

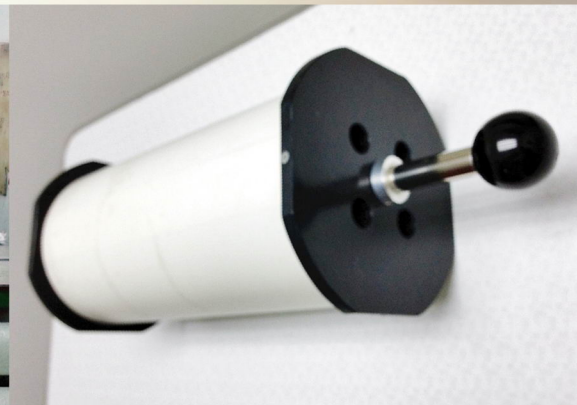
แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอด ด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย

Guideline for Standardization and Interpretation of
Pulmonary Function Test by Spirometry in Occupational Health Setting

พ.ศ. 2557
2014 Version

สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
The Association of Occupational and Environmental Diseases of Thailand

กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม
โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
Occupational and Environmental Medicine Center, Nopparat Rajathanee Hospital
Department of Medical Services, Ministry of Public Health



แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอด ด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย

Guideline for Standardization and Interpretation of
Pulmonary Function Test by Spirometry in Occupational Health Setting

พ.ศ. 2557

2014 Edition

สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

The Association of Occupational and Environmental Diseases of Thailand

ร่วมกับ

กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม

โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

Occupational and Environmental Medicine Center, Nopparat Rajathanee Hospital

Department of Medical Services, Ministry of Public Health

ข้อมูลบรรณานุกรม

แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557.

กรุงเทพมหานคร: สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และ กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข; 2557. จำนวน 92 หน้า หมดหมู่หนังสือ 616.98

เวอร์ชัน 1.1 เผยแพร่โดยมูลนิธิสมาาอาชีพะ วันที่เผยแพร่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559

ไม่สงวนลิขสิทธิ์

คำนำ

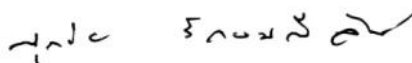
การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรียุคใหม่ เป็นการตรวจประเมินสมรรถภาพปอดที่ได้ ค่อนข้างง่าย มีราคาไม่แพง โดยผู้เข้ารับการตรวจไม่ต้องเจ็บตัว และได้ข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการประเมิน สุขภาพของคนทำงานอย่างมาก การตรวจนี้จึงได้รับความนิยมนำมาใช้ในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทย ทั้ง เพื่อวัตถุประสงค์ในการประเมินสุขภาพของคนทำงาน และในแง่การป้องกันโรค

แต่แม้ว่าจะมีการนำการตรวจชนิดนี้มาใช้อย่างแพร่หลายเป็นเวลานานแล้วก็ตาม ในอดีตที่ผ่านมา ยังไม่เคยมีการกำหนดแนวทางการตรวจและแปลผลของการตรวจสไปโรเมตรียุคใหม่ในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทยมาก่อน ทำให้ในทางปฏิบัติ ผู้ให้บริการทางการแพทย์แต่ละแห่ง ยังมีแนวทางการดำเนินการที่แตกต่างกันอยู่มาก ก่อให้เกิดปัญหาในการเปรียบเทียบผลการตรวจจากผู้ให้บริการทางการแพทย์ที่ต่างแห่งกัน และทำให้เกิดความ สับสนต่อผู้ดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยที่นำผลตรวจไปใช้ต่อ รวมถึงตัวคนทำงานเองได้

สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ร่วมกับกลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทาง ด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว จึงได้จัดทำ “แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรียุคใหม่ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ฉบับนี้ขึ้น เพื่อมุ่งหวังให้เป็นแนวทางแก่ผู้ให้บริการทางการแพทย์ในประเทศไทย ได้ใช้อ้างอิงประกอบการตรวจและการแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรียุคใหม่ อย่างมีคุณภาพ และเป็นไปใน แนวทางเดียวกัน

ในการดำเนินการจัดทำแนวทางฉบับนี้ ผมขอขอบคุณคณะทำงานผู้มีส่วนร่วมทุกท่าน ทั้งคณะอาจารย์ แพทย์อาชีวเวชศาสตร์ และพยาบาลอาชีวอนามัยทุกท่าน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาให้คำแนะนำและ จัดทำแนวทางฉบับนี้ขึ้น

หวังเป็นอย่างยิ่งว่า “แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรียุคใหม่ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ฉบับนี้ จะช่วยเป็นแนวทางให้กับผู้ให้บริการทางการแพทย์ในประเทศไทย ได้ใช้ในการตรวจสไปโรเมตรียุคใหม่ในงานอาชีวอนามัยอย่างมีคุณภาพ และเป็นไปในแนวทางเดียวกันมากขึ้น อันจะเป็นส่วนหนึ่ง ที่ช่วยสนับสนุน ให้ระบบการดูแลสุขภาพของคนทำงานในประเทศไทยมีประสิทธิภาพ ได้ผลดียิ่งๆ ขึ้นไป



รศ.นพ.ศุภชัย รัตนมณีฉัตร

นายกสมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

สารบัญ

คำนำ	ก
สารบัญ	ข
รายนามคณะทำงาน	ค
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	จ
บทนำ	1
พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับสมรรถภาพปอด	2
การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรี	7
นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง	10
แนวทางการตรวจและแปลผลในงานอาชีวอนามัย	11
❖ คุณภาพของเครื่องตรวจ	12
❖ คุณภาพของบุคลากร	19
❖ คุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อ	20
❖ ข้อบ่งชี้ ข้อห้าม และภาวะแทรกซ้อนที่พึงระวัง	24
❖ การเตรียมตัวของผู้เข้ารับการตรวจ	26
❖ เทคนิคการตรวจ	27
❖ เกณฑ์การพิจารณาผลตรวจ	33
❖ การเลือกสมการอ้างอิง	35
❖ วิธีการแปลผล	39
❖ เกณฑ์การส่งต่อเพื่อรับการตรวจวินิจฉัยยืนยันและการรักษา	52
❖ การตรวจเพื่อดูการตอบสนองต่อยาขยายหลอดลม	52
❖ การแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงในระยะยาว	53
ข้อจำกัดและโอกาสในการพัฒนา	57
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก 1: ตัวอย่างความผิดปกติของผลการตรวจสไปโรเมตรี	64
ภาคผนวก 2: ตารางเทียบค่าคาดคะเนและ Lower limits of normal ของคนไทย	71
ภาคผนวก 3: ตัวอย่างใบรายงานผลการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย	78

รายนามคณะทำงาน

ประธาน

❖ นพ.อดุลย์ บัณฑุกุล

รพ.นพรัตนราชธานี กรมการแพทย์

แพทย์อาชีวเวชศาสตร์

❖ รศ.นพ.โยธิน เบญจวงษ์

คณะแพทยศาสตร์ ม.ศรีนครินทรวิโรฒ

❖ ผศ.นพ.รพีพัฒน์ ชัดตประภาศ

งานอาชีวเวชศาสตร์ รพ.ศาลายา

❖ รศ.ดร.พญ.พิชญา พรรคทองสุข

คณะแพทยศาสตร์ ม.สงขลานครินทร์

❖ ศ.ดร.นพ.พรชัย สิทธิศรีณย์กุล

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

❖ ศ.ดร.นพ.สุรศักดิ์ บุรณตรีเวทย์

คณะแพทยศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์

❖ นพ.จารุพงษ์ พรหมวิทักษ์

รพ.สมเด็จพระบรมราชเทวี ณ ศรีราชา

❖ รศ.ดร.พญ.เนสินี ไชยเอีย

คณะแพทยศาสตร์ ม.ขอนแก่น

❖ ดร.พญ.ฉันทนา ผดุงทศ

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

❖ นพ.อภิสิทธิ์ นาวาประดิษฐ์

งานอาชีวเวชกรรม รพ.บ้านฉาง

❖ นพ.ศุภชัย เอี่ยมกุลวรรพงษ์

ศูนย์อาชีวเวชศาสตร์ รพ.มาบตาพุด

❖ นพ.ณัฐพล ประจวบพันธ์ศรี

ศูนย์สุขภาพและอาชีวอนามัย รพ.วิภาวดี

❖ พญ.อรพรรณ ชัยมณี

รพ.นพรัตนราชธานี กรมการแพทย์

❖ พ.ต.นพ.วชร โอนพรัตน์วิบูล

กองแพทย์ สสน. นทพ. กองบัญชาการกองทัพไทย

❖ นพ.สุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์โชติ

คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล ม.นวมินทรราชินา

❖ พญ.เกศ สัตยพงศ์

กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม รพ.สมุทรปราการ

❖ นพ.ธีระศิษฐ์ เฉินบำรุง

กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม รพ.ระยอง

❖ นพ.เปรมยศ เปี่ยมนิธิกุล

กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม รพ.นครปฐม

❖ พญ.ชุลีกร ธนิติกร

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

พยาบาลอาชีวอนามัย

❖ คุณจันทร์ทิพย์ อินทวงศ์

กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม รพ.ระยอง

❖ คุณศิรินทร์ทิพย์ ชาญด้วยวิทย์

กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม รพ.ระยอง

❖ คุณวรรณา จงจิตร์ไพศาล

รพ.นพรัตนราชธานี กรมการแพทย์

❖ คุณลินจง หลักเมือง

รพ.นพรัตนราชธานี กรมการแพทย์

❖ คุณนุจรีย์ ปอประสิทธิ์

รพ.นพรัตนราชธานี กรมการแพทย์

❖ คุณรัตนา ทองศรี

กลุ่มงานอาชีวเวชกรรม รพ.ระยอง

เลขานุการ

❖ นพ.วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์

ศูนย์อาชีวเวชศาสตร์ รพ.สมิติเวช ศรีราชา

หากท่านมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเนื้อหาในหนังสือ “แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ฉบับนี้ สามารถติดต่อสอบถามหรือให้ข้อเสนอแนะมาได้ที่ นพ.วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ ทางอีเมล: wwekburana@gmail.com

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

“แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ฉบับนี้ จัดทำโดยสมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ร่วมกับกลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นแนวทางกลาง สำหรับผู้ให้บริการทางการแพทย์ได้นำไปใช้อ้างอิงในการดำเนินการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้ได้ผลการตรวจที่มีคุณภาพ มีความคุ้มค่า และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ แนวทางฉบับนี้จัดทำโดยคณะทำงานซึ่งเป็นแพทย์และพยาบาลที่มีประสบการณ์ในการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย โดยในการจัดทำแนวทาง ใช้การทบทวนข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงที่เป็นงานวิจัยมาตรฐานอุตสาหกรรม กฎหมาย และแนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ขององค์กรวิชาการต่างๆ (Evidence-based) จากนั้นในขั้นตอนการพิจารณาให้คำแนะนำ ใช้วิธีการตกลงความเห็นร่วมกันของคณะทำงาน (Consensus-based) การประชุมเพื่อพิจารณาให้คำแนะนำของคณะทำงานดำเนินการในวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2557 ณ ห้องประชุมเพชรพิमान โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรุงเทพมหานคร ข้อสรุปที่ได้เป็นดังนี้

แนวทางเรื่องคุณภาพของเครื่องสไปโรมิเตอร์

- ❖ คุณภาพของเครื่องสไปโรมิเตอร์ (Spirometer) ที่ใช้ตรวจในงานอาชีวอนามัย ควรมีมาตรฐานความแม่นยำในการตรวจ (Accuracy) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของ American Thoracic Society (ATS) ปี ค.ศ. 1994 และถ้าเป็นไปได้ คณะทำงานสนับสนุนเป็นอย่างยิ่งให้ใช้เครื่องที่มีมาตรฐานความแม่นยำในการตรวจตามมาตรฐานของ American Thoracic Society / European Respiratory Society Task Force (ATS/ERS) ปี ค.ศ. 2005

- ❖ หากเครื่องสไปโรมิเตอร์มีมาตรฐานความแม่นยำไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือตามมาตรฐานของ ATS ปี ค.ศ. 1994 แล้ว อนุญาตให้ใช้เครื่องประเภทใดก็ได้ในการตรวจ ทั้งเครื่องชนิด Volume type และ Flow type

- ❖ มาตรฐานในการสอบเทียบ (Calibration) และการตรวจการสอบเทียบ (Calibration check) เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ใช้ตรวจในงานอาชีวอนามัย ให้ดำเนินการตามแนวทางของ ATS ปี ค.ศ. 1994 และ ATS/ERS ปี ค.ศ. 2005 เช่น จะต้องทำการสอบเทียบตามตารางการบำรุงรักษาเครื่อง, จะต้องตรวจการสอบเทียบปริมาตรอย่างน้อยวันละครั้ง แต่ถ้ามีการตรวจติดต่อกันจำนวนมาก จะต้องตรวจการสอบเทียบปริมาตรทุก 4 ชั่วโมง, ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความดันอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ จะต้องเปลี่ยนค่าเหล่านั้นในเครื่องตามค่าที่เปลี่ยนไปจริง และทำการตรวจการสอบเทียบปริมาตรใหม่ทุกครั้ง

- ❖ ในการจัดซื้อเครื่องสไปโรมิเตอร์ ควรทำการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับตรวจการสอบเทียบ เช่น กระบอกสูบ (Calibration syringe) ขนาด 3 ลิตร ข้อต่อ สายเชื่อม และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นไว้ร่วมด้วยเสมอ

❖ ค่าจากการตรวจที่นำมาใช้ในการพิจารณา ต้องมีสถานะของอุณหภูมิ ความดันอากาศ และความอัมตัวของไอน้ำที่ BTPS หรือผ่านการแปลงค่าการตรวจเป็นค่าที่ BTPS (BTPS correction) แล้วเสมอ

แนวทางเรื่องคุณภาพของบุคลากร

❖ **ผู้สั่งการตรวจ (Director)** ผู้สั่งการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย ควรเป็นแพทย์ (หมายถึง ผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมตามพระราชบัญญัติวิชาชีพเวชกรรม พ.ศ. 2525) และควรผ่านการอบรมที่เกี่ยวกับการตรวจสไปโรเมตริย์มาแล้ว ผู้สั่งการตรวจจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้แปลผล รับรองผลการตรวจ และมีความรับผิดชอบทางกฎหมายต่อผลการตรวจที่เกิดขึ้น รวมถึงมีหน้าที่ควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อคุณภาพการตรวจ และรับผิดชอบต่อผู้เข้ารับการตรวจหากเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการตรวจขึ้นด้วย

❖ **ผู้ทำการตรวจ (Technician)** ผู้ทำการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย จะต้องจบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่าเป็นอย่างน้อย และผ่านการอบรมหลักสูตรการตรวจสไปโรเมตริย์ โดยหลักสูตรที่เข้ารับการอบรมควรมีระยะเวลาอย่างน้อย 20 ชั่วโมง มีการฝึกภาคปฏิบัติไม่ต่ำกว่า 50 % ของระยะเวลาการอบรม หลังจากเข้าปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้ทำการตรวจแล้ว ควรทำการอบรมเพื่อฟื้นฟูความรู้ซ้ำอย่างน้อยทุก 5 ปี ผู้ทำการตรวจมีหน้าที่ดำเนินการตรวจสไปโรเมตริย์ตามคำสั่งของผู้สั่งการตรวจ ควบคุมคุณภาพด้านเทคนิค และคุณภาพด้านการควบคุมการติดเชื้อ ดูแลรักษาเครื่องมือให้อยู่ในสภาพดี ทำการจดบันทึกข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับเครื่องสไปโรมิเตอร์ไว้ เพื่อให้สามารถทำการตรวจได้อย่างมีคุณภาพอยู่เสมอ

แนวทางเรื่องคุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อ

❖ การดูแลคุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อในการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัยนั้น จะต้องมีมาตรฐานไม่ต่ำกว่าแนวทางของ ATS ปี ค.ศ. 1994 และ ATS/ERS ปี ค.ศ. 2005

❖ การพิจารณาใช้แผ่นกรองอากาศ (In-line filter) ประกอบการตรวจ ถ้าเป็นการตรวจด้วยเทคนิคการตรวจแบบวงจรปิด (Closed circuit technique) จะต้องใช้แผ่นกรองอากาศประกอบการตรวจด้วยเสมอ ถ้าเป็นการตรวจด้วยเทคนิคแบบวงจรเปิด (Open circuit technique) การจะใช้หรือไม่ใช้แผ่นกรองอากาศประกอบการตรวจ ให้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้สั่งการตรวจ

❖ แม้จะทำการตรวจโดยใช้แผ่นกรองอากาศประกอบการตรวจแล้วก็ตาม การปฏิบัติตามแนวทางการควบคุมคุณภาพด้านการควบคุมการติดเชื้อในเรื่องอื่นๆ ยังคงต้องปฏิบัติตามอยู่อย่างเคร่งครัด และถ้าใช้แผ่นกรองอากาศประกอบการตรวจ ในการตรวจการสอบเทียบ (Calibration check) จะต้องทำในขณะที่ติดตั้งแผ่นกรองอากาศอยู่ด้วย

แนวทางเรื่องข้อบ่งชี้ ข้อห้าม และภาวะแทรกซ้อนที่พึงระวัง

❖ **ข้อบ่งชี้ (Indication)** ในการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย มีดังนี้ (1.) ทำการตรวจเพื่อคัดกรองโรคในคนงานที่มีความเสี่ยง (2.) ทำการตรวจเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเฝ้าระวังโรค (3.) ทำการตรวจเพื่อนำผลตรวจไปเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความพร้อมในการทำงาน (Fitness to work) หรือความพร้อมในการกลับเข้าทำงาน (Return to work) เช่น การประเมินในกรณีต้องทำงานใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ การทำงานในที่อับอากาศ (4.) ทำการตรวจเพื่อการวิจัยทางด้านอาชีวอนามัย

❖ **ข้อห้าม (Contraindication)** ในการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัย มีดังนี้ (1.) ไอเป็นเลือด (2.) มีภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอดที่ยังไม่ได้รับการรักษา (3.) ระบบหลอดเลือดและหัวใจไม่คงที่ เช่น ความดันโลหิตสูงที่ยังไม่ได้รับการรักษาหรือควบคุมไม่ได้ โดยเฉพาะเมื่อมีค่า Mean arterial pressure (MAP) สูงตั้งแต่ 130 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป, มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Myocardial infarction) หรือภาวะหลอดเลือดที่ปอดอุดตัน (Pulmonary embolism) ในระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนที่ผ่านมา (4.) เส้นเลือดแดงโป่ง (Aneurysm) ในทรวงอก ท้อง หรือสมอง (5.) เพิ่งได้รับการผ่าตัดตา เช่น ผ่าตัดต้อกระจก (6.) เพิ่งได้รับการผ่าตัดช่องอกหรือช่องท้อง (7.) ทราบว่าติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น วัณโรคปอดระยะติดต่อ (8.) สตรีมีครรภ์ ยกเว้นในบางรายที่จำเป็นต้องทำการตรวจ (9.) ผู้ที่มีอาการเจ็บป่วยที่อาจมีผลต่อการทดสอบสไปโรเมทรี เช่น คลื่นไส้ หรืออาเจียนอย่างมาก

❖ **ภาวะแทรกซ้อน (Complication)** จากการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัย มีดังนี้ (1.) ความดันในกระโหลกเพิ่ม (2.) เวียนศีรษะ มึนงง บางรายอาจหน้ามืดหมดสติ (3.) ไอ (4.) กระตุ่นหลอดลมตีบ (5.) เจ็บหน้าอก (6.) ลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด (7.) ขาดออกซิเจนในผู้ป่วยที่ต้องใช้ออกซิเจน จากการหยุดให้ออกซิเจนในระหว่างการตรวจ และ (8.) ติดเชื้อ

แนวทางเรื่องการเตรียมตัวของผู้เข้ารับการตรวจ

❖ การเตรียมตัวของผู้เข้ารับการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัย ให้ทำดังนี้ (1.) ไม่ออกกำลังกายอย่างหนัก 30 นาทีก่อนทำการตรวจ (2.) ไม่สวมเสื้อผ้าที่รัดคอ ทรวงอก และท้อง (3.) หลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่ 2 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ (4.) ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ 4 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ (5.) ไม่สูบบุหรี่ 1 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ และ (6.) หยุดยาขยายหลอดลม

แนวทางเรื่องเทคนิคการตรวจ

❖ แผนการตรวจ (Maneuver) ที่ใช้เป็นหลักในการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัย ให้ใช้แผนการตรวจแบบ FVC Maneuver

❖ เทคนิคการตรวจ (Technique) ที่ใช้ในการตรวจ FVC Maneuver นั้น ผู้ส่งการตรวจอาจพิจารณาใช้เทคนิคการตรวจแบบวงจรปิด (Closed circuit technique) หรือเทคนิคการตรวจแบบวงจรเปิด (Open circuit technique) ก็ได้ ตามแต่ความเหมาะสม โดยควรพิจารณาถึงปัจจัยด้านความจำเป็น ข้อมูลที่ต้องการใช้ และความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของผู้เข้ารับการตรวจร่วมด้วย

❖ ควรทำการตรวจในท่านั่ง (Sitting posture) เริ่มการตรวจโดยให้ศีรษะอยู่ในลักษณะหงายเล็กน้อย เขยคางขึ้น และให้ใช้ที่หนีบจมูก (Nose clip) ประกอบการตรวจด้วยทุกครั้ง

❖ จำนวนครั้งต่ำสุดของการทำ FVC Maneuver ที่ต้องทำในการตรวจแต่ละรอบคืออย่างน้อย 3 ครั้ง ส่วนจำนวนครั้งสูงสุดในการทำ FVC Maneuver ที่ยอมรับได้ในการตรวจแต่ละรอบคือไม่เกิน 8 ครั้ง ถ้าทำการตรวจจนถึง 8 ครั้งแล้ว ยังไม่ได้กราฟผลการตรวจที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณา ควรให้ผู้เข้ารับการตรวจไปพัก แล้วนัดมาตรวจใหม่ในภายหลัง

แนวทางเรื่องเกณฑ์การพิจารณาผลตรวจ

❖ ให้ทำการตรวจ FVC Maneuver จนได้กราฟที่มีลักษณะผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria) อย่างน้อย 3 ครั้ง และทั้ง 3 ครั้งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกันแล้วผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria) จึงจะนำค่าที่ได้จากกราฟเหล่านั้นมาทำการแปลผล

❖ **เกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria)** ในขั้นแรก ให้พิจารณาว่ากราฟผลการตรวจจะต้องไม่มีลักษณะของสิ่งรบกวนที่เกิดจากผู้เข้ารับการตรวจ (Artifact) ได้แก่ การไอ สะอึก หยุดเป่าก่อนเวลา ไม่ออกแรงเป่าลมหายใจออกเต็มที่ ลมรั่วออก และมีลิ้น ฟัน หรือวัตถุอื่นใดไปอุดหลอดอม (Mouthpiece) จากนั้นให้พิจารณาว่าต้องมีการเริ่มต้นการหายใจออกที่ดี (Good start) คือมี Extrapolated volume (EV) น้อยกว่า 5 % ของ Forced vital capacity (FVC) หรือน้อยกว่า 150 มิลลิลิตร แล้วแต่ค่าใดมากกว่า ในขั้นตอนสุดท้ายให้พิจารณาว่ามีลักษณะการหายใจออกที่ดีเพียงพอหรือไม่ (Satisfactory exhalation) โดยจะถือว่ายอมรับได้ ถ้ามีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (1.) มีระยะเวลาการหายใจออกตั้งแต่ 6 วินาทีขึ้นไป และกราฟที่แสดงใน Volume-time curve มีลักษณะราบ (Plateau) อย่างน้อย 1 วินาที **หรือ** (2.) มีระยะเวลาการหายใจออกน้อยกว่า 6 วินาที และกราฟที่แสดงใน Volume-time curve มีลักษณะราบ (Plateau) อย่างน้อย 1 วินาที

❖ **เกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria)** เมื่อได้กราฟที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับมาอย่างน้อยเป็นจำนวน 3 กราฟแล้ว ให้พิจารณาการทำซ้ำจากกราฟที่มีค่า FVC สูงที่สุด กับกราฟที่มีค่า FVC สูงรองลงมา โดยถือว่าผ่านเกณฑ์การทำซ้ำเมื่อค่า FVC จากทั้ง 2 กราฟที่นำมาเปรียบเทียบกับกันนั้น มีความแตกต่างกันไม่เกิน 150 มิลลิลิตร

แนวทางเรื่องการเลือกสมการอ้างอิง

❖ ผู้แปลผลการตรวจจะต้องระบุชื่อสมการที่ใช้ในการแปลผลไว้ในใบรายงานผลการตรวจด้วยทุกครั้ง การเขียนระบุชื่อสมการให้ใช้วิธีการมาตรฐานตามคำแนะนำของ ATS/ERS ปี ค.ศ. 2005 คือเขียนชื่อท้าย (Last name) ของผู้นิพนธ์ท่านแรก ตามด้วยปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์ผลงานศึกษาวิจัยสมการอ้างอิงนั้น

❖ การเลือกสมการอ้างอิงสำหรับการแปลผล ในกรณีผู้เข้ารับการตรวจเป็นชาวไทย ให้ใช้สมการ Dejsomritrutai 2000 (สมการศิริราช) เป็นสมการในการแปลผล โดยควรใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่มีระบบการประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์และมีสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยนี้ บรรจุอยู่ในฐานข้อมูลของเครื่อง กรณีที่ไม่มีสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยบรรจุอยู่ในฐานข้อมูลของเครื่องสไปโรมิเตอร์ ให้นำข้อมูล เพศ อายุ และส่วนสูงของผู้เข้ารับการตรวจ มาคำนวณหาค่าคาดคะเน (Predicted value) โดยการใช้การคำนวณด้วยมือ **หรือ** ใช้โปรแกรมช่วยคำนวณ เช่น Microsoft Office Excel **หรือ** เปิดตารางสำเร็จรูปที่ทำการคำนวณค่าคาดคะเนด้วยสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยเอาไว้แล้ว

❖ ในกรณีชาวสหรัฐอเมริกา แนะนำให้เลือกใช้สมการ Hankinson 1999 (NHANES III) **หรือ** Crapo 1981 **หรือ** Knudson 1983 ในการแปลผล สมการใดสมการหนึ่ง

❖ ในกรณีชาวยุโรป แนะนำให้ใช้สมการ Quanjer 1993 (ECCS) ในการแปลผล

แนวทางเรื่องวิธีการแปลผล

❖ ผู้แปลผลการตรวจสามารถเลือกใช้การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio หรือ Lower limits of normal ก็ได้ แต่ต้องระบุวิธีที่ใช้ในการแปลผลไว้ในใบรายงานผลการตรวจด้วยเสมอ

❖ ถ้าใช้วิธี Specified ratio ให้กำหนดจุดตัดความผิดปกติร้อยละของค่าคาดคะเน (Percent of predicted value; % Predicted) ตามเกณฑ์ของสมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 ดังนี้ (1.) การแปลผลค่า Forced expiratory volume in 1 second (FEV1) ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 80 % Predicted ลงไป (2.) การแปลผลค่า FVC ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 80 % Predicted ลงไป (3.) การแปลผลค่า FEV1/FVC ให้นำค่าการตรวจ FEV1 ที่ได้จริง กับค่าการตรวจ FVC ที่ได้จริง มาเปรียบเทียบกับเป็นค่าร้อยละ (Percent of measured value; % Measured) โดย ในผู้เข้ารับการตรวจที่อายุน้อยกว่า 50 ปี ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 75 % Measured ลงไป และ ในผู้เข้ารับการตรวจที่อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 70 % Measured ลงไป

❖ ถ้าใช้วิธี Lower limits of normal ในการแปลผล ให้ทำการกำหนดจุดตัดความผิดปกติไว้ที่ค่า Lower limits of normal โดยถ้าค่าที่ตรวจได้มากกว่าหรือเท่ากับ Lower limits of normal จะถือว่าค่าการตรวจนั้นปกติ และถ้าน้อยกว่า Lower limits of normal จะถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ

❖ การเลือกกราฟที่นำมาใช้ในการแปลผล ให้ใช้ค่าจากกราฟที่ดีที่สุด (Best curve) คือกราฟที่มีผลรวมของค่า FEV1 และ FVC มากที่สุดใน 3 กราฟ ในการแปลผล

❖ แผนการแปลผล (Interpretation scheme) สำหรับการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย ให้ใช้แผนการแปลผลที่ดัดแปลงมาจากแนวทางของ สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 และ American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM) ปี ค.ศ. 2011 โดยการแปลผลจะสรุปผลการตรวจได้เป็น ปกติ (Normal), ผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality), ผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality), หรือ ผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality) อย่างใดอย่างหนึ่ง

❖ คณะทำงานไม่สนับสนุนให้ใช้ค่า Forced expiratory flow at 25-75 % (FEF 25-75 %) ในการแปลผลหาโรคของทางเดินหายใจขนาดเล็ก (Small airway disease) ในการแปลผลตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย

❖ การแบ่งระดับความรุนแรงของภาวะความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) และความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) ให้แบ่งตามแนวทางของ สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545

แนวทางเรื่องเกณฑ์การส่งต่อเพื่อรับการตรวจวินิจฉัยยืนยันและการรักษา

❖ หากพบผลตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยมีความผิดปกติ ไม่ว่าจะมีความผิดปกติแบบใด มีระดับความรุนแรงระดับใดก็ตาม แนะนำให้แพทย์ผู้แปลผลการตรวจส่งต่อผู้เข้ารับการตรวจที่มีผลผิดปกติไปทำการตรวจวินิจฉัยยืนยันหาสาเหตุ หรือทำการรักษา ในทุกรายที่พบความผิดปกติ ยกเว้นในกรณีที่ทราบสาเหตุความผิดปกติอยู่แล้ว และผู้เข้ารับการตรวจได้รับการรักษาหรือการตรวจติดตามอาการอยู่แล้ว

แนวทางเรื่องการตรวจเพื่อการตอบสนองต่อขยายหลอดลม

❖ หากอยู่ในสถานการณ์ที่มีความพร้อม ผู้ส่งการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัยอาจพิจารณาให้ผู้เข้ารับการตรวจที่มีความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) ทำการตรวจการตอบสนองต่อขยายหลอดลม (Reversibility test) ด้วยก็ได้ โดยในการแปลผลให้ยึดตามเกณฑ์ที่กำหนดในแนวทางของ สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 คือแปลผลว่ามีการตอบสนองต่อขยายหลอดลม (Reversible airflow obstruction) เมื่อหลังพ่นยาขยายหลอดลมแล้ว ค่าร้อยละของการตอบสนอง (Percent reversible) ของค่า FEV1 ดีขึ้นตั้งแต่ 12 % ขึ้นไป **และ** เมื่อวัดเป็นปริมาตรแล้ว ค่า FEV1 หลังพ่นยาขยายหลอดลมดีขึ้นตั้งแต่ 200 มิลลิลิตรขึ้นไป

แนวทางเรื่องการแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงในระยะยาว

❖ หากเห็นว่าเป็นประโยชน์ ผู้แปลผลการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัยอาจพิจารณาแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าการตรวจสไปโรเมทรีในระยะยาว (Interpretation of longitudinal change over time) โดยในการพิจารณาแปลผลควรใช้ผลการตรวจที่มีคุณภาพดี ตรวจถูกเทคนิค ทำการตรวจในท่าเดียวกัน และควรตรวจในช่วงเวลาเดียวกัน (ของรอบวันและรอบปี) มาพิจารณา ผลตรวจควรเป็นผลต่อเนื่องอย่างน้อย 4 – 6 ปีขึ้นไป และมีระยะห่างการตรวจทุก 1 – 2 ปี วิธีการคำนวณและเกณฑ์ในการแปลผลให้ใช้ตามแนวทางของ ACOEM ปี ค.ศ. 2005 คือถือว่าค่าสไปโรเมทรีมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Significant change) เมื่อค่า FEV1 ของผลการตรวจที่ติดตาม **ลดลงมากกว่า 15 %** ของค่า FEV1 พื้นฐาน (Baseline FEV1) หลังจากที่ได้ทำการพิจารณาการลดลงของค่าการตรวจสไปโรเมทรีตามอายุ (Expected loss due to aging) ของผู้เข้ารับการตรวจรายนั้นแล้ว

❖ หากพบการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Significant change) ควรให้ผู้เข้ารับการตรวจทำการตรวจซ้ำ (Retest) เพื่อเป็นการยืนยัน หากตรวจซ้ำแล้วยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผู้แปลผลการตรวจควรทำการสืบค้นหาสาเหตุที่ทำให้ค่าการตรวจเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามที่ผู้แปลผลเห็นเหมาะสมต่อไป

แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอด

ด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557

บทนำ

ในการดำเนินงานทางด้านอาชีวอนามัยนั้น ผู้ประกอบวิชาชีพทางด้านอาชีวอนามัย เช่น แพทย์อาชีวเวชศาสตร์ พยาบาลอาชีวอนามัย นักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม และเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ มีเป้าหมายที่จะดูแลคนทำงานให้มีสุขภาพดี มีความพร้อมที่จะทำงานได้อย่างปลอดภัยอยู่เสมอ การตรวจประเมินสถานะสุขภาพของคนทำงานในด้านต่างๆ จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ถูกนำมาใช้ประกอบการดำเนินการดูแลสุขภาพของคนทำงาน ในกรณีของคนทำงานที่สัมผัสสิ่งคุกคามที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ หรือคนทำงานที่ต้องมีความพร้อมของสมรรถภาพร่างกายในการทำงานที่มีลักษณะพิเศษบางอย่าง เช่น การทำงานที่ต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจชนิดที่มีระบบจ่ายอากาศในตัว (Self-contained breathing apparatus; SCBA) การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินสถานะสุขภาพของคนทำงานกลุ่มนี้ เนื่องจากการตรวจสไปโรเมตริย์เป็นการตรวจที่ค่อนข้างทำได้ง่าย มีราคาไม่แพงมากนัก คนทำงานที่เข้ารับการตรวจไม่ต้องเจ็บตัว และให้ข้อมูลที่มีประโยชน์จำนวนมาก ทำให้การตรวจชนิดนี้ได้รับความนิยมในการใช้ประเมินสถานะสุขภาพของคนทำงานในประเทศไทยในปัจจุบัน [1]

อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังไม่เคยมีการกำหนดแนวทางที่สามารถใช้อ้างอิงในการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัยอย่างเป็นทางการที่ยอมรับร่วมกันมาก่อน ทำให้ในทางปฏิบัติ ผู้ให้บริการทางการแพทย์แต่ละแห่งยังมีการปฏิบัติที่แตกต่างกันไปมาก เกิดปัญหาในการนำข้อมูลที่ได้จากผู้ให้บริการแต่ละแห่งมาเปรียบเทียบกัน รวมถึงการเปรียบเทียบผลเพื่อติดตามสมรรถภาพปอดของคนทำงานในระยะยาว นอกจากนี้การตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย ยังมีลักษณะที่แตกต่างไปจากการตรวจทางคลินิกกรณีอื่น เนื่องจากมักจะต้องการตรวจคนทำงานครั้งละเป็นจำนวนมาก บางครั้งมีการนำเครื่องตรวจเข้าไปตรวจในโรงงานหรือในสถานประกอบการ ซึ่งทำให้สิ่งแวดล้อมในการตรวจมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย และอาจควบคุมได้ยาก แนวทางที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ร่วมกัน จึงต้องเป็นแนวทางที่ปฏิบัติได้จริง ก่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ คือไม่เป็นภาระค่าใช้จ่ายกับทางสถานประกอบการมากเกินไป แต่ก็ต้องทำให้ผลการตรวจมีคุณภาพดีเพียงพอ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์เพื่อดูแลสุขภาพของคนทำงานต่อไป

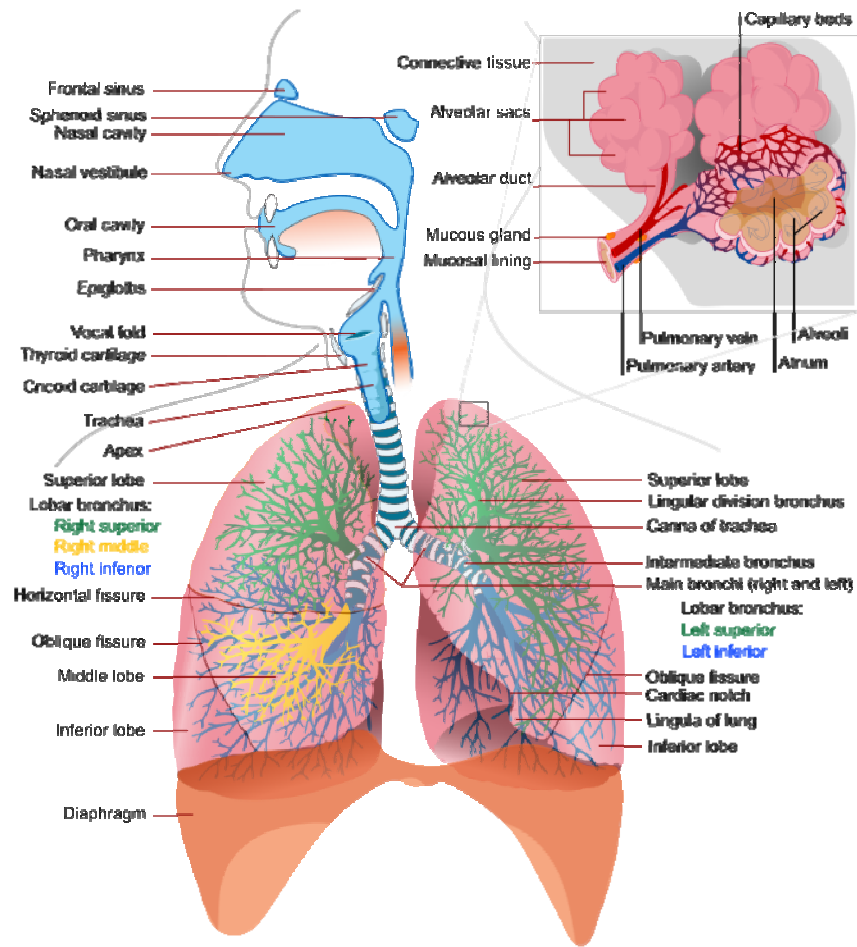
ด้วยเหตุนี้ สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ร่วมกับกลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จึงได้จัดทำ “แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ฉบับนี้ขึ้น โดยมุ่งหวังให้เป็นแนวทางกลาง ที่ผู้ให้บริการทางการแพทย์จะได้นำไปใช้อ้างอิงในการปฏิบัติให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน อันจะนำไปสู่การตรวจที่มีคุณภาพ มีความคุ้มค่า และใช้ปฏิบัติ

ได้จริง แนวทางฉบับนี้จัดทำโดย “คณะกรรมการจัดทำแนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” (ต่อไปนี้จะเรียกโดยย่อว่า “คณะกรรมการ”) ของสมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ในการพิจารณาจัดทำแนวทางนั้น ใช้ข้อมูลอ้างอิงจากเอกสารงานวิจัย มาตรฐานอุตสาหกรรม กฎหมาย และแนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์จากองค์กรวิชาการต่างๆ (Evidence-based) จากนั้นในขั้นตอนการพิจารณาให้คำแนะนำ ใช้วิธีการตกลงความเห็นร่วมกันของคณะกรรมการ (Consensus-based) ซึ่งเป็นคณะแพทยอาชีวเวชศาสตร์และพยาบาลอาชีวอนามัยที่มีประสบการณ์ในการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย การประชุมเพื่อพิจารณาให้คำแนะนำของคณะกรรมการดำเนินการในวันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2557 ณ ห้องประชุมเพชรพิมาน โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรุงเทพมหานคร

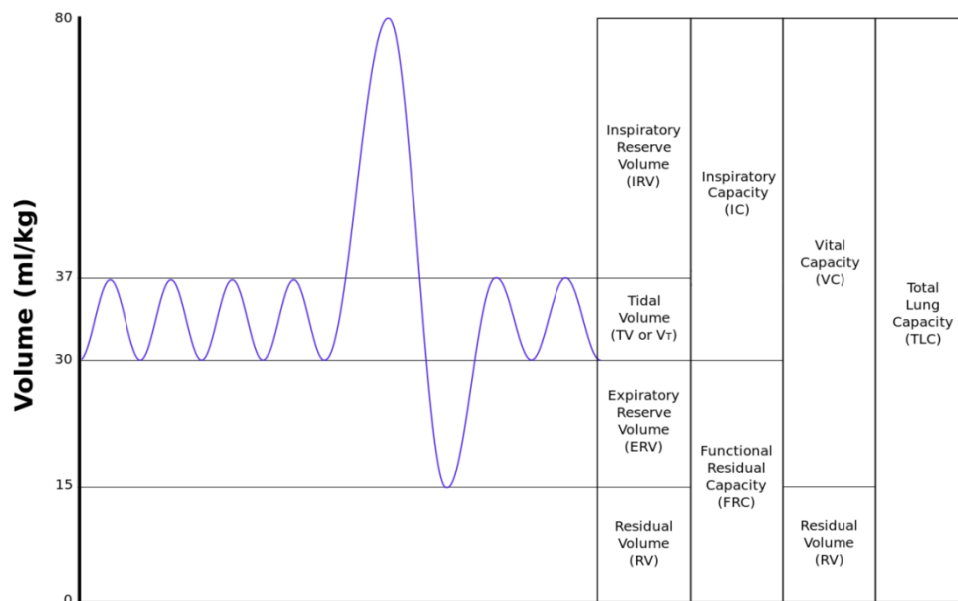
พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับสมรรถภาพปอด

ปอด (Lung) เป็นอวัยวะในระบบทางเดินหายใจ (Respiratory system) ที่มีความสำคัญในการทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สให้กับร่างกายของมนุษย์ โดยปอดจะนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ออกจากร่างกาย และนำแก๊สออกซิเจน (Oxygen) เข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ ตำแหน่งของปอดอยู่ภายในทรวงอก (Thorax) ทั้ง 2 ข้าง โดยเชื่อมต่อกับอวัยวะอื่นในระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่ทางเดินหายใจส่วนบน (Upper airway) ซึ่งเริ่มจากจมูก (Nose) ช่องคอ (Pharynx) จนถึงกล่องเสียง (Larynx) ต่ลงมาที่ทางเดินหายใจส่วนล่าง (Lower airway) ได้แก่ หลอดลม (Trachea) ซึ่งเป็นท่อลมขนาดใหญ่ตั้งแต่บริเวณลำคอเข้าสู่ทรวงอก จากนั้นจะแยกออกเป็นหลอดลมแขนง (Bronchus) เข้าสู่ปอดทั้ง 2 ข้าง หลอดลมแขนงจะแยกย่อยแตกแขนงออกไปอีกมากมายภายในเนื้อปอด ทำให้เนื้อปอดแบ่งออกเป็นกลีบ (Lobe) และกลีบย่อย (Segment) หลอดลมแขนงเมื่อมีขนาดเล็กลงจะกลายเป็นหลอดลมฝอย (Bronchiole) ที่ปลายสุดของหลอดลมฝอยมีลักษณะเป็นถุงลม (Alveolus) ขนาดเล็กๆ จำนวนมาก ซึ่งเป็นบริเวณที่ปอดใช้แลกเปลี่ยนแก๊ส ด้วยลักษณะที่มีถุงลมเป็นจำนวนมากทำให้เนื้อปอดมีความยืดหยุ่นเหมือนฟองน้ำ บริเวณรอบนอกของเนื้อปอด และด้านในของผนังทรวงอก จะมีเยื่อหุ้มปอด (Pleura) ซึ่งมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ บุหุ้มอยู่โดยรอบ รายละเอียดกายวิภาคของระบบทางเดินหายใจดังที่กล่าวมานี้ แสดงดังในภาพที่ 1

