

ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสม
ในผู้ป่วยเด็กและวัยรุ่นที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง

นางสาวจันทนา หาญฤทธากร

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMAL LEVEL OF PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN AND ADOLESCENT
WITH CHRONIC LUNG DISEASE

Miss Chanthana Harnruthakorn

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Medical Science

Faculty of Medicine

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

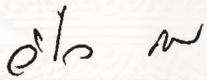
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วย เด็กและวัยรุ่นที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง
โดย	นางสาวจันทนา หาญฤทธากร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การแพทย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงจวงจันทร์ ชัยธวงค์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุชาดา ศรีทิพย์วรรณ

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

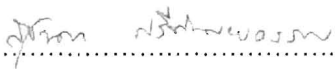
 คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ภิรมย์ กมลรัตนกุล)

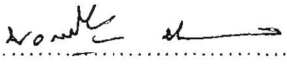
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงวิไล ชินธเนศ)

 อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงจวงจันทร์ ชัยธวงค์)

 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล)

 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุชาดา ศรีทิพย์วรรณ)

 กรรมการ
(รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงนวลจันทร์ ปราบพาล)

จันทนา หาญฤทธากร : ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กและวัยรุ่นที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง (Optimal level of physical activity in children and adolescent with chronic lung disease) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงจวงจันทร์ ชัยธวงค์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงสุชาดา ศรีทิพย์วรรณ, 61 หน้า.

วัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กและวัยรุ่นที่มีโรคปอดเรื้อรังเปรียบเทียบกับเด็กปกติที่มีอายุและเพศใกล้เคียงกัน

2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพปอดกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง

รูปแบบการวิจัย การศึกษาแบบพรรณนาเชิงวิเคราะห์

ประชากร ผู้ป่วยเด็กและวัยรุ่นที่มีภาวะโรคปอดเรื้อรังและเด็กปกติจำนวนกลุ่มละ 18 ราย อายุระหว่าง 9-18 ปี

วิธีการศึกษา ผู้วิจัยทำการตรวจสอบสมรรถภาพปอดในขณะที่พัก (โดยวิธี spirometry, body plethysmography และวัดความสามารถในการแพร่ผ่านของก๊าซผ่านถุงลมปอด) และทดสอบการออกกำลังกาย (โดยใช้ลู่วิ่ง) ในผู้เข้าร่วมวิจัย

ผลการศึกษา กลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังและกลุ่มเด็กปกติมีอายุเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (13 ± 2 ปี และ 12 ± 2 ปี ตามลำดับ; $p>0.05$) เพศชาย:หญิง 1:2 ผลการตรวจสอบสมรรถภาพปอดพบว่า กลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีสมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ medium to small airway obstruction ร้อยละ 44, restrictive lung disease ร้อยละ 33, large airway obstruction ร้อยละ 17, hyperinflation ร้อยละ 11 และ diffusion defect ร้อยละ 5 ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีค่า FVC, FEV₁, FEF_{25-75%} และ TLC ต่ำกว่าและมีค่า RV/TLC สูงกว่าเด็กปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (77.3 ± 22.6 vs $97.9 \pm 12.5\%$ pred; $p=0.002$, 74.3 ± 17.6 vs $104.0 \pm 12.6\%$ pred; $p<0.001$, 49.9 ± 23.1 vs $75.6 \pm 18.6\%$ pred; $p<0.001$, 82.8 ± 18.6 vs $95.6 \pm 9.8\%$ pred; $p=0.04$ และ 30.8 ± 10.2 vs $24.4 \pm 5.9\%$; $p=0.04$ ตามลำดับ) ผลการทดสอบการออกกำลังกายพบว่า ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังบางราย มีความทนทานในการออกกำลังกายลดลง เนื่องจากความผิดปกติทางระบบหายใจ กล่าวคือ ร้อยละ 61 ของผู้ป่วยมีค่าอัตราส่วนระหว่างอัตราการขับคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO₂) ต่ออัตราการใช้ออกซิเจน (VO₂) มากกว่า 1.1 ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นไม่ถึงร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และร้อยละ 45 ของผู้ป่วยมีค่าร้อยละของความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง (SpO₂) ลดลงจากค่าพื้นฐานขณะพักมากกว่าร้อยละ 4 ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีค่า VO₂ ที่ anaerobic threshold ไม่ต่างจากเด็กปกติ (27.8 ± 6.1 vs 26.8 ± 5.9 ลิตร/นาที/กิโลกรัม; $p>0.05$) และมีระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสม (metabolic equivalent [MET]) ไม่ต่างจากเด็กปกติ (7.9 ± 1.7 vs 7.7 ± 1.7 ; $p>0.05$) การศึกษานี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า FVC, FEV₁, FEF_{25-75%}, TLC, RV, RV/TLC และ DLCOVA_(adj) กับค่า MET ($r = 0.12, 0.02, 0.22, 0.19, 0.16, 0.02$ และ 0.12 , ตามลำดับ; $p>0.05$)

สรุปผลการวิจัย ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังไม่แตกต่างจากเด็กปกติ แม้ว่าผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังจะยังคงมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดหลงเหลืออยู่ อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังบางราย ยังมีข้อจำกัดในการออกกำลังกาย ซึ่งมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของระบบหายใจ สมรรถภาพปอดที่ตรวจวัดได้ในขณะพักไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การแพทย์

ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

จันทนา หาญฤทธากร

อ.ดร.ศร ชัยธวงค์

ผ.ศ.ดร.สมพล

สุชาดา ศรีทิพย์วรรณ

4774712130 : MAJOR Medical Science

KEY WORD: CHRONIC LUNG DISEASE / PULMONARY FUNCTION / ANAEROBIC THRESHOLD

CHANTHANA HARNRUTHAKORN : OPTIMAL LEVEL OF PHYSICAL ACTIVITY IN CHILDREN AND ADOLESCENT WITH CHRONIC LUNG DISEASE. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF.CHUANGCHAN CHAITACHAWONG, M.D. THESIS COADVISOR : SOMPOL SANGUANRUNGSIRIKUL, M.D. AND SUCHADA SRITIPPAYAWAN, M.D., 61 pp.

Objectives: 1) To determine the optimal level of physical activity in children with chronic lung disease (CLD)

2) To determine the relationship between pulmonary function testing (PFT) parameters and the optimal level of physical activity in children with CLD

Study design: Analytical descriptive study

Population: Children with CLD and normal children (age and sex matched) aged 9-18 yrs.

Methods: Spirometry, body plethysmography, diffusing capacity of the lungs and exercise stress test were performed in all study children.

Results: 36 children were studied (CLD = 18, normal = 18), M:F 1:2. The mean age between the 2 groups were not different (13 ± 2 vs 12 ± 2 yrs; $p > 0.05$). In CLD group, PFT showed medium to small airway obstruction in 44%, restrictive lung disease in 33%, large airway obstruction in 17%, hyperinflation in 11%, and diffusion defect in 5% of the cases. Children with CLD diseases had significant lower FVC, $FEV_{1, 75\%}$, $FEF_{25-75\%}$ and TLC and had higher RV/TLC ratio when compared to normal children (77.3 ± 22.6 vs $97.9 \pm 12.5\%$ pred; $p = 0.002$, 74.3 ± 17.6 vs $104.0 \pm 12.6\%$ pred; $p < 0.001$, 49.9 ± 23.1 vs $75.6 \pm 18.6\%$ pred; $p < 0.001$, 82.8 ± 18.6 vs $95.6 \pm 9.8\%$ pred; $p = 0.04$ และ 30.8 ± 10.2 vs $24.4 \pm 5.9\%$ pred; $p = 0.04$, respectively). Exercise stress test demonstrated that some children with CLD had exercise intolerance secondary to pulmonary limitations. 61% of CLD children had respiratory equivalent ratio > 1.1 while heart rate did not reach 85% of their maximum heart rate. In addition, 45% of CLD children had desaturation $> 4\%$ of baseline value. Oxygen consumption (VO_2) at anaerobic threshold was not different between CLD and normal children (27.8 ± 6.1 vs 26.8 ± 5.9 ml/min/kg; $p > 0.05$). Optimal level of physical activity (calculated from metabolic equivalent [MET]) was not different between the 2 groups (7.9 ± 1.7 vs 7.7 ± 1.7 ; $p > 0.05$). There was no correlation between PFT parameters (FVC, $FEV_{1, 75\%}$, $FEF_{25-75\%}$, TLC, RV, RV/TLC and $DLCO/VA_{(adj)}$) and MET ($r = 0.12, 0.02, 0.22, 0.19, 0.16, 0.02$ and 0.12 , respectively; $p > 0.05$)

Conclusions: Despite having abnormal PFT, children with CLD demonstrated the same level of optimal physical activity when compared to normal children. However, some children with CLD had exercise intolerance secondary to pulmonary limitations. Resting PFT did not correlate with the optimal level of physical activity in these children.

Field of study Medical Science

Academic year 2006

Student's signature.....*ชันทนา หาร์นุทธากอร์*.....

Advisor's signature.....*อ. ชูวงค์ ชัยชาวงค์*.....

Co-advisor's signature.....*ผ.ดร. สมล สว่างรุ่งสิริกุล*.....

.....*อ.สุชดา สรทิพย์อายวน*.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้พิมพ์ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิงจวงจันทร์ ชัยธวงค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิง
สุชาดา ศรีทิพย์วรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้
คำปรึกษาในการทำวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์แพทย์หญิงนวลจันทร์ ปราบพาล หัวหน้าหน่วย
โรคระบบหายใจและเวชบำบัดวิกฤต ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณแพทย์หญิงอัญญา ชัจจ์ และแพทย์ประจำบ้านต่อยอด สาขากุมาร
เวชศาสตร์โรคระบบหายใจ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ ทุกท่านที่ช่วยซักประวัติ ตรวจร่างกาย และ
ดูแลผู้เข้าร่วมวิจัยทุกราย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการพิจารณาทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช คณะ
แพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบเงินทุนเพื่อสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และ
ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยและผู้ปกครองทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ทำให้งานวิจัย
ครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่เป็นหลัก เป็น
กำลัง และเป็นพลังใจ ให้กับผู้พิมพ์เสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	3
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
1.5 ข้อยกเว้นของการวิจัย.....	3
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้.....	7
1.8 ลำดับขั้นตอนในการทำวิจัย.....	7
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎี.....	8
2.1 โรคปอดเรื้อรัง (Chronic lung disease).....	8
2.1.1 ปัจจัยส่งเสริมให้เกิดโรคปอดเรื้อรัง.....	8
2.1.2 ภาวะที่เป็นสาเหตุของโรคปอดเรื้อรัง.....	8
2.1.3 เกณฑ์ในการวินิจฉัยภาวะโรคปอดเรื้อรัง.....	9
2.1.4 ความผิดปกติของสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรัง.....	9
2.2 การตรวจสมรรถภาพปอด.....	10
2.2.1 คำนิยามเกี่ยวกับปริมาตรความจุปอดชนิดต่างๆ.....	10
2.2.2 การตรวจสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry.....	11
2.2.3 การวินิจฉัยความผิดปกติของระบบหายใจโดยอาศัยค่าที่ได้.....	14
จากการตรวจ spirometry	
2.2.4 การวัดปริมาตรความจุปอด.....	14
2.2.5 การตรวจ carbon monoxide diffusing capacity (DLCO).....	17
2.3 การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกาย.....	18

หน้า

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 รูปแบบและระเบียบวิธีวิจัย.....	25
3.1 รูปแบบการวิจัย.....	25
3.2 ระเบียบวิธีการวิจัย.....	25
3.2.1 ประชากรศึกษา.....	25
3.2.2 การสังเกตและการวัด.....	26
3.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	27
3.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	31
3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
4.1 ข้อมูลทั่วไป.....	33
4.2 ผลการตรวจสอบสมรรถภาพปอด.....	34
4.3 ผลการทดสอบการออกกำลังกาย.....	35
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	40
อภิปรายผลการวิจัย.....	40
สรุปผลการวิจัย	43
ข้อเสนอแนะ.....	43
รายการอ้างอิง.....	45
ภาคผนวก.....	51
ภาคผนวก ก.....	52
ภาคผนวก ข.....	56
ภาคผนวก ค.....	60
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	61

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่า MET ที่ได้จากกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายชนิดต่างๆ.....	6
ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งชนิดความผิดปกติของสมรรถภาพปอดโดยอาศัย ค่าที่ได้จากการตรวจ spirometry	14
ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD)..... และกลุ่มเด็กปกติ (Control)	33
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการตรวจสมรรถภาพปอดระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็ก..... โรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control)	35
ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการทดสอบการออกกำลังกายระหว่างผู้ป่วยเด็ก..... โรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control)	37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงปริมาตรความจุปอดชนิดต่างๆ.....	11
ภาพที่ 2 แสดงค่าของ FVC & FEV ₁ ใน volume-time curve ที่ได้.....	12
จากการทำ expiratory FVC maneuver	
ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของค่า FEF _{25-75%} ใน volume-time curve ที่ได้.....	13
จากการทำ expiratory FVC maneuver	
ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งของค่า PEFR ใน maximum effort flow-volume loop.....	13
ภาพที่ 5 การวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี helium dilution technique.....	15
ภาพที่ 6 การวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี nitrogen washout technique.....	16
ภาพที่ 7 การวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี body plethysmography.....	17
ภาพที่ 8 ความสามารถในการแพร่ผ่าน alveolar-capillary membrane ของก๊าซ CO.....	18
ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆในขณะออกกำลังกาย.....	20
ภาพที่ 10 การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยเครื่อง Vmax 6200 Autobox.....	29
ภาพที่ 11 แสดงภาพของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะทำการทดสอบการออกกำลังกาย.....	31
ภาพที่ 12 แสดงค่า VO ₂ -VCO ₂ kinetic ของกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD).....	38
ขณะออกกำลังกาย	
ภาพที่ 13 แสดงค่า VO ₂ -VCO ₂ kinetic ของกลุ่มเด็กปกติ (Control).....	38
ขณะออกกำลังกาย	
ภาพที่ 14 เปรียบเทียบค่า VO ₂ uptake kinetic ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็ก.....	39
โรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control) ขณะออกกำลังกาย	
ภาพที่ 15 เปรียบเทียบค่า VCO ₂ output kinetic ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็ก.....	39
โรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control) ขณะออกกำลังกาย	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคปอดเรื้อรัง (chronic lung disease) เป็นโรคที่มีการอักเสบแบบเรื้อรังของถุงลมและเนื้อเยื่อปอด บางรายอาจมีการอักเสบแบบเรื้อรังของทางเดินหายใจร่วมด้วย เกิดได้จากหลายสาเหตุ⁽¹⁻⁵⁾ เช่น การใช้ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูงหรือใช้เครื่องช่วยหายใจแรงดันบวกเป็นเวลานานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทารกที่เกิดก่อนกำหนด การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างแบบซ้ำๆหรือเรื้อรัง การสูดสำลักลงปอดแบบเรื้อรัง หรือการมีเลือดออกที่ถุงลมแบบเรื้อรัง เป็นต้น ผู้ป่วยจะมีอาการทางระบบหายใจ เช่น หายใจลำบาก หายใจเร็ว หอบ เหนื่อยง่าย มีเสมหะคั่งค้าง หลอดลมหดเกร็งง่ายเมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นจากภายนอก เลี้ยงไม่โต ผู้ป่วยบางรายที่มีภาวะขาดออกซิเจนแบบเรื้อรัง อาจมีภาวะแทรกซ้อนทางระบบหัวใจและหลอดเลือดร่วมด้วย⁽⁶⁻⁷⁾ เช่น มีความดันเลือดในปอดสูง หัวใจซีกขวาวาย เป็นต้น

ผู้ป่วยเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังจะมีสมรรถภาพการทำงานของปอดผิดปกติ กล่าวคือ มีปริมาตรความจุปอด (lung volume) ลดลง⁽⁸⁻⁹⁾ แรงต้านทานในทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น⁽¹⁰⁾ ทำให้ต้องใช้แรงในการหายใจ (work of breathing) เพิ่มขึ้น⁽¹¹⁾ จากการศึกษาของ Wolfson และคณะ⁽¹¹⁾ พบว่าทารกที่มีโรคปอดเรื้อรังต้องใช้แรงในการหายใจโดยเฉลี่ย 5.4 กก.ซม./นาที่/กก.น้ำหนักตัว ซึ่งมากกว่าเด็กปกติ 10 เท่า นอกจากนี้ Weinstein และ Oh⁽¹²⁾ พบว่าเด็กโรคปอดเรื้อรังมีอัตราการใช้ออกซิเจน (oxygen uptake) เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 10 กิโลแคลอรี/กก./วัน เมื่อเทียบกับเด็กปกติ Kurzner และคณะพบว่าในผู้ป่วยเด็กที่เป็น bronchopulmonary dysplasia (BPD) พลังงานที่ใช้ในการหายใจไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนของผู้ป่วย⁽¹³⁾ งานวิจัยนี้สรุปว่าการเผาผลาญพลังงานที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เกิดจากงานที่ต้องใช้ในการหายใจเพียงอย่างเดียว

ผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะหลอดลมตีบแคบ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾ เนื่องจากมีแรงต้านทานในหลอดลมเพิ่ม อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการที่หลอดลมมีผนังหนา ทางเดินหายใจมีขนาดเล็กจากภาวะ immaturation หรือมีพังผืดเกิดขึ้นในทางเดินหายใจ อย่างไรก็ตามสมรรถภาพปอดในเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังอาจจะค่อยๆดีขึ้นตามวัย มีการศึกษาสมรรถภาพปอดในเด็กกลุ่มนี้เมื่ออายุมากขึ้นพบว่าปริมาตรความจุปอดมากกว่าหรือใกล้เคียงเด็กปกติ โดยปริมาตรความจุปอดที่มากขึ้นส่วนใหญ่มาจากลมคงค้างในปอดที่เพิ่มขึ้น (residual volume)^(15,17) แรงต้านทานในทางเดินหายใจลดลงเมื่อเทียบกับช่วงแรกเกิด⁽¹⁵⁾ อย่างไรก็ตามผู้ป่วยส่วนใหญ่ยังคงมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดเหลืออยู่⁽¹⁴⁻²⁴⁾ เช่น มีภาวะทางเดินหายใจขนาดใหญ่และเล็กตีบ

แคบ (large and small airway obstruction), มีลมค้างในปอด (hyperinflation), ภาวะหลอดลมไวเกิน (bronchial hyperresponsiveness) ต่อการทดสอบด้วยฮีสตามีน (histamine), methacholine หรือการออกกำลังกาย และมีความสามารถในการแพร่ของก๊าซผ่านถุงลม (diffusing capacity) ลดลง^(15,22)

การศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในเด็กโตที่มีโรคปอดเรื้อรัง พบว่าความทนทานต่อการออกกำลังกาย (exercise tolerance)⁽²⁰⁾ ลดลงเมื่อเทียบกับเด็กปกติ ในขณะที่ความสามารถในการออกกำลังกาย (exercise capacity) อาจลดลง⁽¹⁹⁾ หรือใกล้เคียงกับเด็กปกติ^(18,21,24) ผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังมีการใช้ ventilatory reserve⁽²⁰⁻²¹⁾ เพิ่มขึ้น มีอัตราการใช้ออกซิเจนที่ระดับสูงสุด (maximum oxygen consumption) ลดลง⁽²³⁻²⁴⁾ และมีอัตราการขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง⁽¹⁸⁾ การแลกเปลี่ยนก๊าซขณะออกกำลังกายลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนในขณะออกกำลังกาย^(19,21,22)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้เราทราบว่า เด็กที่มีโรคปอดเรื้อรัง อาจมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดเหลืออยู่เมื่ออายุมากขึ้น และการออกกำลังกายอาจมีส่วนกระตุ้นให้เกิดอาการทางระบบหายใจ การออกกำลังกายหรือการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดปัญหาต่างๆตามมาได้ เช่น การออกกำลังกายที่มากเกินไปอาจทำให้สมรรถภาพปอดหรือการแลกเปลี่ยนก๊าซในถุงลมในขณะออกกำลังกายลดลง ส่งผลให้ภาวะขาดออกซิเจนเป็นมากขึ้นและเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยได้ ในขณะเดียวกันการออกกำลังกายที่น้อยเกินไปหรือไม่ก็ออกกำลังกายเลย ก็อาจมีผลทำให้สมรรถภาพการทำงานของปอดและหัวใจลดลงได้เช่นกัน ผู้ป่วยที่มีโรคปอดเรื้อรังควรได้รับการส่งเสริมให้ออกกำลังกายได้เต็มที่ตามที่ผู้ป่วยสามารถทำได้⁽²⁵⁾ มีงานวิจัยที่แสดงถึงประโยชน์ของการฝึกการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรัง พบว่าช่วยเพิ่มสมรรถภาพการทำงานของปอดและหัวใจ⁽²⁶⁾

