การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทำงานของหัวใจขณะพักโดยคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจและความสามารถในการออกกำลังกายโดยประเมินจากอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรไทยทั่วไป

นายอนุรุธ ฮั่นตระกูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอายุรศาสตร์ ภาควิชาอายุรศาสตร์
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The Correlation of Cardiac Function Determined by Left Ventricular Global Longitudinal Strain on Echocardiography and the Peak Oxygen Consumption in Normal Thai Population

Mr. Anurut Huntrakul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Medicine

Department of Medicine

Faculty of Medicine

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทำงานของหัวใจขณะพักโดยคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจและความสามารถในการออกกำลังกายโดยประเมินจากอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรไทยทั่วไป
โดย	นายอนุรุธ ฮั่นตระกูล
สาขาวิชา	อายุรศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ นายแพทย์เอกราช อริยะชัยพาณิชย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงสมนพร บุณยะรัตเวชสองเมือง

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะแพทยศาสตร์

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุทธิพงศ์ วัชรสินธุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์เจตทะนง แกล้วสงคราม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ นายแพทย์เอกราช อริยะชัยพาณิชย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงสมนพร บุณยะรัตเวช สองเมือง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงจันทนา ผลประเสริฐ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ แพทย์หญิงศรีสกุล จิรกาญจนากร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อนุรุธ ฮั่นตระกูล : การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทำงานของหัวใจขณะพักโดยคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจและความสามารถในการออกกำลังกายโดยประเมินจากอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรไทยทั่วไป (The Correlation of Cardiac Function Determined by Left Ventricular Global Longitudinal Strain on Echocardiography and the Peak Oxygen Consumption in Normal Thai Population) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. นพ.เอกราช อริยะชัยพาณิชย์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. พญ.สมนพร บุณยะรัตเวช สองเมือง, 53 หน้า.

ที่มา :การวัดสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและระบบทางเดินหายใจที่แม่นยำที่สุดคือการวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลัง (peak VO_2) ด้วยเครื่องทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ การประเมินการทำงานของหัวใจด้วยการวัดค่า global longitudinal strain ของหัวใจห้องล่างซ้าย (LV GLS) สามารถบอกความผิดปกติในการทำงานของหัวใจในระยะต้น และความสัมพันธ์ระหว่างค่า LV GLS กับ peak VO_2 ในประชากรทั่วไปยังไม่เคยได้รับการศึกษามาก่อน

วิธีวิจัย : ใช้การศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบตัดขวาง โดยผู้เข้าร่วมการศึกษาจะเป็นประชากรไทยที่ไม่มีโรค ผู้เข้าร่วมการศึกษาจะได้รับการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพัก และทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจด้วยการวิ่งสายพานในวันเดียวกัน

ผลการศึกษา : มีผู้เข้าร่วมการศึกษา 71 รายแบ่งเป็นชาย 35 รายและหญิง 36 ราย ค่าเฉลี่ยของ LV GLS ในการศึกษาคือ -20.1 ± 1.6% และค่าเฉลี่ยของ peak VO2 คือ 26.6 ± 6.8 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที พบว่าค่า GLS ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า peak VO2 (R = 0.18, p = 0.13 โดย univariate correlation and β = 0.70 (-0.17 - 1.57), p = 0.112 โดย multivariate regression)

สรุปผลการศึกษา : การศึกษาในประชากรทั่วไปค่า LV GLS ไม่มีความสัมพันธ์กับ peak VO_2 และการศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่รายงานค่ามาตรฐานอ้างอิงและสมการทำนายค่ามาตรฐานอ้างอิงของการตรวจสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจในประชากรไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา อายุรศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา อายุรศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5974108630 : MAJOR MEDICINE

KEYWORDS: EXERCISE CAPACITY / ECHOCARDIOGRAPHIC PARAMETERS / CARDIOPULMONARY EXERCISE TESTING / GLOBAL LONGITUDINAL STRAIN

ANURUT HUNTRAKUL: The Correlation of Cardiac Function Determined by Left Ventricular Global Longitudinal Strain on Echocardiography and the Peak Oxygen Consumption in Normal Thai Population. ADVISOR: AEKARACH ARIYACHAIPANICH, CO-ADVISOR: ASST. PROF.SAMONPORN BOONYARATAVEJ SONGMUANG, 53 pp.

Background: The peak oxygen consumption during exercise (peak VO2), measured by a cardiopulmonary exercise testing (CPET), is considered the gold standard measurement of the cardiorespiratory fitness. Resting left ventricular global longitudinal strain (GLS) assessed by echocardiography could be easily obtained to detect left ventricular dysfunction. The relationship between these parameters in healthy population is unknown.

Methods: We conducted a cross sectional analytic study of healthy adults in Thailand. Resting echocardiogram and treadmill CPET were tested in all subjects on the same day.

Results: Total of 71 volunteers were enrolled. The mean GLS was -20.1 ± 1.6% and the mean peak VO2 was 26.6 ± 6.8 ml/kg/min. The GLS was not correlated to peak VO2 (R = 0.18, p = 0.13 by univariate correlation and β = 0.70 (-0.17 - 1.57), p = 0.112 by multivariate regression).

Conclusions: Even though the resting GLS is useful for detection of left ventricular dysfunction, it was not found to be correlated with maximal oxygen consumption in general population. To our knowledge, this study is the first to report normal reference values of CPET in Thai population.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Medicine	Student's Signature	.....
Field of Study:	Medicine	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงสมความมุ่งหมาย สาขาวิชาอายุรศาสตร์หัวใจและหลอดเลือด ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อ.นพ.เอกราช อริยะชัยพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. พญ.สมนพร บุณยะรัตเวช สองเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว พี่ชาย และเพื่อนที่ให้กำลังใจตลอดเวลาที่ทำงานวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญแผนภูมิ 1

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย 1

1.2 คำถามของการวิจัย 3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.4 สมมุติฐาน 3

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย (Conceptual framework) 4

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น 4

1.7 คำสำคัญ (Key words) 5

1.8 การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติที่ใช้ในการวิจัย 5

1.9 รูปแบบการวิจัย 5

1.10 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ 5

1.11 ปัญหาทางจริยธรรม 6

1.12 ข้อจำกัดทางการวิจัย 6

1.13 ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 6

บทที่ 2 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
บทที่ 3 12
วิธีดำเนินการวิจัย 12
3.1 ประชากรและตัวอย่าง 12
3.2 การสังเกตและการวัด 14
3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 14
3.4 การรวบรวมข้อมูล 16
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 18
บทที่ 4 19
ผลการวิจัย 19
4.1 คุณลักษณะของประชากรในการศึกษา 19
4.2 ผลการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจ (echocardiogram) 22
4.4 ค่ามาตรฐานอ้างอิงของการตรวจการทำงานของสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจและสมการในการทำนายค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรไทย 37
บทที่ 5 45
อภิปราย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 45
5.1 อภิปราย 45
5.2 ข้อจำกัดในการวิจัย 46
5.3 สรุปผล 47
5.4 ข้อเสนอแนะ 47
รายการอ้างอิง 48
ภาคผนวก 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

แบบฟอร์มเก็บข้อมูล 51

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1ตารางแสดงจำนวน ร้อยละ หรือ ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย..... 20

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัย..... 22

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดิน หายใจ (Cardiopulmonary exercise testing) 27

ตารางที่ 4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วย pearson correlation 30

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วย multivariate regression analysis 32

ตารางที่ 6 ตารางแสดงความแตกต่างของตัวแปรต่างๆ ผู้เข้าวิจัยที่มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังต่ำกว่า และสูงกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ต่ำกว่า 20 มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อนาที..... 33

ตารางที่ 7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการตรวจการทำงานของสมรรถภาพการทำงาน ของระบบ หัวใจและระบบทางเดินหายใจ 38

ตารางที่ 8 ตารางแสดงสมการทำนายค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังในเพศชายและเพศหญิง..... 42

ตารางที่ 9 ตารางแสดงค่า mean predicted VO2 ที่คำนวณได้จากสมการของการศึกษานี้เทียบ กับค่าที่คำนวณได้จากสมการอ้างอิงอื่นๆ..... 43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย 4

แผนภูมิที่ 2 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของค่า LV GLS ของผู้เข้าร่วมวิจัย 24

แผนภูมิที่ 3 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลัง 26

แผนภูมิที่ 4 แผนภูมิแสดงค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังตามเพศ และกลุ่มอายุ 26

แผนภูมิที่ 5 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของค่า LV global longitudinal strain กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วย multivariate regression analysis 33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

การประเมินความสามารถในการออกกำลังกายด้วยเครื่องทดสอบสมรรภถาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) เป็นการประเมินที่ เป็นการรวมกันของการทดสอบการออกกำลังกายปกติ (standard exercise testing) และการ วัดการแลกเปลี่ยนก๊าซไปพร้อมๆกัน ซึ่งค่าที่ได้ออกมาจะบ่งบอกถึงสมรรถภาพของระบบหัวใจ และระบบทางเดินหายใจ (cardiorespiratory fitness) อย่างแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถบอกรายละเอียดแยกส่วนของการตอบสนองของร่างกายต่อการออกกำลังกายเพื่อบอกว่าปัจจัยใดเป็นตัว จำกัดความสามารถในการออกกำลังสูงสุด จึงสามารถนำค่าที่ได้มาใช้ในการพยากรณ์โรคต่างๆ ใช้เป็นแนวทางการแนะนำการออกกำลังกาย และใช้ติดตามผลของการรักษาต่างๆที่มีผลต่อความสามารถในการออกกำลัง (functional capacity)[1]

การประเมินความสามารถในการออกกำลังกายและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเครื่องทดสอบระบบการไหลเวียนโลหิตและหายใจ (CPET) สามารถใช้เป็น เครื่องมือทำนายอัตราการตาย อัตราทุพพลภาพ และ คุณภาพชีวิต ในประชากรทั่วไปและใน ผู้ป่วยโรคหัวใจชนิดต่างๆ เช่น โรคหัวใจล้มเหลว โรคหัวใจพิการแต่กำเนิด โรคหัวใจขาดเลือด และผู้ป่วยก่อนที่จะเข้ารับการผ่าตัดอื่นๆ นอกเหนือจากการผ่าตัดหัวใจเป็นต้น[2] ในประชากรที่ มีสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ (cardiorespiratory fitness) ต่ำ จากการประเมินด้วยการทดสอบความสามารถในการออกกำลังกาย พบว่ามีความสัมพันธ์ ในเชิงเพิ่ม ความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดและอัตราตายจากทุกสาเหตุ ในทางตรงข้ามหากสามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ ได้เพียงเล็กน้อยจะมีความสัมพันธ์กับอัตราตายที่ต่ำลง ดังนั้นการประเมินการประเมินความสามารถในการออกกำลังกายและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเครื่องทดสอบระบบการไหลเวียนโลหิตและหายใจ (cardiopulmonary exercise testing) จึงเข้ามามีบทบาทในการประเมินสุขภาวะของประชากรทั่วไปและผู้ป่วยโรคต่างๆมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยค่ามาตรฐานอ้างอิงที่ใช้บอกถึงความสามารถในการออกกำลังกายในประชากรปกติที่ใช้กันในปัจจุบันอิงตาม ค่ามาตรฐานจากแนวทางการปฏิบัติของต่างชาติ ซึ่งยังมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ เพศ อายุ และ เชื้อชาติ การศึกษาก่อนหน้าที่ทำในประชากรอเมริกัน เยอรมัน ฟิลิปปินส์ และจีน ให้ค่ามาตรฐานออกมาต่างกันทั้งสิ้น โดยในประชากรไทยยังไม่เคยมีการศึกษาหาค่ามาตรฐานเหล่านั้น[3, 4]

ในผู้ป่วยบางรายอาจมีสรีระหรือภาวะทางร่างกายที่ไม่เหมาะสมในการตรวจการประเมินความสามารถในการออกกำลังกายและ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเครื่องทดสอบระบบ การไหลเวียนโลหิตและหายใจ (cardiopulmonary exercise testing) เช่น มีภาวะเข่าเสื่อม ภาวะปวดหลังเรื้อรัง หรือภาวะเจ็บป่วยอื่นๆ อีกทั้งในบางสถาบันยังไม่สามารถทำการทดสอบความสามารถในการออกกำลังกายและอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยเครื่องทดสอบระบบการไหลเวียนโลหิตและหายใจได้เนื่องจากไม่มีเครื่อง Cardiopulmonary exercise testing การประเมินการทำงานของหัวใจขณะพักด้วยคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจ (echocardiography) อาจนำมาใช้เป็นตัวแทนเพื่อบอกสมรรถภาพในการออกกำลัง และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดแทนได้ และนำไปสู่ การทำนายอัตราการตาย อัตราทุพพลภาพ และคุณภาพชีวิตในประชากรทั่วไปและผู้ป่วยกลุ่มต่างๆ ได้

