การพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที ด้วยระบบเลเซอร์

The Development of Two Minute Step Test Device Using Laser System

โดย

ธนณัฏฐ์ จารุประยงค์

อานุชา ธัญญา

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2564

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

การพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์

The Development of Two Minute Step Test Device Using Laser System

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 5 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2564

.....ธนณัฏฐ์ จารุประยงค์.....	.....
(นายธนณัฏฐ์ จารุประยงค์)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กภ. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษา
.....อานุชา ธัญญา.....	.....
(นายอานุชา ธัญญา)	(อาจารย์ ดร. บรรเทิง ยานะ)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

ธนณัฏฐ์ จารุประยงค์

อานุชา ธัญญา

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง

การพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์

The Development of Two Minute Step Test Device Using Laser System

เมื่อ วันที่ 5 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

.....	.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กภ. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)	(อาจารย์ ดร. กภ. ชลธิชา แก้วจอหอ)
ประธานกรรมการ	กรรมการ
.....	
(อาจารย์ ดร.กภ. สุดารัตน์ สังฆะมณี)	
กรรมการ	
.....	.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กภ. ศิรินทิพย์ คำฟู)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา หมั่นดี)
ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต	คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นายธนณัฏฐ์ จารุประยงค์
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Thananat Charuprayong
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 26 เดือนกันยายน พ.ศ. 2542
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	222/23 ม.10 ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
	E-mail: 61131181@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2556
	โรงเรียนมารีวิทย์ จังหวัดชลบุรี
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2559
	โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นายอานุชา ธัญญา
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Anucha Thanya
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 21 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2542
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	64/1 ม.5 ต.เหมืองแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180
	E-mail: 61131406@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2557
	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2560
	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ กภ. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ และอาจารย์ ดร. บรรเทิง ยานะ ที่อนุเคราะห์ช่วยออกแบบพัฒนาอุปกรณ์และเขียนโปรแกรม พร้อมให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนดูแลเป็นอย่างดีจนทำให้ภาคนิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงอาจารย์ ดร.กภ.สุดารัตน์ สังฆะมณี และอาจารย์ ดร.กภ.ชลธิชา แก้วจอหอ คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต คณบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำภาคนิพนธ์ ขอบพระคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลครั้งนี้จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ธนณัฏฐ์ จารุประยงค์
อานุชา ธัญญา
5 ตุลาคม 2564

คำรับรอง

ข้าพเจ้า นายธนณัฏฐ์ จารุประยงค์ และ นายอานุชา ธัญญา นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด ชั้นปีที่ 4 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่า ภาคนิพนธ์เรื่อง การพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (The development of two minute step test device using laser system) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริง โดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

ธนณัฏฐ์ จารุประยงค์

อานุชา ธัญญา

5 ตุลาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญคำย่อ	vii
บทคัดย่อภาษาไทย	viii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
สมมติฐาน	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุ	4
1.1 ความหมายของผู้สูงอายุ	4
1.2 ความหมายของสังคมผู้สูงอายุ	4
1.3 อุบัติการณ์ของผู้สูงอายุ	5
1.4 การเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุ	5
2. สมรรถภาพทางกายและการทดสอบสมรรถภาพ	8
2.1 สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ	8
2.2 สมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำกิจกรรม	9
2.3 วิธีการทดสอบสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ	9
2.4 การทดสอบการเดิน 6 นาที (Six minute walk test)	11
2.5 การทดสอบการยกขาสูงสลับกันสองนาที (Two minute step test)	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. Photoelectric sensor	14
3.1 รูปแบบการทำงานของ Photoelectric Sensor	14
4. ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human error)	14
5. วิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา	17
ขอบเขตการวิจัย	17
รูปแบบการวิจัย	17
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	17
วัสดุและอุปกรณ์	17
ขั้นตอนการศึกษา	18
ขั้นตอนการดำเนินงาน	23
การวิเคราะห์ข้อมูล	26
บทที่ 4 ผลการศึกษา	27
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา	32
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา	32
ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	38

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุ	5
รูปที่ 2 สถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายผู้สูงอายุ	10
รูปที่ 3 เลเซอร์ M12	19
รูปที่ 4 บอร์ด FT232	19
รูปที่ 5 อุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์	20
รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์	20
รูปที่ 7 Borg Scale for Rating Perceived Exertion	22
รูปที่ 8 Rating of Fatigue (ROF)	22
รูปที่ 9 Numeric pain rating scale	23
รูปที่ 10 ปรับระดับความสูงในการยกเข่า	25
รูปที่ 11ก ท่าเริ่มต้นของการทดสอบ	25
รูปที่ 11ข ท่ายกขาสูงสลับกัน	25
รูปที่ 12 การบันทึกผลการทดสอบเข้าโปรแกรม Excel	26
รูปที่ 13 แผนภาพ Bland Altman plots แสดงความสอดคล้องของการวัดซ้ำของอุปกรณ์ StepUP ในผู้ประเมินคนที่ 1 ขณะทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที	31
รูปที่ 14 แผนภาพ Bland Altman plots แสดงความสอดคล้องของการวัดซ้ำของอุปกรณ์ StepUP ในผู้ประเมินคนที่ 2 ขณะทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที	31

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร	27
ตารางที่ 2 ค่าสัญญาณชีพ คะแนนอาการหอบเหนื่อย และคะแนนความล้าของอาสาสมัคร	28
ตารางที่ 3 การทดสอบซ้ำของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีโดยอุปกรณ์ StepUP	29
ตารางที่ 4 ความแตกต่างระหว่างการประเมินวันที่ 1 และ 2 ของผู้ประเมินทั้งสองคน	30

สารบัญคำย่อ

VO_2 max	=	Maximal oxygen uptake
6MWT	=	Six Minute Walk Test
2MST	=	Two Minute Step Test
ATS	=	American Thoracic Society
CPET	=	Cardiopulmonary Exercise Test
6MWD	=	Six Minute Walk Distance
COPD	=	Chronic obstructive pulmonary disease
TUG	=	Time Up and Go Test
RPE	=	Borg Rating of Perceived Exertion scale
ROF	=	Rating of Fatigue
SD	=	standard deviation
ICC	=	Intraclass correlation coefficient
95% CI	=	95% Confidence interval
SEM	=	Standard error of measurement
MDC	=	Minimal detectable change

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การทดสอบความทนทานของหัวใจและระบบหายใจ (Cardiopulmonary endurance) ด้วยการทดสอบการยกขาสูงสองนาที (2 minute step test; 2MST) เป็นอีกหนึ่งการทดสอบทางเลือกที่สามารถใช้ทดสอบแทนการเดิน 6 นาที เมื่อมีข้อจำกัดด้านเวลาและพื้นที่ หรือสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย แต่อย่างไรในประเทศไทยข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติของการทดสอบ 2MST ก่อนนำไปใช้ในทางคลินิกที่จำเพาะต่อกลุ่มเป้าหมายยังมีจำกัดและยังไม่แพร่หลายนัก ดังนั้นการศึกษานี้ได้นำเทคโนโลยีเลเซอร์มาพัฒนาอุปกรณ์ “StepUP” เพื่อทดสอบ 2MST **วัตถุประสงค์:** เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ และศึกษาความน่าเชื่อถือการประเมินซ้ำของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยอุปกรณ์ “StepUP” **วิธีการศึกษา:** ทำการศึกษาในอาสาสมัครสุขภาพดีอายุ 19 – 25 ปี (อายุเฉลี่ย 21.30 ± 0.67 ปี) จำนวน 10 คน (ชาย 5 คน หญิง 5 คน) อาสาสมัครทั้งหมดได้รับการทดสอบ 2MST ด้วยอุปกรณ์ “StepUP” ด้วยผู้ประเมิน 2 คนโดยผู้ประเมินแต่ละคนจะทำการทดสอบ 2 ครั้ง ทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง มีระยะห่างการประเมินซ้ำ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือโดยใช้สถิติ Intraclass correlation coefficients ($ICC_{3,1}$) **ผลการศึกษา:** ความน่าเชื่อถือของการประเมินซ้ำในการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีอุปกรณ์ “StepUP” อยู่ในระดับสูงมาก โดยมีค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.91 – 0.95 พบค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดของการประเมินทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีเท่ากับ 5.68 – 7.62 ครั้ง **สรุปผล:** การทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยอุปกรณ์ “StepUP” ในอาสาสมัครสุขภาพดีช่วงอายุ 19 – 25 ปี เป็นการวัดที่มีความน่าเชื่อถือในการประเมินซ้ำ

คำสำคัญ: ยกขาสูงสลับกันสองนาที ความทนทานของระบบหัวใจและหายใจ ระบบเลเซอร์ ความน่าเชื่อถือ

Abstract

Background: Cardiopulmonary endurance testing by 2 minute step test (2MST) is an alternative test that can be used for assessment instead of six-minute walk test (6MWT), when there are time and space restrictions or bad weather. In Thailand, however, information on the suitability of the 2MST test prior to its use in clinical practice is limited and not generally available. Therefore, laser technology was used in this study to develop the StepUP device for 2MST **Objective:** To develop 2MST device using laser system and define the test-retest reliability of 2MST by StepUP device **Methods:** Ten healthy volunteers (5 men 5 women) age between 19 – 25 years (mean age was 21.30 ± 0.67 years) were instructed to perform 2MST by StepUP device with 2 evaluator. Each evaluator was assessed two trials (total 4 trials) with 24 hours resting period. The Intraclass correlation coefficients ($ICC_{3,1}$) was used to explore test-retest reliability **Results:** The result showed that test-retest reliability of 2MST by StepUP device was very high reliability ($ICC_{3,1}$ were between 0.91-0.95) and minimal detectable change (MDC) ranged from 5.68 to 7.62 **Conclusion:** 2MST in healthy volunteers age between 19 and 25 years by StepUP device is test-retest reliable assessment

Key words: 2 minute step test , Cardiovascular endurance, Laser system, Reliability

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยมีสัดส่วนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยสังคมไทยในปัจจุบันอยู่ในช่วงสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (Aged society) ประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 หรือมีประชากรอายุ ตั้งแต่ 65 ปี มากกว่าร้อยละ 14 ของประชากรโดยรวมทั้งหมดของประเทศไทย คาดว่าภายในปี พ.ศ. 2583 ประเทศไทยจะเข้าสู่การเป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอด (Super aged society) จะมีผู้สูงอายุมากถึง 20.5 ล้านคน หรือร้อยละ 32 ของประชากรทั้งหมดของประเทศไทย [1] เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของผู้สูงอายุ ทำให้ประเทศเริ่มตระหนักถึงปัญหาและเตรียมหาทางรองรับปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะปัญหาด้านสุขภาพ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุการทำงานของระบบต่างๆ จะลดลง เช่น ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบหัวใจและหายใจ ทำให้การทำงานและการทำกิจวัตรของผู้สูงอายุลดลง ซึ่งสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุลดลงส่งผลให้เกิดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังตามมา [2]

การทดสอบความทนทานของหัวใจและระบบหายใจ (Cardiopulmonary endurance) เป็นการทดสอบความสามารถของหัวใจและหลอดเลือดในการขนส่งออกซิเจนให้แก่กล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงขณะทำงาน [3] เพื่อดูความสามารถในการทำงานของร่างกาย (Functional capacity) [4] โดยการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake;VO2 max) เป็นตัวบ่งบอกว่ายิ่งค่า VO_2max มากประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายก็ยิ่งดีขึ้น [3] โดยรูปแบบการประเมินความทนทานของระบบหัวใจและระบบหายใจ คือ การทดสอบการออกกำลังกาย (Exercise testing) ทดสอบโดยการวิ่งบนสายพาน หรือปั่นจักรยาน แต่มักมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ในชุมชนหรือสถานที่ต่าง ๆ เนื่องจากอุปกรณ์ทดสอบมีขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายลำบาก และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการทำการทดสอบ ในทางคลินิกจึงนิยมใช้การทดสอบด้วยการเดิน 6 นาที (Six Minute Walk Test; 6MWT) เนื่องจากเป็นการทดสอบการออกกำลังกายในระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (Submaximal exercise test) ซึ่งเป็นระดับความหนักใกล้เคียงระดับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การทดสอบ 6MWT อาจมีข้อจำกัด เช่น ไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการทดสอบ สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย และมักพบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่เดินด้วยความเร็วที่ลดลงเมื่อต้องใช้ระยะเวลาในการเดินนาน ดังนั้นการทดสอบด้วยการยกขาสูงสลับ

สองนาที (Two minute step test; 2MST) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับทดสอบความทนทานของระบบหายใจและหัวใจ หากการทดสอบ 6MWT ไม่สามารถทดสอบได้

วิธีการ 2MST เป็นการทดสอบที่ง่าย ประหยัดพื้นที่ และใช้อุปกรณ์น้อย ทดสอบโดยให้ผู้ถูกทดสอบยืนยกขาสูงอยู่กับที่แล้วนับจำนวนยกขาสูงที่ทำได้ภายใน 2 นาที [4] มีรายงานการนำการทดสอบ 2MST ไปใช้ในกลุ่มคนหลากหลาย ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลว โรคเส้นเลือดแดงส่วนปลายอุดตัน วัยรุ่นที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง คนอ้วน เป็นต้น อย่างไรนั้นอาจมีข้อจำกัดบ่อยครั้งจากการทดสอบการยกขาสูงสลับสองนาที เช่น ความผิดพลาดหรืออคติของผู้ทดสอบ การปรับระดับความสูงเป้าหมายยกขา วิธีการทดสอบ การนับจำนวนครั้งยกขา เป็นต้น [5] ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการคัดกรอง การแปลผล หรือการติดความความก้าวหน้าสมรรถภาพกายหลังการให้โปรแกรมการฟื้นฟูได้ ดังนั้นการนำอุปกรณ์หรือเทคโนโลยีมาเป็นส่วนประกอบจะช่วยลดความผิดพลาดและเพิ่มประสิทธิภาพการทดสอบ 2MST ได้