การศึกษาในอดีตที่ผ่านมายังมีข้อมูลเกี่ยวกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังน้อยมาก ในประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงเรื่องนี้ ผู้ป่วยเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังในประเทศไทยอาจมีข้อแตกต่างจากผู้ป่วยในประเทศที่พัฒนาแล้วในเรื่องของการดูแล การติดตามผลเมื่อผู้ป่วยกลับบ้าน ภาวะโภชนาการ และการส่งเสริมสุขภาพในแง่ของการออกกำลังกาย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในเด็กไทยที่มีโรคปอดเรื้อรังโดยเปรียบเทียบกับเด็กปกติ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพปอดกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสม เพื่อจะได้เป็นข้อมูลในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับ

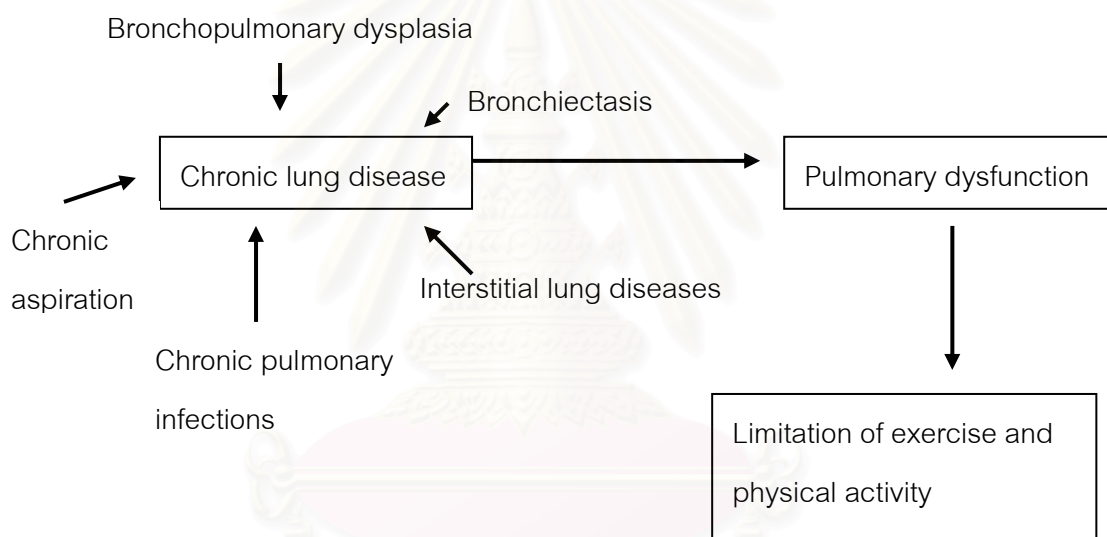
กิจกรรมการออกกำลังกายหรือการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกายผู้ป่วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังโดยเปรียบเทียบกับเด็กปกติที่มีอายุและเพศใกล้เคียงกัน

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพปอดกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว

1.3 กรอบแนวคิดของการวิจัย



1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

งานวิจัยครั้งนี้ต้องได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยและ/หรือผู้ปกครองโดยชอบธรรมตามกฎหมายก่อนทำการวิจัย โดยผู้เข้าร่วมวิจัยและ/หรือผู้ปกครองลงนามเป็นลายลักษณ์อักษรในแบบยินยอมเพื่อเข้าร่วมงานวิจัย

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย อายุระหว่าง 9-18 ปี ที่ให้ความร่วมมือและสามารถตรวจสมรรถภาพปอดและทดสอบการออกกำลังกายอาจมีจำนวนไม่มาก

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ค่าที่วัดได้จากการทดสอบสมรรถภาพปอด (Pulmonary function test parameters) ได้แก่^(27,28)

- Forced vital capacity (FVC) หมายถึง ปริมาตรก๊าซทั้งหมดที่หายใจออกมาจนสุดอย่างรวดเร็วและแรง ภายหลังจากสูดหายใจเข้าเต็มที่แล้ว
- Forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) หมายถึง ปริมาตรก๊าซที่หายใจออกมาได้ในช่วง 1 วินาทีแรกของการทำ FVC maneuver
- Forced expiratory flow rate at 25% - 75% of vital capacity (FEF_{25-75%}) หมายถึง ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงกึ่งกลางของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรงเต็มที่ในขณะทำ FVC maneuver
- Total lung capacity (TLC) หมายถึง ปริมาตรก๊าซในปอดทั้งหมดภายหลังจากสูดหายใจเข้าเต็มที่
- Residual volume (RV) หมายถึง ปริมาตรก๊าซที่ค้างอยู่ในปอดภายหลังจากหายใจออกเต็มที่
- Diffusing capacity of the lung for carbon monoxide (DLCO) หมายถึง ความสามารถของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในการแพร่ผ่านจากถุงลมปอดเข้าสู่หลอดเลือดฝอยปัลโมนารี ผ่าน alveolar capillary membrane

1.6.2 ค่าที่วัดได้จากการทดสอบการออกกำลังกาย (Exercise test parameters) ได้แก่⁽²⁹⁾

- Minute ventilation (V_E) หมายถึง ปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกในเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที
- Oxygen consumption (VO₂) หมายถึง อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายในขณะออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นลิตร/นาที ค่า VO₂ ที่ใช้ในการประเมิน aerobic capacity จะเป็นค่า VO₂max ซึ่งหมายถึงอัตราการใช้ออกซิเจนที่จุดสิ้นสุดของการทดสอบ ซึ่งการพิจารณาจุดสิ้นสุดการทดสอบ เพื่อหาค่า VO₂max จะใช้เกณฑ์ในการวินิจฉัยอย่างน้อย 2 ข้อ ดังต่อไปนี้คือ
 1. ค่า respiratory exchange ratio > 1.1 และ
 2. อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด หรือ
 3. ผู้เข้าร่วมวิจัยขอให้หยุดการทดสอบ หรือ
 4. มีอาการหรืออาการแสดงที่บ่งชี้ถึงภาวะ poor tissue perfusion

- Carbon dioxide output (VCO_2) หมายถึง อัตราการระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ในขณะออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นลิตร/นาที
- Respiratory exchange ratio (RER) หมายถึง อัตราส่วนระหว่าง VCO_2/VO_2 ในขณะออกกำลังกาย
- Metabolic equivalent (MET) หมายถึง ค่า VO_2 ในขณะออกกำลังกายจนถึงระดับ anaerobic threshold เทียบกับค่า VO_2 ในขณะพัก (VO_2 ขณะพักมีค่า 3.5 มล./กก./นาที) เป็นค่าที่ใช้ในการหาระดับกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่ผู้ป่วยสามารถทำได้สูงสุดโดยไม่มีการใช้พลังงานจากกระบวนการ anaerobic metabolism ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้มีการคั่งของกรดแลคติก ทำให้กล้ามเนื้อล้า และไม่เป็นการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ
- Power หมายถึง งานที่ได้จากการออกกำลังกายต่อหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นวัตต์
- Heart rate (HR) หมายถึง อัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้ในขณะออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นครั้งต่อนาที

1.6.3 Obstructive lung disease หมายถึง ภาวะผิดปกติของระบบหายใจที่เกิดจากการตีบแคบของทางเดินหายใจที่อยู่ภายในช่องทรวงอก ผู้ป่วยที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ large airway obstruction จะตรวจพบว่ามีค่า $\text{FEV}_1 < 80\%$ predicted value และ $\text{FEV}_1/\text{FVC} < 0.8$ ผู้ป่วยที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ medium to small airway obstruction จะตรวจพบว่ามีค่า $\text{FEF}_{25-75\%} < 70\%$ predicted value และ $\text{FEV}_1/\text{FVC} < 0.8$ ⁽²⁷⁾

1.6.4 Hyperinflation หมายถึง ภาวะผิดปกติของระบบหายใจที่เกิดจากการมีลมค้างอยู่ในปอด ส่วนใหญ่เกิดจากทางเดินหายใจส่วนปลายตีบแคบ หรือมีความผิดปกติของผนังทรวงอก ทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถหายใจออกได้อย่างเต็มที่ ผู้ป่วยที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ hyperinflation จะตรวจพบว่ามีค่า $\text{RV} > 135\%$ predicted value และ $\text{RV}/\text{TLC} > 0.35$ โดยที่ TLC อาจปกติหรือเพิ่มขึ้นก็ได้⁽³⁰⁾

1.6.5 Restrictive lung disease หมายถึง ภาวะผิดปกติของระบบหายใจที่เกิดจากความผิดปกติในการยืดและขยายตัวของปอดและผนังทรวงอก ผู้ป่วยที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ restrictive จะตรวจพบว่ามีค่า $\text{TLC} < 80\%$ predicted value⁽²⁸⁾

1.6.6 Diffusion defect หมายถึง ภาวะผิดปกติของระบบหายใจที่เกิดจากความผิดปกติของการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณ alveolar capillary membrane ผู้ป่วยที่มีสมรรถภาพปอดผิดปกติแบบ diffusion defect จะตรวจพบว่ามีค่า diffusing capacity of the lung for carbon monoxide (DLCO) ที่ปรับตามค่า alveolar volume (VA) และความเข้มข้นของฮีโมโกลบินแล้ว $(\text{DLCO}/\text{VA}_{(\text{adj})}) < 80\%$ predicted value⁽²⁸⁾

1.6.7 Anaerobic threshold คือ จุดที่มีการเปลี่ยนการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายจาก aerobic เป็น anaerobic pathway ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของกรดแลคติกในเลือด⁽³¹⁾ จึงมีผลทำให้ร่างกายเกิดกระบวนการกำจัดกรดที่เกิดจากการเปลี่ยนกรดให้อยู่ในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วถูกขับออกมาทางลมหายใจ เมื่อออกกำลังกายเกินจุด anaerobic threshold จึงมีอัตราส่วนของการขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนมากกว่า 1 โดยเกณฑ์ในการพิจารณาจุด anaerobic threshold ในงานวิจัยนี้พิจารณาจากค่า $RER \geq 1.1$

1.6.8 ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสม หมายถึง ระดับกิจกรรมที่ร่างกายทำได้โดยใช้พลังงานจาก aerobic pathway โดยที่ยังไม่เกิด anaerobic metabolism การหาระดับความหนักของกิจกรรมดังกล่าวสามารถทำได้โดยการคำนวณหาค่า MET ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (VO_2) ในขณะทำกิจกรรมนั้นๆ เทียบกับค่า VO_2 ในขณะพัก การศึกษาในคนปกติพบว่า กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแต่ละชนิดจะมีค่า MET หรืออัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายในขณะทำกิจกรรมนั้นๆ เมื่อเทียบกับอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายในขณะพักที่แตกต่างกัน เช่น การเขียนหนังสือ จะมีอัตราการใช้ออกซิเจนเป็น 1.7 เท่าเมื่อเทียบกับขณะพัก

การหาระดับกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่ผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังสามารถทำได้โดยไม่เกิด anaerobic metabolism สามารถทำได้โดยการคำนวณหาค่า MET จากการทดสอบการออกกำลังกายเมื่อผู้ป่วยออกกำลังกายจนถึงระดับ anaerobic threshold แล้ว หลังจากนั้นนำค่า MET ไปเปรียบเทียบกับค่า MET ของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายชนิดต่างๆ ที่มีผู้เคยทำการศึกษามาแล้ว (ตารางที่ 1)⁽³²⁾ ก็จะทำให้สามารถทราบได้ว่า กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยรายนั้นคืออะไร

ตารางที่ 1 แสดงค่า MET ที่ได้จากกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายชนิดต่างๆ⁽³²⁾

Physical activity	MET
Writing	1.7
Walking (2 mph)	2.5
Golf (without cart)	4.9
Badminton	5.5
Karate or judo	6.5
Swimming (fast)	7.0
Hockey, field	7.7
Squash	12.1

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 โรคปอดเรื้อรัง (Chronic lung disease)

โรคปอดเรื้อรัง หมายถึง กลุ่มโรคที่มีการอักเสบแบบเรื้อรังของเนื้อเยื่อปอด ถุงลม และ/หรือทางเดินหายใจ

2.1.1 ปัจจัยส่งเสริมให้เกิดโรคปอดเรื้อรัง

2.1.1.1 ภาวะที่ปอดยังเจริญไม่เต็มที่ ส่วนใหญ่พบในเด็กที่เกิดก่อนกำหนด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทารกที่เกิดก่อน 28 สัปดาห์ และ/หรือมีน้ำหนักตัวแรกเกิดน้อยกว่า 1,500 กรัม เนื่องจากในช่วงอายุครรภ์ 16-28 สัปดาห์ (Canalicular หรือ Acinar phase) เป็นช่วงของการพัฒนา primitive alveoli และ alveolar cells type II ซึ่งเป็นเซลล์ที่สร้างสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ถ้าการสร้างสารลดแรงตึงผิวไม่สมบูรณ์ ถุงลมจะมีแรงตึงผิวมากกว่าปกติ ทำให้แรงหดกลับของถุงลมมีมาก เกิดภาวะปอดแฟบ (atelectasis) ได้ง่าย และทำให้ปอดไม่สามารถขยายได้เต็มที่ นอกจากนี้ในช่วงอายุครรภ์ 28-34 สัปดาห์ (Saccular phase) จะเริ่มมี capillary proliferation และมีการพัฒนาของ true alveoli (alveolarization) ดังนั้น ทารกที่เกิดก่อนกำหนด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกิดก่อนอายุครรภ์ 32 สัปดาห์ จึงมักมีพยาธิสภาพในปอดมาก^(33,34)

2.1.1.2 การใช้ออกซิเจนหรือเครื่องช่วยหายใจแรงดันบวกในขนาดสูงเป็นเวลานาน การใช้เครื่องช่วยหายใจแรงดันบวกในขนาดสูงหรือให้ tidal volume มากเกินไปจะทำให้เกิด barotrauma และ volutrauma ได้ นอกจากนี้การให้ออกซิเจนในความเข้มข้นสูงจะทำให้มีการสร้างสารอนุมูลอิสระของออกซิเจน (oxygen free radicals) มากขึ้น ทำให้เป็นอันตรายต่อปอดของทารกซึ่งยังเจริญไม่เต็มที่และไม่สามารถสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้เพียงพอ^(1,3,35,36)

2.1.1.3 การติดเชื้อในทางเดินหายใจส่วนล่างแบบเรื้อรัง กระตุ้นให้เกิดกระบวนการอักเสบ มีการหลั่งสารสื่อการอักเสบ (inflammatory mediators) เช่น interleukin-8 (IL-8), platelet-activating factor (PAF) เพื่อดึงดูดให้เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ (inflammatory cells) เช่น neutrophils, alveolar macrophages, lymphocytes เข้ามายังบริเวณที่มีการอักเสบและหลั่ง proteolytic enzymes ถ้าการติดเชื้อเกิดแบบเรื้อรังจะทำให้เกิดการอักเสบแบบเรื้อรังตามมา⁽³⁷⁾

2.1.2 ภาวะที่เป็นสาเหตุของโรคปอดเรื้อรัง ได้แก่

- Bronchopulmonary dysplasia พบในทารกที่เกิดก่อนกำหนดหรือเด็กที่ต้องได้รับเครื่องช่วยหายใจหรือออกซิเจนในความเข้มข้นสูงเป็นเวลานานในช่วงแรกเกิด

- Bronchiectasis จากสาเหตุต่างๆ เช่น การติดเชื้อแบบเรื้อรัง มีการอักเสบของทางเดินหายใจแบบเรื้อรัง เช่น bronchiolitis obliterans
- Chronic aspiration จากภาวะ gastroesophageal reflux, ความผิดปกติของการดูดกลืนเป็นต้น
- Chronic pulmonary infections จากเชื้อโรคต่างๆ เช่น วัณโรค
- Interstitial lung diseases บางชนิด เช่น จาก drug induced, bronchiolitis obliterans, pulmonary hemosiderosis
- ผู้ป่วยโรคหืดที่มีความรุนแรงระดับ moderate persistent ขึ้นไป โดยมีอาการดังต่อไปนี้⁽³⁸⁾

Moderate persistent : มีอาการหอบทุกวัน หรืออาการที่เกิดขึ้นรบกวนการทำกิจวัตรประจำวัน หรือมีอาการช่วงกลางคืนมากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ ร่วมกับ

มีค่า peak expiratory flow rate (PEFR) หรือ FEV_1 60-80 % predicted value หรือมีการเปลี่ยนแปลงของค่า PEFR > 30% ในแต่ละวัน

Severe persistent : มีอาการหอบตลอดเวลาทำให้ไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ หรือเกิดอาการตลอดคืน ร่วมกับ

มีค่า PEFR หรือ $FEV_1 \leq 60\%$ predicted value หรือมีการเปลี่ยนแปลงของค่า PEFR > 30% ในแต่ละวัน

2.1.3 เกณฑ์ในการวินิจฉัยภาวะโรคปอดเรื้อรัง

- มีภาวะที่เป็นสาเหตุของโรคปอดเรื้อรังดังกล่าวข้างต้น ร่วมกับ
- มีอาการทางระบบหายใจแบบเรื้อรัง เช่น ไอ เหนื่อยง่าย หายใจเร็ว ต้องใช้แรงในการหายใจเพิ่มขึ้น ฟังได้ยินเสียงปอดผิดปกติแบบเรื้อรัง ร่วมกับ
- ภาพถ่ายรังสีทรวงอกผิดปกติซึ่งเข้าได้กับภาวะที่เป็นสาเหตุของโรคปอดเรื้อรังนั้นๆ

2.1.4 ความผิดปกติของสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรัง สามารถแบ่งออกได้เป็น

- 2.1.4.1 Obstructive lung disease
- 2.1.4.2 Hyperinflation
- 2.1.4.3 Restrictive lung disease
- 2.1.4.4 Diffusion defect

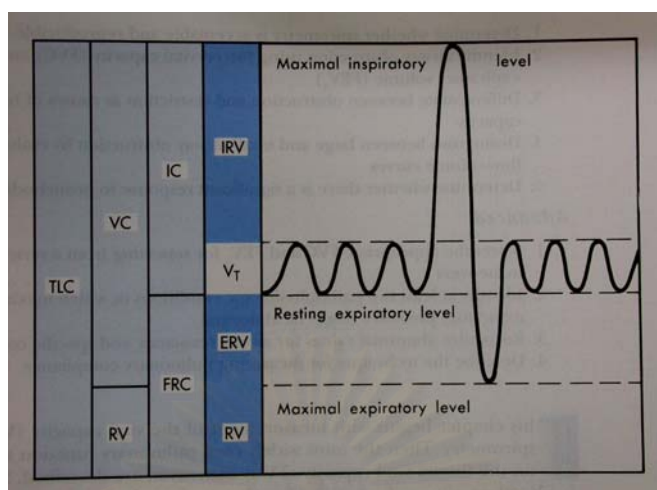
การวินิจฉัยความผิดปกติของสมรรถภาพปอดดังกล่าว สามารถทำได้โดยการตรวจ spirometry, การวัดปริมาตรความจุปอดโดยวิธีต่างๆ เช่น helium dilution, nitrogen washout และ body plethysmography รวมถึงการตรวจเพื่อประเมินประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ถูกลบปอดโดยการวัด carbon monoxide diffusing capacity (DLCO) โดยมีเกณฑ์การวินิจฉัยความผิดปกติของสมรรถภาพปอด ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อเรื่องคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