ค่าที่ได้จากการตรวจคลื่นสะท้อนหัวใจมีความหลากหลายเป็นอย่างมาก อาจแบ่งเป็นค่าที่ได้จากการตรวจภาพ 2 มิติหรือ 2 dimensional imaging เช่นขนาดของหัวใจห้องซ้ายล่างช่วงบีบหรือคลายตัว สัดส่วนของปริมาตรหัวใจขณะบีบตัวเทียบกับขณะคลายตัว (Ejection fraction) หรือจากภาพ M-mode เช่นการเคลื่อนที่ของขอบลิ้นไตรคัสปิดในช่วงหัวใจบีบตัว (TAPSE) เป็นต้น ค่าที่ได้จากการจับ ความเร็วของคลื่นเสียงสะท้อน (Doppler imaging) เช่น Mitral E velocity, Mitral annular septal and lateral e' velocity และปัจจุบันยังมีเทคนิคการตรวจการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจโดยใช้ Speckled imaging technique เพื่อตรวจจับการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจแต่ละจุด ค่าที่ได้ออกมาตัวอย่างเช่น Global longitudinal strain ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้นั้นสามารถเป็นตัวบอกการทำงานของหัวใจขณะพัก ทั้ง systolic และ diastolic function

โดยหลายๆค่าพบว่ามีความสัมพันธ์ต่อการบอกสมรรถภาพของระบบหัวใจในการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคหัวใจ และเป็นตัวพยากรณ์โรคได้ในหลายกลุ่ม จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการนำค่าต่างๆเหล่านี้นั้น มาหาความสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจ และ

ระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) อาจสามารถนำมา ใช้ทดแทนกันได้เพื่อบอกความสามารถในการออกกำลังกาย

1.2 คำถามของการวิจัย

คำถามหลัก (Primary research question)

ค่า Global longitudinal strain จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจมีมีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในประชากรทั่วไปหรือไม่

คำถามรอง (Secondary research questions)

1. ค่ามาตรฐานอ้างอิงของค่าที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในประชากรทั่วไปแบ่งตามเพศและอายุมีค่าเท่าใด

2. สมการที่ใช้ในการทำนายค่าที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในประชากรทั่วไปแบ่งตามเพศคือสมการใด

3. ความสัมพันธ์ของค่าอื่นๆ ที่ได้จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในประชากรทั่วไปเป็นอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

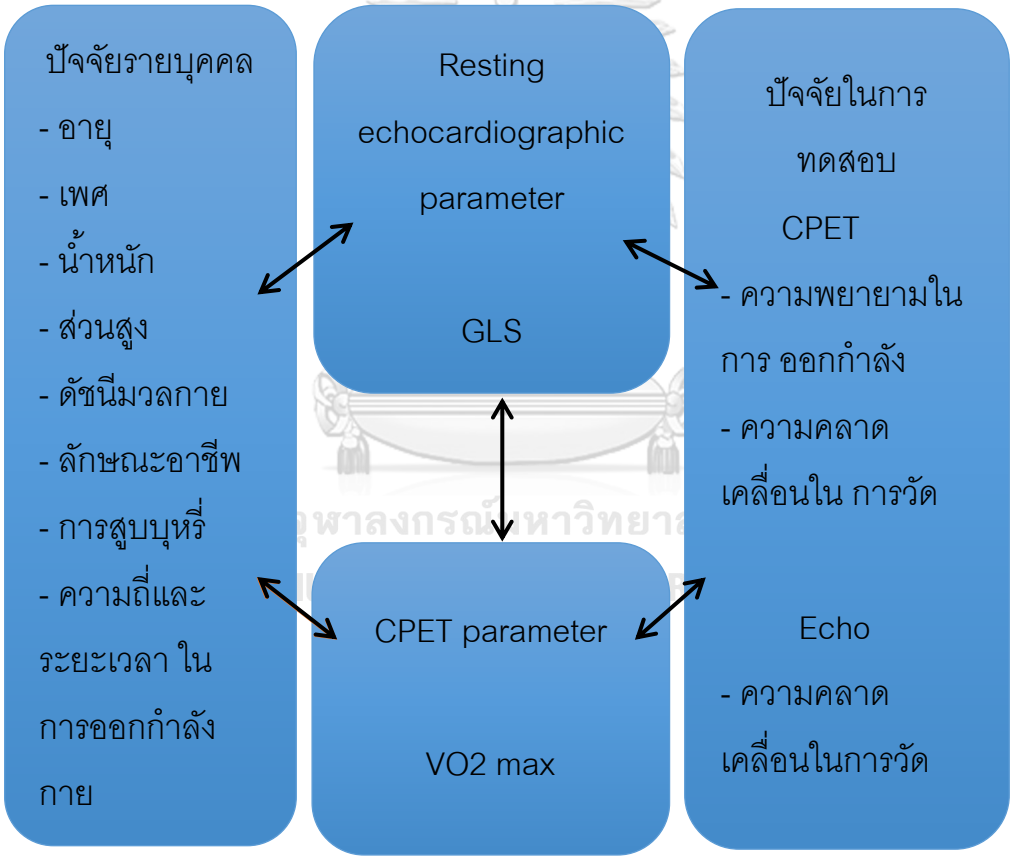
ศึกษาหาความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในประชากรทั่วไป

1.4 สมมุติฐาน

ค่าที่ได้จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักเช่น global longitudinal strain, มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2 max) ที่ได้จากการตรวจ ด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและ ระบบทาง เดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในประชากรทั่วไป

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย (Conceptual framework)

แผนภูมิที่ 1แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย



1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

ผู้ที่เข้าร่วมวิจัยต้องเป็นประชากรที่มีอายุ 20-70 ปีที่มีภาวะสุขภาพโดยรวมปกติ ไม่มีโรค

ทางระบบหัวใจและหลอดเลือด หรือ โรคทางระบบทางเดินหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพการออกกำลังกาย โดยนำมาทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยเครื่องทดสอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) และตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักทุกราย

1.7 **คำสำคัญ** (Key words)

Exercise capacity

Echocardiographic parameters

Cardiopulmonary exercise testing (CPET)

Peak oxygen consumption (peak VO2)

Global longitudinal strain (GLS)

1.8 **การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติที่ใช้ในการวิจัย**

Peak oxygen consumption (VO2 max) คือปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน โดยจะใช้การวัดผ่านทางเครื่อง CPET โดยให้คนไข้เดินผ่านลู่วิ่งค่อยๆเพิ่มความเร็วจนคนไข้ไม่ไหวและวัดปริมาณออกซิเจนที่สูงสุดที่ผู้ถูกทดสอบใช้

Global longitudinal strain (GLS) คือค่าเฉลี่ยของระยะทางในแนวยาวที่กล้ามเนื้อหัวใจแต่ละจุดหดตัว โดยเฉลี่ยจากหลาย segment

1.9 **รูปแบบการวิจัย**

การวิจัยเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross sectional study)

1.10 **วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ**

หลังจากผู้เข้าร่วมการศึกษาให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจะซัก

ประวัติ ตรวจร่างกายทั่วไป และทำการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักด้วยเครื่อง Philips IE33 ก่อน หากไม่พบความผิดปกติที่อาจส่งผลต่อความสามารถในการออกกำลัง ผู้เข้าร่วม ในโครงการวิจัยจะได้รับการทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยเครื่องทดสอบสมรรภถาพของระบบหัวใจและ ระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ในวันเดียวกัน โดยใช้การวิ่งสายพานด้วย Bruce protocol

จากนั้นผู้วิจัยจะวัดค่า LV global longitudinal strain โดยใช้โปรแกรม Philips QLAB ultrasound analysis program V.10.2 และ ค่าอื่นๆ จากการตรวจคลื่น เสียงสะท้อนหัวใจ ขณะพักโดยใช้ระบบการวัดแบบ offline ด้วยโปรแกรม Xcelera R 4.2 และนำค่าต่างๆ ที่ได้นั้นมาหาความสัมพันธ์กับค่าที่ได้จาก**การ** ทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วยเครื่องทดสอบ สมรรภถาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ

เงินทุนในการวิจัยทั้งหมดได้รับมาจากทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ ประจำปี 2560 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ทุน RA 60/120

1.11 ปัญหาทางจริยธรรม

ก่อนทำการศึกษาจะต้องมีการอธิบายถึงรายละเอียดของการศึกษาและได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมการศึกษา ผลที่ได้จากการศึกษาจะเก็บเป็นความลับ และหากพบความผิดปกติจะมีการรายงานให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาทราบ และแนะนำแนวทางในการดูแลรักษาต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.12 ข้อจำกัดทางการวิจัย

การวิจัยเป็นการศึกษาเบื้องต้น จำนวนผู้ป่วยที่เข้าร่วมวิจัย 70 คนอาจไม่ได้เป็นตัวแทน ของประชากรไทยทั้งหมด

1.13 ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

เพื่อให้ทราบ Echocardiographic parameters ขณะพักที่สามารถใช้ทำนายอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรปกติได้ และเพื่อเป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาค่ามาตรฐานอ้างอิง ของ

การทดสอบการประเมินความสามารถในการออกกำลังกายด้วยเครื่องทดสอบสมรรภถาพ ของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET)

1.14 อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นและมาตรการแก้ไข

ในผู้เข้าร่วมวิจัยบางรายอาจไม่สามารถทำการตรวจ CPET และ echocardiogram ในวันเดียวกันได้ แก้ไขโดยนัดมาทำการตรวจทั้ง 2 อย่างแยกวันกันโดยระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 2 สัปดาห์ ในการวัด echocardiographic parameters อาจมีความแตกต่างกันขึ้นกับผู้ตรวจ แก้ไขโดยการวัดค่า parameters ต่างๆซ้ำอีกครั้งจากระบบคอมพิวเตอร์ หากพบความผิดปกติใดๆที่เกิดขึ้นจากการตรวจ echocardiogram หรือ CPET จะแจ้งให้ผู้ป่วยได้รับทราบ ออกรายงานผลความผิดปกตินั้น และแนะนำ/ส่งต่อไปตรวจต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาก่อนหน้าเพื่อแสดงสัมพันธ์ระหว่างค่าการทำงานของหัวใจขณะพักโดยคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจและความสามารถในการออกกำลังกายพบว่า ค่า Left ventricular diastolic function[5] และค่า right ventricular function[6] มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการ ออกกำลังกาย โดยการศึกษาของ Davies SW ปี 1992 ในผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลวเรื้อรัง 40 คน พบว่าค่า Diastolic function parameters คือ E/A ratio และ Isovolemic relaxation time มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการออกกำลังกายโดยประเมินจากค่าอัตรการใช้ออกซิเจนสูงสุด (peak VO2 max) และการศึกษาของ Di Salvo ปี 1995 ในผู้ป่วยหัวใจวายเรื้อรัง 67 คน พบว่าค่า RV ejection fraction ที่มากกว่า 35% มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการออกกำลังกายและอัตราตาย ในทางตรงกันข้ามมีหลายการศึกษาที่ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่า Left ventricular systolic function โดยใช้ LVEF กับความสามารถในการออกกำลังกาย[7] ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ แม้ว่า LV systolic function จะมีความสัมพันธ์กับอัตราตาย และคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยโรคหัวใจก็ตาม เช่นการศึกษาของ Franciosa JA ปี 1981 ที่ศึกษาในผู้ป่วยหัวใจวายเรื้อรัง 21 คน เทียบ LV ejection fraction กับ ความสามารถในการ ออกกำลังกายด้วย Treadmill exercise โดยใช้ Treadmill exercise time.