ทางคณะผู้วิจัยสนใจเลือกเทคโนโลยีระบบเลเซอร์มาเป็นส่วนประกอบในการพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบ 2MST ที่มีชื่อว่า อุปกรณ์ “StepUP” พร้อมโปรแกรม Knee UP Counter เนื่องจากระบบเลเซอร์ใช้หลักการทำงานของ Photoelectric sensor ทำให้สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว ตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุได้ โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสตัววัตถุ [6] ซึ่งตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายของบุคคลโดยอาศัยการส่งและรับแสงที่ให้ผลได้อย่างแม่นยำ [7] นอกจากนี้งานวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบ 2MST ในประเทศไทยเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของการทดสอบ 2MST ยังมีจำกัดและนำไปใช้ทางคลินิกยังน้อยมาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงสนใจออกแบบพัฒนาอุปกร์ทดสอบ 2MST ด้วยระบบเลเซอร์ และศึกษาความน่าเชื่อถือการประเมินซ้ำ (test–retest reliability) ของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยอุปกรณ์ “StepUP” ในอาสมัครสุขภาพดี คณะผู้วิจัยคาดหวังว่าอุปกรณ์ “StepUP” จะเป็นอุปกรณ์ทดสอบอีกหนึ่งทางเลือกในการทดสอบความทนทานของระบบหัวใจและหายใจที่น่าสนใจและนำไปใช้ในชุมชนหรือคลินิกมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีมีเวลาหรือพื้นที่ทดสอบจำกัด เช่น บริเวณบ้านผู้ป่วยในพื้นที่ชุมชนหรือหอผู้ป่วยตามโรงพยาบาล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (อุปกรณ์ StepUP)

2. เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือการประเมินซ้ำ (test–retest reliability) ของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (อุปกรณ์ StepUP)

สมมติฐาน

การทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (อุปกรณ์ StepUP) มีค่าความน่าเชื่อถือจากการทดสอบซ้ำในระดับสูงขึ้นไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้อุปกรณ์การทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ต้นแบบเพื่อปรับปรุงประเมินกลุ่มเป้าหมายได้อย่างน่าเชื่อถือ

2. เป็นอุปกรณ์ทางเลือกที่เป็นประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการตรวจประเมินผู้ป่วยในทางคลินิกหรือชุมชนสำหรับนักกายภาพบำบัดหรือบุคลากรทางการแพทย์

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

1. ผู้สูงอายุ

1.1 ความหมายของผู้สูงอายุ

องค์การสหประชาชาติ ได้นิยาม ผู้สูงอายุคือ ประชากรทั้งเพศชายและเพศหญิงซึ่งมีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป โดยเป็นการนิยามนับตั้งแต่อายุเกิด ส่วนองค์การอนามัยโลกยังไม่มีการให้นิยามผู้สูงอายุ โดยให้เหตุผลว่าประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมีการนิยามผู้สูงอายุต่างกัน ทั้งนิยามตามอายุเกิด (Chronological age) ตามสังคม (Social) วัฒนธรรม (Culture) และสภาพร่างกาย (Functional markers) เช่น ในประเทศที่เจริญแล้วมักจัดผู้สูงอายุนับจากอายุ 65 ปีขึ้นไป หรือบางประเทศอาจนิยามผู้สูงอายุตามอายุกำหนดให้เกษียณงาน (อายุ 50 หรือ 60 หรือ 65 ปี) หรือนิยามตามสภาพของร่างกาย โดยผู้หญิงสูงอายุอยู่ในช่วง 45– 55 ปี ส่วนชายสูงอายุ อยู่ในช่วง 55– 75 ปี สำหรับประเทศไทย

ผู้สูงอายุตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2564 หมายความว่า บุคคลซึ่งมีอายุเกินกว่าหกสิบปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย

1.2 ความหมายของสังคมผู้สูงอายุ

โดยองค์การสหประชาชาติ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับการก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging society หรือ Aging society) ระดับสังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ (Aged society) และระดับ Super-aged society โดยให้นิยามของระดับต่างๆ ซึ่งประเทศไทยและประเทศต่างๆ ทั่วโลกใช้ความหมายเดียวกันในนิยามของทุกระดับของสังคมผู้สูงอายุ ดังนี้

1.2.1 การก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ คือ การมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปรวมทั้งเพศชายและเพศหญิงมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งประเทศ หรือมีประชากรอายุตั้งแต่ 65 ปี เกินร้อยละ 7 ของประชากรทั้งประเทศ

1.2.2 สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ คือ เมื่อประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 หรือประชากรอายุ 65 ปี เพิ่มเป็นร้อยละ 14 ของประชากรโดยรวมทั้งหมดของทั้งประเทศ

1.2.3 Super-aged society คือ สังคมที่มีประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไปมากกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั้งประเทศ [8]

1.3 อุบัติการณ์ของผู้สูงอายุ

ในปี พ.ศ. 2553 ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมสูงวัยเนื่องจากสัดส่วนของประชากรอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปเพิ่มสูงขึ้นจนมากกว่าร้อยละ 10 ของประชากรทั้งหมด ในช่วง 30 ปีแรกของการจัดทำสำมะโนประชากร สัดส่วน ของประชากรสูงอายุเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ โดยเปลี่ยนแปลงจากร้อยละ 5.4 ในปี พ.ศ. 2503 เป็นร้อยละ 4.9 ในปี พ.ศ. 2513 และเปลี่ยนเป็นร้อยละ 6.3 ในปี พ.ศ. 2523 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหวอยู่ในช่วงแคบๆ ระหว่างร้อยละ 5.4 ถึงร้อยละ 6.3 สัดส่วนของผู้สูงอายุเริ่มเพิ่มสูงขึ้นด้วยอัตราที่เร็วขึ้นระหว่างช่วงปี พ.ศ. 2523 ถึง พ.ศ. 2543 โดยเพิ่มจากร้อยละ 6.3 ในปี พ.ศ. 2523 เป็นร้อยละ 9.5 ในปี พ.ศ. 2543 และในช่วงเวลา 30 ปีสุดท้าย ประชากรระหว่างปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2573 สัดส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11.9 ในปี พ.ศ.2553 เป็นร้อยละ 25 ในปี พ.ศ. 2573 [9]

1.4 การเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุ

มนุษย์ทุกคนย่อมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามวัย ผู้สูงอายุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทางเสื่อมมากขึ้น (รูปที่ 1) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายแต่ละคนจะเกิดขึ้นไม่เท่ากัน [5] ขึ้นกับปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงของผู้สูงอายุซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ปัจจัยภายใน เช่น สุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ ความเชื่อ วัฒนธรรม ปัจจัยภายนอก เช่น การศึกษา เศรษฐานะ เป็นต้น

รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุ

1.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงของผู้สูงอายุ

1. ปัญหาทางด้านสุขภาพกาย ผู้สูงอายุมักจะมีปัญหาด้านสุขภาพเสื่อมโทรม มีโรคภัยต่างๆ ทั้งโรคทางกายและทางสมอง ผู้ที่มีอายุเกิน 65 ปี มักมีการเปลี่ยนแปลงทางสมอง คือ โรคสมองเสื่อม โรคหลงลืม โรคซึมเศร้า

2. ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ผู้สูงอายุที่มีฐานะไม่ดี ไม่มีลูกหลานดูแลอุปการะเลี้ยงดู

3. ปัญหาทางด้านความรู้ ผู้สูงอายุไม่มีโอกาสได้รับความรู้เพื่อการพัฒนาตนเองให้เหมาะสมกับวัยและสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป

4. ปัญหาทางด้านสังคม ผู้สูงอายุอาจจะไม่ได้รับการยกย่องจากสังคมเหมือนเดิม เยาวชนและหนุ่มสาวหลายคนมีทัศนคติไม่ดีต่อผู้สูงอายุเห็นคนรุ่นเก่าล้าสมัย พูดไม่รู้เรื่องและไม่มีประโยชน์

5. ปัญหาทางด้านจิตใจ ผู้สูงอายุจะไม่ได้รับความเอาใจใส่และความอบอุ่นจากลูกหลานอย่างเพียงพอ อาจจะมีความวิตกกังวลต่าง ๆ มักมีอารมณ์เปลี่ยนแปลง เช่น เศร้า เฉยเมย เอาแต่ใจตนเอง

6. ปัญหาเกี่ยวกับครอบครัว คือ การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมในอดีตจะเป็นครอบครัวใหญ่ที่เรียกว่า ครอบครัวขยาย มีความสัมพันธ์แน่นแฟ้น เกิดความอบอุ่นระหว่างพ่อแม่และลูกหลาน ในปัจจุบันโดยเฉพาะเขตเมืองจะเป็นครอบครัวเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ผู้สูงอายุอยู่อย่างโดดเดี่ยวไม่ได้รับการดูแลและได้รับความอบอุ่น

7. ปัญหาค่านิยมที่เปลี่ยนแปลง ปัจจุบันความเปลี่ยนแปลงจากภาวะทางด้านเศรษฐกิจและสังคมทำให้เยาวชนมีความกตเวทีต่อพ่อแม่น้อยลง ผู้สูงอายุไม่ได้รับการดูแลต้องอาศัยสถานสงเคราะห์คนชรา อนาคตประเทศไทยเป็นประเทศอุตสาหกรรมแบบใหม่ สังคมไทยอาจกลายเป็นสังคมตะวันตก คือต่างคนต่างอยู่ การเอื้อเฟื้อซึ่งกันและกัน ไม่มีการทดแทนบุญคุณ

1.4.2 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุด้านสรีรวิทยา

1. การเปลี่ยนแปลงในระบบผิวหนัง

ผู้สูงอายุจะมีผิวเหี่ยวและมีรอยย่นเนื่องจากน้ำ และไขมันใต้ผิวหนังลดน้อยลงเส้นใยอีลาสติน (Elastin) ลดลงแต่คอลลาเจน (Collagen) เพิ่มขึ้นทำให้ผิวหนังขาดความยืดหยุ่นต่อมเหงื่อมีขนาดเล็กลง ผิวหนังแห้งแตกง่ายการหายของแผลช้าลงผิวหนังไม่สามารถคลายความร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ได้ดี

2. การเปลี่ยนแปลงในระบบกล้ามเนื้อและกระดูกกล้ามเนื้อ

ผู้สูงอายุจะมีจำนวนและขนาดเส้นใยลดลง การทำงานของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อลดลง ปริมาณของไกลโคเจนและโปรตีนที่สะสมในกล้ามเนื้อลดลงตามขนาดของกล้ามเนื้อ เอ็นแข็งตัวทำให้รีเฟล็กซ์ลดลงและอาจมีความแข็งเกร็งได้ นอกจากนี้ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ลดลงในผู้สูงอายุอาจเกิดจากการที่ไม่มีการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน ๆ เป็นเหตุให้มีการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อ

3. การเปลี่ยนแปลงในระบบหัวใจและหลอดเลือด

การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อหัวใจในผู้สูงอายุเป็นผลมาจากการสะสมของไขมันการเปลี่ยนแปลงของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจจะทำให้เกิดการฝ่อหรือการหนาตัวของกล้ามเนื้อหัวใจขึ้น ซึ่งการหนาตัวของกล้ามเนื้อหัวใจพบที่หัวใจห้องล่างซ้ายเป็นส่วนใหญ่ ลิ้นหัวใจมีการหนาตัว การเพิ่มของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีแคลเซียมไปเกาะที่ลิ้นหัวใจเพิ่มขึ้นในส่วนของลิ้นหัวใจเอออร์ติค (Aortic valve) มีผลกระทบต่อความสามารถในการบีบตัวของหัวใจโดยหัวใจต้องทำงานหนักมากขึ้นผนังหลอดเลือดมีความยืดหยุ่นน้อยลง เพราะมีเส้นใยคอลลาเจนมากขึ้นมีการเชื่อมกันตามขวางทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว

4. การเปลี่ยนแปลงในระบบหายใจ

มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายนอกของปอดซึ่งซี่โครงเป็นส่วนที่ห่อหุ้มปกป้องอวัยวะภายในช่องอก เช่น ปอด หัวใจและหลอดเลือด ในผู้สูงอายุกระดูกซี่โครงกระดูกสันหลังจะมีแคลเซียมไปเกาะเป็นเหตุทำให้ซี่โครงแข็งขึ้น การเคลื่อนไหวของซี่โครงลดลง ผู้สูงอายุที่มีหลังโก่ง หรือหลังคด มีการเสื่อมของหมอนรองกระดูกสันหลังจะทำให้ทรวงอกสั้นลงกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจคือ กล้ามเนื้อกระบังลม (Diaphragm) กล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงชั้นนอกและชั้นใน (Internal and External intercostals muscles) จะอ่อนแรงทำให้การหายใจเข้า–ออกลดลงเนื่องจากแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง ประสิทธิภาพการหายใจจึงลดลง

5. การเปลี่ยนแปลงในระบบต่อมไร้ท่อ

ผู้สูงอายุมีการเปลี่ยนแปลงของต่อมไร้ท่อ ทำให้มีการผลิตฮอร์โมนต่าง ๆ ลดลงได้ เช่น ต่อมไทรอยด์มีพังผืดมาจับสะสมอยู่มากทำให้การทำงานของต่อมลดลงเนื่องจากกลไกการกระตุ้นของฮอร์โมนต่อมไทรอยด์ลดลง ทำให้ฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (Triiodothyronine) น้อยลงเป็นผลทำให้ผู้สูงอายุเกิดภาวะพร่องไทรอยด์ฮอร์โมน ส่วนต่อมพาราไทรอยด์จะทำงานลดลง สร้างฮอร์โมนพาราไทรอยด์ออกมาได้แต่การทำงานของฮอร์โมนจะเพิ่มขึ้นในวัยสูงอายุ เพราะระดับเอสโตรเจนซึ่งออกฤทธิ์ต้านการทำงานของฮอร์โมนพารา –