2.2 การตรวจสมรรถภาพปอด

2.2.1 คำนิยามเกี่ยวกับปริมาตรความจุปอดชนิดต่างๆ (ภาพที่ 1)⁽²⁸⁾

- Tidal volume (VT) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกตามปกติ
- Expiratory reserve volume (ERV) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่หายใจออกมาได้อีกจนสุด ภายหลังจากหายใจออกตามปกติ
- Inspiratory reserve volume (IRV) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าได้อีกจนสุด ภายหลังจากหายใจเข้าตามปกติ
- Residual volume (RV) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่ยังคงเหลือค้างอยู่ในปอดภายหลังจากหายใจออกจนสุด
- Inspiratory capacity (IC) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่สามารถหายใจเข้าไปได้อีกจนสุด ภายหลังจากหายใจออกตามปกติ เป็นผลรวมระหว่าง VT และ IRV
- Vital capacity (VC) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่สามารถหายใจออกมาได้จนสุดภายหลังจากหายใจเข้าจนสุดแล้ว เป็นผลรวมระหว่าง IC และ ERV
- Functional residual capacity (FRC) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่ยังคงเหลือค้างอยู่ในปอดภายหลังการหายใจออกตามปกติ เป็นผลรวมระหว่าง ERV และ RV
- Total lung capacity (TLC) หมายถึง ปริมาตรความจุปอดทั้งหมด เป็นผลรวมระหว่าง IC และ FRC

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณความจุปอดชนิดต่างๆ⁽²⁸⁾

ปริมาณความจุปอดที่สามารถวัดได้โดยการทำ spirometry ได้แก่ V_T , VC และ IC ส่วนค่า FRC สามารถวัดได้โดยวิธีอื่น เช่น nitrogen washout, helium dilution และ body plethysmography ค่าปริมาณความจุปอดอื่นๆสามารถคำนวณได้จากค่าปริมาณความจุปอดที่วัดโดยการทำ spirometry และวิธีอื่นๆร่วมกัน เช่น ค่า TLC สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร $TLC = IC + FRC$ เป็นต้น⁽³⁹⁾

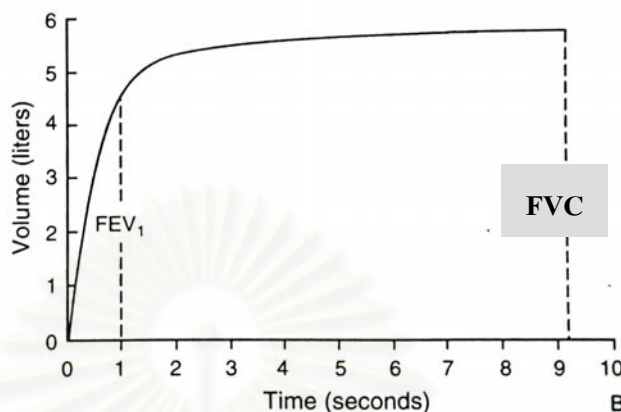
2.2.2 การตรวจสอบสมรรถภาพปอดโดยวิธี spirometry

หลักการ : spirometry เป็นการวัดค่าของปริมาณอากาศที่หายใจเข้า-ออก ซึ่งทำได้โดยวัดปริมาณของอากาศที่หายใจเข้า-ออกโดยตรง หรือคำนวณจากอัตราการไหลของอากาศในลมหายใจเข้า-ออกเทียบกับเวลา อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจเรียกว่าเครื่อง spirometer

ค่าที่วัดได้จากการตรวจ spirometry

- Forced vital capacity (FVC) หมายถึง ปริมาตรของอากาศที่หายใจออกมาได้ทั้งหมดจากการหายใจออกอย่างเร็วและแรง (ภาพที่ 2)⁽⁴⁰⁾ ค่านี้อาจลดลงได้ในภาวะต่อไปนี้
 - Airway obstruction ไม่ว่าจะเป็น large หรือ small airway obstruction
 - Restrictive disease ทั้งที่เกิดจากความผิดปกติของผนังทรวงอก เนื้อปอด หรือมี space occupying lesion ในช่องทรวงอกและในผู้ป่วยที่มีกล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง
 - เทคนิคการทำไม่ถูกต้อง
- Forced expiratory volume in 1 second (FEV_1) เป็นค่าปริมาณอากาศที่หายใจออกมาภายในเวลา 1 วินาทีในขณะที่ทำ expiratory FVC maneuver (ภาพที่ 2)⁽⁴⁰⁾ เป็น

ค่าที่นิยมใช้ในการวินิจฉัยโรค ติดตามผลการรักษา หรือการดำเนินโรค และใช้ประเมินการตอบสนองของผู้ป่วยต่อการให้ยาขยายหลอดลม การออกกำลังกาย เป็นต้น



ภาพที่ 2 แสดงค่าของ FVC และ FEV_1 ใน volume- time curve ที่ได้จากการทำ expiratory FVC maneuver⁽⁴⁰⁾

ภาวะที่ทำให้มีการลดลงของค่า FEV_1 ได้แก่

- Obstructive lung disease ค่า FEV_1 เป็นค่าปริมาตรอากาศที่หายใจออกมาในช่วง 1 วินาทีแรก ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศถูกขับออกมาจาก large airway จึงเป็นค่าที่บอกถึงพยาธิสภาพของ large airway เป็นส่วนใหญ่ ผู้ป่วยที่มี small airway obstruction แต่เพียงอย่างเดียวอาจตรวจไม่พบความผิดปกติของ FEV_1 ^(28,41)

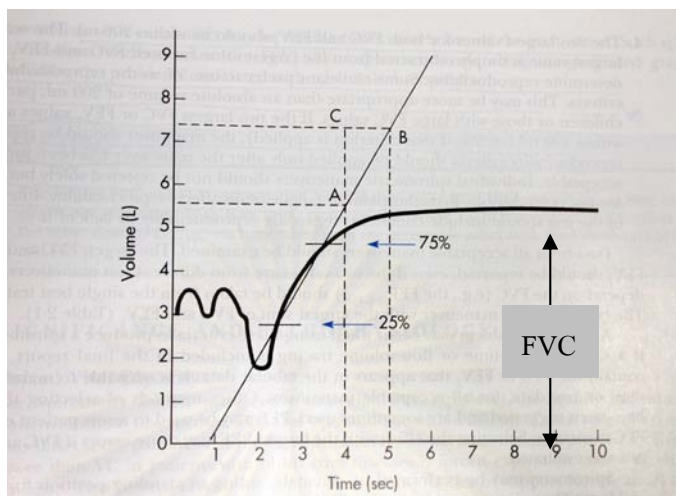
- Restrictive lung disease ซึ่งอาจเกิดจากความผิดปกติของเนื้อปอด ผนังทรวงอก และกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ

- เทคนิคการทำไม่ถูกต้อง เช่น หายใจออกไม่แรงและเร็วพอ

- Forced expiratory volume ratio ($FEV_1\%$ หรือ FEV_1/FVC) เป็นค่าที่มีประโยชน์ในการวินิจฉัยภาวะ obstructive lung disease การดูค่า FEV_1/FVC ช่วยในการแยกระหว่าง obstructive lung disease และ restrictive lung disease ผู้ป่วยที่มี restrictive lung disease จะมีการลดลงของค่า FEV_1 เป็นสัดส่วนพอๆกับการลดลงของค่า FVC หรืออาจจะลดลงน้อยกว่าในผู้ป่วยบางราย ทำให้ค่า FEV_1/FVC ในผู้ป่วยที่มี restrictive lung disease ปกติหรือเพิ่มขึ้นในทางตรงกันข้าม ผู้ป่วยที่มี obstructive lung disease ค่า FEV_1 จะลดลงเป็นสัดส่วนที่มากกว่าค่า FVC ทำให้ค่า FEV_1/FVC ต่ำกว่าปกติ⁽⁴¹⁾

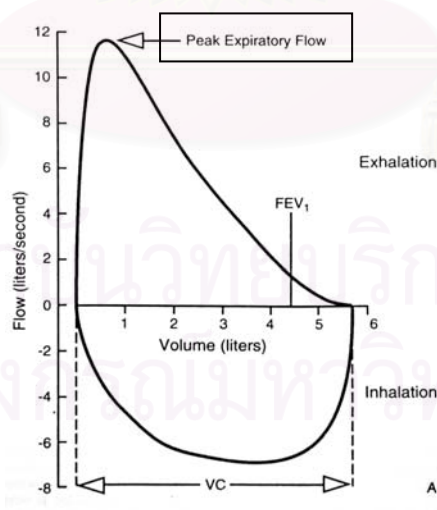
- Forced expiratory flow rate at 25-75% of forced vital capacity ($FEF_{25-75\%}$) เป็นค่าอัตราการไหลของอากาศในช่วงร้อยละ 25-75 ของ FVC (ภาพที่ 3)⁽²⁸⁾ อัตราการไหลของอากาศในช่วงนี้ไม่ขึ้นกับความพยายามหรือแรงที่ใช้ในการหายใจออกของผู้ป่วย เป็นค่าที่ช่วยบอก

เกี่ยวกับพยาธิสภาพของ medium และ small airways ข้อจำกัดของค่า $FEF_{25-75\%}$ คือมี variation สูงมากในคนปกติและเป็นค่าที่ขึ้นกับค่า FVC เช่นเดียวกับค่า FEV_1 ⁽²⁸⁾



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของค่า $FEF_{25-75\%}$ ใน volume-time curve ที่ได้จากการทำ expiratory FVC maneuver⁽²⁸⁾

■ Peak expiratory flow rate (PEFR) เป็นอัตราการไหลสูงสุดของอากาศในช่วงหายใจออกในขณะทำ expiratory FVC maneuver (ภาพที่ 4)⁽⁴²⁾ เป็นค่าที่ขึ้นกับความพยายามของผู้ป่วยและมี variation ค่อนข้างมาก⁽²⁸⁾



ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งของค่า PEFR ใน maximum effort flow –volume loop⁽⁴²⁾

ปัจจัยที่มีผลต่อค่า PEFR ได้แก่⁽⁴³⁾

- ขนาดของทางเดินหายใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเดินหายใจขนาดใหญ่

- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ
- ปริมาตรความจุปอดในช่วงเริ่มต้นของการหายใจออกซึ่งจะมีผลต่อ elastic recoil ของเนื้อปอด

- ความร่วมมือและความพยายามของผู้ป่วยในการตรวจ

2.2.3 การวินิจฉัยความผิดปกติของระบบหายใจโดยอาศัยค่าที่ได้จากการตรวจ spirometry

ค่าที่ได้จากการตรวจ spirometry สามารถนำมาใช้ในการแบ่งสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติออกเป็น obstructive lung disease และ restrictive lung disease ดังแสดงในตารางที่ 2 ⁽²⁷⁾ การแปลผลค่าที่วัดได้ว่าผิดปกติหรือไม่ ทำได้โดยการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงหรือ predicted value ของคนปกติที่มีอายุ เพศ ส่วนสูง และเชื้อชาติเดียวกัน หรือใกล้เคียงกับผู้ป่วย

	Obstructive lung disease	Restrictive lung disease
FVC	ปกติ หรือ ↓	↓
FEV ₁	↓	ปกติ หรือ ↓
FEV ₁ /FVC	↓	ปกติ หรือ ↑
FEF _{25-75%}	↓	ปกติ, ↑ หรือ ↓

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งชนิดความผิดปกติของสมรรถภาพปอดโดยอาศัยค่าที่ได้จากการตรวจ spirometry ⁽²⁷⁾

การตรวจ spirometry มีข้อจำกัดในการวินิจฉัยภาวะ restrictive lung disease เนื่องจากไม่ใช่เป็นการวัด static lung volume โดยตรง ค่า lung volume หรือ FVC ที่ได้จากการตรวจ spirometry อาจลดลงได้ในภาวะ obstructive lung disease โดยที่ผู้ป่วยอาจไม่มีภาวะ restrictive lung disease เลยก็ได้ ดังนั้นในผู้ป่วยที่สงสัย restrictive lung disease ควรทำการตรวจวัดปริมาตรความจุปอดโดยวิธีอื่นที่จำเพาะมากกว่า

2.2.4 การวัดปริมาตรความจุปอด ทำได้หลายวิธี เช่น

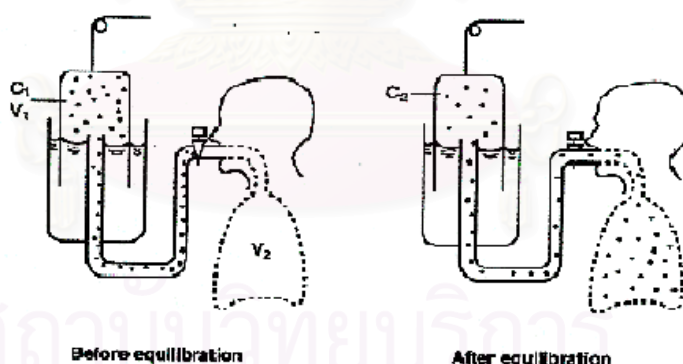
2.2.4.1 Helium dilution technique ⁽⁴⁴⁻⁴⁶⁾ เป็นวิธีที่ใช้วัดค่า FRC โดยอาศัยคุณสมบัติของก๊าซฮีเลียม (He) ที่ไม่สามารถแพร่จากถุงลมปอดเข้าสู่หลอดเลือดฝอยพัลโมนารี และไม่สามารถแพร่จากเลือดเข้าสู่ถุงลมปอด ดังนั้นปริมาตรทั้งหมดของก๊าซฮีเลียมที่ใช้ในการตรวจจะยังคงที่ วิธีการตรวจทำได้โดยให้ผู้ป่วยหายใจเอาก๊าซผสมระหว่างก๊าซฮีเลียม (ร้อยละ 10) และ

ออกซิเจน (ร้อยละ 25-30) ผ่าน spirometer ไปเรื่อยๆ และวัดปริมาณของก๊าซฮีเลียมด้วย helium meter จากจุดเริ่มต้นของการตรวจจนกระทั่งความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมใน spirometer เท่ากับในปอด หรือเมื่ออากาศที่หายใจเข้าและออกมีความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมเท่ากัน จากนั้นหยุดการตรวจที่จุดสิ้นสุดของการหายใจออกตามปกติ ซึ่งปริมาตรอากาศที่คงเหลือค้างในปอดจะมีค่าเท่ากับ FRC (ภาพที่ 5)⁽⁴⁵⁾ จากนั้นคำนวณค่า FRC ได้จากสมการข้างล่าง

จำนวนของก๊าซฮีเลียมทั้งหมดใน spirometer ก่อนเริ่มทำการตรวจ	=	ผลบวกของปริมาตรก๊าซฮีเลียมในปอด กับใน spirometer
---	---	---

$$\text{He}(i) \times \text{Vs}(i) = \text{He}(f) \times [\text{Vs}(f) + \text{FRC}]$$

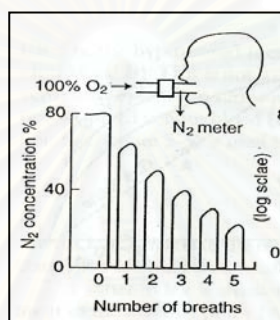
โดย $\text{He}(i)$ = ความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมใน spirometer ณ จุดเริ่มต้น
 $\text{He}(f)$ = ความเข้มข้นของก๊าซฮีเลียมใน spirometer ณ จุดสิ้นสุดการตรวจ
 $\text{Vs}(i)$ = ปริมาตรของก๊าซฮีเลียมใน spirometer ณ จุดเริ่มต้น
 $\text{Vs}(f)$ = ปริมาตรของก๊าซฮีเลียมใน spirometer ณ จุดสิ้นสุดการตรวจ



ภาพที่ 5 การวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี helium dilution technique⁽⁴⁶⁾

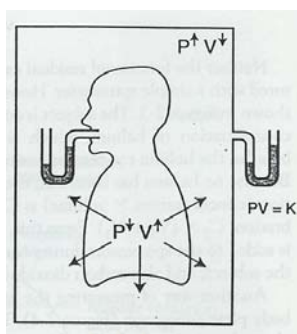
2.2.4.2 Nitrogen washout technique⁽⁴⁴⁻⁴⁶⁾ เป็นวิธีที่ใช้วัดค่า FRC โดยให้ผู้ป่วยหายใจเอาก๊าซออกซิเจนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 100 เข้าไปและหายใจออกผ่าน spirometer ที่ติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไนโตรเจน (nitrogen analyzer) (ภาพที่ 6) ให้ผู้ป่วยหายใจเข้าออกเรื่อยๆ จนกระทั่งตรวจพบว่าก๊าซไนโตรเจนของลมหายใจออก มีความเข้มข้นเป็นศูนย์หรือน้อยกว่าร้อยละ 1.5 จากนั้นจึงวัดปริมาตรของอากาศที่หายใจออกผ่าน spirometer ทั้งหมด และวัดความ

เข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนใน spirometer นำมาคำนวณหาค่า FRC เช่น เมื่อสิ้นสุดการตรวจ ปริมาตรก๊าซใน spirometer วัดได้ 30,000 มิลลิลิตร และความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนเท่ากับ ร้อยละ 8 ดังนั้นใน spirometer มีก๊าซไนโตรเจนผสมอยู่ในลมหายใจออกประมาณ 2,400 มิลลิลิตร ($30,000 \times 0.08$) เนื่องจากปกติมีก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศเท่ากับร้อยละ 80 ดังนั้น ปริมาตรก๊าซไนโตรเจน 2,400 มิลลิลิตรใน spirometer ซึ่งออกมาจากปอดทั้งหมดคิดเป็นอากาศ ผสมที่ออกมาจากปอดเท่ากับ 3,000 มิลลิลิตร ($2,400/0.8$) นั่นคือ FRC มีค่าเท่ากับ 3,000 มิลลิลิตร



ภาพที่ 6 การวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี nitrogen washout technique⁽⁴⁶⁾

2.2.4.3 Body plethysmography⁽⁴⁴⁻⁴⁶⁾ เนื่องจากการวัดค่า FRC ด้วย 2 วิธีดังกล่าวข้างต้นมีข้อจำกัด เช่น ต้องใช้เวลานานมากกว่าจะหายใจจนถึงจุดสมดุล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่มีภาวะทางเดินหายใจตีบแคบ ในผู้ป่วยกลุ่มนี้ควรวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี body plethysmography วิธีนี้อาศัยกฎของ Boyle กล่าวคือ ถ้าควบคุมอุณหภูมิคงที่แล้ว ผลคูณของความดัน (P) กับปริมาตร (V) ย่อมคงที่เสมอ ดังสมการ $P_1V_1 = P_2V_2$ วิธีการตรวจทำได้โดยให้ผู้ป่วยอยู่ในตู้ที่สามารถวัดความดันได้อย่างละเอียด จากนั้นให้ผู้ป่วยหายใจเข้าออกผ่านทาง mouthpiece ที่ต่อกับ pressure transducer ซึ่งสามารถวัดความดันที่ปาก (P_m) ได้ เมื่อสิ้นสุดการหายใจออก ท่อทางผ่านของอากาศจะถูกปิด หลังจากนั้นให้ผู้ป่วยหายใจเข้าออกเร็วๆ (panting) ผ่านทาง mouthpiece ที่ถูกปิดท่อทางออกแล้วเมื่อผู้ป่วยหายใจเข้าโดยที่ท่อทางผ่านของอากาศถูกปิด ความดันในตู้ (P_{box}) จะเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาตรของตู้ (V_{box}) ลดลง เพราะทรวงอกของผู้ป่วยขยายออก (ΔV) ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การวัดปริมาตรความจุปอดด้วยวิธี body plethysmography⁽⁴⁶⁾