ในปัจจุบันมีการ ประเมินความสามารถในการบีบตัวของหัวใจ (systolic function) โดยใช้ strain imaging เข้ามาช่วย ซึ่งมีความไวกว่าการประเมินด้วย LV ejection fraction ปกติ[8] และยังเป็นตัวบอก การพยากรณ์โรคและอัตราตายในผู้ป่วยโรคหัวใจได้ดีกว่าการใช้ LV ejection fraction อีกด้วย[9] การศึกษาของ Edvardsen T ปี 2002 เป็นการศึกษานำร่องสำหรับการใช้ strain imaging โดยใช้ค่า Longitudinal และ radial strain เทียบกับ strain จาก tagged MRI ในประชากรปกติ ผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด และประชากรที่ได้รับการทำ Dobutamine stress echocardiography พบว่าค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี (r = 0.89 และ 0.96 สำหรับ longitudinal และ radial strain ตามลำดับ) การศึกษาของ Stanton T ปี 2009 พบว่าการนำค่า Global longitudinal strain มาใช้ทำนายอัตราตายในผู้ป่วย 546 คนที่ได้รับการทำ resting echocardiogram พบว่าค่า Global longitudinal strain สามารถเป็น ค่าที่ใช้ทำนายอัตราตายได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ อายุ โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ค่า Resting LV ejection fraction และค่า Wall motion score index โดยมีค่า hazard ratio ที่ 1.45

การศึกษาของ Hasselberg NE ปี 2015 [10] ในผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลวเรื้อรังทั้ง Reduced LV ejection fraction (LVEF < 50%) และ Preserved LV ejection fraction (LVEF > 50%) ทั้ง หมด 100 คน พบว่าค่า Global longitudinal strain และค่า Pulmonary artery systolic pressure ขณะพักมีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (peak VO2 max) ที่ต่ำกว่า 20 ml/kg/min ในผู้ป่วยกลุ่ม heart failure with preserved LV ejection fraction โดย โดยค่า GLS ที่น้อยกว่า -17.3% มี sensitivity 0.89 และ specificity 0.91 ในการบอกว่าผู้ป่วยจะมีค่า VO2 max < 20 ml/kg/min โดยดีกว่าการใช้ค่า LVEF, RV strain และ E/e' ส่วนในผู้ป่วย heart failure with reduced ejection fraction ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง GLS กับ VO2 max

การศึกษาก่อนหน้าพบว่าค่าที่ได้จาก Strain imaging นั้นมีลักษณะเป็น load independence กล่าวคือค่อนข้างที่จะไม่ขึ้นกับการทำงานของหัวใจในภาวะที่ต่างกัน [11] อีกทั้งยังพบว่าค่า 2D strain global longitudinal strain ในนักกีฬาฟุตบอลมีค่าต่ำกว่าประชากร ทั่วไป (-22.9% : -20.6%) [12] และค่า Radial strain และ circumferential strain สูงกว่าในนักกีฬาฟุตบอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงมีความคิดว่า LV strain rate ขณะพัก นั้นเป็นสามารถนำ มาใช้เป็นเครื่องมือบ่งถึงความสามารถในการออกกำลังกายได้โดยยังไม่มีการศึกษาก่อนหน้าที่ศึกษาหาความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จาก strain imaging กล่าวคือ GLS กับค่า VO2 max ในประชากรทั่วไป

ในส่วนของค่าที่ได้จากการประเมินความสามารถในการออกกำลังกายด้วยเครื่องทด สอบสมรรภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) มีหลากหลายค่าเช่น Peak oxygen consumption (peak $\dot{V}O_2$) at anaerobic threshold (% predicted), Minute ventilation ($\dot{V}E$) at peak Minute ventilation and carbon dioxide production ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ and $V\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ slope), Work rate, Maximum voluntary ventilation (MVV), Maximum heart rate, Heart rate response โดยค่ามาตรฐานของค่าเหล่านี้ จะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละ เชื้อชาติ อายุ และเพศ จากการศึกษาของ Kaminsky 2015

ในประชากรอเมริกันที่มีสุขภาพดีจำนวน 7783 คนทั้งเพศชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 20-79 ปีพบความต่างของค่า VO2 max อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศ และอายุ โดยพบว่าค่า 50th percentile VO2 max มีการลดลงตามอายุที่มากขึ้น กล่าวคือ เพศชายและหญิงอายุ 20-29 ปี เทียบกับ 70-79 ปี มีการลดลงจาก 48.0 และ 37.6 ml/kg/min เหลือเพียง 24.4 และ 18.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ml/kg/min ตามลำดับ โดยอัตราการลดลงประมาณ 10% ต่อ 10 ปี และค่าเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษานี้มีความแตกต่างจากการศึกษาในประชากร Norwegain[13]

การศึกษาของ Koch B ปี 2009 [14] เพื่อหาค่ามาตราฐานอ้างอิงหรือ standard reference value ทำในประชากรเยอรมันที่มีสุขภาพดีจำนวน 542 คนที่มีอายุ 25-80 ปี สามารถคิดสมการเพื่อหาค่า 5%, median, 95% percentile ของค่าต่างๆจากการทำ CPET โดยตัวแปรที่ใช้ในสมการคือ อายุ เพศ และดัชนีมวลกาย (BMI)

การศึกษาของ Ong KC ปี 2002[4] ศึกษาในประชากรจีนที่มีสุขภาพดีจำนวน 95 คนที่มีอายุตั้งแต่ 20-70 ปี โดยใช้เครื่อง CPET แบบปั่นจักรยาน พบว่าค่ามาตราฐานอ้างอิงหรือ standard reference ที่ได้จากการศึกษานี้ต่างจากค่าที่ได้จากสมการที่คำนวณมาจากการ ศึกษาของประชากรตะวันตก โดยในประชากรจีนจะมีค่า VO2 max ที่ได้จากการศึกษาต่างกับค่า Predicted VO2 max จากสมการของการศึกษาก่อนหน้าตั้งแต่ -5.29 ถึง - 52.02 ml/kg/min ในเพศชาย และ -58.3 ถึง +4.83 ml/kg/min ในเพศหญิงเป็นต้น จึงสรุปไว้ว่าค่ามาตราฐานอ้างอิง ที่ได้จากการทำ CPET มีความแตกต่างกันในแต่ละเชื้อชาติด้วย

ในเรื่องของความปลอดภัยของการตรวจ Echocardiogram นั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นการตรวจ ด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่มีความปลอดภัยสูง ผู้รับการตรวจไม่ต้องโดนรังสีเหมือนการตรวจเอ็กซเรย์อื่นๆ โดยคลื่นเสียงความถี่สูงอาจผลเพิ่มความร้อนในตัวเนื้อเยื่อเพียงเล็กน้อย และยังไม่มีการศึกษาที่ บอกถึงผลเสียระยะยาวจากการตรวจนี้ อีกทั้งในการศึกษานี้ทำการตรวจ Echocardiogram ผ่านทางผนังทรวงอก (transthoracic echocardiogram) และตรวจในขณะพัก (resting echocardiogram) ทำให้ไม่มีความเสี่ยงจากการทำหัตถการหรือกระตุ้นหัวใจของอาสาสมัคร ข้อจำกัดของการตรวจ echocardiogram อาจมีในกรณีที่อาสาสมัครมีผนังทรวงอก ที่หนา ทำให้คลื่นเสียงไม่สามารถผ่านไปได้มากพอ ทำให้ภาพที่ออกมามีข้อจำกัดในการแปลผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนความปลอดภัยของการตรวจ cardiopulmonary exercise testing จากการ ศึกษาก่อนหน้า ที่ทำในประชากรปกติ 70000 ครั้งโดยใช้การวัดขณะออกกำลังสูงสุด (maximal exercise test) ไม่พบการเสียชีวิตขณะทำการตรวจ และพบภาวะแทรกซ้อนรุนแรงเพียง 0.008% เท่านั้น[16] จึงถือเป็นการตรวจที่มีความปลอดภัยสูง ส่วนข้อจำกัดของการตรวจคือ อาสาสมัครไม่สามารถออก กำลังได้ถึง anaerobic threshold ทำให้ค่าที่ได้ไม่สามารถแปลผลได้ หรืออาสาสมัครไม่สามารถ สวมหน้ากากวัด gas exchange ได้เนื่องจากมีภาวะ claustrophobia

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและตัวอย่าง

กฎเกณฑ์ในการคัดเลือกเข้ามาศึกษา *(Inclusion criteria)*

1. ประชากรทั่วไปเพศชายและหญิงที่มีอายุ 20-70 ปี
2. ผู้เข้าร่วมการศึกษาต้องลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีผลการตรวจสุขภาพประจำปีเบื้องต้นไม่พบความผิดปกติของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ เอกซเรย์ปอดและคลื่นไฟฟ้าหัวใจอยู่ในเกณฑ์ปกติ

กฎเกณฑ์ในการคัดเลือกออกจากการศึกษา *(Exclusion criteria)*

1. ผู้ป่วยที่มีโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (coronary artery disease)
2. ผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะระดับรุนแรง ประกอบด้วย
    a. กลุ่มหัวใจเต้นเร็ว ได้แก่ กลุ่ม Supraventricular tachycardia, atrial fibrillation (มากกว่า 120 ต่อครั้ง) , atrial flutter, multifocal atrial tachycardia, ventricular tachycardia, Wolff–Parkinson–White syndrome
    b. กลุ่มหัวใจเต้นช้า ได้แก่ second-degree AV block, third-degree AV block, sick sinus syndrome
3. ผู้ป่วยที่มีโรคทางโครงสร้างหัวใจเช่น หัวใจพิการแต่กำเนิด, กล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ, หัวใจล้มเหลวเรื้อรัง และลิ้นหัวใจตีบหรือรั่วเป็นต้น
4. ผู้ป่วย aortic dissection
5. ผู้ป่วยที่ไม่สามารถตรวจการออกกำลังกายหรือ cardiopulmonary exercise testing ได้อย่างถูกต้อง เช่น ไม่ให้ความร่วมมือ หรือ ใช้รถเข็นหรือไม้เท้า หรือเป็น deep vein thrombosis หรือ peripheral arterial diseases
6. ผู้ป่วยที่มีโรคปอดเช่น โรค COPD, asthma หรือ restrictive lung diseases

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ผู้ป่วยที่มีโรคทางจิตเวช
8. ผู้ป่วยตั้งครรภ์
9. ผู้ป่วยที่ได้รับยา steroid หรือมีโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง เช่น myasthenia gravis
10. ผู้ป่วยที่มี BMI มากกว่า 35 kg/m^2
11. บุคคลที่ประกอบอาชีพเป็นนักกีฬาระดับแข่งขัน (ระดับมหาวิทยาลัยขึ้นไป)

เทคนิคในการสุ่มตัวอย่าง *(Sample techniques)*

แบ่งกลุ่มประชากรออกตามเพศ และในแต่ละเพศแบ่งตามกลุ่มตามอายุเป็น 5 กลุ่ม คือ 20-30 ปี, 30-40 ปี, 40-50 ปี, 50-60 ปี และ 60-70 ปี

โดยการประชาสัมพันธ์จะติดประกาศในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ คลินิคผู้ป่วยนอก ของแผนก ต่างๆ และประชาสัมพันธ์ทางสื่อออนไลน์

ขนาดตัวอย่าง *(Sample size determination)*

สูตรคำนวนหาจำนวนประชากรใน Correlation testing study

$$N = [2Z\alpha/2 \div (Z_U - Z_L)]^2 + 3$$

$$Z_U = 0.5 \times \ln [(1 + \rho_U) \div (1 - \rho_U)]$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$Z_L = 0.5 \times \ln [(1 + \rho_L) \div (1 - \rho_L)]$$

N = *จำนวนประชากร*

α = 0.05

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

ρ = population correlation coefficient

ρ_U = Upper limit of population correlation coefficient

ρ_L = Lower limit of population correlation coefficient

จากการศึกษาก่อนหน้า[10] พบว่าค่า Global longitudinal strain มีค่า Correlation coefficient กับ VO2 max = 0.89

กำหนดให้ค่า Upper และ Lower limit = +/- 0.05

แทนค่าลงในสูตร

$$Z_U = 0.5 \times \ln [(1 + 0.94) \div (1 - 0.94)] = 1.73$$

$$Z_L = 0.5 \times \ln [(1 + 0.84) \div (1 - 0.84)] = 1.22$$

$$N = [2(1.96) \div (1.73 - 1.22)]^2 + 3 = 62 \textbf{\textit{ คน}}$$

จากที่กล่าวไว้ข้างต้นเนื่องจากต้องการศึกษาหาค่ามาตราฐานอ้างอิงของ parameter ที่ได้จากเครื่อง CPET จึงต้องแบ่งกลุ่มประชากรออกตามเพศ และในแต่ละเพศแบ่งตามกลุ่มตาม อายุเป็น *5* กลุ่ม คือ *20-30* ปี, *30-40* ปี, *40-50* ปี, *50-60* ปี และ *60-70* ปี

คิดเป็นกลุ่มเพศ-อายุ ละ *7* คน *10* กลุ่มรวมเป็น *70* คน

3.2 การสังเกตและการวัด

ตัวแปรอิสระคือ

1. ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย : เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิต

2. Cardiopulmonary exercise testing (CPET) parameters

3. Echocardiographic parameters : GLS

ตัวแปรตาม : ไม่มี

เก็บข้อมูลและวัดผลโดยใช้ แบบบันทึกข้อมูลโปรแกรมเก็บข้อมูลและประมวลผล SPSS version 22

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1.Enroll ผู้ป่วยแบบ consecutive ที่มีคุณสมบัติตาม inclusion criteria ดังได้กล่าว ข้างต้น ตัดผู้ป่วยออกจากการศึกษาหากมีคุณสมบัติตาม exclusion criteria ชี้แจงวัตถุประสงค์ขั้นตอนการวิจัยประโยชน์ที่ผู้ป่วยที่เข้าการศึกษาจะได้รับและให้ผู้ป่วยยินยอม เข้าร่วมการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. แบ่งกลุ่มประชากรออกตามเพศ และในแต่ละเพศแบ่งตามกลุ่มตามอายุเป็น 5 กลุ่ม คือ 20-30 ปี, 30-40 ปี, 40-50 ปี, 50-60 ปี และ 60-70 ปีกลุ่มละ 10 คน รวมเป็น 70 คน

3. ผู้ป่วยทุกคนจะได้รับการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักก่อน แล้วจึงทำการตรวจ ด้วยเครื่องทดสอบสมรรภถาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) ทุกรายในวันเดียวกัน

4. การตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักจะทำโดยผู้วิจัยผู้เดียว โดยเครื่องยี่ห้อ Phillips รุ่น IE 33 หัวตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจใช้รุ่น S 5-1 Purewave Cardiac Sector เก็บข้อมูลเป็น raw file เพื่อนำมาวัดและวิเคราะห์ภายหลัง เก็บภาพวิดีโอ 3 cardiac cycles ด้วย harmonic mode ตามท่าการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจมาตราฐาน จากนั้นผู้วิจัยจะวัดค่า LV global longitudinal strain โดยใช้โปรแกรม Philips QLAB ultrasound analysis program V.10.2 และค่าอื่นๆ จากการตรวจคลื่น เสียงสะท้อนหัวใจ ขณะพักโดยใช้ระบบการวัดแบบ offline ด้วยโปรแกรม Xcelera R 4.2

4.1 การวัดค่า LV global longitudinal strain จะทำในภาพวิดีโอที่ frame rate อย่างน้อย 50 frames ต่อวินาทีในท่า apical four-chamber, two-chamber, and three-chamber views ที่มีอัตราการเต้นของหัวใจใกล้เคียงกัน และหาค่า LV global longitudinal strain เฉลี่ยจาก 16 LV segments โดยวัด 2 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย และภาพวิดีโอของผู้เข้าร่วมวิจัย ที่ไม่มีคุณภาพพอที่จะวัดค่า LV global longitudinal strain จะถูกตัดออกจากการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 การวัดค่า LV diameters ใช้ภาพ M-mode การวัดค่า LV ejection fractionใช้ วิธีของ Simpson's biplane ค่า LV diastolic function parameters ต่างๆ ได้แก่ ค่า Peak early diastolic filling velocity (E), late diastolic filling velocity (A), E/A ratio, E deceleration time, early diastolic septal และ lateral mitral annular velocity (septal e' and lateral e'), average of septal e' and lateral e' (ave e') และค่า E/e' ใช้การวัดตามมาตรฐานแนวทาง การปฏิบัติ ของสากล อีกทั้งยังวัดค่า Left atrial volume index โดยใช้ apical four-chamber และ two-chamber views โดยใช้วิธี area-length method ค่า right ventricular (RV) systolic function วัดโดยใช้ค่า tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) และ tricuspid lateral systolic velocity (*S'*) ค่าความดันปอด Pulmonary artery systolic pressure ได้มาจากการบวกกันของค่า peak

tricuspid regurgitation gradient และ right atrial pressure

5. การตรวจการออกกำลังกายหรือ cardiopulmonary exercise testing ใช้เครื่อง motor driven treadmill บริษัท Trackmaster ที่ระดับอ๊อกซิเจนในห้องปกติ ใช้ระบบวิเคราะห์ก๊าซด้วยเครื่อง Vmax Spectra 229 metabolic cart (Sensormedics Vmax) ซึ่งจะได้รับการปรับตามมาตราฐานของสมาคมโรคหัวใจอเมริกา

5.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องออกกำลังจนถึงความเหนื่อยสูงสุด ด้วย Bruce protocol ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกรายจะได้รับการตรวจสมรรถภาพปอดโดยวัดค่า forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume ใน 1 วินาที (FEV1), สัดส่วนค่า FEV1/FVC และค่า maximal voluntary ventilation (MVV) ก่อนการออกกำลังกาย จะมีการวัดค่าความดันโลหิต เปอร์เซนต์ออกซิเจนในเลือดจากปลายนิ้ว คลื่นไฟฟ้าหัวใจ 12 จุด และปริมาณก๊าซออกซิเจนและ คาร์บอนไดออกไซต์ในลมหายใจด้วย mouth piece ก่อน ระหว่าง และ หลังทดสอบการ ออกกำลังกาย การทดสอบการออกกำลังกายจะยุติลงเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังจนถึงความ เหนื่อยสูงสุดหรือ มีอาการใดๆ ผิดปกติที่รุนแรงหรือ มีความดันโลหิตลดต่ำลงหรือ มีคลื่นไฟฟ้า หัวใจผิดปกติ การทดสอบการออกกำลังที่ได้คุณภาพควรมีค่า peak respiratory gas exchange ratio (RER) ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.1 โดยผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถออกกำลังกายได้อย่างมี คุณภาพจะถูกตัดออกจากการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 การวัดค่าที่ได้และการแปรผล**การ**ทดสอบสมรรถภาพทางกายด้วย เครื่องทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและ ระบบทางเดินหายใจหรือ cardiopulmonary exercise testing (CPET) จะทำโดยผู้วิจัยอีกท่านนึง ซึ่งไม่ทราบผลการวัดค่า LV global longitudinal strain ที่ได้จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจก่อนหน้า ค่าอัตราการใช้ออกซิเจน สูงสุดได้จากค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุดในช่วง 10 วินาที และค่า anaerobic threshold (AT) ได้จากการวัด โดยใช้ V-slope method

3.4 การรวบรวมข้อมูล

ประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ได้แก่

อายุ เพศ อาชีพ ลักษณะงาน โรคประจำตัว ยาที่ใช้ในปัจจุบัน การสูบบุหรี่และ

ปริมาณบุหรี่ที่สูบ (pack-year)

2. ผลตรวจพื้นฐานก่อนทดลอง ได้แก่
   a. น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย
   b. ความดันโลหิต ชีพจร อัตราการหายใจ
   c. Pulse oximetry
3. ข้อมูลจากการตรวจด้วยเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด :
   a. CPET parameters ได้แก่
      - Peak oxygen consumption (peak $\dot{V}O_2$) at anaerobic threshold (% predicted)
      - Minute ventilation ($\dot{V}E$) at peak
      - Minute ventilation and carbon dioxide production ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ and $V\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ slope)
      - Work rate
      - Maximum voluntary ventilation (MVV)
      - Maximum heart rate
      - Heart rate response

   b. Echocardiographic parameters ได้แก่
      - LVEDD
      - LVESD
      - LV mass index
      - Relative wall thickness
      - LV ejection fraction
      - LV global longitudinal strain
      - Mitral E velocity
      - Mitral E deceleration time
      - Mitral E/A ratio
      - Septal *e*'
      - Lateral *e*'

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- E/average *e*'
- Left atrial size
- Left atrial volume index (LAVI)
- Tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE)
- RV lateral S'
- Peak RV systolic pressure

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูล continuous data ใช้ค่า mean (SD) ในการรายงาน ข้อมูล categorical data ใช้ค่า frequency (percentages) ในการรายงาน การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า VO2 max และค่าอื่นๆ จาก CPET ในแต่ละเพศ และกลุ่มอายุ ใช้ analysis of varince การศึกษาหาความเชื่อมโยงของ LV global longitudinal strain กับ VO2 max โดยใช้ pearson correlation coefficient การศึกษาหาความสัมพันธ์ของ echocardiographic parameters กับ VO2 max ใช้ bivariate linear regression และ multivariate linear regression การหาค่า echocardiographic parameters ที่สำคัญในการทำนายประชากรที่จะมีค่า VO2 max น้อยกว่า 20 มล.ต่อ กก. ต่อนาที และ VO2 max ที่น้อยกว่า mean value โดยใช้ ROC curve และ พื้นที่ใต้โค้ง (AUC under ROC) การหาค่าสมการทำนายค่า VO2 max ในแต่ละเพศใช้ linear regression analysis โดยตัดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ two-sided P-value ที่น้อยกว่า 0.05 สำหรับทุกการวิเคราะห์ การหาค่าความเที่ยงของการวัด LV global longitudinal strain ในตัวผู้วิจัยและระหว่างผู้วิจัย ใช้การวัดค่า intra-class correlation coefficient (ICC) โดย การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้ โปรแกรม SPSS version 22

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 คุณลักษณะของประชากรในการศึกษา

มีผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 74 รายตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2560 ถึงเดือน ธันวาคม 2560 ผู้เข้าร่วมการวิจัย 2 รายถูกตัดออกจากการศึกษาเนื่องจากไม่สามารถทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ (CPET) ได้อย่างมีคุณภาพและ ผู้เข้าร่วมการวิจัย 1 รายถูกตัดออกเนื่องจากผลการตรวจ CPET พบว่ามีคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่แสดงถึงภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด จึงเหลือผู้เข้าร่วมการวิจัยในการศึกษาทั้งสิ้น 71 ราย เป็นเพศชาย 35 ราย (49.3%) และเพศหญิง 36 ราย (50.7%) โดยมีผู้เข้าร่วมการวิจัยในช่วงอายุ 21-30 ปี 31-40 ปี 41-50 51-60 ปี 61-70 ปี ช่วงอายุละ 14 ราย (19.7%) และช่วงอายุ 41-50 ปี 15 ราย (21.1%) ผู้เข้าร่วมการ วิจัยส่วนมาก มีลักษณะการใช้ชีวิตที่ต้องมีการเคลื่อนไหว (active life style) กล่าวคือ 73.2 % และมีลักษณะการ ใช้ชีวิตที่ไม่ค่อยได้เคลื่อนไหว (sedentary lifestyle) คิดเป็น 26.8 % ผู้เข้าร่วมการวิจัยส่วนมากขาดการออกกำลังกายคือ 35 ราย (49.3%) มีผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ออกกำลังกาย 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์จำนวน 19 ราย คิดเป็น 26.8% ออกกำลังกาย 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์จำนวน 8 ราย คิดเป็น 11.3% ออกกำลังกาย 5-7 ครั้งต่อสัปดาห์จำนวน 9 ราย คิดเป็น 12.7% โดยผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนมากออกกำลังกายครั้งละ 60 นาทีคิดเป็น 39% มีผู้เข้าร่วมวิจัยสูบบุหรี่ 3 ราย (4.2%) และมีโรคประจำตัวเช่น ความดันโลหิตสูงที่ควบคุมได้ เบาหวานที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อน ไขมันในเลือดสูง เก๊าท์ รวม 12 ราย คิดเป็น 16.9%

การตรวจร่างกายเบื้องต้นของผู้เข้าร่วมวิจัยว่าน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 60.7 กิโลกรัม (± 11.85 กิโลกรัม) ส่วนสูงเฉลี่ย 161.6 เซนติเมตร (± 8.8 เซนติเมตร) และค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ยอยู่ที่ 23.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (± 3.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ค่าความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว (systolic blood pressure) เฉลี่ยอยู่ที่ 125.4 มิลลิเมตรปรอท (± 15.5 มิลลิเมตรปรอท) และ ค่าความดันโลหิตช่วงหัวใจคลายตัวเฉลี่ยอยู่ที่ 72.7 มิลลิเมตรปรอท(± 10.4 มิลลิเมตรปรอท) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ยอยู่ที่ 72.7 ครั้งต่อนาที (± 10.4 ครั้งต่อนาที) ดังแสดงในตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1ตารางแสดงจำนวน ร้อยละ หรือ ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตัวแปร	**จำนวน(ร้อยละ) หรือ mean ± SD.**	Median (IQR)	Range [min, max]
1. เพศ			
ชาย	35 (49.3%)		
หญิง	36 (50.7%)		
2. กลุ่มอายุ (ปี)	44.52 ± 13.56	46 (32, 55)	[21, 66]
21-30	14 (19.7%)		
31-40	14 (19.7%)		
41-50	15 (21.1%)		
51-60	14 (19.7%)		
61-70	14 (19.7%)		
3. ลักษณะงาน			
Sedentary	19 (26.8%)		
Active	52 (73.2%)		
4. ความถี่ในการออกกำลังกาย			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	จำนวน(ร้อยละ) หรือ mean ± SD.	Median (IQR)	Range [min, max]
ไม่ได้ออกกำลัง	35 (49.3%)		
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	19 (26.8%)		
3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	8 (11.3%)		
5-7 ครั้งต่อสัปดาห์	9 (12.7%)		
5. ระยะเวลาที่ใช้ในการ ออกกำลังต่อครั้ง			
15 นาที	11 (28.9%)		
30 นาที	10 (26.3%)		
60 นาที	15 (39.4%)		
90 นาที	0 (0%)		
120 นาที	2 (5.2%)		
6. สูบบุหรี่	3 (4.2%)		
7. โรคประจำตัว	12 (16.9%)		
8. น้ำหนัก	60.71 ± 11.85	59 (52, 68)	[42, 94]
9. ส่วนสูง	161.63 ± 8.82	162 (155, 167)	[140, 180]
10. ดัชนีมวลกาย	23.13 ± 3.34	22.67 (20.89, 25.47)	[16.23, 31.96]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	จำนวน(ร้อยละ) หรือ mean ± SD.	Median (IQR)	Range [min, max]
11. ความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว	125.39 ± 15.79	121 (115, 137)	[93, 160]
12. ความดันโลหิตช่วงหัวใจคลายตัว	72.69 ± 10.37	73 (68, 79)	[46, 100]
13. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก	77.51 ± 13.49	79 (69, 87)	[50, 110]

4.2 ผลการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจ (echocardiogram)

ผลการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจ (echocardiogram) พบว่าค่า LV global longitudinal strain เฉลี่ยของการศึกษาอยู่ที่ -20.1 % โดยมีค่าความเบี่ยงเบนอยู่ที่ 1.58% และการกระจายตัว อย่างสม่ำเสมอดังแสดงในแผนภูมิที่ 2 ค่า Intra-observer และ inter-observer intra-class correlation coefficients สำหรับการวัดค่า LV global longitudinal strain อยู่ที่ 0.94 และ 0.96 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าอื่นๆที่ได้จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจจัดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตัวแปร	mean ± SD.	Median (IQR)	Range [min, max]
GLS (%)	-20.07 ± 1.58	-20.1 (-21.2, -18.7)	[-23.7-17.1]
LVESD (cm)	2.79 ± 0.47	2.79 (2.46, 3.11)	[1.54, 3.91]

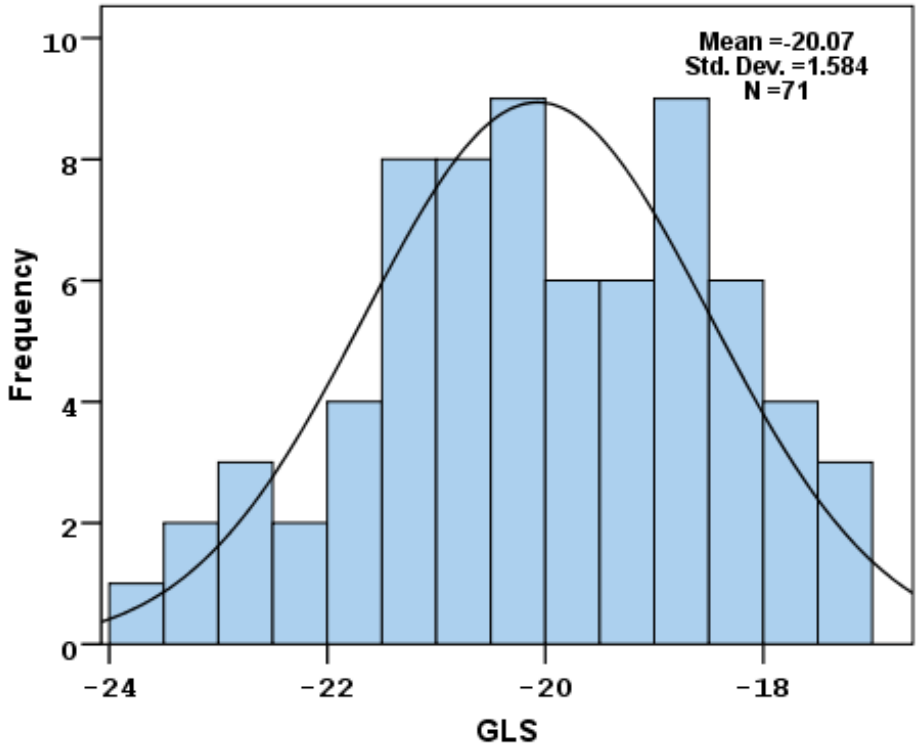
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวแปร	mean ± SD.	Median (IQR)	Range [min, max]
LVMI (g/m2)	86.31 ± 22.63	82.46 (71.7, 97.82)	[49.85, 162.12]
RWT	0.4 ± 0.1	0.4 (0.32, 0.45)	[0.2, 0.68]
EF(MOD-bp)%	66.06 ± 7.47	65.77 (60.09, 70.82)	[52.76, 84.71]
MV E velocity (cm/s)	74.55 ± 14.85	74.81 (63.63, 81.94)	[46.89, 129.97]
MV A velocity (cm/s)	66.46 ± 16.81	64.23 (53.8, 77.89)	[33.94, 118.96]
MV E/A ratio	1.21 ± 0.44	1.14 (0.87, 1.48)	[0.57, 2.68]
MV Decel Time (sec)	0.2 ± 0.04	0.2 (0.17, 0.22)	[0.12, 0.27]
Lateral E' Vel (cm/s)	12.23 ± 3.95	11.99 (9.26, 15.11)	[6.04, 25.07]
Med E' Vel (cm/s)	8.77 ± 2.6	8.43 (7.21, 10.14)	[4.09, 15.69]
Ave E' (cm/s)	10.5 ± 3.15	9.97 (8.38, 12.7)	[5.07, 19.29]
E/Septal E'	9.03 ± 2.38	8.98 (7.12, 10.61)	[5.06, 14.28]
E/Lateral E'	6.55 ± 1.9	6.18 (5.18, 7.87)	[3.03, 12.74]
E/Ave E'	7.54 ± 1.99	7.09 (6.11, 9.14)	[3.94, 12.84]
LAVI (ml/m2)	16.72 ± 4.5	16.38 (13.81, 20.12)	[8, 26.12]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	mean ± SD.	Median (IQR)	Range [min, max]
RVSP(TR) (mmHg)	24.56 ± 6.33	25.27 (20.94, 28.68)	[9.86, 38]
PADP (mmHg)	11.65 ± 2.18	11.65 (10.83, 13.08)	[7.04, 15.52]
TAPSE (cm/s)	2.54 ± 0.42	2.53 (2.16, 2.83)	[1.64, 3.47]
Tricuspid S' vel (cm/s)	12.88 ± 1.91	12.48 (11.7, 14.04)	[9.55, 18.81]

แผนภูมิที่ 2 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของค่า LV GLS ของผู้เข้าร่วมวิจัย

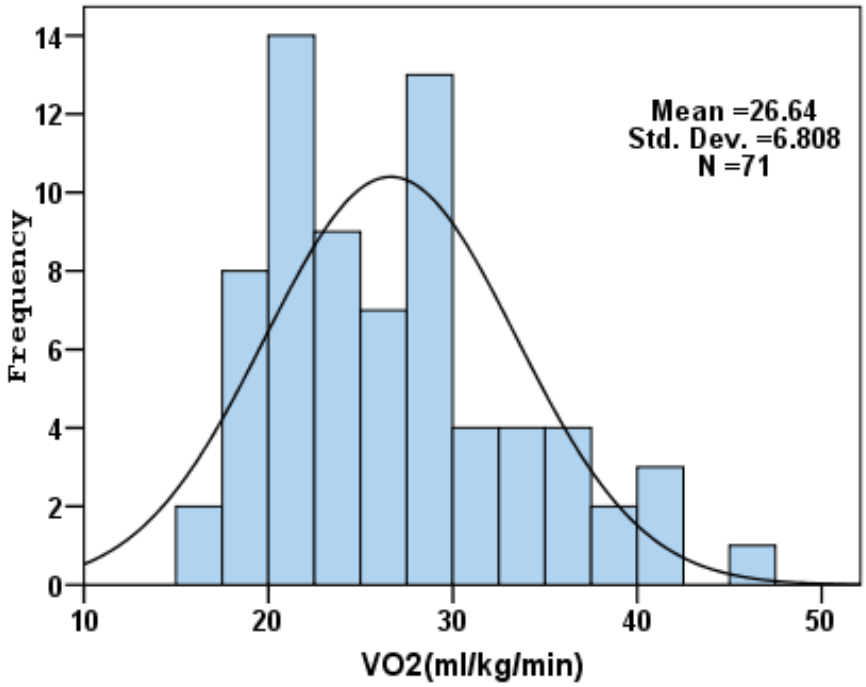


4.3 ผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ (CPET)

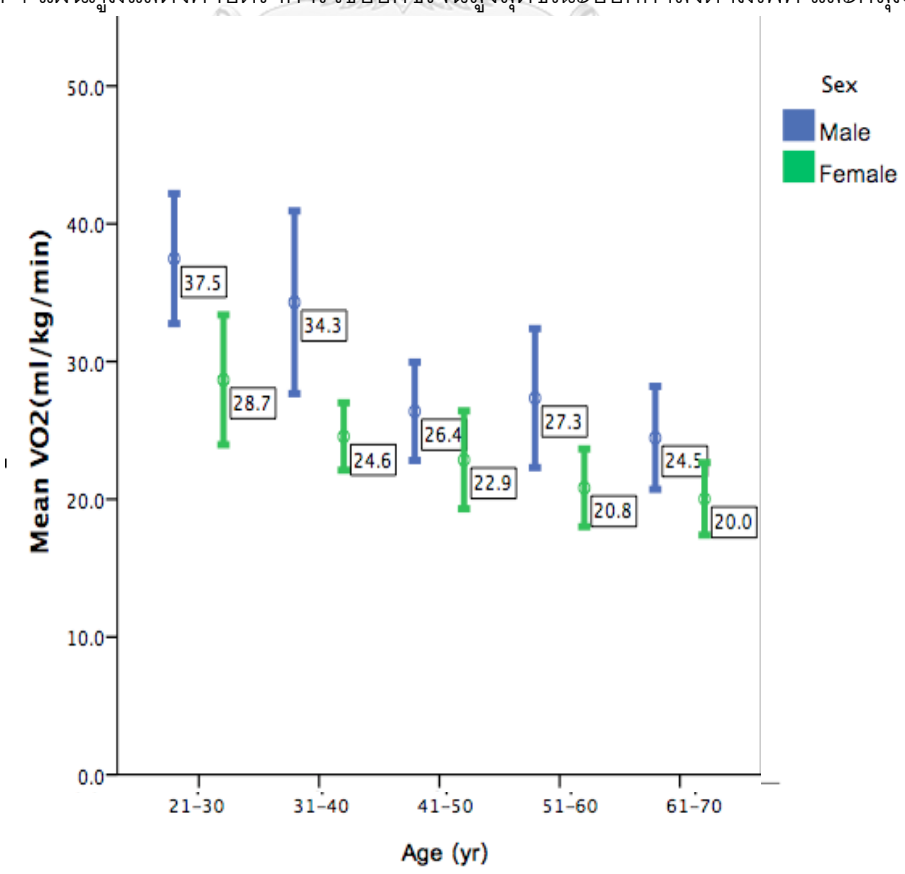
ผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและทางเดินหายใจ (CPET) ของผู้เข้าร่วมวิจัยโดยพบว่าค่าการทำงานของระบบทางเดินหายใจขณะพักอยู่ในเกณฑ์ปกติ กล่าวคือ ค่า %predicted FVC เฉลี่ยอยู่ที่ 76.9 %(± 10.5%) ค่าอัตราส่วนของ FEV1/FVC เฉลี่ยอยู่ที่ 0.82 (± 0.1) และค่า %predicted MVV เฉลี่ยอยู่ที่ 72.4 % (±16%) ค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของการวิ่งสายพานอยู่ที่ 6.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (± 1.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และ ค่าความชันสูงสุดของลู่วิ่งสายพานเฉลี่ยอยู่ที่ 11% (±1.9%) ระยะเวลาที่วิ่งสายพานเฉลี่ยอยู่ที่ 5 นาที 28 วินาที (± 1 นาที 28 วินาที) สำหรับการประเมิน คุณภาพของการทดสอบวิ่งสายพาน พบว่ามีค่า RER เฉลี่ยอยู่ที่ 1.2 (± 0.15) และค่า % aged-predicted maximal heart rate เฉลี่ยอยู่ที่ 96.2 % (±8.8%) และผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนออกกำลัง จนถึงคะแนนความเหนื่อยสูงสุดคือ Borg scale 10 ผลการวิเคราะห์ก๊าซที่ออกมากับลมหายใจของผู้เข้าร่วมวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังกาย (mean peak VO2) คือ 26.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (± 6.8 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที) ซึ่งค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังกายมี การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 3 และมีค่าแปรตามเพศและอายุของผู้เข้า ร่วมวิจัย กล่าวคือในเพศ ชายมีค่าสูงกว่าเพศหญิงและในกลุ่มอายุน้อยมีค่าสูงกว่ากลุ่มอายุมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในแผนภูมิที่ 4 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าอื่นๆที่ได้จากการทด สอบสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและระบบทางเดินหายใจ แสดงในตารางที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภูมิที่ 3 แผนภูมิแสดงการกระจายตัวของค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลัง



แผนภูมิที่ 4 แผนภูมิแสดงค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังตามเพศ และกลุ่มอายุ



ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ (Cardiopulmonary exercise testing)

ตัวแปร	**mean ± SD or N (%)**	**Median (IQR)**	**Range [min, max]**
FVC(L)	2.83 ± 0.69	2.91 (2.33, 3.28)	[1.5, 4.81]
Predicted FVC(%)	76.87 ± 10.46	78 (70, 83)	[56, 107]
FEV1(L)	2.31 ± 0.59	2.23 (1.84, 2.7)	[1.05, 3.82]
Predicted FEV1(%)	82.28 ± 12.55	84 (76, 88)	[53, 116]
MVV(L)	89.26 ± 27.16	84 (68, 111)	[38, 148]
Predicted MVV(%)	72.38 ± 16.09	71 (61, 81)	[43, 113]
VO2(ml/kg/min)	26.64 ± 6.81	25.7 (20.9, 30.5)	[15.8, 45.8]
>= 20 ml/kg/min	61 (85.9%)		
< 20 ml/kg/min	10 (14.1%)		
% predicted VO2 (Ref)	80.41 ± 14.53	76 (69, 94)	[55, 112]
VO2(L/min)	1.61 ± 0.54	1.51 (1.2, 1.97)	[0.84, 3.13]
% predicted VO2 in L/min	67.43 ± 14.24	64 (57, 78)	[45, 100]
peak HR	163.71 ± 17.91	167.5 (151, 176)	[119, 195]
%predicted HR	96.23 ± 8.79	97 (92, 102)	[75, 114]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	mean ± SD or N (%)	Median (IQR)	Range [min, max]
HRR	6.36 ± 14.76	5.18 (-3.65, 14.43)	[-23.7, 47]
O2 pulse (ml/beat)	9.81 ± 3.16	9.15 (7.3, 12.1)	[5.1, 17.7]
% predicted O2 pulse	93.57 ± 18.22	91.5 (81, 104)	[58, 154]
AT(L/min)	1.09 ± 0.34	1.13 (0.84, 1.31)	[0.38, 1.98]
%predicted max VO2 at AT	46.73 ± 13	46.5 (36, 56)	[20, 77]
VE/VCO2 slope at AT	31.06 ± 4.58	30 (28, 32)	[24, 48]
RER	1.2 ± 0.15	1.18 (1.1, 1.31)	[0.86, 1.65]
Exercise time (sec)	328.43 ± 88.87	310 (280, 370)	[180, 630]
Max speed (m/hr)	4.22 ± 0.81	4 (3.5, 4.5)	[3.2, 7]
Max speed (km/hr)	6.76 ± 1.29	6.4 (5.6, 7.2)	[5.12, 11.2]
Max incline grade (%)	10.98 ± 1.85	12 (10, 12)	[6.5, 14]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่ามีผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลัง ต่ำกว่า 20 มิลลลิเมตร ต่อ กิโลกรัม ต่อนาที จำนวน 10 ราย คิดเป็น 14.1% ซึ่งหากอิงตามเกณฑ์ ของแนวทางการแปรผลสากล จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความบกพร่องของความสามารถในการ ออกกำลังกาย

ความสัมพันธ์ระหว่างผลการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจขณะพักและผลการตรวจสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ

พบว่า อายุ ส่วนสูง ความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว และค่าการทำงานของระบบทางเดินหายใจคือ FVC FEV1 และ MVV มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลัง ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ของค่า LV global longitudinal strain กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลัง (R =0.18, p = 0.13 by pearson correlation) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5 ส่วนผลการตรวจทางคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจที่มีความสัมพันธ์ในเชิงกลับกับ อัตราการใช้ออกซิเจน สูงสุดคือ MV E/A ratio, septal e', lateral e'. The LVEF (Simpson's biplane method), late diastolic filling velocity (A velocity), E/septal e' และ E/lateral e' ดังแสดง ในตารางที่ 4

หากใช้การวิเคราะห์แบบ multivariate regression analysis จะพบว่าค่า LV global longitudinal strain ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (β = 0.70 (-0.17 - 1.57), p = 0.112) ในขณะที่อายุ และค่า MV E/A ratio มีความสัมพันธ์โดยไม่ขึ้นกับปัจจัยอื่น กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 5 และไม่พบความแตกต่างของค่า LV global longitudinal strain ในกลุ่มที่มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังต่ำกว่า 20 มิลลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อนาที กับกลุ่มที่มีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังมากกว่า หรือเท่ากับ 20 มิลลลิเมตรต่อ กิโลกรัมต่อนาที ในขณะที่อายุ ลักษณะการทำงาน ส่วนสูง ความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัวที่ ค่าการทำงานของระบบทางเดินหายใจคือ FVC, FEV1 และ MVV รวมถึงค่า MV A velocity, medial e', lateral e' และ average e' มีความแตกต่าง กันใน 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วย pearson correlation

ตัวแปร	VO2(ml/kg/min)	
	Pearson Correlation	p-value
อายุ	-0.619	<0.001*
น้ำหนัก	0.074	0.541
ส่วนสูง	0.437	<0.001*
ดัชนีมวลกาย	-0.206	0.085
ความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว	-0.362	0.002*
ความดันโลหิตช่วงหัวใจคลายตัว	-0.086	0.475
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก	-0.010	0.933
LV global longitudinal strain	0.180	0.134
FVC(L)	0.568	<0.001*
Predicted FVC(%)	0.018	0.882
FEV1(L)	0.502	<0.001*
Predicted FEV1(%)	-0.190	0.118
MVV(L)	0.593	<0.001*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแปร	VO2(ml/kg/min)	
	Pearson Correlation	p-value
Predicted MVV(%)	0.178	0.143
LVEDD	0.160	0.183
LVESD	0.117	0.331
LVMI	-0.007	0.955
RWT	-0.159	0.186
EF(MOD-bp)	-0.398	0.001*
MV E velocity	0.112	0.354
MV A velocity	-0.500	<0.001*
MV E/A ratio	0.479	<0.001*
MV Decel Time	0.074	0.544
Lateral E' Vel	0.456	<0.001*
Med E' Vel	0.496	<0.001*
Ave E'	0.490	<0.001*
E/Septal E'	-0.379	0.001*
E/Lateral E'	-0.352	0.003*
E/Ave E'	-0.383	0.001*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

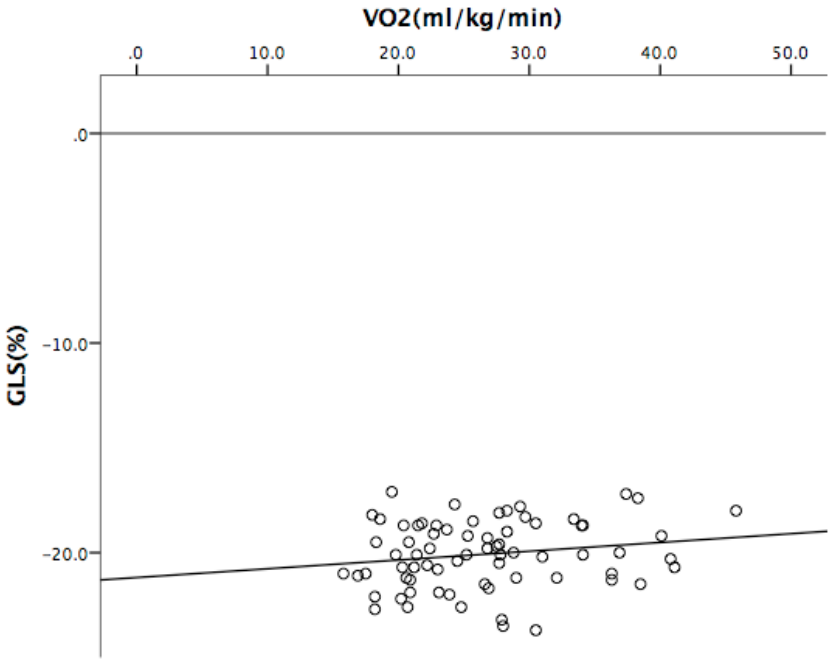
ตัวแปร	VO2(ml/kg/min)	
	Pearson Correlation	p-value
LAVI	-0.233	0.056
RVSP(TR)	-0.289	0.070
PADP	-0.041	0.846
TAPSE	-0.255	0.033*
Tricuspid S' vel	0.079	0.514

ตารางที่ 5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วย multivariate regression analysis

ตัวแปร	β	SE	95% CI.	t	p-value
อายุ	-0.22	0.08	-0.38 - -0.05	-2.58	0.012*
LV GLS	0.70	0.44	-0.17 - 1.57	1.61	0.112
EF(MOD-bp)	-0.15	0.10	-0.34 - 0.04	-1.55	0.125
MV E/A ratio	5.19	2.27	0.65 - 9.73	2.29	0.026*
Lateral E' Vel	-0.45	0.35	-1.16 - 0.26	-1.26	0.212
Med E' Vel	-0.11	0.52	-1.15 - 0.94	-0.20	0.842

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 5 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของค่า LV global longitudinal strain กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วย multivariate regression analysis



ตารางที่ 6 ตารางแสดงความแตกต่างของตัวแปรต่างๆ ผู้เข้าวิจัยที่มีอัตราการใช้ออกซิเจน สูงสุดขณะออกกำลังต่ำกว่า และสูงกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ต่ำกว่า 20 มิลลิเมตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	VO2 ≥ 20		VO2 < 20	p-value
	N	N (%) or mean ± SD.	N	N (%) or mean ± SD.	
	61		10		
เพศ					
ชาย	33 (54.1%)		2 (20%)	0.046*
หญิง	28 (45.9%)		8 (80%)	

	VO2 ≥ 20		VO2 < 20	p-value
	N	N (%) or mean ± SD.	N	N (%) or mean ± SD.	
	61		10		
อายุ (ปี)		42.57 ± 13.51		56.4 ± 5.56	<0.001*
21-30		14 (23%)		0 (0%)	0.011*
31-40		14 (23%)		0 (0%)	
41-50		14 (23%)		1 (10%)	
51-60		9 (14.8%)		5 (50%)	
61-70		10 (16.4%)		4 (40%)	
ลักษณะการทำงาน					
Sendentary		19 (31.1%)		0 (0%)	0.039*
Active		42 (68.9%)		10 (100%)	
ความถี่ในการออกกำลังกาย					
ไม่ได้ออกกำลัง		29 (47.5%)		6 (60%)	0.086
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์		18 (29.5%)		1 (10%)	
3-4 ครั้งต่อสัปดาห์		5 (8.2%)		3 (30%)	
5-7 ครั้งต่อสัปดาห์		9 (14.8%)		0 (0%)	
สูบบุหรี่		3 (4.9%)		0 (0%)	0.474

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	VO2 ≥ 20		VO2 < 20	p-value
	N 61	N (%) or mean ± SD.	N 10	N (%) or mean ± SD.	
น้ำหนัก		60.91 ± 12.07		59.5 ± 10.88	0.729
ส่วนสูง		162.48 ± 8.7		156.5 ± 8.09	0.046*
ดัชนีมวลกาย		22.96 ± 3.44		24.11 ± 2.54	0.316
ความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว		123.2 ± 14.64		138.8 ± 16.65	0.003*
ความดันโลหิตช่วงหัวใจคลายตัว		72.44 ± 10.44		74.2 ± 10.27	0.623
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก		77.79 ± 12.93		75.8 ± 17.25	0.669
LV global longitudinal strain		-20.29 ± 1.57		-20.16 ± 1.85	0.807
FVC(L)		2.95 ± 0.65		2.12 ± 0.44	<0.001*
Predicted FVC(%)		77.86 ± 10.15		71 ± 10.82	0.054
FEV1(L)		2.39 ± 0.58		1.79 ± 0.42	0.002*
Predicted FEV1(%)		82.53 ± 12.55		80.8 ± 13.11	0.691
MVV(L)		93.12 ± 26.4		66.5 ± 20.26	0.003*
Predicted MVV(%)		73.58 ± 16.4		65.3 ± 12.58	0.134

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	VO2 ≥ 20		VO2 < 20	p-value
	N	N (%) or mean ± SD.	N	N (%) or mean ± SD.	
	61		10		
LVEDD		4.42 ± 0.48		4.32 ± 0.38	0.548
LVESD		2.77 ± 0.47		2.9 ± 0.49	0.406
LVMI		87.06 ± 23.01		81.71 ± 20.67	0.492
RWT		0.4 ± 0.1		0.41 ± 0.12	0.882
EF(MOD-bp)		65.27 ± 6.94		70.87 ± 9.12	0.027
MV E velocity		74.24 ± 15.19		76.41 ± 13.17	0.672
Y MV A velocity		64.6 ± 15.64		77.55 ± 20.15	0.023*
MV E/A ratio		1.23 ± 0.45		1.05 ± 0.36	0.225
MV Decel Time		0.2 ± 0.04		0.2 ± 0.05	0.821
Lateral E' Vel		12.58 ± 4.14		10.15 ± 1.29	0.001*
Med E' Vel		8.96 ± 2.74		7.61 ± 0.88	0.005*
Ave E'		10.77 ± 3.32		8.88 ± 0.66	<0.001*
E/Septal E'		8.84 ± 2.42		10.14 ± 1.87	0.111
E/Lateral E'		6.38 ± 1.93		7.6 ± 1.4	0.061
E/Ave E'		7.36 ± 2.02		8.62 ± 1.42	0.065

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	VO2 ≥ 20		VO2 < 20	p-value
	N	N (%) or mean ± SD.	N	N (%) or mean ± SD.	
	61		10		
LAVI		16.37 ± 4.45		18.72 ± 4.54	0.128
RVSP(TR)		24.17 ± 5.37		27.26 ± 11.65	0.589
PADP		11.69 ± 2.11		11.46 ± 2.91	0.851
TAPSE		2.5 ± 0.38		2.76 ± 0.57	0.067
Tricuspid S' vel		12.9 ± 1.93		12.75 ± 1.92	0.820

4.4 ค่ามาตรฐานอ้างอิงของการตรวจการทำงานของสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจและสมการในการทำนายค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าเฉลี่ยของผลการตรวจการทำงานของสมรรถภาพการทำงานของระบบหัว ใจและระบบทางเดินหายใจแจกแจงตามเพศและกลุ่มอายุ แสดงในตารางที่ 7

เมื่อนำผลการศึกษามาวิเคราะห์หาสมการในการทำนายค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรไทย โดยแบ่งเป็นเพศชาย และเพศหญิง โดยใช้ค่าตัวแปรที่ส่งผลต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดคือ อายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ด้วย linear regression analysis ได้ออกมาว่า สมการในการทำนายอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในเพศชายคือ 35.43 - 0.29 [อายุ (ปี)] - 0.18 [น้ำหนัก (กิโลกรัม)] + 0.12 [ส่วนสูง(ซม.)] โดยมีค่า r^2= 0.52 และสมการในเพศหญิงคือ 15.29 - 0.22 [อายุ (ปี)] - 0.18 [น้ำหนัก (กิโลกรัม)] + 0.18 [ส่วนสูง(ซม.)] โดยมีค่า r^2= 0.48 ดังแสดงในตารางที่ 8

และเมื่อนำสมการดังกล่าวข้างต้นมาใช้ในการคำนวณหาค่า predicted VO2 ในประชากรไทยที่อยู่ในการศึกษาเรา เทียบกับการใช้สมการมาตรฐานอ้างอิงอื่นๆ ที่ได้มาจากประชากรต่างชาติ จะพบว่ามีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความแตกต่าง นั้นมีมากถึง 13 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 7 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของผลการตรวจการทำงานของสมรรถภาพการทำงาน ของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ

ตาราง 7.1 ในเพศชาย

ตัวแปร	**21-30 ปี**		**31-40 ปี**		**41-50 ปี**		**51-60 ปี**		**61-70 ปี**	
	Mean	**SD.**	**Mean**	**SD.**	**Mean**	**SD.**	**Mean**	**SD.**	**Mean**	**SD.**
FVC(L)	3.49	0.62	3.39	0.49	3.24	0.51	3.26	0.90	3.58	0.14
Predicted FVC(%)	75.43	11.16	73.17	9.81	73.57	7.52	78.60	17.10	92.67	3.51
FEV1(L)	2.89	0.69	2.75	0.43	2.55	0.37	2.74	0.64	2.86	0.16
Predicted FEV1(%)	72.57	15.82	74.67	12.11	76.00	9.36	89.20	15.80	104.6	0.58
MVV(L)	114.7	24.53	105.0	21.83	100.0	22.13	112.8	20.58	112.6	11.5
Predicted MVV(%)	67.86	14.72	66.33	14.36	68.86	10.38	84.00	12.71	93.33	10.9
VO2(ml/kg/min)	37.47	5.10	34.30	7.17	26.39	3.86	28.42	5.49	25.73	3.08
%predicted VO2	81.14	13.41	82.71	15.45	74.29	8.04	92.00	17.04	102.3	10.1

ตัวแปร	21-30 ปี		31-40 ปี		41-50 ปี		51-60 ปี		61-70 ปี	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
VO2(L/min)	2.25	0.51	2.31	0.56	1.74	0.29	1.98	0.35	1.84	0.23
% predicted VO2 in L/min	66.00	15.79	73.71	16.61	65.29	10.34	79.00	13.84	84.00	11.0
peak HR	177.7	19.37	173.1	14.09	164.4	14.83	164.2	9.44	154.0	16.7
%predicted HR	95.71	11.03	96.86	8.13	96.00	8.33	100.4	5.41	99.33	11.1
HRR	8.11	20.70	5.67	14.61	6.88	14.13	-0.68	8.85	1.07	17.2
O2 pulse (ml/beat)	12.59	2.21	13.44	3.31	10.70	2.35	12.08	2.30	11.97	2.64
%predicted O2 pulse	98.43	14.03	99.14	17.26	81.86	12.40	94.00	11.53	95.67	35.5
AT(L/min)	1.25	0.34	1.38	0.22	1.17	0.24	1.44	0.29	1.54	0.07
%predicted max VO2 at AT	36.86	9.87	44.29	5.94	44.00	10.13	57.40	11.30	71.33	4.93
VE/VCO2 slope at AT	29.86	3.53	28.29	2.75	28.43	2.57	29.20	0.84	31.00	2.65
RER	1.27	0.09	1.25	0.10	1.29	0.19	1.32	0.12	1.13	0.04

ตาราง 7.2 ในเพศหญิง

ตัวแปร	21-30 ปี		31-40 ปี		41-50 ปี		51-60 ปี		61-70 ปี	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
FVC(L)	2.81	0.36	2.56	0.34	2.35	0.27	1.90	0.28	2.50	0.65
Predicted FVC(%)	75.14	6.64	77.86	8.57	80.40	4.72	66.20	9.20	89.67	13.8
FEV1(L)	2.22	0.61	2.23	0.30	1.86	0.31	1.58	0.19	1.86	0.37
Predicted FEV1(%)	79.00	8.31	86.43	9.64	83.00	8.49	74.00	11.18	92.33	9.29
MVV(L)	93.14	22.48	76.14	8.80	80.60	19.63	68.40	11.04	62.00	19.7
Predicted MVV(%)	79.57	19.82	69.86	8.73	79.00	18.26	71.80	10.06	69.00	23.0
VO2(ml/kg/min)	28.67	5.10	24.56	2.65	24.60	4.49	20.24	3.06	20.90	2.97
%predicted VO2	75.43	13.79	72.14	7.29	80.20	14.13	74.20	10.06	83.00	13.4
VO2(L/min)	1.58	0.31	1.27	0.17	1.22	0.22	1.11	0.18	1.14	0.32
% predicted VO2 in L/min	70.86	14.42	61.29	8.79	62.40	11.30	61.00	9.54	65.67	17.6
peak HR	174.43	8.46	169.0	5.83	174.8	12.87	159.4	10.01	161.3	14.0

ตัวแปร	21-30 ปี		31-40 ปี		41-50 ปี		51-60 ปี		61-70 ปี	
	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.	Mean	SD.
%predicted HR	96.57	4.54	97.00	2.89	103.8	7.16	97.80	6.14	101.7	9.61
HRR	6.19	8.21	5.23	4.99	-6.44	12.04	3.60	10.09	-2.57	15.2
O2 pulse (ml/beat)	9.11	2.12	7.53	1.22	6.96	1.40	6.98	1.21	7.10	2.04
%predicted O2 pulse	102.71	25.40	94.00	22.62	92.80	14.06	84.00	5.43	86.67	22.7
AT(L/min)	0.99	0.26	0.98	0.23	0.78	0.18	0.78	0.31	0.95	0.18
%predicted max VO2 at AT	44.57	11.80	47.43	11.73	40.20	9.36	42.25	16.36	54.33	10.7
VE/VCO2 slope at AT	30.57	1.81	29.57	3.31	33.80	8.84	35.50	6.86	32.67	2.89
RER	1.17	0.09	1.34	0.20	1.28	0.09	1.22	0.09	1.14	0.04

ตารางที่ 8 ตารางแสดงสมการทำนายค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังในเพศ ชาย และเพศหญิง

	Model					
	B	SE	95% CI.		t	p-value
เพศชาย						
ค่าคงที่	35.43	24.49	-14.91	85.78	1.45	0.160
อายุ	-0.29	0.07	-0.44	-0.13	-3.86	0.001*
น้ำหนัก	-0.18	0.09	-0.36	0.01	-1.97	0.059
ส่วนสูง	0.12	0.15	-0.19	0.42	0.77	0.449
เพศหญิง						
ค่าคงที่	15.29	19.17	-24.38	54.96	0.80	0.433
อายุ	-0.22	0.06	-0.34	-0.11	-3.92	0.001*
น้ำหนัก	-0.18	0.10	-0.39	0.04	-1.72	0.100
ส่วนสูง	0.18	0.13	-0.09	0.45	1.38	0.181

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 ตารางแสดงค่า mean predicted VO2 ที่คำนวณได้จากสมการของการศึกษานี้เทียบกับค่าที่คำนวณได้จากสมการอ้างอิงอื่นๆ

Equations	Sex	Mean predicted peak VO2 (ml/kg/min) (SD)	Mean difference (ml/kg/min) (SD)	*P*-value
Present study	Male	31.51 (5.03)	Ref.	*n/a*
	Female	24.56 (3.23)	Ref.	*n/a*
Ref 1.	Male	40.91 (8.51)	-9.41 (3.64)	<0.001
	Female	32.51 (6.62)	-7.95 (7.02)	<0.001
Ref 2.	Male	35.50 (5.01)	-4.00 (1.91)	<0.001
	Female	28.40 (4.18)	-3.84 (1.54)	<0.001
Ref 3.	Male	35.62 (4.99)	-4.11 (1.91)	<0.001
	Female	28.46 (4.19)	-3.90 (1.55)	<0.001
Ref 4.	Male	44.95 (7.00)	-13.44 (2.25)	<0.001
	Female	34.86 (5.35)	-10.30 (2.52)	<0.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ref 1 : American Thoracic Society/American College of Chest Physicians statement on cardiopulmonary stress testing," American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, vol. 167, pp. 211–277, 2003.

Ref 2 : K. Wasserman, J. E. Hansen, D. Y. Sue, R. Casaburi, and B. J. Whipp, Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications, Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia, Pa, USA, 3rd edition, 1999.

Ref 3 : J. E. Hansen, D. Y. Sue, and K. Wasserman, “Predicted values for clinical exercise testing,” American Review of Respiratory Disease, vol. 129, no. 2, pp. S49–S55, 1984.

Ref 4 : Myers, Jonathan et al. A Reference Equation for Normal Standards for VO_2 Max: Analysis from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND Registry). Progress in Cardiovascular Diseases : Volume 60 ; 21 – 29.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

อภิปราย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปราย

ความสามารถในการออกกำลังเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเสียชีวิตทั้งในประ ชากรที่เป็นโรคและประชากรทั่วไป การศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ที่ได้จากการตรวจคลื่นเสียงสะท้อนหัวใจกับความสามารถในการออกกำลังกายส่วนมากมักทำในประชากรที่เป็นโรค โดยได้ผลว่า ค่าที่บ่งถึงความสามารถในการคลายตัวของหัวใจ (diastolic function) เช่น E/A ratio และ isovolemic relaxation time และค่า RV ejection fraction มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการออกกำลังของผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจล้มเหลว แต่ยังไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่าง LV ejection fraction หรือความสามารถในการบีบตัวของหัวใจห้องซ้ายล่างและความสามารถในออกกำลังได้ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาที่พยายามหาค่าที่บอกถึงความผิดปกติในการบีบตัวของหัวใจที่มีความไวมากกว่าเดิมเช่น strain imaging ว่าจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการออกกำลังหรือไม่[15, 16] การศึกษาก่อนหน้าบ่งว่าค่า LV global longitudinal strain มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังในผู้ป่วย หัวใจล้มเหลว[17] และมีอีกหนึ่งการศึกษาที่พบว่าค่า RV longitudinal strain มีความสัมพันธ์กับ Metabolic equivalent of task ที่น้อยกว่า 8 [18] แต่การศึกษาที่มีวัตถุประสงค์หลักที่จะหาความสัมพันธ์ของค่า LV global longitudinal strain กับ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรทั่วไปยังไม่เคยมีมาก่อน

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่แสดงให้เห็นว่าในประชากรทั่วไปค่า LV global longitudinal strain ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งสมมุติฐาน ที่น่าจะอธิบายผลการศึกษาได้คือ

1. ความสามารถในการออกกำลังนั้นเป็นผลรวมของการทำงานหลายระบบรวมกัน เช่นระบบทางเดินหายใจ ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ซึ่งค่าการทำงานของหัวใจเป็น เพียงส่วนประกอบนึงเท่านั้น ดังนั้นความผิดปกติเพียงเล็กน้อยของการบีบตัวของ หัวใจห้องซ้ายล่างจึงยังไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการออกกำลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ค่า LV global longitudinal strain อาจมีความไวในการบอกถึงภาวะบกพร่องของการทำ งานของหัวใจในประชากรที่มีโรคหัวใจ แต่อาจไม่มีความไวเพียงพอในการอาจมีความไวในการ บอกถึงภาวะบกพร่องของการทำ งานของหัวใจในประชากรทั่วไปที่ไม่มีโรค

3. ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ลดต่ำลงในผู้สูงอายุอาจเกิดจากภาวะ aging heart ซึ่งมักพบภาวะ diastolic dysfunction ร่วมด้วย ซึ่งการวัด LV global longitudinal strain อาจไม่สามารถบ่งถึงภาวะดังกล่าวได้

แต่อย่างไรก็ดี การศึกษานี้สามารถแสดงความสัมพันธ์ของค่า diastolic function คือ MV E/A ratio, MV A velocity, septal e', lateral e', E/septal e', E/lateral e' และ E / average e' กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ อีกทั้งค่า MV E/A ratio ยังมีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยไม่ขึ้นกับปัจจัยอื่น

ค่ามาตรฐานอ้างอิง และสมการที่ใช้ทำนายค่าปกติของการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและทางเดินหายใจ (CPET) ที่ใช้กันอยู่ เป็นค่าที่ได้จากประชากรในประเทศแถบตะวันตกเป็นหลัก และมีการศึกษาก่อนหน้าที่บอกว่าค่าเหล่านั้นอาจใช้ไม่ได้ในประชากรเอเชีย และการศึกษานี้ที่ทำในประชากรไทยทั่วไป ก็แสดงให้เห็นว่าสมการที่ใช้ในการทำนายอัตราการ ใช้ออกซิเจนสูงสุดของการศึกษาอื่นมีค่าสูงเกินกว่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้จากการศึกษาของเรา และความแตกต่างนั้นมีมากจนสามารถวินิจฉัยภาวะผิดปกติอย่างคลาดเคลื่อนได้ สาเหตุที่พบความแตกต่างดังกล่าวอาจเป็นจาก ประชากรที่ศึกษามีชาติพันธ์ต่างกัน เกณฑ์ในการคัดเลือกประชากรที่เข้าศึกษาต่างกัน รูปแบบและแบบแผนการทดสอบการออกกำลังที่แตกต่างกัน เกณฑ์ในการบอกถึงคุณภาพของการทดสอบต่างกัน และค่าตัวแปรในสมการต่างๆไม่เหมือนกัน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ดีก่อนนำสมการที่ได้จากการศึกษานี้ไปใช้ในประชากรไทยทั่วไป ควรทำการศึกษาเพื่อบอกความเชื่อมั่นในการใช้กับประชากรไทยจากกลุ่มการศึกษาอื่นๆ เพิ่มเติม

5.2 ข้อจำกัดในการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีโอกาสทำการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจและระบบ ทางเดินหายใจ (CPET) เพียง 1 ครั้ง ทำให้ผลที่ได้อาจต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากมีปัจจัย เรื่องความไม่คุ้นเคย หรือ ความตื่นเต้นในการทำการทดสอบ

2. จำนวนประชากรที่เข้าร่วมการศึกษาถูกคำนวณมาเพื่อหาความสัมพันธ์ของค่า LV global longitudinal strain กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่านั้น ดังนั้นอาจไม่มี power เพียงพอที่จะ

สรุปผลการศึกษาอื่นๆ เช่น ความสัมพันธ์ของค่า diastolic function กับ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือค่ามาตรฐานของการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบ หัวใจและระบบทางเดินหายใจ (CPET) เป็นต้น

3. การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยใช้การสัมภาษณ์ประวัติทางโทรศัพท์เป็นหลัก และผู้เข้าร่วมวิจัยส่วนใหญ่ไม่มีผลการตรวจเลือด และ/ หรือ ผลภาพถ่ายรังสีทรวงอก ให้ผู้ทำวิจัยพิจารณา ดังเช่นจะเห็นว่ามีผู้เข้าร่วมวิจัยบางรายมีค่าการทำงานของปอดต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

4. การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่จัดทำขึ้นในสถาบันเดียว ดังนั้นประชากรที่เข้าร่วมวิจัยอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนของประชากรไทยทั้งหมดได้

5.3 **สรุปผล**

การศึกษาในประชากรทั่วไปที่ไม่มีโรคทางหัวใจและหลอดเลือด ค่า LV global longitudinal strain ไม่มีความ สัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดขณะออกกำลังหรือ peak oxygen consumption (peak VO2) และการศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่รายงานค่ามาตรฐานอ้างอิงและสมการ ทำนายค่ามาตรฐานอ้างอิงของการตรวจสมรรถภาพของระบบหัวใจและระบบทางเดินหายใจ (cardiopulmonary exercise testing) ในประชากรไทย

5.4 **ข้อเสนอแนะ**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอื่นๆที่ได้จาก strain imaging เช่น LV diastolic strain หรือ RV longitudinal strain กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในประชากรทั่วไป อาจให้ผลแตกต่างจากค่า LV global longitudinal strain

2. การทำการศึกษาเพิ่มเติมในขนาดใหญ่ขึ้น หรือทำการศึกษาในหลายสถาบัน (multi-center study) เพื่อหาค่ามาตรฐานอ้างอิงของการทดสอบสมรรถภาพการทำงานของระบบหัวใจ และระบบทาง เดินหายใจ (CPET) ในประชากรไทย

3. ทำการศึกษาความน่าเชื่อถือของสมการที่ใช้ในการทำนายอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากการศึกษานี้ โดยนำไปทดลองใช้ในประชากรกลุ่มอื่น

รายการอ้างอิง

1. Guazzi, M., et al., *EACPR/AHA Joint Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations.* Eur Heart J, 2012. 33(23): p. 2917-27.

2. Swift, D.L., et al., *Physical activity, cardiorespiratory fitness, and exercise training in primary and secondary coronary prevention.* Circ J, 2013. 77(2): p. 281-92.

3. Kaminsky, L.A., R. Arena, and J. Myers, *Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured With Cardiopulmonary Exercise Testing: Data From the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database.* Mayo Clin Proc, 2015. 90(11): p. 1515-23.

4. Ong, K.C., et al., Predictive values for cardiopulmonary exercise testing in sedentary Chinese adults. Respirology, 2002. 7(3): p. 225-31.

5. Davies, S.W., et al., *Abnormal diastolic filling patterns in chronic heart failure--relationship to exercise capacity.* Eur Heart J, 1992. 13(6): p. 749-57.

6. Di Salvo, T.G., et al., *Preserved right ventricular ejection fraction predicts exercise capacity and survival in advanced heart failure.* J Am Coll Cardiol, 1995. 25(5): p. 1143-53.

7. Franciosa, J.A., M. Park, and T.B. Levine, *Lack of correlation between exercise capacity and indexes of resting left ventricular performance in heart failure.* Am J Cardiol, 1981. 47(1): p. 33-9.

8. Edvardsen, T., et al., *Quantitative assessment of intrinsic regional myocardial deformation by Doppler strain rate echocardiography in humans: validation against three-dimensional tagged magnetic resonance imaging.* Circulation, 2002. 106(1): p. 50-6.

9. Stanton, T., R. Leano, and T.H. Marwick, *Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring.* Circ Cardiovasc Imaging, 2009. 2(5): p. 356-64.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. Hasselberg, N.E., et al., *Left ventricular global longitudinal strain is associated with exercise capacity in failing hearts with preserved and reduced ejection fraction.* Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2015. 16(2): p. 217-24.

11. Weidemann, F., et al., *Can strain rate and strain quantify changes in regional systolic function during dobutamine infusion, B-blockade, and atrial pacing--implications for quantitative stress echocardiography.* J Am Soc Echocardiogr, 2002. 15(5): p. 416-24.

12. Charfeddine, S., et al., *Echocardiographic analysis of the left ventricular function in young athletes: a focus on speckle tracking imaging.* Pan Afr Med J, 2016. 25: p. 171.

13. Loe, H., et al., *Aerobic capacity reference data in 3816 healthy men and women 20-90 years.* PLoS One, 2013. 8(5): p. e64319.

14. Koch, B., et al., *Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy volunteers: the SHIP study.* Eur Respir J, 2009. 33(2): p. 389-97.

15. Dulgheru, R., et al., *Left ventricular regional function and maximal exercise capacity in aortic stenosis.* Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016. 17(2): p. 217-24.

16. Simsek, Z., et al., *Speckle-tracking echocardiographic imaging of the right ventricular systolic and diastolic parameters in chronic exercise.* Int J Cardiovasc Imaging, 2013. 29(6): p. 1265-71.

17. Petersen, J.W., et al., *Speckle tracking echocardiography-determined measures of global and regional left ventricular function correlate with functional capacity in patients with and without preserved ejection fraction.* Cardiovasc Ultrasound, 2013. 11: p. 20.

18. Chang W-T, L.Y.-W., Liu P-Y, Hsu C-H, Tsai W-C. , *The association between right ventricular free wall strain and exercise capacity for health check-up subjects.* PLoS ONE, 2017. 12(3): p. e0173307.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

แบบฟอร์มเก็บข้อมูล

1. Screening information		
STUDY ID	__ __ __ __	Sticker
date	_____ /_____/ _2017	
Hospital ID		
Note		

2. Inclusion/ Exclusion		
Yes	No	Criteria
☐ yes	☐no	Normal CXR and EKG 12 leads within 1 yr
☐ yes	☐no	Able to perform CPET
☐ yes	☐no	Heart diseases : CAD, arrhythmia, structural heart disease, aortic disease
☐ yes	☐no	Lung diseases : COPD, asthma, restrictive lung
☐ yes	☐no	Neuromuscular diseases : MG, myopathy
☐ yes	☐no	Psychiatric disorders
☐ yes	☐no	Pregnancy
☐ yes	☐no	BMI > 35 kg/m2
☐ yes	☐no	competitive athletes

3. Demographic		
Gender	☐ Male ☐ Female	Age _____ years old
Career	_____	☐ Active ☐ Sedentary

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<table>
<tr><th colspan="5">3. Demographic</th></tr>
<tr><td>Exercise</td><td colspan="2">Type:
☐ Aerobic exercise :
……..
☐ Isometric :
…….</td><td>frequency
☐ 0 / week
☐ 1-2/week
☐ 3-4/week</td><td>Duration
☐ 15 min
☐ 30 min
☐ 60 min
☐ 90 min
☐ 120 min</td></tr>
<tr><td>Smoking
☐ Unknown</td><td>☐ Current
= _____ py</td><td>☐Quit within 12 m.
= _____ py
When:</td><td>☐Never</td><td></td></tr>
<tr><td>List of medication</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Gen</td><td>_____
kg</td><td>_____
cm</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>V/S</td><td>SBP_____
mmHg</td><td>DBP
_____mmHg</td><td>HR _____
bpm</td><td>RR _____
/min</td></tr>
<tr><td>Procedure</td><td colspan="2">CPX ☐ yes</td><td colspan="2">Echo ☐ yes</td></tr>
<tr><td>Note</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายอนุรุธ ฮั่นตระกูล

วันเดือนปีเกิด วันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดหนองคาย

การศึกษา

พ.ศ. 2552	แพทยศาสตร์บัณฑิต คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2553	แพทย์เพิ่มพูนทักษะ โรงพยาบาลศูนย์ราชบุรี จังหวัดราชบุรี
พ.ศ. 2554	แพทย์ใช้ทุน โรงพยาบาลขุนหาญ จังหวัดศรีษะเกษ
พ.ศ. 2555	แพทย์ประจำกองอายุรกรรม โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2559	วว. อายุรศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์
พ.ศ. 2560 -2561	แพทย์ประจำบ้านต่อยอด สาขาโรคหัวใจและหลอดเลือด ภาควิชาอายุศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University