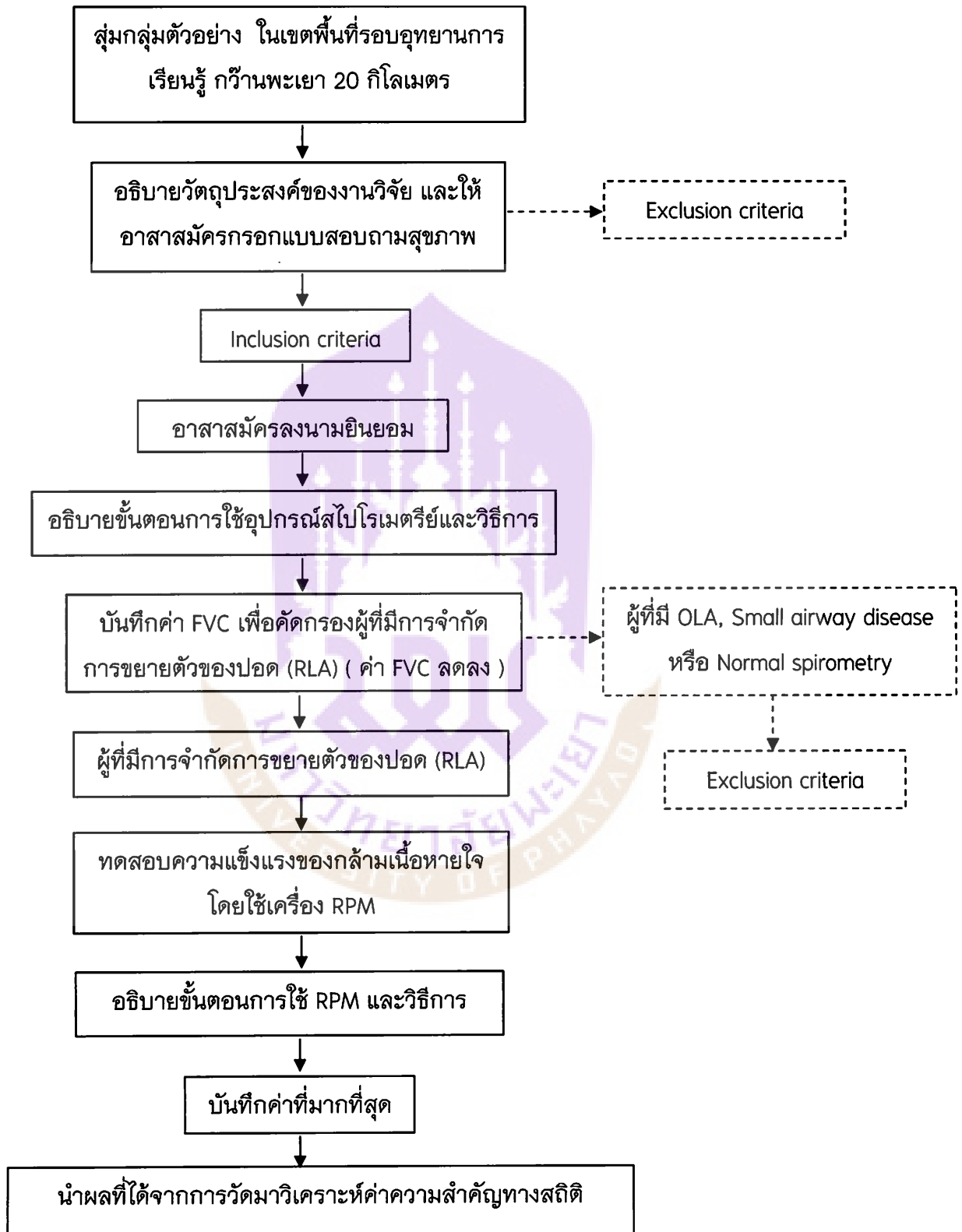
## 2.4 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจออก (PEmax) [21]

โดยมีขั้นตอนการอธิบายและสาธิตตามลำดับ ดังแสดงตามแผนภูมิต่อไปนี้และภาพแสดงวิธีการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก

วิธีการดำเนินการศึกษา (study overview design)



รูปที่ 8 วิธีการดำเนินการศึกษา (study overview design)

### การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Intra-tester reliability)

#### 1. ทดสอบความน่าเชื่อถือการวัดสมรรถภาพปอด

ด้วยวิธี FVC maneuver และบันทึกค่า Forced expiratory volume(FVC) ของผู้วิจัยแต่ละคน (ทั้งหมด 3 คน) โดยวัดค่าดังกล่าวในอาสาสมัครสุขภาพดีทั้งหมด 9 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม (กลุ่มละ 3 คน) และทำการทดสอบ 3 ครั้งเป็นเวลา 3 วัน (วันละ 1 ครั้ง) ในช่วงเวลาเดียวกันของทุกวัน ผลดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 1 การทดสอบความน่าเชื่อถือการวัด Forced vital capacity mameuver(FVC) ของผู้วิจัย 3 คน

FVC – Tester A		FVC – Tester B		FVC – Tester C	
95% CI	0.97–1.00	95% CI	0.96–1.00	95% CI	0.27–0.99
$\alpha$	0.99	$\alpha$	0.99	$\alpha$	0.93

#### 2. ทดสอบความน่าเชื่อถือการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจ

ด้วยเครื่อง RPM และบันทึกค่า P1max และ PEmax ของผู้วิจัยแต่ละคน (ทั้งหมด 3 คน) โดยวัดค่าดังกล่าวในอาสาสมัครสุขภาพดีทั้งหมด 9 คน แบ่งเป็น 3กลุ่ม (กลุ่มละ 3 คน) และทำการทดสอบ 3 ครั้งเป็นเวลา 3 วัน (วันละ 1 ครั้ง) ในช่วงเวลาเดียวกันของทุกวัน ผลดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2 การทดสอบความน่าเชื่อถือการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจเข้า (P1max) ของผู้วิจัย 3 คน

P1max – Tester A		P1max – Tester B		P1max – Tester C	
95% CI	0.66–0.99	95% CI	0.80–0.99	95% CI	0.15–0.99
$\alpha$	0.92	$\alpha$	0.95	$\alpha$	0.75

**ตารางที่ 3** การทดสอบความน่าเชื่อถือการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจออก (PEmax) ของผู้วิจัย 3 คน

PEmax – Tester A		PEmax – Tester B		PEmax – Tester C	
95% CI	0.40–0.99	95% CI	0.85–0.99	95% CI	0.42–0.99
$\alpha$	0.87	$\alpha$	0.97	$\alpha$	0.87

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

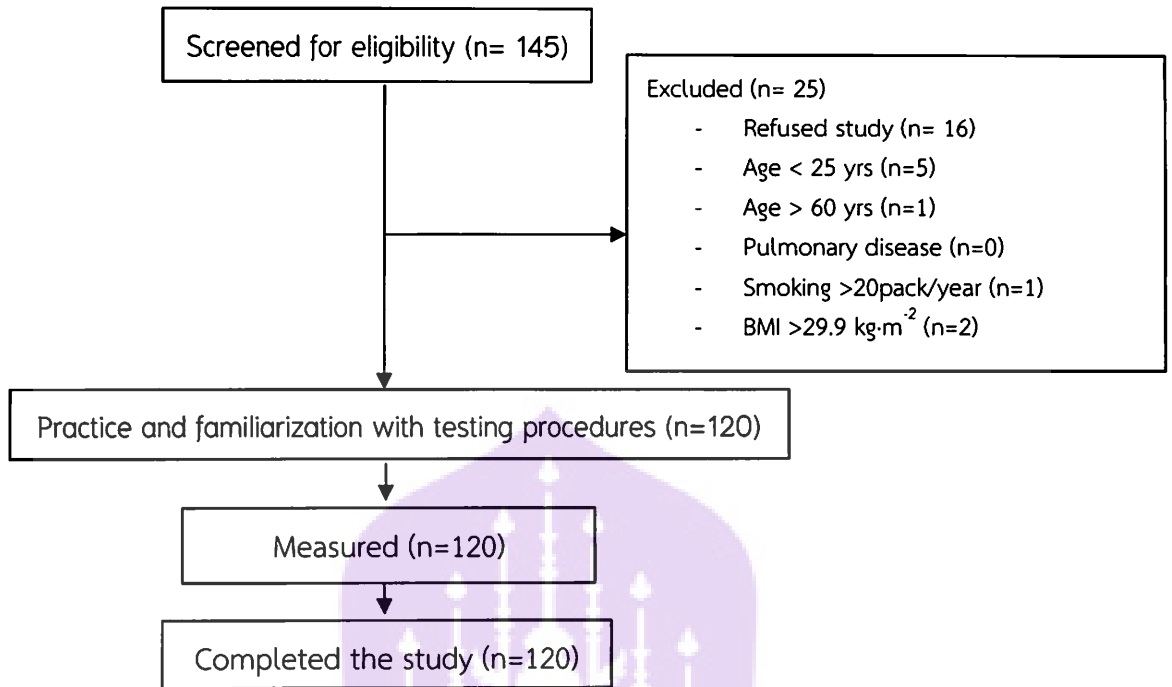
ค่าตัวแปรที่วัดได้นำมาคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean  $\pm$  SD, 95% CI) ค่าร้อยละ (Percent) ของข้อมูลทั้งหมด คำนวณร้อยละความชุกผู้ที่มีความผิดปกติของการขยายตัวของปอด เปรียบเทียบค่าที่ได้ในการศึกษานี้กับค่าปกติของศิริราชโดยพิจารณาจากเชื้อชาติ เพศ อายุ น้ำหนัก และความสูง และคำนวณร้อยละความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เปรียบเทียบค่าที่ได้ในการศึกษานี้กับค่าปกติ โดยพิจารณาจาก เพศ และอายุ [23]โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป โดยใช้สถิติ Student paired t-test โดยกำหนดให้มีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่องผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนสุขภาพดีที่สัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาสั้น ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ศึกษา ผลของหมอกควันไฟป่าต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพปอด ประกอบด้วยค่า ปริมาตรลมหายใจที่เป่งออกมากและเร็วที่สุด (Forced vital capacity, FVC) ปริมาตรอากาศที่หายใจออกแรงและเร็วที่สุดในหนึ่งวินาที (Forced expiratory time in one second, FEV<sub>1</sub>) สัดส่วนระหว่าง FEV<sub>1</sub>/FVC (FEV<sub>1</sub>%) อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (Peak expiratory flow rate, PEF) และอัตราการหายใจออกสูงสุดในช่วงกลางของการเป่งลมหายใจออก (Forced midexpiratory flow, FEF<sub>25%-75%</sub>) เปรียบเทียบกับค่าปกติ และนอกจากนี้ยังประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (PImax) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (PEmax) เฉพาะผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก (restrictive lung abnormality) ในคนสุขภาพดีที่สัมผัสฝุ่นควันเป็นระยะเวลาสั้น

โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เข้าร่วมการศึกษานี้ทั้งหมด 120คน เป็นเพศชายร้อยละ 41.67 และเพศหญิงร้อยละ 58.33 อายุเฉลี่ย 41.07±0.85 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดพะเยา ตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไปทุกคน การคัดกรองอาสาสมัครแสดงในรูปที่ 1 และลักษณะทางกายภาพดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนการคัดอาสาสมัคร

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

	จำนวน	ค่าร้อยละ	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (ค่าน้อยที่สุด-ค่ามากที่สุด)
เพศ (ชาย, หญิง)	50 , 70	41.67 , 58.33	-
อายุ (ปี)			41.07 ± 0.85(25 - 60)
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)			23.62 ± 0.3(18.5 - 29.9)
ประวัติการสูบบุหรี่	14	45.16	8.2±2.12 (0.15-24)
- ปริมาณการสูบบุหรี่ (ซองปี)	17	54.84	13.9±2.23(0.3.-40)
- เลิกสูบมาแล้ว (ปี)			
ความถี่การออกกำลังกาย	17	14.17	
- น้อยกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์	81	67.5	
- 3 ครั้งต่อสัปดาห์	22	18.33	
- มากกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์			

จากผลการวัดสมรรถภาพปอดพบว่า มีอาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาจำนวน 120คน มีสมรรถภาพปอดปกติ จำนวน 7คน ผู้ที่มีความผิดปกติของทางเดินหายใจขนาดเล็ก (small airway disease) จำนวน 3 คน ผู้ที่มีภาวะทางเดินหายใจอุดกั้นจำนวน 39คน และผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอกจำนวน 71 คน โดยระดับความรุนแรงของผู้ที่มีภาวะทางเดินหายใจผิดปกติมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

**ตารางที่ 5** ความถี่และร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจ (Obstructive lung abnormality, OLA) พิจารณาจาก FEV<sub>1</sub>/FVC น้อยกว่าค่าปกติและแบ่งระดับความรุนแรงจาก FEV<sub>1</sub> %predicted จากอาสาสมัครจำนวน 120คน

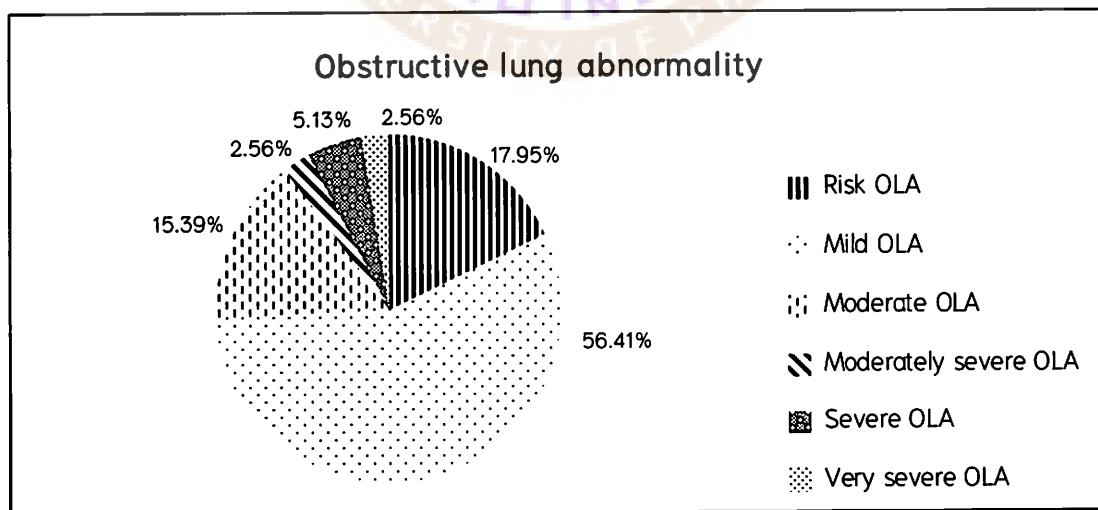
	Risk OLA	Mild OLA	Moderate OLA	Moderately severe OLA	Severe OLA	Very severe OLA
Frequency (n=39)	7	22	6	1	2	1
Percent (100)	17.95	56.41	15.39	2.56	5.13	2.56

Risk: FEV<sub>1</sub>%predicted > 100, Mild: 100> FEV<sub>1</sub>%predicted≥70,

Moderate: 70> FEV<sub>1</sub>%predicted≥60, Moderately severe: 60> FEV<sub>1</sub>%predicted≥50

Severe: 50> FEV<sub>1</sub>%predicted≥34, Very severe: FEV<sub>1</sub>%predicted < 34

[American Thoracic Society (ATS). Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202-18.]



**รูปที่ 10** ร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจ

**ตารางที่ 6** ความถี่และร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก (Restrictive lung abnormality, RLA) พิจารณาจาก FEV<sub>1</sub>/FVC ปกติและแบ่งระดับความรุนแรงจาก FVC %predicted จากอาสาสมัครจำนวน 120คน

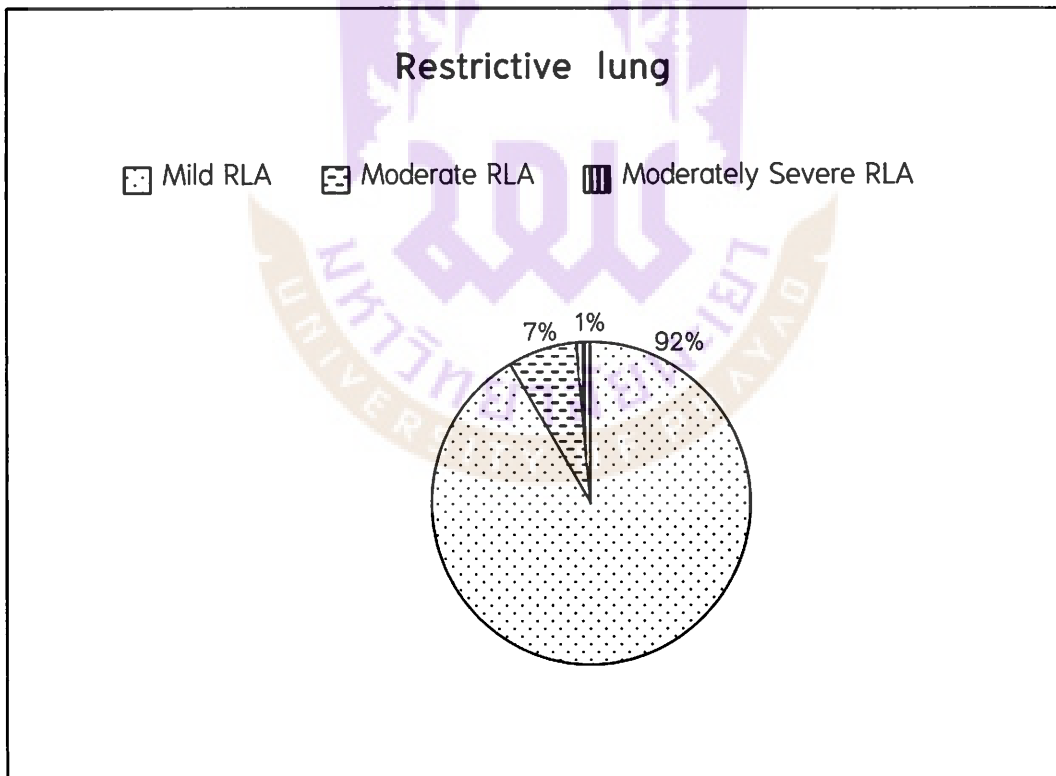
	Mild RLA	Moderate RLA	Moderately Severe RLA	Severe RLA	Very severe RLA
Frequency (n=71)	65	5	1	0	0
Percent (100)	91.55	7.04	1.41	0	0

*Mild:* Lower limit of normal (LLN) > FVC%predicted≥70,

*Moderate:* 70> FVC%predicted≥60, *Moderately severe:* 60> FVC%predicted≥50

*Severe:* 50> FVC%predicted≥34, *Very severe:* FVC%predicted< 34

[American Thoracic Society (ATS). Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202–18.]