จากกฎของ Boyle สามารถนำมาคำนวณหาค่าของ FRC ได้ดังนี้

สมการที่ (1) $P_{box}(i) \times V_{box}(i) = P_{box}(f) \times [V_{box}(i) - \Delta V]$ โดยที่ $V_{box}(f) = V_{box}(i) - \Delta V$

$P_{box}(i)$ หมายถึง ความดันในตู้ก่อนเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

$V_{box}(i)$ หมายถึง ปริมาตรในตู้ก่อนเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

$P_{box}(f)$ หมายถึง ความดันในตู้หลังเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

$V_{box}(f)$ หมายถึง ปริมาตรในตู้หลังเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

ΔV หมายถึง ปริมาตรของตู้ที่เปลี่ยนแปลงไป

ในทำนองเดียวกัน ความดันและปริมาตรของปอด (VL) ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นดังนี้คือ

สมการที่ (2) $P_m(i) \times V_L(i) = P_m(f) \times [V_L(i) + \Delta V]$ โดยที่ $V_L(f) = V_L(i) + \Delta V$

$P_m(i)$ หมายถึง ความดันในปากก่อนเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

$V_L(i)$ หมายถึง ปริมาตรในปอดก่อนเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

$P_m(f)$ หมายถึง ความดันในปากหลังเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

$V_L(f)$ หมายถึง ปริมาตรในปอดหลังเริ่มการหายใจเข้าออกเร็วๆ

จากสมการที่ (1) หาค่า ΔV แล้วนำมาแทนค่าในสมการที่ (2) สามารถหาค่า $V_L(i)$ ได้ซึ่งก็คือค่า FRC เนื่องจากท่อถูกปิดภายหลังหายใจออกปกติ ดังนั้น ปริมาตรอากาศในปอดที่จุดเริ่มต้นของการตรวจ $V_L(i)$ จึงมีค่าเท่ากับ FRC

2.2.5 การตรวจ carbon monoxide diffusing capacity (DLCO) เป็นการตรวจเพื่อประเมินประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ถุงลม มีประโยชน์ในการวินิจฉัยว่า ความบกพร่องของการแพร่ของก๊าซในปอดของผู้ป่วย เป็นผลจากการถูกจำกัดด้วยอัตราการไหลของเลือด หรือถูกจำกัดด้วยอัตราการแพร่ของก๊าซ การศึกษาความสามารถในการแพร่ผ่านของก๊าซนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เพราะในภาวะปกติจะตรวจไม่พบก๊าซ CO ในหลอดเลือดฝอย ก๊าซ

CO สามารถแพร่ผ่าน alveolar-capillary membrane ได้อย่างรวดเร็ว และจับกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจนถึง 210 เท่า ดังนั้น CO ที่แพร่ผ่านเข้าสู่หลอดเลือดฝอยปัลโมนารีส่วนใหญ่จะจับกับฮีโมโกลบิน มีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ละลายในพลาสมา ด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้ก๊าซ CO ในถุงลมปอดสามารถแพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยปัลโมนารีได้ตลอดความยาวของหลอดเลือด อัตราการแพร่ของก๊าซ CO ไม่ขึ้นกับอัตราการไหลของเลือด แต่ขึ้นกับคุณสมบัติการแพร่ของก๊าซ CO เอง (ภาพที่ 8)⁽⁴⁷⁾

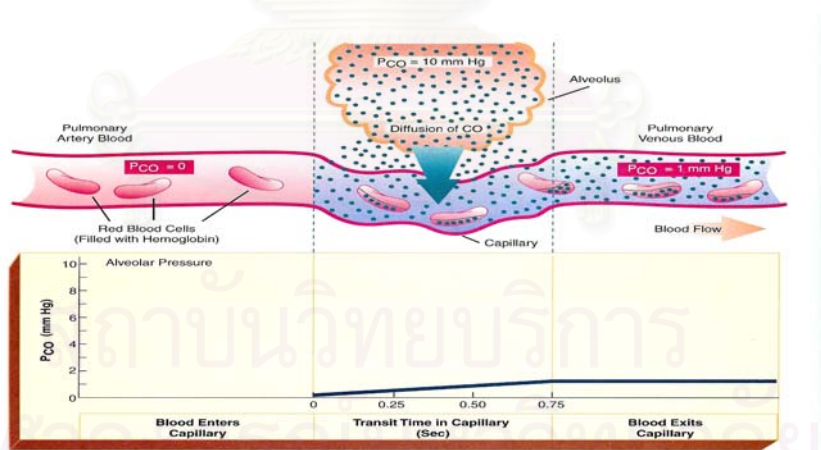
เทคนิคการวัดค่า DLCO ที่นิยมใช้คือ single breath technique กล่าวคือ ให้ผู้ป่วยหายใจเอก๊าซผสมที่มีส่วนประกอบของก๊าซ CO เจือจางประมาณร้อยละ 0.3 เข้าไป จากนั้นกลั้นหายใจประมาณ 10 วินาที วัดความเข้มข้นของก๊าซ CO ในถุงลมปอดก่อนและหลังกลั้นหายใจ และวัดปริมาตรของปอด หลังจากนั้นคำนวณหาค่าอัตราการระบายก๊าซ CO (VCO) ตามกฎการแพร่ของ Fick^(45,46)

$$DLCO = VCO / PACO - PCCO$$

โดย VCO = milliliters of CO transferred per minute

PACO = mean alveolar partial pressure of CO

PCCO = mean capillary partial pressure of CO assumed to be 0



ภาพที่ 8 แสดงความสามารถในการแพร่ผ่าน alveolar-capillary membrane ของก๊าซ CO⁽⁴⁷⁾

2.3 การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกาย⁽⁴⁸⁻⁵⁰⁾

ในขณะออกกำลังกาย ร่างกายต้องการก๊าซออกซิเจนและสารอาหารเพิ่มขึ้น เพื่อนำไปใช้ในขบวนการสันดาปภายในเซลล์กล้ามเนื้อลาย ผลของการสันดาปภายในเซลล์ทำให้เกิดของเสียในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งจะถูกขับออกจากร่างกายสู่บรรยากาศทางลมหายใจออก

ดังนั้น ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจจึงต้องทำงานเพิ่มขึ้น เพื่อให้สมดุลกับอัตราการสันดาปที่เพิ่มขึ้นของเซลล์กล้ามเนื้อลาย การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกายสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

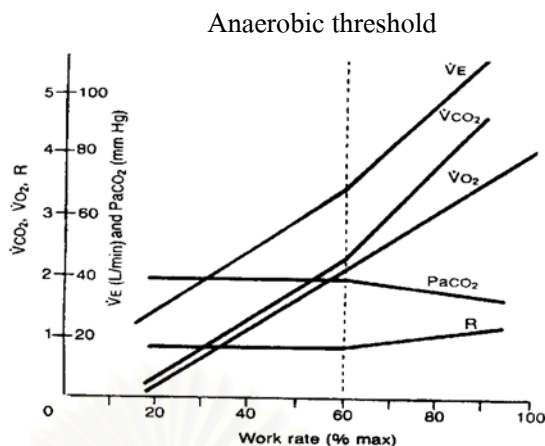
2.3.1 อัตราการระบายอากาศต่อนาที (Minute ventilation; V_E) เพิ่มขึ้น ค่าปกติของ V_E ในขณะพักเท่ากับ 6 ลิตร/นาที แต่เมื่อมีการออกกำลังกาย ค่า V_E อาจเพิ่มขึ้นอย่างมากถึง 120 ลิตร/นาที โดยจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนตามอัตราการทำงาน (work rate) ที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 9)⁽⁴⁹⁾ จนกระทั่งเข้าสู่ระยะที่มีการสะสมของกรดแลคติก หรือมีการสันดาปแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic threshold) ในช่วงนี้ V_E จะเพิ่มขึ้นมากกว่าในช่วงแรกซึ่งสังเกตได้จากความชันของเส้นกราฟที่สูงขึ้น (ภาพที่ 9) สาเหตุที่ทำให้ V_E เพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลมาจาก chemoreceptor ถูกกระตุ้นด้วย H^+ ที่เกิดจากกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้น

2.3.2 อัตราการขับก๊าซ CO_2 ออกทางลมหายใจ (CO_2 output; VCO_2) เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามอัตราการทำงานที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 9) และจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเข้าสู่ระยะที่มีการสะสมของกรดแลคติก ที่เป็นดังนี้เนื่องจากในช่วงนี้ V_E ถูกกระตุ้นให้เพิ่มขึ้น ผลที่ตามมาคือ $PaCO_2$ ลดลง (ภาพที่ 9)

2.3.3 อัตราการใช้ออกซิเจน (O_2 consumption; VO_2) ของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และเป็นเส้นตรงตามอัตราการทำงานที่เพิ่มขึ้น แม้ว่าจะเข้าสู่ระยะที่มีการสะสมของกรดแลคติกแล้วก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถของเซลล์ในการสันดาปโดยใช้ออกซิเจนยังคงเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ (ภาพที่ 9)

2.3.4 อัตราส่วนระหว่างอัตราการขับก๊าซ CO_2 กับอัตราการใช้ออกซิเจน (VCO_2/VO_2) หรือ respiratory exchange ratio (R) จะมีค่าคงที่ในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นมากกว่า 1 เมื่อเข้าสู่ระยะที่มีการสะสมของกรดแลคติก (ภาพที่ 9)

2.3.5 การแลกเปลี่ยนก๊าซที่ถุงลมปอดจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะออกกำลังกายอย่างหนัก เลือดใช้เวลาเพียง 0.5 วินาที ก็สามารถแลกเปลี่ยนก๊าซที่จุดแลกเปลี่ยนก๊าซในถุงลมได้จนถึงจุดสมดุล (ขณะพักเลือดมีเวลาอยู่ที่จุดดังกล่าวนาน 0.75 วินาที) การแพร่ผ่านของก๊าซที่เพิ่มขึ้นในขณะออกกำลังกายเกิดจากจำนวนหลอดเลือดฝอยปัลโมนารีถูกเปิดใช้งานมากขึ้น



ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆในขณะออกกำลังกาย⁽⁴⁹⁾

ในผู้ป่วยที่มีโรคปอดเรื้อรัง พยาธิสภาพในปอดจะทำให้ความสามารถในการระบายอากาศ และการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ถูกลดลง ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และร่างกายได้รับก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้ป่วยไม่สามารถออกกำลังกายได้อย่างปกติ การทดสอบการออกกำลังกาย (Exercise stress test) เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับประเมินความสามารถของร่างกายในการออกกำลังกาย ช่วยในการวินิจฉัยอาการหรืออาการแสดงผิดปกติที่เกิดขึ้นในขณะหรือภายหลังออกกำลังกาย ใช้ติดตามการรักษา และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามการทำ rehabilitation ในผู้ป่วย เป็นต้น⁽⁵⁰⁾

การทดสอบการออกกำลังกาย ทำโดยเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายให้มากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ให้ผู้ป่วยวิ่งบนสายพาน (treadmill) ที่มีการเพิ่มความเร็วและความชันมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ร่างกายมีอัตราการใช้ออกซิเจน (oxygen consumption หรือ oxygen uptake) เพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ออกซิเจนของร่างกายน้อยมากหรือแทบไม่เปลี่ยนแปลงเลย ซึ่งเป็นจุดที่มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (Maximal oxygen consumption หรือ VO_{2max})⁽⁵¹⁾

ภาวะ exercise intolerance อาจเกิดจากความผิดปกติของระบบหัวใจและหลอดเลือด หรือจากความผิดปกติของระบบหายใจ การทดสอบการออกกำลังกายจะช่วยในการวินิจฉัยแยกโรคดังกล่าวได้ โดยผู้ป่วยที่มีภาวะ exercise intolerance ที่มีสาเหตุมาจากความผิดปกติทางระบบหายใจ จะตรวจพบความผิดปกติในขณะทดสอบการออกกำลังกายดังนี้⁽⁴⁹⁻⁵¹⁾

- ขณะออกกำลังกายตรวจวัดค่า RER ได้มากกว่า 1.1 โดยที่อัตราการเต้นของชีพจรยังไม่ถึงจุดสูงสุดตามอายุของผู้ป่วย

- ตรวจวัดค่า breathing reserve ได้ต่ำกว่าปกติ ค่า breathing reserve คำนวณได้จากสูตร $[1 - (V_E/MVV)] \times 100\%$ โดยค่า V_E หมายถึงค่า minute ventilation ขณะออกกำลังกายจนถึงระดับสูงสุด (maximum exercise) และค่า MVV (maximum voluntary ventilation) หมายถึง minute ventilation สูงสุดที่ผู้ป่วยสามารถหายใจได้ในขณะพัก สามารถคำนวณได้จาก 35 คูณกับค่า FEV_1 ของผู้ป่วยในขณะพัก คนปกติจะมีค่า breathing reserve เท่ากับร้อยละ 20-40 ผู้ป่วยที่มี exercise intolerance ซึ่งมีสาเหตุจากระบบหายใจจะมีค่า breathing reserve น้อยกว่าร้อยละ 20 อย่างไรก็ตาม ค่า breathing reserve ที่ต่ำกว่าปกตินี้อาจพบได้ในนักกีฬาที่มีสุขภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม

- มี desaturation หรือมีการคั่งของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขณะออกกำลังกาย
- มีค่า ventilatory equivalent for oxygen (V_E/VO_2) มากกว่า 40 เมื่อออกกำลังกายจนถึงจุดสูงสุด แสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นของ minute ventilation มากเกินไปเมื่อเทียบกับสัดส่วนกับ oxygen consumption ที่เพิ่มขึ้นในขณะออกกำลังกาย
- มีการลดลงของค่า FEV_1 ภายหลังออกกำลังกายจนถึงจุดสูงสุดมากกว่าร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้ขณะพัก ซึ่งบ่งชี้ถึงภาวะ exercise-induced bronchospasm ภาวะนี้วินิจฉัยโดยให้ผู้ป่วยออกกำลังกายจนถึงจุดสูงสุด ($RER > 1.1$ หรืออัตราการเต้นของชีพจรประมาณร้อยละ 80-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามเกณฑ์อายุ) และตรวจวัดค่า FEV_1 ที่ 5, 10, 15, 20 และ 30 นาทีภายหลังสิ้นสุดการออกกำลังกาย เปรียบเทียบกับค่า FEV_1 ที่วัดได้ก่อนออกกำลังกาย โดยทั่วไปแล้วค่า FEV_1 จะลดลงมากที่สุดที่ 5-10 นาทีภายหลังออกกำลังกาย

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสมรรถภาพปอดและการทดสอบการออกกำลังกายในผู้ป่วยเด็กและวัยรุ่นที่มีโรคปอดเรื้อรัง ได้แก่

Northway และคณะ⁽¹⁴⁾ ทำการศึกษาในผู้ป่วยอายุ 17-26 ปีที่มีประวัติเกิดก่อนกำหนดและมีโรค bronchopulmonary dysplasia (BPD) จำนวน 26 ราย เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 2 กลุ่มคือ กลุ่มเด็กเกิดก่อนกำหนดที่มีน้ำหนักแรกเกิดและอายุครรภ์ก่อนคลอดใกล้เคียงกับกลุ่มศึกษาแต่ไม่มีโรค BPD จำนวน 26 ราย และกลุ่มเด็กปกติจำนวน 53 ราย พบว่า ร้อยละ 63 ของเด็กที่มีโรค BPD มีภาวะทางเดินหายใจตีบแคบ กล่าวคือค่า FEV_1 และ $FEF_{25-75\%}$ ลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม ร้อยละ 24 ของผู้ป่วยมี fixed airway obstruction และร้อยละ 52 มีภาวะหลอดลมไวเกินเมื่อทดสอบด้วย methacholine หรือ ให้อาหารยายหลอดลม และพบภาวะลมค้างในปอด (RV/TLC เพิ่มขึ้น) มากขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม

Koumbourlis และคณะ⁽¹⁵⁾ ทำการศึกษาในเด็กโรค BPD และมีประวัติเกิดก่อนกำหนด จำนวน 17 ราย โดยทำการติดตามผู้ป่วยตั้งแต่อายุ 8 ปี จนถึง 15 ปี พบว่าเมื่ออายุมากขึ้นผู้ป่วยมีภาวะลมค้ำในปอดลดลง แต่ยังคงพบภาวะทางเดินหายใจตีบแคบซึ่งตอบสนองต่อการให้ยาขยายหลอดลม

Blayney และคณะ⁽¹⁷⁾ ทำการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยเด็กโรค BPD ที่มีน้ำหนักและส่วนสูงอยู่ในเกณฑ์ปกติ จำนวน 32 ราย โดยทำการศึกษาใน 2 ช่วงอายุคือ 7 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ พบว่า ผู้ป่วยมีค่า TLC ปกติ แต่ค่า RV และ RV/TLC สูงกว่าปกติที่ทั้ง 2 ช่วงอายุ การศึกษาที่อายุ 7 ปีพบว่า ร้อยละ 59 ของผู้ป่วยมีค่าเฉลี่ยของ FEV_1 เท่ากับ $65 \pm 11\%$ predicted value และเพิ่มขึ้นเป็น $72 \pm 16\%$ predicted value เมื่ออายุ 10 ปี ซึ่งเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเด็กที่มีค่า FEV_1 ปกติเมื่ออายุ 7 ปียังคงมีค่า FEV_1 ที่ปกติเมื่ออายุ 10 ปี นอกจากนี้ ค่า DLCO เมื่ออายุ 10 ปีอยู่ในเกณฑ์ปกติ ผู้ป่วยทั้ง 2 ช่วงอายุให้ผลบวกในการทำ methacholine challenge test แม้ว่าส่วนใหญ่จะไม่ได้รับการวินิจฉัยทางคลินิกว่าเป็นโรคหืด

Bader และคณะ⁽¹⁸⁾ ทำการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดและความสามารถในการออกกำลังกายในเด็กที่มีโรค BPD จำนวน 10 ราย อายุเฉลี่ย 10.4 ปี เปรียบเทียบกับเด็กปกติที่มีอายุใกล้เคียงกัน จำนวน 8 ราย พบว่าเด็กที่มีโรค BPD มีค่า FEV_1 และค่า $FEF_{25-75\%}$ ต่ำกว่าปกติ ค่า RV/TLC สูงขึ้น ร้อยละ 50 ของผู้ป่วยมีภาวะหลอดลมหดเกร็งภายหลังการออกกำลังกาย นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรค BPD มีค่า transcutaneous CO_2 tension ก่อนออกกำลังกายและในขณะการออกกำลังกายสูงกว่าเด็กปกติ และพบภาวะขาดออกซิเจนในกลุ่มเด็กที่มีโรค BPD ขณะออกกำลังกายจนถึงระดับสูงสุด

Santuz และคณะ⁽¹⁹⁾ ทำการทดสอบการออกกำลังกายในเด็กที่มีโรค BPD อายุ 6-12 ปี จำนวน 12 ราย เปรียบเทียบกับเด็กปกติจำนวน 16 ราย ที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายใกล้เคียงกัน พบว่าเด็กที่มีโรค BPD มีสมรรถภาพปอดในขณะพักต่ำกว่าเด็กปกติ ในขณะพักเด็กที่มีโรค BPD ทุกรายมีค่า $SpO_2 \geq$ ร้อยละ 98 แต่ในขณะออกกำลังกายพบว่ามีเด็กที่มีโรค BPD 4 รายมีค่า SpO_2 ลดลงมากกว่าร้อยละ 4 เมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้ในขณะพัก นอกจากนี้ยังพบว่าเด็กที่มีโรค BPD มีค่า FEV_1 ภายหลังออกกำลังกายลดลงกว่าในขณะพักมากกว่าเด็กปกติ การทดสอบการออกกำลังกายพบว่ามีค่า VO_2 และ V_E ลดลงทั้งในระดับ maximum และ submaximum exercise งานวิจัยนี้สรุปว่าเด็กที่มีโรค BPD ที่มีสมรรถภาพปอดลดลงเล็กน้อยก็มีผลทำให้การระบายอากาศในขณะออกกำลังกายลดลงและทำให้ความสามารถในการออกกำลังกายลดลงได้เมื่อเทียบกับเด็กปกติ