เมื่อทรวงอกและปอดขยายตัวในระหว่างการหายใจเข้า (Inspiration) และหดตัวในระหว่างการหายใจออก (Expiration) จะทำให้ปริมาตรอากาศภายในปอดเกิดความเปลี่ยนแปลง การวัดปริมาตรอากาศของปอดนั้นมีค่าพื้นฐานอยู่ทั้งหมด 8 ค่า [2-3] เป็นค่าปริมาตร (Volume) ซึ่งได้จากการตรวจวัด จำนวน 4 ค่า และค่าความจุ (Capacity) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเอาค่าปริมาตรมารวมกัน จำนวน 4 ค่า ค่าปริมาตรและความจุพื้นฐานของปอดเหล่านี้ ได้แก่ (1.) Tidal volume (TV / V_T) คือปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าและออกโดยปกติ (2.) Inspiratory reserve volume (IRV) คือปริมาตรอากาศสำรองที่เกิดจากการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (3.) Expiratory reserve volume (ERV) คือปริมาตรอากาศสำรองที่เกิดจากการหายใจออกอย่างเต็มที่ และ (4.) Residual volume (RV) คือปริมาตรอากาศที่เหลืออยู่ในปอด หลังจากหายใจออกอย่างเต็มที่แล้ว



ภาพที่ 1 กายวิภาคของระบบทางเดินหายใจ (แหล่งที่มา wikipedia.org)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าปริมาตรและความจุปอดพื้นฐานแต่ละอย่าง (แหล่งที่มา wikipedia.org)

(5.) Vital capacity (VC) เป็นค่าความจุที่วัดจากการหายใจเข้าอย่างเต็มที่จนสุด แล้วหายใจออกอย่างเต็มที่จนสุด (6.) Inspiratory capacity (IC) เป็นค่าความจุที่วัดจากการหายใจเข้าอย่างเต็มที่จนสุด หลังจากการหายใจออกตามปกติ (7.) Functional residual capacity (FRC) เป็นค่าความจุของอากาศที่เหลืออยู่ในปอด หลังจากการหายใจออกตามปกติ และ (8.) Total lung capacity (TLC) คือค่าความจุของปอดทั้งหมด ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของค่าปริมาตรและความจุปอดพื้นฐานแต่ละอย่าง

การตรวจสอบสมรรถภาพปอด

การตรวจสอบสมรรถภาพปอด (Lung function test หรือ Pulmonary function test) คือกลุ่มของการตรวจที่มีวัตถุประสงค์เพื่อดูความสามารถในการทำหน้าที่ของปอดในด้านต่างๆ เช่น ดูว่าปริมาตรและความจุของปอดเป็นปกติดีหรือไม่ อากาศสามารถผ่านเข้าและออกจากปอดได้ดีเพียงใด ปอดมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ดีเพียงใด เป็นต้น การตรวจสอบสมรรถภาพปอดแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด เช่น [3]

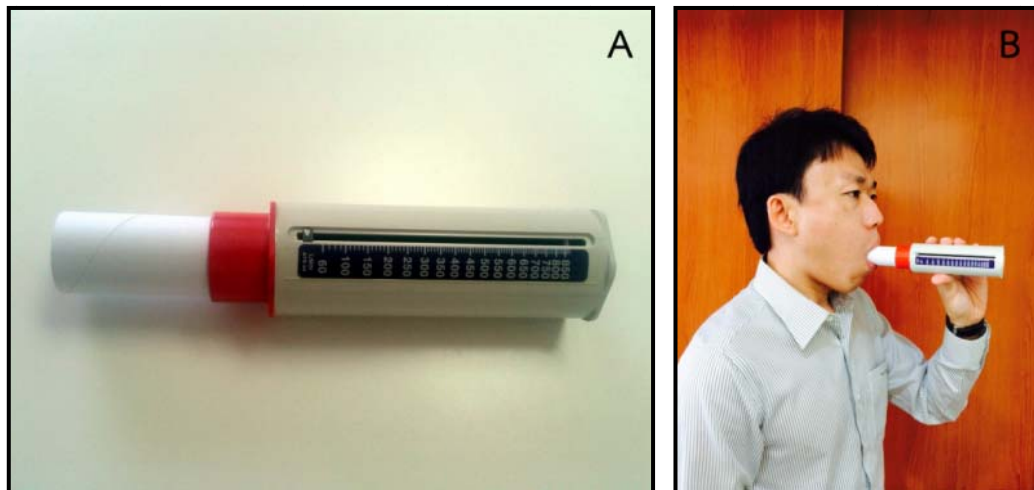
(1.) สไปโรเมทรี (Spirometry)

เป็นวิธีการตรวจพื้นฐานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการใช้ประเมินสมรรถภาพปอด เนื่องจากทำการตรวจได้ค่อนข้างง่าย ราคาไม่แพง ผู้เข้ารับการตรวจไม่ต้องเจ็บตัว ถ้าทำการตรวจได้ถูกเทคนิคจะให้ผลการตรวจที่น่าเชื่อถือ และข้อมูลที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ได้มาก การตรวจนี้ใช้หลักการวัดปริมาตร (Volume) และอัตราการไหล (Flow rate) ของอากาศที่ผู้เข้ารับการตรวจหายใจออกมาหรือหายใจเข้าไป นำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงเพื่อประเมินความผิดปกติ รายละเอียดของการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีนั้น จะกล่าวถึงในส่วนต่อไปของแนวทางฉบับนี้

นอกจากการตรวจสไปโรเมตรีในรูปแบบปกติแล้ว การตรวจสไปโรเมตรียังสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ในการค้นหาภาวะการตอบสนองของหลอดลมไวเกิน (Bronchial hyperresponsiveness) เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรคหอบหืด (Asthma) โดยการตรวจทดสอบการตอบสนองของหลอดลม (Bronchial challenge test) ซึ่งทำโดยให้ผู้เข้ารับการตรวจสูดดมสารมาตรฐานที่สามารถทำให้หลอดลมตีบได้คือ เมตาโคลีน (Metacholine) หรือ ฮิสตามีน (Histamine) จากนั้นทำการตรวจสไปโรเมตรีเป็นระยะเพื่อดูผลการตอบสนองของหลอดลมว่ามีความผิดปกติแบบฉับพลันเกิดขึ้นเมื่อเวลาใด หากทำการตรวจโดยเปลี่ยนไปให้สูดดมสารที่ต้องสงสัยว่าเป็นสารก่อโรคหอบหืดในผู้เข้ารับการตรวจรายนั้นแทน จะเรียกว่าการตรวจทดสอบการตอบสนองของหลอดลมต่อสารก่อโรค (Specific inhalation challenge test) ซึ่งจะช่วยยืนยันการวินิจฉัยโรคหอบหืดจากสารก่อโรคที่สงสัยได้ชัดเจน โดยเฉพาะในกรณีของโรคหอบหืดจากการทำงาน (Occupational asthma) แต่ก็เป็นการตรวจที่ค่อนข้างอันตราย เนื่องจากอาจทำให้ผู้เข้ารับการตรวจมีภาวะหลอดลมตีบอย่างรุนแรงได้ [4]

เครื่องมือตรวจที่ใช้หลักการเกี่ยวกับการตรวจสไปโรเมตรีอีกชนิดหนึ่งคือเครื่อง Peak flow meter ซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจที่มีขนาดเล็กกว่า สามารถให้ผู้เข้ารับการตรวจถือพกพาได้ และทำการตรวจได้ด้วยตนเอง โดยให้ทำการเป่าลมหายใจออกผ่าน Peak flow meter อย่างเร็วและแรงที่สุด จะได้ค่า Peak expiratory flow (PEF) แล้วทำการจดบันทึกไว้หรือกดปุ่มบันทึกไว้ (สำหรับรุ่นที่มีหน่วยความจำภายในเครื่อง) การตรวจด้วยเครื่อง

Peak flow meter นี้ใช้ติดตามอาการของผู้ป่วยโรคหอบหืดได้ดี สำหรับในทางอาชีวอนามัยนั้น มีประโยชน์ในการช่วยวินิจฉัยโรคหอบหืดจากการทำงาน โดยการให้คนทำงานที่สงสัยภาวะหอบหืดจากการทำงานทำการตรวจและบันทึกผลแบบต่อเนื่อง (Serial peak expiratory flow measurement) แล้วนำผลที่ได้มาพิจารณาความเปลี่ยนแปลงเทียบในแต่ละช่วงเวลา ทั้งเวลาที่ทำงานและไม่ได้ทำงานเพื่อประกอบการวินิจฉัย [5] ภาพที่ 3 แสดงเครื่อง Peak flow meter และตัวอย่างการใช้



ภาพที่ 3 เครื่อง Peak flow meter (ภาพ A) และตัวอย่างการใช้ (ภาพ B)

(2.) การตรวจวัดปริมาตรปอด (Static lung volume)

เป็นกลุ่มของการวิธีการตรวจวัด เพื่อดูปริมาตรและความจุปอดที่ไม่สามารถทำการตรวจวัดได้จากการตรวจสไปโรเมทรี เช่น ค่า Functional residual capacity, Total lung capacity, และ Residual volume โดยใช้เทคนิคต่างๆ โดยทั่วไปการตรวจนี้จะมีความซับซ้อนมากกว่าการตรวจสไปโรเมทรี ใช้ค่าใช้จ่ายสูงกว่า และมักต้องทำในสถานที่ตรวจที่จัดเตรียมเครื่องมือไว้เป็นอย่างดี โดยบุคลากรผู้มีความชำนาญ วิธีการตรวจวัดปริมาตรปอดที่มีการใช้กันในปัจจุบัน เช่น Body plethysmography ซึ่งเป็นวิธีการตรวจโดยให้ผู้เข้ารับการตรวจเข้าไปอยู่ในห้องปิดที่มีขนาดเล็กซึ่งทราบปริมาตรและความดันอากาศภายใน จากนั้นให้ผู้เข้ารับการตรวจหายใจเอาอากาศบางส่วนภายในห้องเข้าไปในปอด แล้วคำนวณหาปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าไปในปอดจากค่าความดันของอากาศภายในห้องที่เปลี่ยนแปลงไป (เนื่องจากความดันของอากาศแปรผกผันกับปริมาตรตาม Boyle's law) ลักษณะของเครื่องตรวจ Body plethysmography ดังแสดงในภาพที่ 4

วิธีอื่นๆ ในการตรวจวัดปริมาตรปอด เช่น Nitrogen washout และ Helium dilution technique ซึ่งใช้หลักการประเมินสัดส่วนของแก๊สในลมหายใจออกที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อนำมาคาดคะเนค่า Functional residual capacity รายละเอียดของการคำนวณจากการตรวจทั้ง 2 วิธีนี้ค่อนข้างมีความสลับซับซ้อน จึงไม่ขอกล่าวถึงในแนวทางฉบับนี้



ภาพที่ 4 เครื่อง Body plethysmography

(3.) การตรวจความสามารถในการซึมผ่านแก๊ส (Diffusing capacity)

การตรวจ Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide (DLCO) เป็นการตรวจความสามารถของปอดในการซึมผ่านแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ หลักการตรวจจะทำได้โดยให้ผู้เข้ารับการตรวจสูดดมแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ซึ่งเป็นแก๊สที่มีคุณสมบัติจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดี) ไว้ช่วงเวลาหนึ่ง จากนั้นหายใจออกมา เมื่อวัดปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เหลืออยู่ในลมหายใจออก จะทำให้ทราบได้ว่ามีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สามารถซึมผ่านเข้าสู่ร่างกายได้มากน้อยเพียงใด การตรวจนี้มีประโยชน์ในการใช้แยกโรคปอดบางชนิด ซึ่งจะมีค่า DLCO ลดลง เช่น โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) เนื่องจากเป็นโรคที่ทำให้มีลมค้างอยู่ในถุงลมเพิ่มขึ้น และโรคของเนื้อปอด (Interstitial lung disease) รวมถึงโรคที่ทำให้เกิดพังผืด (Fibrosis) เนื่องจากโรคเหล่านี้ทำให้ถุงลมสามารถซึมผ่านแก๊สได้ลดลง

(4.) การตรวจระดับแก๊สในหลอดเลือดแดง (Arterial blood gas)

การตรวจชนิดนี้เป็นการตรวจเพื่อดูความสามารถในการแลกเปลี่ยนแก๊สของปอดโดยทางอ้อม ทำโดยการตรวจระดับแก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และระดับความเป็นกรดต่างของเลือดจากหลอดเลือดแดง ค่าที่พบผิดปกติส่วนหนึ่งเกิดขึ้นได้จากการความสามารถในการแลกเปลี่ยนแก๊สของปอดที่ผิดปกติไป

(5.) การทดสอบการออกกำลังกาย (Cardiopulmonary exercise test)

การทดสอบการออกกำลังกาย (Cardiopulmonary exercise test; CPET) เป็นการตรวจสมรรถภาพของหัวใจและปอดระหว่างที่ให้ผู้เข้ารับการตรวจออกกำลังกาย เช่น การเดินบนสายพาน หรือการปั่นจักรยาน การทดสอบนี้จะเก็บข้อมูลหลายอย่าง เช่น ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ใช้ ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่

หายใจออก อัตราการหายใจ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ เพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลว่าร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption; VO_2 max) มากน้อยเพียงใด ทำให้ทราบว่าผู้เข้ารับการตรวจนั้นมีสมรรถภาพทางร่างกายเป็นอย่างไร ผลการตรวจที่ได้จะบ่งชี้ถึงสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและปอดของผู้เข้ารับการตรวจด้วย

การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรี

การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรี (Spirometry) เป็นวิธีการตรวจสมรรถภาพปอดที่มีประโยชน์และนิยมใช้กันมากที่สุด [6] การตรวจนี้สามารถทำได้ทั้งในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ โรงพยาบาลชุมชน คลินิกแพทย์ หรือแม้แต่ทำนอกสถานที่ เช่น ในสถานประกอบการ หรือตามหมู่บ้าน การตรวจสไปโรเมตรีใช้หลักการตรวจวัดปริมาตร (Volume) และอัตราการไหล (Flow rate) ของลมหายใจออกหรือลมหายใจเข้าของผู้เข้ารับการตรวจ มาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงว่ามีความผิดปกติหรือไม่ โดยทั่วไปการตรวจชนิดนี้ มุ่งหวังเพื่อใช้แสดงผลว่าปริมาตรและอัตราการไหลของลมหายใจของผู้เข้ารับการตรวจแต่ละราย มีความผิดปกติหรือไม่ ถ้าผิดปกติมีลักษณะความผิดปกติเป็นอย่างไร แต่จะไม่สามารถระบุยืนยันได้ว่าเป็นโรคปอดชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นการจำเพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการตรวจสไปโรเมตรีนี้ จะเป็นส่วนช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยเพื่อระบุโรคได้

เครื่องตรวจสไปโรเมตรีนั้นเรียกว่าสไปโรมิเตอร์ (Spirometer) ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือชนิด Volume type และชนิด Flow type รายละเอียดเป็นดังนี้ [7-8]

สไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type

สไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type หรือ Volume-displacement type เป็นสไปโรมิเตอร์ที่ใช้หลักการวัดปริมาตร (Volume) ของอากาศซึ่งผู้เข้ารับการตรวจหายใจออกมาหรือหายใจเข้าไปโดยตรง สไปโรมิเตอร์ชนิดนี้จึงต้องมีการกักเก็บอากาศที่ผู้เข้ารับการตรวจหายใจเอาไว้ภายในเครื่องด้วย สไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type ยังแบ่งแยกย่อยออกไปได้อีกหลายแบบตามหลักการทำงาน เช่น ใช้หลักการนำอากาศไปแทนที่น้ำ (Water-seal spirometer) ใช้หลักการนำอากาศไปเคลื่อนที่กระบอกลูกสูบ (Dry rolling-seal spirometer) ใช้หลักการกักเก็บอากาศไว้ในถุงพับ (Bellow spirometer) เหล่านี้เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วสไปโรมิเตอร์กลุ่มนี้มักมีขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายลำบาก และทำความสะอาดได้ยาก จึงมีการนำมาใช้ค่อนข้างน้อย ตัวอย่างของสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type แสดงดังในภาพที่ 5

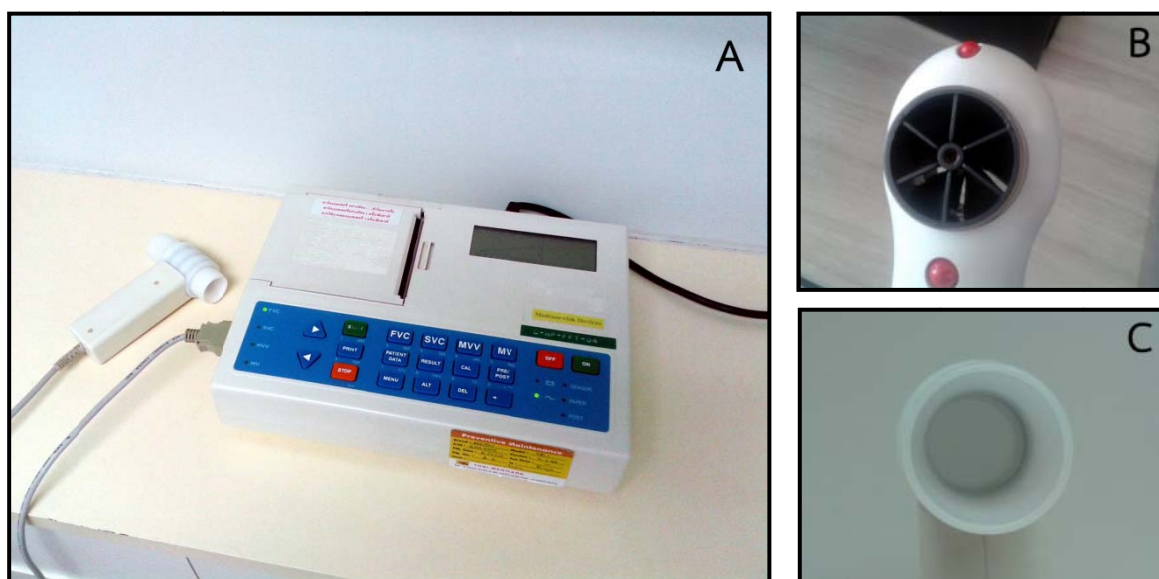
สไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type

สไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type เป็นสไปโรมิเตอร์ที่ไม่ได้วัดปริมาตรอากาศที่ผู้เข้ารับการตรวจหายใจโดยตรง แต่ใช้การตรวจวัดอัตราการไหล (Flow rate) ของอากาศที่หายใจออกมาหรือหายใจเข้าไป จากนั้นจึงนำค่าอัตราการไหลที่ได้มาคำนวณเป็นค่าปริมาตร สไปโรมิเตอร์ชนิดนี้จึงไม่ต้องกักเก็บอากาศเอาไว้ภายในเครื่อง ทำให้มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายได้สะดวก และทำความสะอาดได้ง่าย จึงได้รับความนิยมในการใช้มากกว่าชนิด Volume type สไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type ยังแบ่งแยกย่อยออกไปได้อีกหลายแบบ ตามชนิด

ของตัวจับอัตราการไหลของอากาศ (Sensor) เช่น ชนิดที่ใช้ับรอบการหมุนของกังหัน (Turbine flow meter) ชนิดที่ใช้การตรวจวัดความเย็นลงของขดลวดร้อนเมื่อสัมผัสกับลมหายใจ (Hot wire anemometer) ชนิดที่ใช้การวัดความต่างของความดันเมื่อลมหายใจผ่านวัสดุที่มีแรงต้าน (Pneumotachometer) โดยวัสดุที่มีแรงต้านนี้อาจเป็นท่อขนาดเล็ก (Fleisch type pneumotachometer) หรือเป็นตาข่ายโลหะ (Lilly type pneumotachometer) และชนิดที่ใช้คลื่นอัลตราซาวด์วัดอัตราการไหล (Ultrasonic spirometer) เป็นต้น ตัวอย่างของสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type แสดงดังในภาพที่ 6



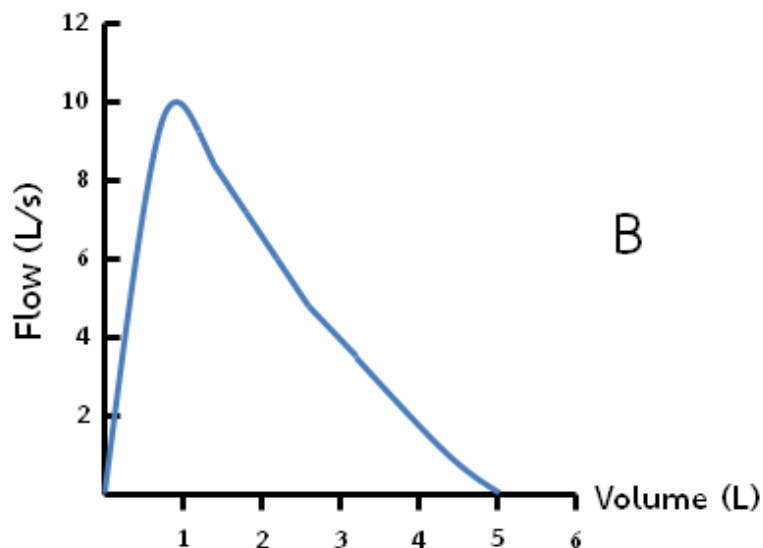
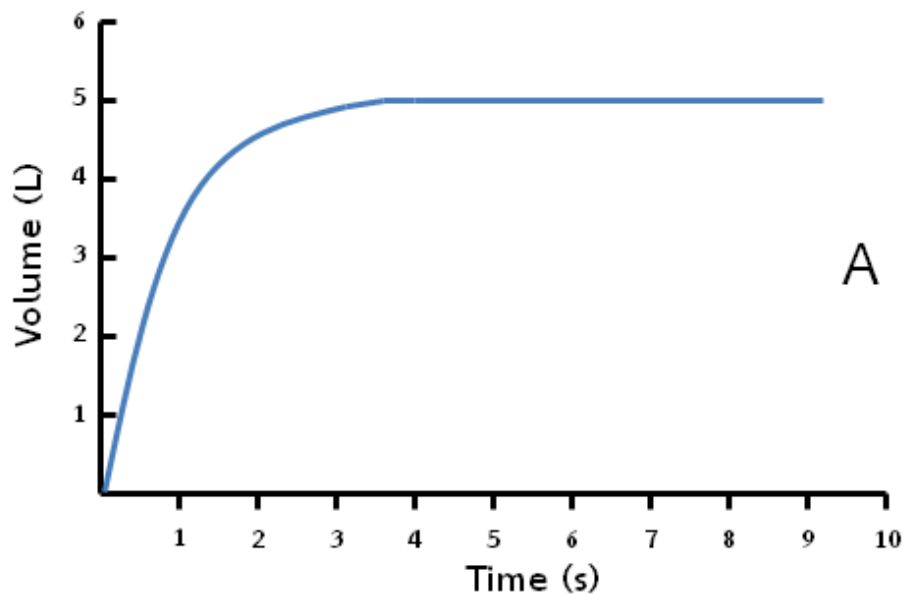
ภาพที่ 5 สไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type แบบ Water-seal spirometer



ภาพที่ 6 สไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type แบบ Lilly type pneumotachometer (ภาพ A)

หัว Sensor แบบ Turbine flow meter (ภาพ B) และหัว Sensor แบบ Lilly type pneumotachometer (ภาพ C)

ผลที่ได้จากการตรวจสอบสไปโรเมตริย์ เมื่อนำมาพลอตเป็นกราฟเพื่อแสดงผล จะเรียกกราฟนั้นว่าสไปโรแกรม (Spirogram) โดยทั่วไปสไปโรแกรมจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ **Volume-time curve** ซึ่งเป็นกราฟที่มีแกนตั้งเป็นปริมาตรอากาศ (Volume) และแกนนอนเป็นเวลา (Time) กับอีกชนิดหนึ่งคือ **Flow-volume curve** ซึ่งเป็นกราฟที่มีแกนตั้งเป็นอัตราการไหล (Flow rate) และแกนนอนเป็นปริมาตรของอากาศ (Volume) ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างสไปโรแกรมทั้งชนิด Volume-time curve และ Flow-volume curve



ภาพที่ 7 ตัวอย่างสไปโรแกรมชนิด Volume-time curve (ภาพ A) และ Flow-volume curve (ภาพ B)
(หมายเหตุ: L = liter, s = second, L/s = liter/second)

นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ในลำดับต่อไปจะเป็นการให้นิยามของค่าการตรวจ (Parameter) ต่างๆ ที่จะได้จากการตรวจสไปโรเมทรีและต้องกล่าวถึงบ่อยในแนวทางฉบับนี้ นิยามที่กำหนดเป็นดังนี้

❖ **Forced expiratory volume in 1 second (FEV1)** หมายถึง ปริมาตรอากาศสูงสุด ใน 1 วินาทีแรก ที่ได้จากการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงที่สุด (Forced expiration) จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ (Full inspiration) มีหน่วยเป็นลิตรที่ BTPS ในบางกรณีที่กำหนดเวลาที่พิจารณาต่างออกไปเป็น t วินาที จะเรียกว่าค่า Forced expiratory in t second (FEVt) แทน โดย t หมายถึงเวลาที่กำหนด

❖ **Forced vital capacity (FVC)** หมายถึง ปริมาตรอากาศสูงสุด ที่ได้จากการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงที่สุด (Forced expiration) จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ (Full inspiration) มีหน่วยเป็นลิตรที่ BTPS เช่นกัน

❖ **Forced expiratory volume in 1 second / Forced vital capacity (FEV1/FVC)** หมายถึง ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยการนำค่า FEV1 หารด้วยค่า FVC แล้วคูณด้วย 100 มีหน่วยเป็น % บางครั้งอาจเรียกว่าค่านี้ว่าค่า Percent FEV1 (% FEV1) ก็ได้

❖ **Forced expiratory flow at 25-75 % (FEF 25-75 %)** หมายถึง ค่าเฉลี่ย (Mean) ของอัตราการไหลของอากาศที่คำนวณในระหว่างช่วงปริมาตร 25 – 75 % ของ FVC (ช่วงกลางของ FVC) ค่านี้มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที บางครั้งอาจเรียกค่านี้ว่าค่า Maximum mid-expiratory flow (MMEF) ก็ได้

❖ **Peak expiratory flow (PEF)** หมายถึง ค่าอัตราการไหลของอากาศสูงสุด ที่ได้จากการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงที่สุด (Forced expiration) จากตำแหน่งหายใจเข้าเต็มที่ (Full inspiration) ค่านี้มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

❖ **Maximal voluntary ventilation (MVV)** หมายถึง อัตราการหายใจสูงสุด ที่ผู้เข้ารับการตรวจสามารถหายใจออกและเข้าอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ ภายในระยะเวลาที่กำหนด (โดยทั่วไปมักกำหนดไว้ที่ 12 วินาที) ค่านี้มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที

สำหรับความหมายของค่าที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสไปโรเมทรีที่ควรทราบอีก 2 ค่า คือคำว่า ATPS และ BTPS ซึ่งใช้เพื่อระบุสถานะของ อุณหภูมิ (Temperature) ความดันอากาศ (Pressure) และความอึดตัวของไอน้ำ (Water vapor) ประกอบการรายงานค่าการตรวจ โดยมีนิยามดังต่อไปนี้

❖ **Ambient temperature, ambient pressure, saturated with water vapor (ATPS)** คือ สถานะของแก๊สที่อุณหภูมิในบรรยากาศทั่วไป ที่ความดันบรรยากาศ และอึดตัวด้วยไอน้ำ

❖ **Body temperature, ambient pressure, saturated with water vapor (BTPS)** คือ สถานะของแก๊สที่อุณหภูมิร่างกายของมนุษย์ (37 องศาเซลเซียส) ที่ความดันบรรยากาศ และอึดตัวด้วยไอน้ำ ซึ่งเป็นสถานะที่จัดว่าเหมือนกับลมหายใจออกของมนุษย์มากที่สุด

สาเหตุที่ต้องมีการระบุสถานะของอุณหภูมิ ความดัน และความอึดตัวของไอน้ำ ประกอบการรายงานค่าการตรวจสไปโรเมทรี เนื่องจากปริมาตรของแก๊สจะมีความแปรผันไปตามปัจจัยเหล่านี้ได้ โดยปริมาตรของ

แก๊สจะแปรผันตามอุณหภูมิ และแปรผกผันกับความดัน ตามกฎของแก๊ส (Gas laws) ส่วนจำนวนโมเลกุลของน้ำในสถานะไอน้ำที่ลอยผสมอยู่ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สเมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยนแปลงไปได้ ในการรายงานค่าการตรวจจึงต้องระบุสถานะของอุณหภูมิ ความดันอากาศ และความอัมตัวของไอน้ำประกอบด้วยเสมอ ซึ่งค่าที่ใช้บ่อยคือ ATPS และ BTPS

แนวทางการตรวจและแปลผลในงานอาชีวอนามัย

ในอดีต มีการกำหนดแนวทางการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีไว้โดยองค์กรวิชาการในต่างประเทศอยู่เป็นจำนวนมาก การกำหนดแนวทางเหล่านี้ทำเพื่อมุ่งหวังให้การตรวจสไปโรเมตรีของผู้ให้บริการทางการแพทย์มีคุณภาพมากขึ้น ผลการตรวจที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น องค์กรหลักที่ริเริ่มดำเนินการในเรื่องการกำหนดแนวทางการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีคือ American Thoracic Society (ATS) ซึ่งได้จัดทำแนวทางการตรวจสไปโรเมตรีขึ้นเป็นครั้งแรก จากการประชุมเพื่อขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีชื่อการประชุมว่า Snowbird workshop และได้กำหนดเป็นแนวทางขึ้นในปี ค.ศ. 1979 [9] หลังจากนั้น ATS ได้ปรับปรุงแนวทางการตรวจสไปโรเมตรีอีก 2 ครั้งในปี ค.ศ. 1987 [10] และ ค.ศ. 1994 [11] และได้กำหนดแนวทางการแปลผลตรวจสไปโรเมตรีขึ้นในปี ค.ศ. 1991 [12]

สำหรับกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป ได้มีการจัดทำแนวทางการตรวจสไปโรเมตรีเพื่อใช้ร่วมกันขึ้นเช่นเดียวกัน เริ่มโดยองค์กร European Community for Coal and Steel (ECCS) ในปี ค.ศ. 1983 [13] หลังจากนั้นมีการปรับปรุงแนวทางอีกครั้งโดยองค์กร European Respiratory Society (ERS) ในปี ค.ศ. 1993 [14] ต่อมาในปี ค.ศ. 2005 องค์กร ATS ของประเทศสหรัฐอเมริกาและ ERS ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป จึงได้ร่วมมือกันจัดทำแนวทางในนามของ American Thoracic Society / European Respiratory Society Task Force (ATS/ERS) เพื่อเป็นแนวทางที่นำมาใช้อ้างอิงกันได้ในวงกว้างขวางขึ้น ซึ่งในการจัดทำครั้งนี้ ATS/ERS ได้กำหนดทั้งข้อพิจารณาทั่วไปในการตรวจสมรรถภาพปอด [15] แนวทางการตรวจสไปโรเมตรี [16-17] และแนวทางการแปลผลตรวจสมรรถภาพปอด [18]

ในประเทศไทยก็มีการกำหนดแนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีไว้เช่นกัน โดยสมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2545 [19] นอกจากกำหนดแนวทางการตรวจและแปลผลแล้ว สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทยยังได้จัดการอบรมเจ้าหน้าที่ผู้ทำการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีอยู่เป็นระยะ [20-21] รวมถึงจัดทำคู่มือประกอบการฝึกอบรมด้วย [22-23]

ส่วนแนวทางการตรวจสไปโรเมตรีเฉพาะสำหรับงานอาชีวอนามัย ซึ่งอาจมีความแตกต่างจากการตรวจสไปโรเมตรีในทางคลินิกโดยทั่วไปหลายอย่าง เช่น มักต้องให้บริการตรวจแก่คนทำงานครั้งละเป็นจำนวนมาก อาจมีการเคลื่อนย้ายสถานที่ตรวจบ่อย และอาจควบคุมสิ่งแวดล้อมในการตรวจได้ยากนั้น ก็มีองค์กรทางวิชาการคือ American College of Occupational and Environmental Medicine (ACOEM) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดแนวทางการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยไว้เป็นการเฉพาะ ในปี ค.ศ. 2000 [24] และฉบับปรับปรุงในปี ค.ศ. 2011 [25] องค์กรที่ดูแลงานด้านอาชีวอนามัยของ

ประเทศสหรัฐอเมริกา คือ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) มีบทบาทในการจัดหลักสูตรฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ผู้ทำการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ และออกคู่มืออบรมประกอบการเรียน [26] ส่วนองค์กร Occupational Safety and Health Administration (OSHA) มีบทบาทในการให้คำแนะนำ และการกำกับมาตรฐานการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ในงานอาชีวอนามัยที่ดำเนินการในประเทศสหรัฐอเมริกา [7] สำหรับในประเทศไทยนั้น ในปี พ.ศ. 2555 กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนด มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการตรวจสอบสภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการขึ้น ซึ่งในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมฉบับนี้ มีการกำหนดมาตรฐานของเครื่องตรวจ และผู้ทำการตรวจสอบสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีย์เอาไว้ด้วย [27]

แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557 ของสมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ร่วมกับกลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลพระรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับนี้ จึงเป็นแนวทางฉบับแรกที่ทำขึ้นสำหรับใช้อ้างอิงประกอบการตรวจและการแปลผลสไปโรเมตรีย์ในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทยเป็นการเฉพาะ รายละเอียดของแนวทางที่คณะกรรมการจะได้แนะนำในลำดับต่อไป มุ่งเน้นให้ใช้ในระดับการตรวจเพื่อคัดกรองโรค (Screening test) ซึ่งเป็นงานหลักของการดำเนินงานทางด้านอาชีวอนามัยเพื่อป้องกันโรคในคนทำงาน โดยทั่วไปการตรวจในระดับเพื่อการคัดกรองโรคนี้ จะมีรายละเอียดในการดำเนินการที่น้อยกว่า และทำได้สะดวกรวดเร็วกว่าการตรวจในระดับเพื่อยืนยันการวินิจฉัย (Diagnostic test) แนวทางต่อไปนี้จะเหมาะสมต่อการนำมาใช้ดูแลสุขภาพคนทำงานครั้งละจำนวนมาก แต่ก็ทำให้ได้ผลตรวจที่มีคุณภาพน่าเชื่อถือ สามารถนำผลตรวจมาใช้ดำเนินการดูแลสุขภาพของคนทำงานต่อไปได้ ไม่แตกต่างจากผลการตรวจในระดับเพื่อยืนยันการวินิจฉัยมากนัก และสามารถนำมาใช้เก็บเป็นข้อมูลในการดูแลสุขภาพของคนทำงานในระยะยาวได้ด้วย รายละเอียดแนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีย์ในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557 เป็นดังนี้

คุณภาพของเครื่องตรวจ

เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่มีคุณภาพ จะต้องมีความแม่นยำ (Accuracy) คือสามารถวัดค่าได้ตรงกับความเป็นจริง และความเที่ยงตรง (Precision) คือสามารถวัดค่าได้โดยไม่มีความแปรปรวนมากจนเกินไป แนวทางขององค์กร ATS ค.ศ. 1994 [11] ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานความแม่นยำและความเที่ยงตรงขั้นต่ำของเครื่องสไปโรมิเตอร์ รวมถึงวิธีการทดสอบเอาไว้ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานนี้ได้รับการยอมรับและนำมาใช้ในแนวทางของ สมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 [19] และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2555 [27] ด้วย รายละเอียดการทดสอบค่าการตรวจแต่ละอย่างค่อนข้างมีความซับซ้อน และต้องทำในห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องมือทางการแพทย์เป็นหลัก จึงไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดในแนวทางฉบับนี้ ผู้ที่สนใจสามารถหาอ่านรายละเอียดการทดสอบได้จากเอกสารฉบับเต็มของ ATS ค.ศ. 1994 [11]

ตารางที่ 1 เกณฑ์ความแม่นยำและความเที่ยงตรงขั้นต่ำของสไปโรมิเตอร์ตามแนวทางของ ATS ค.ศ. 1994

การทดสอบ	ช่วง / ความแม่นยำ (ที่ BTPS)	ช่วงอัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	เวลา (วินาที)	ความต้านทาน และแรงดันกลับ	เครื่องมือทดสอบ
VC	0.5 ถึง 8 ลิตร \pm 3 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.05 ลิตร แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	zero ถึง 14	30	-	กระบอกสูบ 3 ลิตร
FVC	0.5 ถึง 8 ลิตร \pm 3 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.05 ลิตร แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	zero ถึง 14	15	น้อยกว่า 1.5 ซม.น้ำ/ลิตร/วินาที	24 waveforms มาตรฐาน กระบอกสูบ 3 ลิตร
FEV1	0.5 ถึง 8 ลิตร \pm 3 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.05 ลิตร แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	zero ถึง 14	1	น้อยกว่า 1.5 ซม.น้ำ/ลิตร/วินาที	24 waveforms มาตรฐาน
Time zero	จุดเวลาที่ทำการเริ่มต้นวัดค่า FEVt	-	-	Back extrapolation	-
PEF	ความแม่นยำ: \pm 10 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.4 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่า ความเที่ยงตรง: \pm 5 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.2 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	zero ถึง 14	-	เหมือนกับ FEV1	26 flow waveforms มาตรฐาน
FEF 25-75 %	7 ลิตร/วินาที \pm 5 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.2 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	\pm 14	15	เหมือนกับ FEV1	24 waveforms มาตรฐาน
Flow	\pm 14 ลิตร/วินาที \pm 5 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 0.2 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	zero ถึง 14	15	เหมือนกับ FEV1	พิสูจน์โดยผู้ผลิต
MVV	250 ลิตร/นาที่ ที่ TV 2 ลิตร ภายใน \pm 10 % ของค่าที่อ่านได้ หรือ \pm 15 ลิตร/นาที่ แล้วแต่ค่าใดมากกว่า	\pm 14 \pm 3 %	12 ถึง 15	แรงดันน้อยกว่า \pm 10 ซม.น้ำ ที่ TV 2 ลิตร ที่ 2.0 เฮิร์ตซ์	ปั๊ม Sine wave

หมายเหตุ: ถ้าไม่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น เกณฑ์ความเที่ยงตรง (Precision) ให้เหมือนกับเกณฑ์ความแม่นยำ (Accuracy)

ต่อมาในปี ค.ศ. 2005 คำแนะนำโดย ATS/ERS [16] ได้ปรับเกณฑ์มาตรฐานความแม่นยำและความเที่ยงตรงเดิมของ ATS ปี ค.ศ. 1994 ให้เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย โดยมีความแตกต่างจากเกณฑ์เดิมเฉพาะในส่วนของมาตรฐาน PEF จากเดิมที่เกณฑ์มาตรฐานความแม่นยำ (Accuracy) กำหนดให้อยู่ที่ \pm 10 % ของค่าที่อ่านผลได้ หรือ \pm 0.4 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่ากัน ปรับเป็น \pm 10 % ของค่าที่อ่านผลได้ หรือ \pm 0.3 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่ากัน และเกณฑ์มาตรฐานความเที่ยงตรง (Precision) จาก \pm 5 % ของค่าที่อ่านผลได้ หรือ \pm 0.2 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่ากัน ปรับเป็น \pm 5 % ของค่าที่อ่านผลได้ หรือ \pm 0.15 ลิตร/วินาที แล้วแต่ค่าใดมากกว่ากัน เมื่อทำการทดสอบด้วย 26 Flow waveforms มาตรฐาน ส่วนเกณฑ์อื่นๆ ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง เกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำใหม่ที่กำหนดโดย ATS/ERS นี้ ได้รับการยอมรับและสนับสนุนให้ใช้ในแนวทางขององค์กรอื่นที่ออกมาในภายหลัง เช่น แนวทางของ ACOEM ค.ศ. 2011 [25]

ในประเด็นเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่องสไปโรมิเตอร์นี้ คณะทำงานมีความเห็นว่า เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย อย่างน้อยควรผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของความแม่นยำและความเที่ยงตรงขององค์กร ATS ค.ศ. 1994 และถ้าเป็นไปได้

คณะกรรมการสนับสนุนเป็นอย่างยิ่งให้ใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่มีมาตรฐานขั้นต่ำของความแม่นยำและความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ของ ATS/ERS ค.ศ. 2005 เช่น ในกรณีที่จัดซื้อเครื่องใหม่ การพิจารณาการผ่านมาตรฐานขั้นต่ำของความแม่นยำและความเที่ยงตรงดังที่กล่าวมานี้ จะต้องเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ผู้ให้บริการทางการแพทย์ใช้ตัดสินใจในการเลือกใช้หรือเลือกซื้อเครื่องสไปโรมิเตอร์

สำหรับในประเด็นชนิดของเครื่องสไปโรมิเตอร์นั้น คณะทำงานมีความเห็นว่า หากเครื่องสไปโรมิเตอร์มีมาตรฐานขั้นต่ำของความแม่นยำและความเที่ยงตรงไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือเกณฑ์ของ ATS ค.ศ. 1994 แล้ว สามารถใช้เครื่องชนิดใดก็ได้ในการตรวจ ทั้งเครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type และ Flow type