**รูปที่ 11** ร้อยละของระดับความรุนแรงผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด

จากผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอกจำนวน 71 คน (ตารางที่ 3) เมื่อวัดสมรรถภาพปอดโดยใช้เครื่องประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจแบบไฟฟ้า (electronic respiratory pressure meter) พบว่า มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าน้อยกว่าค่าปกติอยู่  $32.76 \pm 22.26$  เซนติเมตรน้ำ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกน้อยกว่าค่าปกติเท่ากับ  $104.10 \pm 40.61$  เซนติเมตรน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 7 บ่งชี้ว่าผู้ที่สัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป ส่งผลให้กล้ามเนื้อการหายใจเข้าและหายใจออกเกิดการอ่อนแรงจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) (95%CI) ของตัวแปรความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (PImax) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (PEmax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก (RLD) เปรียบเทียบกับค่าปกติ (Norm) โดยใช้สถิติ paired samples *t*-test ในอาสาสมัคร จำนวน 71คน

	RLD <sub>wildfire</sub>	Norm	RLD <sub>wildfire</sub> % of Norm	Difference between conditions [RLD <sub>wildfire</sub> - Norm]	<i>p</i> -value
PImax ,	71.96 $\pm$ 27.14	101.22 $\pm$ 19.48	71.10 $\pm$ 24.64	- 29.26 $\pm$ 24.19	.000 <sup>*</sup>
cmH <sub>2</sub> O	(65.53-78.38)	(96.61-105.83)	(65.27-76.93)	(-34.99 - -23.54)	
PEmax,	82.80 $\pm$ 33.81	159.05 $\pm$ 67.53	61.42 $\pm$ 34.69	- 76.25 $\pm$ 59.96	.000 <sup>*</sup>
cmH <sub>2</sub> O	(74.80-90.80)	(143.07-175.04)	(53.21-69.63)	(-90.44 - -62.06)	

\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ  $p < 0.05$

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลาอันยาวนานและเพื่อศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน โดยใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์และเครื่องวัดแรงดันอากาศขณะหายใจเข้าและหายใจออกตามลำดับ ในเพศชายจำนวน 50 คน และเพศหญิงจำนวน 70 คน อายุระหว่าง 25-60 ปีที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีปัญหาหมอกควันปกคลุมในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมถึงพฤษภาคม ของทุกปี ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2552 ถึง 2556 พบว่าประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีหมอกควัน ระยะเวลาตั้งแต่ 4 ปี มีสัดส่วนระหว่าง  $FEV_1/FVC$  ( $FEV_1\%$ ) ปกติ ซึ่งบ่งบอกว่าไม่มีการอุดกั้นของทางเดินหายใจในประชากรส่วนใหญ่ แต่พบว่ามีค่า Forced vital capacity (FVC) ต่ำกว่าค่าปกติ บ่งชี้ว่ามีการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอกในประชากรส่วนใหญ่ และความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการอุดกั้นทางเดินหายใจและความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดที่ตรวจประเมินด้วยเครื่องสไปโรมิเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือในการวัดและวินิจฉัย มีค่าความชุกเท่ากับ 32.50 และ 59.17 ต่อประชากร 100 คน ตามลำดับ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่ศึกษาปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอกซึ่งมีสาเหตุมาจากการสัมผัสหมอกควันไประยะเวลาอันยาวนาน เฉพาะในด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก พบว่ามีค่า peak inspiratory maximum pressure (P<sub>Imax</sub>) และ peak expiratory maximum pressure (P<sub>E<sub>max</sub></sub>) ต่ำกว่าปกติ บ่งชี้ให้เห็นว่ามีความแข็งแรงของทั้งกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกลดลง ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอกในประชากรกลุ่มดังกล่าว

- 1. ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความชุกของผู้ที่มีการอุดกั้นของระบบทางเดินหายใจ**  
ผลการศึกษาบ่งบอกว่า ประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีปัญหาหมอกควันไฟป่าอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอันยาวนาน มีค่าเฉลี่ยของสัดส่วนระหว่างปริมาตรอากาศขณะหายใจออกที่แบ่งออกมากและเร็วที่สุด (forced vital capacity) ต่อปริมาตรอากาศที่หายใจออกแรงและเร็วที่สุดในหนึ่งวินาที (forced expiratory in one second,  $FEV_1$ ) ซึ่งก็คือ  $FEV_1/FVC$  ( $FEV_1\%$ ) มีค่าปกติคือเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 100 ของค่าทำนาย แสดงให้เห็นว่าลักษณะของหมอกควันไฟป่าที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลกระทบต่อทางเดินหายใจของประชาชนโดยภาพรวม

แต่เมื่อวิเคราะห์แยกแต่ละบุคคล พบว่ามีอาสาสมัคร 39 คน (ร้อยละ 32.50) มีค่า FEV<sub>1</sub>/FVC ต่ำกว่าค่าปกติของประชากรไทย บ่งชี้ว่าเป็นกลุ่มที่มีการอุดกั้นของทางเดินอากาศส่วนต้น (upper airway obstruction) [21] โดยมีค่าความชุกสูงกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้ในปี 2012 ที่พบความชุกของผู้ที่มีความเสี่ยงโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังอยู่ที่ร้อยละ 7.4 ในประชากรกลุ่มเดียวกัน [13] สูงกว่าความชุกของผู้ที่มีภาวะการอุดกั้นเรื้อรังในผู้ที่สัมผัสหมอกควันต่อเนื่องกัน 3 ปีคือร้อยละ 11.85 [10] และสูงกว่าความชุกโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในประเทศไทย (ร้อยละ 3.63) [23] และเมื่อวิเคราะห์ความชุกของสัดส่วนความรุนแรงของระดับการอุดกั้นทางเดินหายใจ Mild : Moderate : Moderately severe : Severe : Very severe จะได้เท่ากับ 22 : 6 : 1 : 2 : 1 สัดส่วนนี้แสดงให้เห็นว่าการอุดกั้นในระดับเล็กน้อย (Mild) ของการศึกษานี้สูงกว่าค่าความชุกของประเทศไทยในการอุดกั้นทางเดินหายใจ (Mild : Moderate : Severe เท่ากับ 5.6 : 2.2 : 1) [23] โดยค่าความชุกและสัดส่วนที่สูงมากในกลุ่มประชากรนี้เป็นผลมาจากหมอกควันไฟป่าเป็นหลักจริงเพราะทิศทางของความชุกและระยะเวลาการอาศัยอยู่ในพื้นที่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ [10] คือ ศึกษาระยะเวลา 3 ปี มีความชุกของผู้ที่มีการอุดกั้นของทางเดินอากาศเท่ากับร้อยละ 11.85 ขณะที่การศึกษานี้ศึกษาระยะเวลา 4 ปี มีความชุกเพิ่มเป็นร้อยละ 32.50 และไม่น่าจะเกิดจากวิธีการวัดสมรรถภาพปอดที่คลาดเคลื่อนเพราะความน่าเชื่อถือในการวัดของผู้วิจัยอยู่ในระดับสูง (ICC=0.99)

เหตุผลหนึ่งที่ยอธิบายได้ว่าเหตุใดการสัมผัสหมอกควันในระยะยาวจึงทำให้เกิดการอุดกั้นในอาสาสมัครบางส่วนและไม่พบการอุดกั้นในอาสาสมัครส่วนใหญ่ คือ ความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรมของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน เช่น หากมีภาวะ Alpha 1-antitrypsin (A1AT) deficiency ซึ่งเป็นโรคทางพันธุกรรมที่พบได้ในประชากรทั่วโลก โดยพบความชุกของภาวะนี้เฉลี่ยทั่วโลกอยู่ที่ 1:2,500 ส่วนในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูล [32] โดยมีความผิดปกติของการสร้าง A1AT ทั้งในเลือดและปอด โดยในปอด A1AT มีหน้าที่ป้องกันการทำลายเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ของปอดจาก neutrophil elastase หลังเมื่อมีสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ปอด เช่น ฝุ่น เป็นต้น) ทำให้ป้องกันการเกิดโรคถุงลมโป่งพองในวัยผู้ใหญ่แม้ไม่ได้สูบบุหรี่ได้ ดังนั้นเมื่อตรวจสมรรถภาพปอดในคนที่ภาวะ A1AT deficiency จึงทำให้พบการอุดกั้นของทางเดินอากาศได้ เป็นต้น [33]

## 2. ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด

ปริมาตรลมหายใจขณะเบ่งออกมากและเร็วที่สุด (FVC) และปริมาตรอากาศขณะหายใจออกแรงและเร็วที่สุดในหนึ่งวินาที ( $FEV_1$ ) พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติของประชากรไทย (ร้อยละ 87.5 และ 89.67 ของค่าทำนาย ตามลำดับ) สอดคล้องกับอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (PEF) (ร้อยละ 55.51 ของค่าทำนาย) ที่ต่ำกว่าค่าปกติเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครที่สัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลาานานน่าจะมีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) หรืออาจจะมีการจำกัดการขยายตัวของปอดร่วมกับการอุดกั้นของทางเดินหายใจ (mixed type) ก็ได้ ส่วนอัตราการหายใจออกสูงสุดในช่วงกลางของการเบ่งลมหายใจออก ( $PEF_{25\%-75\%}$ ) มีค่าไม่ต่างจากค่าปกติ แสดงว่าหมอกควันไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนของทางเดินหายใจส่วนล่างจนถึงส่วนปลายเพียงอย่างเดียว

จากหลักการแปลผลค่าสไปโรเมเตอร์ [21] หากค่า  $FEV_1/FVC$  ปกติให้อ่านค่า FVC% predicted ต่อ ซึ่งพบว่าอาสาสมัครที่มีค่า FVC% predicted ต่ำกว่าค่าปกติร้อยละ 59.17 ซึ่งถือว่าเป็นผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) และเมื่อแบ่งตามระดับความรุนแรงของการจำกัดการขยายตัวของปอด พบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่มีระดับความรุนแรงของการจำกัดการขยายตัวของปอดอยู่ในระดับเล็กน้อย จำนวน 65 คน (ร้อยละ 91.55) ความชุกของผู้ที่มีระดับการจำกัดการขยายตัวของปอดตั้งแต่ระดับปานกลางจำนวน 5 คน (ร้อยละ 7.04) และระดับปานกลางถึงรุนแรง จำนวน 1 คน (ร้อยละ 1.14)

จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในอาสาสมัครที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอดจำนวน 71 คนพบว่า มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า ( $P_{Imax}$ ) และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก ( $P_{Emax}$ ) พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าปกติ คือน้อยกว่าอยู่เท่ากับ  $29.26 \pm 24.19$  เซนติเมตรน้ำ (หรือร้อยละ  $71.10 \pm 24.64$  ของค่าทำนาย) และ  $76.25 \pm 59.96$  เซนติเมตรน้ำ (ร้อยละ  $61.42 \pm 34.69$  ของค่าทำนาย) ตามลำดับซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอก ดังนั้น การศึกษานี้สามารถบอกได้ว่าในอาสาสมัครที่สัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาานานจะมีความชุกของการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอกซึ่งมีสาเหตุมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่ลดลง

กลไกที่อธิบายการลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่มีภาวะจำกัดการขยายตัวของปอด คือ เกิดกระบวนการอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammation) เป็นกระบวนการหลักที่พบในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของทรวงอก ส่งผลให้เพิ่มระดับตัวกลางชนิด c-reactive protein และ fibrinogen ในระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบและ ผลเสียต่อ

ระบบอื่นๆ นอกเหนือจากทางเดินหายใจ เช่น กล้ามเนื้อการหายใจ กล้ามเนื้อรอยางค์(34) สอดคล้องกับการสัมผัสฝุ่นควันไฟป่าก็ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบภายในระบบทางเดินหายใจทันที เช่นเดียวกับกลุ่มโรคจำกัดการขยายตัวของปอด ทั้งยังทำให้เกิดกระบวนการอักเสบของระบบอื่นๆ (systemic inflammation) ผ่านทางระบบไหลเวียนโลหิตเช่นกัน [3] แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ทราบถึงสาเหตุหรือปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของปอดหรือทรวงอกอันเกิดจากการสัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลาอันยาวนานที่แน่ชัดมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาในอนาคตจึงควรศึกษาถึงความยอมตามตัวของเนื้อปอด (lung compliance) ร่วมด้วยและการตรวจร่างกายอื่นๆที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมต่อไป

### 3. สรุปผลการศึกษา

3.1 ความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลาอันยาวนาน ผู้ที่มีภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจ (obstructive lung abnormality) ผู้ที่มีความผิดปกติของทางเดินหายใจขนาดเล็ก (small airway abnormality) และผู้ที่มีสมรรถภาพปอดปกติมีค่าเท่ากับร้อยละ 32.50 ร้อยละ 59.17 ร้อยละ 2.50 และ ร้อยละ 5.83 ตามลำดับ

3.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (maximum inspiratory pressure, PImax) ในผู้ที่มีจำกัดการขยายตัวของปอดที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันลดลงเท่ากับ  $29.26 \pm 24.19$  เซนติเมตรน้ำ (หรือร้อยละ  $71.10 \pm 24.64$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติ

3.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (maximum expiratory pressure, PEmax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันลดลงเท่ากับ  $76.25 \pm 59.96$  เซนติเมตรน้ำ (ร้อยละ  $61.42 \pm 34.69$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติ

ดังนั้น จึงสรุปผลได้ว่า คนสุขภาพดีที่สัมผัสหมอกควันไฟป่าเป็นระยะเวลาอันยาวนาน มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกน้อยกว่าปกติ แสดงว่าหมอกควันไฟป่าเป็นสาเหตุที่ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจลดลง และเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดหรือทรวงอก

#### 4. ปัญหาและข้อจำกัดในการศึกษา

4.1 จากปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นในจังหวัดพะเยาซึ่งคณะผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ 20 กิโลเมตรรอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศบริเวณอุทยานการเรียนรู้กว๊านพะเยา อาจเป็นการจำกัดพื้นที่ในการศึกษาจึงไม่สามารถแสดงปัญหาดังกล่าวได้ทั่วพื้นที่จังหวัดพะเยาได้ ดังนั้นการศึกษาต่อไปควรล้อมอาสาสมัครให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ในจังหวัดพะเยา

4.2 ช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างข้อมูล ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างข้อมูลที่แตกต่างกัน อาจทำให้ค่าที่อาสาสมัครทำได้มีความคลาดเคลื่อนเนื่องมาจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ส่งผลถึงความสามารถในการทำหน้าที่ของสมรรถภาพปอดแต่อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยพยายามแก้ปัญหาโดยเลือกค่าที่มากที่สุดที่อาสาสมัครทำได้

4.3 จากการลงพื้นที่ศึกษา ทำให้คณะผู้วิจัยทราบว่า ประชากรในพื้นที่ ไม่ตระหนักถึงภาวะด้านสุขภาพ จึงไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมตัวอย่างข้อมูล แต่คณะผู้วิจัยพยายามที่จะโน้มน้าวและอธิบายถึงผลกระทบทางด้านสุขภาพให้ประชากรได้ทราบ

#### 5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรศึกษาอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอด (Restrictive Lung Abnormality ) โดยศึกษาใน Lung elasticity

5.2 กระจายการเก็บรวบรวมข้อมูลของอาสาสมัครเพื่อให้ครอบคลุมประชากรในพื้นที่จังหวัดพะเยามากขึ้น

5.3 ควรศึกษาถึงภาวะ A1ATdeficiency ร่วมด้วยในอาสาสมัครที่ตรวจพบภาวะโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

#### 6. ประโยชน์ของการศึกษาครั้งนี้

6.1 ทราบปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดในคนที่สัมผัสหมอกควันไฟป่ามาเป็นระยะเวลานาน คือ การลดลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการหายใจเข้าและการหายใจออก

6.2 ได้ข้อมูลพื้นฐานในหาแนวทางป้องกันโรคระบบทางเดินหายใจที่มีสาเหตุจากหมอกควันไฟป่าต่อไป

6.3 อาสาสมัครทราบถึงสมรรถภาพของปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของตนเองทันทีภายหลังการตรวจสมรรถภาพปอดเสร็จสิ้น ซึ่งเกิดจากได้รับหมอกควันไฟป่าเกินมาตรฐานเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้อาสาสมัครตระหนักถึงปัญหาที่มีอยู่เพื่อหาแนวทางในการป้องกันตนเอง

6.4 อาสาสมัครตระหนักถึงภาวะสุขภาพตนเองและทราบแนวทางการดูแลตนเองได้จากคำแนะนำของคณะผู้วิจัยที่ได้อธิบายหลังจากทราบถึงสมรรถภาพปอดของตนเอง



## เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. **นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2555-2559** [ออนไลน์] 2554 [อ้างเมื่อ 7 มิถุนายน 2556].  
จาก:[http://www1.nrct.go.th/downloads/ps/policies\\_strategies\\_2555-2559/ResearchPolicy\\_Strategy\\_55-59\\_v8.pdf](http://www1.nrct.go.th/downloads/ps/policies_strategies_2555-2559/ResearchPolicy_Strategy_55-59_v8.pdf).
2. สำนักงานประชาสัมพันธ์เขต 3 เชียงใหม่. **มลพิษทางอากาศ** [ออนไลน์] 2553 [อ้างเมื่อ 7 มิถุนายน 2556] จาก: <http://region3.prd.go.th/Environment/index.php/2010-09-16-07-40-03/1-2010-09-16-07-39-15.html>.
3. Swiston JR, Davidson W, Attridge S, Li GT, Brauer M, Van Eeden SF. Wood smoke exposure induces a pulmonary and systemic inflammatory response in firefighters. **Eur Respir J** 2008; 32: 129-38.
4. Center for disease control and prevention. **Fact sheet wildfires health threat from wildfire smog.** n.p; 2003.
5. กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม คอ.4. **การเข้าสู่ร่างกายของฝุ่นละอองขนาดเล็ก** [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 7 มิถุนายน 2556].  
จาก:<http://hpe4.anamai.moph.go.th/hia/pm2health.php#h2>.
6. อธิชัย ดันกันยา. **อากาศเชียงใหม่มลพิษสูงกว่าอเมริกา.** มติชน [วารสารออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 7 มิถุนายน 2556].  
จาก:[http://www.en.mahidol.ac.th/thai/news/2007/03/13\\_1.html](http://www.en.mahidol.ac.th/thai/news/2007/03/13_1.html)
7. กรมควบคุมมลพิษ. **พยากรณ์สถานการณ์หมอกควันภาคเหนือ พ.ศ. 2553-2556** [ออนไลน์] 2556 [อ้างเมื่อ 7 มิถุนายน 2556]. จาก: <http://aqnis.pcd.go.th/>.
8. ภราดร สุวพงศ์, มั่ง แซ่ท้าว, สุขุม ณ หนองคาย. **ผลของหมอกควันต่ออัตราการไหลของอากาศขณะหายใจออกสูงสุด และความเสี่ยงการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในคนปกติสุขภาพดี.** ใน: Program and abstracts of the 1<sup>st</sup> phayao research conference. กำหนดการและบทคัดย่อพะเยาวิจัยครั้งที่ 1; 12-13 มกราคม 2555; พะเยา. พะเยา: [ม.ป.พ.]; 2555. หน้า 92.

9. นฤมล กองตัน, จุฑามาศ กันทะเงิน, ปาณิสรา กำลายศ, อนุสรฯ เมืองชื่น. **ผลของหมอกควันไฟป่าต่อปริมาตรปอดในคนปกติสุขภาพดี** [เอกสารอัดสำเนา]. พะเยา: [ม.ป.พ.]; 2555.
10. สุชาดา มั่นเขตกร, สุนิสา สายเทพ, สุทธิชัย ใจบาล, อนุรักษ์ พงษ์จันทร์ตา. **ผลของหมอกควันไฟป่าต่อสมรรถภาพปอดในคนปกติสุขภาพดี**. ใน: บทความย่อ นิทรรศการโครงการนิสิต 2; 11 กุมภาพันธ์ 2556; พะเยา. พะเยา: [ม.ป.พ.]; 2556. หน้า 110.
11. กัญญารัตน์ กันยวม, ธนาภรณ์ จันทร์วงศ์, วิชุดา ชัยสุวรรณ. **ผลของหมอกควันไฟป่าต่อสมรรถภาพการออกกำลังกายในคนปกติสุขภาพดี** [เอกสารอัดสำเนา]. พะเยา: [ม.ป.พ.]; 2555.
12. จิราภรณ์ แก้วโกมล, นฤมล นันตาเวียง, นิยาพร นาคคำ, วราภรณ์ ศรีมูล. **การศึกษาภาวะหอบเหนื่อยและคุณภาพชีวิตในคนปกติสุขภาพดีที่อาศัยอยู่บริเวณหมอกควันไฟป่า** [เอกสารอัดสำเนา]. พะเยา: [ม.ป.พ.]; 2555.
13. ทศวิญา พัดเกาะ, พัชรียา อัมพุด, สุจิตรา กล้วยหอมไทย, ชูลี ไจนส์. **ผลของหมอกควันไฟป่าต่อปริมาตรปอดและสมรรถภาพปอดในคนปกติสุขภาพดี**. ใน: Proceedings of phayao research conference 2013. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการพะเยาวิจัย 2556; 17-18 มกราคม 2556; พะเยา. พะเยา: [ม.ป.พ.]; 2556. หน้า 30-38.
14. John B. West. *Respiratory physiology*. 7<sup>th</sup> ed. United strate of America: R.R. Donnelley; 2005.
15. ทิพวรรณ ประภามณฑล, ธัญภรณ์ เกิดน้อย, สุรัตน์ หงส์ลิบสอง, กุลรัญญา สุตัน, อุบลวรรร ชัยมงคล, วัฒนา ปัญญามณีศรี. **มลพิษทางอากาศและหมอกควันในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (Air pollution and Smog in Upper Northern Thailand)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: คลองช่างพริ้นท์ติ้ง จังหวัดเชียงใหม่; 2554.
16. ชัชพล ทรงสุนทรวงศ์. **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 3 ฉบับแก้ไขปรับปรุง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2549.
17. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **สรุปลสถานการณ์มลพิษ ของประเทศไทยปี 2550**. กรุงเทพฯ: กชกร พิมพ์ชิ่ง; 2551.

18. วิจารย์ สิมาฉายา. มลพิษจากหมอกควันในพื้นที่ภาคเหนือ: ปัญหาและแนวทาง.  
กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. [วารสาร  
ออนไลน์]ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 13 มิถุนายน 2555]  
จาก:[http://infofile.pcd.go.th/air/smok\\_North.pdf?CFID=8793956&CFTOKEN](http://infofile.pcd.go.th/air/smok_North.pdf?CFID=8793956&CFTOKEN).
19. ดลรวี สีลารุ่งระยับ. กายภาพบำบัดทรวงอกทางคลินิก. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.]; 2555.
20. John Moxham. Test of respiratory muscle strength. Up to date [serial online]  
2013 Jun 05 [cited 2013 Jun 08]. Available  
from:<http://www.uptodate.com/contents/tests-of-respiratory-muscle-strength>.
21. สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย. แนวทางการตรวจสมรรถภาพปอด [ออนไลน์]  
ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 8 มิถุนายน 2556].  
จาก:<http://www.thaichest.org/atat3/pdf/guideline/GuidelinePFT.pdf>.
22. สุมาลี เกียรติบุญศรี. การดูแลรักษาโรกระบบหายใจในผู้ใหญ่ ( Respiratory  
Care in Adult). พิมพ์ครั้งที่ 1. [ม.ป.ท.]: หจก.ภาพพิมพ์; 2545.
23. Maranetra KN, Chaaychoo B, Dejsomritrutai W, Chierakul N, Nana A,  
Lertakyamane J et al. The prevalence and incidence of COPD among urban older  
persons of Bangkok Metropolis. J Med Assoc Thai. 2002; 85(11): 1147-55.
24. อรวรรณ โพนเงิน. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนไทยสุขภาพดีอายุ  
30-7- ปี [บทคัดย่อ]. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชา  
กายภาพบำบัด]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล; ปีพิมพ์ 2553. ใน: บทคัดย่อ  
วิทยานิพนธ์และรายงานการค้นคว้าอิสระ 2555; 2555.
25. วไลพร พราหมณ์ชู. ผลกระทบต่อระบบหายใจจากควันไม้ของคนงานเผ่าถ่านใน  
จังหวัด สุราษฎร์ธานี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีว  
อนามัยและความปลอดภัย]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2552.
26. J.P.Janssens, J.C.Pache, L.P.Nicod. Physiological changes in respiratory function  
associated with ageing. Eur Respir J 1999; 13: 197-205.
27. ชูลี โจนส์. พิษภัยของบุหรี่กับโรคทางระบบหายใจและหลอดเลือด. ใน: รุ่งทิพา  
วิจิตร ฉัตร, ประวีตร เจนวรรณกุล. กายภาพบำบัดกับพิษภัยของบุหรี่.  
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2550. 65.

28. American Thoracic Society/European Respiratory Society Task Force. Standardization of spirometry. *EurRrsplr J* 2005; 26: 319–38.
29. บริษัท กาญจนรัตน์ การแพทย์แล็บ จำกัด. การตรวจสมรรถภาพปอด [ออนไลน์] 2553 [อ้างเมื่อ 8 มิถุนายน 2556]. จาก: <http://www.kanjanarat.co.th/lung.html>.
30. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J RespirCrit Care Med* 2002; 166(4): 518.
31. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am Rev Respir Dis* 2002; 166: 518–624.
32. Laura Fregonese and Jan Stolk. **Hereditary alpha-1-antitrypsin deficiency and its clinical consequences.** *Orphanet Journal of Rare Diseases* 2008; 3–16
33. วัชร บัญสวัสดิ์. เรื่องแนวทางการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง.[ม.ป.ท.: ม.ป.พ.]; 2548.
34. Mannino DM, Redd SC. **Obstructive and restrictive lung disease and markers of inflammation: data from the third national health and nutrition examination.** *Am J Med* 2003; 114(9): 758–62.







รหัสอาสาสมัคร

--	--	--	--

## แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

## ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปด้านสุขภาพ

1) ชื่อ.....สกุล.....

เพศ  ชาย  หญิง อายุ.....ปี

อาชีพ.....

2) น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

3) โรคประจำตัว  ไม่มี  มี .....

4) ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

.....

.....

โทรศัพท์.....

5) ท่านอาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยาไม่ต่ำกว่า 4 ปี

 จำนวน.....ปี ไม่ใช่

6) ท่านอาศัยในช่วงเดือนธันวาคม 2552 - เดือนพฤษภาคม 2556

6.1 ท่านอาศัยในช่วงเดือนธันวาคม 2552 - เดือนพฤษภาคม 2553  ใช่  ไม่ใช่6.2 ท่านอาศัยในช่วงเดือนธันวาคม 2553 - เดือนพฤษภาคม 2554  ใช่  ไม่ใช่6.3 ท่านอาศัยในช่วงเดือนธันวาคม 2554 - เดือนพฤษภาคม 2555  ใช่  ไม่ใช่6.4 ท่านอาศัยในช่วงเดือนธันวาคม 2555 - เดือนพฤษภาคม 2556  ใช่  ไม่ใช่

7) การสูบบุหรี่

 ไม่เคยสูบบุหรี่ สูบบุหรี่ (.....ซอง/วัน เป็นระยะเวลา.....ปี) เคยสูบแต่เลิกแล้ว (.....ซอง/วัน เป็นระยะเวลา.....ปี)  
(เลิกมาแล้ว.....ปี)

8) การออกกำลังกาย

- ไม่เคย                       เป็นครั้งคราว (น้อยกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์ )  
 เป็นประจำ (มากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์ )

9) ครั้งสุดท้ายที่ไปพบแพทย์

- ไม่เคยพบแพทย์             เพิ่ง พบแพทย์ไม่เกิน 4 สัปดาห์ก่อนหน้า  
 เพิ่งพบแพทย์มากกว่า 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ระบุสาเหตุที่ไปพบแพทย์

.....



รหัสอาสามัคร

--	--	--	--

## แบบสัมภาษณ์

โปรดอ่านคำถามต่อไปนี้ ถ้าใช่ หรือไม่ใช่ ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ( ถูก ) ลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

คำถาม	ใช่	ไม่ใช่
1. ปัจจุบันท่านได้รับประทานยา ถ้าใช่โปรดระบุ.....		
2. ท่านมีโรคหอบหืด		
3. ท่านมีโรคภูมิแพ้ทางระบบหายใจ		
4. ท่านมีอาการหอบเหนื่อย ขณะพักหรือเมื่อไม่ได้ทำกิจกรรม		
5. ท่านมีอาการหอบเหนื่อยแน่นหน้าอกเวลาอากาศเย็น		
6. ท่านมีอาการหอบเหนื่อยแน่นหน้าอกเวลาสัมผัสเกสรดอกไม้หรือขนสัตว์		
7. ท่านรู้สึกเจ็บหน้าอกเมื่อทำกิจกรรม เช่น ขณะออกกำลังกายหรือทำงานบ้าน		
8. ท่านสัมผัสกับฝุ่นละออง หรือสารเคมีตลอดเวลา		
9. ลักษณะชีวิตประจำวันของท่านมีความเสี่ยงต่อการสัมผัสฝุ่นควัน ถ้าใช่โปรดระบุ.....		
10. ท่านมีโรคหัวใจและหลอดเลือด		
11. ท่านมีโรคความดันโลหิตสูง		
12. ท่านเป็นโรคเบาหวาน		
13. ท่านมีไขมัน หรือคอเลสเตอรอลในเลือดสูง		
14. ท่านที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ช่างก่อสร้าง หรือพนักงานในโรงงาน ในโรงงาน อุตสาหกรรมที่ประวัตสัมผัสสารเคมีหรือฝุ่นไม้		
15. ท่านเคยมีประวัติการผ่าตัดปอดออก		
16. ท่านมีปัญหาระบบสังการ เช่น อัมพฤกษ์ อัมพาต เป็นต้น		
17. ท่านมีความรับผิดชอบของทรงอก เช่น ออกนุ้ม ออกไก่ ออกถังเบียร์ เป็นต้น		
18. แพทย์ระบุว่าท่านมีอาการโรคหัวใจและหลอดเลือดเฉียบพลัน		
19. ท่านมีอาการไอและมีเสมหะเป็นประจำ		
20. ประจำเดือนท่านมาปกติหรือไม่ ( ตอบเฉพาะเพศหญิง )		
21. ท่านกำลังตั้งครรภ์ ( ตอบเฉพาะเพศหญิง )		
22. ท่านมีข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า ผิดรูป		
23. ท่านมีอาการปวดของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจนไม่สามารถทำงานได้		

คำถามเหล่านี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการประเมินว่าท่านสามารถเข้าร่วมโครงการได้หรือไม่คำตอบของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ



ภาคผนวก ข

หนังสือแสดงความการเข้าร่วมโครงการวิจัย



หนังสือแสดงความยินยอมการเข้าร่วมโครงการวิจัย  
(informed consent form)

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนสุขภาพดี  
ข้าพเจ้า (นาย,นาง,นางสาว).....นามสกุล.....อายุ.....ปี  
บัตรประชาชน/ข้าราชการเลขที่.....  
อยู่บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....  
(ในกรณีที่อาสาสมัครมีอายุต่ำกว่า 20 ปีบริบูรณ์) เป็นบิดา/มารดา/ผู้ปกครองของ (ด.ญ.  
.ด.ช.....อายุ.....ปี ได้รับฟังคำอธิบายจากนายวิเชียร วงศ์ยัง เกี่ยวกับการเป็น  
อาสาสมัครในโครงการวิจัย ผลของหมอกควันไฟป่าต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจใน  
คนสุขภาพดี ได้รับทราบถึงรายละเอียดของโครงการวิจัยเกี่ยวกับ

- วัตถุประสงค์และระยะเวลาที่ทำการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความชุกของผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด (restrictive lung abnormality) ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควันเป็นระยะเวลานาน
2. เพื่อศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (Maximum inspiratory pressure, PImax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน
3. เพื่อศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (Maximum expiratory pressure, PEmax) ในผู้ที่มีการจำกัดการขยายตัวของปอด ที่เกิดจากการสัมผัสหมอกควัน

- ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติตัวที่ข้าพเจ้าต้องปฏิบัติ

1. ทดสอบสมรรถภาพปอด โดยใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ (spirometer) โดยอาสาสมัครแต่ละท่านต้องทำเข้าเกณฑ์อย่างน้อย 3 ครั้งและทำซ้ำไม่เกิน 8 ครั้ง
2. ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory pressure meter) โดยอาสาสมัครแต่ละท่านต้องทำการทดสอบ 3 ครั้ง

- ผลประโยชน์ที่ข้าพเจ้าจะได้รับ

1. ทราบปัจจัยที่ทำให้เกิดการจำกัดการขยายตัวของปอดในคนที่สัมผัสหมอกควันไฟป่ามาเป็นระยะเวลาาน
2. เป็นข้อมูลพื้นฐานในหาแนวทางป้องกันโรคระบบทางเดินหายใจที่มีสาเหตุจากหมอกควันไฟป่าต่อไป
3. เป็นการรณรงค์ป้องกันแก้ไขภาวะหมอกควันไฟป่าจากการเผาป่า ซึ่งก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ

- ผลข้างเคียงหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมโครงการได้แก่

อาสาสมัครมีอาการเวียนศีรษะหน้ามืดขณะทำการทดสอบโดยผู้วิจัยเตรียมป้องกันไม่ให้เกิดผลเสีย หรือเตรียมการแก้ไขไว้ดังนี้มีอาจารย์หรือนักกายภาพบำบัดที่ผ่านการอบรมการช่วยชีวิตพื้นฐานอยู่ประจำขณะเก็บข้อมูลและเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้นไปด้วยทุกครั้ง และหากเกิดมีอาการข้างเคียงขึ้น ข้าพเจ้าจะรายงานให้ผู้วิจัยทราบทันที

- ในกรณีที่โครงการวิจัยนี้เกี่ยวกับการรักษาพยาบาลขอให้คงข้อความนี้ไว้

“หากข้าพเจ้าถอนตัวจากการศึกษาครั้งนี้ ข้าพเจ้าจะไม่เสียสิทธิ์ใดๆ ในการรับการรักษาพยาบาลที่จะเกิดขึ้นตามมาในโอกาสต่อไป ทั้งในปัจจุบันและอนาคต ณ สถานพยาบาลแห่งนี้หรือสถานพยาบาลอื่น”

- ข้าพเจ้าสามารถถอนตัวจากการศึกษานี้เมื่อใดก็ได้ถ้าข้าพเจ้าปรารถนา โดยไม่มีการเสียสิทธิ์ใดๆ ทั้งสิ้น

- ผู้วิจัยและ/หรือผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยขอให้คำรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยเฉพาะในรูปที่เป็นการสรุปการวิจัย โดยไม่ระบุตัวบุคคลผู้เป็นเจ้าของข้อมูล และหากเกิดอันตรายหรือความเสียหายอันเป็นผลจากการวิจัยต่อข้าพเจ้า ผู้วิจัยและ/หรือผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจะจัดการรักษาพยาบาลให้จนกลับคืนสภาพเดิม และจะเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการรักษาพยาบาลรวมทั้งชดใช้ค่าเสียหายอื่นถ้าหากมี

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจคำอธิบายข้างต้นแล้ว จึงได้ลงนามยินยอมเป็นอาสาสมัคร  
ของโครงการวิจัยดังกล่าว

ลายมือชื่ออาสาสมัคร.....  
(.....)

ลายมือชื่อผู้ปกครอง.....  
(.....)

ลายมือชื่อผู้ให้ข้อมูล.....  
(.....)

พยาน.....(ไม่ใช่ผู้อธิบาย)  
(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

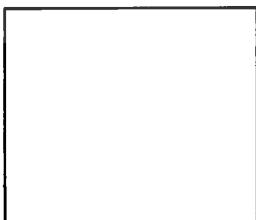
หมายเหตุ : 1) ในกรณีที่อาสาสมัครมีอายุต่ำกว่า 20 ปีบริบูรณ์ และสามารถตัดสินใจเองได้  
ให้ลงลายมือชื่อทั้งอาสาสมัคร (เด็ก) และผู้ปกครองด้วย

2) พยานต้องไม่ใช่ผู้วิจัยหรือผู้ร่วมวิจัย และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับโครงการวิจัย

3) ผู้ให้ข้อมูล/คำอธิบาย ต้องไม่เป็นแพทย์ที่ทำโครงการวิจัยนี้ด้วยตนเอง เพื่อ  
ป้องกันการเข้าร่วมโครงการด้วยความเกรงใจ

4) ในกรณีที่อาสาสมัครไม่สามารถ อ่านหนังสือ/ลงลายมือชื่อได้ ให้ใช้การ  
ประทับลายมือแทนดังนี้ :

ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหนังสือได้ แต่ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในแบบคำยินยอมนี้ให้แก่ข้าพเจ้าฟัง  
จนเข้าใจดี ข้าพเจ้าจึงประทับตราลายนิ้วมือขวาของข้าพเจ้าในแบบคำยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ



ลายมือชื่อผู้อธิบาย.....  
(.....)

พยาน.....(ไม่ใช่ผู้อธิบาย)  
(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หมายเหตุ: ขอให้ผู้วิจัยระบุรายละเอียดตามความเหมาะสมให้สอดคล้องกับลักษณะโครงการ

ภาคผนวก ค  
ตารางแสดงข้อมูล

$FEV_1 / FVC$  ,  $FEV_1$  ,  $FVC$  ,  $PEF$  ,  $FEF_{25\%-75\%}$  ,  $PI \max$  ,  $PE \max$



ตารางแสดงข้อมูล สัดส่วนระหว่าง FEV<sub>1</sub>/FVC (FEV<sub>1</sub>%) ปริมาตรอากาศที่หายใจออกแรงและเร็วที่สุดในหนึ่งวินาที (Forced expiratory time in one second, FEV<sub>1</sub>) ปริมาตรลมหายใจที่เบ่งออกมากและเร็วที่สุด (Forced vital capacity, FVC) อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (Peak expiratory flow rate, PEF) และ อัตราการหายใจออกสูงสุดในช่วงกลางของการเบ่งลมหายใจออก (Forced midexpiratory flow, FEF<sub>25%-75%</sub>)

ตัวแปร รหัส	FEV <sub>1</sub> /FVC		FEV <sub>1</sub>		FVC		PEF		FEF <sub>25%-75%</sub>	
	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred
3501	88	90	2.48	2.36	2.82	2.63	3.35	5.83	2.77	3.11
3502	86	86	2.02	2.17	2.35	2.53	2.71	5.87	1.88	2.64
3503	89	86	3.04	1.5	3.43	2.03	6.05	4.93	3.91	2.00
3504	64	84	1.08	2.18	1.68	2.64	1.15	5.96	0.91	2.39
3505	79	87	2.53	2.66	3.19	3.07	2.76	6.61	2.45	3.17
3506	91	86	2.43	2.23	2.68	2.61	4.29	6.01	3.07	2.67
3507	95	90	2.48	2.59	2.6	2.88	5.84	6.27	3.61	3.31
3508	85	88	3.45	3.57	4.04	4.21	8.68	9.46	3.43	4.51
3509	78	85	1.81	2.28	2.31	2.73	2.08	6.13	1.71	2.56
3510	74	86	3.24	3.59	4.35	4.35	3.39	10.13	3.12	4.37
3511	65	86	2.34	1.95	3.61	2.31	4.28	5.49	0.72	2.32
3512	89	88	2.98	3.46	3.36	4.08	4.05	9.27	3.16	4.40
3513	91	85	2.21	1.91	2.42	2.28	3.53	5.43	2.74	2.22
3514	85	84	3.64	3.73	4.27	4.63	6.29	10.74	3.92	4.35
3515	90	84	2.77	2.41	3.09	2.99	5.77	7.81	3.36	3.16
3516	81	86	2.22	2.71	2.73	3.3	2.76	8.37	2.10	3.53
3517	91	85	2.65	2.75	2.92	3.38	6.56	8.58	2.71	3.52
3518	86	87	2.32	2.11	2.7	2.44	6.52	5.69	2.60	2.64
3519	84	86	2.06	2.11	2.44	2.46	2.9	5.75	2.12	2.59
3520	92	84	1.95	2.18	2.13	2.64	3.22	5.96	2.59	2.39
3521	64	85	3.52	2.49	5.54	2.97	2.59	6.45	0.57	2.81
3522	92	84	2.85	2.55	3.11	3.18	6.55	8.23	3.73	3.24

ตัวแปร รหัส	FEV <sub>1</sub> /FVC		FEV <sub>1</sub>		FVC		PEF		FEF <sub>25%-75%</sub>	
	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred
3523	99	83	2.79	2.74	2.83	3.44	7.91	8.77	4.42	3.38
3524	78	84	1.99	2.57	2.56	3.21	2.15	8.29	1.90	3.27
3525	94	87	3.39	3.42	3.62	4.12	6.22	9.7	4.73	4.25
3526	86	83	3.17	2.71	3.68	3.41	3.99	8.71	3.10	3.34
3527	96	86	2.37	2.61	2.48	3.1	6.25	6.6	3.20	2.94
3528	93	85	2.09	2.13	2.24	2.53	3.44	5.86	2.57	2.48
3529	86	86	3.76	3.92	4.37	4.77	8.28	10.74	3.95	4.66
3530	88	83	2.35	3.54	2.66	4.47	4.96	10.56	2.60	4.05
3531	88	86	2.46	3.11	2.78	3.78	3.24	9.21	2.62	3.94
3532	93	84	2.52	2.4	2.71	2.95	4.22	6.29	3.20	3.49
3533	100	86	2.47	2.89	2.47	3.5	4.73	8.7	4.20	3.72
3534	99	86	2.4	2.42	2.43	2.84	4.74	6.32	3.65	2.85
3535	83	85	1.78	1.89	2.14	2.26	3.85	5.38	1.52	2.16
3536	97	87	1.67	2.16	1.72	2.5	2.49	5.81	2.18	2.68
3537	90	85	2.96	2.98	3.28	3.67	6.34	9.13	3.68	3.74
3538	85	85	2.54	2.98	2.98	3.67	6.87	9.13	3.18	3.74
3539	73	81	2.24	2.98	3.06	3.86	2.57	9.58	1.93	3.36
3540	98	85	3.47	3.09	3.54	3.82	7.99	9.41	5.09	3.80
3541	96	86	2.71	2.86	2.82	3.47	5.33	8.6	4.05	3.72
3542	80	87	3.29	3.34	4.09	3.99	8.18	9.32	2.89	4.23
3543	93	88	2.07	2.49	2.22	2.98	2.77	7.25	2.43	2.36
3544	91	89	2.46	2.47	2.69	2.78	4.06	6.16	2.70	3.14
3545	91	86	2.32	2.05	2.54	2.4	4.54	5.64	2.52	2.51
3546	91	87	1.83	2.25	2.02	2.6	2.73	5.96	1.90	2.79
3547	92	88	2.31	2.51	2.5	2.84	4.39	6.28	3.02	3.15
3548	70	86	1.55	2.42	2.2	2.84	1.59	6.32	1.05	2.85
3549	97	86	3.16	3	3.27	3.65	8.31	9	5.02	3.82
3550	80	83	3.22	3.27	4.03	4.11	6.96	10	3.14	3.83

ตัวแปร รหัส	FEV <sub>1</sub> /FVC		FEV <sub>1</sub>		FVC		PEF		FEF <sub>25%-75%</sub>	
	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred
3551	87	86	1.75	2.3	2.02	2.68	5.06	6.1	1.79	2.80
3552	83	86	2.16	2.02	2.6	2.39	5.92	5.62	2.08	2.45
3553	87	88	2.66	2.39	3.07	2.73	6.43	6.14	2.52	2.98
3554	91	88	2.03	2.53	2.23	2.89	4.64	6.38	2.43	3.11
3555	91	88	2.39	2.48	2.63	2.8	5.18	6.22	3.25	3.12
3556	75	86	1.89	2.54	2.53	3.01	2.81	6.51	1.57	2.89
3557	86	87	1.71	2.63	2	3.04	1.95	6.56	1.72	3.16
3558	96	87	3.47	3.42	3.61	4.12	6.58	9.7	4.03	4.25
3559	97	86	1.99	2.17	2.06	2.53	4.93	5.87	3.73	2.64
3560	90	87	2.24	3.34	2.49	2.71	4.53	6.14	2.31	2.86
3561	86	87	3.69	3.44	4.29	4.14	6.11	9.69	4.34	4.28
3562	98	87	2.25	2.34	2.29	2.68	3.92	6.07	3.39	2.92
3563	87	87	3.13	3.52	3.61	4.25	7.25	9.9	3.69	4.35
3564	83	84	2.65	3.19	3.21	3.96	6.72	9.7	2.41	3.86
3565	86	84	2.93	2.63	3.42	3.29	4.89	8.46	3.28	3.30
3566	90	88	3.07	3.25	3.41	3.87	5.61	9.11	3.75	4.15
3567	89	81	3.53	2.76	3.97	3.57	9.29	9.01	3.78	3.18
3568	73	89	1.79	2.85	2.45	3.24	2.16	6.76	1.60	3.45
3569	85	85	1.75	2.15	2.07	2.55	2.38	5.9	1.67	2.51
3570	90	84	2.5	2.68	2.78	3.31	3.42	8.48	3.02	3.42
3571	83	84	1.89	2.63	2.29	3.26	2.19	8.39	1.94	3.35
3572	94	85	2.47	3.1	2.63	3.81	3.53	9.36	2.72	3.86
3573	88	85	1.83	2.76	2.07	3.4	2.79	8.64	1.92	3.51
3574	30	83	1.71	2.86	5.75	3.6	1.83	9.09	0.36	3.46
3575	81	83	2.24	2.83	2.75	3.57	3.43	9.03	2.00	3.42
3576	91	86	1.6	2.04	1.76	2.4	1.12	5.65	1.52	2.48
3577	93	87	1.71	1.98	1.83	2.3	2.51	5.4	2.33	3.51
3578	98	87	1.93	2.26	1.96	2.59	2.72	5.93	2.14	2.84

ตัวแปร รหัส	FEV <sub>1</sub> /FVC		FEV <sub>1</sub>		FVC		PEF		FEF <sub>25%-75%</sub>	
	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred
3579	87	87	1.88	1.93	2.16	2.27	2.2	5.38	1.99	2.40
3580	94	85	2.57	2.64	2.72	3.25	7.43	8.34	4.47	3.41
3581	87	84	2.61	3.23	3.01	4.04	3.06	9.86	2.76	3.85
3582	94	87	2.35	2.29	2.49	2.63	6.15	6	3.65	2.87
3583	94	87	2.33	2.54	2.49	2.93	4.1	6.44	3.43	3.05
3584	85	87	1.68	2.5	1.98	2.9	1.9	6.41	1.66	2.99
3585	90	86	1.78	2.29	1.97	2.68	3.32	6.11	2.42	2.75
3586	100	89	2.22	2.69	2.33	3.03	3.69	6.51	3.37	3.35
3587	88	89	2.22	2.8	2.52	3.19	2.54	6.71	2.19	3.40
3588	86	87	1.53	2.45	1.77	2.82	1.68	6.29	1.57	3.00
3589	74	85	2.57	2.88	3.45	3.53	2.79	8.84	2.42	3.66
3590	95	87	2.32	2.51	2.43	2.89	4.39	6.39	3.00	3.04
3591	72	88	2.92	3.84	4.08	4.58	3.23	10.18	2.70	4.72
3592	89	88	2.23	2.56	2.5	2.91	3.93	6.39	2.17	3.17
3593	90	87	2.41	2.44	2.67	2.83	4.23	6.31	2.96	2.95
3594	90	88	2.67	3.17	2.98	3.77	4.18	8.86	3.20	4.09
3595	92	88	3.36	3.78	3.66	4.51	4.72	10.1	4.00	4.65
3596	95	88	3.1	3.15	3.25	3.75	4.08	8.92	3.14	4.05
3597	88	88	2.56	3.31	2.9	3.9	3.4	8.93	2.97	4.26
3598	90	87	2.75	2.59	3.05	3.01	3.11	6.53	2.92	3.09
3599	92	87	1.6	2.43	1.74	2.79	2.07	6.25	1.74	3.00
3600	37	88	0.61	2.71	1.65	3.09	1.08	6.6	0.52	3.29
3601	84	89	3.06	3.54	3.66	4.16	3.19	9.25	2.97	4.51
3602	61	89	1.03	2.72	1.64	3.05	1	6.51	0.91	3.41
3603	84	88	2.12	2.56	2.51	2.89	2.68	6.34	2.09	3.21
3604	100	90	2.07	2.36	2.08	2.62	0.16	5.85	3.90	3.09
3605	95	89	2.54	2.44	2.68	2.74	5	6.09	3.12	3.14
3606	95	89	2.12	2.73	2.24	3.06	3.43	6.51	2.65	3.44

ตัวแปร รหัส	FEV <sub>1</sub> ,FVC		FEV <sub>1</sub>		FVC		PEF		FEF <sub>25%-75%</sub>	
	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred	Value	Pred
3607	94	88	1.8	2.53	1.92	2.89	2.98	6.38	2.25	3.11
3608	93	89	2.47	2.89	2.65	3.27	4.51	6.76	3.02	3.52
3609	91	87	1.8	2.39	1.97	2.74	2.58	6.18	2.29	2.95
3610	81	88	1.86	2.48	2.29	2.98	2.53	7.37	1.75	3.35
3611	97	87	2.56	2.28	2.63	2.63	3.45	6.02	3.15	2.81
3612	94	87	2.67	3.29	2.85	3.95	4.53	9.38	3.33	4.15
3613	76	87	2.13	2.74	2.79	3.17	2.21	6.71	1.83	3.24
3614	97	87	1.96	2.17	2.03	2.51	3.06	5.82	2.50	2.70
3615	89	86	1.88	2.43	2.11	2.83	2.51	6.32	1.95	2.90
3616	89	87	2.15	2.42	2.42	2.81	2.61	6.29	2.42	2.92
3617	92	87	2.23	2.8	2.43	3.29	2.64	6.81	2.53	3.20
3618	96	85	3.07	3.3	3.2	4.06	3.24	9.79	2.96	4.03
3619	99	85	2.63	2.97	2.66	3.64	9.92	9.06	3.77	3.75
3620	68	84	2.12	3.07	3.12	3.84	2.08	9.5	1.82	3.71

ตารางแสดงข้อมูลค่าความแข็งของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (PI max) และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (PE max) ที่อาสาสมัคร

รหัส ตัวแปร	PI max		PE max	
	Normal	Value	Normal	Value
3501	90.25	46	153.5	69
3502	82.06	29	225.32	94
3503	124.45	97	226.2	128
3504	77.76	28	146.16	18
3505	86.35	56	151.7	101
3506	82.06	27	149.72	97
3507	89.86	90	153.32	89
3508	125.49	139	226.84	141
3509	80.11	51	148.82	66
3510	124.45	85	226.2	119
3511	78.94	30	148.28	82
3512	125.49	89	226.84	79
3513	76.18	47	143.88	106
3514	123.8	65	225.8	108
3515	105.5	116	217.86	142
3516	82.06	63	125.32	71
3517	122.5	116	225	197
3518	84.01	80	150.62	92
3519	82.45	38	149.9	83
3520	77.76	42	146.16	49
3521	82.06	62	149.72	66
3522	122.37	86	224.92	75
3523	122.11	83	224.76	74
3524	106	76	222.52	100

ตัวแปร รหัส	PI max		PE max	
	Normal	Value	Normal	Value
3525	124.45	82	226.2	122
3526	106	91	222.52	136
3527	83.23	45	150.26	71
3528	79.72	34	148.64	39
3529	124.84	89	126.44	110
3530	123.02	35	225.32	38
3531	123.67	88	225.72	88
3532	79.72	58	148.64	57
3533	123.54	84	225.64	99
3534	82.84	32	150.08	82
3535	74.6	25	141.6	58
3536	83.23	29	150.26	43
3537	123.02	73	226.12	96
3538	123.02	98	225.32	70
3539	105.75	55	220.19	81
3540	123.23	94	295.48	75
3541	123.54	84	225.64	156
3542	124.84	115	226.44	120
3543	87.52	57	152.24	39
3544	88.3	33	152.6	66
3545	81.67	44	149.54	46
3546	84.01	61	150.62	49
3547	87.91	76	152.42	88
3548	83.23	48	150.26	59
3549	123.41	128	225.56	150
3550	122.76	65	225.16	129
3551	83.62	68	150.44	73
3552	80.5	86	149	64

ตัวแปร รหัส	PI max		PE max	
	Normal	Value	Normal	Value
3553	86.25	83	151.7	77
3554	86.74	80	151.88	76
3555	87.52	93	152.24	91
3556	83.23	49	150.26	61
3557	85.96	38	151.52	61
3558	124.32	118	226.12	172
3559	82.45	78	149.9	100
3560	84.4	80	150.8	60
3561	124.45	117	226.2	137
3562	86.74	55	151.88	74
3563	124.32	116	226.12	144
3564	123.89	86	225.24	104
3565	106	105	222.52	94
3566	124.71	50	226.36	73
3567	122.37	127	224.92	225
3568	89.08	48	152.98	58
3569	78.94	31	148.28	38
3570	122.11	89	148.46	104
3571	121.98	83	219.28	92
3572	123.41	85	225.56	134
3573	122.11	52	224.76	67
3574	121.98	132	224.68	95
3575	123.15	81	225.4	73
3576	80.89	48	43.83	50
3577	83.62	52	60.14	65
3578	85.18	25	69.46	33
3579	81.67	74	48.49	75
3580	122.37	79	224.92	110

ตัวแปร รหัส	PI max		PE max	
	Normal	Value	Normal	Value
3581	122.76	83	225.16	123
3582	85.57	144	71.79	107
3583	85.57	84	71.79	103
3584	84.79	62	67.17	90
3585	82.45	50	53.15	61
3586	89.08	42	92.76	63
3587	88.3	84	88.1	94
3588	85.57	74	71.79	73
3589	82.06	115	225.35	115
3590	85.57	98	71.79	133
3591	125.62	91	226.92	134
3592	87.13	52	81.11	60
3593	84.97	52	67.13	68
3594	124.84	58	226.44	78
3595	125.36	55	226.76	178
3596	124.71	83	226.36	104
3597	125.49	75	226.84	78
3598	85.57	57	71.79	89
3599	85.96	74	74.12	43
3600	87.91	32	85.77	40
3601	125.75	45	227	93
3602	89.86	31	97.42	43
3603	87.97	43	85.77	52
3604	87.13	52	81.11	35
3605	89.08	38	92.76	35
3606	90.25	44	99.75	53
3607	86.74	44	78.78	57
3608	89.86	73	97.42	91

ตัวแปร รหัส	PI max		PE max	
	Normal	Value	Normal	Value
3609	85.57	77	71.79	66
3610	82.06	114	53.15	87
3611	84.4	63	64.8	95
3612	124.45	132	226.2	78
3613	86.74	37	78.78	70
3614	84.01	69	62.47	83
3615	84.01	50	62.47	70
3616	84.4	42	64.8	51
3617	82.06	87	74.12	45
3618	123.54	101	225.64	92
3619	123.02	113	225.4	147
3620	122.5	79	225	121