Parat และคณะ⁽²⁰⁾ ทำการศึกษาในเด็กที่เป็นโรค BPD ที่มีประวัติเกิดก่อนกำหนด อายุ 6-9 ปี พบว่าผู้ป่วยเหล่านี้มีค่าความต้านทานรวมในปอด (total lung resistance) สูงขึ้นและค่าความยืดหยุ่นของปอด (dynamic lung compliance) ลดลงเมื่อเทียบกับเด็กที่ไม่มีโรค BPD ที่มีประวัติเกิดก่อนกำหนดและเด็กปกติที่เกิดครบกำหนด นอกจากนี้ การทดสอบการออกกำลังกายในเด็กที่มีโรค BPD จำนวน 6 ราย พบว่าที่ maximal workload ผู้ป่วยเหล่านี้มีอัตราส่วนของค่า maximal minute ventilation (V_E max) ต่อ maximal voluntary ventilation (MVV) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม

Jacob และคณะ⁽²¹⁾ ศึกษาความสามารถในการออกกำลังกายของเด็กที่มีโรค BPD ชนิดรุนแรง กล่าวคือมีประวัติการใช้ออกซิเจนหลังคลอดนานอย่างน้อย 44 สัปดาห์และต้องได้รับการรักษาด้วยออกซิเจนที่บ้านจำนวน 15 ราย เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีปัญหาทางระบบหายใจแต่ไม่เป็นโรค BPD จำนวน 15 ราย และกลุ่มเด็กปกติจำนวน 13 ราย พบว่าผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรค BPD ชนิดรุนแรงมีค่า FEV_1 ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม การศึกษานี้ยังพบภาวะทางเดินหายใจตีบแคบในผู้ป่วยเด็กที่เคยมีปัญหาทางระบบหายใจในช่วงแรกเกิดแม้ว่าจะไม่ได้เป็นโรค BPD ในเวลาต่อมาก็ตาม การทดสอบการออกกำลังกายไม่พบความแตกต่างของค่า exercise capacity ระหว่างกลุ่มเด็กที่มีโรค BPD กับกลุ่มควบคุมทั้ง 2 กลุ่ม แต่กลุ่มเด็กที่มีโรค BPD มีการใช้ ventilatory reserve มากกว่าและ 4 ใน 15 รายมีภาวะขาดออกซิเจนเกิดขึ้นระหว่างออกกำลังกาย

Mitchell และคณะ⁽²²⁾ ทำการศึกษาผู้ป่วยเด็กที่มีโรค BPD จำนวน 10 ราย อายุ 6-9 ปี พบว่า diffusing capacity ของก๊าซ acetylene (C_2H_2) และคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ที่ถูกลดลงในขณะพักและออกกำลังกายลดลงกว่าปกติ

Korhonen,⁽¹⁶⁾ **Kilbride,**⁽²³⁾ **และ Kriemler**⁽²⁴⁾ ทำการศึกษาในเด็กที่มีน้ำหนักแรกเกิดน้อยกว่า 801 กรัม, 1,500 กรัม และ 500-1,500 กรัม ตามลำดับ พบว่าเด็กที่มีน้ำหนักแรกเกิดน้อยมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอด ได้แก่ ภาวะทางเดินหายใจตีบแคบและมีภาวะหลอดลมหดเกร็งภายหลังการออกกำลังกาย เด็กที่มีโรค BPD รวมด้วยจะมีภาวะทางเดินหายใจตีบแคบที่รุนแรงขึ้น มีแรงต้านทานในทางเดินหายใจมากขึ้น มีค่า DLCO ลดลง⁽¹⁶⁾ มีอัตราการใช้ออกซิเจนในขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้น และเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายสั้นลง⁽²³⁾ ไม่พบความแตกต่างของความสามารถในการออกกำลังกายแบบ aerobic (aerobic capacity) แต่พบว่ามีอัตราการใช้ออกซิเจนมากขึ้นเพื่อให้ได้งานในอัตราที่เท่ากับ เด็กปกติ⁽²⁴⁾

Pineda และคณะ⁽⁵²⁾ ทำการศึกษาผู้ป่วยที่มีภาวะทางเดินหายใจตีบแคบแบบเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease [COPD]) อายุ 16-70 ปี จำนวน 19 ราย พบว่าการตรวจสมรรถภาพปอดช่วยทำนายภาวะ exercise intolerance ในผู้ป่วยเหล่านี้ได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

รูปแบบและระเบียบวิธีวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

เป็นการศึกษาแบบพรรณนาเชิงวิเคราะห์ (Analytical descriptive study)

3.2 ระเบียบวิธีการวิจัย

3.2.1 ประชากรศึกษา

ผู้ป่วยเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังและเด็กปกติอายุ 9-18 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้และได้รับความยินยอมโดยสมัครใจจากผู้ป่วยและผู้ปกครองให้เข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย (Inclusion criteria)

- ประชากรกลุ่มศึกษา (Case) ได้แก่ ผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง อายุ 9-18 ปี ที่มีลักษณะทางคลินิกครบตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ดูในหน้า 9)
- ประชากรกลุ่มควบคุม (Control) ได้แก่ เด็กปกติที่เป็นญาติเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาล จุฬาลงกรณ์ มีสุขภาพแข็งแรง มีอายุและเพศเดียวกับประชากรกลุ่มศึกษา และไม่มีโรคประจำตัวใดๆ
- ได้รับความยินยอมโดยสมัครใจจากผู้เข้าร่วมวิจัยและ/หรือผู้ปกครองให้เข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากโครงการ (Exclusion criteria)

- ผู้ป่วยที่ยังต้องใช้ออกซิเจนหรือเครื่องช่วยหายใจ
- ผู้ป่วยที่มีอาการหายใจลำบากแม้ในขณะที่พัก
- ผู้ป่วยที่กำลังมีภาวะติดเชื้อในระบบหายใจ
- ผู้ป่วยที่มี cardiovascular instability เช่น ความดันโลหิตผิดปกติ หัวใจเต้นผิดปกติ
- ผู้ที่ไม่ให้ความร่วมมือในการตรวจสอบสมรรถภาพปอด หรือการทดสอบการออกกำลังกาย
- ผู้ที่ไม่สามารถออกกำลังกายจนถึง anaerobic threshold โดยพิจารณาจากค่า respiratory exchange ratio (VCO_2/VO_2) < 1.1

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

$$\text{คำนวณโดยใช้สูตร}^{(53)} \quad n/\text{group} = \frac{2(Z\alpha/2 + Z\beta)^2 \sigma^2}{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2} \quad \text{และใช้ค่าของข้อมูลที่ได้จาก}$$

การศึกษาของ Santuz และคณะ⁽¹⁹⁾

กำหนด $\alpha = 0.05$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.05/2} = 1.96 \text{ (two tailed)}$$

$$\beta = 0.20$$

$$Z_{\beta} = Z_{0.10} = 0.84$$

$$\bar{X}_1 = 20.6$$

$$\bar{X}_2 = 28.8$$

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \\ &= \frac{(12-1)(9.0)^2 + (16-1)(8.6)^2}{26} = 77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } n/\text{group} &= \frac{2(1.96+0.84)^2 (77)}{(20.6-28.8)^2} \\ &= 18 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ต้องใช้จำนวนประชากร 18 คน/กลุ่ม

3.2.2 การสังเกตและการวัด

ตัวแปรในการวิจัย ได้แก่

- ข้อมูลพื้นฐาน
 - อายุ
 - เพศ
 - น้ำหนักร่างกาย
 - ส่วนสูง
 - ดัชนีมวลกาย
 - ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเลือด
- ค่าที่ได้จากการตรวจสมรรถภาพปอด
 - FVC, FEV₁, FEV_{25-75%}, FEV₁/FVC
 - TLC, RV, RV/TLC
 - DLCO/VA_(adj)
- ค่าที่ได้จากการทดสอบการออกกำลังกาย
 - VO₂ , VCO₂, MET, V_E, power, HR , exercise time

● ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมหาได้โดยการเปรียบเทียบค่า VO_2 ในขณะที่ผู้ป่วยออกกำลังกายจนถึงระดับ AT กับค่า VO_2 ในขณะพักของคนปกติ จะได้ค่า MET ของผู้ป่วยที่ระดับ AT หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า MET ของการทำกิจกรรมแต่ละชนิด ก็จะทำให้สามารถทราบได้ว่าระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมของผู้ป่วยคืออะไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวัด

- เครื่องตรวจสมรรถภาพปอด Vmax 6200 Autobox (SensorMedics, Yorba Linda, CA)
- เครื่องวัดค่าฮีโมโกลบิน (B-hemoglobin photometer, Hemocue, Sweden)
- เครื่องวิเคราะห์สัดส่วนของก๊าซในลมหายใจ (Metasoft® 3.1.1. Cortex biophysik, Leipzig, Germany)
- เครื่องที่สามารถปรับความเร็วและความชันได้ (Q4500, Quinton instrument Co, Seattle, WA)
- เครื่องวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง (pulse oximeter) (Capnograph plus, BCI international, WI, USA)
- เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Cortex biophysik, Leipzig, Germany)

3.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- ผู้วิจัยคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง และกลุ่มควบคุมที่เป็นเด็กปกติที่มีอายุและเพศใกล้เคียงกับเด็กกลุ่มที่เป็นโรค
- อธิบายวิธีการและประโยชน์ของโครงการวิจัยเพื่อขอคำยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยและ/หรือผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัย
- บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และรวบรวมข้อมูลจากแฟ้มประวัติผู้ป่วยในแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลการทำวิจัย (ดูในภาคผนวก ก)
- ทำการตรวจสมรรถภาพปอดผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยเครื่อง Vmax 6200 Autobox (SensorMedics, Yorba Linda, CA) ดังนี้ ^(28,34,54,55)

การตรวจ spirometry

: อธิบายวิธีการตรวจให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจและฝึกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกอย่างถูกวิธีก่อนทำการตรวจ

: เริ่มทำการตรวจโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งตัวตรง หันบวมูกด้วย nose clip อม mouth piece ให้แนบสนิท โดยให้ mouth piece อยู่ระหว่างฟันบนและฟันล่าง ในขณะที่ทำการตรวจผู้เข้าร่วมวิจัยจะหายใจเข้าออกผ่านทาง mouth piece เท่านั้น

: ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกตามปกติ 3-4 ครั้ง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าเต็มที่จนสุดความจุปอด กลั้นหายใจนิ่งนาน 1-2 วินาที จากนั้นเป่าลมหายใจออกผ่าน mouth piece อย่างเร็วและแรงเต็มที่จนสุดอย่างต่อเนื่องนานอย่างน้อย 3-6 วินาที โดยระหว่างที่เป่าลมหายใจออกจะต้องไม่มีการหยุดกะทันหัน ไอ หรือการหายใจเข้า หลังจากเป่าลมหายใจออกจนสุดแล้วจึงหายใจเข้าเต็มที่จนสุดความจุปอดอีกครั้ง

: เอา mouth piece ออก นิ่งพัก และเริ่มทำใหม่อีกครั้ง (ทำทั้งหมดไม่เกิน 8 ครั้ง) เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในการแปลผล

การตรวจวัดปริมาตรความจุปอด (Total lung capacity)

ทำโดยวิธี body plethysmography

: อธิบายวิธีการตรวจให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจและฝึกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกอย่างถูกวิธีก่อนทำการตรวจ

: ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งอยู่ในตู้ที่ปิดสนิทนานอย่างน้อย 30 วินาที

: หันบวมูกด้วย nose clip อม mouth piece ให้แนบสนิท โดยให้ mouth piece อยู่ระหว่างฟันบนและฟันล่าง ในขณะที่ทำการตรวจผู้เข้าร่วมวิจัยจะหายใจเข้าออกผ่านทาง mouth piece เท่านั้น

: ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกตามปกติ 3-4 ครั้ง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกเร็วๆผ่านทาง mouth piece ที่มีลิ้นปิดกั้นทางลมด้วยความเร็ว 60-80 ครั้งต่อนาที นาน 1-2 วินาที โดยใช้มือสองข้างประคองแก้มไว้ (ชี้แจงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยว่าขณะหายใจเข้าออกเร็วๆจะรู้สึกอึดอัดได้ เนื่องจากมีลิ้นปิดกั้นทางลม)

: หลังจากลิ้นที่กั้นทางลมเปิดออก ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกปกติผ่าน mouth piece อีกครั้ง หลังจากนั้นตรวจ slow vital capacity โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าเต็มที่จนสุดความจุปอด แล้วหายใจออกอย่างช้าๆจนสุดลมหายใจออกนานอย่างน้อย 3-6 วินาที โดยระหว่างที่เป่าลมหายใจออกจะต้องไม่มีการหยุดกะทันหัน ไอ หรือการหายใจเข้า

: เอา mouth piece ออก นั้งพัก และเริ่มทำใหม่อีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในการแปลผล (ทำทั้งหมดไม่เกิน 5 ครั้ง)

การตรวจวัดความสามารถในการแพร่ผ่านถุงลมปอดของก๊าซ carbon monoxide (DLCO) โดยวิธี single breath technique

: อธิบายวิธีการตรวจให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจและฝึกให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกอย่างถูกวิธีก่อนทำการตรวจ

: ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหนีบจมูกด้วย nose clip อม mouth piece ให้แนบสนิท โดยให้ mouth piece อยู่ระหว่างฟันบนและฟันล่าง ในขณะที่ทำการตรวจผู้เข้าร่วมวิจัยจะหายใจเข้าออกผ่านทาง mouth piece เท่านั้น

: ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกตามปกติ 3-4 ครั้ง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจออกเต็มที่จนสุดปอดแล้วจึงหายใจเข้าเต็มที่จนสุดปอดเพื่อสูดเอาก๊าซที่มีส่วนผสมของ 0.3%CO, 0.3% CH₄, 0.3%C₂H₂, 21% O₂ BAL N₂ เข้าไปก่อนที่ลิ้นปิดกั้นทางลมจะปิด กลัณลมหายใจประมาณ 10 วินาที แล้วจึงหายใจออกอย่างช้าๆจนสุดลมหายใจออกเมื่อลิ้นปิดกั้นทางลมเปิด โดยระหว่างที่เป่าลมหายใจออกจะต้องไม่มีการหยุดกะทันหัน ไอ่ หรือการหายใจเข้า (ความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่สูดเข้าไปเป็นปริมาณที่น้อยมากไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย)

: เอา mouth piece ออก นั้งพัก และเริ่มทำใหม่อีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในการแปลผล (ทำทั้งหมดไม่เกิน 3 ครั้ง)

: การแปลผลการตรวจ DLCO ต้องเปรียบเทียบกับค่าฮีโมโกลบินของผู้เข้าร่วมวิจัยในขณะนั้นด้วยเสมอ (ค่า Hb ที่นำมาใช้ต้องเป็นค่าที่ตรวจภายในเวลาไม่เกิน 2 สัปดาห์)



ภาพที่ 10 การตรวจสมรรถภาพปอดด้วยเครื่อง Vmax 6200 Autobox

การทดสอบการออกกำลังกาย

: อธิบายวิธีการตรวจให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจ

: วัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้ Polar[®] HR transmitter belt (Cortex biophysik, Leipzig, Germany) ในขณะพัก ขณะออกกำลังกาย และช่วงฟื้นตัว และบันทึกลงใน exercise testing worksheet (ดูในภาคผนวก ค)

: วัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง (SpO₂) โดยใช้ pulse oximetry ในขณะพัก ขณะออกกำลังกาย และช่วงฟื้นตัว และบันทึกลงใน exercise testing worksheet (ดูในภาคผนวก ค)

: ทดสอบการออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่วิ่ง โดยวิธี modified Balke ของ Marinov และคณะ⁽⁵⁶⁾ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งบนสายพานที่มีระดับความชันเท่ากับ ร้อยละ 0 และความเร็วเริ่มต้น 2.7 กิโลเมตร/ชั่วโมง หลังจากนั้นเพิ่มความเร็วเป็น 4.0, 5.4 และ 6.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทุกๆ 1 นาที เมื่อเพิ่มความเร็วถึง 6.0 กิโลเมตร/ชั่วโมง จะเพิ่มความชันจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 4 และเพิ่มความชันร้อยละ 2 ทุกๆ 1 นาที จนถึงความชันสูงสุดที่ร้อยละ 20 และ/หรือจนกว่าจะสิ้นสุดการทดสอบการออกกำลังกายตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ในขณะวิ่งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าออกผ่านทางหน้ากากที่ครอบปากและจมูกได้สนิทและต่อกับ volume transducer ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บก๊าซตัวอย่างในลมหายใจในขณะวิ่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนของก๊าซในลมหายใจแบบ breath-by-breath โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Metasoft[®] 3.1.1. Cortex biophysik, Leipzig, Germany)

: ผู้วิจัยจะหยุดการทดสอบการออกกำลังกายเมื่อเข้าเกณฑ์อย่างน้อย 1 ข้อ ต่อไปนี้คือ

- ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายจนถึงระดับสูงสุดแล้ว กล่าวคือ มีค่า RER > 1.1 หรืออัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตร $HR_{max} = 220 - \text{อายุ (ปี)}$

- ผู้เข้าร่วมวิจัยขอให้หยุดการทดสอบเนื่องจากไม่สามารถ หรือไม่ต้องการออกกำลังกายอีกต่อไป

- มีอาการหรืออาการแสดงที่บ่งชี้ถึงภาวะ poor tissue perfusion เช่น มีค่า SpO₂ ลดลงมากกว่าขณะพักเกินร้อยละ 4 หรือมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 90 หรือมีอาการหัวใจเต้นผิดปกติหวัะ เป็นต้น



ก.



ข.