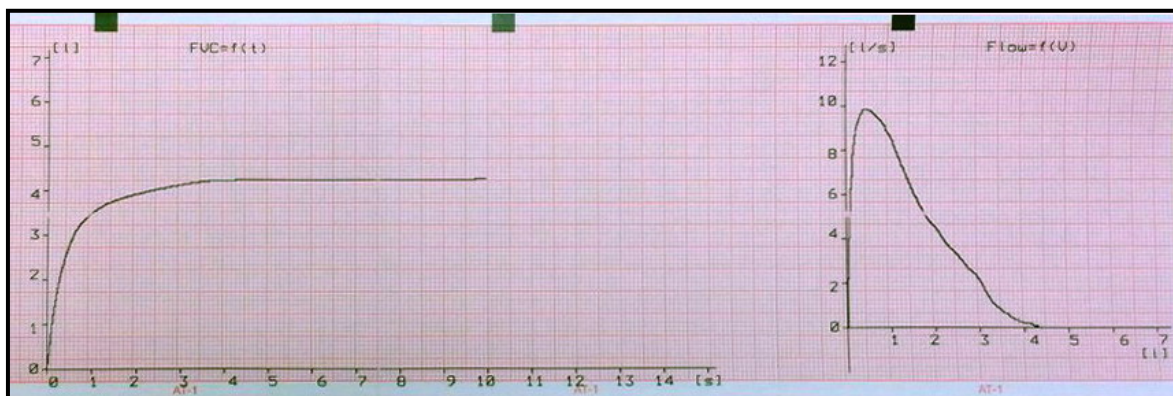
ในประเด็นการแสดงผลการตรวจ เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ใช้ควรที่จะสามารถแสดงสไปโรแกรมทั้งชนิด Volume-time curve และ Flow-volume curve ให้เห็นในระหว่างการตรวจได้ หรืออย่างน้อยควรที่จะสามารถแสดงผลให้เห็นได้ชนิดใดชนิดหนึ่ง กรณีที่เป็นเครื่องที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ การแสดงผลของหน้าจอ (Display) ควรมีความคมชัดและมีขนาดกราฟใหญ่เพียงพอที่จะทำให้ผู้ทำการตรวจเห็นได้ชัดเจน ในส่วนของการรายงานผล เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ใช้อย่างน้อยต้องสามารถทำการประมวลผลค่าการตรวจพื้นฐานคือ FEV1, FVC, และ FEV1/FVC ออกมาได้ครบทุกค่า และต้องแสดงสไปโรแกรมได้ทั้งชนิด Volume-time curve และ Flow-volume curve โดยการรายงานผลอาจรายงานในรูปแบบการบันทึกผลในกระดาษรายงานผล (Hardcopy) หรืออยู่ในรูปแบบไฟล์เพื่อแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Softcopy) ก็ได้ เกณฑ์ในการแสดงผลของเครื่องสไปโรมิเตอร์ ไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ที่แนะนำโดย ATS ค.ศ. 1994 [11] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2 และตัวอย่างการแสดงผลลงในกระดาษรายงานผลแสดงดังในภาพที่ 8

ตารางที่ 2 เกณฑ์การแสดงผลขั้นต่ำของเครื่องสไปโรมิเตอร์

ค่าการตรวจ	เกณฑ์การแสดงผลที่หน้าจอ (Instrument display)		เกณฑ์การแสดงผลในกระดาษรายงานผล (Hardcopy graphical output)	
	ความละเอียด	มาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนด	ความละเอียด	มาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนด
ปริมาตร (Volume)	0.05 ลิตร	5 มิลลิเมตร/ลิตร	0.025 ลิตร	10 มิลลิเมตร/ลิตร
อัตราการไหล (Flow)	0.2 ลิตร/วินาที	2.5 มิลลิเมตร/ลิตร/วินาที	0.1 ลิตร/วินาที	5 มิลลิเมตร/ลิตร/วินาที
เวลา (Time)	0.2 วินาที	10 มิลลิเมตร/วินาที	0.2 วินาที	20 มิลลิเมตร/วินาที

ประเด็นต่อมาที่เกี่ยวข้องกับเครื่องสไปโรมิเตอร์คือความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดันอากาศ และความอัมพลของไอน้ำ กับผลการตรวจที่ได้ แนวทางขององค์กร ATS ค.ศ. 1994 [11] แนะนำให้ทำการตรวจสไปโรเมตริย์เมื่ออุณหภูมิในบรรยากาศอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเท่านั้น คือต้องไม่ต่ำกว่า 17 องศาเซลเซียส และไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ค่าการตรวจที่น่าเชื่อถือ ก่อนทำการตรวจ ผู้ทำการตรวจจะต้องป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิในบรรยากาศจริง ณ เวลานั้นเข้าไปในเครื่องด้วย เพื่อให้เครื่องสามารถคำนวณค่าการตรวจออกมาได้ถูกต้อง และในระหว่างช่วงวันหากเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบรรยากาศขึ้น ผู้ทำการ

ตรวจก็ต้องป้อนข้อมูลค่าอุณหภูมิในบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ลงไปใหม่ สำหรับแนวทางฉบับนี้ คณะทำงานมีความเห็นสนับสนุนให้ใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่แสดงค่าการตรวจออกมา โดยมีสถานะของ อุณหภูมิ ความดันอากาศ และความอึดตัวของไอน้ำ ที่ BTPS เสมอ หรือกรณีที่เครื่องสไปโรมิเตอร์ตรวจวัดค่า การตรวจออกมาเป็นสถานะอื่น เช่น ที่ ATPS สไปโรมิเตอร์นั้นจะต้องทำการแปลงค่าการตรวจออกมาให้เป็น BTPS ให้ได้ (ทำ BTPS correction) และบริษัทผู้ผลิตจะต้องสามารถอธิบายหลักการคำนวณเพื่อแปลงค่า ATPS เป็น BTPS ให้แก่ผู้ซื้อเครื่องสไปโรมิเตอร์ได้เข้าใจอย่างชัดเจนด้วย



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการแสดงผลลงในกระดาษรายงานผลของเครื่องสไปโรมิเตอร์

นอกจากการเครื่องสไปโรมิเตอร์จะต้องทำการตรวจได้อย่างแม่นยำและเที่ยงตรง มีการแสดงผลและ บันทึกผลที่ชัดเจน และแสดงค่าการตรวจที่ BTPS ได้แล้ว ในประเด็นเกี่ยวกับการสอบเทียบ (Calibration) และการตรวจการสอบเทียบ (Calibration check) ก็มีความสำคัญที่จะทำให้ผลการตรวจสไปโรเมตริย์ที่ได้ ออกมามีความน่าเชื่อถืออยู่เสมอ ในประเด็นนี้ คณะทำงานมีความเห็นสนับสนุนให้ควบคุมคุณภาพของการ สอบเทียบและการตรวจการสอบเทียบตามแนวทางขององค์กร ATS ค.ศ. 1994 [11] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] ดังรายละเอียดต่อไปนี้

❖ การสอบเทียบ (Calibration) เป็นกระบวนการที่ดำเนินการในห้องปฏิบัติการทดสอบอุปกรณ์ทาง การแพทย์ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าเมื่อเวลาผ่านไป สไปโรมิเตอร์นั้นจะยังสามารถทำการตรวจได้โดยมีความ แม่นยำและความเที่ยงตรงสูงเพียงพอ ผู้ให้บริการทางการแพทย์จะต้องส่งเครื่องสไปโรมิเตอร์ไปสอบเทียบเป็น ระยะเวลาตามตารางการบำรุงรักษาเครื่อง และต้องบันทึกวันเวลาที่ส่งเครื่องไปทำการสอบเทียบแต่ละครั้งไว้ รวมถึงควมอย่างย้งที่จะต้องขอเอกสารรับรองการสอบเทียบจากผู้ให้บริการสอบเทียบเก็บไว้ด้วย การพิจารณา ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายที่สามารถให้บริการในเรื่องการสอบเทียบหลังจากการขายได้ ควรเป็นข้อพิจารณาสำคัญ อย่างหนึ่งที่ใช้ในการเลือกซื้อเครื่องสไปโรมิเตอร์

❖ ส่วนการตรวจการสอบเทียบ (Calibration check) เป็นกระบวนการที่ดำเนินการโดยผู้ให้บริการ ทางทางการแพทย์เอง เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าเครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ทำการสอบเทียบมาแล้วนั้นยังสามารถทำการ ตรวจได้อย่างถูกต้อง มีผลที่น่าเชื่อถือจริง [16] การตรวจการสอบเทียบนั้นจะต้องทำเป็นประจำตามระยะ เช่น

ตามแนวทางที่แนะนำไว้โดย ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] ดังแสดงในตารางที่ 3 หากตรวจการสอบเทียบแล้วพบว่าค่าที่ได้มีความผิดปกติไปจากเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผู้ให้บริการทางการแพทย์ที่เป็นผู้ทำการตรวจการสอบเทียบ จะต้องส่งสไปโรมิเตอร์เครื่องนั้นไปทำการสอบเทียบใหม่ [16]

ตารางที่ 3 แนวทางการตรวจการสอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์ตาม ATS/ERS ค.ศ. 2005

ชนิดการทดสอบ	ระยะเวลาทดสอบ	วิธีการดำเนินการ
ปริมาตร (Volume)	ทุกวัน *	ตรวจการสอบเทียบด้วยกระบอกสูบขนาด 3 ลิตร ค่าที่ได้ต้องไม่แตกต่างจากค่าที่ระบุไว้ที่กระบอกสูบเกิน $\pm 3.5\%$ ของปริมาตร
การรั่ว (Leak)	ทุกวัน **	วัดความดันคงที่ขนาด 3 เซนติเมตรน้ำ (cmH ₂ O) เข้าไปในเครื่องขณะที่อุดรูอากาศออกไว้ เป็นเวลานาน 1 นาที ต้องมีอากาศรั่วออกไม่เกิน 30 มิลลิลิตร
ความคงที่ของการวัดปริมาตร (Volume linearity)	ทุก 3 เดือน **	ตรวจวัดปริมาตรต่อเนื่องกันหลายครั้งและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ครั้งละ 1 ลิตร ตามวิธีการที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ หรือตามวิธีการมาตรฐานที่แนะนำไว้ในแนวทางของ ATS/ERS ค.ศ. 2005 ค่าปริมาตรรวมที่อ่านผลได้จะต้องผิดไปไม่เกิน $\pm 3.5\%$ หรือ 65 มิลลิลิตร ขึ้นกับจำนวนใดสูงกว่า
ความคงที่ของการวัดอัตราการไหล (Flow linearity)	ทุกสัปดาห์ ***	ทำเหมือนการตรวจการสอบเทียบปริมาตร ด้วยกระบอกสูบขนาด 3 ลิตร แต่ทดสอบที่อัตราการไหล 3 ระดับที่แตกต่างกัน (ช้า ปานกลาง เร็ว) ระดับละ 3 ครั้ง ทุกค่าที่ได้จะต้องไม่แตกต่างจากค่าที่ระบุไว้ที่กระบอกสูบเกิน $\pm 3.5\%$ ของปริมาตร
เวลา (Time)	ทุก 3 เดือน	จับเวลาเปรียบเทียบระหว่างตัวจับเวลาในเครื่องสไปโรมิเตอร์กับนาฬิกาจับเวลา (Stop watch) ค่าที่ได้ต้องไม่แตกต่างกันเกิน 2 %
ซอฟต์แวร์ (Software)	เมื่อเปลี่ยนเวอร์ชันใหม่	จดบันทึกวันที่ทำการเปลี่ยนซอฟต์แวร์เวอร์ชันใหม่ไว้ ลองให้ผู้เข้ารับการตรวจที่ทราบผลการตรวจอยู่แล้ว (Known subject) ทดลองทำการตรวจดู

หมายเหตุ: * = ถ้าตรวจติดต่อกันจำนวนมาก เช่น การตรวจในโรงงานหรือสถานประกอบการกิจการ ให้ทำทุก 4 ชั่วโมง ถ้าเคลื่อนย้ายเครื่องสไปโรมิเตอร์จะต้องทำการทดสอบใหม่ และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความดันอากาศ หรือความชื้นสัมพัทธ์ จะต้องใส่ค่าที่เปลี่ยนแปลงลงไปเครื่อง แล้วทำการทดสอบใหม่, ** = ทำเฉพาะสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type, *** = ทำเฉพาะสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type

❖ ผู้ให้บริการทางการแพทย์จะต้องจัดทำแฟ้มบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการสอบเทียบและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เก็บเอาไว้เพื่อให้สามารถทวนสอบข้อมูลย้อนหลังได้ ข้อมูลที่ต้องทำการจดบันทึกได้แก่ วันเวลาที่ส่งเครื่องไปทำการสอบเทียบ วันเวลาที่ส่งเครื่องไปซ่อมบำรุง วันเวลาที่มีการเปลี่ยนอะไหล่ของเครื่อง วันเวลาที่มีการเปลี่ยนหรือปรับรุ่นซอฟต์แวร์ของเครื่อง รวมถึงตารางการตรวจการสอบเทียบตามระยะ [16] นอกจากนี้ควรเก็บเอกสารรับรองผลการสอบเทียบแต่ละครั้งไว้เพื่อให้สามารถทวนสอบข้อมูลย้อนหลังได้ด้วย

❖ ในการจัดซื้อเครื่องสไปโรมิเตอร์ใหม่ทุกครั้ง ผู้ให้บริการทางการแพทย์ที่เป็นผู้ซื้อควรทำการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจการสอบเทียบร่วมด้วยเสมอ ที่สำคัญคือกระบอกสูบ (Calibration syringe) เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้เพื่อการตรวจการสอบเทียบเป็นประจำทุกวัน รวมถึงควรจัดซื้ออุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องใช้ประกอบ เช่น ข้อต่อ สายเชื่อมต่อ เอาไว้ด้วย

❖ กระบอกสูบ (Calibration syringe) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญที่ทำให้การตรวจการสอบเทียบ น่าเชื่อถือ ขนาดมาตรฐานของกระบอกสูบที่แนะนำโดย ATS ค.ศ. 1994 [11] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] คือขนาด 3 ลิตร (3-L Cal syringe) ตัวกระบอกสูบนั้นควรได้รับการส่งไปสอบเทียบปริมาตรเป็นระยะตาม เวลาที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ ปริมาตรของกระบอกสูบที่สอบเทียบได้จะต้องไม่ผิดไปจากที่ระบุไว้เกิน ± 15 มิลลิลิตร หรือ $\pm 0.5\%$ ของปริมาตร (เท่ากับ 15 มิลลิลิตรสำหรับกระบอกสูบขนาด 3 ลิตร) [16] หากเกิด เหตุการณ์ที่อาจทำให้ปริมาตรของกระบอกสูบเปลี่ยนแปลงผิดไป เช่น ทำกระบอกสูบตกกระแทกพื้น จะต้อง ส่งกระบอกสูบนั้นไปสอบเทียบปริมาตรใหม่ทันที และควรทำการทดสอบการรั่วของกระบอกสูบอย่างน้อยทุก เดือน โดยการอุดปากกระบอกสูบไว้ด้วยจุกคอร์ก แล้วพยายามดันกระบอกสูบเพื่อดูว่ามีอากาศรั่วออกมาได้ หรือไม่ การเก็บรักษากระบอกสูบควรเก็บไว้ในพื้นที่ใกล้กับเครื่องสไปโรมิเตอร์เสมอ เพื่อให้ได้รับอุณหภูมิและ ความชื้นใกล้เคียงกัน จะทำให้สามารถใช้ตรวจการสอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง [11]

❖ การตรวจการสอบเทียบปริมาตร (Volume) จะต้องทำการทดสอบนี้กับสไปโรมิเตอร์ทุกเครื่อง ไม่ว่าชนิด Volume type หรือ Flow type โดยควรทำอย่างน้อยวันละครั้ง แต่หากมีการตรวจให้กับผู้เข้ารับ การตรวจอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก เช่น การเข้าไปตรวจคัดกรองสุขภาพให้กับคนทำงานในโรงงานหรือใน สถานประกอบกิจการ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในผลการตรวจ ให้ทำการตรวจการสอบเทียบทุก 4 ชั่วโมง [11] หากมีการเคลื่อนย้ายเครื่องสไปโรมิเตอร์ เช่น ช่วงเช้าทำการตรวจในสถานที่แห่งหนึ่ง ช่วงบ่ายเคลื่อนย้าย เครื่องไปทำการตรวจในสถานที่อีกแห่งหนึ่ง จะต้องทำการตรวจการสอบเทียบใหม่ทุกครั้ง [11] หากมีการ เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างวัน จะต้องใส่ค่าอุณหภูมิใหม่ลงในเครื่องตามค่าที่เปลี่ยนแปลงไปจริง แล้ว ทำการตรวจการสอบเทียบใหม่ทุกครั้งด้วย [11] กระบอกสูบที่ใช้ในการตรวจการสอบเทียบปริมาตรจะต้อง เก็บไว้ในพื้นที่ใกล้กับเครื่องสไปโรมิเตอร์ เพื่อให้ได้รับอุณหภูมิและความชื้นที่ใกล้เคียงกัน จะทำให้ตรวจการ สอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง เกณฑ์ที่ยอมรับได้คือเครื่องสไปโรมิเตอร์จะต้องตรวจวัดปริมาตร ได้ไม่แตกต่างจากปริมาตรที่ระบุไว้ที่กระบอกสูบเกิน $\pm 3\%$ แต่ในการพิจารณาจะต้องนำค่าความแม่นยำของ ขนาดกระบอกสูบมารวมเข้าไปด้วย ในกรณีที่กระบอกสูบมีค่าความแม่นยำของขนาดที่ $\pm 0.5\%$ ของปริมาตร เกณฑ์ปริมาตรที่ยอมรับได้คือเครื่องสไปโรมิเตอร์จะต้องตรวจวัดปริมาตรได้ ไม่แตกต่างจากปริมาตรที่ระบุไว้ที่ กระบอกสูบเกิน $\pm 3.5\%$ [16] ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างการตรวจการสอบเทียบปริมาตรด้วยกระบอกสูบ



ภาพที่ 9 การตรวจการสอบเทียบปริมาตรด้วยกระบอกสูบ (Calibration syringe)

เป็นกิจกรรมที่ผู้ทำการตรวจจะต้องดำเนินการเป็นประจำอย่างน้อยวันละครั้ง ก่อนเริ่มให้บริการแก่ผู้เข้ารับการตรวจ

❖ สำหรับเครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type จะต้องทำการตรวจการสอบเทียบการรั่ว (Leak) เป็นประจำทุกวันด้วย โดยทำการอัดความดันคงที่ขนาดอย่างน้อย 3 เซนติเมตรน้ำเข้าไปในเครื่อง ในขณะที่อุดรูออกของอากาศอยู่ หากพบว่ามียาอากาศรั่วออกจากเครื่องมากกว่า 30 มิลลิลิตร หลังจากทำการอัดอากาศเข้าไปนาน 1 นาที ถือว่าเครื่องนั้นมีอากาศรั่ว จะต้องทำการแก้ไข [16] และทุก 3 เดือน จะต้องทำการตรวจการสอบเทียบความคงที่ของการวัดปริมาตร (Volume linearity) โดยการตรวจวัดปริมาตรต่อเนื่องกันหลายครั้งและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ครั้งละ 1 ลิตร เกณฑ์ที่ยอมรับได้คือค่าปริมาตรรวมที่ตรวจวัดได้จะต้องแตกต่างไปจากค่าที่ตรวจวัดจริงไม่เกิน $\pm 3.5\%$ หรือ 65 มิลลิลิตร ขึ้นกับจำนวนใดสูงกว่า (เกณฑ์นี้รวมค่าความแม่นยำของขนาดกระบอกสูบไปด้วยแล้ว) รายละเอียดวิธีการตรวจทดสอบให้เป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต หรือวิธีมาตรฐานที่แนวทาง ATS/ERS ค.ศ. 2005 แนะนำไว้ [16]

❖ สำหรับเครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type การตรวจการสอบเทียบปริมาตรนั้นต้องทำทุกวันเช่นกัน โดยใช้กระบอกสูบขนาด 3 ลิตร ทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง ด้วยอัตราการไหลที่แตกต่างกัน อัตราการไหลที่ใช้ทดสอบควรอยู่ในช่วง 0.5 – 12 ลิตรต่อวินาที (สำหรับกระบอกสูบขนาด 3 ลิตร คือการใช้เวลาในการดันกระบอกสูบจนสุดนาน 6 – 0.5 วินาที โดยประมาณ) เกณฑ์ที่ยอมรับได้คือปริมาตรที่ตรวจวัดได้ (ปริมาตรที่อ่านผลได้) จะต้องแตกต่างจากปริมาตรที่ระบุไว้ที่กระบอกสูบไม่เกิน $\pm 3.5\%$ ส่วนการตรวจการสอบเทียบความคงที่ของการวัดอัตราการไหล (Flow linearity) ควรทำทุกสัปดาห์ โดยทำเหมือนการตรวจการสอบเทียบปริมาตร ด้วยอัตราการไหลที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือระดับช้า ปานกลาง และเร็ว ระดับละ 3 ครั้ง ปริมาตรที่ตรวจวัดได้จากการทดสอบทุกครั้ง จะต้องแตกต่างจากปริมาตรที่ระบุไว้ที่กระบอกสูบไม่เกิน $\pm 3.5\%$ เช่นกัน จึงจะถือว่าสไปโรมิเตอร์นั้นมีความคงที่ของการวัดอัตราการไหล [16]

❖ การตรวจการสอบเทียบเวลา (Time) ให้ทำอย่างน้อยทุก 3 เดือน โดยทำการเปรียบเทียบตัวจับเวลาของเครื่องสไปโรมิเตอร์กับนาฬิกาจับเวลา (Stop watch) ที่มีคุณภาพ ค่าความแม่นยำของเวลาจะต้องไม่แตกต่างจากค่าของนาฬิกาจับเวลาเกิน 2 % [16]

คุณภาพของบุคลากร

ประเด็นถัดมาที่จะส่งผลต่อคุณภาพของการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีคือเรื่องคุณภาพของบุคลากร ซึ่งในที่นี้จะได้กล่าวถึงบุคลากรที่เกี่ยวข้องโดยตรง 2 กลุ่ม คือ ผู้สั่งการตรวจ (Director) และ ผู้ทำการตรวจ (Technician) โดยคณะทำงานมีคำแนะนำเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย ดังนี้

ผู้สั่งการตรวจ (Director)

เนื่องจากการตรวจสไปโรเมตรีเป็นการตรวจทางการแพทย์อย่างหนึ่ง ที่สามารถก่อให้เกิดผลแทรกซ้อนที่เป็นอันตรายต่อสภาวะสุขภาพของผู้เข้ารับการตรวจได้ ผู้เข้ารับการตรวจจำเป็นต้องได้รับการดูแลให้เกิดความปลอดภัยโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ เมื่อพิจารณาตามขอบเขตอำนาจของกฎหมายวิชาชีพของบุคลากรทางการแพทย์ในสาขาที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยแล้ว [28-31] พิจารณาได้ว่าผู้สั่งการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทยตามข้อกำหนดของกฎหมายจะต้องเป็นแพทย์ ซึ่ง “แพทย์” ในที่นี้หมายถึงผู้ประกอบการวิชาชีพเวชกรรมตามพระราชบัญญัติวิชาชีพเวชกรรม พ.ศ. 2525 [28] ข้อกำหนดที่ให้ผู้สั่งการตรวจสไปโรเมตรีต้องเป็นแพทย์นั้น สอดคล้องกับคำแนะนำขององค์กร ATS ซึ่งแนะนำให้ผู้สั่งการตรวจควรเป็นแพทย์เช่นกัน [32] นอกจากนี้คุณสมบัติของผู้สั่งการตรวจที่จะต้องเป็นแพทย์แล้ว ผู้สั่งการตรวจควรเป็นแพทย์ที่ได้รับการอบรมความรู้เกี่ยวกับการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีมาแล้วด้วย [16]

ผู้สั่งการตรวจ (Director) มีหน้าที่สั่งการให้ผู้ทำการตรวจ (Technician) ดำเนินการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยให้กับผู้เข้ารับการตรวจ (Subject) นอกจากสั่งการตรวจแล้ว ผู้สั่งการตรวจจะต้องทำหน้าที่แปลผลการตรวจ รับรองผลการตรวจ และมีความรับผิดชอบทางกฎหมายต่อผลการตรวจที่เกิดขึ้นนั้นด้วย ผู้สั่งการตรวจยังมีหน้าที่อำนวยความสะดวกให้การจัดปัจจัยสภาพแวดล้อมของการตรวจนั้นมีคุณภาพ ให้คำแนะนำแก่ผู้ทำการตรวจเมื่อเกิดปัญหาทางเทคนิค รวมถึงให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้ทำการตรวจเพื่อพัฒนาคุณภาพการตรวจให้ดียิ่งๆ ขึ้นไป เมื่อเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เป็นอันตรายต่อสภาวะสุขภาพของผู้เข้ารับการตรวจขึ้น ผู้สั่งการตรวจมีหน้าที่ดูแลรักษาภาวะแทรกซ้อนนั้น เพื่อให้ผู้เข้ารับการตรวจเกิดความปลอดภัยอย่างสูงสุด [11,16]

ผู้ทำการตรวจ (Technician)

สำหรับผู้ทำการตรวจ (Technician) นั้น มีการกำหนดคุณสมบัติในด้านวุฒิการศึกษาไว้โดยองค์กรแต่ละแห่งแตกต่างกัน ตั้งแต่อย่างน้อยต้องจบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย [11,19] อย่างน้อยต้องจบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและผ่านการเรียนระดับวิทยาลัยมาแล้ว 2 ปี [16] หรือจบหลักสูตรวิชาชีพทางด้านอาชีวอนามัย เช่น แพทย์อาชีวเวชศาสตร์ พยาบาลอาชีวอนามัย อาชีวอนามัยและความปลอดภัย สุขศาสตร์อุตสาหกรรม เป็นต้น [27] นอกจากนี้คุณสมบัติเรื่องวุฒิการศึกษาขั้นต่ำแล้ว บางแนวทางยังกำหนดให้ผู้ทำการตรวจ ต้องผ่านการอบรมหลักสูตรการตรวจสไปโรเมตรีเป็นการเฉพาะ [16,25,27] เช่น หลักสูตรของ

องค์กร NIOSH [26] เป็นต้น และบางแนวทางยังแนะนำให้เข้ารับการอบรมฟื้นฟูความรู้การตรวจสอบไปโรเมตรีย์เป็นระยะอีกด้วย [16,25] สำหรับหลักสูตรที่มีการอบรมการตรวจสอบสภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีย์ในประเทศไทยนั้น มีการจัดอบรมโดยหลายองค์กร เช่น หลักสูตรที่จัดโดยสมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย [20-21] และหลักสูตรที่จัดโดยโรงพยาบาลปรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข [33] เป็นต้น

เมื่อพิจารณาจากแนวทางขององค์กรต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว คณะทำงานมีความเห็นว่า ผู้ทำการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ในงานอาชีพอานามัยในประเทศไทยนั้น ต้องมีวุฒิการศึกษาจบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่าเป็นอย่างน้อย และจะต้องผ่านการอบรมหลักสูตรการตรวจสอบสภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีย์มาแล้ว โดยหลักสูตรที่เข้ารับการอบรมนั้นควรมีระยะเวลาการอบรมอย่างน้อย 20 ชั่วโมง มีการฝึกภาคปฏิบัติไม่ต่ำกว่า 50 % ของระยะเวลาการอบรม และหลังจากเข้าปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้ทำการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ในงานอาชีพอานามัยแล้ว ควรเข้ารับการอบรมเพื่อฟื้นฟูความรู้ซ้ำอย่างน้อยทุก 5 ปี

ผู้ทำการตรวจ (Technician) มีหน้าที่ดำเนินการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ในงานอาชีพอานามัยตามคำสั่งของผู้สั่งการตรวจ (Director) ควบคุมคุณภาพด้านเทคนิคการตรวจ ควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมในการตรวจ และควบคุมคุณภาพด้านการควบคุมการติดเชื้อ เพื่อให้สามารถทำการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ ผู้ทำการตรวจยังมีหน้าที่ตรวจสอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์ตามระยะเวลา ดูแลรักษาและทำความสะอาดเครื่องสไปโรมิเตอร์ ระบายออกสูบลู อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และพื้นที่การตรวจให้อยู่ในสภาพดี ส่งเครื่องสไปโรมิเตอร์และระบายออกสูบลูไปทำการสอบเทียบตามตารางการบำรุงรักษาเครื่อง จัดบันทึกข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับการสอบเทียบและการบำรุงรักษาเครื่องไว้ในแฟ้มบันทึกข้อมูล เพื่อให้สามารถทำการทวนสอบข้อมูลย้อนหลังได้ รวมถึงเก็บเอกสารรับรองการสอบเทียบจากผู้ให้บริการสอบเทียบไว้ เมื่อตรวจสอบพบปัญหาทางเทคนิคในการตรวจเกิดขึ้น ผู้ทำการตรวจจะต้องนำปัญหาที่พบไปปรึกษาผู้สั่งการตรวจ เพื่อรับคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาทันที รวมถึงรับข้อเสนอแนะจากผู้สั่งการตรวจเพื่อการพัฒนาคุณภาพการตรวจในระยะยาวด้วย เมื่อเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เป็นอันตรายต่อภาวะสุขภาพของผู้เข้ารับการตรวจขึ้น ผู้ทำการตรวจมีหน้าที่ช่วยเหลือเบื้องต้นให้ผู้เข้ารับการตรวจอยู่ในสถานะที่ปลอดภัย จากนั้นต้องรีบแจ้งผู้สั่งการตรวจมาทำการดูแลรักษาภาวะแทรกซ้อนนั้นโดยเร็ว เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้เข้ารับการตรวจอย่างสูงสุด [11,16]

คุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อ

ประเด็นต่อมาที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการตรวจสอบไปโรเมตรีย์อีกประเด็นหนึ่ง คือเรื่องคุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อ (Infection control) ซึ่งประเด็นนี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ที่ผู้ให้บริการทางการแพทย์ควรให้ความใส่ใจเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้เข้ารับการตรวจ คณะทำงานมีความเห็นว่าคุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อในการตรวจสอบไปโรเมตรีย์ในงานอาชีพอานามัยนั้น ให้ดำเนินการตามแนวทางขององค์กร ATS ค.ศ. 1994 [11] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [15] ดังรายละเอียดต่อไปนี้

❖ การควบคุมการติดเชื้อ (Infection control) ในที่นี้ให้หมายถึงการป้องกันการติดเชื้อจากผู้เข้ารับการตรวจไปสู่ผู้เข้ารับการตรวจรายอื่น ผู้เข้ารับการตรวจไปสู่เจ้าหน้าที่ (ทั้งผู้ทำการตรวจและเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด) และจากเจ้าหน้าที่ไปสู่ผู้เข้ารับการตรวจด้วย

❖ การติดเชื้อนั้นอาจเกิดขึ้นได้จาก 2 ช่องทาง ทางแรกคือจากการสัมผัสโดยตรง (Direct contact) ซึ่งเกิดจากการสัมผัสน้ำลาย เสมหะ หรือเลือดของผู้เข้ารับการตรวจ บริเวณที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการสัมผัสโดยตรงค่อนข้างมาก คือ บริเวณหลอดลม (Mouthpiece) วาล์ว (Valve) และส่วนปลายของท่อ (Proximal surface of tubing) การสัมผัสโดยตรงนั้นอาจทำให้เกิดการติดเชื้อ เช่น เชื้อก่อโรคต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบน เชื้อก่อโรคต่อระบบทางเดินอาหาร ในกรณีที่เป็นเลือด (กรณีที่มีแผลในช่องปาก เลือดออกตามไรฟัน หรือไอเป็นเลือด) อาจก่อให้เกิดการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบวม รวมถึงเชื้อเอชไอวี [11]

❖ อีกช่องทางหนึ่งคือการสัมผัสทางอ้อม (Indirect contact) ซึ่งเกิดจากการสูดหายใจเอาละอองเชื้อโรคขนาดเล็ก (Aerosol droplet) ที่เกิดจากผู้เข้ารับการตรวจเป่าลมหายใจออก ไอ จาม เข้าไปในทางเดินหายใจ เนื่องจากละอองเชื้อโรคเหล่านี้สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้ในระยะเวลาหนึ่ง การสัมผัสทางอ้อมจากการสูดเอาละอองเชื้อโรคขนาดเล็กเข้าไปนี้ อาจทำให้เกิดการติดเชื้อ เช่น วัณโรคปอด เชื้อไวรัสก่อโรคชนิดต่างๆ เชื้อก่อโรคปอดอักเสบ รวมถึงเชื้อฉวยโอกาส (Opportunistic infection) ในกรณีที่ผู้ติดเชื้อนั้นเป็นผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ [11]

❖ แม้ว่าจะมีโอกาสทำให้เกิดการติดเชื้อโรคได้หลายชนิด อย่างไรก็ตามหากดำเนินการควบคุมคุณภาพด้านการควบคุมการติดเชื้ออย่างถูกต้องแล้ว เชื่อว่าโอกาสในการติดเชื้อโรคต่างๆ จากการตรวจสไปโรเมตรีนั้นเกิดขึ้นได้น้อยมาก ในอดีตที่ผ่านมา แม้ว่าจะมีการตรวจสไปโรเมตรีกันอย่างมากมาย แต่พบว่าเคยมีรายงานยืนยันผู้ที่ติดเชื้อวัณโรคปอดหลังจากการตรวจสไปโรเมตรีจากผู้ป่วยที่เป็นวัณโรคปอดเพียง 1 ราย เท่านั้น [34] ส่วนอุปกรณ์การตรวจที่ปนเปื้อน มีรายงานว่าอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ *Burkholderia cepacia* (ชื่อเดิมคือ *Pseudomonas cepacia*) เพิ่มขึ้น ในผู้ป่วยโรค Cystic fibrosis ได้ [35] การทดสอบหาการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ระหว่างสไปโรมิเตอร์ชนิด Lilly type pneumotachometer กับ Water-seal spirometer ในการศึกษาหนึ่ง พบว่าสไปโรมิเตอร์ชนิด Water-seal spirometer จะมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคตามชิ้นส่วนต่างๆ ได้มากกว่า [36]

❖ ผู้ทำการตรวจควรใส่ถุงมือเมื่อต้องทำการสัมผัสกับอุปกรณ์ส่วนที่ต้องสงสัยว่าปนเปื้อน หลีกเลี่ยงการใช้มือเปล่าสัมผัสโดยตรง โดยเฉพาะหากผู้ทำการตรวจมีแผลหรือรอยถลอกอยู่ที่มือต้องใส่ถุงมือเมื่อจับอุปกรณ์ชิ้นส่วนสไปโรมิเตอร์ที่ปนเปื้อนทุกครั้ง ควรทำการล้างมือทุกครั้งเมื่อสัมผัสกับชิ้นส่วนที่ต้องสงสัยว่าปนเปื้อน และเพื่อลดการติดเชื้อระหว่างผู้เข้ารับการตรวจแต่ละราย ผู้ทำการตรวจควรล้างมือก่อนให้บริการแก่ผู้เข้ารับการตรวจรายต่อไปด้วยเสมอ [11,15]

❖ เพื่อป้องกันการติดเชื้อระหว่างผู้เข้ารับการตรวจแต่ละรายที่มาเข้ารับการตรวจ หลอดลมชนิดใช้ซ้ำ (Reusable mouthpiece) ท่อต่อจากหลอดลม (Breathing tube) วาล์ว (Valve) และข้อต่อ (Manifold) จะต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อเป็นระยะ อุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสกับร่างกายของผู้เข้ารับการตรวจโดยตรง คือ หลอดลม (Mouthpiece) และที่หนีบจมูก (Nose clip) จะต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ (Sterilize) หรือเปลี่ยนไปใช้อันใหม่ (Discard) หรือใช้แบบชนิดที่ใช้ครั้งเดียว (Disposable) ทุกครั้งกับผู้เข้ารับการตรวจทุกคน ระยะเวลาในการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อท่อต่อจากหลอดลม วาล์ว ข้อต่อ รวมถึง

ชิ้นส่วนอื่นๆ ของสไปโรมิเตอร์ที่ไม่ได้สัมผัสกับร่างกายของผู้เข้ารับการตรวจโดยตรงนั้น ไม่ได้มีการกำหนดเป็นระยะเวลาตายตัวไว้ ให้ผู้ทำการตรวจพิจารณาเอาตามความเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ถ้ามีไอน้ำหรือคราบสกปรกเกาะตามชิ้นส่วนเหล่านี้จนเห็นได้ ให้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อทันทีก่อนที่จะนำมาใช้กับผู้เข้ารับการตรวจรายต่อไป [11,15]

❖ วิธีการที่ฆ่าเชื้อชิ้นส่วนสไปโรมิเตอร์แต่ละชิ้นส่วนนั้น ให้ทำการศึกษาจากบริษัทผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายว่าควรทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างไร เนื่องจากบางวิธีการ เช่น การอบฆ่าเชื้อ หรือการเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ อาจทำให้ชิ้นส่วนสไปโรมิเตอร์บางชิ้นส่วนเสียหายได้ [11,15]

❖ สำหรับสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type ถ้าตรวจด้วยเทคนิคแบบ Closed circuit จะต้องอัดอากาศสะอาด (Room air) เข้าไปตลอดช่วงความจุของสไปโรมิเตอร์ เพื่อชะล้างละอองจากลมหายใจของผู้เข้ารับการตรวจที่ติดอยู่ภายในออกไป การอัดอากาศเพื่อชะล้างจะต้องทำอย่างน้อย 5 ครั้ง จึงจะใช้ตรวจผู้เข้ารับการตรวจรายต่อไปได้ และจะต้องทำการเปลี่ยนหลอดอม (Mouthpiece) ที่หนีบจมูก (Nose clip) และท่อต่อจากหลอดอม (Breathing tube) ด้วยทุกครั้ง ก่อนจะตรวจผู้เข้ารับการตรวจรายต่อไป [11,15]

❖ ถ้าทำการตรวจด้วยเทคนิคแบบ Open circuit ไม่ว่าจะใช้สไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type หรือ Flow type ก็ตาม เนื่องจากเทคนิคนี้มีแต่การเป่าลมหายใจออก ไม่มีการสูดลมหายใจเข้าผ่านเครื่องตรวจ จึงทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนเฉพาะที่สัมผัสโดยตรงกับร่างกายของผู้เข้ารับการตรวจ คือหลอดอม (Mouthpiece) และที่หนีบจมูก (Noseclip) ก็เพียงพอ อย่างไรก็ตาม การตรวจชนิดนี้มีโอกาสที่ผู้เข้ารับการตรวจจะสูดหายใจเข้าผ่านเครื่องโดยไม่ตั้งใจได้ จึงต้องทำอย่างระมัดระวัง การใช้วิธีการต่างๆ เพื่อป้องกันการสูดหายใจเข้าหรือลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ ก็ถือว่าเป็นสิ่งที่เหมาะสม เช่น การใช้ Sensor ชนิดที่ใช้ครั้งเดียว (มีใช้ในสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type บางแบบ เช่น Lilly type pneumotachometer หรือ Ultrasonic spirometer) การใช้วาล์วทางเดียวซึ่งมีความต้านทานต่ำ (Low-resistance one-way valve) หรือการใช้แผ่นกรองอากาศ (In-line filter) เหล่านี้เป็นต้น แต่ในการใช้วิธีการเหล่านี้ หากต้องมีการเปลี่ยน Sensor หรือแผ่นกรองอากาศระหว่างการให้บริการผู้เข้ารับการตรวจแต่ละราย ผู้ทำการตรวจก็จะมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการสัมผัสเพิ่ม ต้องระมัดระวังและหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับ Sensor หรือแผ่นกรองอากาศเหล่านี้โดยตรงด้วย และต้องตรวจสอบด้วยว่าการใช้วิธีการเหล่านี้ ไม่ได้ทำให้ความต้านทานของระบบเครื่องสไปโรมิเตอร์เพิ่มขึ้นจนวัดค่าได้ผิดปกติไป [11,15]

❖ หลังจากการเปลี่ยน Sensor ทุกครั้ง จะต้องทำการตรวจการสอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์ใหม่เสมอ หลังจากการแยกชิ้นส่วนเครื่องสไปโรมิเตอร์ออกมาทำความสะอาด ควรทำการตรวจการสอบเทียบใหม่ก่อนที่จะนำไปใช้เช่นกัน [11,15]

❖ สำหรับการลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อวัณโรคปอด ในกรณีของการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัยนั้น เนื่องจากมีโอกาสที่จะต้องตรวจสุขภาพคนทำงานที่เป็นวัณโรคปอดได้ จึงต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมทางวิศวกรรมเพื่อลดความเสี่ยง เช่น การจัดระบบระบายอากาศ การกรองอากาศ หรือการใช้เครื่องฆ่า

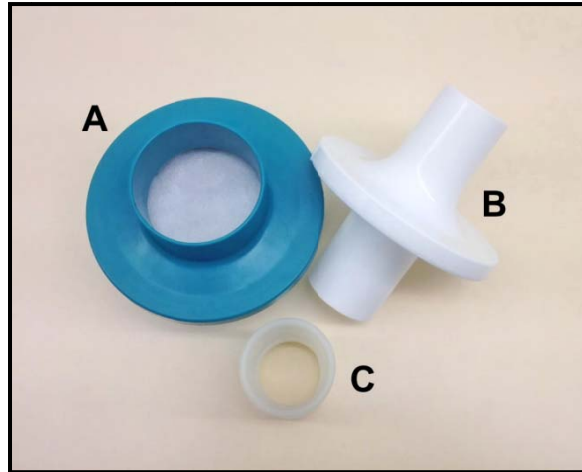
เชื้อในอากาศด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ควรดำเนินการลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัสโรคปอดด้วยวิธีการเหล่านี้ในทุกโอกาสที่สามารถทำได้ [11,15]

❖ สำหรับการลดความเสี่ยงกรณีที่ผู้เข้ารับการตรวจมีแผลในปาก หรือเลือดออกตามไรฟัน หรือเลือดออกจากเหงือก จะต้องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อท่อต่อจากหลอดลม (Breathing tube) และวาล์ว (Valve) ก่อนที่จะนำมาใช้กับผู้เข้ารับการตรวจรายต่อไปด้วยเสมอ เมื่อจะทำความสะอาดพื้นผิวด้านในของสไปโรมิเตอร์หลังจากตรวจผู้ป่วยเหล่านี้ จะต้องใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่สามารถฆ่าเชื้อโรคในเลือดได้ด้วย [11,15] สำหรับกรณีของผู้เข้ารับการตรวจที่กำลังมีอาการไอเป็นเลือด ไม่ควรทำการตรวจหากไม่จำเป็น

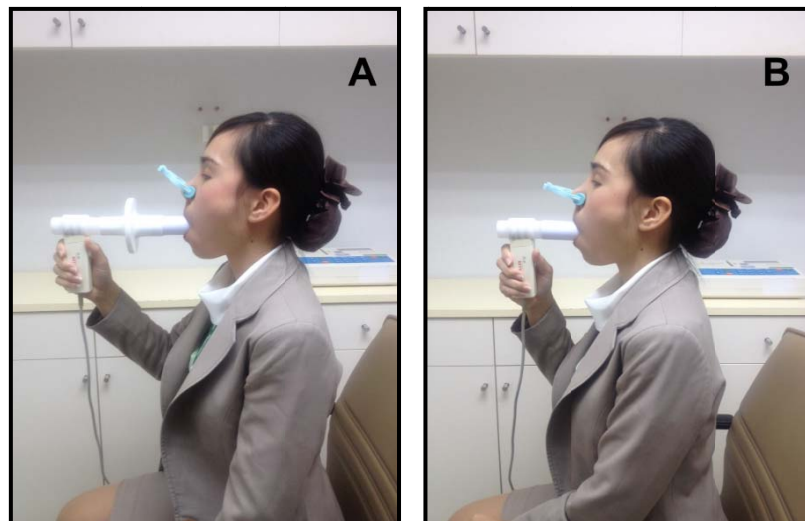
❖ สำหรับแนวทางการลดความเสี่ยงในกรณีที่ทราบอยู่แล้วว่าผู้เข้ารับการตรวจเป็นโรคติดต่อ (รวมถึงไวรัสโรคปอดด้วย) แต่จำเป็นจะต้องทำการตรวจผู้เข้ารับการตรวจนั้น ให้ปฏิบัติตามแนวทางดังนี้ (1.) ควรจัดอุปกรณ์การตรวจชุดหนึ่งแยกไว้เฉพาะสำหรับผู้เข้าตรวจรายนั้นเป็นการเฉพาะ (2.) ทำการตรวจผู้เข้ารับการตรวจรายนั้นเป็นรายสุดท้ายของวัน หลังจากตรวจเสร็จให้ส่งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ไปทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ทันที (3.) กรณีที่ผู้เข้ารับการตรวจเป็นผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่นอนในห้องแยก อาจเคลื่อนย้ายเครื่องสไปโรมิเตอร์และอุปกรณ์ไปทำการตรวจในห้องของผู้ป่วยเลย แต่ต้องจัดระบบระบายอากาศให้ดี และผู้ทำการตรวจต้องทำการป้องกันตนเองอย่างดีด้วย [11,15]

❖ การใช้แผ่นกรองอากาศ (In-line filter) ต่อกับระบบของสไปโรมิเตอร์นั้น เชื่อว่าเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการตรวจสไปโรเมตริย์ได้ คณะทำงานมีความเห็นว่า หากทำการตรวจด้วยเทคนิคแบบ Closed circuit แล้ว ควรจะต้องใช้แผ่นกรองอากาศประกอบเข้ากับระบบของสไปโรมิเตอร์ด้วยเสมอเพื่อลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ ส่วนกรณีที่ใช้เทคนิคแบบ Open circuit การจะใช้หรือไม่ใช้แผ่นกรองอากาศประกอบการตรวจนั้นไม่เป็นการบังคับ ให้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้สั่งการตรวจเป็นสำคัญ [11,15] ภาพที่ 10 แสดงลักษณะของแผ่นกรองอากาศ และภาพที่ 11 แสดงการใช้แผ่นกรองอากาศประกอบในการตรวจสไปโรเมตริย์เปรียบเทียบกับไม่ใช่

❖ แม้ว่าจะทำการตรวจโดยใช้แผ่นกรองอากาศ (In-line filter) ต่อกับระบบของสไปโรมิเตอร์แล้วก็ตาม การปฏิบัติตามแนวทางการควบคุมคุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อในประเด็นอื่นๆ ยังคงต้องปฏิบัติตามอยู่อย่างเคร่งครัด และถ้าใช้แผ่นกรองอากาศต่อกับระบบของสไปโรมิเตอร์แล้ว เพื่อให้มั่นใจได้ว่าแผ่นกรองอากาศนั้นไม่ได้ไปเพิ่มความต้านทาน (Resistance) ของระบบจนเครื่องสไปโรมิเตอร์วัดค่าได้ผิดไป ในการตรวจการสอบเทียบ (Calibration check) จะต้องใช้แผ่นกรองอากาศประกอบเข้ากับระบบของเครื่องสไปโรมิเตอร์ในระหว่างดำเนินการตรวจการสอบเทียบด้วย



ภาพที่ 10 ลักษณะของแผ่นกรองอากาศ (In-line filter) แบบต่างๆ (A และ B) และข้อต่อที่ใช้ประกอบเข้ากับระบบของสไปโรมิเตอร์ (C)



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบระหว่างการตรวจโดยใช้ In-line filter (ภาพ A) กับไม่ใช้ In-line filter (ภาพ B)

ข้อบ่งชี้ ข้อห้าม และภาวะแทรกซ้อนที่พึงระวัง

ประเด็นต่อมาที่มีความสำคัญต่อการตรวจสไปโรเมตริยคือ ข้อบ่งชี้ (Indication) ซึ่งทำให้ทราบว่าจะนำแนวทางการตรวจและแปลผลสไปโรเมตริยในงานอาชีวอนามัยนี้ไปใช้ได้ในกรณีใดบ้าง ข้อห้าม (Contra-indication) ซึ่งทำให้ทราบว่าผู้เข้ารับการตรวจลักษณะใดที่ห้ามตรวจ เพราะอาจเกิดอันตรายจากการตรวจขึ้นได้ และภาวะแทรกซ้อนที่พึงระวัง (Complication) ซึ่งทำให้เกิดความตระหนักในภาวะแทรกซ้อนที่ส่งผลเสียต่อภาวะสุขภาพของผู้เข้ารับการตรวจที่มีโอกาสเกิดขึ้น

ข้อบ่งชี้ (Indication)

ดังที่กล่าวแล้วว่า “แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตริยในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ฉบับนี้ เป็นแนวทางที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้สำหรับการตรวจและแปลผลในระดับเพื่อการคัดกรองโรค

(Screening test) มากกว่าเพื่อใช้ในการตรวจเพื่อยืนยันการวินิจฉัย (Diagnostic test) จึงจะทำให้การตรวจตามแนวทางฉบับนี้มีรายละเอียดในการดำเนินการน้อยกว่าการตรวจเพื่อยืนยันการวินิจฉัย สามารถดำเนินการเพื่อใช้คัดกรองโรคในคนทำงานครั้งละจำนวนมากได้โดยสะดวก ด้วยเหตุนี้ คณะทำงานจึงแนะนำให้ใช้แนวทางฉบับนี้ในการตรวจและแปลผลสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย เฉพาะในกรณีต่อไปนี้

1. ทำการตรวจสไปโรเมตรีเพื่อคัดกรองโรคในคนทำงานที่มีความเสี่ยง (Screening test)
2. ทำการตรวจสไปโรเมตรีเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบการเฝ้าระวังโรค (Surveillance system)
3. ทำการตรวจสไปโรเมตรีเพื่อนำผลตรวจไปเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินความพร้อมในการทำงาน (Fitness to work) หรือความพร้อมในการกลับเข้าทำงาน (Return to work) เช่น การประเมินในกรณีที่คนทำงานต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Respirator) ทั้งชนิดเต็มหน้า (Full-face respirator) ชนิดที่มีระบบจ่ายอากาศในตัว (Self-contained breathing apparatus) ชนิดที่เป็นระบบท่อจ่ายอากาศ (Air-line respirator) หรือเพื่อประเมินความพร้อมในการทำงานในที่อับอากาศ (Confined-space work) เป็นต้น
4. ทำการตรวจสไปโรเมตรีเพื่อการวิจัย (Research) ทางด้านอาชีวอนามัย

สำหรับในกรณีของการตรวจเพื่อยืนยันการวินิจฉัย แนะนำให้ใช้แนวทางการตรวจเพื่อยืนยันการวินิจฉัยในการอ้างอิง [19] ในกรณีวินิจฉัยโรคปอดจากการทำงาน แนะนำให้ใช้แนวทางเพื่อการวินิจฉัยโรคปอดจากการทำงานในการอ้างอิง [37] ส่วนในกรณีการตรวจเพื่อประเมินการสูญเสียสมรรถภาพทางกายและจิตนั้น แนะนำให้ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ของสำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน ที่มีการกำหนดแนวทางไว้แล้วเช่นกัน [38] แนวทางที่ใช้เพื่อยืนยันการวินิจฉัยหรือประเมินการสูญเสียสมรรถภาพทางกายและจิตเหล่านี้ โดยทั่วไปจะมีความละเอียดมากกว่ามากกว่าแนวทางที่ใช้เพื่อการคัดกรองโรค และอาจมีรายละเอียดบางอย่างที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละแนวทางด้วย

ข้อห้าม (Contraindication)

ต่อไปนี้เป็นข้อห้ามของการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย หากผู้เข้ารับการตรวจมีภาวะทางสุขภาพดังต่อไปนี้ ไม่ควรให้ทำการตรวจ เนื่องจากอาจทำให้เกิดอันตรายได้ [15,19,39]

1. ไอเป็นเลือด (Hemoptysis)
2. มีภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด (Pneumothorax) ที่ยังไม่ได้รับการรักษา
3. ระบบหลอดเลือดและหัวใจไม่คงที่ เช่น
 - a. ความดันโลหิตสูง (Hypertension) ที่ยังไม่ได้รับการรักษาหรือควบคุมไม่ได้ โดยเฉพาะเมื่อมีค่า Mean arterial pressure (MAP) สูงตั้งแต่ 130 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป [39] (ค่า Mean arterial pressure สามารถคำนวณค่าโดยประมาณได้จากค่า Systolic blood pressure (SP) และ Diastolic blood pressure (DP) ด้วยสูตร $MAP \approx 2/3(DP) + 1/3(SP)$ ตัวอย่างของค่า Mean arterial pressure ที่สูงตั้งแต่ 130 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไปที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการนี้ เช่น เมื่อผู้เข้ารับการตรวจความดันโลหิตสูงตั้งแต่ 230/80

มิลลิเมตรปรอท, 210/90 มิลลิเมตรปรอท, 190/100 มิลลิเมตรปรอท, 170/110 มิลลิเมตรปรอท, 150/120 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป เป็นต้น)

- b. มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (Myocardial infarction) หรือภาวะหลอดเลือดที่ปอดอุดตัน (Pulmonary embolism) ในระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนที่ผ่านมา
4. เส้นเลือดแดงโป่ง (Aneurysm) ในทรวงอก ท้อง หรือสมอง
5. เพิ่งได้รับการผ่าตัดตา (Eye surgery) เช่น ผ่าตัดต้อกระจก (Cataract surgery)
6. เพิ่งได้รับการผ่าตัดช่องอกหรือช่องท้อง (Thoracic or abdominal surgery)
7. ทราบว่าติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ (Respiratory tract infection) เช่น วัณโรคปอดระยะติดต่อ (Active pulmonary tuberculosis) [19] ยกเว้นในบางรายที่จำเป็นต้องทำการตรวจ ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำในหัวข้อการควบคุมคุณภาพของการควบคุมการติดเชื้อ
8. สตรีมีครรภ์ (Pregnancy) ยกเว้นในบางรายที่จำเป็นต้องทำการตรวจ
9. ผู้ที่มีอาการเจ็บป่วยที่อาจมีผลต่อการทดสอบสไปโรเมทรีรี่ เช่น คลื่นไส้ (Nausea) หรืออาเจียน (Vomiting) อย่างมาก

ภาวะแทรกซ้อนที่พึงระวัง (Complication)

ต่อไปนี้เป็นภาวะแทรกซ้อนที่สามารถเกิดขึ้นกับผู้เข้ารับการตรวจได้ [19,27] แม้ว่าภาวะแทรกซ้อนบางอย่างมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อย [11] แต่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อภาวะสุขภาพของผู้เข้ารับการตรวจ หากผู้ทำการตรวจพบว่าผู้เข้ารับการตรวจมีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นจนเสี่ยงต่ออันตราย จะต้องรีบแจ้งผู้ส่งการตรวจมาทำการดูแลรักษาผู้เข้ารับการตรวจโดยทันที

1. ความดันในกะโหลกเพิ่ม (Increase intracranial pressure)
2. เวียนศีรษะ (Vertigo) มึนงง (Dizziness) บางรายอาจหน้ามืดหมดสติ (Fainting)
3. ไอ (Cough)
4. กระตุ่นหลอดลมตีบ (Bronchoconstriction)
5. เจ็บหน้าอก (Chest pain)
6. ลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด (Pneumothorax)
7. ขาดออกซิเจน (Hypoxia) ในกรณีที่ผู้เข้ารับการตรวจเป็นผู้ป่วยที่ต้องใช้ออกซิเจน เนื่องจากการที่ต้องหยุดให้ออกซิเจนในระหว่างทำการตรวจ
8. ติดเชื้อ (Infection)

การเตรียมตัวของผู้เข้ารับการตรวจ

ประเด็นต่อไปที่ควรพิจารณาคือการเตรียมตัวของผู้เข้ารับการตรวจ การเตรียมตัวที่ดีจะทำให้ผู้เข้ารับการตรวจเกิดความปลอดภัยในการตรวจ อุปกรณ์การตรวจไม่เสียหาย และคุณภาพของผลการตรวจที่ได้มีความน่าเชื่อถือ คณะทำงานสนับสนุนให้ผู้ให้บริการทางการแพทย์ แนะนำการเตรียมตัวแก่ผู้เข้ารับการตรวจตามรายการดังต่อไปนี้ [15,19]

1. ไม่ออกกำลังกายอย่างหนัก 30 นาทีก่อนทำการตรวจ
2. ไม่สวมเสื้อผ้าที่รัดคอ ทรวงอก และท้อง
3. หลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่ 2 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ
4. ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ 4 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ
5. ไม่สูบบุหรี่ 1 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ
6. หยุดยาขยายหลอดลม

ในประเด็นของการหยุดยาขยายหลอดลม (Bronchodilator) นั้น ต้องการให้ทำเพื่อให้ผลการตรวจที่ได้นั้นพบความผิดปกติชัดเจน เพื่อประโยชน์ในการคัดกรองโรค โดยระยะเวลาในการหยุดยาขยายหลอดลม อาจดำเนินการตามแนวทางของสมาคมออร์เวซแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 [19] ดังนี้ ยากลุ่ม Beta-2 agonist ชนิดสูด (เช่น Salbutamol, Terbutaline) และ Anticholinergic ชนิดสูด (เช่น Ipratropium bromide) ให้งดอย่างน้อย 6 – 8 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจ ยากลุ่ม Beta-2 agonist ออกฤทธิ์ยาวชนิดรับประทาน (เช่น Bambuterol), ยากลุ่ม Beta-2 agonist ออกฤทธิ์ยาวชนิดสูด (เช่น Salmeterol, Formoterol), ยา Theophylline ควรหยุดอย่างน้อย 12 ชั่วโมง และยา Theophylline ชนิดออกฤทธิ์ยาว (Long-acting theophylline) ควรหยุดอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตาม หากผู้ป่วยมีอาการหลอดลมตีบกำเริบและจำเป็นต้องใช้ยาในระหว่างที่กำลังหยุดยานั้น ให้ใช้ยาได้เพื่อป้องกันอันตราย แต่ผู้ทำการตรวจจะต้องสอบถามและจดบันทึกข้อมูลไว้ในใบรายงานผลการตรวจด้วยว่า ผู้เข้ารับการตรวจใช้ยาชนิดใด และใช้ไปครั้งสุดท้ายเวลาใด

เทคนิคการตรวจ

ประเด็นต่อมาจะเข้าสู่รายละเอียดเนื้อหาในด้านเทคนิคการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัยตามแนวทางฉบับนี้ ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการดำเนินการ ต้องการความใส่ใจ ประสบการณ์ และความชำนาญของผู้ทำการตรวจในการดำเนินการให้ได้ผลการตรวจที่มีคุณภาพ รายละเอียดในประเด็นเทคนิคการตรวจที่คณะทำงานแนะนำ มีดังต่อไปนี้

❖ แผนการตรวจ (Maneuver) ที่ใช้ในการตรวจสไปโรเมตริย์มีหลายแผนการตรวจ แผนการตรวจที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือแผนการตรวจแบบ Forced vital capacity maneuver (FVC Maneuver) นอกจากนี้ยังมีแผนการตรวจแบบอื่นที่ใช้กันอีก เช่น Slow vital capacity maneuver (SVC Maneuver) และ Maximal voluntary ventilation maneuver (MVV Maneuver) [11,16] เกี่ยวกับประเด็นแผนการตรวจนี้ เนื่องจากแนวทางฉบับนี้มุ่งเน้นที่การตรวจเพื่อคัดกรองโรคเป็นหลัก และเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ตรวจในคนทำงานครั้งละจำนวนมาก คณะทำงานจึงมีความเห็นว่าการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย ให้ใช้แผนการตรวจแบบ FVC Maneuver ซึ่งเป็นแผนการตรวจหลักเพียงแผนการตรวจเดียว ดังนั้นในเนื้อหาส่วนต่อไปของแนวทางฉบับนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะ FVC Maneuver เท่านั้น

❖ FVC Maneuver แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบเป่าลมหายใจออก (Forced expiratory vital capacity maneuver; FEVC Maneuver) และอีกแบบคือแบบสูดลมหายใจเข้า (Forced inspiratory vital capacity maneuver; FIVC Maneuver) [11,16] การจะใช้ FEVC Maneuver ร่วมกับ FIVC Maneuver ในการตรวจ หรือจะใช้ FEVC Maneuver เพียงอย่างเดียว ขึ้นอยู่กับว่าทำการตรวจด้วยเทคนิคแบบ Closed circuit หรือ Open circuit ซึ่งเทคนิคการตรวจทั้ง 2 แบบ มีลักษณะดังนี้

เทคนิคการตรวจแบบ Closed circuit

เทคนิคการตรวจแบบวงจรปิด (Closed circuit technique) หมายถึง เทคนิคที่ผู้เข้ารับการตรวจจะต้องมีการสูดลมหายใจเข้าเอาอากาศที่อยู่ภายในเครื่องสไปโรมิเตอร์ (กรณีของเครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type) หรืออากาศที่ผ่านระบบของสไปโรมิเตอร์แล้ว (กรณีของเครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type) เข้าไปในร่างกาย [11] การตรวจด้วยเทคนิคนี้ ในเริ่มแรกมักจะให้ผู้เข้ารับการตรวจหายใจเข้าและออกในระดับปกติ (Tidal volume) จากนั้นจะให้ผู้เข้า FEVC Maneuver ด้วยการเป่าลมหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงจนสุด และทำ FIVC Maneuver ด้วยการสูดลมหายใจเข้าอย่างรวดเร็วและแรงจนสุดตามมา คือให้ผู้เข้ารับการตรวจทำทั้ง FEVC Maneuver และ FIVC Maneuver นั้นเอง

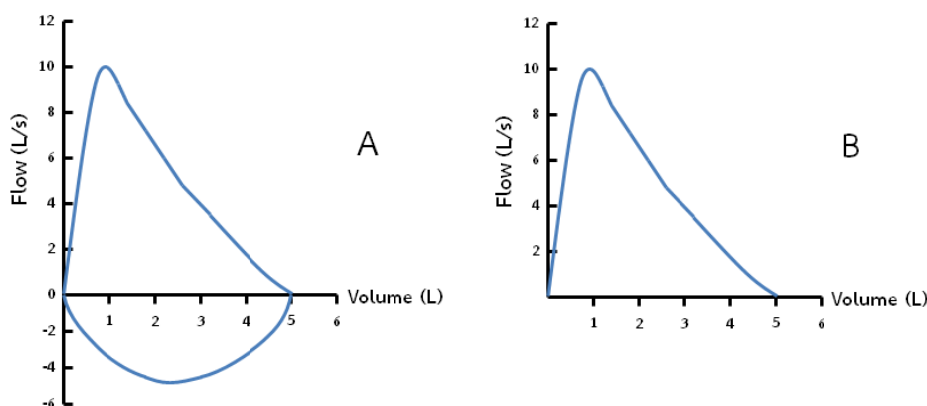
ข้อดีของการตรวจด้วยเทคนิคแบบ Closed circuit คือทำให้ได้สไปโรแกรมชนิด Flow-volume curve ที่มีทั้งด้านหายใจออกและด้านหายใจเข้า (เรียกว่า Flow-volume loop) ดังแสดงในภาพที่ 12 ซึ่งข้อมูลของ Flow-volume curve ที่มีทั้งด้านหายใจออกและด้านหายใจเข้านี้ จะมีประโยชน์ในการใช้ประเมินภาวะทางเดินหายใจส่วนบนอุดตัน (Upper airway obstruction; UAO) ดังที่แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก 1 ส่วนข้อเสียของเทคนิคนี้คือผู้เข้ารับการตรวจอาจมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องสูดลมหายใจเข้าเอาอากาศภายในเครื่องสไปโรมิเตอร์หรืออากาศที่ผ่านระบบของเครื่องสไปโรมิเตอร์แล้วเข้าสู่ร่างกาย [11]

เทคนิคการตรวจแบบ Open circuit

เทคนิคการตรวจแบบวงจรเปิด (Open circuit technique) หมายถึง เทคนิคที่ผู้เข้ารับการตรวจทำการสูดลมหายใจออกเพียงอย่างเดียว โดยไม่ต้องมีการหายใจเข้าผ่านระบบของเครื่องสไปโรมิเตอร์เข้าไปในร่างกาย [11] การตรวจด้วยเทคนิคนี้ ก็คือการให้ผู้เข้ารับการตรวจหายใจเข้าเอาอากาศในห้องเข้าไปจนสุด แล้วจากนั้นทำการตรวจกับเครื่องสไปโรมิเตอร์ ด้วย FEVC Maneuver โดยการให้หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงจนสุด เป็นการตรวจโดยการทำ FEVC Maneuver เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ข้อดีของการตรวจด้วยเทคนิคแบบ Open circuit คือเชื่อว่าจะทำให้ลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อลง หากทำการตรวจได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากผู้เข้ารับการตรวจไม่ต้องสูดลมหายใจเอาอากาศที่ผ่านระบบเครื่องสไปโรมิเตอร์เข้าไปในปอด [11,15] อย่างไรก็ตาม อาจมีโอกาสนี้ที่ผู้เข้ารับการตรวจจะสูดลมหายใจเข้าเอาอากาศที่ผ่านระบบเครื่องสไปโรมิเตอร์เข้าไปในปอดได้ถ้าทำผิดเทคนิค [11,15] ส่วนข้อเสียของการตรวจด้วยเทคนิคแบบ Open circuit ก็คือ จะได้สไปโรแกรม Flow-volume curve ด้านหายใจออกเพียงด้านเดียวเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถประเมินสถานะทางเดินหายใจส่วนบนอุดตันได้ชัดเจน

❖ เกี่ยวกับการเลือกเทคนิคในการตรวจนี้ คณะทำงานมีความเห็นว่า เทคนิคที่เลือกใช้ในแผนการตรวจแบบ FVC Maneuver นั้น ผู้สั่งการตรวจอาจพิจารณาใช้เทคนิคแบบ Closed circuit technique หรือ Open circuit technique ก็ได้ ตามแต่ความเหมาะสม โดยให้ผู้สั่งการตรวจพิจารณาจากปัจจัยด้านความจำเป็น ข้อมูลที่ต้องการใช้ และความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของผู้เข้ารับการตรวจเป็นสำคัญ



ภาพที่ 12 เปรียบเทียบลักษณะ Flow-volume curve ที่ได้จากการตรวจทั้ง 2 เทคนิค

ที่ได้จาก Closed circuit technique จะมีทั้งด้านหายใจออกและด้านหายใจเข้า เรียกว่า Flow-volume loop (ภาพ A) ที่ได้จาก Open circuit technique จะมีแต่ด้านหายใจออก (ภาพ B) (หมายเหตุ: L = liter, L/s = liter/second)

❖ ในการตรวจนั้นผู้ทำการตรวจจะต้องใส่ข้อมูล เพศ อายุ และส่วนสูง ของผู้เข้ารับการตรวจเข้าไปในเครื่องสไปโรมิเตอร์เพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าอ้างอิงในสมการแปลผล การใส่ข้อมูลส่วนสูงนั้น แนะนำให้ใช้ส่วนสูงที่ได้จากการวัด จะดีกว่าส่วนสูงที่ได้จากการสอบถามจากผู้เข้ารับการตรวจ การวัดส่วนสูงให้ผู้เข้ารับการตรวจถอดรองเท้า ยืนตัวตรง เท้าชิดกัน ตามองตรงไปข้างหน้า ไม่เงยหรือก้มศีรษะ และใช้เครื่องวัดส่วนสูงที่มีความน่าเชื่อถือในการวัด [15,19] ถ้าผู้เข้ารับการตรวจมีภาวะกระดูกสันหลังคดค่อม (Kyphoscoliosis) อย่างมาก แนะนำให้ใช้ระยะช่วงแขน (Arm span) แทนส่วนสูงจะเหมาะสมกว่า การวัดระยะช่วงแขนทำได้โดย ให้ผู้เข้ารับการตรวจยืนติดผนัง กางแขนทั้ง 2 ข้างออกให้สุด หงายมือ วัดความยาวจากปลายนิ้วกลางด้านหนึ่งถึงปลายนิ้วกลางอีกด้านหนึ่ง [15,19]

❖ ในประเด็นท่าที่ใช้ในการตรวจ (Subject position) นั้น ท่าในการตรวจที่แตกต่างกัน อาจทำให้ผลการตรวจมีความแตกต่างกันไปได้ สำหรับผู้เข้ารับการตรวจที่เป็นคนทำงานซึ่งส่วนใหญ่มีสุขภาพดี ท่าในการตรวจที่เป็นไปได้มีอยู่ 2 ท่า คือท่านั่ง (Sitting posture) กับท่ายืน (Standing posture) แต่ในกรณีของผู้เข้ารับการตรวจที่เจ็บป่วยหนัก จะสามารถทำการตรวจได้เฉพาะในท่านั่งเท่านั้น ผลการศึกษาบ่งชี้ว่า หากเปรียบเทียบกันแล้ว การตรวจในท่ายืนจะทำให้ได้ค่า FEV1 และ FVC สูงกว่าการตรวจในท่านั่งในผู้เข้ารับการตรวจรายเดียวกัน [40-41] การตรวจในท่านั่งมีข้อดีในแง่ความปลอดภัย เนื่องจากในกรณีที่เกิดภาวะแทรกซ้อนคืออาการเวียนศีรษะ มึนงง หรือหน้ามืดหมดสติ การตรวจในท่านั่งจะช่วยให้ผู้เข้ารับการตรวจสามารถนั่งพักได้

โดยไม่ล้มพาดพื้น แนวทางจากองค์กรต่างๆ ในปัจจุบัน มีการแนะนำไว้แตกต่างกัน บางองค์กรสนับสนุนให้ทำการตรวจในท่านั่ง [11,16,19] ในขณะที่บางองค์กรสนับสนุนให้ทำการตรวจในท่านยืน [7,25-26]

❖ เพื่อให้มีแนวทางปฏิบัติที่ตรงกัน ในประเด็นท่าที่ใช้ในการตรวจนี้ คณะทำงานแนะนำให้ใช้ท่านั่ง (Sitting posture) ในการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทยเสมอ เพื่อให้สามารถนำผลการตรวจจากผู้ให้บริการทางการแพทย์แต่ละแห่งมาเปรียบเทียบกันได้ และสอดคล้องกับแนวทางของสมาคมอูโรเวชช์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 [19]

❖ ท่านั่งตรวจที่แนะนำ ให้ปฏิบัติดังนี้ นั่งในลักษณะลำตัวและหน้าตรง เท้าทั้ง 2 ข้างแตะถึงพื้น แก้วที่ใช้ควรมีพนักพิง มีที่รองแขน มีความมั่นคง และไม่มีล้อ เพื่อลดความเสี่ยงในการล้มพาด (กรณีและผู้เข้ารับการตรวจเกิดอาการหน้ามืดหมดสติ) แต่ในระหว่างทำการตรวจหลังของผู้เข้ารับการตรวจจะต้องไม่พนักพิง แก้ว เนื่องจากหากหลังพนักพิงแก้วอาจทำให้การขยายตัวของทรวงอกถูกจำกัด อาจได้ค่าการตรวจที่น้อยกว่าความเป็นจริง

❖ ผู้ทำการตรวจควรระบุท่าที่ใช้ในการตรวจไว้ในใบรายงานผลด้วยเสมอ ซึ่งในกรณีของการดำเนินการตามแนวทางฉบับนี้คือให้ทำการตรวจในท่านั่ง หากมีกรณีที่ต้องดำเนินการต่างออกไป เช่น ทำการตรวจในท่านยืน ผู้ทำการตรวจจะต้องบันทึกทำการตรวจที่ต่างออกไปนั้นเอาไว้ในใบรายงานผลด้วยทุกครั้ง เพื่อให้สามารถทวนสอบข้อมูลในภายหลังได้

❖ ที่หนีบจมูก (Nose clip) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยไม่ให้เกิดลมรั่วออกทางจมูกขณะผู้เข้ารับการตรวจเป่าลมหายใจออกทางปาก และป้องกันไม่ให้เกิดการหายใจเข้าซ้ำ (Rebreathing) ระหว่างทำการตรวจ ในประเด็นการใช้ที่หนีบจมูกนี้ คณะทำงานกำหนดให้การตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทย ต้องทำการตรวจโดยใช้ที่หนีบจมูกประกอบการตรวจด้วยเสมอทุกครั้ง

❖ ตำแหน่งของศีรษะขณะเริ่มทำการตรวจ ให้เริ่มการตรวจโดยตำแหน่งของศีรษะผู้เข้ารับการตรวจอยู่ในลักษณะแขนงเล็กน้อย (Head slightly elevated) เซยคางและแขนงคอขึ้น เนื่องจากตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งที่ทำให้ทางเดินหายใจเปิดโล่งที่สุด ผู้เข้ารับการตรวจสามารถเป่าลมหายใจออกได้อย่างแรงที่สุด

❖ สำหรับขั้นตอนในการทำ FVC Maneuver ที่ผู้ทำการตรวจต้องดำเนินการ ให้ใช้ตามแนวทางของ ATS ค.ศ. 1994 [11] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] ซึ่งทั้ง 2 แนวทาง แนะนำรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการไว้ใกล้เคียงกัน ตารางที่ 4 เป็นตารางแสดงรายละเอียดขั้นตอนการทำ FVC Maneuver ที่ดัดแปลงมาจากแนวทางของ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] ซึ่งเป็นขั้นตอนที่คณะทำงานแนะนำให้ผู้ทำการตรวจดำเนินการ

❖ ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ผลการตรวจ FVC Maneuver ออกมามีคุณภาพดี คือความใส่ใจในการดำเนินการของผู้ทำการตรวจ [11] ผู้ทำการตรวจที่ช่วยกระตุ้น (Motivate) อย่างกระตือรือร้น (Enthusiastic) ให้ผู้เข้ารับการตรวจทำ FVC Maneuver ออกมาได้เต็มที่และไม่ลังเล (Minimal hesitation) จะช่วยให้ผลการตรวจออกมามีคุณภาพดี ซึ่งการจะทำได้ต้องอาศัยความใส่ใจ ประสบการณ์ และการพัฒนาความสามารถและความรู้อย่างต่อเนื่องของผู้ทำการตรวจ รวมถึงการจัดระบบให้มีการให้ข้อเสนอแนะ (Feedback) จากแพทย์ผู้สั่งการตรวจที่เป็นผู้แปลผลได้ด้วย [11]

ตารางที่ 4 ขั้นตอนในการทำ FVC Maneuver ที่แนะนำให้ผู้ทำการตรวจดำเนินการ

ขั้นตอนในการทำ FVC Maneuver ที่แนะนำให้ผู้ทำการตรวจดำเนินการ
<p>ตรวจการสอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์</p> <p>อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการตรวจให้ผู้เข้ารับการตรวจเข้าใจ</p> <p>เตรียมผู้เข้ารับการตรวจ</p> <p>สอบถามข้อมูลที่มีความสำคัญ เช่น การสูบบุหรี่ การเจ็บป่วยในช่วงนี้ โรคประจำตัว ยาที่ใช้</p> <p>สอบถามและบันทึกข้อมูล อายุ เพศ วัตความดันโลหิต และวัดส่วนสูง</p> <p>สอบถามถึงข้อห้ามในการตรวจว่ามีหรือไม่ (ถ้ามีให้แจ้งข้อมูลแก่ผู้สั่งการตรวจก่อนดำเนินการขั้นตอนต่อไป)</p> <p>ล้างมือและใส่ถุงมือ</p> <p>แนะนำและสาธิตการตรวจให้ผู้เข้ารับการตรวจดูเป็นตัวอย่าง โดยรวมถึง</p> <p>ท่านั่งและตำแหน่งของศีรษะขณะเริ่มตรวจที่ถูกต้อง คือหงายศีรษะเล็กน้อย เขยคางขึ้น</p> <p>สูดหายใจเข้าอย่างเร็วจนสุด</p> <p>วิธีการอมหลอดอม *</p> <p>เป่าลมหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงสุดกำลัง</p> <p>ทำการตรวจ FVC Maneuver (กรณีที่ใช้ Closed circuit technique)</p> <p>ผู้เข้ารับการตรวจนั่งในท่าที่ถูกต้อง</p> <p>หนีบจมูกด้วยที่หนีบจมูก อมหลอดอมให้ริมฝีปากครอบหลอดอมไว้แน่น</p> <p>สูดหายใจเข้าทางปากอย่างเร็วจนสุด หยุดอยู่ที่ภาวะหายใจเข้าสุดนาน < 1 วินาที</p> <p>หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงที่สุดจนหมด **</p> <p>ทำซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์การยอมรับอย่างน้อย 3 ครั้ง แต่ไม่เกิน 8 ครั้ง</p> <p>ผู้ทำการตรวจตรวจสอบว่ากราฟที่ได้เข้าเกณฑ์การทำซ้ำหรือไม่ ให้ผู้เข้ารับการตรวจทำเพิ่มถ้าจำเป็น</p> <p>ทำการตรวจ FVC Maneuver (กรณีที่ใช้ Open circuit technique)</p> <p>ผู้เข้ารับการตรวจนั่งในท่าที่ถูกต้อง</p> <p>หนีบจมูกด้วยที่หนีบจมูก</p> <p>สูดหายใจเข้าทางปากอย่างเร็วจนสุด หยุดอยู่ที่ภาวะหายใจเข้าสุดนาน < 1 วินาที</p> <p>อมหลอดอมให้ริมฝีปากครอบหลอดอมไว้แน่น</p> <p>หายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงที่สุดจนหมด</p> <p>ทำซ้ำให้ได้กราฟที่เข้าเกณฑ์การยอมรับอย่างน้อย 3 ครั้ง แต่ไม่เกิน 8 ครั้ง</p> <p>ผู้ทำการตรวจตรวจสอบว่ากราฟที่ได้เข้าเกณฑ์การทำซ้ำหรือไม่ ให้ผู้เข้ารับการตรวจทำเพิ่มถ้าจำเป็น</p>

หมายเหตุ: * = วิธีการอมหลอดอม ให้ใส่หลอดอมเข้าในปากผ่านฟันหน้า อมหลอดอมไว้บนลิ้น ใช้ริมฝีปากครอบหลอดอมไว้ให้แน่น ฟันหน้ากัดหลอดอมไว้เบาๆ (ไม่กัดแน่นจนหลอดอมยุบตัว) ลิ้นจะต้องไม่อุดทางเดินของอากาศ [7,11] ถ้าผู้เข้ารับการตรวจใส่ฟันปลอม ให้ดูว่าฟันปลอมแน่นดีหรือไม่ ถ้าฟันปลอมใส่เข้าที่แล้วแน่นดี ให้ทำการตรวจโดยใส่ฟันปลอมขณะตรวจไป จะได้ผลตรวจที่ดีกว่าไม่ใส่ แต่หากฟันปลอมหลวม มีโอกาสเลื่อนหลุดไปติดคอได้ ให้ทำการตรวจโดยถอดฟันปลอมออกจะปลอดภัยกว่า [16], ** = เครื่องบางรุ่นอาจกำหนดลำดับการทำ FEVC Maneuver กับ FIVC Maneuver ไว้สลับกันก็ได้ และเครื่องบางรุ่นอาจมีการกำหนดให้หายใจในระดับปกติ (Tidal volume) เป็นจำนวนไม่เกิน 5 รอบ ก่อนที่จะให้เริ่มทำ FEVC Maneuver และ FIVC Maneuver [11]

❖ การกระตุ้นผู้เข้ารับการตรวจที่มีคุณภาพนั้น ผู้ทำการตรวจจะต้องจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้เข้ารับการตรวจไม่รู้สึกรีดหรือเกร็งมากเกินไป ทำการกระตุ้นด้วยความกระตือรือร้น การหายใจเข้าของผู้เข้ารับการตรวจจะต้องหายใจเข้าจนสุดจริงๆ และในการเป่าลมหายใจออกจะต้องเป่าให้เร็วและแรงที่สุด ผู้ทำการตรวจควรแนะนำให้ผู้เข้ารับการตรวจเข้าใจว่า ผู้เข้ารับการตรวจต้อง “ระเบิด (Blast)” ลมหายใจออกมา ไม่ใช่แค่ “เป่า (Blow)” ลมหายใจเบาๆ และการหายใจออกนั้นต้องนานเพียงพอ ผู้ทำการตรวจจะต้องกระตุ้นผู้เข้ารับการตรวจให้เป่าลมหายใจออกได้นานเพียงพอ เช่นบอกว่า “ยาวอี๊ๆ (Keep going)” นอกจากนี้ ภาษากายของผู้ทำการตรวจก็มีส่วนสำคัญ ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการตรวจไม่เครียดหรือเกร็งมากเกินไป และมีความกระตือรือร้นจนสามารถทำ FVC Maneuver ได้สำเร็จ [16]

❖ ระหว่างดำเนินการตรวจ FVC Maneuver สายตาของผู้ทำการตรวจ จะต้องมองสลับไปมาระหว่างผู้เข้ารับการตรวจกับหน้าจอแสดงผลการตรวจที่ได้ การมองดูผู้เข้ารับการตรวจ เพื่อจะได้ทราบว่าผู้เข้ารับการตรวจเกิดความผิดปกติหรือภาวะแทรกซ้อนใดขึ้นหรือไม่ หากมีเกิดขึ้นต้องให้หยุดการตรวจและแจ้งผู้ส่งการตรวจให้มาดูแลทันที อีกเหตุผลหนึ่งคือเพื่อดูว่าผู้เข้ารับการตรวจทำการตรวจได้ถูกเทคนิคหรือไม่ เช่น นั่งได้ถูกต้อง เป่าลมหายใจออกอย่างเต็มแรง ส่วนการมองดูหน้าจอแสดงผลการตรวจนั้น เพื่อจะได้ทราบว่าผลการตรวจที่ได้นั้นมีคุณภาพดี ผ่านเกณฑ์การยอมรับหรือไม่ [16]

❖ วิธีพัฒนาคุณภาพด้านเทคนิคการตรวจอีกอย่างหนึ่ง คือการที่ผู้ให้บริการทางการแพทย์แต่ละแห่งจัดทำคู่มือการดำเนินการ (Procedure manual) ของตนไว้เป็นการเฉพาะ สำหรับให้ผู้ทำการตรวจทุกคนได้ไว้อ้างอิงให้ถูกต้องและตรงกัน เนื่องจากเครื่องสไปโรมิเตอร์ของแต่ละแห่ง อาจมีรายละเอียดวิธีการทำงานที่แตกต่างกันออกไป เนื้อหาที่ควรมีอยู่ในคู่มือ เช่น วิธีการป้อนข้อมูลลงในเครื่อง วิธีการตรวจการสอบเทียบ วิธีการทำการตรวจ FVC Maneuver และแนวทางในการรายงานผล [11] รายละเอียดในคู่มือที่ชัดเจนถึงระดับที่วัดต้องกดปุ่มใด สวิตช์อยู่ตรงตำแหน่งใด แต่ละขั้นตอนต้องทำอย่างไร จะเป็นประโยชน์ต่อการทำงานของผู้ทำการตรวจอย่างมาก และทำให้ผลการตรวจที่ได้แต่ละครั้งมีมาตรฐานใกล้เคียงกัน

❖ ในประเด็นจำนวนครั้งต่ำสุดในการตรวจ (Minimum number of maneuvers) แนวทางขององค์กรวิชาการต่างๆ [11,16,19,25] แนะนำว่าจะต้องทำการตรวจ FVC Maneuver อย่างน้อยเป็นจำนวน 3 ครั้ง และกราฟจากการทำ FVC Maneuver ทั้ง 3 ครั้งจะต้องผ่านเกณฑ์การยอมรับ และเมื่อนำกราฟมาพิจารณา รวมกันทั้ง 3 กราฟแล้ว จะต้องผ่านเกณฑ์การทำซ้ำด้วย หากไม่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 อย่างดังที่กล่าวมา ผู้ทำการตรวจจะต้องให้ผู้เข้ารับการตรวจทำ FVC Maneuver เพิ่มตามที่จำเป็น จนผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 อย่าง

❖ อย่างไรก็ตาม จำนวนครั้งสูงสุดในการตรวจ (Maximum number of maneuvers) ในแต่ละรอบการตรวจจะต้องไม่เกิน 8 ครั้ง ซึ่งจำนวนนี้ เป็นจำนวนครั้งสูงสุดที่แนวทางขององค์กรวิชาการส่วนใหญ่กำหนดไว้ [11,16,19,25] เนื่องจากหากให้ผู้เข้ารับการตรวจทำ FVC Maneuver เป็นจำนวนครั้งมากเกินไป จะทำให้เกิดความล้า (Fatigue) และโอกาสในการทำสำเร็จยิ่งลดน้อยลง อีกทั้งในบางราย เช่น กลุ่มที่เป็นโรคหอบหืดอยู่เดิม อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนคือภาวะหลอดลมตีบจากการทำสไปโรเมตริย์ขึ้นด้วย [42-43] หากทำ FVC Maneuver

ครบ 8 ครั้งแล้ว ยังไม่ได้กราฟจำนวน 3 กราฟที่ผ่านทั้งเกณฑ์การยอมรับและเกณฑ์การทำซ้ำ ควรให้ผู้เข้ารับการตรวจไปพัก แล้วนัดมาตรวจใหม่ในภายหลังจะปลอดภัยกว่า

เกณฑ์การพิจารณาผลตรวจ

ในการพิจารณาผลตรวจนั้น ให้ทำการตรวจ FVC Maneuver จนได้กราฟที่มีลักษณะผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria) อย่างน้อย 3 ครั้ง และทั้ง 3 ครั้งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกันแล้วผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria) จึงจะนำค่าที่ได้จากกราฟเหล่านั้นมาทำการแปลผล รายละเอียดของการพิจารณาเกณฑ์การยอมรับและเกณฑ์การทำซ้ำ เป็นดังนี้

เกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria)

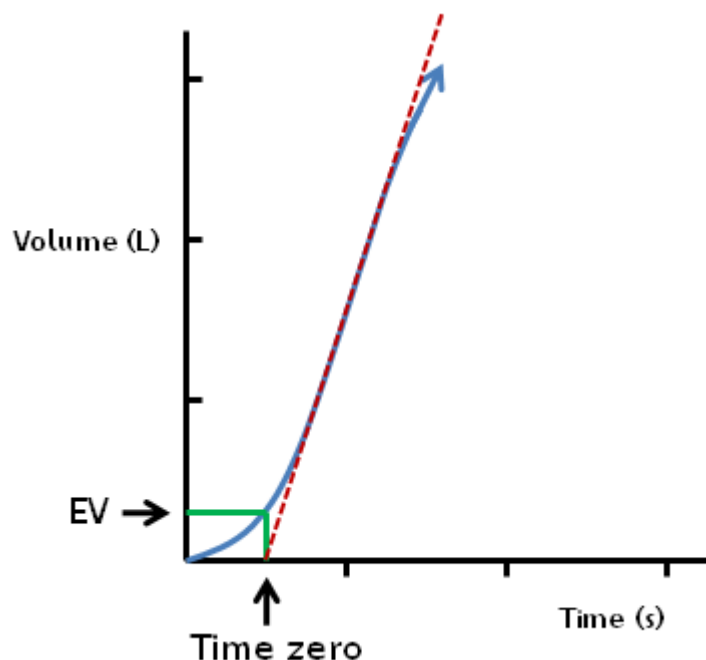
เกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria) ในขั้นแรก ให้พิจารณากราฟผลการตรวจว่าจะต้องไม่มีลักษณะของสิ่งรบกวนที่เกิดจากผู้เข้ารับการตรวจ (Artifact) ดังต่อไปนี้ การไอ (Cough) ที่เกิดขึ้นภายใน 1 วินาทีแรกของการหายใจออก การสะอึก (Glottic closure) หยุดเป่าลมหายใจออกก่อนเวลา (Early termination) ไม่พยายามเป่าลมหายใจออกเต็มที่ (Not maximal effort) ลมรั่วออก (Leak) และ ลิ้น ฟัน หรือวัตถุอื่นใดไปอุดหลอดอม (Obstructed mouthpiece) [11,16] ลักษณะของสไปโรแกรมที่พบความผิดปกติเหล่านี้ แสดงตัวอย่างไว้ในภาคผนวก 1

ลำดับต่อมา ให้พิจารณาตามเกณฑ์การเริ่มต้นการทดสอบ (Start of test criteria) ด้วยการพิจารณาว่าสไปโรแกรมนั้น มีการเริ่มต้นการหายใจออกที่ดี (Good start) หรือไม่ โดยพิจารณาจาก Extrapolated volume จะต้องน้อยกว่า 5 % ของ FVC หรือน้อยกว่า 150 มิลลิลิตร แล้วแต่ค่าใดมากกว่ากัน [11,16]

Extrapolated volume (EV) เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธี Back extrapolation หลักการคือในการวัดค่า FEVt ใดๆ ก็ตาม รวมถึงค่า FEV1 ด้วยนั้น จุดเริ่มต้นของเวลาที่นำมาใช้นับ จะเป็นจุดเวลาศูนย์สมมติ ซึ่งเรียกว่าจุด Time zero ไม่ใช่เวลาที่ 0 วินาทีจริงๆ ค่า Time zero ที่ว่านี้ ได้จากการคำนวณโดยการลากเส้นสมมติลงบน Volume-time curve ตามแนวที่ชันที่สุดของเส้นกราฟ (Steepest slope) ดังแสดงในภาพที่ 13 จุดเวลาที่เส้นสมมติดัดกับแกนเวลา นั้นเรียกว่าจุด Time zero ส่วนปริมาตรของอากาศที่เป่าลมหายใจออกมาได้ ณ จุด Time zero นั้นคือ Extrapolated volume (EV) การคำนวณด้วยวิธี Back extrapolation นี้ หากใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่มีระบบประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน เครื่องจะทำการคำนวณให้ แต่หากใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ไม่มีระบบประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน ผู้ทำการตรวจจะต้องใช้การคำนวณด้วยมือ โดยการลากเส้นสมมติลงไปในกราฟด้วยตนเอง [11,16,26]

สำหรับขั้นตอนสุดท้ายคือการพิจารณาตามเกณฑ์การสิ้นสุดการทดสอบ (End of test criteria) ด้วยการพิจารณาว่ามีลักษณะการหายใจออกที่ดีเพียงพอหรือไม่ (Satisfactory exhalation) โดยคณะทำงานมีความเห็นว่า จะถือว่าสไปโรแกรมนั้นยอมรับได้ ถ้ามีลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (1.) มีระยะเวลาการหายใจออก (Duration of exhalation) ตั้งแต่ 6 วินาทีขึ้นไป และกราฟที่แสดงใน Volume-time curve มีลักษณะราบ (Plateau) อย่างน้อย 1 วินาที **หรือ** (2.) มีระยะเวลาการหายใจออก (Duration of exhalation) น้อยกว่า 6 วินาที และกราฟที่แสดงใน Volume-time curve มีลักษณะราบ (Plateau) อย่างน้อย 1 วินาที

สไปโรแกรมที่จะนำไปมาใช้แปลผลได้ ทุกกราฟจะต้องผ่านเกณฑ์การยอมรับ แต่ถ้าให้ผู้เข้ารับการตรวจทำ FVC Maneuver ไปจนครบจำนวนสูงสุดที่อนุญาตให้ทำได้คือ 8 ครั้งแล้ว ผู้เข้ารับการตรวจยังไม่สามารถทำ FVC Maneuver ที่ให้กราฟผ่านเกณฑ์การยอมรับเป็นจำนวนอย่างน้อย 3 กราฟได้ ควรให้ผู้เข้ารับการตรวจไปพัก แล้วนัดมาทำการตรวจใหม่ในภายหลัง



ภาพที่ 13 ภาพขยายส่วนต้นของ Volume-time curve เพื่อแสดงการคำนวณด้วยวิธี Back extrapolation
(หมายเหตุ: L = liter, s = second, EV = extrapolated volume)

เกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria)

เกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria หรือในอดีตจะเรียกว่า Reproducibility criteria [11,19]) เป็นเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาว่าการทำ FVC Maneuver ทั้ง 3 ครั้งนั้น มีค่าปริมาตรอากาศที่ตรวจวัดได้แตกต่างกันมากเกินไปหรือไม่ เนื่องจากค่าปริมาตรอากาศที่ตรวจวัดได้ใกล้เคียงกัน จะทำให้ผลของสไปโรเมตรีมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยการพิจารณานั้นให้ใช้เฉพาะสไปโรแกรมที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria) เท่านั้นในการพิจารณา สำหรับเกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria) คณะทำงานมีความเห็นให้พิจารณาจากกราฟที่มีค่า FVC สูงที่สุด และกราฟที่มีค่า FVC สูงเป็นอันดับ 2 รองลงมา ให้นำค่า FVC ที่ตรวจวัดได้จากกราฟทั้ง 2 มาเปรียบเทียบกับ หากค่า FVC แตกต่างกันไม่เกิน 150 มิลลิลิตร จะถือว่ากราฟชุดนั้นผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ สามารถนำสไปโรแกรมทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์แล้วไปทำการแปลผลต่อไปได้

แต่หากสไปโรแกรมที่ได้จากการตรวจไม่ผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ และผู้เข้ารับการตรวจได้ทำ FVC Maneuver ไปจนถึงจำนวนสูงสุดที่อนุญาตให้ทำได้คือ 8 ครั้งแล้ว ควรให้ผู้เข้ารับการตรวจไปพัก แล้วนัดมาตรวจใหม่ในภายหลัง แนวทางของ ATS/ERS ค.ศ. 2005 ระบุไว้ว่า สาเหตุของการไม่ผ่านเกณฑ์การทำซ้ำที่พบบ่อยที่สุดนั้นเกิด

จากผู้เข้ารับการตรวจสัณห์สหายใจเข้าไม่สุด ก่อนที่จะเป่าสหายใจออก [16] ตารางที่ 5 แสดงเกณฑ์การยอมรับ และเกณฑ์การทำซ้ำที่กำหนดไว้ตามแนวทางฉบับนี้

ตารางที่ 5 สรุปเกณฑ์การยอมรับและเกณฑ์การทำซ้ำ

สรุปเกณฑ์การยอมรับและเกณฑ์การทำซ้ำ
<p>เกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria)</p> <p>จะถือว่าสไปโรแกรมแต่ละกราฟผ่านเกณฑ์การยอมรับเมื่อ...</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ไม่มีสิ่งรบกวนที่เกิดจากผู้เข้ารับการตรวจ (Artifact) ❖ ไอ (Cough) ใน 1 วินาทีแรกของการหายใจออก ❖ สะอึก (Glottic closure) ❖ หยุดเป่าสหายใจออกก่อนเวลา (Early termination) ❖ ไม่ออกแรงเป่าสหายใจออกเต็มที่ (Not maximal effort) ❖ ลมรั่วออก (Leak) ❖ มีสิ่งใดไปอุดหลอดอม (Obstructed mouthpiece) <p>เริ่มต้นดี (Good start)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Extrapolated volume < 5 % ของ FVC หรือ 150 มิลลิลิตร แล้วแต่ค่าใดมากกว่า <p>มีการหายใจออกที่นานเพียงพอ (Satisfactory exhalation)</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ มีระยะเวลาการหายใจออก (Duration of exhalation) ตั้งแต่ 6 วินาทีขึ้นไป และกราฟที่แสดงใน Volume-time curve มีลักษณะราบ (Plateau) อย่างน้อย 1 วินาที หรือ ❖ มีระยะเวลาการหายใจออก (Duration of exhalation) น้อยกว่า 6 วินาที และกราฟที่แสดงใน Volume-time curve มีลักษณะราบ (Plateau) อย่างน้อย 1 วินาที <p>เกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria)</p> <p>เมื่อได้สไปโรแกรมที่ผ่านเกณฑ์การยอมรับอย่างน้อยเป็นจำนวน 3 กราฟแล้ว ให้พิจารณา...</p> <p>กราฟที่มีค่า FVC สูงสุด กับ กราฟที่มีค่า FVC สูงรองลงมา เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแล้ว ต้องมีค่า FVC แตกต่างกันไม่เกิน 150 มิลลิลิตร</p>

การเลือกสมการอ้างอิง

ประเด็นต่อมาที่จะมีผลต่อการแปลผลการตรวจคือการเลือกสมการอ้างอิง (Reference equation) เนื่องจากการแปลผลค่าการตรวจที่ได้จากการตรวจสไปโรเมตรียั้น จะแปลผลโดยใช้การนำไปเทียบกับค่าอ้างอิงที่เรียกกันว่าค่าคาดคะเน (Predicted value) ค่านี้ได้มาจากการคำนวณโดยใช้สมการอ้างอิง โดยสมการอ้างอิงที่เหมาะสมนั้นควรเป็นสมการที่ได้มาจากการศึกษาวิจัยสำรวจค่าการตรวจสไปโรเมตรียในประชากรปกติที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับผู้เข้ารับการตรวจ เช่น มีเพศเดียวกัน มีส่วนสูงเท่ากัน มีเชื้อชาติเดียวกัน [12,18] สำหรับคำแนะนำในประเด็นการเลือกใช้สมการอ้างอิงสำหรับการแปลผลสไปโรเมตรียในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทยนั้น คณะทำงานมีคำแนะนำดังนี้

❖ การเขียนชื่อสมการอ้างอิง ให้ใช้วิธีการเขียนตามมาตรฐานที่แนะนำไว้ในแนวทางของ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [18] เพื่อให้เรียกชื่อสมการได้อย่างไม่สับสน คือเขียนชื่อท้าย (Last name) ของผู้นิพนธ์ท่านแรก ตามด้วยปี ค.ศ. ที่ตีพิมพ์ผลงานศึกษาวิจัยสมการอ้างอิงนั้น

❖ ในการรายงานผลตรวจ จะต้องมีการระบุชื่อสมการอ้างอิงไว้ในใบรายงานผลการตรวจด้วยทุกครั้ง เพื่อให้ผู้ที่นำผลการตรวจไปใช้ต่อไปได้รับทราบข้อมูล ไม่เกิดความสับสนในการนำข้อมูลไปใช้ต่อ [18]

❖ กรณีผู้เข้ารับการตรวจเป็นชาวไทย การเลือกสมการอ้างอิงสำหรับการแปลผลให้ใช้สมการ Dejsomritrutai 2000 (สมการศิริราช) [44] เป็นสมการอ้างอิงในการแปลผลเสมอ สมการอ้างอิงนี้ เป็นสมการที่ได้มาจากการสำรวจในประชากรไทย ที่มีสุขภาพปกติ และไม่สูบบุหรี่ [44] รายละเอียดของสมการดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงสมการอ้างอิงสำหรับคนไทย [44]

ค่าการตรวจ	หน่วย	สมการ	R ²	SEE
FEV1	ลิตร	ชาย $-7.697+0.123A+0.067H-0.00034A^2-0.0007AH$	0.70	0.371
		หญิง $-10.603+0.085A+0.12H-0.00019A^2-0.00022H^2-0.00056AH$	0.68	0.275
FVC	ลิตร	ชาย $-2.601+0.122A-0.00046A^2+0.00023H^2-0.00061AH$	0.67	0.434
		หญิง $-5.914+0.088A+0.056H-0.0003A^2-0.0005AH$	0.62	0.324
FEV1/FVC	%	ชาย $19.362+0.49A+0.829H-0.0023H^2-0.0041AH$	0.24	5.364
		หญิง $83.126+0.243A+0.08H+0.002A^2-0.0036AH$	0.22	4.986
FEF 25-75 %	ลิตรต่อวินาที	ชาย $-19.049+0.201A+0.207H-0.00042A^2-0.00039H^2-0.0012AH$	0.42	0.882
		หญิง $-21.528+0.11A+0.272H-0.00017A^2-0.0007H^2-0.00082AH$	0.46	0.664
PEF	ลิตรต่อวินาที	ชาย $-16.859+0.307A+0.141H-0.0018A^2-0.001AH$	0.44	1.543
		หญิง $-31.355+0.162A+0.391H-0.00084A^2-0.00099H^2-0.00072AH$	0.29	1.117

หมายเหตุ: ปัจจัยที่นำมาใช้คำนวณหาค่าคาดคะเนในสมการมี 2 ปัจจัย คือ A = อายุ (หน่วยเป็นปี) และ H = ส่วนสูง (หน่วยเป็นเซนติเมตร) เมื่อนำมาแทนค่าลงในสมการจะคำนวณหาค่าคาดคะเนที่ต้องการได้ โดยการให้สมการจะต้องแยกตามเพศของผู้เข้ารับการตรวจด้วย, สมการนี้ เป็นสมการที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Multiple linear regression analysis, ค่า R² = coefficient of determination เป็นค่าทางสถิติที่บอกว่าข้อมูลนั้นเข้าได้กับสมการทำนายมากน้อยเพียงใด, ส่วนค่า SEE = standard error of estimate เป็นค่าทางสถิติที่ใช้บอกความคลาดเคลื่อนในการทำนายของสมการ (ความหมายโดยละเอียดของค่า R² และ SEE นั้น ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราทางด้านวิชาสถิติ)

❖ ถ้าเครื่องสไปโรมิเตอร์มีระบบการประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์ และมีสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยอยู่ในฐานข้อมูลของเครื่องแล้ว เครื่องสไปโรมิเตอร์นั้นจะสามารถทำการคำนวณค่าคาดคะเนสำหรับการแปลผลผู้เข้ารับการตรวจที่เป็นชาวไทยและรายงานออกมาในกระดาษรายงานผลได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกรวดเร็วต่อการแปลผล ทำให้สามารถทำการแปลผลการตรวจสไปโรเมตรีรี่ของคนที่ทำงานครั้งละจำนวนมากได้โดยสะดวก หากเป็นไปได้ คณะทำงานจึงสนับสนุนให้ใช้เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่มีสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยอยู่ในฐานข้อมูล ในการตรวจสไปโรเมตรีรี่ในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทย ในการจัดซื้อเครื่องสไปโรมิเตอร์ใหม่

ปัจจัยนี้ควรจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง ที่นำมาใช้ในการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องสไปรมิเตอร์จากบริษัทผู้ผลิต หรือผู้จัดจำหน่ายต่างๆ

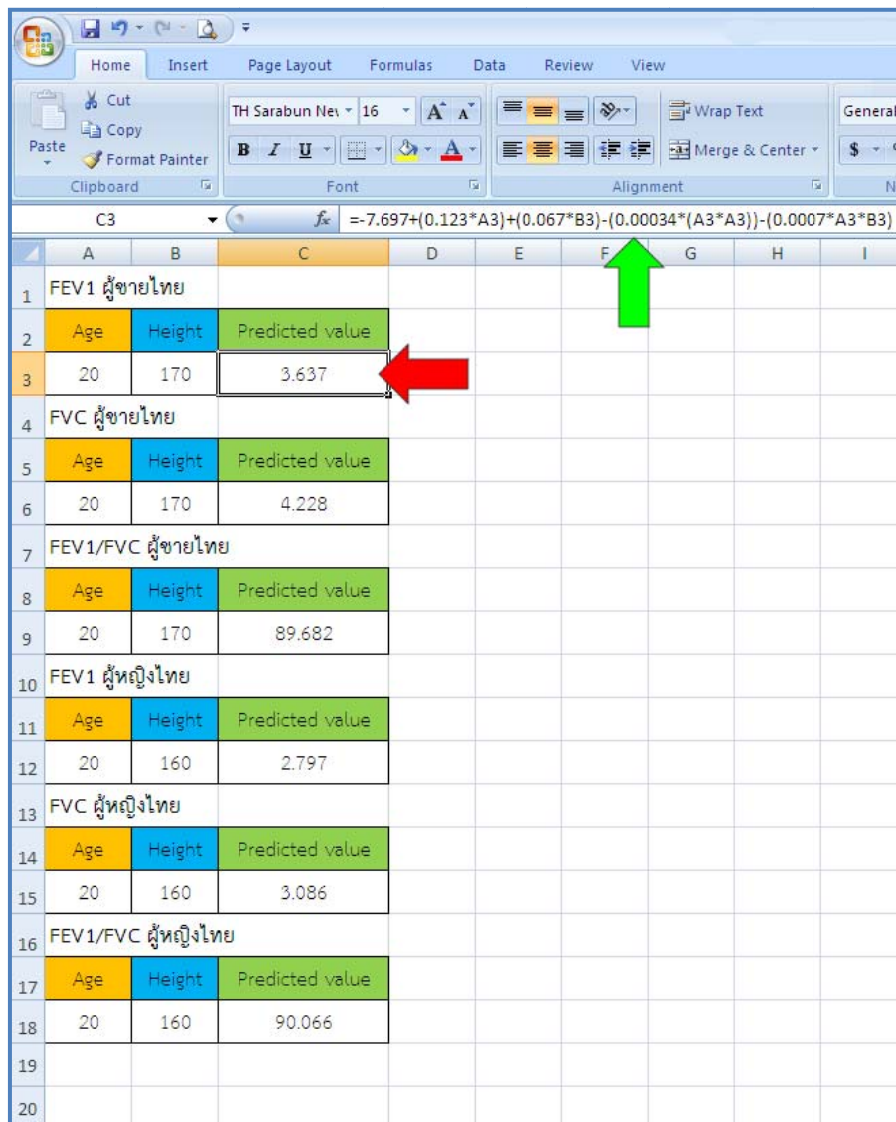
❖ ถ้าเครื่องสไปรมิเตอร์นั้น ไม่มีระบบการประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์ หรือมีระบบการประมวลผลแบบอิเล็กทรอนิกส์ แต่ไม่มีสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยอยู่ในฐานข้อมูลของเครื่อง ให้ผู้แปลผลหาค่าคาดคะเน โดยให้การคำนวณด้วยมือ (Manual calculation) โดยให้ทำการใส่ค่า อายุ (Age) หน่วยเป็นปี และ ส่วนสูง (Height) หน่วยเป็นเซนติเมตร ลงในสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยที่แสดงในตารางที่ 6 จะได้ค่าคาดคะเนสำหรับนำมาใช้ แปลผลได้เช่นกัน หรือ อาจใช้โปรแกรมช่วยคำนวณในคอมพิวเตอร์ เช่น Microsoft Office Excel [45] เพื่อช่วยคำนวณค่าคาดคะเนก็ได้ ตัวอย่างของการใส่ชุดคำสั่งเพื่อให้โปรแกรม Microsoft Office Excel คำนวณค่าคาดคะเนออกมาตามสมการอ้างอิงสำหรับคนไทย ดังแสดงในภาพที่ 14 และตารางที่ 7 หรือ ผู้แปลผลอาจใช้การเปิดตารางสำเร็จรูป ที่ทำการคำนวณค่าคาดคะเนตามสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยเอาไว้แล้ว เพื่อใช้หาค่าคาดคะเนที่ต้องการก็ได้ ตัวอย่างของตารางสำเร็จรูปที่ได้จากการคำนวณตามสมการอ้างอิงสำหรับคนไทย แสดงดังในภาคผนวก 2

❖ วิธีการหาค่าคาดคะเนอีกวิธีหนึ่งที่มีความนิยมในอดีต คือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งมีผู้พัฒนาขึ้นหลายรูปแบบ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเหล่านี้ทำโดยการป้อนข้อมูลเพศ อายุ และ ส่วนสูง ของผู้เข้ารับการตรวจเข้าไป จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าคาดคะเนของผู้เข้ารับการตรวจออกมาให้ รวมถึงแปลผลความผิดปกติออกมาได้ด้วย อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์ที่ผ่านมา พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเหล่านี้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้มากจากความไม่เสถียร (Unstable) และข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Bug) เช่น สามารถทำงานได้ดีบนคอมพิวเตอร์บางรุ่น แต่คำนวณค่าออกมาผิดพลาดในคอมพิวเตอร์บางรุ่น และส่วนใหญ่โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเหล่านี้ มักไม่ระบุรายละเอียดวิธีการคำนวณค่าคาดคะเน และแผนการแปลผล (Interpretation scheme) ที่โปรแกรมใช้ เอาไว้ให้ผู้ใช้ทราบอย่างชัดเจนด้วย เพื่อเป็นการลดข้อผิดพลาดในการคำนวณหาค่าคาดคะเนและการแปลผล คณะทำงานจึงยังมีความเห็น ไม่สนับสนุน ให้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่เขียนขึ้นสำหรับช่วยในการคำนวณค่าคาดคะเนและการแปลผลสไปรมิตรียเหล่านี้ในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทย

❖ ในอนาคต การจะพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณสำเร็จรูปเหล่านี้ให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นและสามารถใช้ได้จริง ผู้พัฒนาโปรแกรมควร (1.) ระบุความจำเพาะ (Specification) ของโปรแกรม ไว้ว่าสามารถใช้กับคอมพิวเตอร์รุ่นใดได้บ้าง ต้องมีประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) เท่าใดเป็นอย่างน้อย ใช้กับ Operating system ชนิดใดได้บ้าง เช่น Microsoft Windows, Linux, iOS, Android และขั้นต่ำต้องเป็นเวอร์ชันใด (2.) ระบุชื่อสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าคาดคะเนลงในส่วนคำอธิบายโปรแกรม ให้ผู้ใช้ทราบอย่างชัดเจน (3.) ต้องอธิบายแผนการแปลผล (Interpretation scheme) ที่ใช้ในโปรแกรมให้ผู้ใช้ได้ทราบที่มาอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าโปรแกรมแปลผลออกมาได้อย่างไร และ (4.) ต้องมีระบบการติดตั้ง (Install) และถอนการติดตั้ง (Uninstall) มากับโปรแกรมด้วย

❖ กรณีผู้เข้ารับการตรวจเป็นชาวต่างชาติคณะทำงานมีคำแนะนำดังต่อไปนี้ สำหรับผู้เข้ารับการตรวจที่เป็นชาวสหรัฐอเมริกา แนะนำให้เลือกใช้สมการ Hankinson 1999 (หรือในสไปโรมิเตอร์บางเครื่องอาจเรียกว่าสมการ NHANES III) [46] **หรือ** Crapo 1981 [47] **หรือ** Knudson 1983 [48] เป็นสมการอ้างอิงในการคำนวณค่าคาดคะเน สมการใดสมการหนึ่ง

❖ กรณีผู้เข้ารับการตรวจเป็นชาวยุโรป แนะนำให้ใช้สมการ Quanjer 1993 (หรือในสไปโรมิเตอร์บางเครื่องอาจเรียกว่าสมการ ECCS) [49] เป็นสมการอ้างอิงในการคำนวณค่าคาดคะเน



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	FEV1 ผู้ชายไทย								
2	Age	Height	Predicted value						
3	20	170	3.637						
4	FVC ผู้ชายไทย								
5	Age	Height	Predicted value						
6	20	170	4.228						
7	FEV1/FVC ผู้ชายไทย								
8	Age	Height	Predicted value						
9	20	170	89.682						
10	FEV1 ผู้หญิงไทย								
11	Age	Height	Predicted value						
12	20	160	2.797						
13	FVC ผู้หญิงไทย								
14	Age	Height	Predicted value						
15	20	160	3.086						
16	FEV1/FVC ผู้หญิงไทย								
17	Age	Height	Predicted value						
18	20	160	90.066						
19									
20									

ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างการใช้โปรแกรมช่วยคำนวณ Microsoft Office Excel

ในการคำนวณค่าคาดคะเนด้วยสมการอ้างอิงสำหรับคนไทย [44]

วิธีการนี้ทำให้สามารถหาค่าคาดคะเนได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับการแปลผลคนทำงานครั้งละจำนวนมาก

ในกรณีที่เครื่องสไปโรมิเตอร์ที่ใช้ไม่มีระบบประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์

หรือไม่มีสมการอ้างอิงสำหรับคนไทยอยู่ในฐานข้อมูลการประมวลผลของเครื่อง

ตารางที่ 7 แสดงวิธีการใส่สมการอ้างอิงลงในโปรแกรม Microsoft Office Excel

วิธีการใส่สมการคำนวณหาค่าคาดคะเนลงในโปรแกรม Microsoft Office Excel			
(ตัวอย่างที่แสดงนี้ใช้ Microsoft Office Excel 2007 บน Microsoft Windows XP การใช้โปรแกรมเวอร์ชันอื่นอาจได้ผลที่เหมือนหรือแตกต่างไปจากนี้ หากท่านพบปัญหากรุณาขอคำปรึกษาเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์)			
ใช้ข้อมูลจากสมการอ้างอิงสำหรับคนไทย [44]			
(1.) ต้องจัดตำแหน่งช่อง (Cell) ให้ตรงตามตัวอย่างในภาพที่ 14 เช่น กรณี FEV1 ผู้ชายไทย Age ใส่ข้อมูลลงในช่อง A3, Height ใส่ข้อมูลลงในช่อง B3, เมื่อโปรแกรมคำนวณแล้ว ค่า Predicted value จะปรากฏในช่อง C3			
(2.) กรณี FEV1 ผู้ชายไทย วาง Cursor ไว้บนช่อง C3 (ช่องที่ถูกสีแดงชี้) แล้วป้อนข้อมูลลงในช่องสำหรับใส่ข้อมูล Function (ช่องที่ถูกสีแดงชี้) กรณีของค่าการตรวจอื่นก็ทำในลักษณะเดียวกัน			
(3.) ป้อนข้อมูลดังนี้			
FEV1 ผู้ชายไทย	ป้อนข้อมูล	$= -7.697 + (0.123 * A3) + (0.067 * B3) - (0.00034 * (A3 * A3)) - (0.0007 * A3 * B3)$	
FVC ผู้ชายไทย	ป้อนข้อมูล	$= -2.601 + (0.122 * A6) - (0.00046 * (A6 * A6)) + (0.00023 * (B6 * B6)) - (0.00061 * A6 * B6)$	
FEV1/FVC ผู้ชายไทย	ป้อนข้อมูล	$= 19.362 + (0.49 * A9) + (0.829 * B9) - (0.0023 * (B9 * B9)) - (0.0041 * A9 * B9)$	
FEV1 ผู้หญิงไทย	ป้อนข้อมูล	$= -10.603 + (0.085 * A12) + (0.12 * B12) - (0.00019 * (A12 * A12)) - (0.00022 * (B12 * B12)) - (0.00056 * A12 * B12)$	
FVC ผู้หญิงไทย	ป้อนข้อมูล	$= -5.914 + (0.088 * A15) + (0.056 * B15) - (0.0003 * (A15 * A15)) - (0.0005 * A15 * B15)$	
FEV1/FVC ผู้หญิงไทย	ป้อนข้อมูล	$= 83.126 + (0.243 * A18) + (0.08 * B18) + (0.002 * (A18 * A18)) - (0.0036 * A18 * B18)$	

❖ กรณีของชนชาติอื่นๆ ที่ไม่ใช่ชาวไทย ชาวสหรัฐอเมริกา และชาวยุโรป ถ้าผู้เข้ารับการตรวจมาจากประเทศที่มีการศึกษาวิจัยจัดทำสมการอ้างอิงสำหรับใช้กับประชากรในประเทศของตนเองไว้แล้ว ก็ควรใช้สมการอ้างอิงของประเทศนั้นในการคำนวณหาค่าคาดคะเน [18] เช่น สมการ Lam 1982 [50] หรือ Ip 2006 [51] สำหรับชาวฮ่องกง สมการ Chin 1997 [52] สำหรับชาวสิงคโปร์ สมการ Giri 1996 [53] สำหรับชาวภูฏาน เหล่านี้เป็นต้น แนวทางของ ATS/ERS ค.ศ. 2005 ได้รวบรวมรายชื่อสมการอ้างอิงสำหรับการแปลผลตรวจสไปโรเมตรีไว้จำนวนหนึ่ง ซึ่งผู้แปลผลสามารถใช้ในการสืบค้นหาสมการอ้างอิงที่เหมาะสมได้ [18] อย่างไรก็ตามในกรณีที่ทำการสืบค้นแล้ว ไม่สามารถหาสมการอ้างอิงตัวเต็มเพื่อนำมาใช้คำนวณได้ หรือผู้เข้ารับการตรวจมาจากประเทศที่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยจัดทำสมการอ้างอิง ผู้ทำการตรวจอาจใช้สมการอ้างอิงที่ทำในคนผิวขาว (Caucasian) ที่ได้รับความนิยม เช่น สมการ Knudson 1983 [48] มาทำการคำนวณหาค่าคาดคะเน แล้วทำการปรับลดค่าลงเล็กน้อย ซึ่งโดยทั่วไปค่าที่ลดลงเพื่อใช้สำหรับคนเอเชียจะต้องปรับลดลงมาประมาณร้อยละ 10 – 15 [19,27] แนวทางของ ATS ค.ศ. 1991 [12] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [18] แนะนำให้นำค่าคาดคะเนของ FEV1 และ FVC ที่คำนวณได้จากสมการอ้างอิงของคนผิวขาว (Caucasian) มาปรับลดลงร้อยละ 12 เพื่อใช้ในการแปลผลการตรวจคนเอเชีย (Asian) และคนผิวดำ (African) ซึ่งการปรับลดด้วยวิธีที่กล่าวมานี้ ในเครื่องสไปโรมิเตอร์บางรุ่นที่มีระบบประมวลผลอิเล็กทรอนิกส์สามารถทำการคำนวณให้ได้แบบอัตโนมัติ

วิธีการแปลผล

ประเด็นต่อไปคือรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการแปลผล (Interpretation of results) ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อ ข้อมูลที่ควรมีในใบรายงานผลการตรวจสไปโรเมตรี การเลือกวิธีการแปลผลด้วยวิธี Specified ratio หรือ Lower limits of normal การเลือกกราฟสำหรับการแปลผล และแผนการแปลผล (Interpretation scheme)

ที่แนะนำให้ใช้ ความผิดปกติแบบต่างๆ และการแบ่งระดับความรุนแรงของความผิดปกติ รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการแปลผลการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยในประเทศไทยที่คณะทำงานแนะนำ มีดังต่อไปนี้

ข้อมูลที่ควรมีในใบรายงานผลการตรวจสไปโรเมตรี

❖ ข้อมูลที่ควรมีในใบรายงานผลการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยนั้น ตามข้อกำหนดขององค์กร OSHA ค.ศ. 2013 [7] ได้กำหนดเอาไว้ว่าอย่างน้อยควรมีข้อมูลดังต่อไปนี้ (1.) วันที่และเวลาที่ทำการตรวจ (2.) ชื่อและนามสกุลของผู้เข้ารับการตรวจ หมายเลขประจำตัว อายุ เพศ เชื้อชาติ และส่วนสูง (3.) ชื่อรุ่นและหมายเลขเครื่อง (Serial number) ของสไปโรมิเตอร์ที่ใช้ทำการตรวจ (4.) วันที่ทำการตรวจการสอบเทียบเครื่องสไปโรมิเตอร์ครั้งสุดท้าย (5.) อุณหภูมิของบรรยากาศขณะที่ทำการตรวจ และระดับความดันอากาศ ถ้าระดับความดันอากาศในพื้นที่ที่ทำการตรวจไม่ปกติ (6.) ท่าที่ใช้ในการตรวจ (7.) ชื่อสมการที่ใช้อ้างอิง (8.) ชื่อและนามสกุลผู้ทำการตรวจ (9.) ค่าที่ได้จากการตรวจ FVC Maneuver ทั้ง 3 ครั้ง (10.) สไปโรแกรมที่ได้จากการตรวจ ซึ่งต้องมีทั้ง Volume-time curve และ Flow-volume curve และควรแสดงกราฟของ FVC Maneuver ได้ทั้ง 3 ครั้ง (11.) ความเห็นเพิ่มเติมของผู้ทำการตรวจกรณีที่มีเหตุการณ์ผิดปกติทางเทคนิค เช่น สังเกตเห็นว่าผู้ป่วยให้ความร่วมมือไม่เต็มที่ (12.) ผลการพิจารณาตามเกณฑ์การทำซ้ำ ว่ามีค่าต่างกันเท่าใด ผ่านเกณฑ์การทำซ้ำหรือไม่

❖ การรายงานผลตามข้อกำหนดขององค์กร OSHA ค.ศ. 2013 [7] นั้น จะทำให้ข้อมูลครบถ้วนและได้ประโยชน์ต่อผู้ที่ให้นำผลการตรวจไปใช้ต่อ ในกรณีของการแสดงผลค่าการตรวจในกระดาษรายงานผล ถ้าเป็นไปได้ควรแสดงผลค่าที่ได้จากการตรวจ FVC Maneuver ให้ครบทั้ง 3 ครั้ง แต่หากมีข้อจำกัดจากความสามารถของเครื่องสไปโรมิเตอร์ อย่างน้อยควรจะต้องแสดงผลค่าการตรวจครั้งที่ดีที่สุด (Best curve) เอาไว้ในกระดาษรายงานผลได้ เช่นเดียวกับการแสดงผลสไปโรแกรมในกระดาษรายงานผล คือถ้าเป็นไปได้ควรแสดงสไปโรแกรมที่ได้จากการตรวจ FVC Maneuver ได้ครบทั้ง 3 ครั้ง โดยมีเครื่องหมายระบุบ่งชี้ลำดับการทำ (Test sequence) เอาไว้ด้วย และจะต้องแสดงได้ทั้ง Volume-time curve และ Flow-volume curve แต่ถ้ามีข้อจำกัดจากความสามารถของเครื่องสไปโรมิเตอร์ อย่างน้อยควรแสดงผลสไปโรแกรมจากการตรวจครั้งที่ดีที่สุด (Best curve) ลงในกระดาษรายงานผลได้ ขนาดของสไปโรแกรมที่แสดงในกระดาษรายงานผลไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์การแสดงผลในกระดาษรายงานผลที่แนะนำโดย ATS ค.ศ. 1994 [11] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [16] ที่แสดงไว้ในตารางที่ 2

❖ สำหรับข้อมูลอื่นๆ ที่มีความจำเป็น ควรมีในใบรายงานผลการตรวจเช่นกัน คือ ชื่อและที่อยู่ของผู้ให้บริการทางการแพทย์ พร้อมทั้งหมายเลขติดต่อ ชื่อและนามสกุลของแพทย์ผู้แปลผล วิธีการแปลผลที่ใช้ (ใช้วิธี Specified ratio หรือ Lower limits of normal) ผลการแปลผลสรุปออกมาได้ว่าอย่างไร (ปกติ หรือ ผิดปกติแบบใด) และคำแนะนำจากแพทย์ผู้แปลผลว่าจะต้องทำอะไรต่อไปในกรณีที่พบผลการตรวจผิดปกติ

❖ ตัวอย่างใบรายงานผลการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย ที่มีรายละเอียดข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนดังที่กล่าวมา แสดงตัวอย่างไว้ในภาคผนวก 3 ซึ่งตัวอย่างที่แสดงนี้ ผู้ให้บริการทางการแพทย์อาจนำไปใช้ทั้งหมด หรือนำไปปรับใช้เพียงบางส่วน หรือปรับเปลี่ยนรูปแบบไปบ้างตามบริบทของแต่ละแห่งก็ย่อมทำได้ ขอเพียงให้มีข้อมูลที่จำเป็นอยู่ครบถ้วน กรณีของการปรับใช้ เช่น ข้อมูลที่ต้องมีในใบรายงานผลบางส่วน

อาจไม่จำเป็นต้องใช้การกรอกข้อมูลด้วยการเขียนด้วยมือลงไปทั้งหมด เนื่องจากข้อมูลบางอย่าง เช่น ชื่อและนามสกุลของผู้เข้ารับการตรวจ อายุ เพศ ส่วนสูง และเชื้อชาติของผู้เข้ารับการตรวจ ชื่อสมการแปลผล วันและเวลาทำการตรวจ วันที่ทำการตรวจการสอบเทียบครั้งสุดท้าย เหล่านี้ หากทำการป้อนข้อมูลลงในเครื่องสไปโรมิเตอร์แล้ว เครื่องบางรุ่นสามารถพิมพ์ข้อมูลออกมาในกระดาษรายงานผลได้โดยอัตโนมัติ หากมีกรณีเช่นนี้ ก็ไม่จำเป็นต้องออกแบบใบรายงานผลการตรวจให้ผู้ทำการตรวจต้องกรอกข้อมูลโดยการเขียนลงไปซ้ำอีก เพราะจะเป็นการทำให้ทำงานซ้ำซ้อนและเสียเวลา ทั้งนี้ ผู้สั่งการตรวจควรออกแบบใบรายงานผลการตรวจโดยระลึกเอาไว้เสมอว่า (1.) จะต้องมียุทธศาสตร์ที่เพียงพอที่จะสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อได้ และ (2.) ไม่ทำให้เกิดความซ้ำซ้อนหรือยุ่งยากในการทำงาน เพื่อให้สามารถใช้ในการตรวจกับคนทำงานจำนวนมากได้

❖ ส่วนข้อมูลอื่นๆ ที่อาจมีประโยชน์รองลงมา ที่ผู้สั่งการตรวจอาจกำหนดให้ผู้ทำการตรวจระบุไว้ในใบรายงานผลการตรวจด้วยก็ได้ถ้าเห็นสมควร เช่น น้ำหนักและดัชนีมวลกายของผู้ป่วย (ทำให้ทราบว่าผู้ป่วยมีภาวะน้ำหนักเกินหรือไม่) ประวัติการสูบบุหรี่และปริมาณที่สูบ (ใช้ประเมินร่วมกับผลการตรวจ) ประวัติโรคประจำตัว (ใช้ประเมินร่วมกับผลการตรวจ) ประวัติการเจ็บป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจในอดีต (ใช้ประเมินร่วมกับผลการตรวจ) ประวัติการเจ็บป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจในวันที่ทำการตรวจ (ใช้ประเมินร่วมกับผลการตรวจ) เหล่านี้เป็นต้น

การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio หรือ Lower limits of normal

❖ ลำดับขั้นแรกในการแปลผลการตรวจนั้น ผู้แปลผลการตรวจจะต้องเลือกวิธีการแปลผลว่าจะใช้วิธีการใดเสียก่อน ซึ่งวิธีการที่ได้รับความนิยมนั้นมีอยู่ 2 วิธี ได้แก่วิธี Specified ratio และวิธี Lower limits of normal ทั้งสองวิธีเป็นการนำค่าการตรวจที่ได้ มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่เรียกว่าค่าคาดคะเน (Predicted value) ซึ่งได้มาจากการคำนวณด้วยสมการอ้างอิง (Reference equation) ที่เหมาะสมกับผู้เข้ารับการตรวจแต่ละราย แต่ทั้ง 2 วิธีนี้มีหลักการและรายละเอียดการแปลผลที่แตกต่างกันอยู่บ้าง ดังนี้

❖ การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio (หรืออาจเรียกวิธี Fixed ratio) เป็นวิธีการดั้งเดิม หลักการของวิธีการนี้คือนำค่าการตรวจที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าคาดคะเน ว่าค่าการตรวจที่ได้นั้นคิดเป็นร้อยละเท่าใดของค่าคาดคะเน ด้วยจุดตัด (Cut-off point) ที่ได้ตกลงกันไว้ก่อนหรือเป็นที่ยอมรับกันมาในอดีต ตัวอย่างของจุดตัดร้อยละของค่าคาดคะเน (Percent of predicted value; % Predicted) ที่ได้รับความนิยมในอดีต เช่น ค่า FEV1 และ FVC จะถือว่าผิดปกติเมื่อมีค่าตั้งแต่ 80 % Predicted ลงไป [12,19]

❖ ส่วนการแปลผลด้วยวิธี Lower limits of normal (LLN) หรืออาจเรียกว่าวิธี 5th percentile criteria เป็นวิธีการใหม่ที่แนะนำอยู่ในแนวทางการแปลผลของ ATS ค.ศ. 1991 [12] และ ATS/ERS ค.ศ. 2005 [18] วิธีการนี้ใช้หลักการพื้นฐานทางสถิติ โดยพิจารณาให้ค่าของคนปกติที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการอ้างอิงนั้น หากถือว่ามีการกระจายตัวแบบปกติแล้ว จะสมมติให้ค่าที่ตกในช่วง 5 เปอร์เซ็นไทล์ต่ำสุดนั้นถือว่าเป็นค่าผิดปกติ เมื่อนำค่าการตรวจที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าคาดคะเน ณ จุดตัดนี้ ซึ่งเรียกว่าค่าต่ำสุดของความปกติ (Lower limits of normal) ถ้าค่าการตรวจที่ได้ต่ำกว่าค่า Lower limits of normal ก็จะเป็นค่าการตรวจที่พิจารณาว่าผิดปกติ [12,18,25,54]

❖ การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio นั้น มีข้อดีคือทำการแปลผลได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือค่าจุดตัดที่ใช้เป็นค่าตามความนิยม ไม่ได้มีพื้นฐานที่อธิบายได้ทางสถิติ [12,18] หากกำหนดจุดตัดความผิดปกติไว้ไม่เหมาะสม เช่น กำหนดจุดตัดไว้ต่ำเกินไป ก็อาจทำให้เกิดการแปลผลตรวจเป็นผิดปกติมากเกินไปได้ อันอาจนำไปสู่การวินิจฉัยโรคมากเกินไปจนเกินความจำเป็น (Overdiagnosis) [55] ในทางกลับกันหากกำหนดจุดตัดความผิดปกติไว้สูงเกินไปก็จะทำให้เกิดการแปลผลตรวจพบความผิดปกติได้น้อย อันอาจนำไปสู่การวินิจฉัยโรคต่ำกว่าความเป็นจริง (Underdiagnosis) อย่างไรก็ตามหากกำหนดจุดตัดไว้เหมาะสมดี โอกาสแปลผลตรวจเป็นผิดปกติมากหรือน้อยเกินไปก็จะลดลงได้ ส่วนการแปลผลด้วยวิธี Lower limits of normal นั้น มีข้อดีว่าการแปลผลด้วยวิธี Specified ratio ในแง่ที่สามารถอธิบายหลักการที่มาของจุดตัดความผิดปกติได้ชัดเจนโดยใช้หลักการทางสถิติ [12,18] แต่มีข้อเสียคือต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนจึงจะหาค่าจุดตัดความผิดปกติแต่ละค่าออกมาได้ เนื่องจากค่าจุดตัดความผิดปกติของค่าการตรวจแต่ละตัว ในผู้เข้ารับการตรวจแต่ละราย ที่มีเพศ อายุ และส่วนสูงที่แตกต่างกันนั้น จะไม่เท่ากันในแต่ละราย

❖ การแปลผลทั้ง 2 วิธีนั้น ไม่มีวิธีการใดที่สมบูรณ์แบบ เนื่องจากจุดตัดความผิดปกติของทั้ง 2 วิธี ต่างก็เป็นค่าที่ตั้งสมมติขึ้นมา ไม่ใช่จุดที่ตัดแบ่งความ “เป็นโรค” หรือ “ไม่เป็นโรค” อย่างแท้จริง แต่การแปลผลด้วยวิธี Lower limits of normal นั้นมีข้อดีว่าการแปลผลด้วยวิธี Specified ratio ในแง่ที่สามารถอธิบายที่มาของจุดตัดความผิดปกติได้ชัดเจนกว่าเนื่องจากใช้หลักการทางสถิติ [12,18] การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความแตกต่างของการแปลผลด้วยวิธีการทั้ง 2 วิธีนี้ พบว่าอาจพบความแตกต่างของผลที่แปลออกมาได้มาก ในผู้เข้ารับการตรวจที่เป็นเพศหญิง คนที่เตี้ยมาก หรือผู้สูงอายุ [56] การศึกษาหนึ่งในผู้สูงอายุ (อายุ > 70 ปี) ที่ไม่สูบบุหรี่ และไม่เจ็บป่วย พบว่าการแปลผลด้วยวิธี Specified ratio อาจทำให้เกิดการแปลผลตรวจเป็นความผิดปกติได้มาก ซึ่งอาจนำไปสู่การวินิจฉัยโรคมากเกินไปจนเกินความจำเป็น (Overdiagnosis) ในกรณีของโรคหอบหืดเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; COPD) ได้ [57]

❖ ความเห็นขององค์กรทางวิชาการแต่ละองค์กรในปัจจุบัน นั้นยังมีคำแนะนำที่แตกต่างกันออกไป องค์กรทางวิชาการบางส่วนให้ใช้การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio [19,58] เป็นหลัก ในขณะที่องค์กรที่ออกแนวทางมาในระยะหลังส่วนใหญ่ มักแนะนำให้ใช้การแปลผลด้วยวิธี Lower limits of normal [7,12,18,25]

❖ สำหรับในประเด็นการเลือกวิธีการแปลผลด้วยวิธี Specified ratio หรือ Lower limits of normal นี้ คณะทำงานมีความเห็นว่า ในการแปลผลการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย ให้เลือกใช้การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio หรือ Lower limits of normal ก็ได้ โดยให้เลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งในการแปลผล และผู้ทำการแปลผลจะต้องระบุวิธีการที่ตนเองใช้ในการแปลผลลงไปในใบรายงานผลการตรวจด้วยทุกครั้ง เพื่อให้ผู้ที่นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อ สามารถทราบถึงวิธีการแปลผลและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อได้โดยไม่เกิดความสับสน และหากผู้ทำการแปลผลระบุข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นไว้ครบ ได้แก่ เพศ อายุ ส่วนสูง และค่า FEV1 กับค่า FVC ที่ตรวจได้จริง ไว้ในใบรายงานผลทั้งหมดแล้ว ผู้ที่นำข้อมูลไปใช้ต่อก็จะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการแปลผลใหม่ได้ทั้งวิธี Specified ratio และ Lower limits of normal ตามที่ต้องการ คำแนะนำในการแปลผลแต่ละวิธี ให้ปฏิบัติดังนี้

❖ หากใช้วิธี Specified ratio ในการแปลผล อาจทำการกำหนดจุดตัดความผิดปกติร้อยละของค่าคาดคะเน (% Predicted) ตามค่าดังต่อไปนี้ [19] (1.) การแปลผลค่า FEV1 ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 80 % Predicted ลงไป (2.) การแปลผลค่า FVC ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 80 % Predicted ลงไป (3.) การแปลผลค่า FEV1/FVC ไม่ต้องนำค่าการตรวจที่ได้ไปเทียบกับค่าคาดคะเน แต่ให้นำค่าการตรวจ FEV1 ที่ได้จริง กับค่าการตรวจ FVC ที่ได้จริง มาเปรียบเทียบกับเป็นค่าร้อยละ (Percent of measured value; % Measured) โดยในผู้เข้ารับการตรวจที่อายุน้อยกว่า 50 ปี ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 75 % Measured ลงไป และในผู้เข้ารับการตรวจที่อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ให้ถือว่าค่าการตรวจนั้นผิดปกติ เมื่อมีค่าตั้งแต่ 70 % Measured ลงไป [19]

❖ หากใช้วิธี Lower limits of normal ในการแปลผล การหาค่าจุดตัดความผิดปกติหรือค่า Lower limits of normal ในชาวนไทยนั้น ให้ผู้แปลผลใช้การคำนวณตามสมการจากงานศึกษาวิจัยในคนไทยเป็นสมการอ้างอิง [54] โดยรายละเอียดของสมการดังกล่าวแสดงในตารางที่ 8 ตารางสำเร็จรูปแสดงค่า Lower limits of normal ในคนไทย ที่ได้จากการคำนวณตามสมการนี้ แสดงดังในภาคผนวก 2

ตารางที่ 8 แสดงสมการสำหรับหาค่า Lower limits of normal ในคนไทย [54]

ค่าการตรวจ	หน่วย	สมการ
FEV1	ลิตร	ชาย $-8.843+0.113A+0.083H-0.00023A^2-0.00007H^2-0.0007AH$
		หญิง $-7.578+0.082A+0.08H-0.0002A^2-0.00011H^2-0.00053AH$
FVC	ลิตร	ชาย $-2.136+0.11A-0.006H-0.00034A^2+0.00023H^2-0.00061AH$
		หญิง $-5.831+0.084A+0.056H-0.00029A^2-0.00002H^2-0.00048AH$
FEV1/FVC	%	ชาย $-34.124+0.531A+1.389H-0.00065A^2-0.00409H^2-0.00408AH$
		หญิง $127.931+0.655A-0.676H+0.00144A^2+0.00277H^2-0.00641AH$
FEF 25-75 %	ลิตรต่อวินาที	ชาย $-16.649+0.111A+0.185H-0.0002A^2-0.00039H^2-0.00077AH$
		หญิง $-12.516+0.097A+0.149H-0.00015A^2-0.00032H^2-0.00073AH$
PEF	ลิตรต่อวินาที	ชาย $-12.325+0.209A+0.103H-0.00157A^2-0.00062AH$
		หญิง $-24.44+0.14A+0.292H-0.0006A^2-0.0007H^2-0.00072AH$

หมายเหตุ: ปัจจัยที่นำมาใช้คำนวณในสมการ มี 2 ปัจจัย คือ A = อายุ (หน่วยเป็นปี) และ H = ส่วนสูง (หน่วยเป็นเซนติเมตร) เมื่อนำมาแทนค่าลงในสมการจะคำนวณหาค่า Lower limits of normal ที่ต้องการได้ โดยใช้สมการจะต้องแยกตามเพศของผู้เข้ารับการตรวจด้วย

การเลือกกราฟสำหรับการแปลผล

❖ ประเด็นต่อมาเป็นการเลือกกราฟที่จะนำมาใช้ในการแปลผล หลังจากที่ผู้เข้ารับการตรวจได้ทำ FVC Maneuver จนผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Acceptability criteria) ได้เป็นจำนวนอย่างน้อย 3 ครั้ง และเมื่อนำผลการตรวจทั้งหมดมาพิจารณาร่วมกัน ผลการตรวจที่ได้ก็มีความใกล้เคียงกันจนผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria) แล้ว การเลือกค่าการตรวจเพื่อนำมาใช้ในการแปลผลนั้นทำได้หลายวิธีการ เช่น การ

เลือกค่า FEV1 ที่มากที่สุด (Best FEV1) และค่า FVC ที่มากที่สุด (Best FVC) มาใช้ในการแปลผล ซึ่ง 2 ค่านี้อาจไม่จำเป็นต้องมาจากกราฟการตรวจเดียวกันก็ได้ [19] อีกวิธีการหนึ่งคือใช้ค่าที่ได้จากกราฟที่ดีที่สุดมาแปลผล โดยกราฟที่ดีที่สุด (Best curve) ในที่นี้หมายถึง กราฟการตรวจครั้งที่ผลรวมระหว่างค่า FEV1 กับ FVC มีค่ามากที่สุด (การตรวจครั้งที่ค่า FEV1 + FVC มากที่สุด)ให้นำค่าการตรวจทุกค่าจากกราฟนั้นมาใช้ในการแปลผล [19] ซึ่งวิธีเลือกค่าจากกราฟที่ดีที่สุดมาแปลผลนี้ เป็นวิธีที่ทำให้แปลผลตรวจได้สะดวกกว่า อย่างไรก็ตามการเลือกกราฟสำหรับการแปลผลแต่ละวิธีมักจะไม่ค่อยก่อให้เกิดความแตกต่างต่อผลการแปลผลที่ได้มากนัก เนื่องจากหากกราฟจากการทำ FVC Maneuver ที่ตรวจได้อย่างน้อย 3 กราฟนั้นผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatability criteria) ค่าการตรวจจากแต่ละกราฟก็จะมีค่าใกล้เคียงกันค่อนข้างมากอยู่แล้ว [11,16]

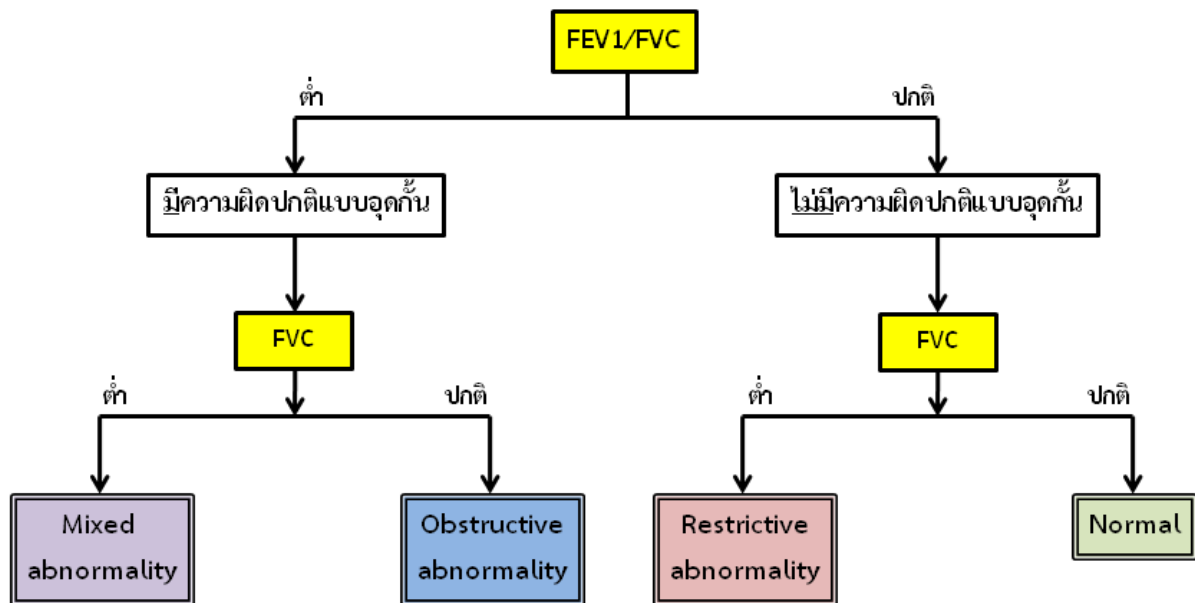
❖ เพื่อให้เกิดความสะดวกในทางปฏิบัติ และเป็นแนวทางที่ตรงกัน คณะทำงานแนะนำให้ผู้แปลผลการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย ใช้ค่าการตรวจจากกราฟที่ดีที่สุด (Best curve) ในรอบการตรวจนั้น มาทำการแปลผลตรวจเสมอ

แผนการแปลผล (Interpretation scheme)

❖ เมื่อทำการเลือกสมการอ้างอิง เลือกวิธีการแปลผล และค่าจากกราฟที่ดีที่สุด (Best curve) มาใช้ในการแปลผลได้แล้ว ในลำดับต่อไปผู้แปลผลจะต้องทำการแปลผลตามแผนการแปลผล (Interpretation scheme หรือ Interpretation algorithm) เพื่อจะได้ทราบว่า ผู้เข้ารับการตรวจรายที่พิจารณานั้น มีผลการตรวจสไปโรเมตรีผิดปกติหรือไม่ ถ้าผิดปกติมีลักษณะความผิดปกติเป็นแบบใด แผนการแปลผลที่แนะนำไว้ โดยองค์กรวิชาการต่างๆ นั้น มีอยู่หลายแบบแตกต่างกัน [12,18-19,25] สำหรับรายละเอียดการพิจารณาตามแผนการแปลผลของแนวทางฉบับนี้ เป็นดังนี้

❖ แผนการแปลผลที่คณะทำงานแนะนำให้ใช้ในการแปลผลการตรวจสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย เป็นแผนการแปลผลที่ดัดแปลงมาจากแนวทางของ สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 [19] และ ACOEM ค.ศ. 2011 [25] โดยการแปลผลจะสรุปผลการตรวจได้เป็น ปกติ (Normal), ผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality), ผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality), หรือ ผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality) อย่างใดอย่างหนึ่ง ภาพที่ 15 แสดงแผนการแปลผลที่แนะนำ ที่ดัดแปลงมาจากแผนการแปลผลตามแนวทางของ ACOEM ค.ศ. 2011 [25] และตารางที่ 9 แสดงการแบ่งระดับความรุนแรงของความผิดปกติ กรณีพบความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) และความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) [19]

❖ การแปลผลตามแผนการแปลผลดังในภาพที่ 15 นี้ สามารถใช้การแปลผลได้ทั้งวิธี Specified ratio และวิธี Lower limits of normal หากใช้การแปลผลด้วยวิธี Specified ratio ให้ทำการกำหนดจุดตัดความผิดปกติตามค่าร้อยละของค่าคาดคะเน (% Predicted) ส่วนถ้าใช้การแปลผลด้วยวิธี Lower limits of normal ก็ให้ทำการกำหนดจุดตัดความผิดปกติที่ค่า Lower limits of normal เป็นสำคัญ (โดยถ้าค่าที่ตรวจได้มากกว่าหรือเท่ากับ Lower limits of normal จะถือว่าค่าการตรวจนั้น “ปกติ” แต่ถ้าน้อยกว่า Lower limits of normal จะถือว่าค่าการตรวจนั้น “ต่ำกว่าปกติ”) [25]



ภาพที่ 15 แสดงแผนการแปลผลที่ดัดแปลงจากแผนการแปลผลตามแนวทางของ ACOEM ค.ศ. 2011 [25]

ตารางที่ 9 แสดงเกณฑ์การแบ่งระดับความรุนแรงของผลการตรวจที่ผิดปกติ กรณีพบความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) และความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) [19]

ระดับความรุนแรง (Severity)	ความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) พิจารณาจากค่า FEV1 (% Predicted)	ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) พิจารณาจากค่า FVC (% Predicted)
ปกติ (Normal)	> 80	> 80
เล็กน้อย (Mild)	66 – 80	66 – 80
ปานกลาง (Moderate)	50 – 65	50 – 65
มาก (Severe)	< 50	< 50

❖ โดยในการแปลผลนั้น เริ่มจากการพิจารณาค่า FEV1/FVC เพื่อดูว่าผลการตรวจมีความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) หรือไม่ ถ้าพิจารณาค่า FEV1/FVC แล้ว “ปกติ” แสดงว่าผลการตรวจนั้นไม่มีภาวะความผิดปกติแบบอุดกั้น แต่ถ้าพิจารณาค่า FEV1/FVC แล้ว “ต่ำกว่าปกติ” แสดงว่าผลการตรวจนั้นมีความผิดปกติแบบอุดกั้นร่วมอยู่ด้วย

❖ หากพิจารณาแล้วพบว่ามีความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) ให้พิจารณาต่อว่ามีความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) อยู่ด้วยหรือไม่ โดยการพิจารณาจากค่า FVC ถ้าพิจารณาค่า FVC แล้ว “ปกติ” แสดงว่าไม่มีภาวะความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) ร่วมอยู่ด้วย จึงสรุปได้ว่าผลการตรวจที่พบเป็นความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) เพียงอย่างเดียว แต่ถ้าพิจารณาค่า FVC แล้ว “ต่ำกว่าปกติ” แสดงว่ามีภาวะความผิดปกติแบบ

จำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) ร่วมอยู่กับความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) ด้วย จะสรุปผลได้ว่า ผลการตรวจที่พบนั้นเป็นความผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality)

❖ หากพิจารณาค่า FEV1/FVC แล้ว พบว่าผลการตรวจไม่มีความผิดปกติแบบอุดกั้น ให้พิจารณาต่อว่า ผลการตรวจนั้นเป็นปกติ (Normal) หรือมีความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) โดยการพิจารณาจากค่า FVC เช่นเดียวกัน ถ้าพิจารณาค่า FVC แล้ว “ปกติ” แสดงว่าผลการตรวจนั้นเป็นปกติ (Normal) แต่ถ้าพิจารณาค่า FVC แล้ว “ต่ำกว่าปกติ” แสดงว่าผลตรวจที่พบมีความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) เพียงอย่างเดียว

❖ แผนการแปลผลที่คณะทำงานแนะนำนี้ เป็นแผนการแปลผลอย่างง่ายที่เหมาะสมกับการใช้เพื่อตรวจคัดกรอง โดยเฉพาะสำหรับในงานอาชีวอนามัย เนื่องจากเป็นแผนที่ช่วยให้แปลผลได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสำหรับการตรวจคัดกรองคนทำงานครั้งละจำนวนมาก และสามารถทำได้ภายใต้ข้อจำกัดของการตรวจสมรรถภาพปอดในงานอาชีวอนามัย ซึ่งมักไม่สามารถทำการตรวจวัดค่า Total lung capacity (TLC) ประกอบได้ เมื่อใดที่พบผลการตรวจผิดปกติ จึงค่อยส่งผู้เข้ารับการตรวจที่มีผลการตรวจผิดปกตินั้นไปทำการตรวจอย่างละเอียดด้วยแผนการตรวจที่ซับซ้อนขึ้นต่อไป

❖ ในผู้เข้ารับการตรวจบางรายอาจพบลักษณะที่มีความกำกวมของผลการตรวจได้แบบหนึ่ง คือผลการตรวจที่มีค่า FEV1/FVC ต่ำกว่าปกติ ในขณะที่ค่า FEV1 ปกติ และค่า FVC ปกติ ผู้เข้ารับการตรวจกลุ่มนี้ หากพิจารณาตามแผนการตรวจดังในภาพที่ 15 จะจัดกลุ่มได้เป็นกลุ่มที่มีความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) อย่างไรก็ตาม แนวทาง ATS ค.ศ. 1991 [12] และ ACOEM ค.ศ. 2011 [25] ได้ให้ความเห็นไว้ว่า ผลการตรวจลักษณะนี้อาจพบในผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง เช่น นักกีฬา (Athelet) หรือผู้ประกอบอาชีพที่ต้องมีร่างกายแข็งแรงบางอาชีพ เช่น คนงานเหมือง (Miner) หรือนักดำน้ำลึก (Deep-sea diver) ก็เป็นไปได้ เรียกว่ามีลักษณะสรีระแบบพิเศษ (Physiologic variant) เนื่องจากคนกลุ่มนี้มีค่า FVC ที่สูงมาก ทำให้เมื่อเทียบค่า FEV1/FVC แล้ว อัตราส่วนจะต่ำกว่าปกติ แม้ว่าค่า FEV1 จะเป็นปกติก็ตาม แต่ลักษณะนี้อาจพบในคนที่มีความผิดปกติแบบอุดกั้นในระยะเริ่มแรก (Borderline obstructive abnormality) ก็ได้ หากเป็นไปได้ เมื่อพบลักษณะของผลการตรวจเช่นนี้ ผู้แปลผลควรอาศัยข้อมูลอื่นๆ เช่น การซักประวัติอาชีพ การซักประวัติโรคประจำตัว การตรวจร่างกาย ในการพิจารณาแปลผลร่วมด้วย

❖ ในอดีตแผนการแปลผลบางแผน [19] จะแนะนำให้ผู้แปลผลวินิจฉัยโรคของทางเดินหายใจขนาดเล็ก (Small airway disease) จากการพิจารณาค่า FEF 25-75 % อย่างไรก็ตามแนวทางที่ออกมาในระยะหลัง [12,18,25] ส่วนใหญ่ไม่สนับสนุนให้ใช้ค่า FEF 25-75 % ในการแปลผล เนื่องจากพบว่าค่า FEF 25-75 % มีความแปรปรวนไปตามค่า FVC อยู่ค่อนข้างมาก และการที่ค่าต่ำกว่าปกติไม่ได้จำเพาะต่อโรคของทางเดินหายใจขนาดเล็กเพียงอย่างเดียว [12] ดังนั้นในกรณีการแปลผลการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย คณะทำงานจึง ไม่สนับสนุน ให้ใช้ค่า FEF 25-75 % ในการแปลผลหาโรคของทางเดินหายใจขนาดเล็ก (Small airway disease) เช่นกัน

❖ จะเห็นได้ว่าการแปลผลการตรวจสไปโรเมตรีนั้น เป็นการแปลผลตรวจเพียงว่าค่าการตรวจที่ได้จากการทำ FVC Maneuver นั้น “ปกติ” หรือ “ผิดปกติ” โดยถ้าผิดปกติแล้วมีลักษณะความผิดปกติเป็นอย่างไร เป็นความผิดปกติแบบอุดกั้น, ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว, หรือความผิดปกติแบบผสม และอาจบอกได้ว่ามีระดับความรุนแรงของความผิดปกตินั้นมากน้อยเพียงใด แต่จะไม่ใช้การวินิจฉัยเฉพาะเจาะจงลงไปว่าเป็นโรคชนิดใดอย่างชัดเจน เนื่องจากในการวินิจฉัยโรคอย่างเฉพาะเจาะจงนั้น มักจะต้องใช้ข้อมูลหลายด้าน ทั้งประวัติความเจ็บป่วย ผลการตรวจร่างกาย ผลการตรวจทางพยาธิ เช่น ผลการตรวจสไปโรเมตรี ผลการตรวจภาพรังสี มาประกอบเข้าด้วยกัน จึงจะสามารถวินิจฉัยโรคอย่างเฉพาะเจาะจงลงไปได้ ในลำดับต่อไปจะกล่าวถึงลักษณะของความผิดปกติแต่ละแบบที่พบจากการตรวจสไปโรเมตรี ได้แก่ ความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality), ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality), และความผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality) ดังนี้

ความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality)

นิยามของความผิดปกติแบบอุดกั้นนั้น คือการลดลงอย่างไม่เป็นสัดส่วน (Disproportion) ของอัตราการไหลสูงสุดของอากาศ (Maximal air flow) ที่ออกจากปอด เทียบกับปริมาตรของอากาศในปอดสูงสุดที่ตรวจวัดได้ (ในที่นี้คือค่า FVC) [18] ซึ่งผลจากการตรวจสไปโรเมตรี จะแสดงออกมาด้วยการลดลงของค่า FEV1/FVC อย่างไม่เป็นสัดส่วนกัน รวมถึงมักมีการลดลงกว่าปกติของค่า FEV1 ด้วย สาเหตุของความผิดปกติแบบอุดกั้นนี้ เกิดจากโรคใดก็ตามที่ทำให้ทางเดินหายใจตีบแคบลงหรืออุดกั้น ทำให้อากาศไหลออกจากปอดได้ช้า ตัวอย่างของโรคเหล่านี้ เช่น

1. โรคหอบหืด (Asthma) เป็นโรคที่พบได้บ่อย โรคนี้ทำให้เกิดทางเดินหายใจอุดกั้นเนื่องจากเมื่อมีอากาศจะเกิดการหดตัวของหลอดลม (Bronchoconstriction) ผนังทางเดินหายใจหนาขึ้น (Airway wall thickening) และมีเสมหะมากขึ้น (Increase mucus) [59] ภาวะทางเดินหายใจอุดกั้นนี้เกิดได้ในโรคหอบหืดจากทุกสาเหตุ รวมถึงโรคหอบหืดจากการทำงาน (Occupational asthma) และยังสามารถพบได้ในโรคที่มีลักษณะอาการคล้ายคลึงกับโรคหอบหืดอีกชนิดหนึ่งคือโรคปอดฝุ่นฝ้าย (Byssinosis) ด้วย
2. โรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; COPD) เป็นกลุ่มโรคที่ทำให้เกิดความผิดปกติแบบอุดกั้นที่พบได้ค่อนข้างบ่อยเช่นกัน สาเหตุสำคัญที่สุดของการเกิดโรคนี้ มาจากการสูบบุหรี่ [58] สาเหตุรองที่อาจพบได้คือจากมลภาวะในอากาศ ภาวะความผิดปกติแบบอุดกั้นที่เกิดขึ้น สามารถพบได้ในผู้ป่วยโรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรังทั้งกลุ่มที่เป็นโรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) และโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (Chronic bronchitis)
3. โรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute bronchitis) ผู้ป่วยจะมีอาการไออย่างมาก สามารถพบความผิดปกติแบบอุดกั้นอย่างน้อยๆ ได้เช่นเดียวกัน [60]
4. โรคซิสติกไฟโบรซิส (Cystic fibrosis) เป็นโรคทางพันธุกรรมที่พบได้ค่อนข้างบ่อยในคนผิวขาว (Caucasian) แต่พบไม่บ่อยในคนไทย โรคนี้ทำให้เกิดความผิดปกติของต่อมขับสารคัดหลั่งของ

ร่างกาย ซึ่งในระบบทางเดินหายใจจะทำให้มีเสมหะมาก สะสมและอุดตันอยู่ในทางเดินหายใจ และทำให้เกิดการติดเชื้อในทางเดินหายใจตามมา เนื่องจากมีเสมหะอุดกั้นอยู่มาก ผลการตรวจสไปโรเมตริย์ในผู้ป่วยกลุ่มนี้จึงสามารถพบความผิดปกติแบบอุดกั้นได้

5. โรคหลอดลมพอง (Bronchiectasis) เป็นโรคที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างหลอดลมแขนง ทำให้หลอดลมแขนงพองและบิดเบี้ยวผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดขึ้นทั่วไปทั้งปอดหรือเกิดเพียงบางส่วนของปอดก็ได้ การผิดปกตินี้มักเกิดขึ้นหลังจากการอักเสบของหลอดลมแขนง การพองทำให้หลอดลมแขนงตีบตัวได้ง่ายและขับเสมหะออกยาก โรคนี้ถ้าเป็นมากจะมีการไอเรื้อรัง มีเสมหะมาก อาจไม่มีเลือดปน ผลการตรวจสไปโรเมตริย์อาจพบความผิดปกติแบบอุดกั้นได้
6. โรคหลอดลมฝอยตีบตัน (Bronchiolitis obliterans) เป็นโรคที่หลอดลมฝอย (Bronchiole) เกิดการอักเสบ ตีบตัน และเป็นพังผืด (Fibrosis) อย่างถาวร อาจเกิดขึ้นโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือเกิดขึ้นหลังการอักเสบติดเชื้อของปอด (เช่น Adenovirus, Influenza virus, Mycoplasma) หลังการเปลี่ยนอวัยวะ (เช่น หัวใจ ปอด เซลล์ต้นกำเนิดเม็ดเลือด) หรือการสูดดมมลพิษและสารก่อโรคจากการทำงานบางอย่าง (เช่น ไดอะซิติล แอมโมเนีย ไนโตรเจนออกไซด์)

ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality)

นิยามของความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว คือปริมาตรของอากาศในปอดสูงสุดที่ตรวจวัดได้ (ในที่นี้คือ FVC) นั้นต่ำกว่าปกติเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง ความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวเกิดได้จากสาเหตุที่หลากหลายจำนวนมาก ทั้งสาเหตุที่มาจากภายในปอด (Intrinsic cause) สาเหตุที่มาจากภายนอกปอด (Extrinsic cause) และสาเหตุจากระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular cause) ตารางที่ 10 แสดงรายการตัวอย่างสาเหตุของความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวที่สามารถพบได้ ซึ่งรายละเอียดของสาเหตุความผิดปกติกลุ่มต่างๆ เป็นดังนี้

1. สาเหตุที่มาจากภายในปอด (Intrinsic cause) สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวเกิดได้จากหลายกลไก เช่น มีพังผืดเกิดขึ้นในเนื้อปอด (Pulmonary fibrosis) ทำให้เนื้อปอดแข็ง เกิดการดึงรั้ง ขยายตัวได้ยาก, มีน้ำคั่งอยู่ในถุงลม เช่น จากภาวะปอดบวมน้ำ (Pulmonary edema), มีโรคของเนื้อปอด (Interstitial lung disease) จากสาเหตุใดๆ ก็ตาม เช่น ภาวะปอดติดเชื้อ (Pneumonia) ภาวะปอดอักเสบ (Pneumonitis), มีรอยโรคที่กินพื้นที่ปอด (Space-occupying lesion) เช่น ก้อนเนื้องอก (Tumor) มะเร็ง (Cancer) ลมในช่องเยื่อหุ้มปอด (Pneumothorax) น้ำในช่องเยื่อหุ้มปอด (Pleural effusion)
2. สาเหตุที่มาจากภายนอกปอด (Extrinsic cause) สาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวจากภายนอกปอดเกิดได้จากการที่โครงสร้างของร่างกายผิดปกติ ทำให้ปอดขยายตัวได้น้อย เช่น กระดูกสันหลังคดค่อม (Kyphoscoliosis) กระดูกหน้าอกบุ๋ม (Pectus excavatum) หรือเกิดจากมีสิ่งใดภายในช่องท้องและรอบนอกของทรวงอกมาดันให้พื้นที่ในปอดลดลง เช่น ก้อนเนื้องอก

(Tumor) มะเร็ง (Cancer) น้ำในช่องท้อง (Ascites) อ้วนมาก (Extreme obesity) ตั้งครรภ์ (Pregnancy) ไส้เลื่อนที่กะบังลม (Diaphragmatic hernia)

3. สาเหตุจากระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular cause) สาเหตุจากโรคและภาวะทางระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว เกิดจากกลไกที่กล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อที่ใช้หายใจ (Respiratory muscle) ทำงานได้น้อยลงจากภาวะต่างๆ เช่น กะบังลมเป็นอัมพาต (Diaphragmatic paralysis) ภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง (Muscle weakness) จากสาเหตุต่างๆ อาการเจ็บที่บริเวณทรวงอกทำให้ออกแรงไม่ได้เต็มที่

สิ่งหนึ่งที่ผู้แปลผลควรระลึกไว้เสมอเกี่ยวกับการแปลผลความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวก็คือ การตรวจสไปโรเมตรีด้วย FVC Maneuver เพื่อวัตถุประสงค์ในการคัดกรองโรค เช่น กรณีการตรวจในงานอาชีวอนามัยนี้ ภาวะความผิดปกติแบบจำกัดขยายตัวที่พบจะบอกได้เพียงในระดับ “สงสัยว่ามีความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Suspected restrictive abnormality)” เท่านั้น ไม่ใช่การยืนยันว่ามีความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวอย่างแน่นอน เนื่องจากค่าปริมาตรอากาศสูงสุดที่ตรวจวัดได้จากการทำสไปโรเมตรีด้วยแผนการตรวจแบบ FVC Maneuver ซึ่งก็คือค่า FVC นั้น แท้จริงแล้วจะน้อยกว่าค่าปริมาตรอากาศทั้งหมดของปอด (Total lung capacity; TLC) เสมอ ในผู้ป่วยบางรายที่มีภาวะลมคั่งอยู่ในปอดมาก (Air trapping) เช่นคนที่เป็นโรคหอบหืดรุนแรง [61] อาจพบลักษณะที่วัดค่า FVC ออกมาได้ต่ำกว่าปกติ แต่แท้จริงแล้วค่า TLC ไม่ได้ต่ำกว่าปกติก็เป็นได้ เมื่อใดที่พบความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวจากการตรวจสไปโรเมตรี จึงควรระลึกไว้เสมอว่าเป็นเพียงการคาดคะเนว่า “อาจจะมีภาวะนี้อยู่จริง” การตรวจยืนยันด้วยเครื่องมือที่ซับซ้อนกว่า เช่น เครื่อง Body plethysmography เพื่อหาค่า TLC จะเป็นข้อมูลที่ช่วยยืนยันความผิดปกติได้ดีที่สุด

ความผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality)

ความผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality) ก็คือภาวะความผิดปกติที่มีทั้งความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) และความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) อยู่ด้วยกัน ทั้ง 2 แบบ ภาพที่ 16 แสดงสไปโรแกรมชนิด Flow-volume loop ของผลการตรวจที่มีลักษณะของความผิดปกติทั้ง 3 แบบเปรียบเทียบกัน

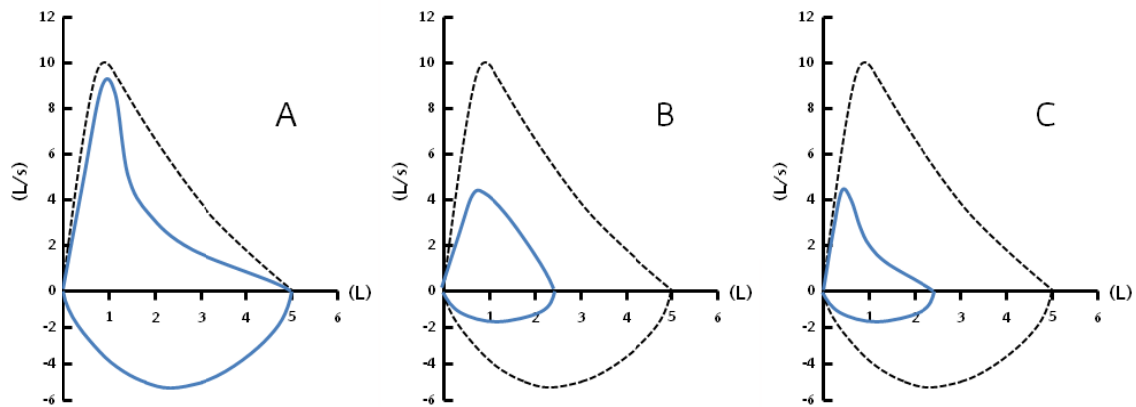
ความผิดปกติแบบผสมนั้น มีสาเหตุเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับสาเหตุของความผิดปกติแบบอุดกั้น เช่น โรคหอบหืด (Asthma) โรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease) โรคหลอดลมพอง (Bronchiectasis) โรคหลอดลมฝอยตีบตัน (Bronchiolitis obliterans) หากโรคเหล่านี้ซึ่งทำให้เกิดความผิดปกติแบบอุดกั้น มีความรุนแรงของโรคมามากขึ้น ก็สามารถทำลายโครงสร้างของปอด ทำให้เกิดพังผืดในเนื้อปอด จึงเกิดความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัวเกิดขึ้นร่วมด้วยได้

ในทางกลับกัน โรคหรือภาวะที่เป็นสาเหตุของความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว เช่น กลุ่มที่ทำให้ปอดอักเสบเป็นพังผืด อย่างวัณโรคปอด (Pulmonary tuberculosis) ปอดติดเชื้อ (Pneumonia) ปอดอักเสบจากสาเหตุต่างๆ (Pneumonitis) หรือภาวะพังผืดในปอด (Pulmonary fibrosis) จากกลุ่มโรคฝุ่นจับปอด (Pneumo-

coniosis) เหล่านี้ หากมีอาการลุกลามมาก พังผืดที่มีจำนวนมากก็อาจไปดึงรั้งเนื้อปอดทำให้หลอดลมแขนงและหลอดลมฝอยเสียโครงสร้างไปได้ เกิดมีความผิดปกติแบบบดกั้นขึ้นร่วมด้วยได้

ตารางที่ 10 แสดงรายการตัวอย่างของสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว

ตัวอย่างของสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality)
สาเหตุที่มาจากภายในปอด (Intrinsic cause) <ul style="list-style-type: none"> ❖ ภาวะหัวใจล้มเหลว (Heart failure) ที่มีภาวะปอดบวมน้ำ (Pulmonary edema) ❖ วัณโรคปอด (Pulmonary tuberculosis) ❖ โรคซาร์คอยโดสิส (Sarcoidosis) ❖ ปอดติดเชื้อ (Pneumonia) เช่น จากเชื้อไวรัส (Virus) จากเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) จากเชื้อรา (Fungus) ❖ ปอดอักเสบ (Pneumonitis) เช่น จากรังสี (Radiation) ยา (Drug) สารเคมี (Chemical pneumonitis) การสำลัก (Aspiration pneumonitis) การติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ❖ โรคปอดอักเสบภูมิไวเกิน (Hypersensitivity pneumonitis; HP) เช่น โรคปอดชานอ้อย (Bagassosis) โรคปอดชาไร่ (Farmer's lung) โรคปอดไม้คอร์ก (Suberosis) ❖ ภาวะพังผืดในปอดโดยไม่ทราบสาเหตุ (Idiopathic pulmonary fibrosis; IPF) ❖ ภาวะพังผืดในปอด (Pulmonary fibrosis) จากรังสี (Radiation) และจากยา (Drug) เช่น เมโทเทรกเซต (Methotrexate) บลีโอไมซิน (Bleomycin) อะมิโอดาโรน (Amiodarone) ❖ ภาวะพังผืดในปอด (Pulmonary fibrosis) จากกลุ่มโรคฝุ่นจับปอด (Pneumoconiosis) เช่น ปอดฝุ่นหิน (Silicosis) ปอดใยหิน (Asbestosis) ปอดอลูมิเนียม (Aluminosis) ❖ ภาวะพังผืดในปอด (Pulmonary fibrosis) จากการเป็นโรคอื่นแล้วลุกลามมาที่ปอด เช่น โรครูมาตอยด์ (Rheumatoid arthritis) โรคเนื้อเยื่อแข็งทั่วร่างกาย (Systemic sclerosis) โรคเอสแอลอี (Systemic lupus erythematosus; SLE) ❖ มีก้อนในปอดหรือทรวงอก (Lung or mediastinal mass) เช่น เนื้องอก (Tumor) มะเร็ง (Cancer) ❖ ภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด (Pneumothorax) ❖ ภาวะน้ำในช่องเยื่อหุ้มปอด (Pleural effusion) สาเหตุที่มาจากภายนอกปอด (Extrinsic cause) <ul style="list-style-type: none"> ❖ กระดูกสันหลังคดค่อม (Kyphoscoliosis) ❖ กระดูกหน้าอกบุ๋ม (Pectus excavatum) ❖ อ้วนมาก (Extreme obesity) ❖ ตั้งครรภ์ (Pregnancy) ❖ มีรอยโรคที่กินพื้นที่ (Space-occupying lesion) ในช่องท้อง เช่น เนื้องอกขนาดใหญ่ (Large tumor) ❖ มีน้ำในช่องท้อง (Ascites) ❖ ไส้เลื่อนที่กระบังลม (Diaphragmatic hernia) สาเหตุจากระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular cause) <ul style="list-style-type: none"> ❖ กะบังลมเป็นอัมพาต (Diaphragmatic paralysis) ไม่ว่าข้างเดียว (Unilateral) หรือ 2 ข้าง (Bilateral) ❖ โรคกล้ามเนื้อฝ่อลีบจากพันธุกรรม (Muscular dystrophy) ❖ โรคโปลิโอ (Poliomyelitis) ❖ โรคมัยแอสทีเนีย กราวิส (Myasthenia gravis; MG) ❖ โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรงเอแอลเอส (Amyotrophic lateral sclerosis; ALS) ❖ กลุ่มอาการกิลแลง-บาร์เร่ (Guillain-Barré syndrome; GBS) ❖ ภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง (Muscle weakness) เนื่องจากขาดอาหาร (Malnutrition) ❖ อาการเจ็บที่บริเวณทรวงอก (Pain)



ภาพที่ 16 แสดงสไปโรแกรมชนิด Flow-volume loop ของผลการตรวจที่ผิดปกติแต่ละลักษณะ

Obstructive abnormality (ภาพ A) Restrictive abnormality (ภาพ B) และ Mixed abnormality (ภาพ C)

การแบ่งระดับความรุนแรง

ประเด็นต่อไปจะกล่าวถึงการแบ่งระดับความรุนแรงเมื่อแปลผลการตรวจแล้วพบความผิดปกติ การแบ่งระดับความรุนแรงนี้ มีประโยชน์ในแง่ช่วยให้ผู้ที่นำข้อมูลไปใช้ต่อ ได้เห็นภาพว่าความผิดปกติของผลการตรวจสไปโรเมตริย์ที่เกิดขึ้นมีระดับความรุนแรงมากน้อยเพียงใด เกณฑ์ในการแบ่งว่าระดับใดจะพิจารณาเป็นรุนแรงมากหรือรุนแรงน้อยนั้น แบ่งโดยการใช้เกณฑ์ที่เป็นข้อตกลงร่วมกัน [12,18] ซึ่งแนวทางของแต่ละองค์กรก็อาจจะกำหนดเกณฑ์ที่แนะนำไว้แตกต่างกันไปได้ [12,18-19,25,37] สำหรับการแบ่งระดับความรุนแรงของผลการตรวจสไปโรเมตริย์ที่ผิดปกติในงานอาชีพอนามัยของประเทศไทยนั้น คณะทำงานแนะนำให้ใช้การแบ่งระดับความรุนแรงตามเกณฑ์ของสมาคมออร์เวซแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 [19] ดังแสดงไว้ในตารางที่ 9 รายละเอียดเป็นดังนี้

❖ กรณีที่ผลการตรวจเป็นความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) การแบ่งระดับความรุนแรงของผลการตรวจ ให้ใช้การพิจารณาจากค่า % Predicted ของ FEV1 เป็นสำคัญ [17] โดยถ้าค่า % Predicted ของ FEV1 มีค่าตั้งแต่ 66 – 80 ถือว่ารุนแรงน้อย (Mild) ค่าตั้งแต่ 50 – 65 ถือว่ารุนแรงปานกลาง (Moderate) และค่าต่ำกว่า 50 ลงไป ถือว่ารุนแรงมาก (Severe) [19]

❖ กรณีที่ผลการตรวจเป็นความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) การแบ่งระดับความรุนแรงของผลการตรวจ ให้ใช้การพิจารณาจากค่า % Predicted ของ FVC เป็นสำคัญ [12] โดยถ้าค่า % Predicted ของ FVC มีค่าตั้งแต่ 66 – 80 ถือว่ารุนแรงน้อย (Mild) ค่าตั้งแต่ 50 – 65 ถือว่ารุนแรงปานกลาง (Moderate) และค่าต่ำกว่า 50 ลงไป ถือว่ารุนแรงมาก (Severe) [19]

❖ กรณีที่ผลการตรวจเป็นความผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality) คือมีทั้งความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) และความผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) อยู่ร่วมกัน ไม่แนะนำให้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงของผลการตรวจ เนื่องจากโดยทั่วไปผลการตรวจที่เป็นความผิดปกติแบบผสมนั้น จะถือว่าเป็นผลการตรวจที่มีความรุนแรงมากอยู่แล้ว

เกณฑ์การส่งต่อเพื่อรับการตรวจวินิจฉัยยืนยันและการรักษา

❖ เมื่อพบผลที่ผิดปกติจากการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัย หากสามารถทำได้ แพทย์ผู้แปลผลควรทำการซักประวัติ ทั้งประวัติโรคในอดีต ประวัติโรคในปัจจุบัน ประวัติการทำงาน รวมถึงทำการตรวจร่างกาย ผู้เข้ารับการตรวจเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมว่าสาเหตุของความผิดปกติที่นั้นน่าจะเกิดจากสาเหตุใด เมื่อมีความผิดปกติจากการตรวจคัดกรองเกิดขึ้น แพทย์ผู้แปลผลควรส่งผู้เข้ารับการตรวจที่มีผลผิดปกติไปทำการตรวจวินิจฉัยยืนยันหาสาเหตุ (กรณีที่ยังไม่ทราบสาเหตุ) หรือทำการรักษา (กรณีที่ทราบสาเหตุแล้ว และเป็นโรคที่ต้องการการดูแลรักษา) ตามความเหมาะสมต่อไป

❖ เกี่ยวกับประเด็นการส่งต่อผู้ป่วยที่มีผลการตรวจผิดปกตินี้ คณะทำงานมีความเห็นว่า เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการตรวจคัดกรองนั้น ทำเพื่อการค้นหา ตรวจวินิจฉัย และรักษาภาวะความผิดปกติที่มีอาการเกิดขึ้นในระยะเริ่มแรก โดยมุ่งหวังเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อาการความผิดปกติที่นั้นลุกลามจนเป็นอันตรายอย่างรุนแรงต่อคนทำงานผู้มาเข้ารับการตรวจ ดังนั้น ในการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย เมื่อแพทย์ผู้แปลผลพบว่ามีความผิดปกติของผลการตรวจ ไม่ว่าจะเป็นความผิดปกติแบบใด มีระดับความรุนแรงระดับใดก็ตาม แพทย์ผู้แปลผลควรทำการส่งต่อผู้เข้ารับการตรวจรายนั้นไปทำการตรวจวินิจฉัยยืนยัน (กรณีที่ยังไม่ทราบสาเหตุ) หรือทำการรักษา (กรณีที่ทราบสาเหตุแล้ว และเป็นโรคที่ต้องการการดูแลรักษา) ในทุกรายที่พบความผิดปกติ ยกเว้นในกรณีที่แพทย์ผู้แปลผลทราบสาเหตุของความผิดปกติอยู่แล้ว เช่น เป็นผู้ป่วยรายเก่า และได้รับการรักษาหรือการตรวจติดตามอาการอยู่แล้ว

การตรวจเพื่อดูการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลม

การตรวจเพื่อดูการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลม (Reversibility test) เป็นการตรวจที่ทำในผู้เข้ารับการตรวจที่พบความผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) การตรวจนี้มีประโยชน์ในแง่ที่สามารถให้ข้อมูลเบื้องต้นได้ว่า ความผิดปกติแบบอุดกั้นของผู้เข้ารับการตรวจนั้นมีการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลม (Bronchodilator response) มากน้อยเพียงใด ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เชื่อกันว่าผู้เข้ารับการทดสอบที่เป็นผู้ป่วยโรคหอบหืด (Asthma) ในภาพรวมจะมีการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลมได้ดีกว่าผู้ป่วยโรคหลอดลมอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease; COPD) [18] ข้อมูลจากการตรวจนี้จึงเป็นข้อมูลในเบื้องต้น ที่ใช้ช่วยในการวินิจฉัยแยกโรคหอบหืดได้ [59] อย่างไรก็ตามการตรวจเพื่อดูการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลมเพียงครั้งเดียวนี้ จะไม่ใช่เป็นตัวตัดสินชี้ขาดในการวินิจฉัยโรคหอบหืด เนื่องจากผลของการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลมในผู้ป่วยแต่ละราย ในการตรวจแต่ละครั้ง ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระยะของโรค การรักษาที่ได้รับอยู่เดิม ความแปรปรวนของค่าการตรวจในการทดสอบแต่ละครั้ง [18] ผลจากการตรวจนี้จึงเป็นแต่เพียงข้อมูลสำหรับสนับสนุนแพทย์ในการใช้ตัดสินวินิจฉัยโรคเท่านั้น [12,18,59]

สำหรับการตรวจสไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทยนั้น คณะทำงานมีความเห็นว่า หากอยู่ในสถานการณ์ที่มีความพร้อม ผู้สั่งการตรวจอาจพิจารณาให้ทำการตรวจเพื่อดูการตอบสนองต่อยายขยายหลอดลมในผู้เข้ารับการตรวจที่มีผลความผิดปกติแบบอุดกั้นบางรายด้วย เช่น ในรายที่เห็นว่าตรวจแล้วจะเป็น

ประโยชน์ต่อการวินิจฉัยแยกโรค โดยเกณฑ์ในการตรวจและการแปลผลนั้น ให้ยึดตามเกณฑ์ของสมาคมอุรเวชช์แห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545 [19] ดังนี้

- ❖ ทำการตรวจตามปกติ เพื่อเป็นผลการตรวจก่อนพ่นยาขยายหลอดลม (Pre-bronchodilator)
- ❖ จากนั้นให้ผู้เข้ารับการตรวจสูดยาขยายหลอดลมกลุ่ม Beta-2 agonist (เช่น Salbutamol หรือ Terbutaline) ผ่านทางกระบอกสูดยา (Spacer) เป็นจำนวน 2 Puff (ซึ่งจำนวนนี้จะเทียบเท่ากับขนาดยา Salbutamol 200 ไมโครกรัม หรือ Terbutaline 500 ไมโครกรัม โดยประมาณ) โดยให้กดยาเข้ากระบอกสูดยา ครั้งละ 1 Puff แล้วให้ผู้ป่วยสูดยาจากกระบอกสูดยา โดยการค่อยๆ หายใจเข้าจนสุดแล้วกลืนไว้ 5 – 10 วินาที (หรือให้นับ 1 – 10 ในใจ) แล้วหายใจออก เสร็จแล้วสูดยาจากกระบอกสูดยาอีก 1 ครั้ง (สูดยา 2 ครั้งต่อ 1 Puff) จากนั้นทำการกดยาเข้ากระบอกสูดยาอีก 1 Puff (เป็น Puff ที่ 2) แล้วทำการสูดยาอีก 2 ครั้งเช่นเดียวกับ Puff แรก เมื่อเสร็จแล้วให้ผู้ปวยนั่งพัก 15 นาที ทำการตรวจสไปโรเมทรีซ์ซ้ำ จะได้เป็นผลการตรวจหลังพ่นยาขยายหลอดลม (Post-bronchodilator)
- ❖ นำค่า FEV1 จากผลการตรวจก่อนพ่นยาขยายหลอดลม (Pre-bronchodilator) กับหลังพ่นยาขยายหลอดลม (Post-bronchodilator) มาเปรียบเทียบกับกัน เพื่อหาค่าร้อยละของการตอบสนอง (Percent reversible) โดยการคำนวณตามสูตรนี้

$$\text{Percent reversible} = \frac{\text{FEV1 หลังพ่นยา} - \text{FEV1 ก่อนพ่นยา}}{\text{FEV1 ก่อนพ่นยา}} \times 100$$

- ❖ การแปลผลการตรวจให้พิจารณาจากค่าร้อยละของการตอบสนอง (Percent reversible) และผลต่างของค่า FEV1 ที่ตรวจได้ก่อนและหลังพ่นยาขยายหลอดลม โดยจะแปลผลว่าเป็นผลการตรวจที่มีการตอบสนองต่อยาขยายหลอดลม (Reversible airflow obstruction) ถ้าค่าร้อยละของการตอบสนอง (Percent reversible) มีค่าตั้งแต่ 12 % ขึ้นไป และ ค่า FEV1 หลังพ่นยาขยายหลอดลมดีขึ้นตั้งแต่ 200 มิลลิลิตรขึ้นไป
- ❖ ในทางตรงกันข้าม จะแปลผลว่าเป็นผลการตรวจที่ไม่ตอบสนองต่อยาขยายหลอดลม (Irreversible airflow obstruction) ถ้าค่าร้อยละของการตอบสนอง (Percent reversible) มีค่าน้อยกว่า 12 % หรือ ค่า FEV1 หลังพ่นยาขยายหลอดลมดีขึ้นน้อยกว่า 200 มิลลิลิตร

การแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงในระยะยาว

การแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าการตรวจสไปโรเมทรีซ์ในระยะยาว (Interpretation of longitudinal change over time) เป็นการแปลผลที่มีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งที่องค์กรทางวิชาการหลายแห่งสนับสนุนให้ดำเนินการ [7,12,18,25] การวิเคราะห์ผลชนิดนี้มีประโยชน์ในแง่การป้องกันโรคให้กับคนทำงานที่ได้รับการตรวจเฝ้าระวังทางสุขภาพเป็นระยะ เนื่องจากจะทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงที่เริ่มมีการลดลงของค่าการตรวจสไปโรเมทรีซ์ในคนงานได้ตั้งแต่ระยะแรก ซึ่งบางครั้งความผิดปกติที่เริ่มมีการลดลงนี้อาจยังไม่แสดง

อาการของโรคออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจน และไม่สามารถทราบได้จากการแปลผลแบบปกติ [7,25] ผลการศึกษาวิจัยในต่างประเทศแสดงให้เห็นว่าการแปลผลด้วยวิธีนี้ได้ประโยชน์ในการใช้ป้องกันโรกระบบทางเดินหายใจบางชนิด โดยเฉพาะโรคหลอดลมฝอยตีบตัน (Bronchiolitis obliterans) ที่เกิดจากการได้รับสารไดอะซีทิล (Diacetyl) ซึ่งเป็นส่วนผสมอยู่ในเนยเทียมในคนทำงานโรงงานผลิตข้าวโพดคั่วอบไมโครเวฟ (Microwave popcorn) และโรงงานผลิตสารปรุงแต่งรสอาหาร (Food flavoring manufacture) ที่ใช้เนยเทียมชนิดเดียวกันนี้ [62-63] ในบางประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ข้อกำหนดตามกฎหมายโดยองค์กร OSHA กำหนดให้คนทำงานที่สัมผัสสารเคมีอันตรายบางชนิด เช่น แร่ใยหิน (Asbestos) ไอเสียจากเตาถ่านหินโค้ก (Coke oven emission) ฝุ่นฝ้าย (Cotton dust) แคดเมียม (Cadmium) ฟอรัมาลดีไฮด์ (Formaldehyde) และเบนซีน (Benzene) (ตามกฎหมายของประเทศสหรัฐอเมริกา รหัส CFR 1910.1001, CFR 1910.1029, CFR 1910.1043, CFR 1910.1027, CFR 1910.1048, และ CFR 1910.1028 ตามลำดับ) จะต้องทำการเฝ้าระวังสุขภาพด้วยการตรวจสไปโรเมตริย์อยู่เป็นระยะ ซึ่งจะทำให้สามารถทำการแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าการตรวจสไปโรเมตริย์ในระยะยาวในคนทำงานเหล่านี้ได้ด้วย [7]

ในประเด็นการแปลผลเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่าการตรวจสไปโรเมตริย์ในระยะยาวในงานอาชีวอนามัยของประเทศไทย คณะทำงานมีความเห็นสนับสนุนให้ทำการแปลผลนี้ได้ หากผู้แปลผลการตรวจพิจารณาแล้วเห็นว่าการแปลผลด้วยวิธีนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าระวังสุขภาพในระยะยาวของคนทำงานผู้เข้ารับการตรวจ โดยรายละเอียดการแปลผลให้ยึดตามแนวทางของ ACOEM ค.ศ. 2005 [64] โดยใช้วิธีการแปลผลแบบที่มีการพิจารณาการลดลงของค่าการตรวจสไปโรเมตริย์ตามอายุ (Expected loss due to aging) ร่วมด้วยรายละเอียดในการดำเนินการให้ทำดังนี้

- ❖ ผลการตรวจที่นำมาใช้ในการแปลผล จะต้องใช้ผลการตรวจที่มีคุณภาพดี ทำการตรวจได้อย่างถูกต้อง (ต้องผ่านเกณฑ์การยอมรับ และแต่ละรอบของการตรวจต้องผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ) ทำการตรวจในท่าเดียวกัน (ตามแนวทางฉบับนี้คือตรวจในท่านั่ง) และถ้าเป็นไปได้ควรทำการตรวจในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันของวัน (เช่น ตรวจช่วงเช้าทุกครั้ง) และของปี (เช่น ตรวจในเดือนเดียวกันทุกครั้ง) เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นจากการตรวจจากช่วงเวลาที่แตกต่างกัน [7] ในการแปลผลให้นำค่าการตรวจจากกราฟที่ดีที่สุด (Best curve) ของการตรวจแต่ละรอบมาใช้ในการแปลผล

- ❖ สมการอ้างอิงที่ใช้ในการแปลผลเพื่อหาค่าคาดคะเน (Predicted value) จะต้องใช้สมการเดียวกันสำหรับการตรวจทุกครั้งเสมอ

- ❖ ระยะห่างของการตรวจแต่ละรอบ (Frequency) ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ผล ตามแนวทางของ ACOEM ค.ศ. 2005 [64] แนะนำว่าควรมีระยะห่างของการตรวจทุก 1 – 2 ปี จะเหมาะสมที่สุด ส่วนระยะเวลาทั้งหมดที่ติดตามผู้ป่วย (Length of followup) แนวทาง ACOEM ค.ศ. 2005 แนะนำว่าควรเป็นผลจากการตรวจติดตามนานอย่างน้อย 4 – 6 ปีขึ้นไป จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือกว่าผลจากการตรวจติดตามเป็นระยะเวลานั้นๆ เช่น น้อยกว่า 2 ปี [64]

❖ ในการแปลผลการตรวจนั้น จะถือว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าการตรวจสไปโรเมตริย์ในระยะยาวมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Significant change) เมื่อค่า FEV1 ของผลการตรวจครั้งที่ติดตาม (Follow-up FEV1) มีค่าลดลง **มากกว่า 15 %** ของค่า FEV1 พื้นฐาน (Baseline FEV1) หลังจากที่ได้ทำการพิจารณาการลดลงของค่าการตรวจสไปโรเมตริย์ตามอายุ (Expected loss due to aging) ของผู้เข้ารับการตรวจรายนั้นแล้ว โดยค่า Baseline FEV1 ในที่นี้ ให้หมายถึงค่า FEV1 พื้นฐานที่นำมาใช้อ้างอิง ซึ่งได้จากการตรวจสไปโรเมตริย์ที่ทำได้อย่างถูกต้องเทคนิคของผู้เข้ารับการตรวจรายนั้น ครั้งที่เก่าที่สุดที่สามารถหาได้ เช่น จากการตรวจประเมินสุขภาพก่อนเข้าทำงาน (Pre-placement health examination) หรือจากการตรวจประเมินสุขภาพตามระยะ (Periodic health examination) ครั้งที่เก่าที่สุดที่สามารถหาได้

❖ วิธีการวิเคราะห์ผลการตรวจ ในขั้นแรกให้หาค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้พื้นฐาน (Baseline normal limit) ของการตรวจครั้งที่ใช้เป็น Baseline FEV1 ด้วยสูตรคำนวณดังต่อไปนี้ (การคูณ 0.85 ในสูตรคำนวณนี้เพื่อให้ค่า Baseline normal limit ลดลง 15 % จาก Baseline FEV1)

$$\text{Baseline normal limit} = 0.85 \times \text{Baseline FEV1}$$

❖ ต่อจากนั้นให้หาปริมาณของ FEV1 ที่คาดว่าจะลดลงตามอายุ (Expected aging effect) จากครั้งที่ เป็นพื้นฐานเทียบกับครั้งที่ติดตาม ด้วยสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

$$\text{Expected aging effect} = \text{Baseline Predicted FEV1} - \text{Follow-up Predicted FEV1}$$

❖ แล้วนำค่า Baseline normal limit กับค่า Expected aging effect ที่ได้นี้ มาทำการหาค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ของการตรวจครั้งที่ติดตาม (Follow-up normal limit) ด้วยสูตรคำนวณดังต่อไปนี้

$$\text{Follow-up normal limit} = \text{Baseline normal limit} - \text{Expected aging effect}$$

❖ ในการแปลผลให้นำค่า FEV1 ของการตรวจครั้งที่ติดตาม (Follow-up FEV1) ที่วัดได้จริง มาเปรียบเทียบกับค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ของครั้งที่ติดตาม (Follow-up normal limit) ของครั้งนั้น ถ้าพบว่าค่า FEV1 ของการตรวจครั้งที่ติดตาม (Follow-up FEV1) มีค่าต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ของครั้งที่ติดตาม (Follow-up normal limit) จะแปลผลได้ว่าผลการตรวจครั้งนั้นมีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Significant change)

❖ หากพบว่าการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Significant change) แล้ว ผู้แปลผลควรให้ผู้เข้ารับการตรวจมาทำการตรวจซ้ำ (Retest) อีกรอบหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าการลดลงนั้นเกิดขึ้นจริง ถ้าทำการตรวจซ้ำแล้ว ยังคงพบว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญอยู่ ควรทำการซักประวัติและตรวจร่างกายผู้เข้ารับการตรวจรายนั้นเพิ่มเติม ว่ามีอาการหรืออาการแสดงที่ผิดปกติบ้างหรือไม่ และควรทำการสืบค้นหาสาเหตุที่ทำให้ค่าการตรวจเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญตามที่ผู้แปลผลเห็นเหมาะสมด้วย

❖ การเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่เกิดขึ้น ควรได้รับการใส่ใจตรวจหาสาเหตุ แม้ว่าผู้เข้ารับการตรวจนั้น จะยังคงมีระดับค่า FEV1 สูงกว่า 100 % Predicted จากการแปลผลแบบปกติก็ตาม [25,64] ตารางที่ 11 แสดงตัวอย่างของการคำนวณเพื่อแปลผลดูความเปลี่ยนแปลงของค่าการตรวจสไปโรเมตริย์ในระยะยาวในผู้เข้ารับการตรวจรายหนึ่ง

ตารางที่ 11 แสดงตัวอย่างการคำนวณเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว

อายุ (ปี)	FEV1 (ลิตร)	Predicted FEV1 (ลิตร)	FEV1 % Predicted (%)	Normal limits (ลิตร)
40	3.57	3.39	105.40	3.03
42	3.35	3.34	100.41	2.98
47	2.89	3.20	90.37	2.84
50	2.53	3.11	81.43	2.75
50 (Retest)	2.49	3.11	80.14	2.75

ตัวอย่างวิธีการคำนวณในผู้เข้ารับการตรวจที่เป็นผู้ชายไทย สูง 172 เซนติเมตร รายหนึ่ง

ค่า Predicted FEV1 และ FEV1 % Predicted ของการตรวจทุกครั้งคำนวณด้วยสมการอ้างอิงสำหรับคนไทย [44]

❖ ค่า FEV1 ของการตรวจที่อายุ 40 ปี เป็นค่า Baseline FEV1 ในผู้เข้ารับการตรวจรายนี้ คำนวณหา Baseline normal limit จากสูตร Baseline normal limit = $0.85 \times \text{Baseline FEV1} = 0.85 \times 3.57 = 3.03$ ลิตร

❖ ต่อมาพิจารณาผลการตรวจที่อายุ 42 ปี คำนวณหา Expected aging effect จากสูตร Expected aging effect = Baseline Predicted FEV1 – Follow-up Predicted FEV1 = $3.39 - 3.34 = 0.05$ ลิตร

❖ จากนั้นคำนวณหา Follow-up normal limit ของผลการตรวจที่อายุ 42 ปี จากสูตร Follow-up normal limit = Baseline normal limit – Expected aging effect = $3.03 - 0.05 = 2.98$ ลิตร เปรียบเทียบกับค่า FEV1 ที่ตรวจได้จริงเมื่ออายุ 42 ปีคือ 3.35 ลิตร จะเห็นว่ายังไม่มีเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

❖ ผลการตรวจที่อายุ 47 ปี หาค่า Expected aging effect = Baseline Predicted FEV1 – Follow-up Predicted FEV1 = $3.39 - 3.20 = 0.19$ ลิตร และ ค่า Follow-up normal limit = Baseline normal limit – Expected aging effect = $3.03 - 0.19 = 2.84$ ลิตร เปรียบเทียบกับค่า FEV1 ที่ตรวจได้จริงเมื่ออายุ 47 ปีคือ 2.89 ลิตร ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

❖ ผลการตรวจที่อายุ 50 ปี หาค่า Expected aging effect = Baseline Predicted FEV1 – Follow-up Predicted FEV1 = $3.39 - 3.11 = 0.28$ ลิตร และ ค่า Follow-up normal limit = Baseline normal limit – Expected aging effect = $3.03 - 0.28 = 2.75$ ลิตร เปรียบเทียบกับค่า FEV1 ที่ตรวจได้จริงเมื่ออายุ 50 ปีคือ 2.53 ลิตร พบว่าในครั้งนี้นี้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (จะเห็นว่าค่า FEV1 % Predicted = 81.43 % ซึ่งยังเป็นปกติ)

❖ เนื่องจากมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จึงให้ผู้เข้ารับการตรวจทำการตรวจซ้ำ (Retest) ผลจากการตรวจซ้ำยืนยันว่ามีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้นจริง ผู้เข้ารับการตรวจรายนี้ จึงควรได้รับการสืบค้นหาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่พบนี้ต่อไป

ข้อจำกัดและโอกาสในการพัฒนา

“แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย พ.ศ. 2557” ของสมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ร่วมกับกลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับนี้ คณะทำงานจัดทำขึ้นโดยมีความมุ่งหวังเพื่อให้เป็นแนวทางกลางสำหรับผู้ให้บริการทางการแพทย์ที่ให้บริการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย ได้ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการตรวจและแปลผลให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้ทำการตรวจและแปลผลได้อย่างมีคุณภาพ มีความคุ้มค่า และสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการดูแลสุขภาพของคนทำงานต่อไป อย่างไรก็ตามแนวทางฉบับนี้ไม่ใช่กฎหมายหรือข้อบังคับ ผู้ให้บริการทางการแพทย์ที่ให้บริการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัย อาจมีความเห็นและแนวทางการตรวจและแปลผลที่แตกต่างไปจากคำแนะนำในแนวทางฉบับนี้ได้ โดยเฉพาะหากมีข้อมูลที่ช่วยสนับสนุนว่าเป็นการตรวจและแปลผลที่ช่วยให้ผู้เข้ารับการตรวจมีความปลอดภัยและได้ประโยชน์มากขึ้น

เนื่องจากคำแนะนำทั้งหมดในแนวทางฉบับนี้ ใช้การพิจารณาด้วยวิธีการตกลงความเห็นร่วมกันของคณะทำงานซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ (Consensus-based) ซึ่งแม้ว่าจะได้มีการทบทวนเอกสารทางวิชาการต่างๆ เป็นหลักฐานอ้างอิง (Evidence-based) ก่อนที่จะทำการพิจารณาตกลงความเห็นร่วมกันแล้วก็ตาม มีความเป็นไปได้ที่คำแนะนำจากความเห็นร่วมกันนี้จะแตกต่างไปจากคำแนะนำจากองค์กรทางวิชาการอื่นๆ ซึ่งอาจมีบริบทของการให้คำแนะนำที่แตกต่างกันไปในแต่ละองค์กร

โอกาสในการพัฒนาสำหรับการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรีในงานอาชีวอนามัยนั้น การพัฒนางานศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อมาตอบคำถามบางอย่าง เช่น การแบ่งระดับความรุนแรงของผลการตรวจที่ผิดปกติควรแบ่งที่ระดับใดจึงจะดีที่สุด การป้องกันการติดเชื้อจะต้องทำด้วยวิธีใดจึงจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด การสัมผัสสารเคมีแต่ละชนิดจะประเมินความเสี่ยงอย่างไรและเมื่อใดที่ถือว่ามีความเสี่ยงในระดับที่จะต้องเฝ้าระวังสุขภาพโดยการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยวิธีสไปโรเมตรี เหล่านี้จะช่วยให้มีหลักฐานอ้างอิงทางวิชาการเพื่อนำมาปรับใช้ในการดำเนินงานให้ดียิ่งขึ้นได้ในอนาคต

การพัฒนาของบริษัทผู้ผลิต เพื่อพัฒนาเครื่องสไปโรมิเตอร์ให้ทำการตรวจได้ง่าย ตรวจสอบเทียบได้ง่าย และทำความสะอาดได้ง่าย จะช่วยให้ผู้ทำการตรวจเกิดความสะดวกในการทำงานมากยิ่งขึ้น การพัฒนาวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดราคาวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการตรวจสไปโรเมตรี เช่น แผ่นกรองอากาศ (In-line filter) ตัวจับการไหลของอากาศชนิดที่ใช้ครั้งเดียว (Disposable sensor) ให้มีราคาถูกลง แต่ยังคงมีประสิทธิภาพเท่าเดิมหรือดีขึ้น รวมถึงการพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องให้มีราคาถูกลงและรวดเร็วขึ้น เหล่านี้จะช่วยทำให้ค่าใช้จ่ายในการตรวจสไปโรเมตรีลดลง

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องสไปโรมิเตอร์ให้มีความสามารถมากขึ้น เช่น สามารถแสดงค่า Lower limits of normal ของคนไทยออกมาในกระดาษรายงานผลได้ สามารถแสดงค่าการตรวจและสไปโรแกรมที่ได้จากการตรวจทั้ง Volume-time curve และ Flow-volume curve ได้ครบทุกครั้งของการ

ตรวจในกระดาษรายงานผลเพียงแผ่นเดียว สามารถทำการจัดเก็บข้อมูลผลการตรวจเป็นไฟล์ (Softcopy) ไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ได้ ความสามารถเหล่านี้ของเครื่องสไปโรมิเตอร์ จะช่วยให้ผู้ใช้งานเกิดความสะดวก ทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่าย

เอกสารอ้างอิง

1. ฉันทนา ผดุงทศ. สถานการณ์การตรวจสุขภาพพนักงานสถานประกอบการในประเทศไทย. วารสาร ความปลอดภัยและสุขภาพ 2554;4(14):18-35.
2. Hutchinson J. On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. Med Chir Trans 1846;29:137-252.
3. Garay SM. Pulmonary function testing. In: Rom WN, Markowitz SB, editors. Environmental and occupational medicine. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007. p. 201-36.
4. Vandenplas O, Malo JL. Inhalation challenges with agents causing occupational asthma. Eur Respir J 1997;10(11):2612-29.
5. Gannon PF, Burge PS. Serial peak expiratory flow measurement in the diagnosis of occupational asthma. Eur Respir J 1997;24 Suppl:S57-63.
6. Hayes D, Kraman SS. The physiologic basis of spirometry. Respir Care 2009;54(12):1717-26.
7. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Spirometry testing in occupational health programs: Best practices for healthcare professionals (OSHA 3637-03 2013). Washington, D.C.: OSHA; 2013.
8. Schlegelmilch RM, Kramme R. Pulmonary function testing. In: Kramme R, Hoffmann K, Pozos RS. Springer handbook of medical technology. 1st ed. Berlin: Springer; 2011. p. 95-117.
9. American Thoracic Society. ATS statement – Snowbird workshop on standardization of spirometry. Am Rev Respir Dis 1979;119(5):831-8.
10. American Thoracic Society. Standardization of spirometry – 1987 update. Official statement of American Thoracic Society. Respir Care 1987;32(11):1039-60.
11. American Thoracic Society. Standardization of spirometry – 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 1995;152(3):1107-36.
12. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144(5):1202-18.
13. Quenjer PH, ed. Report working party – Standardized lung function testing. Bull Eur Physiopathol Respir 1983;19 Suppl 5:1-95.
14. Quenjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilator flows. Eur Respir J 1993;6 Suppl 16:5-40.

15. Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. ATS/ERS Task Force: General consideration for lung function testing. *Eur Respir J* 2005;26(1):153-61.
16. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et. al. ATS/ERS Task Force: Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* 2005;26(2):319-38.
17. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et. al. ATS/ERS Task Force: Standardisation of spirometry: the authors' replies to readers' comments. *Eur Respir J* 2010;36(6):1496-8.
18. Pellegrino R, Viegi V, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et. al. ATS/ERS Task Force: Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005;26(5):948-68.
19. สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย. แนวทางการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตริย์ (Guideline for spirometric evaluation). กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์; 2545.
20. สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. หนังสือสมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย เรื่อง ขอเชิญส่งเจ้าหน้าที่เข้าอบรมการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยเครื่องสไปโรเมตริย์ ที่ สอท. 063/2555 ลงวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2555.
21. สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. หนังสือสมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย เรื่อง ขอเชิญส่งเจ้าหน้าที่เข้าอบรมการตรวจสมรรถภาพปอดด้วยสไปโรเมตริย์ ที่ สอท. 069/2557 ลงวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2557.
22. สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย. หนังสือประกอบการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ตรวจสมรรถภาพปอด. กรุงเทพมหานคร: สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย; 2551.
23. สมาคมออร์เวชแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. หนังสือประกอบการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ตรวจสมรรถภาพปอด. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์; 2556.
24. Townsend MC. ACOEM position statement: Spirometry in the occupational setting – American College of Occupational and Environmental Medicine. *J Occup Environ Med* 2000;42(3):228-45.
25. Townsend MC, Occupational and Environmental Lung Disorders Committee. Spirometry in the occupational health setting – 2011 update. *J Occup Environ Med* 2011;53(5): 569-84.
26. University of Medicine and Dentistry of New Jersey (UMDNJ) and Division of Respiratory Disease Studies, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH spirometry training guide. NJ: UMDNJ; 2003.
27. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4409 (พ.ศ. 2555) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แนวปฏิบัติการ

- ตรวจสอบสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2555. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 129 ตอนพิเศษ 105 ง. (ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2555).
28. พระราชบัญญัติวิชาชีพเวชกรรม พ.ศ. 2525. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 99 ตอนที่ 111. (ลงวันที่ 11 สิงหาคม 2525).
29. พระราชบัญญัติวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ พ.ศ. 2528. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 102 ตอนที่ 120. (ลงวันที่ 5 กันยายน 2528).
30. พระราชบัญญัติวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2540. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 75 ก. (ลงวันที่ 23 ธันวาคม 2540).
31. พระราชบัญญัติการประกอบโรคศิลปะ พ.ศ. 2542. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 ตอนที่ 39 ก. (ลงวันที่ 18 พฤษภาคม 2542).
32. American Thoracic Society. Medical director of respiratory care: Accepted as an official position paper by the ATS Board of directors, November 1987. Am Rev Respir Dis 1988;138(4):1082-3.
33. กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางด้านอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี. หลักสูตรความรู้ด้านอาชีวเวชศาสตร์เฉพาะทางด้านโรคปอด [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 6 ต.ค. 2557]. เข้าถึงได้จาก <http://www.occmehnop.org/course.php>.
34. Hazaleus RE, Cole J, Berdischewsky M. Tuberculin skin test conversion from exposure to contaminated pulmonary function testing apparatus. Respir Care 1981;26(1):53-5.
35. Isles A, Maclusky I, Corey M, Gold R, Prober C, Fleming P, et al. *Pseudomonas cepacia* infection in cystic fibrosis: an emerging problem. J Pediatr 1984;104(2):206-10.
36. Burgos F, Torres A, González J, Puig de la Bellacasa J, Rodriguez-Roisin R, Roca J. Bacterial colonization as a potential source of nosocomial respiratory infections in two types of spirometer. Eur Respir J 1996;9(12):2612-7.
37. สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. มาตรฐานการวินิจฉัยโรคจากการทำงาน ฉบับเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในโอกาสสมโภชกรุงรัตนโกสินทร์ 200 ปี พ.ศ. 2550. นนทบุรี: สำนักงานกองทุนเงินทดแทน; 2550.
38. สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. คู่มือแนวทางการประเมินการสูญเสียสมรรถภาพทางกายและจิต ฉบับเฉลิมพระเกียรติในโอกาสการจัดงานฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี (ฉบับจัดทำ 3). นนทบุรี: สำนักงานกองทุนเงินทดแทน; 2552.
39. Cooper BG. An update on contraindications for lung function testing. Thorax 2011; 66(8):714-23.

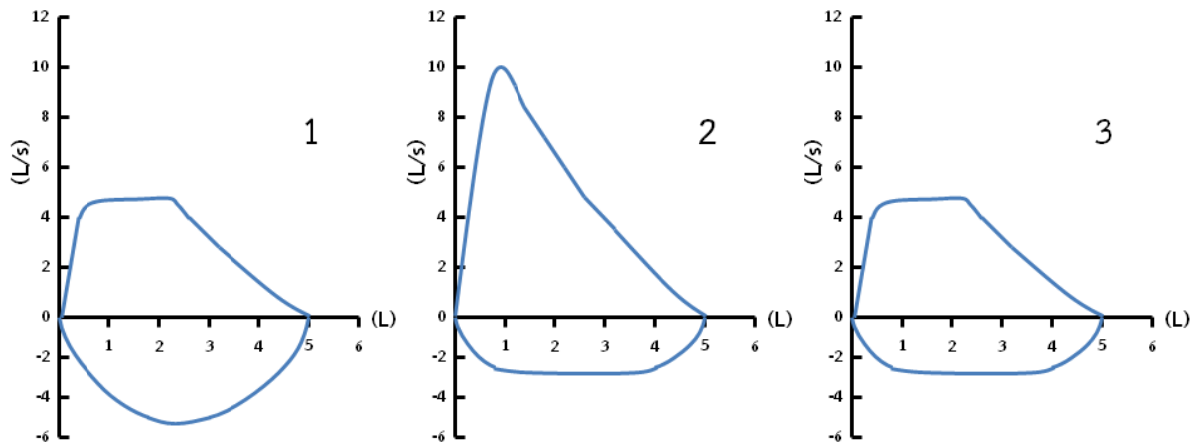
40. Townsend MC. Spirometric forced expiratory volumes measured in the standing versus the sitting posture. *Am Rev Respir Dis* 1984;130(1):123-4.
41. Laloo UG, Becklake MR, Goldsmith CM. Effect of standing versus sitting position on spirometric indices in healthy subjects. *Respiration* 1991;58(3-4):122-5.
42. Mackay AD, Mustchin CP, Sterling GM. The response of asthmatic patients and normal subjects to maximum respiratory manoeuvres: Spirometry - induced bronchoconstriction. *Eur J Respir Dis Suppl* 1980;106:35-40.
43. Suzuki S, Miyashita A, Matsumoto Y, Okubo T. Bronchoconstriction induced by spirometric maneuvers in patients with bronchial asthma. *Ann Allergy* 1990;65(4):315-20.
44. Dejsomritrutai W, Nana A, Maranetra KN, Chuaychoo B, Maneechotesuwan K, Wongsurakiat P, et. al. Reference spirometric values for healthy lifetime nonsmokers in Thailand. *J Med Assoc Thai* 2000;83(5):457-66.
45. Microsoft Corporation. Microsoft Office Excel 2007 [Computer program]. 2006.
46. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159(1):179–187.
47. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981;123(6):659–664.
48. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983; 127(6):725–734.
49. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993;6 Suppl 16:S5-40.
50. Lam KK, Pang SC, Allan WG, Hill LE, Snell NJ, Nunn AJ, et. al. A survey of ventilatory capacity in Chinese subjects in Hong Kong. *Ann Hum Biol* 1982;9(5):459-72.
51. Ip MS, Ko FW, Lau AC, Yu WC, Tang KS, Choo K, et. al. Updated spirometric reference values for adult Chinese in Hong Kong and implications on clinical utilization. *Chest* 2006;129(2):384-92.
52. Chin NK, Ng TP, Hui KP, Tan WC. Population based standards for pulmonary function in non-smoking adults in Singapore. *Respirology* 1997;2(2):143-9.

53. Giri BR, Sharma BK, Jindal SK. Normal spirometry in healthy natives of Bhutan. *J Assoc Physicians India* 1996;44(5):320-2.
54. Dejsomritrutai W, Wongsurakiat P, Chierakul N, Charoenratanakul S, Nana A, Maranetra KN. Comparison between specified percentage and fifth percentile criteria for spirometry interpretation in Thai patients. *Respirology* 2002;7(2):123-7.
55. Quanjer PH, Enright PL, Miller MR, Stocks J, Ruppel G, Swanney MP, et.al. Open letter: the need to change the method for defining mild airway obstruction. *Prim Care Respir J* 2010;19(3):288-91.
56. Aggarwal AN, Gupta D, Behera D, Jindal SK. Comparison of fixed percentage method and lower confidence limits for defining limits of normality for interpretation of spirometry. *Respir Care* 2006;51(7):737-43.
57. Hardie JA, Buist AS, Vollmer WM, Ellingsen I, Bakke PS, Mørkve O. Risk of over-diagnosis of COPD in asymptomatic elderly never-smokers. *Eur Respir J* 2002;20(5):1117-22.
58. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease (update 2014) [Internet]. 2014 [cited 2014 Jun 30]. Available from: http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLD_Report_2014_Jun11.pdf.
59. Global Initiative for Asthma (GINA). Pocket guide for physicians and nurses 2014 [Internet]. 2014 [cited 2014 Sep 22]. Available from: http://www.ginasthma.org/local/uploads/files/GINA_Pocket_2014_Jun11.pdf.
60. Worrall G. Acute bronchitis. *Can Fam Physician* 2008;54(2):238-9.
61. Sorkness RL, Bleecker ER, Busse WW, Calhoun WJ, Castro M, Chung KF, et. al. Lung function in adults with stable but severe asthma: air trapping and incomplete reversal of obstruction with bronchodilation. *J Appl Physiol* 2008;104(2):394-403.
62. Kreiss K, Gomaa A, Kullman G, Fedan K, Simoes EJ, Enright PL. Clinical bronchiolitis obliterans in workers at a microwave-popcorn plant. *N Engl J Med* 2002;347(5):330-8.
63. Kanwal R. Severe occupational lung disease from exposure to flavoring chemicals. *Am Fam Physician* 2009;79(2):87.
64. Townsend MC. ACOEM Evidence-based statement: Evaluating pulmonary function change over time in the occupational setting. *J Occup Environ Med* 2005;47(12):1307-16.

ภาคผนวก 1

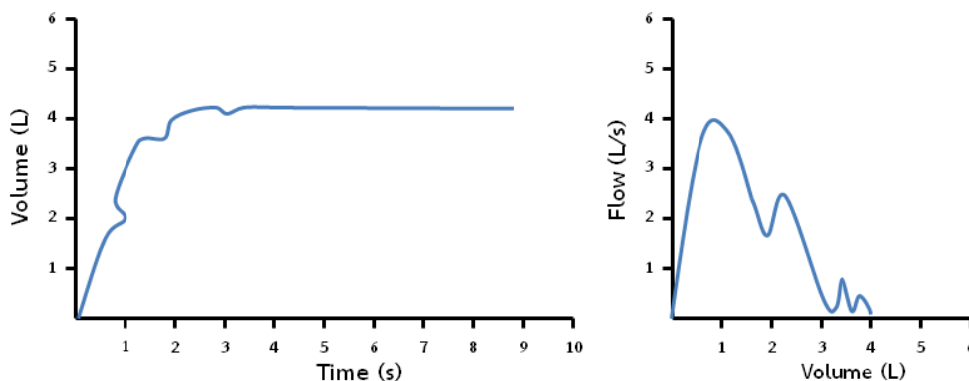
ตัวอย่างความผิดปกติของผลการตรวจสไปโรเมตริย์

ตัวอย่างความผิดปกติของผลการตรวจสไปโรเมตรี



ภาพ ก. ลักษณะของ Flow-volume loop ที่พบในภาวะ Upper airway obstruction
แบบ Variable intrathoracic (ภาพ 1) แบบ Variable extrathoracic (ภาพ 2) และแบบ Fixed (ภาพ 3)

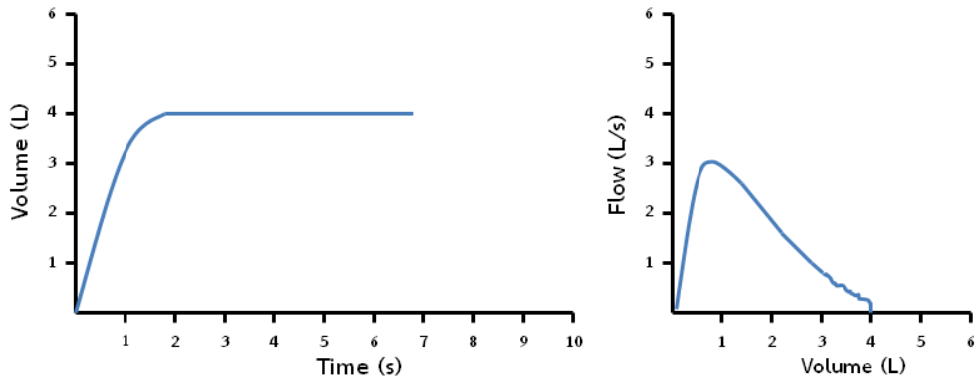
คำอธิบาย ภาวะทางเดินหายใจส่วนบนอุดตัน (Upper airway obstruction; UAO) เป็นภาวะที่เกิดการอุดตันทางเดินหายใจส่วนบนและทางเดินหายใจส่วนล่างบางส่วนที่อยู่ติดกัน อาจเกิดได้กับทางเดินหายใจส่วนที่อยู่ภายนอกทรวงอก (Extrathoracic) เช่น ช่องคอ กล่องเสียง และหลอดลมส่วนที่อยู่นอกทรวงอก หรือกับทางเดินหายใจที่อยู่ในทรวงอก (Intrathoracic) เช่น หลอดลมส่วนที่อยู่ในทรวงอก และหลอดลมแขนงส่วนต้น ภาวะนี้อาจไม่ทำให้ค่า FEV1 และ FVC ผิดปกติ แต่มักจะส่งผลให้ค่า PEF ลดลงอย่างมาก กรณีของรอยโรคแบบ Variable intrathoracic สไปโรแกรม Flow-volume loop จะพบลักษณะราบ (Plateau) เมื่อหายใจออก แต่หายใจเข้าได้ปกติ (ภาพ 1) กรณีของรอยโรคแบบ Variable extrathoracic จะพบลักษณะราบ (Plateau) เมื่อหายใจเข้า แต่หายใจออกได้ปกติ (ภาพ 2) หากรอยโรคอุดตันแบบ Fixed ไม่คลายตัวออกเลย จะพบลักษณะราบ (Plateau) ทั้งในช่วงที่หายใจออกและหายใจเข้า (ภาพ 3)



ภาพ ข. สไปโรแกรมที่มีลักษณะการไอ (Cough)

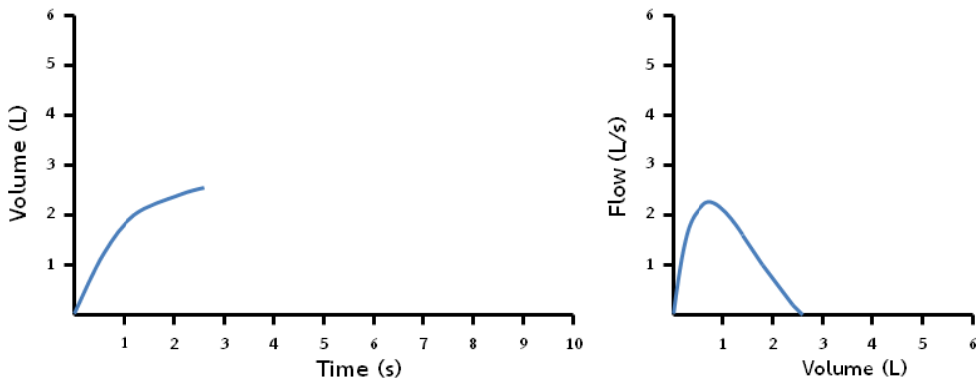
คำอธิบาย จะพบลักษณะบุ๋ม (Dip) ทั้งใน Volume-time curve และ Flow volume curve ถ้ามีการไอเกิดขึ้นใน 1 วินาทีแรก การตรวจ FVC Maneuver ครั้งนั้นไม่สามารถนำมาใช้ในการแปลผลได้

วิธีแก้ไข ให้ผู้เข้ารับการตรวจนั่งพักและดื่มน้ำ แล้วให้ทำการตรวจใหม่



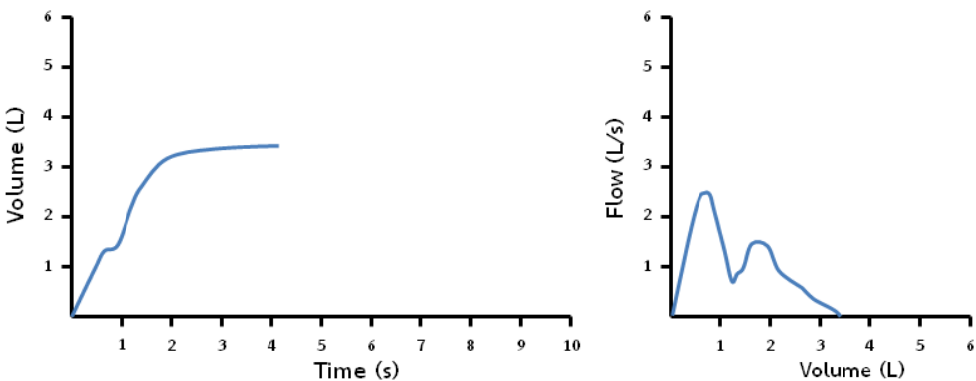
ภาพ ค. สไปโรแกรมที่มีลักษณะการสะอึก (Glottic closure)

คำอธิบาย เมื่อเกิดการสะอึก (Glottic closure) ทำให้ฝาปิดกล่องเสียงปิด จะพบลักษณะการหยุดในทันที (Stop abruptly) ของทั้ง Volume-time curve และ Flow-volume curve และมีลักษณะราบปลอม (Artificial plateau) ที่เกิดขึ้นจากเครื่องสไปโรมิเตอร์ใน Volume-time curve **วิธีแก้ไข** ให้ทำการตรวจใหม่



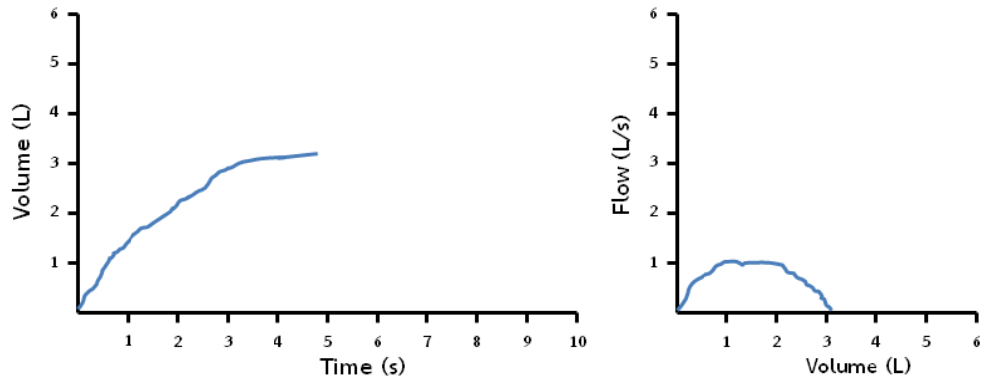
ภาพ ง. สไปโรแกรมที่มีลักษณะหยุดเป่าลมหายใจออกก่อนเวลา (Early termination)

คำอธิบาย ระยะเวลาในการเป่าลมหายใจออกสั้น และไม่พบลักษณะราบ (Plateau) เกิดขึ้นใน Volume-time curve **วิธีแก้ไข** ผู้ทำการตรวจจะต้องกระตุ้นให้ผู้เข้ารับการตรวจเป่าลมหายใจออกให้ยาวนานเพียงพอ เช่น บอกว่า “ยาวอีกๆ”



ภาพ จ. สไปโรแกรมที่มีลักษณะไม่พยายามเป่าลมหายใจออกเต็มที่ (Not maximal effort) แบบที่ 1

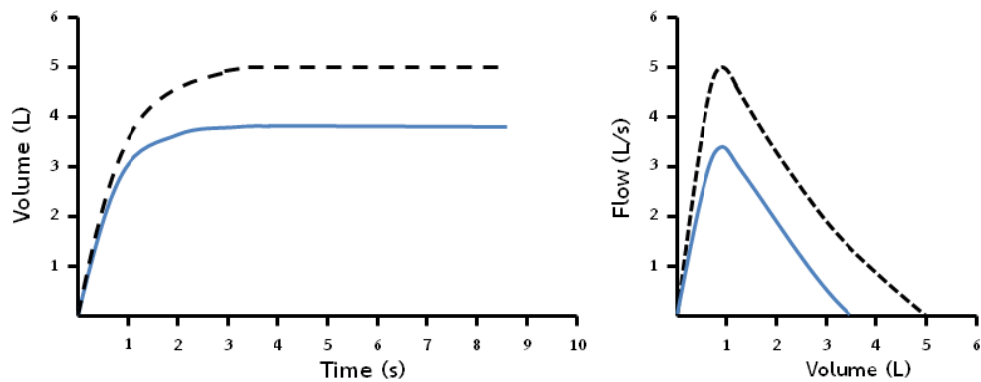
คำอธิบาย ความแรงของการเป่าลมหายใจออกไม่สม่ำเสมอ (Variable effort) พบลักษณะบุ๋ม (Dip) คล้ายกับกรณีของการไอ **วิธีแก้ไข** ผู้ทำการตรวจจะต้องบอกผู้เข้ารับการตรวจให้เป่าลมหายใจออกให้ “เร็วและแรงที่สุด อย่างต่อเนื่อง”



ภาพ ฉ. สไปโรแกรมที่มีลักษณะไม่พยายามเป่าลมหายใจออกเต็มที่ (Not maximal effort) แบบที่ 2

คำอธิบาย ไม่มีการระเบิดลมหายใจออกอย่างแรง (No blast) จึงไม่เกิดยอดแหลม (Peak) ขึ้นใน Flow-volume curve

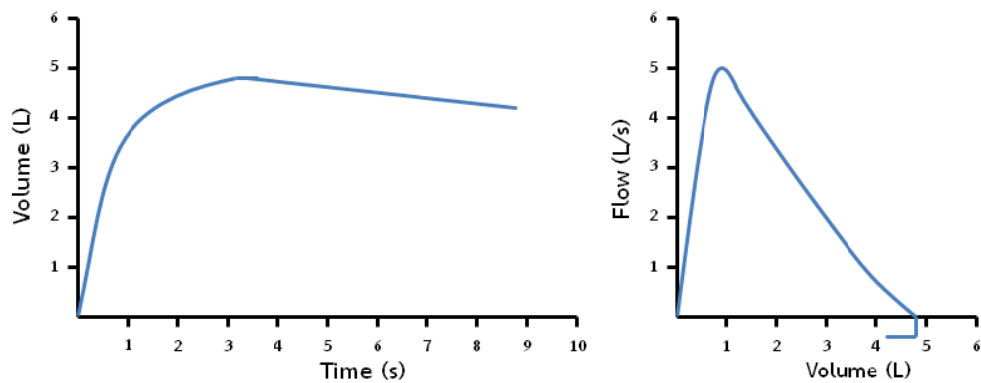
วิธีแก้ไข ผู้ทำการตรวจจะต้องบอกผู้เข้ารับการตรวจให้เป่าลมหายใจออกโดยให้ “ระเบิด” ลมหายใจออกมา



ภาพ ช. สไปโรแกรมที่มีลักษณะไม่พยายามเป่าลมหายใจออกเต็มที่ (Not maximal effort) แบบที่ 3

คำอธิบาย ผู้เข้ารับการตรวจเป่าลมหายใจออกไม่สุด (Submaximal effort) ทำให้ปริมาตรอากาศที่วัดได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

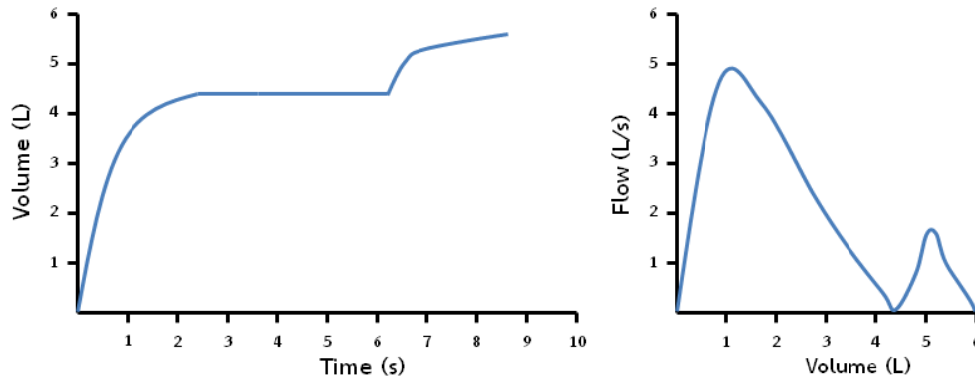
วิธีแก้ไข บอกผู้เข้ารับการตรวจให้หายใจเข้าให้สุด และเป่าลมหายใจออกให้เต็มแรง



ภาพ ซ. สไปโรแกรมที่มีลักษณะลมรั่วออก (Leak)

คำอธิบาย สไปโรมิเตอร์มีการรั่ว (Leak) มีโอกาสพบได้จากสไปโรมิเตอร์ชนิด Volume type ที่เกิดการรั่ว Volume-time curve พบลักษณะลดลงแทนที่จะเป็นลักษณะราบ และ Flow-volume curve มีการย้อนกลับในช่วงท้าย

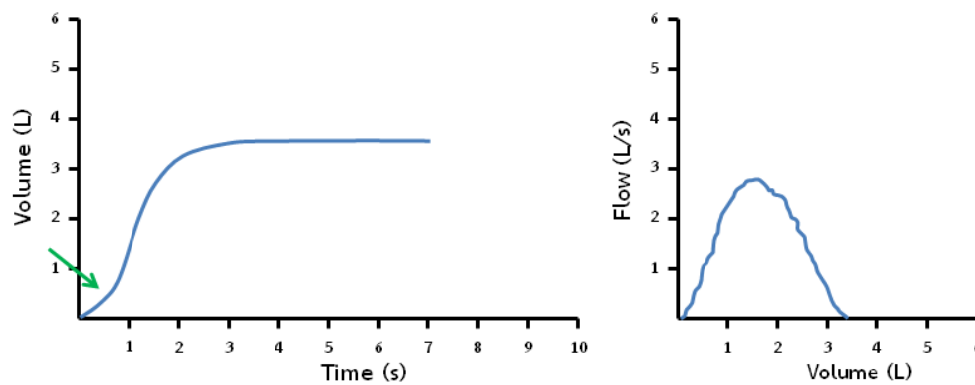
วิธีแก้ไข ตรวจสอบรอยรั่วที่ข้อต่อ ท่อ และตัวเครื่องสไปโรมิเตอร์



ภาพ ฅ. สไปโรแกรมที่มีลักษณะการหายใจเข้าซ้ำ (Rebreathing หรือ Extra breathing)

คำอธิบาย เมื่อทำการเป่าลมหายใจออกจน Volume-time curve เข้าสู่ส่วนราบ (Plateau) แล้วผู้เข้ารับการตรวจหายใจเข้าซ้ำอีกครั้งหนึ่งทางจมูก แล้วเป่าลมหายใจออกอีกรอบ ทำให้ Volume-time curve สูงขึ้นอีก และเกิดยอด (Peak) ใน Flow-volume curve ขึ้นอีกยอดหนึ่ง

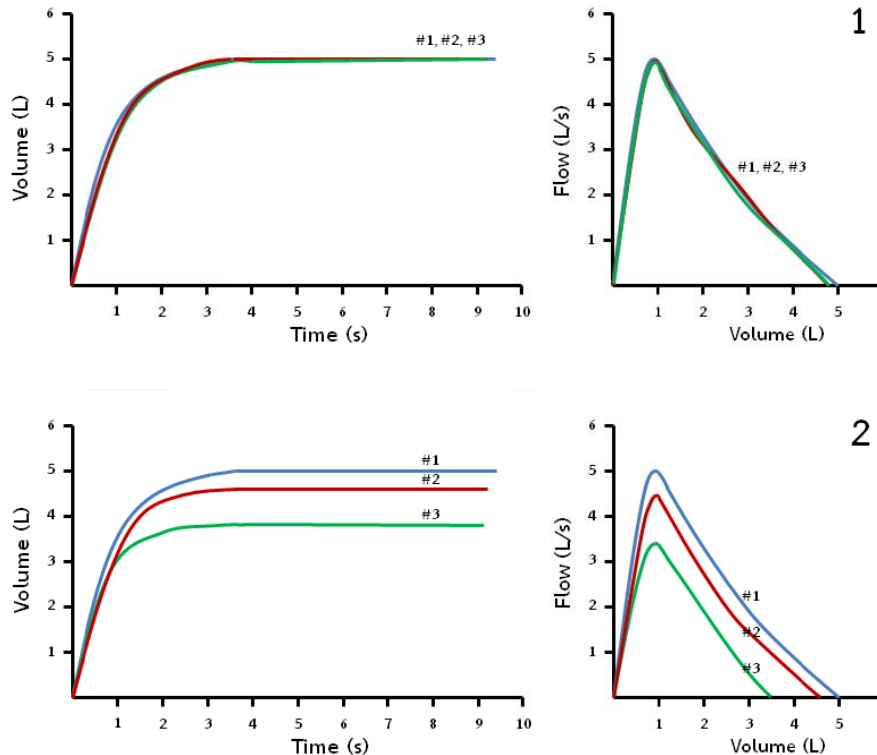
วิธีแก้ไข ให้ผู้เข้ารับการตรวจใช้ที่หนีบจมูก (Nose clip) ทุกครั้งที่ทำการตรวจ



ภาพ ฅ. สไปโรแกรมที่มีลักษณะความลังเล (Hesitation) มากเกินไป

คำอธิบาย ผู้เข้ารับการตรวจลังเลอยู่ระยะหนึ่งก่อนที่จะเริ่มการเป่าลมหายใจออก ทำให้ Flow-volume curve เลื่อนไปทางขวาและไม่เป็นยอดแหลมสูง ส่วนต้นของ Volume-time curve เกิดเป็นเส้นเว้าแทนที่จะพุ่งสูงขึ้นทันที (ลูกศรชี้)

วิธีแก้ไข บอกผู้เข้ารับการตรวจให้เป่าลมหายใจออกทันทีที่พร้อม อย่าลังเล

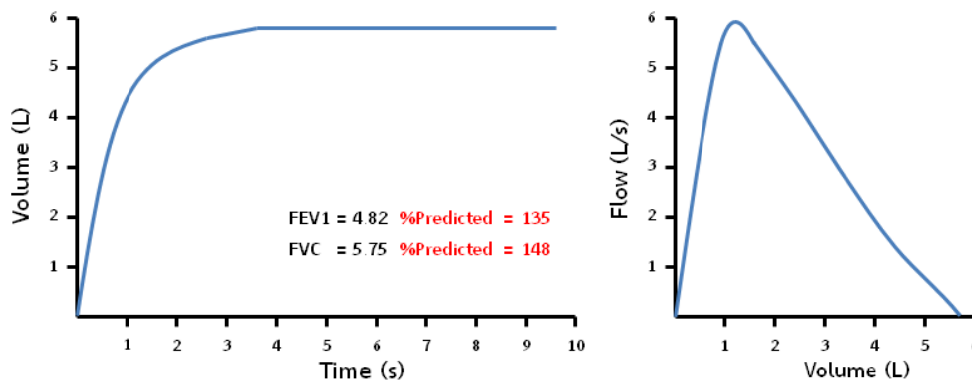


ภาพ ๑. สไปโรแกรมจากการทำ FVC Maneuver 3 ครั้ง

แบบที่ผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ (Repeatable tests) (ภาพ 1) และไม่ผ่านเกณฑ์การทำซ้ำ (Non-repeatable tests) (ภาพ 2)

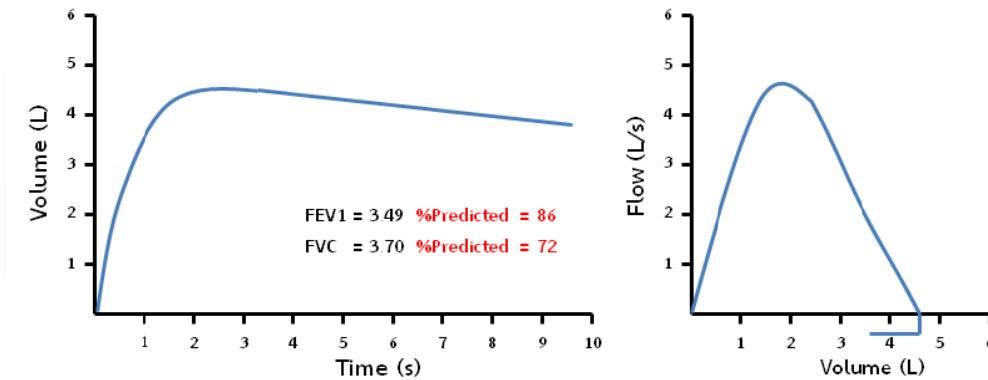
คำอธิบาย สาเหตุของการไม่ผ่านเกณฑ์การทำซ้ำที่พบบ่อยที่สุดคือเกิดจาก ในการทำ FVC Maneuver แต่ละครั้ง ผู้เข้ารับการตรวจสูดหายใจเข้าไม่สุด หรือเป่าลมหายใจออกไม่สุด ทำให้ปริมาตรอากาศที่วัดได้แต่ละครั้งแตกต่างกันมาก

วิธีแก้ไข บอกผู้เข้ารับการตรวจให้หายใจเข้าให้สุด และเป่าลมหายใจออกให้สุดทุกครั้ง



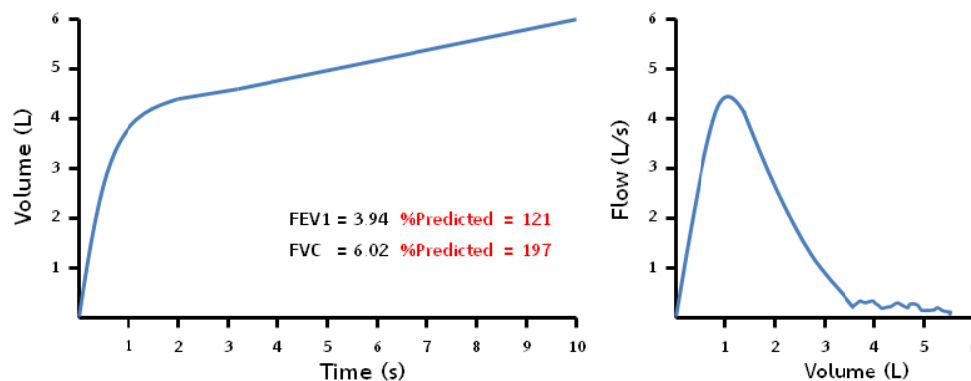
ภาพ ๓. ปัญหาจาก Sensor ของสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type กรณีที่ 1

คำอธิบาย เมื่อ Sensor ของสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type เกิดความสกปรก (Sensor contamination) เนื่องจากมีไอน้ำ (Condensation) น้ำลาย (Saliva) หรือเสมหะ (Mucus) ไปติดอยู่ หรือนิ้วมือที่สกปรกไปสัมผัสโดน ทำให้ความต้านทาน (Resistance) ของ Sensor สูงขึ้น ผลที่เกิดขึ้นทำให้ค่า FEV1 และ FVC ที่ตรวจได้สูงขึ้นอย่างมาก (% Predicted ของ FEV1 และ FVC สูงเกินกว่า 130 %) **วิธีแก้ไข** ลบกราฟนี้ทิ้ง เปลี่ยน Sensor ใหม่ ตรวจการสอบเทียบ แล้วทำการตรวจใหม่



ภาพ ฐ ปัญหาจาก Sensor ของสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type กรณีที่ 2.1

คำอธิบาย ก่อนเริ่มทำการตรวจทุกครั้ง เครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type จะทำการ “Set zero flow” ในขณะ
ที่เครื่องกำลังทำการ “Set zero flow” หากมีลมพัดผ่าน Sensor เช่น ลมจากช่องระบายอากาศ พัดลม ลมจากธรรมชาติ
หรือผู้เข้ารับการตรวจสูดหรือเป่าลมหายใจผ่าน Sensor ก่อนเวลาที่เครื่องกำหนด หากลมนั้นพัดไปในทิศทางเดียวกับที่ผู้เข้า
รับการตรวจจะเป่าลมหายใจออกผ่าน Sensor จะทำให้เครื่อง “Set zero flow” เริ่มต้นเป็นค่าบวก เมื่อทำการตรวจกราฟ
Volume-time curve จะถึง Plateau อย่างรวดเร็ว (เพราะจุดเริ่มต้นมีค่าเป็นบวก) จากนั้นเส้นกราฟ Volume-time curve
จะลดต่ำลงเรื่อยๆ พร้อมกับ Flow-volume curve ย้อนกลับ (เพราะเมื่อลมหายใจส่วนปลายซาลง จะเหมือน Flow นั้นเป็น
ลบเมื่อเทียบกับจุดเริ่มต้น) ทำให้ค่า FVC ที่ตรวจวัดได้ต่ำเกินจริง ผลตรวจจะคล้ายกับมี Restrictive abnormality **วิธีแก้ไข**
ใช้มือบัง Sensor ไว้จนกว่าจะถึงเวลาเริ่มเป่าลมหายใจออก และไม่ทำการตรวจในบริเวณที่มีแหล่งกำเนิดลม



ภาพ ข ปัญหาจาก Sensor ของสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type กรณีที่ 2.2

คำอธิบาย ก่อนเริ่มทำการตรวจทุกครั้ง เครื่องสไปโรมิเตอร์ชนิด Flow type จะทำการ “Set zero flow” ในขณะ
ที่เครื่องกำลังทำการ “Set zero flow” หากมีลมพัดผ่าน Sensor และลมนั้นพัดไปในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ผู้เข้ารับการตรวจ
จะเป่าลมหายใจออกผ่าน Sensor จะทำให้เครื่อง “Set zero flow” เป็นค่าลบ เมื่อทำการตรวจ Flow-volume curve จะ
ยาวออกไปมาก (เนื่องจากจุดเริ่มต้นมีค่าเป็นลบ ทำให้แม้มี Flow ต่ำๆ หรือไม่มี Flow แล้ว ก็ยังถือว่ามีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบ
กับจุดเริ่มต้น) ส่วน Volume-time curve จะสูงขึ้นเรื่อยๆ และไม่มี Plateau ค่า FVC ที่ตรวจวัดได้จะสูงเกินจริงอย่างมาก
ผลการตรวจจะคล้ายกับมี Obstructive abnormality อย่างรุนแรง **วิธีแก้ไข** ใช้มือบัง Sensor ไว้จนกว่าจะถึงเวลาเริ่มเป่าลม
หายใจออก และไม่ทำการตรวจในบริเวณที่มีแหล่งกำเนิดลม

ภาคผนวก 2

ตารางเทียบค่าคาดคะเนและ Lower limits of normal ของคนไทย

เอกสารอ้างอิง

1. Dejsomritrutai W, Nana A, Maranetra KN, Chuaychoo B, Maneechotesuwan K, Wongsurakiat P, et. al. Reference spirometric values for healthy lifetime nonsmokers in Thailand. J Med Assoc Thai 2000;83(5):457-66.
2. Dejsomritrutai W, Wongsurakiat P, Chierakul N, Charoenratanakul S, Nana A, Maranetra KN. Comparison between specified percentage and fifth percentile criteria for spirometry interpretation in Thai patients. Respiriology 2002;7(2):123-7.

ค่าคาดคะเน FEV1 ของผู้ชายไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	1.98	2.26	2.55	2.83	3.11	3.39	3.68	3.96	4.24
20	2.05	2.31	2.58	2.84	3.11	3.37	3.64	3.90	4.17
25	2.10	2.34	2.59	2.84	3.09	3.33	3.58	3.83	4.08
30	2.13	2.36	2.59	2.82	3.05	3.28	3.51	3.74	3.97
35	2.14	2.35	2.57	2.78	2.99	3.20	3.42	3.63	3.84
40	2.14	2.33	2.53	2.72	2.92	3.11	3.31	3.50	3.70
45	2.12	2.30	2.47	2.65	2.83	3.01	3.18	3.36	3.54
50	2.08	2.24	2.40	2.56	2.72	2.88	3.04	3.20	3.36
55	2.03	2.17	2.31	2.46	2.60	2.74	2.88	3.03	3.17
60	1.96	2.08	2.21	2.33	2.46	2.58	2.71	2.83	3.00
65	1.87	1.98	2.09	2.19	2.30	2.41	2.52	2.62	2.73
70	1.77	1.86	1.95	2.04	2.13	2.22	2.31	2.40	2.49
75	1.65	1.72	1.79	1.86	1.94	2.01	2.08	2.15	2.23

Lower Limits of Normal ของค่า FEV1 ของผู้ชายไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	1.58	1.84	2.10	2.36	2.61	2.86	3.10	3.34	3.58
20	1.61	1.86	2.10	2.34	2.57	2.80	3.03	3.26	3.48
25	1.64	1.86	2.09	2.31	2.53	2.74	2.95	3.16	3.36
30	1.65	1.86	2.07	2.27	2.47	2.66	2.86	3.05	3.23
35	1.65	1.84	2.03	2.22	2.40	2.58	2.75	2.92	3.09
40	1.64	1.81	1.98	2.15	2.32	2.48	2.64	2.79	2.94
45	1.61	1.77	1.93	2.08	2.22	2.37	2.51	2.65	2.78
50	1.58	1.72	1.86	1.99	2.12	2.25	2.37	2.49	2.60
55	1.53	1.66	1.78	1.89	2.00	2.11	2.22	2.32	2.42
60	1.48	1.58	1.68	1.78	1.88	1.97	2.06	2.14	2.22
65	1.41	1.50	1.58	1.66	1.74	1.81	1.88	1.95	2.01
70	1.33	1.40	1.47	1.53	1.59	1.64	1.70	1.75	1.79
75	1.24	1.29	1.34	1.38	1.43	1.47	1.50	1.53	1.56

ค่าคาดคะเน FVC ของผู้ชายไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	2.35	2.63	2.93	3.23	3.55	3.88	4.22	4.57	4.93
20	2.46	2.72	3.00	3.29	3.59	3.90	4.23	4.56	4.91
25	2.53	2.79	3.05	3.32	3.61	3.91	4.22	4.54	4.87
30	2.59	2.83	3.08	3.33	3.61	3.89	4.18	4.49	4.80
35	2.62	2.85	3.08	3.32	3.58	3.84	4.12	4.41	4.71
40	2.64	2.84	3.06	3.29	3.53	3.78	4.04	4.32	4.60
45	2.62	2.81	3.02	3.23	3.45	3.69	3.94	4.20	4.47
50	2.59	2.76	2.95	3.15	3.36	3.58	3.81	4.06	4.31
55	2.53	2.69	2.86	3.04	3.24	3.44	3.66	3.89	4.13
60	2.45	2.59	2.75	2.92	3.10	3.29	3.49	3.70	3.93
65	2.34	2.47	2.61	2.77	2.93	3.11	3.29	3.49	3.70
70	2.22	2.33	2.46	2.59	2.74	2.90	3.07	3.26	3.45
75	2.06	2.16	2.27	2.40	2.53	2.67	2.83	3.00	3.18

Lower Limits of Normal ของค่า FVC ของผู้ชายไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	1.82	2.08	2.34	2.62	2.90	3.20	3.51	3.83	4.16
20	1.89	2.12	2.37	2.63	2.90	3.19	3.48	3.79	4.10
25	1.93	2.16	2.39	2.63	2.89	3.16	3.44	3.73	4.03
30	1.96	2.17	2.39	2.62	2.86	3.11	3.37	3.65	3.94
35	1.98	2.17	2.37	2.58	2.81	3.05	3.30	3.56	3.83
40	1.97	2.15	2.34	2.53	2.74	2.97	3.20	3.44	3.70
45	1.95	2.11	2.28	2.47	2.66	2.87	3.09	3.32	3.56
50	1.91	2.06	2.21	2.38	2.56	2.75	2.96	3.17	3.40
55	1.86	1.99	2.13	2.28	2.45	2.62	2.81	3.01	3.22
60	1.78	1.90	2.03	2.16	2.31	2.47	2.65	2.83	3.02
65	1.69	1.79	1.91	2.03	2.16	2.31	2.46	2.63	2.81
70	1.59	1.67	1.77	1.88	1.99	2.12	2.27	2.42	2.58
75	1.46	1.53	1.61	1.71	1.81	1.92	2.05	2.19	2.34

ค่าคาดคะเน FEV1/FVC ของผู้ชายไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	89.08	89.64	90.09	90.42	90.63	90.73	90.72	90.59	90.34
20	88.66	89.12	89.46	89.69	89.80	89.80	89.68	89.45	89.10
25	88.24	88.60	88.84	88.96	88.97	88.87	88.65	88.31	87.86
30	87.82	88.07	88.21	88.23	88.14	87.93	87.61	87.17	86.62
35	87.40	87.55	87.59	87.51	87.31	87.00	86.58	86.04	85.38
40	86.98	87.03	86.96	86.78	86.48	86.07	85.54	84.90	84.14
45	86.56	86.51	86.39	86.05	85.65	85.14	84.51	83.76	82.90
50	86.14	85.98	85.71	85.32	84.82	84.20	83.47	82.62	81.66
55	85.72	85.46	85.09	84.60	83.99	83.27	82.44	81.49	80.42
60	85.30	84.94	84.46	83.87	83.16	82.34	81.40	80.35	79.18
65	84.88	84.42	83.84	83.14	82.33	81.41	80.37	79.21	77.94
70	84.46	83.89	83.21	82.41	81.50	80.47	79.33	78.07	76.70
75	84.04	83.37	82.59	81.69	80.67	79.54	78.30	76.94	75.46

Lower Limits of Normal ของค่า FEV1/FVC ของผู้ชายไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	79.42	80.83	80.84	81.24	81.44	81.43	81.22	80.80	80.18
20	79.11	79.82	80.32	80.62	80.72	80.61	80.29	79.77	79.05
25	78.76	79.37	79.77	79.97	79.96	79.75	79.33	78.71	77.89
30	78.38	78.89	79.19	79.28	79.17	78.86	78.34	77.62	76.69
35	77.97	78.37	78.57	78.56	78.35	77.94	77.32	76.49	75.46
40	77.52	77.82	77.92	77.81	77.50	76.98	76.26	75.33	74.20
45	77.05	77.25	77.24	77.03	76.61	76.00	75.17	74.14	72.91
50	76.54	76.63	76.53	76.21	75.70	74.98	74.05	72.92	71.59
55	75.99	75.99	75.78	75.37	74.75	73.92	72.90	71.66	70.23
60	75.42	75.31	75.00	74.48	73.76	72.84	71.71	70.37	68.84
65	74.81	74.60	74.19	73.57	72.75	71.72	70.49	69.05	67.41
70	74.17	73.86	73.35	72.63	71.70	70.57	69.24	67.70	65.96
75	73.50	73.09	72.47	71.65	70.62	69.39	67.95	66.31	64.41

ค่าคาดคะเน FEV1 ของผู้หญิงไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	1.94	2.19	2.42	2.64	2.85	3.05	3.24	3.42	3.59
20	1.94	2.17	2.39	2.60	2.80	2.98	3.16	3.32	3.48
25	1.93	2.15	2.35	2.55	2.73	2.90	3.07	3.22	3.36
30	1.91	2.11	2.31	2.49	2.66	2.81	2.96	3.10	3.22
35	1.88	2.07	2.25	2.42	2.57	2.72	2.85	2.97	3.08
40	1.85	2.02	2.18	2.34	2.48	2.61	2.73	2.84	2.93
45	1.80	1.96	2.11	2.25	2.37	2.49	2.60	2.69	2.77
50	1.74	1.89	2.02	2.15	2.26	2.36	2.45	2.53	2.60
55	1.67	1.81	1.93	2.04	2.14	2.23	2.30	2.37	2.43
60	1.60	1.72	1.82	1.92	2.01	2.08	2.14	2.20	2.24
65	1.51	1.62	1.71	1.79	1.86	1.92	1.97	2.01	2.04
70	1.42	1.51	1.59	1.65	1.71	1.76	1.79	1.82	1.83
75	1.31	1.39	1.45	1.51	1.55	1.58	1.61	1.62	1.62

Lower Limits of Normal ของค่า FEV1 ของผู้หญิงไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	1.54	1.74	1.94	2.13	2.32	2.50	2.68	2.85	3.01
20	1.54	1.73	1.92	2.10	2.27	2.44	2.60	2.76	2.91
25	1.54	1.71	1.88	2.05	2.21	2.37	2.52	2.66	2.80
30	1.52	1.68	1.84	1.99	2.14	2.28	2.42	2.55	2.68
35	1.49	1.64	1.79	1.93	2.06	2.19	2.31	2.43	2.54
40	1.46	1.60	1.73	1.85	1.97	2.09	2.20	2.30	2.40
45	1.41	1.54	1.65	1.77	1.88	1.98	2.07	2.16	2.25
50	1.36	1.47	1.57	1.67	1.77	1.85	1.94	2.02	2.09
55	1.29	1.39	1.48	1.57	1.65	1.72	1.79	1.86	1.92
60	1.21	1.30	1.38	1.45	1.52	1.58	1.64	1.69	1.73
65	1.13	1.20	1.26	1.32	1.38	1.43	1.47	1.51	1.54
70	1.03	1.09	1.14	1.19	1.23	1.27	1.30	1.32	1.34
75	0.93	0.97	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13

ค่าคาดคะเน FVC ของผู้หญิงไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	2.13	2.37	2.61	2.86	3.10	3.34	3.58	3.83	4.07
20	2.17	2.40	2.63	2.86	3.09	3.32	3.55	3.78	4.01
25	2.19	2.41	2.62	2.84	3.06	3.28	3.49	3.71	3.93
30	2.20	2.40	2.61	2.81	3.02	3.22	3.43	3.63	3.84
35	2.19	2.38	2.57	2.77	2.96	3.15	3.34	3.54	3.73
40	2.17	2.35	2.53	2.71	2.89	3.07	3.25	3.43	3.61
45	2.13	2.30	2.46	2.63	2.80	2.97	3.13	3.30	3.47
50	2.08	2.23	2.39	2.54	2.70	2.85	3.01	3.16	3.32
55	2.01	2.15	2.29	2.44	2.58	2.72	2.86	3.01	3.15
60	1.93	2.06	2.19	2.32	2.45	2.58	2.71	2.84	2.97
65	1.83	1.95	2.06	2.18	2.30	2.42	2.53	2.65	2.77
70	1.72	1.82	1.93	2.03	2.14	2.24	2.35	2.45	2.56
75	1.59	1.68	1.77	1.87	1.96	2.05	2.14	2.24	2.33

Lower Limits of Normal ของค่า FVC ของผู้หญิงไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	1.80	2.02	2.23	2.45	2.66	2.87	3.08	3.29	3.50
20	1.84	2.04	2.24	2.44	2.65	2.84	3.04	3.24	3.44
25	1.86	2.05	2.24	2.43	2.62	2.80	2.99	3.18	3.36
30	1.86	2.04	2.22	2.40	2.57	2.75	2.92	3.10	3.27
35	1.85	2.02	2.18	2.35	2.51	2.68	2.84	3.00	3.16
40	1.83	1.98	2.14	2.29	2.44	2.59	2.74	2.89	3.04
45	1.79	1.93	2.07	2.21	2.35	2.49	2.63	2.77	2.91
50	1.73	1.86	1.99	2.12	2.25	2.38	2.51	2.63	2.76
55	1.66	1.78	1.90	2.02	2.14	2.25	2.37	2.48	2.59
60	1.58	1.69	1.80	1.90	2.01	2.11	2.21	2.31	2.41
65	1.48	1.58	1.67	1.77	1.86	1.95	2.04	2.13	2.22
70	1.37	1.46	1.54	1.62	1.70	1.78	1.86	1.94	2.01
75	1.25	1.32	1.39	1.46	1.53	1.59	1.66	1.73	1.79

ค่าคาดคะเน FEV1/FVC ของผู้หญิงไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	90.86	90.99	91.12	91.25	91.38	91.51	91.64	91.77	91.90
20	89.91	89.95	89.99	90.03	90.07	90.11	90.15	90.19	90.23
25	89.05	89.00	88.95	88.90	88.85	88.80	88.75	88.70	88.65
30	88.30	88.16	88.02	87.88	87.74	87.60	87.46	87.32	87.18
35	87.64	87.41	87.18	86.95	86.72	86.49	86.26	86.03	85.80
40	87.09	86.77	86.45	86.13	85.81	85.49	85.17	84.85	84.53
45	86.63	86.22	85.81	85.40	84.99	84.58	84.17	83.76	83.35
50	86.28	85.78	85.28	84.78	84.28	83.78	83.28	82.78	82.28
55	86.02	85.43	84.84	84.25	83.66	83.07	82.48	81.89	81.30
60	85.87	85.19	84.51	83.83	83.15	82.47	81.79	81.11	80.43
65	85.81	85.04	84.27	83.50	82.73	81.96	81.19	80.42	79.65
70	85.86	85.00	84.14	83.28	82.42	81.56	80.70	79.84	78.98
75	86.00	85.05	84.10	83.15	82.20	81.25	80.30	79.35	78.40

Lower Limits of Normal ของค่า FEV1/FVC ของผู้หญิงไทย

	ส่วนสูง (เซนติเมตร)								
อายุ (ปี)	140	145	150	155	160	165	170	175	180
15	84.27	84.36	84.58	84.95	85.45	86.09	86.87	87.97	88.84
20	83.31	84.24	83.30	83.51	83.85	84.33	84.95	85.70	86.60
25	82.42	82.19	82.09	82.14	82.32	82.64	83.10	83.69	84.43
30	81.61	81.21	80.96	80.84	80.86	81.02	81.32	81.76	82.33
35	80.86	80.31	79.79	79.62	79.48	79.48	79.61	79.89	80.31
40	80.19	79.78	78.90	78.46	78.16	78.00	77.98	78.10	78.35
45	79.59	78.72	77.98	77.38	76.92	76.60	76.42	76.37	76.47
50	79.06	78.03	77.13	76.37	75.75	75.27	74.93	74.72	74.66
55	78.61	77.41	76.35	75.44	74.66	74.01	73.51	73.15	72.92
60	78.22	76.87	75.65	74.57	73.63	72.83	72.17	71.64	71.26
65	77.91	76.40	75.02	73.78	72.68	71.72	70.89	70.21	69.66
70	77.67	75.99	74.46	73.06	71.80	70.67	69.69	68.85	68.14
75	77.50	75.67	73.97	72.41	70.99	69.71	68.56	67.56	66.69

ภาคผนวก 3

ตัวอย่างใบรายงานผลการตรวจสไปโรเมตริย์ในงานอาชีวอนามัย

ใบรายงานผลการตรวจ
สไปโรเมทรีในงานอาชีวอนามัย

คลินิกโรคจากการทำงาน โรงพยาบาลรัตนราชธานี
เลขที่ 679 ถนนรามอินทรา แขวงคันนายาว เขตคันนายาว กทม. 10230
โทรศัพท์: 02-5174270-9 ต่อ 7507 โทรสาร: 02-5174270-9 ต่อ 1659

พื้นที่สำหรับติดกระดาษรายงานผล
แสดงค่าที่ได้จากการตรวจและสไปโรแกรม
(ทั้ง Volume-time curve และ Flow-volume curve)

ชื่อ-นามสกุล.....เลขที่บัตรประชาชน/บัตรข้าราชการ/หนังสือเดินทาง.....
เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง อายุ.....ปี ส่วนสูง.....เซนติเมตร เชื้อชาติ ☐ ไทย ☐ อื่นๆ (ระบุ).....
วันเดือนปีที่ทำการตรวจ.....เวลา..... ทำตรวจ *** ทำการตรวจในท่านั่ง ***
ชื่อรุ่นเครื่องตรวจ.....หมายเลขเครื่อง.....วันเดือนปีที่ตรวจการสอบเทียบครั้งสุดท้าย.....
สมการที่ใช้อ้างอิง ☐ Dejsomritrutai 2000 ☐ อื่นๆ (ระบุชื่อสมการ).....
ข้อมูลอื่นๆ (ถ้ามี).....

ผู้ทำการตรวจ.....

ผลการตรวจ

(แปลผลการตรวจด้วยวิธี ☐ Specified ratio ☐ Lower limits of normal)

- ☐ ปกติ (Normal)
- ☐ ผิดปกติแบบอุดกั้น (Obstructive abnormality) ☐ เล็กน้อย ☐ ปานกลาง ☐ มาก
- ☐ ผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive abnormality) ☐ เล็กน้อย ☐ ปานกลาง ☐ มาก
- ☐ ผิดปกติแบบผสม (Mixed abnormality)

คำแนะนำ.....
.....

แพทย์ผู้แปลผล.....



สมาคมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
The Association of Occupational and Environmental Diseases of Thailand