ไทรอยด์มีระดับลดลง ส่วนตับอ่อนมีการหลั่งอินซูลินลดลง การตอบสนองต่ออินซูลินลดน้อยลงเป็นผลทำให้ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดผู้สูงอายุสูงขึ้น [10]

6. การเปลี่ยนแปลงในระบบประสาท

ขนาดของสมองฉดถอยลง น้ำหนักสมองลดลง จำนวนเซลล์สมองและเซลล์ประสาทลดลง ประสิทธิภาพการทำงานของสมองน้อยลง ปฏิกิยาการตอบสนองต่อสิ่งต่างๆ ลดลง การเคลื่อนไหวและความคิดเชื่องช้า ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ความจำเสื่อมโดยเฉพาะเรื่องราวใหม่ แต่สามารถจำเรื่องราวเก่าได้ดี ความคิดอาจสับสนได้ แบบแผนการนอนเปลี่ยนแปลง เวลานอนน้อยลง เวลาตื่นมากขึ้น การมองเห็นไม่ดี รูม่านตาเล็กลงปฏิกิริยาการตอบสนองของรูม่านตาต่อแสงลดลง เกิดต้อกระจกรอบๆ กระจกตาจะมีไขมันมาสะสมเห็นเป็นวงสีขาวหรือสีเทา ลานสายตาแคบ กล้ามเนื้อลูกตาเสื่อม ความไวในการมองภาพลดลง สายตายาวขึ้น การมองเห็นในที่มืดหรือเวลากลางคืนไม่ดี ต้องอาศัยแสงช่วยจึงจะมองเห็นได้ชัดขึ้น ความสามารถในการเทียบสีลดลงการได้ยินลดลง หูตึงมากขึ้น เนื่องจากมีการเสื่อมของอวัยวะในหูชั้นในมากขึ้น แก้วหูตึงมากขึ้น ระดับเสียงสูงจะเสียการได้ยินมากกว่าระดับเสียงต่ำการดมกลิ่นไม่ดีเพราะมีการเสื่อมของเยื่อบุโพรงจมูก การรับรสของลิ้นเสียไปต่อมรับรสทำหน้าที่ลดลง โดยทั่วไปการรับรสหวานจะสูญเสียก่อนรสเปรี้ยวรสขมหรือรสเค็มเป็นผลให้ผู้สูงอายุรับประทานอาหารไม่อร่อยเกิดภาวะเบื่ออาหาร [11]

2. สมรรถภาพทางกายและการทดสอบสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ

สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการควบคุมและสั่งการให้ร่างกายปฏิบัติภารกิจต่างๆ ในชีวิตประจำวัน และปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความคล่องแคลว่องไว ทนทาน โดยไม่แสดงอาการเหน็ดเหนื่อย และสามารถฟื้นตัวสู่สภาพปกติ [12]

การทดสอบสมรรถภาพทางกายมีวัตถุประสงค์ประเมินสมรรถภาพร่างกายและสุขภาพ พยากรณ์ความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน และความเสี่ยงต่อการมีภาระพึ่งพิงผู้อื่น [13] การมีสมรรถภาพทางกายที่ดีจะมีผลต่อการมีสุขภาพดีห่างไกลจากโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง ลดไขมันในเลือด ช่วยระบบไหลเวียนของเลือด การหายใจ [12] โดยมีการประเมินสมรรถภาพทั้ง 2 ประเภท คือ

2.1 สมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ (Health-related fitness)

2.1.1 ความทนทานของหัวใจและหายใจ (Cardiopulmonary / Cardiorespiratory endurance) คือ การทดสอบความสามารถการส่งออกซิเจนให้แก่กล้ามเนื้อ และเพื่อการได้รับ

ออกซิเจนอย่างเพียงพอของร่างกายทุกส่วนในการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะการออกกำลังกายแบบแอโรบิคที่มีความต่อเนื่องติดต่อกัน

2.1.2 ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscular strength and Endurance) คือ ความแรงของกล้ามเนื้อในการหดตัว และสามารถทำซ้ำ ๆ ได้

2.1.3 ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Muscular flexibility) คือ ความสามารถเคลื่อนไหวตลอดช่วงการเคลื่อนไหว (Range of motion) ซึ่งจำเป็นต่อการออกกำลังกายอย่างปลอดภัย ไม่เกิดการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อ และข้อต่อ

2.1.4 การวัดองค์ประกอบไขมันในร่างกาย (Body composition) คือ การวัดมวลหรือปริมาณของไขมันของร่างกาย (Body fat) หรือการวัดความอ้วน (Obesity) ทั้งส่วนกลางลำตัว และส่วนแขนขา

2.2 สมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำกิจกรรมต่างๆ (Performance-related fitness)

2.2.1 การทรงตัว (Balance)หมายถึง ความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายทั้งขณะอยู่กับที่ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างๆ

2.2.2 กำลัง (Power) หมายถึง ความต้องการที่จะเคลื่อนไหวร่างกายอย่างทันทีทันใด

2.2.3 ความคล่องตัว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว

2.2.4 ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างรวดเร็วจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง

2.2.5 เวลาการตอบสนอง (Reaction Time) หมายถึง ระยะเวลาที่จำเป็นต้องใช้เคลื่อนไหวเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าเฉพาะอย่าง

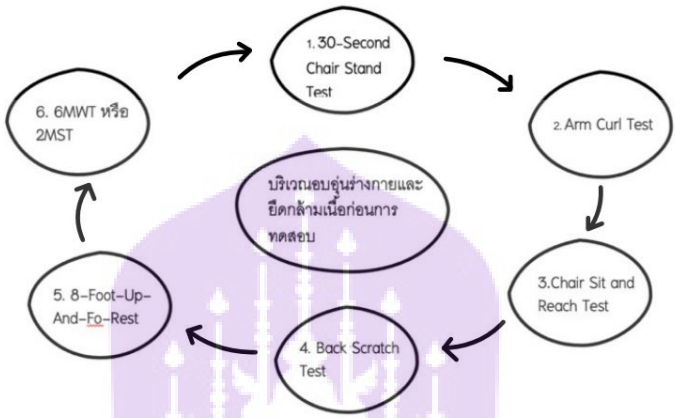
2.2.6 การทำงานประสานสัมพันธ์ (Coordination) หมายถึง การสั่งการของระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กัน [13]

2.3 วิธีการทดสอบสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ

กระบวนการตรวจสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุตามรูปแบบของ Rikli& Jones เรียกว่า Senior Fitness Testing ซึ่งเป็นชุดตรวจที่มีการทดสอบสมรรถภาพหลายด้านที่สอดคล้องกับการทำกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุ ซึ่งวิธีการทดสอบใช้เครื่องมือที่ง่าย ประหยัด และสามารถใช้ทดสอบผู้สูงอายุในคลินิกหรือในชุมชนได้ง่าย การทดสอบได้รับการพัฒนาเพื่อทดสอบผู้สูงอายุที่สามารถใช้ชีวิตอย่างอิสระในการทำกิจวัตรประจำวันตั้งแต่อายุ

60 ปี ถึง 90 ปีขึ้นไป และสามารถทดสอบในผู้สูงอายุที่มีระดับความสามารถตั้งแต่ระดับสมรรถภาพทางกายอ่อนแอ จนถึงระดับสมรรถภาพที่ดี [14]

ลำดับสถานีทดสอบสามารถทำเป็นวงจร (Circuit-style) (รูปที่ 2) โดยมีสถานีอยู่โดยรอบตามลำดับ และให้พื้นที่ตรงกลางห้องไว้สำหรับการอบอุ่นร่างกายก่อนการทดสอบ ซึ่งสถานี



รูปที่ 2 สถานีทดสอบสมรรถภาพทางกายผู้สูงอายุ

2.3.1 ทดสอบการลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ในเวลา 30 นาที (30-Second Chair Stand Test) เพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ถ้าได้น้อยกว่า 8 ครั้ง ถือว่ากล้ามเนื้อขาไม่แข็งแรง พยากรณ์ได้ว่ามีความเสี่ยงในการจำกัดความสามารถในการเดินทางราบ การขึ้นลงบันได มีความเสี่ยงในการหกล้ม

2.3.2 ทดสอบการงอข้อศอก (Arm Curl Test) เพื่อวัดความแข็งแรงกล้ามเนื้อแขนและลำตัวส่วนบน ถ้าได้น้อยกว่า 11 ครั้ง ถือว่ากล้ามเนื้อแขนไม่แข็งแรง

2.3.3 ทดสอบความยืดหยุ่นของหลังและขา โดยการนั่งเก้าอี้และเอื้อมแตะ (Chair Sit and Reach Test) เพื่อทดสอบความยืดหยุ่น (Flexibility) ของกล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อ hamstring เป็นการทดสอบสมรรถภาพที่จำเป็นต่อการทรงท่า และการเดิน รวมทั้งการเคลื่อนไหวอื่นๆ เช่น การก้าวขึ้นรถ ลงรถ ถ้าเพศชายได้น้อยกว่า (-4) นิ้ว และเพศหญิงถ้าได้น้อยกว่า (-2) นิ้ว ถือว่าความยืดหยุ่นต่ำ

2.3.4 ทดสอบความยืดหยุ่นของแขนโดยการเอื้อมมือแตะกันด้านหลัง (Back Scratch Test) เพื่อวัดความยืดหยุ่นของลำตัวส่วนบนและแขน เพื่อประเมินความสามารถในการหยิบจับสิ่งของเหนือศีรษะ การใส่เสื้อ ถ้าเพศชายได้น้อยกว่า (-4) นิ้ว และเพศหญิง ถ้าได้น้อยกว่า (-2) นิ้ว ถือว่าความยืดหยุ่นต่ำ

2.3.5 ทดสอบการลุกจากเก้าอี้ เดินไประยะทาง 8 ฟุต และเดินกลับมานั่ง (8–Foot–Up–And–Fo–Rest) เพื่อทดสอบความคล่องแคล่วและการทรงตัวเมื่อเคลื่อนไหว

2.3.6 การทดสอบเดิน 6 นาที (Six Minute Walk Test) เพื่อทดสอบความทนทานแบบแอโรบิก (Cardiopulmonary endurance)

2.3.7 การทดสอบยกขาสูงสลับสองนาที (Two Minute Step Test) เพื่อทดสอบความทนทานแบบแอโรบิก (Cardiopulmonary endurance)

ซึ่งถ้าจะเลือกการทดสอบความทนทานของหัวใจและหายใจทั้ง 2 วิธี ให้แยกการทดสอบการเดิน 6 นาที (Six Minute Walk Test) ไปอยู่วันถัดไปเพื่อป้องกันการล้า และค่าที่ได้จะไม่แม่นยำหรือไม่ใช่ค่าที่แท้จริง[15]

2.4 การทดสอบการเดิน 6 นาที (Six Minute Walk Test)

เป็นการตรวจประเมินที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจประเมินสมรรถภาพผู้ป่วยโรคปอด โดย Balke เป็นผู้ที่เริ่มวัดสมรรถภาพโดยบันทึกระยะทางที่เดินได้ในช่วงเวลาที่กำหนด จากนั้นได้พัฒนาเป็น Two Minute Walk Test และนำมาใช้ประเมินผู้ป่วยหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โดยภายหลังได้ปรับลดเหลือ 6 นาที เหมือนที่ใช้ในปัจจุบัน

สมาคมแพทย์โรคทรวงอกแห่งสหรัฐอเมริกา (American Thoracic Society; ATS) ได้แนะนำข้อบ่งชี้ของ 6MWT คือเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการรักษา เพื่อวัดระดับสมรรถภาพ (Functional status) เพื่อบอกความเจ็บป่วย (Morbidity) และการเสียชีวิต (Mortality) โดยโรคหรือภาวะที่แนะนำ ได้แก่ ปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรค Cystic fibrosis การผ่าตัดเปลี่ยนปอด การตัดปอด การฟื้นฟูสมรรถภาพปอด ภาวะ Pulmonary hypertension หัวใจล้มเหลว โรคหลอดเลือดส่วนปลาย (Peripheral Vascular Disease) โรค Fibromyalgia และการประเมินสมรรถภาพผู้สูงอายุ อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันมีการนำ 6MWT มาใช้ประเมินสมรรถภาพของผู้ป่วยโรคอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้น เช่น Sickle cell anemia ภาวะอ้วน โรค Duchenne muscular dystrophy มะเร็ง และผ่าตัดเปลี่ยนข้อสะโพก

2.4.1 ความแตกต่างระหว่าง 6MWT กับ Cardiopulmonary exercise test

6MWT และ Cardiopulmonary exercise test จัดเป็นการตรวจประเมินสมรรถภาพ (Functional assessment) ที่ประเมินภาพรวมของระบบปอดและการหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาทและจิตใจ และระบบกล้ามเนื้อเหมือนกัน แต่ไม่สามารถใช้แทนกันได้ CPET เป็นการตรวจที่นิยมทำโดยการเดินบนลู่วิ่งหรือ ปั่นจักรยานและค่อยๆ เพิ่มความหนักของการออกกำลังขึ้นเป็นระยะๆ จนทำต่อไปไม่ไหวหรือที่เรียกว่า Maximal Test และดูการตอบสนองทั้งด้านหัวใจและหลอดเลือด การแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ทราบถึงอัตราการใช้

ออกซิเจนสูงสุดในขณะออกกำลังอย่างเต็มที่ (Peak Oxygen Uptake) ขณะที่ 6MWT เป็นเพียง Submaximal test ไม่สามารถบอกอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ แต่พบว่าระยะทางที่ได้จาก 6MWT มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ยกเว้นในกลุ่มประชากรสมองพิการ (Cerebral palsy) ที่ไม่ค่อยสัมพันธ์กันส่วนกลุ่มประชากรหัวใจล้มเหลวเรื้อรัง (Chronic heart failure) พบว่า 6MWT มีความสัมพันธ์กับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับปานกลางหากมีระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาที (Six Minute Walk Distance, 6MWD) น้อยกว่า 490 เมตร วิ่ง Treadmill แทน เนื่องจากระยะทางที่ได้จากการเดินบนลู่วิ่ง 6 นาทีน้อยกว่าระยะทางที่ได้จากการเดินบนพื้น 6 นาที [16]

2.4.2 วิธีการทดสอบการเดิน 6 นาที (Six Minute Walk Test)

2.4.2.1 เตรียมพื้นที่ทางเดินไม่ให้มีสิ่งกีดขวาง ยาว 30 เมตร ในกรณีที่มีพื้นที่จำกัดทางเดินควรยาวไม่น้อยกว่า 15 เมตร เพื่อจะได้ไม่ต้องเลี้ยงหรือกลับตัวบ่อย

2.4.2.2 ผู้ถูกทดสอบนั่งพักเพื่อเตรียมการทดสอบวัดสัญญาณชีพ ถามระดับความเหนื่อยระดับพักความล้าของขาความอิ่มตัวของออกซิเจน

2.4.2.3 ผู้ทดสอบอธิบายวิธีทดสอบแก่ผู้ถูกทดสอบว่า ตอนนี้จะทำการทดสอบ 6MWT โดยจะให้เดินไปอ้อมกรวยแล้วเดินกลับมา ไปกลับเป็นเวลา 6 นาที ขณะที่เดินให้เดินเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ (แต่ไม่ใช่การวิ่ง)

2.4.2.4 ขณะที่ทำการทดสอบจะทำการบอกเวลาผู้ถูกทดสอบทุกๆ 1 นาที ถ้าหากขณะทำการทดสอบมีอาการหอบเหนื่อย สามารถชะลอความเร็ว หรือ หยุดพักได้ ถ้าอาการเหนื่อยของผู้ถูกทดสอบดีขึ้นแล้ว และเวลาทดสอบยังไม่หมด ผู้ถูกทดสอบสามารถทำการเดินต่อจนหมดเวลาได้

2.4.2.5 เมื่อครบเวลา 6 นาที ให้ผู้ถูกทดสอบหยุดเดิน โดยวัดระยะทางที่ส้นเท้าของขาด้านหลังเป็นจุดอ้างอิง ทำการทดสอบ 1 ครั้ง บันทึกระยะทางที่ผู้ทดสอบเดินได้พร้อมทั้งวัดสัญญาณชีพ ถามระดับความเหนื่อย ความล้าของขา ความอิ่มตัวของออกซิเจน [13]

2.4.3 ประโยชน์การทดสอบการเดิน 6 นาที (Six Minute Walk Test)

2.4.3.1 นำมาใช้ในการติดตามการรักษา การพยากรณ์โรค หรือทำนายผลการรักษาได้ เช่น

1) ผู้ป่วยโรคหัวใจที่มีภาวะหัวใจล้มเหลวที่มีระยะทางในการเดิน 6 นาทที (Six Minute Walk Distance; 6MWD) น้อยกว่า 300 เมตร จะมีอัตราการเสียชีวิตเพิ่มขึ้น

2) ผู้ที่เข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนปอดที่มี 6MWD มากกว่า 305 เมตร ในช่วงก่อนผ่าตัดจะมีจำนวนวันนอนพักรักษาตัวในหอผู้ป่วยวิกฤติ

3) ผู้ป่วยปอดอุดกั้นเรื้อรัง COPD ที่มี 6MWD 334 เมตร จะมีโอกาสเสียชีวิตเพิ่มขึ้น และผู้ที่มี 6MWD 357 เมตร จะมีโอกาสเข้าโรงพยาบาลจากอาการกำเริบจึงใช้ในการระบุผู้ป่วยปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีความเสี่ยงสูง

4) ใช้ในการพยากรณ์หยุดหรือยุติโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพ โดยพบว่าผู้ป่วยแรกเข้าสู่โปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพหัวใจที่มี 6MWD น้อย มีโอกาสยุติโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพก่อนครบกำหนดได้

5) ใช้เป็นแนวทางในการให้คำแนะนำและการรักษาด้วยการออกกำลังกาย

2.4.4 ระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาที (6MWD) และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

คนปกติมีค่าเฉลี่ย 6MWD ประมาณ 536–560 เมตร ค่ามัธยฐานสำหรับเพศชายและเพศหญิงเท่ากับ 576 และ 494 เมตร ตามลำดับช่ วงค่าตั้งแต่ 484–820 เมตรแต่ในผู้สูงอายุ ค่าเฉลี่ยของ 6MWD ลดลงเหลือ 475 และ 406 เมตร ในเพศชายและหญิงวัย 70–79 ปีตามลำดับและเหลือเพียง 200–300 เมตร ในวัย 80–100ปี [16]

2.5 การทดสอบการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที (Two Minute Step Test; 2MST)

การเดินย่ำเท้า 2 นาที (Two Minute Step Test) มีจุดประสงค์ เพื่อประเมินความทนทานของระบบหัวใจและหายใจ โดยเป็นทางเลือกแทนการทดสอบ 6MWT เนื่องอาจจะมีข้อจำกัด เช่น พื้นที่จำกัด (ต้องใช้ทางราบยาว 30 เมตร) สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย โดยมีข้อบ่งชี้เช่นเดียวกับการเดิน 6 นาที คือ กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด โดยเฉพาะการผ่าตัดด้านปอดและหัวใจ และกลุ่มผู้สูงอายุ

2.5.1 วิธีการทดสอบ

2.5.1.1 ผู้ทดสอบอธิบายและสาธิตขั้นตอนการทดสอบการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที พร้อมวัดสัญญาณชีพ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจน ระดับความเหนื่อยและความล้าของขาขณะพัก

2.5.1.2 หาความสูงในการยกเข่าโดยให้อยู่กึ่งกลางของขาท่อนบนอยู่ (ระยะกึ่งกลางระหว่าง ตรงกลางของ patella กับ ขอบบนของ iliac crest)

2.5.1.3 ยืนตัวตรง และหลังตรง กางขาเท่ากับความกว้างของไหล่

2.5.1.4 เมื่อผู้ทดสอบให้สัญญาณหรือคำสั่ง "เริ่ม" ให้อาสาสมัครเริ่มยกขาสูงอยู่กับที่ให้ได้มากครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลา 2 นาที โดยไม่วิ่ง

2.5.1.5 ยกขาได้ 2 ข้าง ซ้าย-ขวา นับเป็น 1 ครั้ง ถ้าระดับการยกเข่าไม่ถึงเป้าหมายให้ยกขาช้าลง หรือหยุดจนกว่าจะทำได้ให้ถึงเป้าหมาย แต่ต้องทำให้ได้ภายใน 2 นาทีที่ทดสอบ โดยไม่มีการหยุดเวลา

2.5.1.6 ทำการทดสอบเพียง 1 ครั้ง (One test trial) [4]

3. Photoelectric sensor

Photoelectric sensor คือเซนเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุทั้งแบบที่มองเห็นและมองไม่เห็นมีจุดเด่นในด้านความรวดเร็วในการตรวจจับการทำงานที่ไม่จำเป็นต้องสัมผัสตัววัตถุ รวมถึงระยะของเซนเซอร์ที่มากกว่าเซนเซอร์รูปแบบอื่นๆพื้นฐานของ Photoelectric Sensor คือการใช้งานสัญญาณแสงที่ส่งออกมาจากตัวส่ง (Emitter) สู่ตัวรับ (Receiver) หากมีวัตถุมาขวางการรับส่งสัญญาณแสงนั้นตัวเซนเซอร์ก็จะทำการส่งสัญญาณข้อมูลเข้าสู่เครื่องจักรที่ทำงานคู่กันให้ทำการดำเนินงานที่ถูกตั้งค่าไว้ [17]

3.1 รูปแบบการทำงานของ Photoelectric Sensor

จะมีการแบ่งรูปแบบการทำงานออกเป็น 3 รูปแบบใหญ่ๆคือ

3.1.1 Opposed mode คือการที่อุปกรณ์ส่งสัญญาณแสง (Emitter) และอุปกรณ์รับสัญญาณ (Receiver) ถูกตั้งอยู่ตรงข้ามกันโดยทาง Receiver จะรับรู้ได้ว่ามีวัตถุผ่านหากลำแสงนั้นส่งมาไม่ถึงตัวเอง Opposed Mode จะมีระยะในการตรวจจับไกลกว่ารูปแบบอื่นๆ เหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุแบบทึบแสงมีขนาดใหญ่

3.1.2 Retroreflective mode การทำงานคืออุปกรณ์ส่งสัญญาณแสงจะถูกติดตั้งอยู่ฝั่งเดียวกับอุปกรณ์รับสัญญาณโดยฝั่งตรงข้ามจะเป็นแผ่นสะท้อน (Reflector) ตัวเซ็นเซอร์จะทำการตรวจจับลำแสงที่ส่งกลับมาจากแผ่นสะท้อนหากมีสิ่งใดมาขวางระหว่างกลางก็จะมีการส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับรับรู้เหมาะสำหรับการติดตั้งในพื้นที่จำกัดสามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะไกล

3.1.3 Proximity mode เป็นการทำงานอีกรูปแบบที่อุปกรณ์ส่งสัญญาณและรับสัญญาณนั้นอยู่ฝั่งเดียวกันเพียงแต่ไม่ได้มีการใช้งานแผ่นสะท้อนแต่เป็นการตรวจจับแสงที่สะท้อนจากตัววัตถุที่ผ่านเข้ามาโดยตรง [18]

4. ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error)

หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งเกี่ยวข้องกับการกระทำหรือไม่กระทำของผู้ปฏิบัติงาน เป็นผลทำให้การปฏิบัติงานไม่สำเร็จตามวัตถุประสงค์ โดยลักษณะของความผิดพลาดของมนุษย์ ได้แก่

1. ไม่กระทำเมื่อถึงเวลาต้องกระทำ

2. กระทำเมื่อไม่ต้องการให้กระทำ

3. การกระทำที่ไม่ถูกต้อง

4. การกระทำไม่ทำตามขั้นตอนการทำงาน

5. การกระทำที่ล่าช้า

4.1 ความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) เป็นสาเหตุให้การปฏิบัติงานไม่ประสบความสำเร็จ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

4.1.1 การพลั้งเผลอ (Slips) คือ ความผิดพลาดเกิดจากความจำของผู้ปฏิบัติงานเสียไปชั่วขณะและไม่ได้ตั้งใจกระทำ แต่สุดท้ายกลับมานึกขึ้นได้และสามารถปฏิบัติงานได้ เช่น การทำผิดจังหวะเวลา

4.1.2 การลืม (Lapses) คือ ความผิดพลาดเกิดจาความจำของผู้ปฏิบัติงานเสียในสิ่งที่เรียนรู้และไม่สามารถกระทำตามขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ โดยไม่ได้ตั้งใจกระทำและไม่รู้ตัวว่าทำผิดพลาด เช่น ละเลยการกระทำตามแผนและการไม่รู้หน้าที่ของตน

4.1.3 การทำผิด (Mistakes) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากความตั้งใจกระทำของผู้ปฏิบัติงานและไม่รู้ว่าเป็นการกระทำที่ไม่ถูกต้อง โดยคิดว่าเป็นการกระทำที่ถูกต้อง การทำผิดสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

4.1.3.1 การทำผิดเกิดในชั้นของการใช้กฎเกณฑ์ (Rule Based)

4.1.3.2 การทำผิดเกิดในชั้นความรู้พื้นฐาน (Knowledge Based) คือ ความรู้ยังไม่พร้อม

4.1.4 การฝ่าฝืน (Violation) คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากความตั้งใจกระทำของผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้ปฏิบัติงานไม่ทำตามกฎเกณฑ์ระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน และรู้ว่าทำผิดซึ่งเป็นอันตรายมากกว่าความผิดพลาดชนิดอื่น ๆ การฝ่าฝืนสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ

4.1.4.1 การฝ่าฝืนเป็นกิจวัตร (Routine Violations) คือ การฝ่าฝืนที่ทำจนเคยชินเกิดขึ้นบ่อย และการยอมรับความเสี่ยงจนเป็นเรื่องปกติ

4.1.4.2 การฝ่าฝืนตามสถานการณ์ (Situational Violations) คือ การฝ่าฝืนตามเหตุการณ์เฉพาะหน้าระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับสภาพแวดล้อมจากแรงกดดันด้านเวลา ขาดการกำกับดูแล ขาดแคลนเครื่องมือ และเจ้าหน้าที่ไม่เพียงพอ

4.1.4.3 การฝ่าฝืนแบบตื่นเต้น (Optimizing Violations) คือ การฝ่าฝืนเพื่อทำให้งานนั้นน่าสนใจหรือน่าตื่นต้นเนื่องจากความเบื่อหน่ายของงาน

4.1.4.4 การฝ่าฝืนแบบยกเว้น (Exceptional Violations) คือ การไม่ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ระเบียบขั้นตอนการปฏิบัติงานหรือการไม่มีความรู้ความสามารถที่เพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้ [5]

5. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2009 Pedrosa R และ Holanda G เห็นการเพิ่มขึ้นของโรคเรื้อรังในผู้สูงอายุ โดยเฉพาะโรคความดันโลหิต จึงได้ศึกษาวิธีการประเมินความสามารถในการทำงานหัวใจและหลอดเลือด โดยได้หาความสัมพันธ์ระหว่าง 6 Minute Walk Test (6MWT) 2 Minute Step Test (2MST) และ Timed Up and Go Test (TUG) ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบตัดขวางในผู้สูงอายุเพศหญิงที่มีภาวะความดันโลหิตสูง จำนวน 32 ราย ผลการศึกษาพบว่า 6 MWTมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำกับ 2MST (r=0.36;p=0.04) และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับต่ำกับ TUG (r=−0.06;p=0.000) แสดงให้เห็นว่าการทดสอบ 6MWT และ การทดสอบ 2MST สามารถประเมินความทนทานของระบบหัวใจและหายใจ(Cardiovascular endurance) ในผู้สูงอายุที่มีภาวะความดันโลหิตได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่าง 6MWT, 2MST ,TUG แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความทนทานของระบบหัวใจ และหายใจกับความสามารถในการเคลื่อนไหว (Functional mobility) ว่าถ้าหากความทนทานของระบบหัวใจและหายใจต่ำจะมีแนวโน้มถึงความสามารถในการเคลื่อนไหวที่น้อยลงในผู้สูงอายุเพศหญิงที่มีความดันโลหิตสูง [19]

ในปี ค.ศ.2016 Teodorczyk KW และคณะ ศึกษาการประเมินความทนทานต่อการออกกำลังกายซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหายใจในผู้ป่ายภาวะหัวใจล้มเหลว โดยศึกษาผลการทดสอบระหว่าง 2MST และ 6MWT ว่าสามารถใช้แทนกันเพื่อประเมินความทนทาน เมื่อไม่สามารถทดสอบ 6MWT จากข้อจำกัดหลายๆ อย่าง ในผู้ป่วยเพศชายที่เป็น Systolic heart failure จำนวน 168 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยที่ได้จำนวนการยกขาที่มากของการทดสอบ 2MST สัมพันธ์กับระยะทางที่เดินได้มากของการทดสอบ 6MWT (r=0.45) และ Quadriceps strength มีความสัมพันธ์กับ 2MST และ 6MWT (r=0.61 และ r=0.48 ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนครั้งการยกขาที่มากของการทดสอบ 2MST มีความสัมพันธ์กับ Peak oxygen consumption (r=0.33) จึงสรุปได้ว่า 2MST เป็นการทดสอบที่สามารถนำไปประเมินความทนทานของระบบหัวใจและหายใจในผู้ป่วย Systolic heart failure [20]

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงพัฒนาเพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (อุปกรณ์ StepUP) เพื่อตรวจประเมินความทนทานของระบบหัวใจและหายใจเพื่อง่ายต่อการใช้งาน น่าเชื่อถือ และเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ใช้งาน

รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงพัฒนา เพื่อออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์

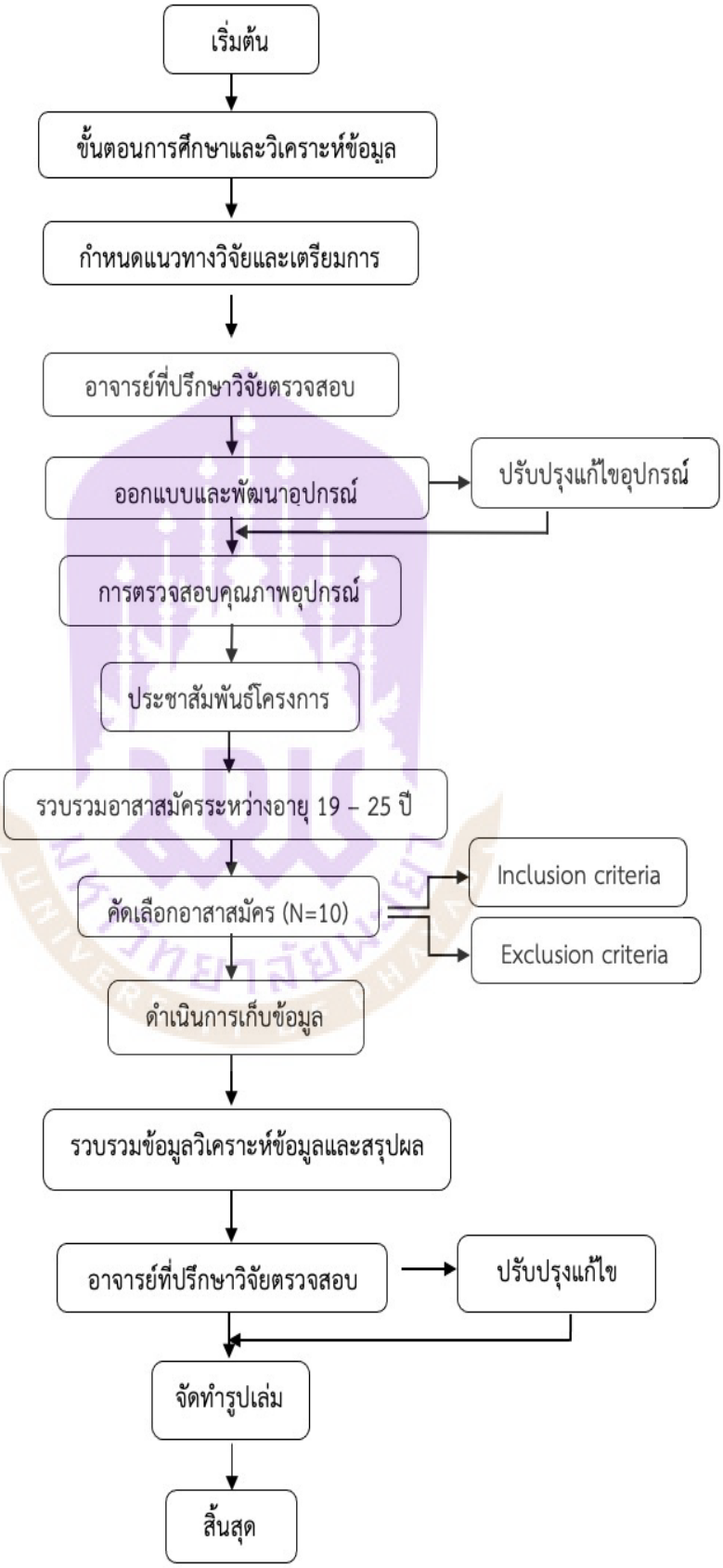
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนิสิตระดับปริญญาตรี เพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 19–25 ปี จำนวน 10 คน

วัสดุและอุปกรณ์

1. แบบบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครร่วมกับแบบบันทึกผลการทดลอง	10	ชุด
2. เลเซอร์ M12 พร้อมบอร์ด FT232	1	ชุด
3. โครงไม้ปรับระดับ	2	โครง
4. เครื่องวัดความดันแบบดิจิตอล รุ่นHem–8712	1	เครื่อง
5. เครื่องวัดค่าออกซิเจนในเลือด	1	เครื่อง
6. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล TANITA รุ่น UM–051	1	เครื่อง
7. สายวัด	1	เส้น
8. เครื่องวัดอุณหภูมิ	1	เครื่อง
9. คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม Python3	1	เครื่อง

ขั้นตอนการศึกษา



1. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเซนเซอร์ (StepUP)

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบยกขาสูงสลับสองนาที เช่น วิธีวัดหาความสูงสำหรับยกเข่า วิธีการทดสอบ ข้อดีและข้อจำกัดการทดสอบ เป็นต้น

1.2 คณะผู้วิจัยได้นำข้อจำกัดในการทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีจากผู้ทดสอบ เช่น ความคลาดเคลื่อนการนับจำนวนยกขาสูงถึงเป้าหมายในสองนาที การจับเวลา และการวัดเป้าหมายในการยกขาสำหรับผู้ถูกทดสอบแต่ละคน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยเลเซอร์ให้มีความแม่นยำในการตรวจประเมินในทางคลินิกมากขึ้น ภายใต้ความร่วมมือในการพัฒนาอุปกรณ์ร่วมกับอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

1.3 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์

1.3.1 วัสดุที่ใช้

1.3.1.1 เลเซอร์ M12 (รูปที่ 3)

1.3.1.2 บอร์ด FT232 (รูปที่ 4)

1.3.1.3 โครงไม้ปรับระดับ (รูปที่ 5)

รูปที่ 3 เลเซอร์ M12 [19]

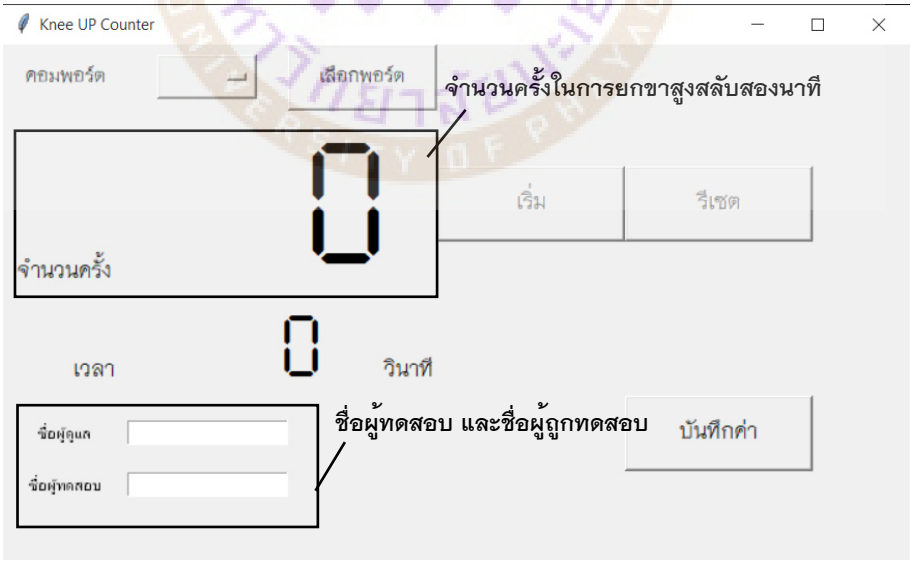
รูปที่ 4 บอร์ด FT232

1.3.2 รูปแบบและลักษณะอุปกรณ์

อุปกรณ์เป็นโครงไม้ปรับระดับ (รูปที่ 5) สามารถใช้งานโดยปรับระดับไม้ให้ตัวเลเซอร์ตรงกับระดับเป้าหมายในการยกขาสูง โดยตัวเลเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจจับขาที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเลเซอร์ และส่งข้อมูลเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งขาข้างที่ยกสูงของผู้ใช้งานที่ผ่าน

หน้าเซ็นเซอร์จะขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ไปยังตัวรับ Receiver เมื่อผู้ใช้งานยกขาไม่ถึงระดับที่ตั้งไว้ โปรแกรมที่แสดงผลจะไม่นำไปนับรวมกับจำนวนครั้งในการยกขาสูงและโปรแกรมจะตัดเวลาเมื่อครบ 2 นาทีโดยอัตโนมัติ พร้อมแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์ (รูปที่ 6) ได้แก่ จำนวนครั้งในการยกขาสูงสลับสองนาที ชื่อผู้ทดสอบ และชื่อผู้ถูกทดสอบ

รูปที่ 5 อุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (StepUP)



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (StepUP)

2. ขั้นตอนการเตรียมตัวของคณะผู้วิจัย

2.1 ทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการวิจัย และวางแผนปฏิบัติขั้นตอนต่างๆ

2.2 คณะผู้วิจัยฝึกการทดสอบการยกขาสูงสลับกันสองนาทีจากผู้ที่มีความเชี่ยวชาญก่อนเก็บข้อมูลจริง

2.3 คณะผู้วิจัยฝึกอธิบายวัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย อธิบายและแสดงวิธีการทดสอบการยกขาสูงสลับกันสองนาทีเพื่อให้อาสาสมัครเข้าใจ

3. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ (Validity and reliability)

คณะผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือวิจัยเป็นอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์เพื่อใช้ประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจ(Cardiopulmonary endurance) และได้วางแผนตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยดังนี้ คือ

3.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีองค์ความรู้เรื่องระบบเลเซอร์และ พัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที ภายใต้ความร่วมมือกับอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

3.2 คณะผู้จัดทำได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ในการนับจำนวนครั้งในการยกขาสูงภายในเวลา 120 วินาที โดยใช้ 2 วิธี ดังต่อไปนี้ คือ 1. คณะผู้วิจัยเป็นผู้นับเอง 2. ใช้อุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ในการนับ เพื่อดูว่าในการทดสอบจำนวนครั้งในการยกขาสูงทั้ง 2 วิธีที่เท่ากันหรือไม่ และทำการทดสอบโปรแกรม Knee UP Counter ในการทดสอบแต่ละครั้งว่าเวลาในการทดสอบสามารถหยุดโดยอัตโนมัติที่ 120 วินาทีหรือไม่ หากเวลาไม่หยุดที่ 120 วินาทีก็จะมีการแก้ไข code โดยผ่านโปรแกรม Python ร่วมกับอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

4. การทดสอบความน่าเชื่อของการประเมินซ้ำในอุปกรณ์ (test-retest reliability)

ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของการประเมินซ้ำ โดยผู้ประเมินจำนวน 2 คน (ผู้วิจัย) ทำการประเมินวันแรกและประเมินซ้ำอีกครั้งในวันที่สองมีระยะห่างกันจากวันแรกอย่างน้อย 24 ชั่วโมง และทำประเมินในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยทดสอบนิสิตคณะสหเวชศาสตร์ สาขาวิชากายภาพบำบัด อายุ 19-25 ปี จำนวน 10 คน [21]

5. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1 กลุ่มตัวอย่าง

นิสิตกายภาพบำบัดระดับปริญญาตรีสุขภาพดี ทั้งหมด 10 คน

5.2 เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

5.2.1 เพศชายและเพศหญิง อายุระหว่าง 19-25 ปี

5.2.2 มีสุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว

5.3 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

5.3.1 ความดันโลหิตขณะพักมากกว่าหรือเท่ากับ 140/90 มิลลิเมตรปรอท

5.3.2 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักน้อยกว่า 50 ครั้งต่อนาที หรือ มากกว่า 110 ครั้งต่อนาที

5.3.3 มีอุณหภูมิกายมากกว่า 37.5 องศาเซลเซียส

5.3.4 ระดับความเหนื่อยประเมินโดย Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale (รูปที่ 7) มีคะแนนเกิน 4 (0–10 คะแนน)

5.3.5 ระดับความล้า Rating of Fatigue (ROF) (รูปที่ 8) เกินระดับ 5 (0–10 คะแนน) [23]

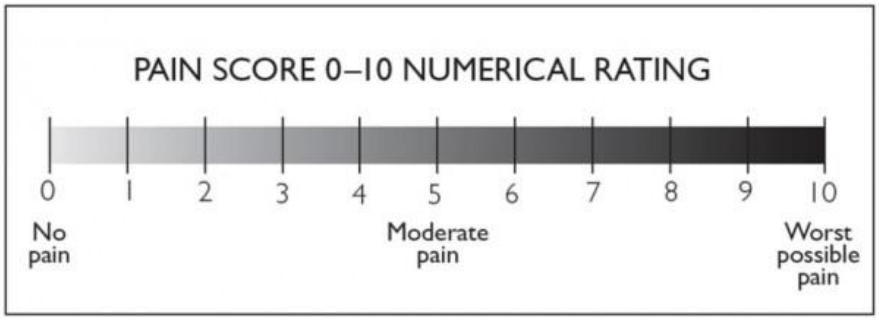
5.3.6 ระดับความปวด Numeric pain rating scale (รูปที่ 9) เกินระดับ 5 (0–10 คะแนน) [23]

5.3.7. เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (Oxygen Saturation) น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ [22]

0	ไม่รู้สึกเหนื่อยเลย แม้แต่น้อย
0.5	แค่เริ่มรู้สึกเหนื่อยเล็กน้อยเท่านั้น
1	เหนื่อยน้อยมาก
2	เหนื่อยเล็กน้อย
*3	เหนื่อยพอควร
**4	เหนื่อยค่อนข้างมาก
5	เหนื่อยมาก
6	
7	เหนื่อยสุดสุด
8	
9	เหนื่อยสาหัสสากรรจ์
10	เหนื่อยที่สุดในสุดในชีวิต

รูปที่ 7 Borg Scale for Rating Perceived Exertion

รูปที่ 8 Rating of Fatigue (ROF)



รูปที่ 9 Numeric pain rating scale

5.4 เกณฑ์ในการหยุดการทดสอบ (Termination criteria)

5.4.1 มี unstable angina หรือ กล้ามเนื้อหัวใจตายในช่วง 1 เดือนก่อนทำการทดสอบ

5.4.2 Systolic blood pressure มากกว่า 180 mmHg และ/หรือ Diastolic blood pressure มากกว่า 100 mmHg

5.4.3 มีอาการปวดขา หรือเป็นตะคริว

5.4.4 มีอาการ Poor perfusion เช่น ปวดศีรษะ, สับสน, เดินเซ, ซีด, เขียวคล้ำ, อาเจียน,ตัวเย็น หรือผิวหนังเย็นชื้น (Clamming skin)

5.4.5 ผู้ถูกทดสอบต้องการหยุดการทดสอบ [16]

5.5 การเตรียมอาสาสมัครก่อนการทดสอบ

5.5.1 งดดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน (ชากาแฟ) แอลกอฮอล์ อย่างน้อย 6 ชั่วโมง [23]

5.5.2 ไม่ควรออกกำลังกายอย่างหนัก ภายใน 2 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ

6. ขั้นตอนการดำเนินงาน

6.1 ประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยเพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นคณะผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ วิธีการวิจัยให้อาสาสมัครเข้าใจ และทำการคัดกรองอาสาสมัครโดยให้อาสาสมัครกรอกแบบบันทึกข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร เช่น อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง เส้นรอบเอว เส้นรอบสะโพก ทำการประเมินสัญญาณชีพ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งประเมินสัญญาณชีพ ห่างกันอย่างน้อย 1 นาที และประเมินตัวแปรก่อนเริ่มการศึกษา ดังนี้

6.1.1 วัดความดันโลหิต จากเครื่องวัดความดันโลหิต รุ่น Hem-8712 โดยที่อาสาสมัครจะต้องมีความดันโลหิตขณะพักไม่เกิน 140/90 มิลลิเมตรปรอท

6.1.2 วัดอัตราการเต้นของหัวใจจากเครื่องวัดความดันโลหิต รุ่น Hem-8712 โดยที่อาสาสมัครจะต้องมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักไม่น้อยกว่า 50 ครั้งต่อนาที หรือ ไม่มากกว่า 110 ครั้งต่อนาที

6.1.3 วัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดจากเครื่อง Pulse oximeter โดยที่อาสาสมัครจะต้องมีความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

6.1.4 ระดับความเหนื่อยประเมินโดย Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale มีคะแนนไม่เกิน 4 (0-10 คะแนน)

6.1.5 ระดับความล้า Rating of Fatigue (ROF) ไม่เกินระดับ 5 (0-10 คะแนน)

6.1.6 ระดับความปวด Numeric pain rating scale ไม่เกินระดับ 5 (0-10 คะแนน)

6.2 การทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีโดยใช้อุปกรณ์ stepUP

6.2.1 ผู้ทดสอบอธิบายและสาธิตขั้นตอนการทดสอบการยกขาสูงสลับกัน 2 นาที

6.2.2 ปรับระดับเลเซอร์โดยให้อยู่กึ่งกลางของขาท่อนบน (ระยะกึ่งกลางระหว่าง ตรงกลางของ patella กับ ขอบบนของ iliac crest) (รูปที่ 10)

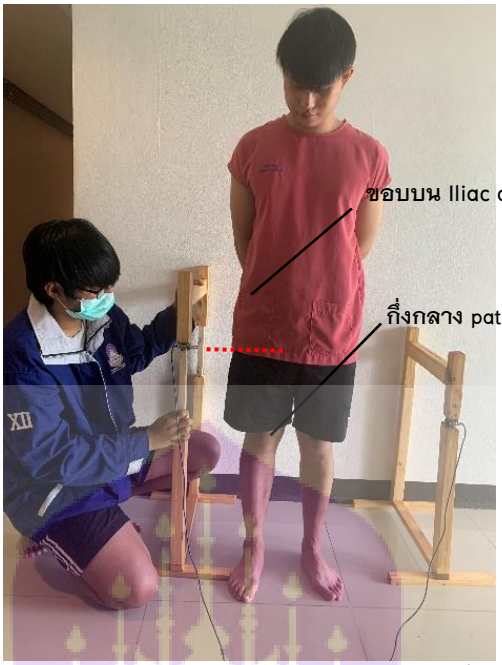
6.2.3 ยืนตัวตรง และหลังตรง กางขาเท่ากับความกว้างของไหล่ (รูปที่ 11)

6.2.4 เมื่อผู้ทดสอบให้สัญญาณหรือคำสั่ง "เริ่ม" ให้อาสาสมัครเริ่มยกขาสูงที่สุดในระดับที่สามารถทำได้อยู่กับที่ให้ได้มากครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลา 2 นาที โดยไม่วิ่ง (รูปที่ 12)

6.2.5 อุปกรณ์ที่ติดตั้งจะแสดงผลเชื่อมต่อข้อมูลกับคอมพิวเตอร์

6.2.6 ข้อมูลบนคอมพิวเตอร์จะแสดงผลเป็นจำนวนครั้งในการยกขาทั้งสองข้าง และสามารถบันทึกผลเข้าโปรแกรม Excel (รูปที่ 13)

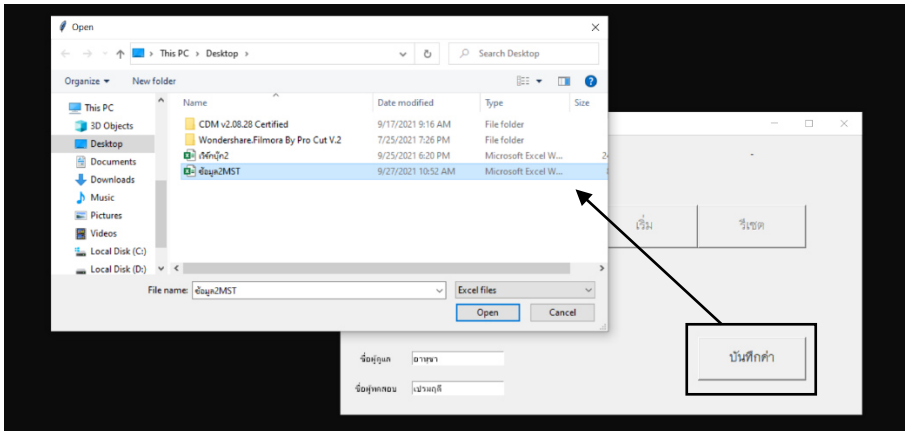
6.2.7 บันทึกค่าสัญญาณชีพ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจน ระดับความเหนื่อยและความล้าของขา หลังทำการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีโดยใช้อุปกรณ์ StepUP



รูปที่ 10 ปรับระดับความสูงในการยกเข่า

รูปที่ 11ก ท่าเริ่มต้นของการทดสอบ

รูปที่ 11ข ท่ายกขาสูงสลับกัน



รูปที่ 12 การบันทึกผลการทดสอบเข้าโปรแกรม Excel

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS v.26 ดังนี้

7.1 ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และรายงานค่ามัธยฐาน หรือ ฐานนิยม หากข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ เพื่ออธิบายข้อมูลลักษณะพื้นฐานทั่วไป

7.2 ใช้สถิติ Intraclass correlation coefficients ($ICC_{3,1}$) เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือในการประเมินซ้ำ (test-retest reliability) ของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ โดยค่า ICC มากกว่า 0.90 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงมาก ค่า ICC อยู่ระหว่าง0.75–0.90 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูง ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.50–0.74 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลาง และค่า ICC น้อยกว่า 0.50 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับต่ำ [33] คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด(standard error of measurement, SEM) จากสูตร $SEM=S\times\sqrt{1-ICC}$ โดยที่ S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมดและ ICC คือ ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ภายในกลุ่ม กำหนดระดับ ความเชื่อมั่นที่ 95 % และคำนวณค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (minimal detectable change, MDC) จากสูตร $MDC = 1.96\sqrt{2}\times SEM$ หรือ $2.77\times SEM$ และทดสอบการเบี่ยงเบนของข้อมูลในการประเมินซ้ำโดยใช้ Bland Altman plots [24]

7.3 ใช้สถิติ Paired t-test ทำการทดสอบความแตกต่างของค่า systematic error ระหว่างการประเมินวันที่ 1 และ 2

7.4 กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ $p < 0.05$

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์ (อุปกรณ์ StepUP) ต้นแบบ และการศึกษาความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ StepUP ด้วยการหาความเที่ยงของการทดสอบซ้ำ (test–retest reliability) ของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที ผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร (n=10)

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด
เพศ (ร้อยละ)		
ชาย	5 (50.00)	–
หญิง	5 (50.00)	–
อายุ (ปี)	21.30 ± 0.67	20.00 – 22.00
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	164.80 ± 4.08	158.00 – 170.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	62.75 ± 6.38	53.00 – 76.00
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	23.20 ± 2.88	18.69 – 27.60
การออกกำลังกาย [จำนวน (ร้อยละ)]		
0 ครั้งต่อสัปดาห์	7 (70.00)	
น้อยกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์	3 (30.00)	-
3 ครั้งต่อสัปดาห์ ขึ้นไป	0 (0.00)	
อาการปวด (0–10 คะแนน)	0.60 ± 1.07	0 – 3

การศึกษาครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 10 คน (ชาย 5 คน หญิง 5 คน) มีส่วนสูงเฉลี่ย 164.80 ± 4.08 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 62.75 ± 6.38 กิโลกรัม ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 23.20 ± 2.88 กิโลกรัมต่อตารางเมตร บ่งบอกว่ามีภาวะมีภาวะน้ำหนักเกินเกณฑ์มาตราฐานของชาวเอเชีย ส่วนใหญ่อาสาสมัครร้อยละ 70 ไม่ออกกำลังกาย บ่งบอกว่า มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง (Sedentary lifestyle) และอาสาสมัครมีคะแนนความเจ็บปวดรยางค์ระหว่าง 0 – 3 คะแนน บ่งบอกว่ามีอาการปวดน้อย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 2 ค่าสัญญาณชีพ คะแนนอาการหอบเหนื่อย และคะแนนความล้าขาของอาสาสมัคร

ตัวแปร		ผู้ประเมิน 1		ผู้ประเมิน 2	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Heart rate (bpm)	ก่อนทดสอบ	82.87 ± 10.05	83.76 ± 5.54	83.50 ± 8.30	88.37 ± 9.98
	หลังทดสอบ	98.37 ± 11.86	99.16 ± 9.91	100.63 ± 8.81	106.70 ± 12.87
	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง	15.50 ± 1.81	15.40 ± 4.37	17.13 ± 8.83	18.33 ± 2.89
SBP (mmHg)	ก่อนทดสอบ	112.03 ± 5.26	109.50 ± 6.56	110.80 ± 6.09	108.03 ± 7.31
	หลังทดสอบ	119.10 ± 5.99	119.86 ± 10.87	121.10 ± 7.30	122.80 ± 5.81
	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง	7.07 ± 0.73	10.36 ± 4.31	10.30 ± 1.21	14.77 ± 1.50
DBP (mmHg)	ก่อนทดสอบ	74.47 ± 7.18	74.88 ± 8.96	71.47 ± 5.66	73.93 ± 7.66
	หลังทดสอบ	75.20 ± 8.63	77.16 ± 9.23	77.80 ± 9.41	77.46 ± 4.19
	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง	0.73 ± 1.45	2.28 ± 0.27	6.33 ± 3.75	3.53 ± 3.47
O_2sat (%)	ก่อนทดสอบ	98.10 ± 0.59	98.53 ± 0.36	98.20 ± 0.52	98.43 ± 0.52
	หลังทดสอบ	98.26 ± 0.38	98.36 ± 0.56	98.37 ± 0.48	97.73 ± 2.19
	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง	0.16 ± 0.21	0.17 ± 0.20	0.17 ± 0.04	−0.70 ± 1.67
Modified Borg scale	ก่อนทดสอบ	0.20 ± 0.63	0.10 ± 0.32	0.10 ± 0.32	0.10 ± 0.32
	หลังทดสอบ	3.70 ± 1.16	3.20 ± 1.40	3.90 ± 0.99	3.50 ± 1.08
	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง	3.5 ± 0.53	3.10 ± 1.08	3.80 ± 0.67	3.40 ± 0.76
Rating of Fatigue	ก่อนทดสอบ	0.20 ± 0.63	0.10 ± 0.32	0.20 ± 0.42	0.10 ± 0.32
	หลังทดสอบ	2.80 ± 1.32	2.80 ± 1.48	3.10 ± 1.29	2.50 ± 1.43
	ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง	2.6 ± 0.69	2.70 ± 1.16	2.90 ± 0.87	2.40 ± 1.11

รายงานค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน, SBP; Systolic blood pressure, DBP; Diastolic blood pressure, O_2sat; Oxygen Saturation

ผลการทดสอบยกขาสูงสลับสองนาทีพบว่า อาสาสมัครสามารถทดสอบครบ 2 นาที ทั้งหมดโดยไม่มีอาการที่ไม่พึงประสงค์ (จำนวน 10 คน) ค่าสัญญาณชีพพบว่า ก่อนทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยอยู่ในช่วง 83 – 88 ครั้งต่อนาที บ่งบอกว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงปกติ หลังจากการทดสอบพบว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15 – 18 ครั้งต่อนาที ก่อนทดสอบค่าความดันขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 108 – 112 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันขณะหัวใจคลายตัวเฉลี่ยอยู่ในช่วง 71 – 75 มิลลิเมตรปรอท บ่งบอกว่ามีค่าความดันเลือดแดงปกติ ซึ่งพบว่าหลังจากการทดสอบ มีค่าความดันขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7 – 15 มิลลิเมตรปรอท และค่าความดันขณะหัวใจคลายตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1 – 6 มิลลิเมตรปรอท ก่อนทดสอบค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 98 – 99 บ่งบอกว่ามีค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดปกติ หลังการสอบค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงร้อยละ 0 – 1 ก่อนการทดสอบคะแนนอาการหอบเหนื่อยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 คะแนน บ่งบอกว่าไม่มีอาการหอบเหนื่อย หลังการทดสอบมีคะแนนอาการหอบเหนื่อยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3 – 4 คะแนน และคะแนนความล้าขาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0 คะแนน บ่งบอกว่าไม่มีอาการล้าขา หลังทดสอบมีคะแนนความล้าเฉลี่ยเหนื่อยเพิ่มขึ้น 2 – 3 คะแนน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 3 การทดสอบซ้ำของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที โดยอุปกรณ์ StepUP

ผู้ประเมิน	2MST (ครั้ง)		Test – retest reliability			
	วันที่ 1 (mean ± SD)	วันที่ 2 (mean ± SD)	$ICC_{3,1}$ (95% CI)	p-value	SEM (ครั้ง)	MDC (ครั้ง)
คนที่ 1	103.90 ± 10.30	106.90 ± 8.10	0.91 (0.60 – 0.98)	0.000*	2.75	7.62
คนที่ 2	106.00 ± 9.93	107.50 ± 8.80	0.95 (0.82 – 0.99)	0.000*	2.05	5.68

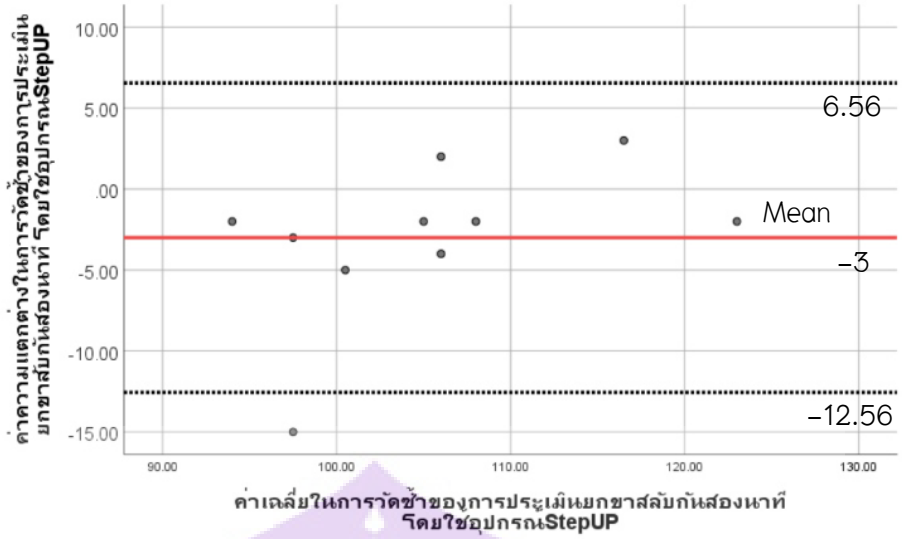
*p<0.05 มีนัยสำคัญทางสถิติ SD; standard deviation, ICC; Intraclass correlation coefficient, 95% CI; 95% Confidence interval, 2MST; 2 Minute Step Test, SEM; Standard error of measurement, MDC; Minimal detectable change

ตารางที่ 4 ความแตกต่างระหว่างการประเมินวันที่ 1 และ 2 ของผู้ประเมินทั้งสองคน

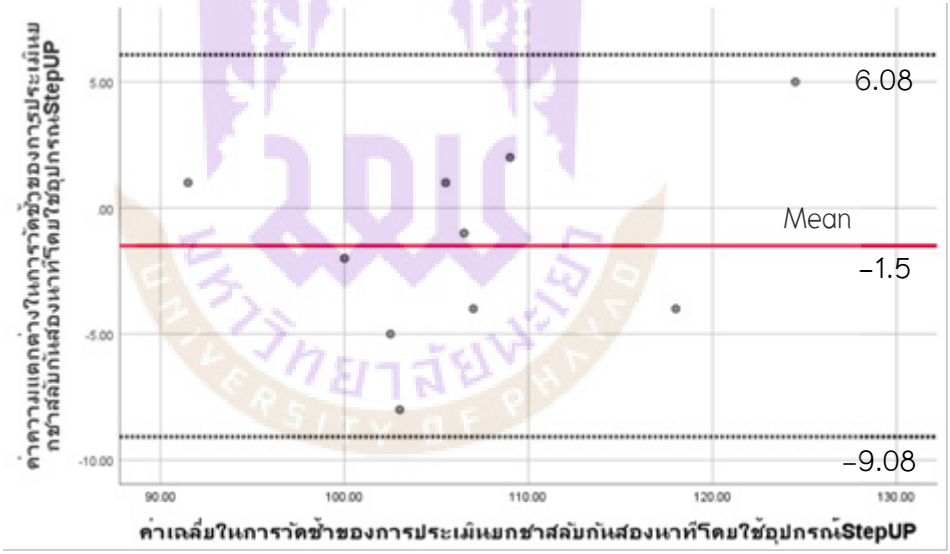
ผู้ประเมิน	2MST (ครั้ง)		Paired differences	
	วันที่ 1 (mean ± SD)	วันที่ 2 (mean ± SD)	Mean differences (95% CI)	P-value
คนที่ 1	103.90 ± 10.30	106.90 ± 8.10	-3.00 (-6.49 – 0.49)	0.084
คนที่ 2	106.00 ± 9.93	107.50 ± 8.80	-1.50 (-4.26 – 1.27)	0.251

*p<0.05 มีนัยสำคัญทางสถิติ 95% CI; 95% Confidence interval, SD; standard deviation, 2MST; 2 Minute Step Test

การศึกษานี้ศึกษาความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ StepUP ด้วยการหาความเที่ยงของการทดสอบซ้ำ (test-retest reliability) ของการทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยอุปกรณ์ StepUP ผลการศึกษาพบว่า ในผู้ประเมินคนที่ 1 มีค่า ICC $_{3,1}$ = 0.91 (95% CI = 0.60-0.98) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (standard error of measurement; SEM) เท่ากับ 2.75 ครั้ง และค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (minimal detectable change; MDC) เท่ากับ 7.62 ครั้ง (ตารางที่ 3) จากแผนภาพ Bland Altman plots พบค่า Negative bias ของการประเมินซ้ำเท่ากับ -3.00 ครั้ง (95% limits of agreement, จาก -12.56 ถึง 6.56 ครั้ง) (รูปที่ 13) การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการประเมินวันที่ 1 และ 2 ไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.084) (ตารางที่ 4) และในผู้ประเมินคนที่ 2 มีค่า ICC $_{3,1}$ = 0.95 (95% CI = 0.82-0.99) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (standard error of measurement; SEM) เท่ากับ 2.05 ครั้ง และค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด (minimal detectable change; MDC) เท่ากับ 5.68 ครั้ง (ตารางที่ 3) จากแผนภาพ Bland Altman plots พบค่า Negative bias ของการประเมินซ้ำเท่ากับ -1.50 ครั้ง (95% limits of agreement, จาก -9.08 ถึง 6.08 ครั้ง) (รูปที่ 14) การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการประเมินวันที่1 และ 2 ไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.251) (ตารางที่ 4) ดังนั้น จากค่า ICC ของผู้ประเมินทั้งสองคนอยู่ระหว่าง 0.91 ถึง 0.95 ซึ่งบ่งบอกว่าอุปกรณ์ StepUP มีความเชื่อมั่นจากการทดสอบซ้ำการทดสอบยกขาสูงสองนาทีของทั้งสองผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001)



รูปที่ 13 แผนภาพ Bland Altman plots แสดงความสอดคล้องของการวัดซ้ำของอุปกรณ์ StepUP ในผู้ประเมินคนที่ 1 ขณะทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที



รูปที่ 14 แผนภาพ Bland Altman plots แสดงความสอดคล้องของการวัดซ้ำของอุปกรณ์ StepUP ในผู้ประเมินคนที่ 2 ขณะทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาที

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำในการประเมินการยกขาสูงสลับกันสองนาทีโดยใช้อุปกรณ์ StepUP ในวัยรุ่นสุขภาพดี รวมถึงหาค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ผลการศึกษาพบค่าความเที่ยงของการวัดซ้ำในการประเมินการยกขาสูงสลับกันสองนาทีของผู้ประเมินสองคนอยู่ระดับสูงมาก ค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.91 – 0.95 ซึ่งเป็นค่าความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงมาก มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตราฐานของการวัด (SEM) เท่ากับ 2.05 ข 2.75 ครั้ง ค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่ากับ 5.68 – 7.62 ครั้ง และผลความแตกต่างของค่า systematic error ในการวัดวันที่ 1 และ 2 พบว่าค่าที่ได้จากการประเมินซ้ำเมื่อเวลาผ่านไปไม่มีความแตกต่างกัน บ่งบอกได้ว่า อุปกรณ์ StepUP มีความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำในการประเมินการยกขาสูงสลับกันสองนาที

การทดสอบ 2MST เป็นวิธีการทดสอบที่ประเมินภาพรวมของปอดและการหายใจระบบหัวใจและหลอดเลือดคล้ายๆ กับการทดสอบการเดิน 6 นาที (6MWT) [15] ซึ่งการทดสอบ 2MST สามารถใช้ประเมินความทนทานของระบบหัวใจและหายใจ (Cardiovascular endurance) แทน 6MWT แต่หากมีข้อจำกัดของพื้นที่หรือสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการทดสอบ [4] การศึกษาก่อนหน้ารายงานว่า 2MST มีความสัมพันธ์กับ 6MWT (r=0.36; p=0.04) และกับ Time up and go test (r=–0.66; p<0.000) แสดงให้เห็นว่าการทดสอบ 2 MST เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการประเมินความทนทานของหัวใจและระบบหายใจ หากความทนทานของระบบหัวใจและหายใจอยู่ในระดับต่ำ มีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวน้อยลงในหญิงสูงอายุที่มีภาวะความดันโลหิตสูง [19] Peodorczyk KW และคณะ ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2MST กับ 6MWT ในหญิงที่เป็น Systolic heart failure ผลพบว่าจำนวนครั้งการยกขาสลับกันในสองนาทีเพิ่มขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับระยะทางที่เดินได้ไกลในการเดิน 6 นาที (6MWT) เช่นกัน (r =0.45) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนครั้งการยกขาที่มากของการทดสอบ 2MST มีความสัมพันธ์กับ Peak oxygen consumption (r = 0.33) [20] Nogueira MA และคณะ รายงานค่าความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมินและระหว่างผู้ประเมินของการทดสอบ 2MST ในวัยรุ่นสุขภาพดี อายุ 18 – 24 ปี พบว่า มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดี (ICC ≥ 0.83) และค่าตัดแบ่ง (Cutoff point) 2MST มากกว่า 97.5 ครั้งขึ้นไป (ความไวร้อยละ 61 และความจำเพาะร้อยละ 67 และพื้นที่ใต้กราฟ 0.671) สามารถแบ่งสมรรถภาพด้านความทนทานของหัวใจและปอดระหว่างผู้ที่มีกิจกรรมทางกายและผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่งได้ [25] Braghier

HA และคณะ รายงานค่าความเที่ยงและความน่าเชื่อถือของการทดสอบ 2MST ในผู้ป่วยโรคเส้นเลือดแดงส่วนปลายอุดตันที่มีอาการปวดน่องเป็นพักๆ (Intermittent claudication) พบว่า 2MST มีความเที่ยงและความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดีมาก (ICC 0.945) ค่า positive bias ของการประเมินเท่ากับ 0.79 ครั้ง (95% limits of agreement, จาก –9.6 ถึง 11.2 ครั้ง) ค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่ากับ 3.2 ครั้ง เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า จำนวนครั้งยกขาสูงใน 2 นาที (2MST) มีความสัมพันธ์กับจำนวนก้าวในการเดิน 6 นาที ($r=0.55$, $p<0.01$) แต่จำนวนครั้งยกขาสูงใน 2 นาที (2MST) ไม่พบความสัมพันธ์กับระยะทางที่เดินได้ในเวลา 6 นาที ($r = 0.26$, $p = 0.23$) รวมถึงพบว่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดในการทดสอบ 2MST น้อยกว่าการทดสอบ 6MWT [26] อย่างไรนั้นการประเมินดังกล่าวเป็นการวัดตัวแปรอย่างง่ายเพียงการจับเวลาในการทดสอบที่สามารถทำได้ ซึ่งอาจทำให้มีข้อจำกัดในการทดสอบ เช่น ความผิดพลาดของผู้วัด การเก็บบันทึกข้อมูล เป็นต้น นอกจากนี้งานวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบ 2MST ในประเทศไทยเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของการทดสอบ 2MST ก่อนนำไปใช้ในทางคลินิกในกลุ่มเป้าหมายจำเพาะยังมีจำกัดและยังไม่แพร่หลายนัก ดังนั้นการศึกษานี้จึงสนใจการนำเทคโนโลยีด้านเลเซอร์มาใช้ในการประเมินการประเมินการทดสอบ 2MST ที่มีชื่อว่า อุปกรณ์ “StepUP”

ระบบเลเซอร์ที่ใช้หลักการทำงานของ Photoelectric sensor ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ โดยเซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสตัววัตถุ [6] ทำให้ทางคณะผู้วิจัยสนใจเลือกระบบเลเซอร์มาใช้พัฒนาอุปกรณ์ในการทดสอบ 2MST และหาความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ด้วยการหาค่าความเที่ยงของการวัดซ้ำในการประเมิน 2MST ในวัยรุ่นสุขภาพดี 10 คน ผลการศึกษาพบว่า อุปกรณ์ StepUP มีความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำในการประเมิน 2MST อยู่ในระดับสูงมาก (ICC 0.91 – 0.95) มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตราฐานของการวัด (SEM) เท่ากับ 2.05 – 2.75 ครั้ง ค่าชี้วัดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเท่ากับ 5.68 –7.62 ครั้ง และผลความแตกต่างของค่า systematic error ในการวัดวันที่ 1 และ 2 พบว่าค่าที่ได้จากการประเมินซ้ำเมื่อเวลาผ่านไปไม่มีความแตกต่างกัน การทดสอบ 2MST เป็นการทดสอบการออกกำลังกายในระดับต่ำกว่าความสามารถสูงสุด (Submaximal exercise test) ซึ่งเป็นระดับความหนักใกล้เคียงระดับกิจกรรมในชีวิตประจำวันเช่นเดียวการทดสอบ 6MWT การศึกษานี้พบว่าอาสาสมัครวัยรุ่นสุขภาพดีสามารถทำการทดสอบได้ครบทุกคนโดยไม่มีอาการที่ไม่พึงประสงค์ที่ทำให้ต้องหยุดการทดสอบ ค่าสัญญาณชีพหลังทดสอบทันทีส่วนใหญ่มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

พบว่า ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 15–18 ครั้งต่อนาที ซึ่งเพิ่มขึ้นไม่เกิน 70–80% HRmax (Maximum Heart Rate)ค่าความดันขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 7 – 15 มิลลิเมตรปรอทและค่าความดันขณะหัวใจคลายตัวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1 – 6 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งพบว่าความดันโลหิตลดลงไม่เกิน 10 มิลลิเมตรปรอท หรือเพิ่มสูงเกิน 180/110 มิลลิเมตรปรอท [27] ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงร้อยละ 0 – 1 ซึ่งไม่มีอาสาสมัครรายใดมีค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดลดลงมากกว่าร้อยละ 4 บ่งบอกว่า ไม่มีภาวะออกซิเจนต่ำในเลือดขณะออกกำลัง (exercise-induced desaturation, EID) รวมถึงคะแนนความล้าขาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2 – 3 คะแนน และคะแนนอาการหอบเหนื่อยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3 – 4 คะแนน พบว่าคะแนนไม่เกิน 8 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน [28] บ่งบอกว่า การทดสอบ 2MST มีความหนักระดับปานกลางและมีความปลอดภัยในการทดสอบกับอาสาสมัครวัยรุ่นสุขภาพดี

การศึกษานี้ช่วยยืนยันว่าการทดสอบ 2MST ด้วยอุปกรณ์ “StepUP” มีความเที่ยงในการวัดซ้ำระหว่างวันอยู่ระดับสูงมาก การทดสอบ 2MST มีความหนักระดับปานกลางและมีความปลอดภัยในการทดสอบกับอาสาสมัครวัยรุ่นสุขภาพดี เช่นเดียวกับการทดสอบ 2MST ด้วยการใช้นาฬิกาจับเวลา การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่รายงานค่าความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อระบบสุขภาพ รวมถึงบุคลากรทางสุขภาพเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยต่อไป

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในการศึกษาบางประการ ได้แก่ 1) ทำการศึกษาหาความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ “StepUP” ด้วยการวัดซ้ำ (Test-retest reliability) เพียงอย่างเดียว ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นควรศึกษาค่าความน่าเชื่อถือภายในและระหว่างตัวผู้ประเมิน 2) ทำการศึกษาในอาสาสมัครวัยรุ่นสุขภาพดีเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาการทดสอบด้วยอุปกรณ์ “StepUP” กับกลุ่มประชากรที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยระบบหายใจและปอด เป็นต้น เนื่องจากมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อการทดสอบ เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความเร็วในการเคลื่อนไหว ความสามารถในการทรงตัว เป็นต้น 3) กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ในอนาคตควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้ผลการศึกษาที่นำไปใช้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น และการศึกษาที่มีการวิเคราะห์โดยใช้ Bland-Altman Plots ควรมีจำนวนอาสาสมัคร 50 คนขึ้นไป 4) ควรศึกษาหาค่าความแตกต่างที่มีค่าน้อยที่สุดที่สามารถแสดงนัยสำคัญทางคลินิก (minimal clinically important difference, MCID) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้การประเมินติดตามผลการรักษาผู้ป่วยทางคลินิกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. เกษรา โพธิ์เย็น.สังคมผู้สูงอายุ:โอกาสของธุรกิจที่ยั่งยืนในอนาคต.**วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์**. 2562;21(1):201–3.
2. สำนักงานกองทุนสนับสนุนสร้างเสริมสุขภาพ. **ปี62มีผู้สูงวัยมากกว่าเด็กครั้งแรก** [Internet].2019[cited2021Feb27].Availablefrom:https://www.thaihealth.or.th/Content/45744-ปี%2062%20มีสูงวัยมากกว่าเด็กครั้งแรก.html
3. อภิวัฒน์ ปานทอง. สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพ.**วารสารบัณฑิตศึกษา**.2555;45:4.
4. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์, พุทธิพงษ์ พลคำฮัก, สุดารัตน์ สังฆะมณี, ปาจรีย์ มาน้อย, อรชร บุญลา. ค่าตัดแบ่งที่เหมาะสมของการทดสอบยกขาสูงสลับกัน 2 นาที ในการทำนายความทนทานของหัวใจและระบบหายใจในผู้สูงอายุที่มีภาวะความดันโลหิตสูง. **ศรีนครินทร์เวชสาร**. 2562;34(2):161–2.
5. เอี่ยมปาน ธ. การบริหารความผิดพลาดของมนุษย์ในการบิน. **วารสารศรีปทุมปริทัศน์**. 2562:166–70.
6. บริษัทแฟ็คโตมาร์ จำกัด. **Photoelectric sensor guide manual** [Internet]. [cited 2021Sep27]Availablefrom:https://mcusercontent.com/969d54d965d5d231d4c22bfec/files/81be441e-1ce8-4858-a1c054c0c8523df2/Photoelectric_Sensor_Manual_02.pdf
7. เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร, วรางคณา เหนือคูเมือง. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ตัวตรวจจับทางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบแจ้งเตือนเด็กติดค้างในรถยนต์. วารสารวิจัยราชมงคลกรุงเทพ. 2560;11(1):35–7.
8. มนันญา ภู่แก้ว. **พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2564** [Internet]. [cited 2021 Feb 26Availablefrom:https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/elaw_parcy/ewt_dl_link.php?nid=1536
9. มูลนิธิสถาบันวิจัยและผู้สูงอายุไทย(มส.ผส.). **สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ.2559**. กรุงเทพฯ: ศิริพานิช บ; ม.ป.ป.
10. **การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายในวัยสูงอายุ** [Internet]. [cited 2021 Feb 26]. Available from:

https://ns.mahidol.ac.th/english/th/departments/FN/COE_gerontological/Article/old/การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายในวัยสูงอายุ.pdf.

11. **กระบวนการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยา จิตสังคมและจิตวิญญาณของผู้สูงอายุ** [Internet]. [cited 2021 Feb 26] . Available from: http://www.elnurse.ssru.ac.th/monredee_ph/pluginfile.php/139/block_html/content/เอกสารประกอบการสอนการเปลี่ยนแปลงด้านสรีระวิทยา%20จิตสังคม.pdf.
12. **การตรวจสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ** [Internet]. 2551 [cited 2021 Feb 26]. Availablefrom:https://apps.hpc.go.th/dl/web/upFile/2018/125004201812141654444/21be400a9ea074c28e92a1381c59448e.pdf.
13. กมลทิพย์ หาญผดุงกิจ. 6-Minute Walk Test. **เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร.** 2557;24(1):1-4.
14. **การทดสอบมรรถภาพ** [Internet]. 2553 [cited 2021 Feb 26]. Available from: https://www.slideshare.net/sarawu5/physical-fitness-5897935.
15. Rikli Re, Jones CJ. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standardsnfor maintaining physical independence in later years. **Aging Phys Act**. 1999;7(2):129-61.
16. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดราชบุรี. **กายภาพบาบัดในCOPD Clinic** [Internet][cited 2021 Feb 26]. Available from: http://www.rbpho.moph.go.th/upload-file/doc/files/010518-910-2911.pdf
17. **การประยุกต์ใช้เซนเซอร์สำหรับอุปกรณ์ในการตรวจวิเคราะห์ทดสอบ** [Internet]. 2558 [cited 26 กุมภาพันธ์ 2564]. Available from: http://horizon.sti.or.th/node/53.
18. **Photoelectric sensor** [Internet]. [cited 2021 Feb 26] . Available from: https://www.sumipol.com/knowledge/photoelectric-sensor/
19. Pedrosa R, Holanda G. Correlation between the walk,2-minute step and TUG tests among hypertensive older women. **Braz J Phys Ther**. 2009;13(3):252-6.
20. Wegrzynowska-Teodorczyk K, Mozdzanowska D, Josiak K, Siennika A, Nowakowska K, Banasiak W wa. Could the two-minute step test be an alternative to the six-minute walk test for patients with systolic heart failure? **Eur J Prev Cardiol**. 2016;23(2):1307-13.
21. จิรวัฒน์กุล อ. **สถิติทางวิทยาศาสตร์สุขภาพเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพฯ: บริษัทส.เอเชียเพลส (1989) จำกัด; 2558ใ

22. บดินทร์ ขวัญมิตร. การวัดความอิ่มตัวออกซิเจนของฮีโมโกลบินจากชีพจรในผู้ใหญ่. **สงขลานครินทร์เวชสาร.**24(3); 246–52.

23. **คู่มือการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness testing) สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข** [Internet]. [cited 2021 Feb 27]. Available from: www.cpc.ac.th/sport/images/helptest.pdf.

24. สมรรถชัย จำนงค์กิจ. **การวัดในงานกายภาพบำบัด แนวคิดสำคัญและการนำไปใช้ (Measurement in Physical Therapy:Essential Concepts and Applocations)**. เชียงใหม่: ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ. เชียงใหม่; 2557

25. Nogueira MA, Almeida TDN, Andrade SG, Ribeiro AS, Rêgo AS,et al. Reliability and Accuracy of 2–Minute Step Test in Active and Sedentary Lean Adults. **JMPT.** 2021; 44(2):120–7.

26. Braghieri HA, Kanegusuku H, Corso SD, Cucato GG, Monteiro F, Validity and reliability of 2–min step test in patients with symptomatic peripheral artery disease. **Journal of Vascular Nursing**. 2021; 39(2):33–8.

27. **การทดสอบความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต.** [Internet]. [cited 2021 Sep 29].Available from: http://digital_collect.lib.buu.ac.th

28. Pescatello, Linda S. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, 2018.

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร

Code.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบบันทึกข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้เข้าร่วมกิจกรรมการพัฒนาอุปกรณ์ทดสอบยกขาสูงสลับกันสองนาทีด้วยระบบเลเซอร์

คำชี้แจง:โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง (ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับและถูกใช้ในงานวิจัยเท่านั้น)

ส่วนที่ 1ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อ–สกุล : .....อายุ ..... ปี เพศ☐ชาย ☐ หญิง
2. โรคประจำตัว ☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ .....
3. รับประทานยาประจำ ☐ ไม่มี ☐ มี โปรดระบุ .....
4. สูบบุหรี่ ☐ ไม่สูบ ☐ สูบ
5. ดื่มแอลกอฮอล์ ☐ ไม่ดื่ม ☐ ดื่ม
4. น้ำหนัก: ..... กก.ส่วนสูง: .....ซม.ดัชนีมวลกาย:..... กก./ตารางเมตร
5. เส้นรอบเอว.....เซนติเมตร เส้นรอบสะโพก.....เซนติเมตร
6. การออกกำลังกาย/เล่นกีฬาในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมา
   - ☐ สม่ำเสมอ (≥3 ครั้ง/สัปดาห์)
   - ☐ นาน ๆ ครั้ง (1–2 ครั้ง/สัปดาห์)
   - ☐ ไม่เคย (0 ครั้ง/สัปดาห์)
7. อาการปวด โปรดระบุตำแหน่ง..... คะแนนความเจ็บปวด.....(เต็ม 10 คะแนน)

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกการทดสอบ 1

(ผู้ประเมิน .....วันที่.....)

variables		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Heart rate (bpm)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Systolic blood pressure (mmHg)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Diastolic blood pressure(mmHg)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
O_2 Saturation (%)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Dyspnea (Scores)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Fatigue (Scores)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกการการทดสอบ 2

(ผู้ประเมิน .....วันที่.....)

variables		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
Heart rate (bpm)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Systolic blood pressure (mmHg)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Diastolic blood pressure(mmHg)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
O_2 Saturation (%)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Dyspnea (Scores)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			
Fatigue (Scores)	ก่อนการทดสอบ			
	หลังการทดสอบ			

****