ภาพที่ 11 แสดงภาพของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะทำการทดสอบการออกกำลังกาย

ภาพ ก. แสดงการติดอุปกรณ์ (หน้ากาก) ที่ใช้สำหรับวัดก๊าซในลมหายใจของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะออกกำลังกาย

ภาพ ข. แสดงภาพของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะวิ่งบนลู่วิ่ง

3.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

บันทึกข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย ผลการตรวจต่างๆลงในแบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลเพื่อการวิจัย และคอมพิวเตอร์ (ดูในภาคผนวก)

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

- นำเสนอข้อมูลพื้นฐานและผลการตรวจในรูปของค่า mean $\pm$ SD หรือค่า median หรือร้อยละ แล้วแต่ชนิดและลักษณะของข้อมูลว่าเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่องหรือเป็นจำนวนนับ และมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ปกติ

- นำเสนอค่าที่ได้จากการตรวจสมรรถภาพปอดและการทดสอบการออกกำลังกาย ในรูปของค่า mean $\pm$ SD

- เปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน ค่าที่ได้จากการตรวจสมรรถภาพปอด และค่าที่วัดได้จากการทดสอบการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้ Unpaired t-test สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายปกติ และ Mann-Whitney U test สำหรับข้อมูลที่มีการกระจายแบบไม่ปกติ

- หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถภาพปอดกับค่า MET ที่ได้จากการทดสอบการออกกำลังกายจนถึงระดับ anaerobic threshold โดยใช้ Pearson's correlation test

- นำค่า VO_2 ที่ anaerobic threshold ที่ได้จากกลุ่มเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังมาคำนวณเพื่อหาระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสม ตามที่ได้กล่าวไว้ในวิธีการวัดผล
- คิดค่าความน่าจะเป็นที่ระดับต่ำกว่า 0.05 สำหรับการสรุปว่าตัวแปรที่นำมาเปรียบเทียบกันมีความแตกต่างกันหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ข้อมูลทั่วไป

ในการศึกษาครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 36 ราย แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง (CLD) จำนวน 18 ราย อายุเฉลี่ย 13 ± 2 ปี (9-18 ปี) และกลุ่มควบคุม (Control) ซึ่งเป็นเด็กปกติ จำนวน 18 ราย อายุเฉลี่ย 12 ± 2 ปี (9-18 ปี) มีเพศชาย 6 รายและเพศหญิง 12 ราย คิดเป็นอัตราส่วนระหว่างเพศชาย : หญิง เท่ากับ 1:2 ค่า SpO_2 ขณะพักอยู่ระหว่างร้อยละ 97-98 เมื่อหายใจในอากาศธรรมดา ค่า body mass index (BMI) ของกลุ่ม CLD และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 16.9 ± 2.6 กิโลกรัม/ตารางเมตร (12.3-21.6 กิโลกรัม/ตารางเมตร) และ 18.7 ± 2.8 กิโลกรัม/ตารางเมตร (14.1-22.7 กิโลกรัม/ตารางเมตร) ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่าง 2 กลุ่มในเรื่องของอายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง และ BMI รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3

ภาวะผิดปกติที่เป็นสาเหตุของโรคปอดเรื้อรังในผู้ป่วยกลุ่ม CLD ได้แก่

- Moderate persistent asthma (6 ราย)
- Post lobectomy (5 ราย)
- Pulmonary fibrosis (3 ราย)
- Bronchopulmonary dysplasia (2 ราย)
- Pulmonary hemosiderosis (1 ราย)
- Interstitial lung disease จากโรค microscopic polyangitis (1 ราย)

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control)

	CLD (n=18)	Control (n=18)	p-value
อายุ (ปี)	13 ± 2	12 ± 2	NS
เพศชาย : หญิง	1:2	1:2	NS
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	39.8 ± 10.1	42.9 ± 10.7	NS
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	152.7 ± 14.1	150.0 ± 12.1	NS
BMI (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	16.9 ± 2.6	18.7 ± 2.8	NS
Hb (กรัม/เดซิลิตร)	12.9 ± 1.3	12.1 ± 1.5	NS

หมายเหตุ: NS = non significant

4.2 ผลการตรวจสมรรถภาพปอด

กลุ่ม CLD ตรวจพบความผิดปกติของสมรรถภาพปอดทั้งหมด 14 ราย ผู้ป่วยบางรายมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดมากกว่า 1 ชนิด ความผิดปกติที่พบ ได้แก่

- Medium to small airway obstruction (8 ราย)
(ค่าเฉลี่ยของ $FEF_{25-75\%}$ เท่ากับ $32.5 \pm 11.8\%$ predicted value)
- Restrictive lung disease (6 ราย)
(ค่าเฉลี่ยของ TLC เท่ากับ $60.3 \pm 9.5\%$ predicted value)
- Large airway obstruction (3 ราย)
(ค่าเฉลี่ยของ FEV_1 เท่ากับ $63.7 \pm 5.0\%$ predicted value)
- Hyperinflation (2 ราย)
(ค่าเฉลี่ยของ RV เท่ากับ $170.5 \pm 10.7\%$ predicted value
และ RV/TLC เท่ากับ $41.0 \pm 1.4\%$)
- Diffusion defect (1 ราย)
(DLCO/VA เท่ากับ 77% predicted value)

มีผู้ป่วยจำนวน 7 ราย (ร้อยละ 39) ที่มีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดแบบ obstructive lung disease เพียงอย่างเดียว, 5 ราย (ร้อยละ 28) ที่มีความผิดปกติแบบ restrictive lung disease เพียงอย่างเดียว, 1 ราย (ร้อยละ 5) ที่มีความผิดปกติแบบ diffusion defect เพียงอย่างเดียว และ 1 ราย (ร้อยละ 5) ที่เป็นแบบ mixed คือมีความผิดปกติทั้ง obstructive lung disease และ restrictive lung disease ในกลุ่มที่มีความผิดปกติแบบ large airway obstruction ($FEV_1 < 80\%$ pred) พบว่ามีความรุนแรงระดับน้อย 1 ราย ($FEV_1 = 69\%$ pred) และความรุนแรงระดับปานกลาง 1 ราย ($FEV_1 = 59\%$ pred) และในกลุ่มที่มีความผิดปกติแบบ restrictive lung ($TLC < 80\%$ pred) พบมีความรุนแรงระดับน้อย 3 ราย ($TLC = 65, 63$ และ 62% pred ตามลำดับ) และความรุนแรงระดับปานกลาง 2 ราย ($TLC = 53$ และ 46% pred ตามลำดับ)

ส่วนในกลุ่มควบคุม ผลการตรวจสมรรถภาพปอดอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจสมรรถภาพปอดของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดเรื้อรังมีค่า FVC, FEV_1 , $FEF_{25-75\%}$, TLC และ RV/TLC แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่า FEV_1/FVC , RV และ DLCO/VA_(adj) ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการตรวจสมรรถภาพปอดระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control)

	CLD (n=18)	Control (n=18)	p-value
<u>Spirometry</u>			
- FVC (%pred)	77.3 ± 22.6	97.9 ± 12.5	0.002
- FEV ₁ (%pred)	74.3 ± 17.6	104.0 ± 12.6	< 0.001
- FEV ₁ /FVC (%)	83.4 ± 12.7	90.1 ± 3.8	NS
- FEF _{25-75%} (%pred)	49.9 ± 23.1	75.6 ± 18.6	< 0.001
<u>Lung volume</u>			
- TLC (%pred)	82.8 ± 18.6	95.6 ± 9.8	0.04
- RV (%pred)	103.6 ± 36.9	95.9 ± 28.3	NS
- RV/TLC (%)	30.8 ± 10.2	24.4 ± 5.9	0.04
<u>Diffusing capacity</u>			
- DLCO/VA _(adj) (%pred)	113.2 ± 27.3	109.1 ± 30.3	NS

หมายเหตุ: NS = non significant

4.3 ผลการทดสอบการออกกำลังกาย

ผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังสามารถออกกำลังกายจนถึงระดับ anaerobic threshold ได้เช่นเดียวกับเด็กปกติที่มีอายุและเพศใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่า ผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังจำนวน 11 ใน 18 ราย (ร้อยละ 61) มีค่า RER มากกว่า 1.1 ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นไม่ถึงร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และมีจำนวน 5 ใน 11 ราย (ร้อยละ 45) ที่มีค่า SpO₂ ลดลงมากกว่าร้อยละ 4 จากค่าพื้นฐานขณะพัก

เมื่อเปรียบเทียบค่าต่างๆที่ได้จากการทดสอบการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังกับกลุ่มเด็กปกติ ในเรื่องของค่า VO₂/kg, VCO₂/kg, MET, power, V_E, HR และ exercise time ที่ anaerobic threshold จะพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม (ตารางที่ 5) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่าต่างๆดังกล่าวระหว่าง 2 กลุ่ม เมื่อออกกำลังกายจนถึงจุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยขอสิ้นสุดการทดสอบ (Exhaustion) พบว่า กลุ่มเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง มีค่า

VO_2/kg , VCO_2/kg , MET, power, V_E , HR และ exercise time น้อยกว่ากลุ่มเด็กปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยตัดผู้ป่วยกลุ่มเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังที่มีผลการตรวจสมรรถภาพปอดอยู่ในเกณฑ์ปกติออกไป ก็พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังกับกลุ่มเด็กปกติ ในเรื่องของค่า parameters ต่างๆดังกล่าวข้างต้น เมื่อออกกำลังกายจนถึงระดับ anaerobic threshold

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง VO_2 , VCO_2 และระดับความหนักของการออกกำลังกายเมื่อเวลาผ่านไป จะพบว่า ทั้งในกลุ่มเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง และกลุ่มเด็กปกติ ค่า VO_2 และ VCO_2 จะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความหนักของการออกกำลังกาย (ระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย) ที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 12 และ 13) อย่างไรก็ตาม เมื่อดูแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของค่า VO_2 และ VCO_2 ในกลุ่มเด็กโรคปอดเรื้อรังเปรียบเทียบกับกลุ่มเด็กปกติ พบว่าในช่วงเริ่มแรกของการออกกำลังกาย ค่า VO_2 ของกลุ่มเด็กโรคปอดเรื้อรังจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มเด็กปกติ แต่เมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นจนถึงจุด anaerobic threshold กลับพบว่ากลุ่มเด็กปกติกลับมีแนวโน้มของค่า VO_2 สูงขึ้นมากกว่า (ภาพที่ 14) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า VCO_2 พบว่ามีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในทำนองดังกล่าวเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 15)

การศึกษานี้ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจสมรรถภาพปอด (FVC , FEV_1 , $FEF_{25-75\%}$, TLC , RV , RV/TLC และ $DLCO/VA_{(adj)}$) ในขณะพักกับค่า MET ($r = 0.12, 0.02, 0.22, 0.19, 0.16, 0.02, 0.12$) ตามลำดับ

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการทดสอบการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control)

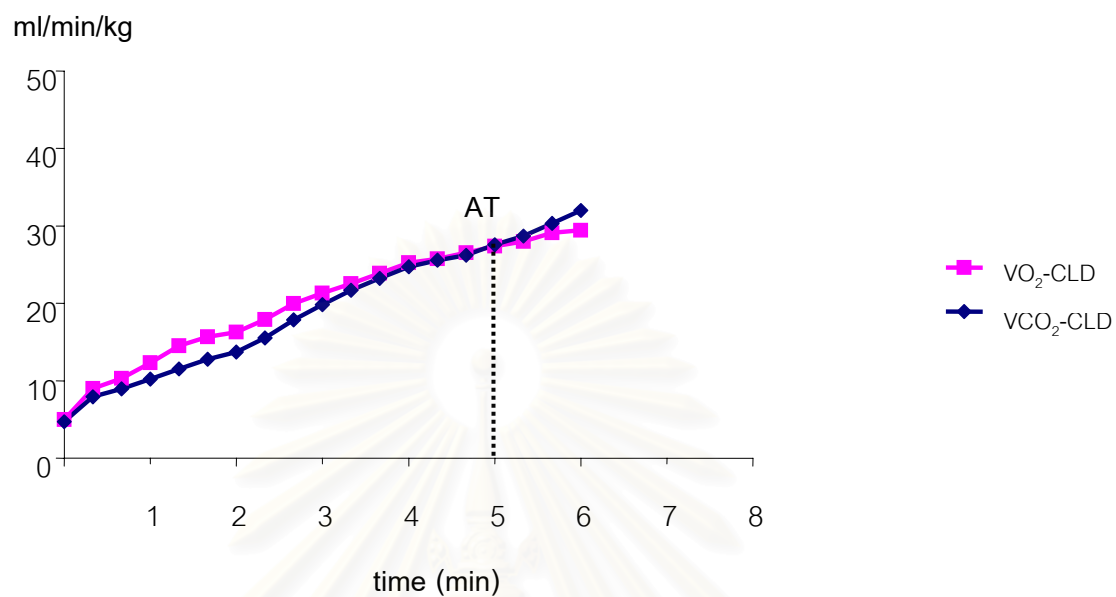
	CLD (n=18)	Control (n=18)	p-value
<u>ที่ anaerobic threshold</u>			
VO ₂ /kg (ml/min/kg)	27.8 ± 6.1	26.8 ± 5.9	NS
VCO ₂ /kg (ml/min/kg)	30.5 ± 6.2	30.4 ± 6.4	NS
MET	7.9 ± 1.7	7.7 ± 1.7	NS
Power (Watt)	63.2 ± 62.1	62.1 ± 42.7	NS
V _E (L/min)	41.4 ± 14.3	39.3 ± 8.3	NS
HR (beats/min)	161.0 ± 14.8	165.0 ± 16.6	NS
Exercise time (min)	4.9 ± 1.8	5.2 ± 1.6	NS
<u>ที่ exhaustion (VO₂max)</u>			
VO ₂ /kg (ml/min/kg)	28.5 ± 6.5	32.7 ± 6.3	0.047
VCO ₂ /kg (ml/min/kg)	34.1 ± 6.8	41.3 ± 7.4	0.002
MET	8.1 ± 1.9	9.3 ± 1.8	0.047
Power (Watt)	85.4 ± 68.9	125.3 ± 54.6	0.034
V _E (L/min)	46.7 ± 18.5	55.5 ± 12.4	0.016
HR (beats/min)	172.0 ± 15.0	188.0 ± 8.0	0.001
Exercise time (min)	6.1 ± 2.0	7.8 ± 1.7	0.01

หมายเหตุ

NS = non significant

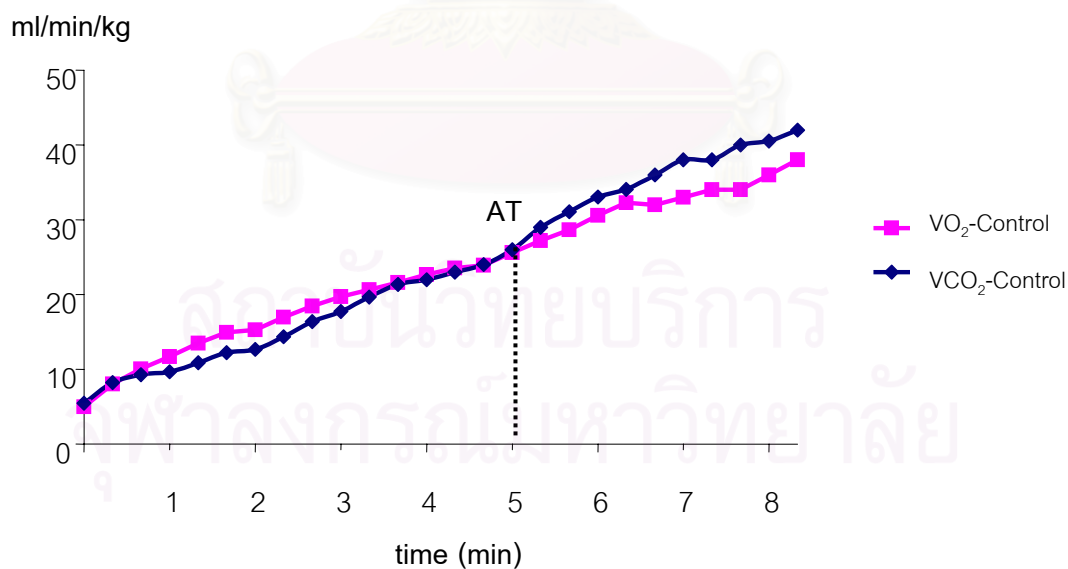
1 MET = 3.5 ml O₂ / kg / min

ภาพที่ 12 แสดงค่า VO_2 - VCO_2 kinetic ของกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD) ขณะออกกำลังกาย



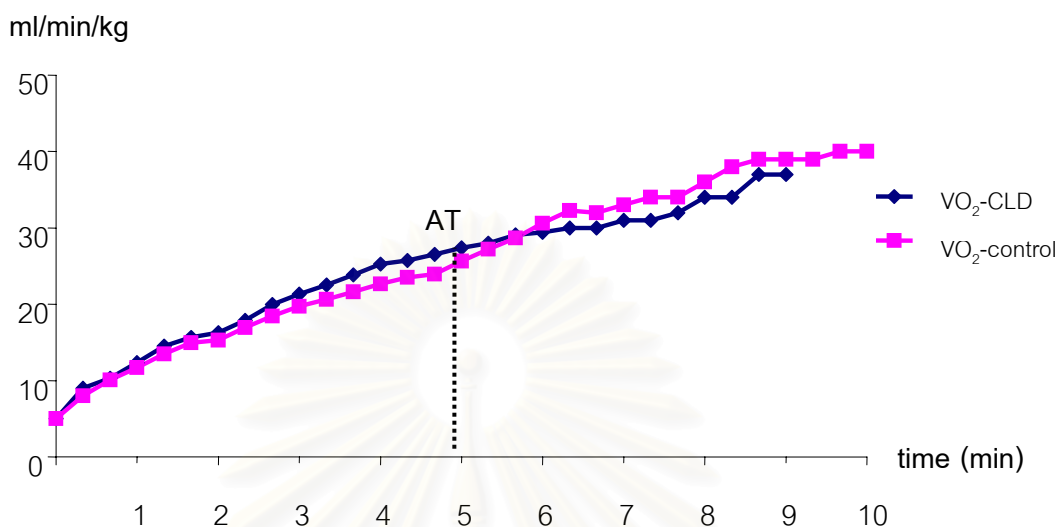
หมายเหตุ: AT = anaerobic threshold

ภาพที่ 13 แสดงค่า VO_2 - VCO_2 kinetic ของกลุ่มเด็กปกติ (Control) ขณะออกกำลังกาย



หมายเหตุ: AT = anaerobic threshold

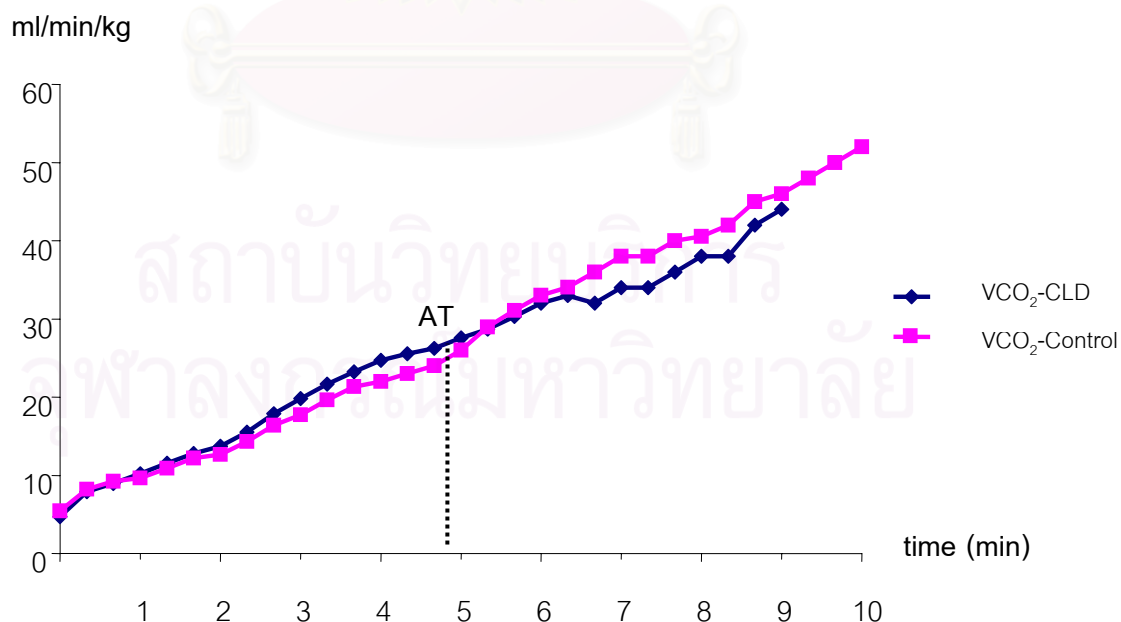
ภาพที่ 14 เปรียบเทียบค่า VO_2 uptake kinetic ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control) ขณะออกกำลังกาย *



หมายเหตุ: * ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่า VO_2 ในแต่ละนาที

AT = anaerobic threshold

ภาพที่ 15 เปรียบเทียบค่า VCO_2 output kinetic ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง (CLD) และกลุ่มเด็กปกติ (Control) ขณะออกกำลังกาย *



หมายเหตุ: * ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่า VCO_2 ในแต่ละนาที

AT = anaerobic threshold

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังส่วนใหญ่ยังมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดเหลืออยู่ ความผิดปกติที่พบมีได้หลายแบบขึ้นกับภาวะที่เป็นสาเหตุของโรคปอดเรื้อรังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังจำนวน 15 ใน 18 ราย ยังคงมีสมรรถภาพปอดผิดปกติ โดยพบเป็นความผิดปกติแบบ medium to small airway obstruction มากที่สุด คือจำนวน 8 รายจากผู้ป่วยทั้งหมด 18 ราย ในจำนวนนี้เป็นผู้ป่วยที่เป็น moderate persistent asthma 6 ราย และผู้ป่วย BPD 2 ราย จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ผู้ป่วย BPD ทั้ง 2 ราย (อายุ 10 ปี และ 11 ปี ตามลำดับ) ยังคงมีสมรรถภาพปอดผิดปกติ แม้ว่า BPD จะเป็นโรคที่เกิดขึ้นตั้งแต่ในช่วงแรกเกิดของผู้ป่วย ซึ่งการศึกษาในต่างประเทศมีรายงานพบความผิดปกติแบบ obstructive airway disease ที่มีความรุนแรงตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงปานกลาง และภาวะ hyperinflation ในผู้ป่วย BPD ที่อายุมากขึ้นแล้ว (อายุที่ทำการศึกษาดังแต่ 5 ปีถึง 12 ปี) ^(18,21,24) และมีบางการศึกษาที่พบว่า สมรรถภาพปอดของผู้ป่วยเด็กที่เป็น BPD กลับมาเป็นปกติเมื่ออายุประมาณ 5-10 ปี ระยะเวลาของการมีสมรรถภาพปอดผิดปกติในผู้ป่วยเหล่านี้ อาจขึ้นกับความรุนแรงของโรค BPD อายุครรภ์ตอนแรกเกิด น้ำหนักแรกเกิด และวิธีการรักษาในช่วงแรกเกิด การศึกษาของ Bader และคณะ ⁽¹⁸⁾ พบว่าภาวะ airway obstruction ในผู้ป่วยเด็กที่เป็น BPD มีความสัมพันธ์กับอายุครรภ์ และระยะเวลาในการใช้เครื่องช่วยหายใจในช่วงแรกเกิด นอกจากภาวะ airway obstruction แล้ว ยังอาจพบภาวะหลอดลมไวเกินภายหลังการออกกำลังกายร่วมด้วย ^(14,15,17-19) ทำให้ผู้ป่วยเหล่านี้มีความสามารถในการออกกำลังกายลดลง

โดยทั่วไปแล้ว ในขณะที่มีการออกกำลังกาย ร่างกายมีความจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ อัตราการใช้ออกซิเจนหรือ VO_2 จึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนักของการออกกำลังกาย ในขณะเดียวกัน เมื่อมีการสันดาปพลังงาน ก็จะมีการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเพิ่มขึ้น ค่า VCO_2 จึงมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับค่า VO_2 จนกระทั่งออกกำลังกายจนถึงจุด anaerobic threshold ซึ่งเป็นจุดที่ร่างกายมีการสันดาปพลังงานจาก anaerobic pathway ทำให้มีการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อและในเลือดมากขึ้น ร่างกายจำเป็นต้องขับกรดออก เพื่อรักษาสมดุลของกรด-ด่างในร่างกาย โดยส่วนใหญ่จะขับกรดออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นเมื่อออกกำลังกายจนถึงระดับ anaerobic

threshold เป็นต้นไป การขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายจะเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป ทำให้ค่า $VCO_2/VO_2 > 1.0$

การที่คนเราจะสามารถออกกำลังกายได้ตามปกตินั้น จะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต ซึ่งจะนำออกซิเจนที่ได้จากการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดไปยังกล้ามเนื้อ และนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตของ cell metabolism ขับออกจากร่างกายทางระบบหายใจ ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของระบบหายใจหรือระบบไหลเวียนโลหิต อาจไม่สามารถออกกำลังกายได้ตามปกติ หรือมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นในขณะที่ออกกำลังกายได้นอกจากนี้ภาวะทุพโภชนาการยังมีผลทำให้ oxidative capacity ของกล้ามเนื้อลดลง ส่งผลให้พลังงานที่จะใช้ในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อในขณะที่ออกกำลังกายลดลง และเกิดภาวะ exercise intolerance ได้

มีหลายการศึกษาในต่างประเทศ ที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังชนิดต่างๆ เช่น ในผู้ป่วยเด็กที่เป็น BPD พบว่าผู้ป่วยเหล่านี้มี aerobic capacity (วัดโดยดูค่า VO_2 เมื่อออกกำลังกายจนถึงระดับ maximum exercise) อาจจะมีค่าลดลง⁽¹⁹⁾ หรือทำได้ในระดับเดียวกับเด็กปกติ^(18,21,24,57) แต่จะพบภาวะ desaturation และ hypercarbia ได้ในขณะที่ออกกำลังกายจนถึง maximum exercise^(18,19,21) ผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดเรื้อรังที่มีสาเหตุจากภาวะอื่นๆ เช่น bronchiectasis, interstitial lung disease อาจมี aerobic capacity ลดลง และมี desaturation เกิดขึ้นได้ในขณะที่ออกกำลังกาย⁽⁵⁸⁾ ความสามารถในการออกกำลังกายกับความผิดปกติของการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ตรวจพบในขณะพัก หรือความรุนแรงของโรคที่ประเมินได้ในขณะพัก อาจไม่มีความสัมพันธ์กัน⁽⁵⁹⁻⁶¹⁾ ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังที่มีสาเหตุมาจากหลายๆ สาเหตุ ไม่ได้ทำการศึกษาเฉพาะในผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังโรคใดโรคหนึ่งโดยเฉพาะ เนื่องจากประชากรในแต่ละกลุ่มโรคมีค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตาม ในศึกษานี้พบว่า ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังสามารถออกกำลังกายได้ถึงระดับ anaerobic threshold ได้เช่นเดียวกับเด็กปกติ และค่า VO_2 ที่วัดได้ที่จุด anaerobic threshold ไม่ต่างจากเด็กปกติ แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการออกกำลังกายในช่วง aerobic metabolism ของเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังไม่แตกต่างจากเด็กปกติที่มีเพศเดียวกัน และอายุใกล้เคียงกัน และเมื่อนำค่า VO_2 ดังกล่าว ไปคำนวณหาค่า MET ก็พบว่า ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังสามารถมีระดับกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมที่ใช้พลังงานจาก aerobic metabolism ได้ในระดับเดียวกับเด็กปกติ ตัวอย่างเช่น การเล่นเปตอง ว่ายน้ำ เล่นกอล์ฟ สนุกเกอร์ แบดมินตัน เล่น hockey ในสนาม เป็นต้น โดยสามารถทำกิจกรรมเหล่านี้ได้จนรู้สึกเหนื่อย แต่ถ้าทำกิจกรรมเกินกว่าค่า MET ที่คำนวณได้ เช่น การตี squash

จะต้องใช้พลังงานจาก anaerobic pathway ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังจะมีความสามารถในการออกกำลังกายในช่วง aerobic metabolism ไม่แตกต่างจากเด็กปกติก็ตาม การศึกษานี้พบว่า มีผู้ป่วยร้อยละ 61 ที่มีค่า RER > 1.1 ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายเพิ่มขึ้นไม่ถึงร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และร้อยละ 45 ของผู้ป่วยมีภาวะ desaturation เกิดขึ้นในขณะพัก สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยถูกจำกัดด้วยความผิดปกติของระบบหายใจ แม้จะพบว่าค่า VO_2 ที่ระดับ anaerobic threshold ไม่ต่ำกว่าเด็กปกติก็ตาม แต่หากเพิ่มระดับความหนักของการออกกำลังกายมากขึ้น ค่า VO_2 ดังกล่าวอาจลดลง และอาจส่งผลให้ผู้ป่วยเหล่านี้ออกกำลังกายได้ไม่นานเท่ากับเด็กปกติ ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า เมื่อนำค่า VO_2 และ VCO_2 ของผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังและเด็กปกติมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน (ภาพที่ 14 และ 15) จะเห็นว่าในระยะหลังๆของการออกกำลังกาย ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีแนวโน้มของการใช้ออกซิเจน (VO_2) และการขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย (VCO_2) ลดลงเมื่อเทียบกับเด็กปกติ แสดงให้เห็นว่า ในระยะหลังๆของการออกกำลังกาย ผู้ป่วยที่เป็นโรคปอดเรื้อรังมีความสามารถในการใช้ออกซิเจน และขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกายลดลง ทั้งนี้คงเนื่องมาจากความผิดปกติของระบบหายใจที่ยังหลงเหลืออยู่ การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของค่า VO_2 และ VCO_2 ระหว่างกลุ่มเด็กโรคปอดเรื้อรังและกลุ่มเด็กปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากประชากรในกลุ่มเด็กโรคปอดเรื้อรังที่สามารถออกกำลังกายได้นานเกินกว่า 6 นาทีขึ้นไปมีจำนวนน้อย การศึกษาในจำนวนประชากรที่มากขึ้นอาจช่วยให้เห็นความแตกต่างในเรื่องดังกล่าวได้อย่างชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่า VO_2 , VCO_2 , MET และค่า power ที่วัดได้ ณ จุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายจนรู้สึกเหนื่อยและจะหมดแรง (Exhaustion) จะพบว่า ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีค่าต่างๆดังกล่าวน้อยกว่าเด็กปกติอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ค่า V_E , อัตราการเต้นหัวใจที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการออกกำลังกายจนรู้สึกเหนื่อยก็น้อยกว่าเด็กปกติอย่างมีนัยสำคัญด้วย สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีความทนทานในการออกกำลังกายน้อยกว่าเด็กปกติ

การศึกษานี้ยังชี้ให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังจะมีสมรรถภาพปอดในขณะพักต่ำกว่าเด็กปกติ แต่ก็สามารถมีระดับของการทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบไม่ใช้ anaerobic metabolism ได้เท่ากับเด็กปกติ อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังอาจมีความทนทานในการออกกำลังกายได้ไม่ดีเท่ากับเด็กปกติ ดังกล่าวข้างต้น และอาจมีภาวะขาดออกซิเจนเกิดขึ้นได้ในขณะออกกำลังกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักมากขึ้นเรื่อยๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในผลการศึกษานี้ ดังนั้น การทดสอบการออกกำลังกายในผู้ป่วยเด็กโรค

ปอดเรื้อรัง จึงอาจมีความจำเป็นสำหรับการประเมินความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยเด็กกลุ่มนี้ ช่วยให้แพทย์สามารถวินิจฉัยความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะออกกำลังกาย และสามารถให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยในเรื่องเกี่ยวกับการออกกำลังกายได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และไม่ก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยได้

การศึกษานี้พบว่า ค่าที่วัดได้จากการตรวจสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังในขณะพัก ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสม การศึกษาในอดีตที่ผ่านมาพบว่า ผู้ป่วยโรคปอดเรื้อรังบางราย เช่น ผู้ป่วยที่มี interstitial lung disease มีการแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะพักปกติ แต่ตรวจพบว่า มีการลดลงของค่า diffusing capacity ของปอด และมีภาวะ desaturation เกิดขึ้นในขณะออกกำลังกาย⁽⁶¹⁾ ผู้ป่วยที่เป็น asthma บางรายอาจตรวจไม่พบสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติในขณะพัก แต่มีค่า FEV₁ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังออกกำลังกาย⁽⁶²⁾ ซึ่งการลดลงของค่าดังกล่าวสามารถส่งผลให้เกิดภาวะ exercise intolerance หรือความสามารถในการออกกำลังกายลดลงได้ ดังนั้น การประเมินความสามารถในการออกกำลังกายของผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังควรอาศัยการทดสอบการออกกำลังกายร่วมด้วย ไม่ควรประเมินโดยอาศัยการตรวจสมรรถภาพปอดในขณะพักแต่เพียงอย่างเดียว

สรุปผลการวิจัย

ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังมีความสามารถในการทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายจนถึงระดับ anaerobic threshold ไม่ต่างจากเด็กปกติ แม้ว่าบางรายจะยังคงมีความผิดปกติของสมรรถภาพปอดหลงเหลืออยู่ อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรังจะมีความสามารถในการออกกำลังกายลดลงเมื่อเทียบกับเด็กปกติถ้าออกกำลังกายเลยจุด anaerobic threshold เพราะยังมีข้อจำกัดในการออกกำลังกายซึ่งมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของระบบหายใจ สมรรถภาพปอดที่ตรวจวัดได้ในขณะพัก ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ จำนวนประชากรค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแยกประชากรออกเป็นกลุ่มต่างๆ ตามชนิดของความผิดปกติของสมรรถภาพปอด และระดับความรุนแรงของความผิดปกตินั้นๆ และไม่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดหรือระดับความรุนแรงของสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติกับระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่

เหมาะสม ซึ่งหากทำการศึกษาในจำนวนประชากรที่มากขึ้น ก็อาจจะทำให้สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ และอาจเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้นในการนำไปใช้ในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังชนิดต่างๆ หรือมีระดับความรุนแรงของโรคต่างๆ กันได้

นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเกี่ยวกับผลของการส่งเสริมการออกกำลังกายต่อการเพิ่มสมรรถภาพการทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต และความสามารถในการออกกำลังกายในผู้ป่วยเด็กโรคปอดเรื้อรัง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. American thoracic society documents: Statement on the care of the child with chronic lung disease of infancy and childhood. Am J Respir Crit Care Med 168 (2003): 356-9.
2. Lemons, J.A., Bauer, C.R., Oh, W., et al. Very low birth weight outcomes of the National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network, January 1995 through December 1996. Pediatrics 107 (2001): 1-8.
3. Jobe, A.H., and Bancalari, E. Bronchopulmonary dysplasia. Am J Respir Crit Care Med 163 (2001): 1723-9.
4. Pierce, M.R., and Bancalari, E. The role of inflammation in the pathogenesis of bronchopulmonary dysplasia. Pediatr Pulmonol 19 (1995): 371-8.
5. Rossi, U.G., and Owens, C.M. The radiology of chronic lung disease in children. Arch Dis Child 90 (2005): 601-7.
6. Hislop, A.A., and Haworth, S.G. Pulmonary vascular damage and the development of cor-pulmonale following hyaline membrane disease. Pediatr Pulmonol 9 (1990): 152-61.
7. Lassus, P., Turanlahti, M., Heikkila, P., et al. Pulmonary vascular endothelial growth factor and Flt-1 in fetuses in acute and chronic lung disease, and in persistent pulmonary hypertension of the newborn. Am J Respir Crit Care Med 164 (2001): 1981-7.
8. Bhandari, A., and Bhandari, V. Pathogenesis, pathology and pathophysiology of pulmonary sequelae of bronchopulmonary dysplasia in premature infants. Front Biosci 8 (2003): 370-80.
9. Gerhardt, T., Hehre, D., Feller, R., Reifenberg, L., and Bancalari, E. Serial determination of pulmonary function in infants with chronic lung disease. J Pediatr 110 (1987): 448-56.
10. Wikie, R.A., and Bryan, M.H. Effect of bronchodilators on airway resistance in ventilator-dependent neonates with chronic lung disease. J Pediatr 111 (1987): 278-82.

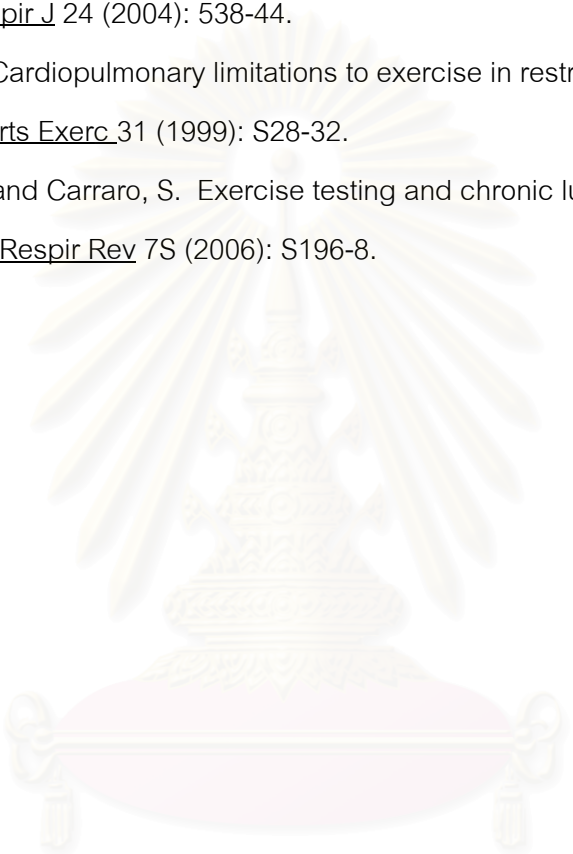
11. Wolfson, M.R., Bhutani, V.K., Shaffer, T.H., and Bowen, F.W., Jr. Mechanics and energetics of breathing helium in infants with bronchopulmonary dysplasia. J Pediatr 104 (1984): 752-7.
12. Weinstein, M.R, and Oh, W. Oxygen consumption in infants with bronchopulmonary dysplasia. J Pediatr 99 (1981): 958-61.
13. Kurzner, S.I., Gary, M., Bautista, D.B., Sargent, C.W., Bowman, C.M., and Keens, T.G. Growth failure in bronchopulmonary dysplasia: elevated metabolic rates and pulmonary mechanics. J Pediatr 112 (1988): 73-80.
14. Northway, W.H., Moss, R.B., Carlisle, K.B., et al. Late pulmonary sequelae of bronchopulmonary dysplasia. N Eng J Med 323 (1990): 1793-9.
15. Koumbourlis, A.C., Motoyama, E.K., Mutich, R.L., Mallory, G.B., Walczak, S.A., and Fertal, K. Longitudinal follow-up of lung function from childhood to adolescence in prematurely born patients with neonatal chronic lung disease. Pediatr Pulmonol 21 (1996): 28-34.
16. Korhonen, P., Laitinen, J., Hyodynmaa, E., Tammela, O. Respiratory outcome in school-aged, very-low-birth-weight children in the surfactant era. Acta Pediatr 93 (2004): 316-21.
17. Blayney, M., Karen, E., Whyte, H., and O'Brodouich, H. Bronchopulmonary dysplasia: improvement in lung function between 7 and 10 years of age. J Pediatr 118 (1991): 201-6.
18. Bader, D., Ramos, A.D., Lew, C.D, Platzker, A.C, Stabile, M.W, and Keens, T.G. Childhood sequelae of infant lung disease: exercise and pulmonary function abnormalities after bronchopulmonary dysplasia. J Pediatr 110 (1987): 693-9.
19. Santuz, P., Baraldi, E., Zaramella, P., Filippone, M., and Zacchello, F. Factors limiting exercise performance in long-term survivor of bronchopulmonary dysplasia. Am J Respir Crit Care Med 152 (1995): 1284-9.
20. Parat, S., Moriette, G., Delaperche, M.F., Escourrou, P., Denjean, A., and Gaultier, C. Long term pulmonary functional outcome of bronchopulmonary dysplasia and premature birth. Pediatr Pulmonol 20 (1995): 289-96.

21. Jacob, S.V., Lands, L.C., Coates, A.L., et al. Exercise ability in survivor of severe bronchopulmonary dysplasia. Am J Respir Crit Care Med 155 (1997): 1925-9.
22. Mitchell, S.H., and Teague, W.G. Reduced gas transfer at rest and during exercise in school-age survivors of bronchopulmonary dysplasia. Am J Respir Crit Care Med 157 (1998): 1406-12.
23. Kilbride, H.W., Gelatt, M.C., Sabath, R.J. Pulmonary function and exercise capacity for ELBW survivors in preadolescence effect of neonatal chronic lung disease. J Pediatr 143 (2003): 488-93.
24. Kriemler, S., Keller, H., Saigal, S., and Bar-Or, O. Aerobic and lung performance in premature children with and without chronic lung disease. Clin J of Sport Med 15 (2005): 349-55.
25. Homnick, D.N., and Marks, J.H. Exercise and sports in the adolescent with chronic pulmonary disease. Adolesc Med 9 (1998): 467-81.
26. Turchetta, A., Salerno, T., Lucidi, V., Libera, F., Cutera, R., and Bush, A. Usefulness of a program of hospital-supervised physical training in patients with cystic fibrosis. Pediatr Pulmonol 38 (2004): 115-8.
27. Mueller, G.A., and Eigen, H. Pediatric pulmonary function testing in asthma. Pediatr Clin North Am 39 (1992): 1243-58.
28. Ruppel, G.L. Manual of pulmonary function testing. 8th ed. St Louis: The C.V. Mosby, 2003.
29. European Respiratory Society. Clinical exercise testing with reference to lung disease: indications, standardization and interpretation strategies. Eur Respir J 10 (1997): 2662-89.
30. Ries, A.L. Measurement of lung volumes. Clin Chest Med 10 (1989): 177-86.
31. Solberg, G., Robstad, B., Skijosberg, O.H., and Borchsenium, F. Respiratory gas exchange indices for estimating the anaerobic threshold. J Sports Sci Med 4 (2005): 29-36.
32. Fletcher, G.F., Balady, G., Froelicher, V.F., Hartley, L. H., Haskell, W.L., and Pollock, M.L. Exercise standards: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation 91 (1995): 580-615.

33. Christon, H., and Brodsky, D. Lung injury and bronchopulmonary dysplasia in newborn infants. J Intensive Care Med 20 (2005): 76-87.
34. Husain, A.N., Siddiqui, N.H., and Stocker, J.T. Pathology of arrested acinar development in postsurfactant bronchopulmonary dysplasia. Hun Pathol 29 (1998): 710-7.
35. Eber, E., and Zach, M.S. Long term sequelae of chronic lung disease of infancy: Review Series. Thorax 56, 4 (2001): 317-323.
36. Bancalari, E. Changes in the pathogenesis and prevention of chronic lung disease of prematurity. Am J Perinatol 18 (2001): 1-9.
37. Pierce, M.R., and Bancolar, E. The role of inflammation in the pathogenesis of bronchopulmonary dysplasia. Pediatr Pulmonol 19 (1995): 371-8.
38. NHLBI/WHO workshop report. Pocket guide for asthma management and prevention. NIH publication, 2004.
39. AARC clinical practice guideline: Spirometry 1996 update. Respir Care 41 (1996): 629-36.
40. Crapo, R.O. Pulmonary function testing. N Eng J Med 331 (1994): 25-30.
41. Pride, N.B. Tests of forced expiration and inspiration. Clin Chest Med 22 (2001): 599-622.
42. Barreiro, T.J., and Perillo, I. An approach to interpreting spirometry. Am Fam Physician 69 (2004): 1107-14.
43. Quanjer, P.H., Lebowitz, M.D., Gregg, J., Miller, M.R., and Pedersen, O.F. Peak expiratory flow: conclusion and recommendation of a Working Party of the European Respiratory Society. Eur Respir J 10, suppl 24 (1997): S2-8.
44. Wanger, J., Clausen, J.L., Coates, A., et al. Standardization of the measurement of lung volumes. Eur Respir J 26 (2005): 511-22.
45. Marchal, F., and Schweitzer, C. Plethysmography and gas dilution techniques. In J. Hammer; and E. Eber (eds.), Pediatric pulmonary function testing, pp 103-117. Basel: Karger, 2005.
46. West, J.B. Respiratory physiology the essentials. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

47. Crapo, R.O., Jensen, R.L., and Wanger, J.S. Single-breath carbonmonoxide diffusing capacity. Clin Chest Med 22 (2001): 637-59.
48. ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัฒน์. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพมหานคร: ธรรมการพิมพ์, 2536.
49. Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Whipp, B.J., and Casaburi, R. Principles of exercise testing and interpretations. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994.
50. Stephens, P., Jr., and Paridon, S.M. Exercise testing in pediatrics. Pediatr Clin North Am 51,6 (2004): 1569-87.
51. McArdle, W.D., Katch, F.I., and Katch, V.L. Essentials of exercise physiology. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
52. Pineda, H., Hass, F., Axen, K., and Hass, A. Accuracy of pulmonary function tests in predicting exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease. Chest 86 (1984): 564-7.
53. ปิยะลัมพร หะวานนท์. การพิจารณาขนาดตัวอย่าง. ใน ภิรมย์ กมลรัตนกุล, มนต์ชัย ชาลา ประวรรตน์ และทวีสิน ต้นประยูร (บรรณาธิการ), หลักการทําวิจัยให้สำเร็จ, หน้า 125-30. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น, 2543.
54. Operator manual. Vmax 6200 Autobox. California: SensorMedics, 1997.
55. American Thoracic Society. Standardization of spirometry 1994 update. Am J Respir Crit Care 152 (1995): 1107-36.
56. Mandadzhieva, S., Marinov, B., Kostianev, S., and Turmovska, T. Anthropometric and cardiopulmonary parameters in Bulgarian and Romany ahildren: cross-sectional study. Croat Med J 46 (2005): 294-301.
57. Bhandari, A., and Panitch, H.B. Pulmonary outcomes in bronchopulmonary dysplasia. Semin perinatol 30 (2006): 219-26.
58. Swaminathan, S., Kuppurao, K.V., Somu, N., and Vijayan, V.K. Reduced exercise capacity in non - cystic fibrosis bronchiectasis. Indian J Pediatr 70 (2003): 553-6.

59. Dodd, J.D., Barry, S.C., Bary, R.B., Gallagher, C.G., Skehan, S.J., and Masterson, J.B. Thin – section CT in patients with cystic fibrosis: correlation with peak exercise capacity and body mass index. Radiology 240 (2006): 236-45.
60. Edwards, E.A., Narang, I., Li, A., Hansell, D.M., Rosenthal, M., and Bush, A. HRCT lung abnormalities are not a surrogate for exercise limitation in bronchiectasis. Eur Respir J 24 (2004): 538-44.
61. Hsia, C.C. Cardiopulmonary limitations to exercise in restrictive lung disease. Med Sci Sports Exerc 31 (1999): S28-32.
62. Baraldi, E., and Carraro, S. Exercise testing and chronic lung diseases in children. Pediatr Respir Rev 7S (2006): S196-8.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกาย/การออกกำลังกาย

: การเล่นกีฬา (ระบุชนิด)

☐ ทุกวัน

☐ ≥ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

☐ 1-2 ชั่วโมง/สัปดาห์

☐ ไม่เล่น

: การวิ่ง

☐ ≥ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

☐ 1-2 ชั่วโมง/สัปดาห์

☐ < 1 ชั่วโมง/สัปดาห์

: การเดิน

☐ ≥ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

☐ 1-2 ชั่วโมง/สัปดาห์

☐ < 1 ชั่วโมง/สัปดาห์

2. การตรวจร่างกายก่อนการทดสอบ

- BW Kg Ht cm BMIKg/m²

- HR /min

- SpO₂ in room air %

- Heart

- Breath sound

3. ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ

- CXR ทำวันที่

ผล ☐ normal

☐ abnormal (ระบุ)

- CBC ทำวันที่

ผล Hb

4. ผลการตรวจสมรรถภาพปอด (ทำวันที่

4.1 Spirometry

FVC% predicted FEV₁/FVC%

FEV₁ % predicted FEF_{25-75%}% predicted

4.2 Lung volumes

TLC % predicted RV/TLC%

RV% predicted

4.3 Diffusion

DLCO(adj)% predicted DLCO/VA_(adj) % predicted

VA

การแปลผล ☐ normal

☐ abnormal : ☐ airway obstruction ☐ mild ☐ moderate ☐ severe

☐ restriction ☐ mild ☐ moderate ☐ severe

☐ hyperinflation ☐ mild ☐ moderate ☐ severe

☐ diffusion defect ☐ mild ☐ moderate ☐ severe

5. ผลการตรวจการออกกำลังกาย (ทำวันที่

maximum speed (km/hr) Maximum grade (%)

parameter	unit	AT value
VO ₂ (STPD)	l/min	
VO ₂ /Kg	ml/min/kg	
VCO ₂ (STPD)	l/min	
RER		

สาเหตุของการสิ้นสุดการทดสอบการออกกำลังกาย :

☐ อาสาสมัครออกกำลังกายถึง maximum exercise แล้ว (RER = max HR =)

☐ อาสาสมัครไม่สามารถออกกำลังกายได้อีกต่อไปเนื่องจาก

☐ มีอาการแสดงของภาวะ poor perfusion คือ.....

☐ ไม่มีอาการแสดงของภาวะ poor perfusion แต่อาสาสมัครไม่ต้องการทำการทดสอบต่อไป เนื่องจาก.....

อาสาสมัครออกกำลังกายถึง anaerobic threshold หรือไม่

☐ ถึง ค่า $\text{VO}_2/\text{Kg} = \dots\dots\dots \text{ml/min/kg}$

☐ ไม่ถึง

ค่า MET =

ระดับกิจกรรมการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับอาสาสมัครคือ.....

ผู้เก็บข้อมูล.....

วันที่.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แบบยินยอมของผู้ป่วยเพื่อเข้าร่วมการศึกษา

เลขที่ผู้ป่วย ชื่อและนามสกุล ลำดับที่

ชื่อโครงการ ระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กและวัยรุ่นที่เป็นโรคปอดเรื้อรัง

ชื่อผู้วิจัย ผศ.พญ.สุชาดา ศรีทิพย์วรรณ, น.ส.จันทนา หาญฤทธากร, ผศ.นพ.สมพล สงวนวงศ์ศิริกุล,
รศ.พญ.นวลจันทร์ ปราบพาล, รศ.พญ.จิตลัดดา ดีโรจนวงศ์, ผศ.นพ.รุจิภัตต์ สำราญสำรวงกิจ

1. คำชี้แจงเกี่ยวกับโรคที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยและวัตถุประสงค์ของการศึกษารั้งนี้

โรคปอดเรื้อรัง เป็นโรคที่มีการอักเสบแบบเรื้อรังของถุงลมและเนื้อเยื่อปอด บางรายอาจมีการอักเสบแบบเรื้อรังของทางเดินหายใจร่วมด้วย เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การใช้ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูงหรือใช้เครื่องช่วยหายใจแรงดันบวกเป็นเวลานานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กคลอดก่อนกำหนด การติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างแบบซ้ำๆหรือเรื้อรัง การสูดสำลักลงปอดแบบเรื้อรัง หรือการมีเลือดออกที่ถุงลม เป็นต้น ผู้ป่วยจะมีอาการทางระบบหายใจ เช่น หายใจลำบาก หายใจเร็ว หอบ เหนื่อยง่าย มีเสมหะคั่งค้าง หลอดลมหดเกร็งง่ายเมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นจากภายนอก เลี้ยงไม่โต ผู้ป่วยบางรายที่มีภาวะขาดออกซิเจนแบบเรื้อรัง อาจมีภาวะแทรกซ้อนทางระบบหัวใจและหลอดเลือด ร่วมด้วย เช่น มีความดันเลือดในปอดสูง หัวใจซีกขวาวาย เป็นต้น การออกกำลังกายอาจมีส่วนกระตุ้นให้ผู้ป่วยเด็กที่เป็นโรคปอดเรื้อรังเกิดอาการทางระบบหายใจ นอกจากนี้การออกกำลังกายหรือการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆตามมาได้ เช่น ถ้าออกกำลังกายมากเกินไปอาจทำให้สมรรถภาพปอดหรือการแลกเปลี่ยนก๊าซในถุงลมในขณะออกกำลังกายลดลง ส่งผลให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนและเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยได้ ในขณะเดียวกันถ้าออกกำลังกายน้อยเกินไปหรือไม่ก็ออกกำลังกายเลย ก็อาจทำให้สมรรถภาพการทำงานของปอดและหัวใจลดลงได้เช่นกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการหาระดับความหนักของการออกกำลังกายหรือการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรัง และความสัมพันธ์กับสมรรถภาพปอดของผู้ป่วยในขณะนั้น เพื่อที่จะได้เป็นข้อมูลในการแนะนำเกี่ยวกับกิจกรรมการออกกำลังกายหรือการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วยเหล่านี้

2. คำชี้แจงเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการของการศึกษาตลอดจนผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นได้จากการศึกษา

เมื่อท่านยินยอมให้บุตร (หรือผู้ที่อยู่ในความดูแลตามกฎหมาย) ของท่านเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำการวิจัยจะทำการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และบันทึกผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องลงในแบบบันทึกการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย หลังจากนั้นบุตร (หรือผู้ที่อยู่ในความดูแลตามกฎหมาย) ของท่านจะได้รับการตรวจสอบสมรรถภาพปอดและทดสอบการออกกำลังกายตามลำดับ

การตรวจสอบสมรรถภาพปอดเป็นการตรวจเพื่อวินิจฉัย ประเมิน และติดตามการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาทางระบบหายใจที่เป็นมาตรฐานและทำกันอย่างแพร่หลาย วิธีการตรวจไม่ยุ่งยาก ไม่ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บ และไม่ก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง ในการวิจัยครั้งนี้ จะทำการตรวจสอบสมรรถภาพปอดโดยเจ้าหน้าที่ซึ่งมีความชำนาญและประสบการณ์ในการตรวจ ผู้ป่วยจะได้รับคำอธิบายถึงวิธีการตรวจสอบสมรรถภาพปอดอย่างถูกวิธี เพื่อให้ได้ผลการตรวจที่ถูกต้องและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้

การประเมินความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายโดยการทดสอบการออกกำลังกายแบบใช้ลู่วิ่ง เป็นวิธีการตรวจที่เป็นมาตรฐาน ใช้ได้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ไม่ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บ ภาวะแทรกซ้อนที่อาจพบได้ในขณะออกกำลังกาย ได้แก่ ระดับออกซิเจนในเลือดแดงต่ำลง ภาวะหลอดลมหดรัดเกร็ง ซึ่งแพทย์สามารถให้การวินิจฉัยและให้การรักษาได้ทันที หากผู้ป่วยมีค่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดงต่ำกว่าร้อยละ 92 หรือมีภาวะหลอดลมหดรัดเกร็งเกิดขึ้น ผู้วิจัยจะหยุดทำการทดสอบการออกกำลังกายทันที และให้การดูแลรักษาจนกว่าผู้ป่วยจะเป็นปกติดังเดิม ในขณะทดสอบจะมีการตรวจค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง การเต้นของชีพจร คลื่นไฟฟ้าหัวใจตลอดเวลา การตรวจทำโดยเจ้าหน้าที่และแพทย์ที่มีความรู้และประสบการณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ บุตร (หรือผู้ที่อยู่ในความดูแลตามกฎหมาย) ของท่านจะได้รับการยกเว้นไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้นในการตรวจสอบสมรรถภาพปอดและการทดสอบการออกกำลังกาย

ข้อมูลที่ได้จากการซักประวัติ การตรวจร่างกาย การตรวจทางห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบสมรรถภาพปอด และการทดสอบการออกกำลังกายจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาระดับความหนักของกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายที่เหมาะสมในผู้ป่วยเด็กที่มีโรคปอดเรื้อรังและความสัมพันธ์ระหว่างระดับความหนักของกิจกรรมดังกล่าวกับสมรรถภาพปอดที่ผิดปกติในผู้ป่วยเหล่านี้

3. ประโยชน์ที่ผู้ป่วยจะได้รับจากการศึกษาค้างนี้

บุตร (หรือผู้ที่อยู่ในความดูแลตามกฎหมาย) ของท่าน จะได้รับทราบผลการตรวจสมรรถภาพปอดและการทดสอบการออกกำลังกาย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการดูแลรักษาผู้ป่วยต่อไป นอกจากนี้หากการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี จะได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้แนะนำระดับกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายและระดับการออกกำลังกายที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วยเด็กอื่นๆที่มีโรคปอดเรื้อรัง ซึ่งจะเป็นการช่วยส่งเสริมให้ผู้ป่วยอื่นๆได้สามารถมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายและออกกำลังกายได้อย่างเต็มที่และเหมาะสมกับสมรรถภาพปอดของตน และเกิดผลดีต่อการทำงานของปอดและหัวใจ

4. คำชี้แจงเกี่ยวกับสิทธิผู้ป่วย

ท่านสามารถปฏิเสธหรือให้บุตร (หรือผู้ที่อยู่ในความดูแลตามกฎหมาย) ของท่านถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยที่ไม่ต้องสูญเสียประโยชน์ซึ่งพึงได้รับ และยังมีสิทธิที่จะได้รับการดูแลรักษาจากแพทย์ได้ตามปกติ

5. คำชี้แจงเกี่ยวกับการเปิดเผยข้อมูลของผู้ป่วย

ผู้กำกับดูแลการวิจัย ผู้ตรวจสอบ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมและคณะกรรมการอื่นๆที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย เพื่อเป็นการยืนยันถึงขั้นตอนในการวิจัยทางคลินิกและข้อมูลอื่นๆโดยไม่ล่วงละเมิดเอกสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลผู้ป่วย ตามกรอบที่กฎหมายและกฎระเบียบได้อนุญาตไว้ นอกจากนี้โดยการเห็นให้ความยินยอม ผู้ป่วยหรือผู้แทนตามกฎหมายจะมีสิทธิตรวจสอบและมีสิทธิที่จะได้รับข้อมูลด้วยเช่นกัน

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวผู้ป่วย เช่น ชื่อ นามสกุล จะได้รับการปกปิด และยกเว้นว่าได้รับคำยินยอมจากผู้ป่วยหรือผู้แทนโดยชอบธรรมตามกฎหมายไว้โดยกฎระเบียบและกฎหมายที่เกี่ยวข้องเท่านั้น จึงจะเปิดเผยข้อมูลแก่สาธารณชนได้ ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของผู้ป่วยจะได้รับการปกปิดอยู่เสมอ ข้อมูลของผู้ป่วยจะถูกเก็บรักษาไว้เป็นความลับ และผลการวิจัยจะถูกนำเสนอในรูปแบบสรุปเท่านั้น

6. คำยินยอมของผู้ป่วยหรือผู้แทนโดยชอบธรรมตามกฎหมาย

ข้าพเจ้าได้อ่านและทำความเข้าใจในข้อความทั้งหมดในแบบยินยอมฉบับนี้อย่างครบถ้วนดีแล้ว ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้ทำการวิจัยซึ่งได้ลงนามที่ทำลายของแบบยินยอมนี้ถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์และผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย

ตลอดจนสิทธิของผู้ป่วย ข้าพเจ้ามีความเข้าใจดีแล้ว และได้มีโอกาสซักถามข้อสงสัยต่างๆและ
ได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับข้อสงสัยต่างๆจนเป็นที่พอใจ

ข้าพเจ้ายินยอมให้(ชื่อผู้ป่วย) ซึ่ง
อยู่ภายใต้การดูแลของข้าพเจ้าโดยชอบธรรมตามกฎหมายเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ด้วยความ
สมัครใจ โดยไม่มีการบังคับหรือให้อามิสสินจ้างใดๆทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาแบบยินยอมฉบับนี้เก็บไว้กับตัวข้าพเจ้า 1 ฉบับ

วันที่

ลงนาม ผู้ป่วย
(.....)

ลงนาม ผู้ปกครองโดยชอบธรรมตามกฎหมาย
(.....)

ลงนาม พยาน
(.....)

ลงนาม ผู้ทำวิจัย
(.....)

หมายเหตุ: หากมีปัญหาหรือข้อสงสัยประการใดเกี่ยวกับการศึกษาครั้งนี้ กรุณาติดต่อ

น.ส.จันทนา หาญฤทธากร ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ 01-985-1038 ได้ทุกวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

Exercise Testing Worksheet (Marinov B et, al.)

No Name Age Sex 85%HRmax

Study date :	Diagnosis :
Height (cm) :	
Weight (Kg) :	

	Rest			Exercise (Please circle the highest exercise level attained by the patient)														Recovery		
Minutes	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3
Speed (km/hr)	0	0	0	2.7	4.0	5.4	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0	0	0
Grade (%)	0	0	0	0	0	0	0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	20	0	0	0
HR																				
SaO ₂ %																				

Reason for termination of exercise :
Additional comments :

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจันทนา หาญฤทธากร เกิดวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ.2519 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) (เกียรตินิยมอันดับ2) จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 หลังจบการศึกษาเข้ารับราชการในตำแหน่งนักเทคนิคการแพทย์ หน่วยโรคระบบหายใจและเวชบำบัดวิกฤต ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย