ผลของการยืดกล้ามเนื้อต่อการตอบสนองระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ

Effects of Stretching Exercises on Cardiac Autonomic Responses in Older Adults with Low Flexibility Levels

โดย

จิดาภา วรแสน

ภูมิภัทร ปราสาททอง

สิริภาภรณ์ เรือนกูล

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2567

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของการยืดกล้ามเนื้อต่อการตอบสนองระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ

Effects of Stretching Exercises on Cardiac Autonomic Responses in Older Adults with Low Flexibility Levels

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 12 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

.....	.....
(นางสาวจิดาภา วรแสน)	(ผศ. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษา
.....	.....
(นายภูมิภัทร ปราสาททอง)	(ดร. ธิชานนท์ พรหมศรีสุข)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(นางสาวสิริภาภรณ์ เรือนกูล)

นิสิต

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

จิดาภา วรแสน

ภูมิภัทร ปราสาททอง

สิริภาภรณ์ เรือนกูล

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของการยืดกล้ามเนื้อต่อการตอบสนองระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ

Effects of Stretching Exercises on Cardiac Autonomic Responses in Older Adults with Low Flexibility Levels

เมื่อ วันที่ 12 เดือน กันยายน พ.ศ. 2567

.....	.....
(ผศ. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)	(ดร. ธิชานนท์ พรหมศรีสุข)
ประธานกรรมการ	กรรมการ
.....	.....
(ดร. นิภาภรณ์ วรรณพรหม)	(ดร. พัชรียา อัมพุธ)
กรรมการ	กรรมการ
.....	.....
(ผศ.ดร. วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา)	(ผศ.ดร. พุทธิพงษ์ พลคำฮัก)
ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต	คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นางสาวจิดาภา วรแสน
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Jidapa Worasaen
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 20 เดือนกันยายน พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดจันทบุรี
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	59 หมู่ 2 ต.สันป่าตอง อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม 44170
	E-mail: 64130914@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2561
	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2564
	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นายภูมิภัทร ปราสาททอง
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Phumiphat Prasatthong
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 8 เดือนเมษายน พ.ศ. 2546
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	8/1 หมู่ 9 ต.ม่วงค่อม อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี 15230
	E-mail: 64131072@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2561
	โรงเรียนชัยบาดาลวิทยา จังหวัดลพบุรี
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2564
	โรงเรียนชัยบาดาลวิทยา จังหวัดลพบุรี
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นางสาวสิริภาภรณ์ เรือนกูล
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Siripapohn Ruankool
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 9 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2544
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	90 หมู่ 8 ต.สันโค้ง อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา 56120 E-mail: 64131218@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมตอนต้น ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา ประกาศนียบัตรมัธยมตอนปลายปีการศึกษา 2563 โรงเรียนพะเยาพิทยาคม จังหวัดพะเยา ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ. อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนดูแลเป็นอย่างดีจนทำให้ภาคนิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง ดร. ธิชานนท์ พรหมศรีสุข ดร. พัชรียา อัมพุธ และ ดร. นิภาภรณ์ วรรณพรหม คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ คณบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำภาคนิพนธ์ ขอบพระคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลครั้งนี้จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

จิดาภา วรแสน

ภูมิภัทร ปราสาททอง

สิริภาภรณ์ เรือนกูล

12 กันยายน 2567

คำรับรอง

ข้าพเจ้า นางสาวจิดาภา วรแสน นายภูมิภัทร ปราสาททอง นางสาวสิริภาภรณ์ เรือนกูล นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด ชั้นปีที่ 4 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่า ภาคนิพนธ์เรื่อง ผลของการยืดกล้ามเนื้อต่อการตอบสนองระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ (Effects of Stretching Exercises on Cardiac Autonomic Responses in Older Adults with Low Flexibility Levels) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

จิดาภา วรแสน
ภูมิภัทร ปราสาททอง
สิริภาภรณ์ เรือนกูล
12 กันยายน 2567

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	2
ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นในผู้สูงอายุ	5
ระบบหัวใจและหลอดเลือดและการตอบสนองระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจ	7
การยืดกล้ามเนื้อ	12
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา	21
ขอบเขตงานวิจัย	21
รูปแบบงานวิจัย	21
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	21
เกณฑ์การคัดเข้า	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เกณฑ์การคัดออก	22
เกณฑ์การถอนกลุ่มตัวอย่างออกจากโครงการวิจัย	22
เกณฑ์การยุติการเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด	22
วัสดุและอุปกรณ์	23
ขั้นตอนการศึกษา	23
การวิเคราะห์ข้อมูล	30
บทที่ 4 ผลการศึกษา	31
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา	38
สรุปผลการศึกษา	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก	48
ภาคผนวก ข	51

สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	การทดสอบนั่งงอตัวไปด้านหน้า	24
รูปที่ 2	การวัดความดันโลหิต	26
รูปที่ 3	การตรวจประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ	28
รูปที่ 4	การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings	29
รูปที่ 5	แสดงขั้นตอนการศึกษา	30
รูปที่ 6	ผลการตอบสนองของการทำงานระบบหัวใจและหลอดเลือด ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ก. SBP ข. DBP ค. HR	34
รูปที่ 7	ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ในส่วนของ time domain ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ก. SDNN ข. RMSSD ค. PNN50	36
รูปที่ 8	ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ในส่วนของ frequency domain ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ก. LF ข. HF ค. LF/HF	37

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	ตัวแปรในระบบหัวใจและหลอดเลือด	9
ตารางที่ 2	ตัวแปรโดเมนความถี่ที่ใช้ในการประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ	11
ตารางที่ 3	การประเมินหาความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน เปรียบเทียบกับผู้ประเมินคนที่ 1 (นักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์)	25
ตารางที่ 4	การประเมินหาความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน	25
ตารางที่ 5	ข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร	31
ตารางที่ 6	ผลการตอบสนองของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ	33
ตารางที่ 7	ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ	34

สารบัญคำย่อ

BP	=	Blood pressure
DBP	=	Diastolic blood pressure
ECG	=	Electrocardiogram
HF	=	High frequency
HR	=	Heart rate
HRV	=	Heart Rate Variability
ICC	=	Intraclass correlation coefficient
LF	=	Low frequency
LF/HF	=	Low frequency/High frequency ratio
PNF	=	Proprioceptive neuromuscular facilitation
PNN50	=	The proportion of NN intervals difference > 50 ms
RMSSD	=	Square root of the mean of the squares of successive NN interval differences
SBP	=	Systolic blood pressure
SDNN	=	Standard deviation of all normal to normal R–R (NN) intervals
SS	=	Static stretching
SVbal	=	Cardiac sympathovagal balance
ULF	=	Ultra–low frequency
VLF	=	Very–low frequency

บทคัดย่อ

การยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก (passive stretching) มีผลต่อการทำงานของหัวใจและระบบประสาทอัตโนมัติ แต่ผลการศึกษายังมีข้อจำกัดในกลุ่มผู้สูงอายุ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ ศึกษาในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ จำนวน 17 ราย ซึ่งได้รับการยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstrings) จากแรงภายนอก ยืดค้างไว้ 30 วินาที ทำ 4 ครั้งต่อเซต รวม 3 เซต ทำการวัดตัวแปรก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ได้แก่ การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ systolic blood pressure (SBP) diastolic blood pressure (DBP) และ heart rate (HR) และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ได้แก่ SD of normal NN intervals (SDNN), root mean square of successive differences (RMSSD), percentage of pairs of adjacent RR intervals differing by more than 50 milliseconds (PNN50), low-frequency component (LF), high-frequency component (HF), และ LF/HF ratio ผลการศึกษาพบว่า ระบบประสาทซิมพาเทติก (SDNN และ LF) และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (RMSSD, PNN50, HF) ทำงานเพิ่มขึ้นในขณะการยืดกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นและลดลงหลังการยืดกล้ามเนื้อในนาทีที่ 10 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขณะที่การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด (SBP, DBP, HR) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สรุปได้ว่า การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำส่งผลให้ความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้น โดยระบบประสาทซิมพาเทติกทำงานเพิ่มขึ้นขณะการยืดและลดลงหลังการยืด ขณะที่ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเพิ่มขึ้นในขณะการยืด แต่ไม่ส่งผลต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: การยืดเหยียดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก ผู้สูงอายุ ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ระบบประสาทอัตโนมัติ

Abstract

Passive stretching has been shown to impact cardiovascular function and the autonomic nervous system, but research in elderly populations is still limited. This study aims to assess cardiovascular function and heart rate variability before, during, and after passive muscle stretching in elderly individuals. Seventeen elderly participants with low flexibility underwent passive stretching of the hamstrings. The stretching was held for 30 seconds, performed 4 times per round, with 3 rounds total, including a 30-second rest between stretches and a 1-minute rest between rounds. Measurements were taken before, during, and after the stretching, including systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), and heart rate (HR), as well as heart rate variability metrics: SD of normal NN intervals (SDNN), root mean square of successive differences (RMSSD), percentage of pairs of adjacent RR intervals differing by more than 50 milliseconds (PNN50), low-frequency component (LF), high-frequency component (HF), and the LF/HF ratio. Results indicated a significant increase in both sympathetic (SDNN and LF) and parasympathetic (RMSSD, PNN50, HF) nervous system activity during stretching ($p < 0.05$). Sympathetic activity increased rapidly at the start and significantly decreased 10 minutes after stretching ($p < 0.05$). In contrast, cardiovascular function (SBP, DBP, HR) did not show significant changes ($p > 0.05$). In summary, passive hamstring stretching in elderly individuals with low flexibility led to increased heart rate variability, with sympathetic activity rising during stretching and decreasing afterward, while parasympathetic activity also increased during stretching but did not significantly affect cardiovascular function.

Keywords: Passive stretching, Elderly, Heart rate variability, Autonomic nervous system

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้สูงอายุทั่วโลกอย่างรวดเร็วกำลังทำให้การดูแลสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุเป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับความสนใจ เมื่ออายุมากขึ้นร่างกายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ส่งผลต่อระบบสำคัญ เช่น ระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาทอัตโนมัติ [1, 2] หนึ่งในปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุคือการลดลงของความยืดหยุ่น (flexibility) ของกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ส่งผลให้การเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าลดลง เพิ่มความเสี่ยงต่อการหกล้ม การบาดเจ็บ และอาการเจ็บปวดเรื้อรัง [3, 4] กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstrings) มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวพื้นฐาน เช่น การเดิน การยืน และการก้มตัว เมื่อกล้ามเนื้อ hamstrings เกิดความตึงมากสามารถส่งผลให้กระดูกเชิงกรานไม่สมดุล เพิ่มความเสี่ยงต่อการปวดหลังและการบาดเจ็บ นอกจากนี้ ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstrings ที่ลดลง ยังสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการหกล้มอีกด้วย [5, 6] ดังนั้น การเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstrings จึงมีความสำคัญในการส่งเสริมความคล่องตัวและความปลอดภัยในผู้สูงอายุ

การยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก (passive stretching) นิยมกันอย่างแพร่หลายทั้งในนักกีฬา ผู้สูงอายุ และผู้ป่วยระยะฟื้นฟู เป็นวิธีการออกกำลังกายที่ใช้แรงจากภายนอกโดยการยืดกล้ามเนื้อแบบยืดค้างทำให้เพิ่มความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งกระตุ้นรีเฟล็กซ์การยืดและทำให้ golgi tendon organ ส่งสัญญาณมากกว่าจาก muscle spindle ส่งผลให้กล้ามเนื้อผ่อนคลายและเพิ่มความยืดหยุ่น [7] และการยืดกล้ามเนื้อยังช่วยปรับปรุงระบบประสาทอัตโนมัติและระบบหัวใจและหลอดเลือดให้ดีขึ้น เช่น การลดอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิต [8] บางงานวิจัยรายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก ช่วยเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก หรือหลังจากการฝึกยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก ทำให้ vagal activity เพิ่มขึ้นอย่างเฉียบพลันในช่วงการฟื้นตัวช่วงต้น (early recovery period) ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง [9] แต่บางการศึกษารายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อทำให้หัวใจทำงานมากขึ้น (cardiac overload) เนื่องจากการยืดคงค้างไว้อาจไปกระตุ้น type III fibers และการกระตุ้นเมตาบอรีเซพเตอร์ (metaboreceptor activation) อาจทำให้เกิดการยับยั้ง vagal และการกระตุ้น baroreflex ทำให้เพิ่มการตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดโดยรวม [8] การตอบสนองการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและระบบประสาท

อัตโนมัติหัวใจที่แตกต่างกันนั้น มีความสัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น ความรุนแรงและระยะเวลาการหดตัวของกล้ามเนื้อที่คงค้างไว้ ระยะเวลาการยืด ช่วงเวลาพักระหว่างการยืดซ้ำ ความเข้มข้นของการยืด (เช่น จุดที่รู้สึกไม่สบายหรือความรู้สึกไม่สบายระดับต่ำ) และขนาดของกล้ามเนื้อที่ยืด [10] ซึ่งผลกระทบของการยืดกล้ามเนื้อต่อความสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ นั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นมากขึ้นในบุคคลที่มีความยืดหยุ่นต่ำ [11]

การประเมินความแปรปรวนในอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate variability: HRV) เป็นวิธีที่ใช้วัดการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจ เพื่อประเมินความสมดุลของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก ในผู้สูงอายุ HRV มักลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรคหัวใจและหลอดเลือด [12] รวมถึงมีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยและภาวะเปราะบาง [13] ดังนั้นการออกกำลังกายหรือวิธีการที่ปรับปรุงการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจในผู้สูงอายุจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ การศึกษานี้จึงสนใจศึกษาผลการตอบสนองทันทีของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR) และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจที่ประเมิน HRV ทั้งก่อน ขณะ และหลังการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้มีความสำคัญในการวางแผนและพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้สูงอายุ

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบผลการตอบสนองของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ

สมมติฐาน

ผลการตอบสนองของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำจะมีความแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่ได้รับ

การศึกษานี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ค้างไว้เป็นเวลา 30 วินาทีต่อครั้ง ทำซ้ำ 4 ครั้งต่อเซต รวมทั้งหมด 3 เซต พบว่าการยืดมีผลต่อการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติ แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ทั้งในขณะและหลังการยืดกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม การยืดกล้ามเนื้อด้วยวิธีนี้ได้รับการยืนยันว่าเป็นวิธีที่ปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อต่ำ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ ระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด และการยืดกล้ามเนื้อ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย ดังนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงอายุและความยืดหยุ่นในผู้สูงอายุ
    1.1 ความหมายของผู้สูงอายุ
    1.2 ความยืดหยุ่น
    1.3 ความยืดหยุ่นของผู้สูงอายุ
2. การตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด
    2.1 ระบบหัวใจและหลอดเลือด
    2.2 การตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย
    2.3 การประเมินสุขภาพระบบหัวใจและหลอดเลือด
    2.4 ความแปรปรวนในอัตราการเต้นของหัวใจ
    2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในอัตราการเต้นของหัวใจ
3. การยืดกล้ามเนื้อ
    3.1 ความหมายของการยืดกล้ามเนื้อ
    3.2 กลไกของการยืดกล้ามเนื้อ
    3.3 รูปแบบในการยืดกล้ามเนื้อ
    3.4 ผลของการยืดกล้ามเนื้อ
    3.5 ข้อควรระวังในการยืดกล้ามเนื้อ
    3.6 ข้อห้ามในการยืดกล้ามเนื้อ
    3.7 ผลของการยืดกล้ามเนื้อต่อความแปรปรวนในอัตราการเต้นของหัวใจ
4. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นในผู้สูงอายุ

1.1 ความหมายของผู้สูงอายุ

องค์การสหประชาชาติได้ให้คำจำกัดความของคำว่า “ผู้สูงอายุ (elderly)” ว่าหมายถึง ผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและหญิงในประเทศไทย โดยพระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 มาตรา 3 ให้ความหมายของคำว่า “ผู้สูงอายุ” หมายถึง บุคคลซึ่งมีอายุเกินกว่า 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย ซึ่งสามารถแบ่งช่วงผู้สูงอายุได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ ผู้สูงอายุช่วงต้น หมายถึงผู้มีอายุ 60–69 ปี ผู้สูงอายุช่วงกลาง หมายถึง ผู้มีอายุ 70–79 ปี และผู้สูงอายุช่วงปลาย หมายถึงผู้มีอายุ 80 ปีขึ้นไป [14]

1.2 ความยืดหยุ่น

ความยืดหยุ่นเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของสุขภาพทางกายและสมรรถภาพทางกาย ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อได้อย่างเต็มช่วงของการเคลื่อนไหว (range of motion) การมีความยืดหยุ่นที่ดีจะช่วยให้การเคลื่อนไหวในกิจกรรมประจำวันเป็นไปอย่างสะดวกสบาย ป้องกันการบาดเจ็บ และลดการเจ็บปวดที่เกิดจากการยืดตึงของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการนั่งนาน ๆ หรือการทำงานที่ต้องใช้กล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง การมีความยืดหยุ่นที่ดีจะช่วยให้สามารถทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การก้มลงเพื่อผูกเชือกรองเท้า การถอดเสื้อออกโดยไม่มีความยากลำบาก การเอื้อมหยิบของ หรือแม้แต่การหลบรถบนถนน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

1.3 ความยืดหยุ่นของผู้สูงอายุ

การแก่ชราเป็นกระบวนการทางชีววิทยาสรีรวิทยา ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการยืดหยุ่นกลับสภาพเดิม (elasticity) และความสามารถในการขยาย (compliance) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งส่งผลให้ความยืดหยุ่น และช่วงการเคลื่อนไหวลดลงอย่างมาก การแก่ชรานั้นมีผลจากหลายปัจจัย เช่น การไม่ได้ใช้งานกล้ามเนื้อและข้อต่ออย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้เนื้อเยื่อสูญเสียความยืดหยุ่นและความสามารถในการขยายลง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพภายในร่างกายที่เกิดขึ้นตามวัย มีรายงานว่าความยืดหยุ่นจะลดลงตามอายุ โดยองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงวัย 20 กลางถึงปลาย สำหรับผู้ชายและผู้หญิงตามลำดับ ซึ่งความยืดหยุ่นที่ลดลงจะเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นในบุคคลผู้ที่อายุ 40 ปีขึ้นไป

การเดินเป็นกิจกรรมทางกายที่สำคัญในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ และความสามารถในการเดินมีความสำคัญอย่างมากในการใช้ชีวิตได้อย่างอิสระสำหรับผู้สูงอายุ เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้นทำให้ความยืดหยุ่นลดลง ทำให้การเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าลดลง [18] องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อส่วนบนและข้อต่อส่วนล่างลดลงประมาณ 6 องศา ในทุก ๆ

10 ปี ในผู้ที่มีอายุ 55 ปีขึ้นไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการงอสะโพก (hip flexion) ลดลง 0.6 องศาต่อปีในผู้ชาย และ 0.7 องศาต่อปีในผู้หญิง [15] การลดลงของช่วงการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะรยางค์ส่วนล่าง ถือเป็นตัวทำนายความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายที่สำคัญในผู้สูงอายุ อาจส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของการทรงตัว (postural imbalance) และจำกัดการเคลื่อนไหว (movement limitations) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรการเดิน เช่น ความเร็วในการเดิน (walking speed) ระยะก้าวเดิน (stride length) และความถี่การเดิน (frequency of gait) รวมถึงช่วงการเคลื่อนไหว [16] การเดินปกตินั้นขึ้นอยู่กับการประสานงานของระบบกล้ามเนื้อ เมื่ออายุมากขึ้น ลำตัวจะแข็งขึ้น (trunk becomes stiff) และการเคลื่อนไหวของทรวงอกและกระดูกเชิงกรานที่ลดลงอาจทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อลดลงและการเดินผิดปกติ ช่วงการเคลื่อนไหวข้อต่อลดลงอาจทำให้ลดประสิทธิภาพการควบคุมสะโพกและข้อเท้า (hip and ankle strategies) ซึ่งส่งผลให้เกิดการเดินผิดปกติ [15, 17] การตึงหรือหดสั้นของกล้ามเนื้อ hamstrings สามารถทำให้กระดูกเชิงกรานไม่สมดุลหรือเอียง ส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงและเพิ่มความเสี่ยงต่อการปวดหลังส่วนล่าง เนื่องจากกล้ามเนื้อ hamstrings เป็นส่วนสำคัญในกิจกรรมประจำวันหลายอย่าง เช่น การเดิน วิ่ง หรือขึ้นบันได [6] ผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มมีช่วงการเคลื่อนไหวในการกระดกข้อเท้าลดลงมากกว่าผู้สูงอายุที่ไม่เคยล้ม ซึ่งอาจทำให้ลดประสิทธิภาพการควบคุมสะโพกและข้อเท้า ซึ่งการไม่สามารถรักษาสมดุลได้เพิ่มความเสี่ยงของการล้มในผู้สูงอายุ [5] ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุในชุมชน โดยพบว่าการลดลงขององศาการเคลื่อนไหวและความแข็งแรงกล้ามเนื้อสัมพันธ์กับความบกพร่องในการทำงาน (functional disability) ในผู้สูงอายุที่ไม่สามารถทำกิจกรรมชีวิตประจำวัน (ADL) ได้อย่างอิสระ โดยองศาการเหยียดข้อสะโพกและงอเข่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถทางกาย (Functional Reach Test; FRT, FSST; Four Square Step Test, and Five Times Sit to Stand Test; FTSST) นอกจากนี้องศาการงอข้อเท้าและความแข็งแรงของการยืดเข่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบการเดิน 5 เมตร (5 m gait test) และ TUGT อย่างไรก็ตาม องศากระดกข้อเท้าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อ FRT เพียงอย่างเดียว ดังนั้นองศาการเคลื่อนไหวทิศทางเหยียดสะโพก (hip extension) กระดกข้อเท้า (ankle dorsiflexion) และการเหยียดข้อเท้าลงด้านล่าง (ankle plantarflexion) รวมถึงความแข็งแรงกล้ามเนื้องอ (knee extensor strength) และเหยียดเข่า (knee flexor strength) อาจมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถภาพทางกายผู้สูงอายุ ดังนั้นการให้โปรแกรมการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวและความแข็งแรงกล้ามเนื้อขา มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการต้องพึ่งพาการทำกิจวัตรประจำวัน และการสูญเสียการทำงานของร่างกาย โดยเฉพาะองศาการเคลื่อนไหว

ทิศทางเหยียดสะโพก กระดกข้อเท้า และถีบปลายเท้า รวมถึงความแข็งแรงกล้ามเนื้องอและเหยียดเข่า การมีกล้ามเนื้อแข็งตึงไม่ยืดหยุ่นทำให้เกิดท่าทางหรือโครงสร้างที่ไม่ดี เช่น การยืดตึงของกล้ามเนื้อทำให้เกิดหลังแอ่นหรือปวดหลังส่วนล่าง และเพิ่มความเสี่ยงในการฉีกขาดและบาดเจ็บของข้อต่อ เช่น ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า และเสี่ยงต่อการล้ม ดังนั้นการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความยืดหยุ่นช่วยป้องกันปัญหานี้และเพิ่มความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมประจำวันในผู้สูงอายุได้ [18]

2. ระบบหัวใจและหลอดเลือดและการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจ

2.1 ระบบหัวใจและหลอดเลือด

การทำงานของหัวใจและหลอดเลือดมีศูนย์กลางที่ควบคุมตั้งอยู่ที่ medulla oblongata ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ ผ่านการทำงานของเส้นประสาทซิมพาเทติกและเส้นประสาทพาราซิมพาเทติก ที่เชื่อมต่อไปยังโหนด sinoatrial (SA node) ในหัวใจ โดยเส้นประสาท postganglionic sympathetic จะปล่อยสารเคมีชนิด catecholamines (epinephrine และ norepinephrine) ไปยังโหนด SA ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ในทางกลับกัน เส้นประสาท postganglionic parasympathetic จากเส้นประสาทเวกัส (vagus) จะปล่อยสารเคมีชนิด acetylcholine ที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง [19]

2.2 การตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย

มีลักษณะเฉพาะคือ ขณะออกกำลังกายความดันโลหิต (arterial blood pressure; ABP) อัตราการเต้นของหัวใจ และปริมาตรของเลือดที่ถูกสูบฉีดออกจากหัวใจห้องล่างใน 1 นาที (cardiac output; CO) เพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่ได้รับการควบคุมโดยกลไก 3 ประการที่เป็นสื่อกลางโดยระบบประสาทอัตโนมัติ [20] คือ

2.2.1 คำสั่งจากระบบประสาทส่วนกลาง (central command) การกระตุ้นการทำงานของศูนย์หัวใจและหลอดเลือดโดยการลดเส้นทางประสาทส่วนกลางลง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเริ่มการทำงานของร่างกาย

2.2.2 การทำงานของ baroreceptor reflexes โดย baroreceptor เป็นตัวรับที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่กระทำต่อผนังหลอดเลือด (pressure–sensitive mechanoreceptor) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง baroreceptor ใน carotid sinuses ซึ่งเป็นส่วนที่โป่งออกของหลอดเลือด internal carotid arteries และ baroreceptor ในบริเวณ aortic arch โดยกลไกการทำงานอาศัยการส่งสัญญาณไปยังสมองส่วน medulla oblongata เพื่อเปลี่ยนแปลงการทำงานของศูนย์ควบคุมการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดผ่านระบบประสาทอัตโนมัติ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อ

ความดันโลหิตสูงขึ้น baroreceptor จะถูกกระตุ้นเพิ่มขึ้น ทำให้มีการส่งกระแสประสาทตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 และ 10 ไปยัง medulla oblongata โดยมี 3 กลไก ซึ่งจากทั้ง 3 กลไกมีผลทำให้ความดันโลหิตเฉลี่ยในหลอดเลือด arteries (mean arterial blood pressure) ลดลง มีรายละเอียดดังนี้

1) ยับยั้ง cardioacceleratory center และกระตุ้น cardioinhibitory center ซึ่งลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก และเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจช้าลง การบีบตัวของหัวใจช้าลงและปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที ลดลง

2) ยับยั้ง vasomotor center ทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือด arteries (arteriolar vasodilation) ส่งผลให้แรงต้านต่อการไหลของเลือด (peripheral resistance) ลดลง

3) การยับยั้ง vasomotor center ยังทำให้มีการขยายตัวของหลอดเลือด veins (venodilation) ส่งผลให้เลือดถูกกักเก็บไว้ในหลอดเลือด veins (blood reservoir) เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเลือดไหลกลับเข้าสู่หัวใจลดลง (venous return)

2.2.3 exercise pressor reflex (EPR) [21] เป็นกลไกแบบตอบสนองกลับ (feedback mechanism) เมื่อมีการกระตุ้น mechanoreflex และ metaboreflex ที่กล้ามเนื้อโครงร่าง การตอบสนองทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และการระบายอากาศเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงได้รับการสันนิษฐานว่าเป็นหนึ่งในตัวกลางหลักของการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกาย

1) mechanoreflex ที่มีต้นกำเนิดมาจากเส้นใย type III เป็นหลัก ซึ่ง type III afferent neurons ตอบสนองต่อการกระตุ้นทางกล (mechanical stimulation) เป็นหลัก จากการยืดกล้ามเนื้อทำให้เกิดการตอบสนองของแรงกด (pressor response) เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของ TPR พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของ ของ muscle sympathetic nerve activity (MSNA) ส่งผลให้ MAP เพิ่มขึ้น

2) metaboreflex ที่มีต้นกำเนิดมาจากเส้นใย type IV เป็นหลัก การออกกำลังกายเกร็งค้างทำให้เกิดการกั้นเมทาบอไลท์จากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ไปกระตุ้น metaboreflex ทำให้เกิดการตอบสนองของหัวใจและเลือด

2.3 การประเมินสุขภาพระบบหัวใจและหลอดเลือด

หนึ่งในหลายการประเมินสุขภาพระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ อัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเป็นการวัดความแปรปรวนช่วงเวลาระหว่างคลื่น R ต่อเนื่องกันบนคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (R–R interval) เป็นเครื่องมือ

ที่น่าเชื่อถือและไม่รุกล้ำสำหรับการประเมินการทำงานของหัวใจอัตโนมัติ (cardiac autonomic function; CAF) ความสมดุลระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic balance) ถือเป็นตัวพยากรณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ซึ่งความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ใช้เป็นตัวบ่งชี้ประเมินการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจต่อการออกกำลังกาย เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าขณะออกกำลังกายจะมีการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกลดลง (parasympathetic withdrawal) และระบบประสาทซิมพาเทติถูกกระตุ้นทำงานมากขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้น ซึ่งผลกระทบเหล่านี้จะกลับคืนสภาพเดิมในขณะการฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย [22]

ตารางที่ 1 ตัวแปรในระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตัวแปร	ความหมาย	สัญญาณชีพปกติ
Blood pressure	แรงดันเลือดที่เกิดจากหัวใจสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย ซึ่งวัดได้ 2 ค่า ได้แก่ SBP และ DBP [23]	SBP < 120 DBP < 80
Heart rate	จำนวนครั้งที่หัวใจเต้นต่อนาที [24]	60 – 100 ครั้ง/นาที
Oxygen saturation	เป็นการวัดระดับฮีโมโกลบินที่จับกับออกซิเจน [25]	80 – 100 mmHg หรือ 95–100%

SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure

2.4 ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ถูกนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและพยากรณ์โรค โดยวัดได้จากความแปรปรวนเวลาระหว่างหัวใจเต้นแต่ละครั้ง (variation in the beat to beat interval) หรือวัดจากความแปรปรวนของ QRS complex ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยคำนวณความแปรปรวนจากระยะเวลาระหว่าง RR interval จากการใช้การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiography; ECG) สามารถตรวจความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ แบบไม่รุกรานได้ หรืออาจใช้เครื่อง photoplethysmogram (PPG) ซึ่งสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของเลือดใน microvascular bed ของเนื้อเยื่อ [26]

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ มี 2 วิธีที่นิยม ดังนี้

2.5.1 โดเมนของเวลา (time-domain) การวิเคราะห์ข้อมูลของ normal RR interval หรือ NN interval (normal-to-normal interbeat interval) จะได้ค่าต่าง ๆ ซึ่งจะบ่งบอกภาวะของระบบประสาทอัตโนมัติ ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

1) SDNN (standard deviation of all normal to normal R-R (NN) intervals) คือ ค่า standard deviation ของ NN intervals มักจะคำนวนจากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจตลอด 24 ชั่วโมง

2) RMSSD (square root of the mean of the squares of successive NN interval differences) คือค่า root ของค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างของ NN intervals ที่อยู่ติดกันยกกำลังสอง

3) PNN50 (the proportion of NN intervals difference > 50 ms) คือ สัดส่วนของ NN50 หารด้วย จำนวนคู่ของ NN intervals ทั้งหมด [27]

ในการประเมินนี้ ตัวบ่งชี้หรือพารามิเตอร์ที่มักใช้เป็นตัวแทนบอกค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ได้แก่ SDNN และ RMSSD หากค่า SDNN ต่ำ จะทำให้ค่า RMSSD และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจต่ำลงด้วย สะท้อนถึงการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่มากขึ้น อาจเนื่องมาจากภาวะความเจ็บป่วยที่ส่งผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่ง SDNN เป็นการวัดความแปรปรวนโดยรวม (overall variability) และ RMSSD เป็นการวัดความแปรปรวนระหว่างการเต้นของหัวใจเมื่อเปรียบเทียบกับการเต้นหัวใจถัดไป และเป็นตัวบ่งชี้ของการทำงานของเส้นประสาทเวกัส (vagal activity) ในขณะที่ค่า RMSSD ที่ลดลงอาจเป็นสัญญาณว่าการปรับสมดุลของเส้นประสาทหัวใจมีปัญหาและเป็นตัวบ่งชี้ของโรคหัวใจและหลอดเลือด และ PNN50 มีประโยชน์มากในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการวินิจฉัยและการพยากรณ์ในหลายสถานการณ์ [26]

2.5.2 โดเมนของความถี่ (frequency-domain) นิยมวิเคราะห์ด้วยวิธี power spectral density จะคำนวณหาค่า total power เป็นค่าผลรวมที่เกิดจาก power spectrum ของการเต้นหัวใจที่ค่าความถี่ตั้งแต่ 0 ถึง 0.4 Hz ซึ่งจะบ่งบอกถึงการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ การแบ่งความถี่ของการเต้นหัวใจ แบ่งเป็น 4 ช่วง ได้แก่ 1. high frequency (HF) (0.15 to 0.4 Hz) 2. low frequency (LF) (0.04 to 0.15 Hz) 3. very low frequency (VLF) (0.0033 to 0.04 Hz) 4. ultra-low frequency (ULF) (< 0.003) การวิเคราะห์ดูการเต้นของหัวใจว่าอยู่ในความถี่ช่วงใด และนำข้อมูลมาแปลผล

1) High frequency เมื่อมีการเพิ่มขึ้น จะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก และสัมพันธ์กับระบบการหายใจ โดยเพิ่มขึ้นเมื่อหายใจเข้าและลดลงเมื่อ

หายใจออก โดยการหายใจเข้าจะเพิ่ม vagal activity และการหายใจออกจะลด vagal activity ดังนั้น high frequency activity จะบ่งบอกถึงระดับของการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก

2) Low frequency โดยทั่วไปจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของประสาทซิมพาเทติก อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ low frequency activity เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของทั้งระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งการออกกำลังกายเป็นภาวะที่มีระดับของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ มี low frequency spectrum สูงกว่าภาวะพัก แม้ว่าจะวัดหลังการออกกำลังกาย 20 นาที อาจยังมี low frequency สูงอยู่

3) Low frequency/High frequency ratio (LF/HF) แสดงถึงความสมดุลระหว่างระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ถ้า LF/HF มีค่าต่ำ แสดงถึงภาวะที่มีระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเพิ่มสูงขึ้น หาก LF/HF มีค่าสูง แสดงภาวะที่มีระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มสูงขึ้น มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจที่เพิ่มขึ้นและอายุยืนยาวลดลง [27]

ตารางที่ 2 ตัวแปรโดเมนความถี่ที่ใช้ในการประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ [28]

Variable	Units	Description	Physiological origin
VLF	ms^2	Very-low frequencies	Long-term regulation mechanisms, thermoregulation and hormonal mechanisms
LF	ms^2, nu	Low frequencies	Mix of sympathetic and parasympathetic activity, baroreflex activity
HF	ms^2, nu	High frequencies	Parasympathetic tone
LF/HF	–	Low/high frequencies ratio	Mix of sympathetic and parasympathetic activity

*ms^2; millisecond, nu; normalized unit

พารามิเตอร์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจสามารถใช้เพื่อหาสมดุลของการเต้นของหัวใจซิมพาเทติก (cardiac sympathovagal balance; SVbal) ซึ่งเป็นขนาดของการทำงานของเส้นประสาทซิมพาเทติกต่อพาราซิมพาเทติก ดังนั้นความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจจึงสามารถระบุสภาวะระบบอัตโนมัติของหัวใจที่แตกต่างกันได้ การที่ SVbal ได้รับการปรับปรุงเป็นผลมาจากการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้น และการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกลดลง นำไปสู่การลดลงของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ในทางคลินิกการเพิ่ม SVbal และการลดลงของความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และการเสียชีวิต ด้วยเหตุนี้ กลยุทธ์ใด ๆ ที่ลด SVbal และเพิ่มความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจจึงถือว่าเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพหัวใจและหลอดเลือด [9]

3. การยืดกล้ามเนื้อ

3.1 ความหมายของการยืดกล้ามเนื้อ

หมายถึง การเปลี่ยนรูปร่างของเนื้อเยื่อในแนวตรงเพื่อเพิ่มความยาวของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และเอ็นยึดข้อเกิดความยืดหยุ่น ซึ่งเป็นการเพิ่มช่วงของการเคลื่อนไหวที่เพิ่มขึ้น หรือร่างกายมีความยืดหยุ่นดีจะทำให้ง่ายต่อการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน เช่น การหมุนตัว การยกของ และการก้มตัว เป็นต้น ทำให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น นอกจากนี้ การยืดกล้ามเนื้อยังเป็นการเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ทำการยืดเหยียด และทำให้ท่าทางของการเคลื่อนไหวดีอีกด้วย การยืดกล้ามเนื้อเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่แนะนำเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการออกกำลังกายทั่วไปซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการปรับปรุงความยืดหยุ่นและป้องกันการบาดเจ็บ การยืดกล้ามเนื้อเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มีความเข้มต่ำ ต้นทุนต่ำ ทำได้ง่าย จึงได้รับความนิยมในทางปฏิบัติ

3.2 กลไกการยืดกล้ามเนื้อ

พื้นฐานการยืดกล้ามเนื้อใช้หลักการรีเฟล็กซ์การยืด (stretch reflex) กล้ามเนื้อประกอบด้วยตัวรับความรู้สึก (sensory receptor) หลายชนิด ซึ่งเมื่อถูกกระตุ้นจะส่งสัญญาณไปที่ระบบประสาทส่วนกลาง ตัวรับ 2 ชนิดที่สำคัญสำหรับรีเฟล็กซ์การยืด คือ กล้ามเนื้อกระสวย หรือมัสเซิลสปินเดิล (muscle spindle) และส่วนตัวรับความรู้สึกในเอ็น หรือกอลไจเทนดอลออร์แกน (golgi tendon organ) ตัวรับสองชนิดนี้จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความตึงตัวของกล้ามเนื้อ เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืด muscle spindle ก็จะยืดด้วย แล้วส่งสัญญาณไปยังไขสันหลังและระบบประสาทส่วนกลาง จากนั้นสัญญาณก็จะถูกส่งกลับมาที่ไขสันหลังผ่านอัลฟา

มอเตอร์นิวรอนทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อต้านการถูกยืด หากยืดกล้ามเนื้อนั้นค้างไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง golgi tendon organ จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความยาว และเพิ่มแรงตึงตัวโดยการส่งสัญญาณไปยังไขสันหลังซึ่งสัญญาณที่ golgi tendon organ ส่งไปไม่เหมือนกับ muscle spindle โดยสัญญาณจาก golgi tendon organ จะทำให้เกิดการผ่อนคลายของกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม ลักษณะเช่นนี้เป็นกลไกป้องกันชนิดหนึ่งที่ทำให้เกิดการยืดและผ่อนคลายของกล้ามเนื้อก่อนที่จะเกิดการจำกัดการยืดที่มากเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อ [29] การยืดกล้ามเนื้อได้รับการเสนอให้เป็นการบำบัดเสริมที่มีประสิทธิภาพสำหรับการลดลงของการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในผู้สูงวัยที่มีการใช้ชีวิตแบบเนือยนิ่ง (sedentary lifestyle) รวมถึงผู้ที่ไม่สามารถออกกำลังกายแบบแอโรบิกหรือออกกำลังกายแบบมีแรงต้านได้

3.3 รูปแบบการยืดกล้ามเนื้อ

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อสามารถแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ [29] ได้แก่

3.3.1 การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง เป็นรูปแบบของการยืดกล้ามเนื้อค้างไว้ในตำแหน่งที่ผู้ถูกยืดรู้สึกตึงสูงสุด (peak tension) โดยไม่มีความรู้สึกเจ็บปวดร่วมด้วย โดยที่กลุ่มกล้ามเนื้อ agonist จะหดตัว ในขณะที่กลุ่มกล้ามเนื้อ antagonist จะผ่อนคลายและถูกยืดออก โดยยืดค้างไว้เป็นระยะเวลา 15–30 วินาที จากนั้นจึงกลับสู่ท่าเริ่มต้น ทำซ้ำ 3–5 ครั้ง โดยการยืดกล้ามเนื้อแบบยืดค้างแต่ละครั้ง จะก่อให้เกิดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ ส่งผลกระตุ้นย้อนกลับไปยังรีเฟล็กซ์การยืด golgi tendon organ จะตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความตึงตัว สัญญาณจาก golgi tendon organ จะมีความสามารถมากกว่าสัญญาณจาก muscle spindle ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการผ่อนคลายหลังจากมีรีเฟล็กซ์แรงต้าน (reflex resistance) ในตอนแรกของการเปลี่ยนแปลงความยาว ทำให้ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นได้ การยืดกล้ามเนื้อแบบยืดค้างมีสองประเภท คือ

1) active stretching คือ การยืดเหยียดแบบคงค้างด้วยตนเอง กล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้ามจะหดตัว เพื่อทำให้เกิดรีเฟล็กซ์การผ่อนคลาย (reflex relaxation) หรือรีซิปโพรคอลอินฮิบิชั่น (reciprocal inhibition) ในกล้ามเนื้อที่ได้รับการยืดนั้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อนั้นง่ายต่อการยืดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การยืดกล้ามเนื้อน่อง (calf stretching) ซึ่งกล้ามเนื้อหน้าแข้ง (front of shin) จะหดตัวในขณะที่กล้ามเนื้อน่องจะยืดออก อย่างไรก็ตาม การยืดชนิดนี้ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดการทำงานที่มากกว่าปกติ (overload) ได้

2) passive stretching คือ การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างจากแรงภายนอก จะทำให้เกิดการทำงานที่มากเกินกว่าปกติได้ ตัวอย่างเช่น การยืดกล้ามเนื้อน่องด้วยตนเอง (self–

assisted) แรงจากผู้อื่น (partner assisted) และแรงโน้มถ่วง (gravity assisted) การยืดรูปแบบนี้ไม่ได้ทำให้เกิดการผ่อนคลาย (relaxation) ในกล้ามเนื้อที่กำลังได้รับการยืด การที่กล้ามเนื้อไม่ได้ผ่อนคลายนี้ อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ ดังนั้นทางที่ดีที่สุดในการยืดแบบคงค้างจึงควรใช้การยืดแบบผสมผสานระหว่างการยืดด้วยแรงของตนเอง และใช้แรงภายนอกช่วย จะทำให้กล้ามเนื้อมีการผ่อนคลายและมีแรงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการทำงานที่มากเกินกว่าปกติด้วย [29]

3.3.2 การยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (dynamic stretching) เป็นการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวโดยการเคลื่อนไหวแขนหรือขาให้มากกว่าองศาการเคลื่อนไหวปกติ มีลักษณะเฉพาะคือการแกว่ง การกระโดด หรือการเคลื่อนไหวแบบมีโมเมนตั้มให้แขนหรือขาผ่านช่วงองศาการเคลื่อนไหวปกติซ้ำ ๆ โดยการอบอุ่นร่างกายที่มีประสิทธิภาพด้วยการยืดกล้ามเนื้อแบบไดนามิกควรใช้เวลา 10–15 นาทีหรือ 10–20 ครั้ง การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวจะกระตุ้นให้เส้นประสาทส่งกระแสประสาทมากขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวที่เร็วและแรงมากขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้อุณหภูมิในกล้ามเนื้อสูงขึ้นและกระตุ้นการรับรู้แบบproprioceptive ทำให้การยืดกล้ามเนื้อแบบไดนามิคมีประโยชน์ทั้งในด้านการกีฬาในการพัฒนาศักยภาพการเคลื่อนไหวของนักกีฬา และการบำบัดฟื้นฟูผู้ป่วยเพื่อเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวให้มากขึ้น [30] จากการศึกษางานวิจัยให้ผลว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง มีการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้ดีกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบไดนามิค โดยพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างไปลดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้ความยาวกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้ความยาวของsarcomere เพิ่มมากขึ้น การจับตัวกันของ actin และ myosin ลดลง [31]

3.3.3 การยืดแบบไม่อยู่กับที่ (ballistic stretching) เป็นชนิดการยืดกล้ามเนื้อที่จะดึงกล้ามเนื้อออกมาอย่างรวดเร็ว (jerky movement) โดยทำที่ตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนไหว มีลักษณะเฉพาะคือการกระตุก การสะบัด การกระโดดเพื่อให้เกิดการยืด แต่ก็มีข้อด้อยคือความยาวของกล้ามเนื้อจะดึง stretch reflex เป็นผลให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อส่งผลให้กล้ามเนื้อตรงข้ามถูกยืด ถึงแม้การเคลื่อนไหวจะทำให้เกิดความแข็งแรง แต่ก็อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้

3.3.4 การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (proprioceptive neuromuscular facilitation; PNF) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่อาศัยขบวนการเพิ่มพูนหรือเร่งเร้าการตอบสนองของกลไกทางประสาทกล้ามเนื้อ โดยการกระตุ้นผ่านทางตัวรับความรู้สึก (proprioceptor)

3.4 ผลของการยืดกล้ามเนื้อ [29]

3.4.1 ช่วยลดความตึงเครียดของกล้ามเนื้อ ทำให้ร่างกายรู้สึกถึงความผ่อนคลายทำให้การเคลื่อนไหวคล่องขึ้น ตลอดจนการประสานงานดีขึ้น

3.4.2 เพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและความราบเรียบขณะมีการเคลื่อนไหว

3.4.3 ป้องกันหรือลดอัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

3.4.4 เป็นการเตรียมหรือเตือนให้กล้ามเนื้ออยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงานหนักหรือรุนแรงต่อไปได้

3.4.5 ทำให้สภาวะจิตใจผ่อนคลาย

3.4.6 ทำให้มีความสมดุลในการทรงท่า

3.4.7 ช่วยให้ระบบการไหลเวียนโลหิตช่วยกระตุ้นการรับรู้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

3.5 ข้อควรระวังในการยืดกล้ามเนื้อ [29]

3.5.1 การยืดเกินช่วงการเคลื่อนไหวที่ปกติ

3.5.2 ภายหลังการติดใหม่ของกระดูกที่หัก

3.5.3 หลีกเลี่ยงการยืดที่รุนแรงหรือมากเกินไป

3.5.4 ผู้ป่วยที่มีภาวะกระดูกบาง (osteoporosis) อันเนื่องมากจากภาวะนอนนานหรือเป็นผู้สูงอายุ หรือมีการใช้ยาประเภทสเตอรอยด์ (steroid) เป็นเวลานาน ๆ

3.5.5 ถ้าผู้ป่วยเจ็บในข้อต่อและกล้ามเนื้อนานกว่า 24 ชั่วโมง หลังยืดกล้ามเนื้อแสดงว่าใช้แรงมากเกินไป

3.5.6 หลีกเลี่ยงการยืดกล้ามเนื้อในเนื้อเยื่อที่มีภาวะบวมเพราะจะทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อที่มีภาวะบวม เพราะจะทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นได้

3.5.7 หลีกเลี่ยงการยืดที่มากเกินไปในกล้ามเนื้อที่อ่อนแรงโดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดความมั่นคงของโครงสร้างร่างกาย

3.6 ข้อห้ามในการยืดกล้ามเนื้อ [29]

3.6.1 มีการขัดขวางช่วงการเคลื่อนไหวที่มีสาเหตุมาจากส่วนของกระดูก (bone block) ภายหลังกระดูกหักใหม่ ๆ

3.6.2 มีอาการปวดอย่างเฉียบพลัน (acute pain) ขณะมีการเคลื่อนไหวข้อต่อหรือกล้ามเนื้อถูกยืดออก

3.6.3 มีการอักเสบอย่างเฉียบพลัน (acute inflammation) หรือมีการติดเชื้อ (infection) รอบ ๆ ข้อต่อ

3.6.4 เมื่อมีเลือดออก (hematoma) หรือเกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ (tissue trauma)

3.6.5 เมื่อเนื้อเยื่อที่เกิดการหดค้างของกล้ามเนื้อนั้นเป็นตัวช่วยในการทำกิจกรรมหรือกิจวัตรประจำวัน โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่เป็นอัมพาต (paralysis) หรือมีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้ออย่างมาก (severe muscle weakness)

3.7 ผลของการยืดกล้ามเนื้อต่อความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

การศึกษาวิจัยที่ผ่านมารายงานว่า การยืดแบบคงค้างอย่างต่อเนื่อง (sustained static contraction) ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้อจนถึงช่วงการเคลื่อนไหวสูงสุด (maximal range of motion) แล้วยืดค้างไว้ อาจทำให้หลอดเลือดอุดตัน และอาจไปกระตุ้นทำให้การตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้น เช่น HR และ SBP เพิ่มขึ้น [32] นอกจากนี้การยืดกล้ามเนื้อคงค้างไว้ ไปกระตุ้น type III fibers และการกระตุ้น metaboreceptor อาจทำให้เกิดการยับยั้ง vagal และการกระตุ้น baroreflex ทำให้เพิ่มการตอบสนองของหัวใจและหลอดเลือดโดยรวม [8] การยืดกล้ามเนื้อสามารถช่วยเพิ่มความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ โดยการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกและลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก อย่างไรก็ตาม กลไกที่ทำให้ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจดีขึ้นจากการยืดกล้ามเนื้อ ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดในปัจจุบัน บางการวิจัยพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างจากแรงภายนอก ช่วยเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ขณะที่การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างด้วยตนเองอาจเพิ่มการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก แต่การตอบสนองของระบบอัตโนมัติของหัวใจหลังการฝึกยืดกล้ามเนื้อทั้งสองแบบ ทั้งแบบด้วยตนเองและแบบจากแรงภายนอก จะคล้ายกัน อย่างไรนั้นที่ผ่านมา มีการศึกษาผลของการฝึกยืดกล้ามเนื้อ (stretch training) ต่อความยืดหยุ่นและองศาการเคลื่อนไหวอย่างกว้างขวาง แต่ข้อมูลเกี่ยวกับการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติและระบบไหลเวียนโลหิต เช่น อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิต ยังคงมีอยู่ค่อนข้างจำกัด

4. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโดย Farinatti และคณะได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างต่ออัตราการเต้นของหัวใจ และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ในผู้ที่มีความยืดหยุ่นต่ำ กลุ่มตัวอย่างชายจำนวน 10 คน (อายุ 23–62 ปี; น้ำหนัก 82.6 ± 13 กก.; ส่วนสูง 177.6 ± 5 ซม. ความยืดหยุ่น 23 ± 6.4 ซม.) ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการออกกำลังกายยืด

กล้ามเนื้อ 3 ท่า ซึ่งแต่ละท่าทำการยืดกล้ามเนื้อไปจนสุดช่วงการเคลื่อนไหวค้างไว้เป็นเวลา 30 วินาที จำนวน 3 เซต พบว่า HR และ SDNN เพิ่มขึ้นขณะการออกกำลังกาย แต่ลดลงหลังการออกกำลังกาย ในขณะที่ RMSSD ลดลงขณะการยืดกล้ามเนื้อและเพิ่มขึ้นขณะการฟื้นตัว หลังการฟื้นตัว HR ลดลงและ SDNN เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการออกกำลังกาย ส่วน PNN50 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ด้านความถี่ พบว่า LF เพิ่มขึ้นและ HF ลดลงขณะการยืดกล้ามเนื้อ แต่กลับไปใกล้เคียงกับค่าก่อนออกกำลังกายหลังจากฟื้นตัว อัตราส่วน LF/HF เพิ่มขึ้นขณะการออกกำลังกายและลดลงหลังการฟื้นตัว แม้จะยังคงสูงกว่าช่วงพัก การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อสามารถเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกได้อย่างรวดเร็วหลังการออกกำลังกาย ขณะที่ระบบประสาทซิมพาเทติกมีการตอบสนองเพิ่มขึ้นขณะการออกกำลังกายและลดลงช้าหลังจากนั้น [11]

การศึกษาของ Lima T และคณะ ศึกษาการตอบสนองทางหัวใจและหลอดเลือดอย่างเฉียบพลัน ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และดัชนีการทำงานของหัวใจ (double product) ก่อน ขณะ และหลังการทำการยืดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (passive static stretching) จำนวน 4 เซต ในท่าการงอสะโพกข้างเดียว การศึกษาในชายวัยผู้ใหญ่จำนวน 16 คน (อายุเฉลี่ย 22 ± 2.8 ปี) ที่ไม่มีประสบการณ์ในการฝึกความยืดหยุ่น การวัดตัวแปรทางหัวใจและหลอดเลือดทำโดยใช้ photoplethysmography ซึ่งบันทึกข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 5 นาทีในช่วงพัก ขณะการออกกำลังกาย และ 10 นาทีหลังการยืดกล้ามเนื้อ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพบว่าค่าความดันโลหิตซิสโตลิกเพิ่มขึ้นในเซตที่สามเมื่อเปรียบเทียบกับเซตแรก และค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิกเพิ่มขึ้นในเซตที่สองเมื่อเปรียบเทียบกับเซตแรก อย่างไรก็ตาม ไม่พบอาการความดันโลหิตต่ำ (hypotension) หลังการออกกำลังกาย ในขณะที่การตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างมีผลสะสมต่อความดันโลหิต แต่ไม่กระทบต่ออัตราการเต้นของหัวใจ และไม่ทำให้เกิดความดันโลหิตต่ำหลังการออกกำลังกาย [33]

การศึกษาโดย Ercole da Cruz Rubini และคณะ ได้สำรวจการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ในขณะการทำการยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก โดยเปรียบเทียบผลของปริมาณการออกกำลังกายในกลุ่มผู้ที่มีความยืดหยุ่นต่ำและสูง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ชายที่มีสุขภาพดี 50 คน (อายุเฉลี่ย 23 ± 3 ปี) แบ่งเป็น 4 กลุ่มตามระดับความยืดหยุ่นและปริมาณการออกกำลังกาย ซึ่งรวมถึงกลุ่มที่มีความยืดหยุ่นต่ำและออกกำลังกายน้อย, กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นต่ำและออกกำลังกายมาก, กลุ่มที่มีความยืดหยุ่นสูงและออกกำลังกายน้อย, และกลุ่มที่มีความยืดหยุ่นสูงและออกกำลังกายมาก โดยกลุ่มที่มีปริมาณ

การออกกำลังกายน้อยทำการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings เพียงครั้งเดียว ขณะที่กลุ่มที่มีปริมาณการออกกำลังกายมากทำการยืดกล้ามเนื้อ 6 ท่า สำหรับแขนและขา ทั้งสองโปรโตคอลประกอบด้วยการทำ 2 เซต เซตละ 30 วินาที โดยใช้วิธีการยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อทำให้การทำงานของระบบพาราซิมพาเทติกลดลงและระบบซิมพาเทติกเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น ($p < 0.05$) หลังการออกกำลังกายพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ HF และ RMSSD ขณะที่ LF และ LF/HF ลดลง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มีความสั้นกว่าหลังการออกกำลังกายที่มีปริมาณมาก (30 นาที) เมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายที่มีปริมาณน้อย (20 นาที) [34]

จากการศึกษางานวิจัยของ Paulo T.V. Farinatti และคณะ ในปี ค.ศ. 2011 ได้ทำการทดสอบผลทันทีของการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อต่ออัตราการเต้นของหัวใจ และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ในผู้ที่มีระดับความยืดหยุ่นต่ำ และไม่ได้ยืดกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอมาอย่างน้อย 2 ปี โดยทดสอบในอาสาสมัครชายสุขภาพดีแต่มีความยืดหยุ่นต่ำ อายุ 21–23 ปี น้ำหนัก 69–95 กิโลกรัม ส่วนสูง 172–182 เซนติเมตร จำนวน 10 คน โดยกลุ่มอาสาสมัครทุกคนทำการยืดกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อ hamstrings จนถึงช่วงการเคลื่อนไหวสูงสุด โดยทำการยืดแต่ละกล้ามเนื้อจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที โดยพัก 30 วินาทีระหว่างครั้ง และพัก 1 นาที ระหว่างการเปลี่ยนไปยืดกล้ามเนื้อมัดถัดไป โดยผู้วิจัยประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ ในช่วง 30 นาที ก่อนการยืดกล้ามเนื้อในท่านอนหงาย ขณะการยืดกล้ามเนื้อ และช่วง 30 นาทีหลังการยืดกล้ามเนื้อในท่านอนหงาย และประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ จากช่วง 10 นาทีก่อนการยืดกล้ามเนื้อ ขณะการยืดกล้ามเนื้อ และ 10 นาทีหลังการยืดกล้ามเนื้อ ผลการศึกษาพบว่า อาสาสมัครมีระดับความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้น ทั้งขณะและหลังการยืดกล้ามเนื้อ และขณะการยืดกล้ามเนื้อ ระบบประสาทซิมพาเทติกจะทำงานมากขึ้นและระบบประสาทพาราซิมพาเทติกจะทำงานลดลง ส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น และหลังการยืดกล้ามเนื้อพบว่าระบบประสาทพาราซิมพาเทติกจะทำงานมากขึ้นส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง [35]

จากการศึกษางานวิจัยของ Gabriel Costa e Silva และคณะ ในปี ค.ศ. 2013 ได้ทำการทดลองศึกษาผลของการยืดแบบ PNF เปรียบเทียบกับการยืดแบบคงค้าง ต่อ cardiovascular response ในอาสาสมัครเพศหญิง อายุ 17–21 ปี ซึ่งเป็นนักกีฬาว่ายน้ำที่มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี และมีประสบการณ์ในการยืดกล้ามเนื้อ จำนวน 12 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ได้แก่ กลุ่มควบคุม, กลุ่มยืดแบบ PNF และกลุ่มยืดแบบคงค้าง โดยยืดกล้ามเนื้อส่วน

pectoral และ biceps ค้างไว้ 30 วินาทีต่อเซต จำนวน 2 เซต พัก 15 วินาทีต่อเซต รวม 3 นาที เปรียบเทียบระหว่าง 4 visits ซึ่งในแต่ละ visit จะมาตรวจในเวลาเดียวกัน แต่ไม่ระบุวันในการวัดแต่ละ visit ผลการศึกษาพบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF จะมีผลเพิ่ม HR, SBP และ DBP สูงกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ SS แต่การยืดกล้ามเนื้อแบบ SS จะมีผลลด SpO_2 ต่ำกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF อย่างมีนัยสำคัญ [36]

จากการศึกษางานวิจัยของ Gabriel Costa e Silva และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 ได้ทำการทดลองหาผลทันทีของความแตกต่างของลำดับการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติ ในบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 18–30 ปี ที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บที่ไปจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ไม่มีการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ มีความดันโลหิตปกติ คุ้นเคยกับการออกกำลังกายแบบยืดกล้ามเนื้อ ไม่สูบบุหรี่ และไม่ดื่มแอลกอฮอล์หรือคาเฟอีนใน 24 ชั่วโมงก่อนออกกำลังกาย จำนวน 17 คน เป็น ผู้ชาย 11 คน ผู้หญิง 6 คน โดยทุกคนจะได้ทำการยืด 2 ลำดับ คือ ลำดับ A ยืดกล้ามเนื้อจากมัดใหญ่ไปกล้ามเนื้อมัดเล็ก (quadriceps, pectoralis, hamstrings, triceps, gastrocnemius, and biceps brachii) และ ลำดับ B ยืดกล้ามเนื้อจากกล้ามเนื้อมัดเล็กไปกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (biceps brachii, gastrocnemius, triceps, hamstring, pectoralis, and quadriceps) โดยตัวแปรที่วัด มีดังนี้ ความยืดหยุ่น, การยืดแบบคงค้าง, HR, SBP, DBP, RPP, SpO_2 และ HRV โดยวัดก่อนการทดลอง 20 นาที ขณะพัก วัดขณะทดลองที่ระดับ midpoint วัดหลังการทดลองทันที และวัดหลังการทดลองนาทีที่ 5 ,10 และ 20 พบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ทำให้เพิ่ม cardiac overload ทั้ง 2 ลำดับ โดยมีการเพิ่มขึ้นของ HR, SBP, DBP, RPP, HRV แต่มีการลดลงของ SpO_2 ซึ่งลำดับ A มี SBP และ DBP สูงขึ้น เมื่อวัดขณะทดลองที่ระดับ midpoint และลำดับ B มี SBP และ DBP สูงขึ้น เมื่อวัดหลังการทดลองทันที และค่าตัวแปรจะมีแนวโน้มกลับมาที่ค่าปกติอย่างรวดเร็วภายใน 5 นาที แสดงให้เห็นว่า SS ไม่ทำให้ระบบหัวใจทำงานหนักนานเกินไป [37]

จากการศึกษาของ Brent Feland และคณะ ในปี ค.ศ. 2021 ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลทันทีของ hemodynamic responses ต่อเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ในอาสาสมัคร 119 คน อายุ 50–94 ปี ที่ได้รับคัดเลือกจากผู้เข้าร่วมการแข่งขัน World Senior Games โดยที่อาสาสมัครต้องแสดงให้เห็นถึงความตึงของกล้ามเนื้อ hamstrings โดยต้องงอสะโพกให้ได้มากกว่า 80 องศาในการยกขาตรง โดยแบ่งอาสาสมัครเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 passive straight–leg raise; SLR จำนวน 41 คน, กลุ่มที่ 2 contract–relax PNF จำนวน 39 คน และกลุ่มที่ 3 static sit–and–reach; SR จำนวน 39 คน โดยวัด hemodynamic responses โดยตัวแปร คือ SBP, DBP, MAP และ HR โดยจะวัดก่อนการทดสอบ

ขณะการทดสอบที่ 45 และ 90 วินาที และหลังการทดสอบ 2 นาที ผลการศึกษาพบว่า ประการที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อแบบ passive SLR, SR และ PNF สามารถแสดงถึง hemodynamic responses ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยขนาดเล็กน้อยถึงปานกลางและกลับเข้าสู่ค่าปกติภายใน 2 นาทีหลังจากการยืดกล้ามเนื้อ ประการที่ 2 passive SLR สามารถเพิ่ม BP ขึ้นเล็กน้อยซึ่งมากกว่า PNF และ SR ขณะที่ PNF แสดงถึงการตอบสนองต่อ HR ต่ำกว่า SR [38]

จากการวิเคราะห์อภิมาน (meta–analysis) พบว่า 13 การศึกษารายงานว่า การยืดแบบคงค้างสามารถลด HR แต่ค่า SBP หรือ DBP ไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่โทมัสและคณะ [4] รายงานการลดลงของ HR โดยรวมเมื่อมีการยืดออก การศึกษาสองชิ้นในการวิเคราะห์อภิมานนี้ เปิดเผยว่า HR ไม่มีการเปลี่ยนแปลง [1, 39] ในขณะที่การศึกษาอื่นรายงานว่า HR เพิ่มขึ้น [1] ในขณะที่ดาซิลวา อาเราโฮ และคณะ [40] รายงานว่า HR ลดลงเมื่อยืดกล้ามเนื้อ คอสตาและคณะ [36] พบว่า HR เพิ่มขึ้นไม่ว่าจะทำการยืดกล้ามเนื้อจากลำดับกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ถึงเล็กหรือในทางกลับกัน ในขณะที่ทำการยืดกล้ามเนื้อ 30 วินาที 10 ชุด ลิมาและคณะ [10] ยังรายงานการเพิ่มขึ้นของ HR ที่เกิดจากการยืดกล้ามเนื้อ จำนวน 10 ชุด ความแตกต่างของผลการศึกษาเหล่านี้อาจเกี่ยวข้องกับการวัด HR ในขณะหรือหลังการยืด ระยะเวลาการยืด ช่วงเวลาพักระหว่างการยืดซ้ำ ความเข้มข้นของการยืด (เช่น จุดที่รู้สึกไม่สบายหรือต่ำกว่า) ปริมาตรของกล้ามเนื้อที่ใช้ สภาวะที่ได้รับการฝึกของผู้เข้าร่วมท่ามกลางปัจจัยอื่น ๆ มากมาย ในทำนองเดียวกัน การยืดแบบคงค้างมีผลต่อการปรับเปลี่ยน BP และยังมีการศึกษาที่ขัดแย้งกันอีกด้วย ขณะการยืดแบบคงค้างทำให้ความดันโลหิตลดลง ขณะที่หลังการยืดแบบคงค้างทั้ง 10 ชุด ทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น [10] แม้ว่าผลลัพธ์จะขัดแย้งกันดังที่กล่าวมา การศึกษาทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกับคนหนุ่มสาว ดังนั้นจึงไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของการยืดกล้ามเนื้อต่อการตอบสนองทางระบบไหลเวียนโลหิตและการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจของผู้สูงอายุ

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และการศึกษา

ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษานี้ศึกษาผลทันทีของการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ อายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 17 คน อาสาสมัครได้รับการวัดผลการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ SBP, DBP และ HR และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจด้วยการวัด HRV ได้แก่ SDNN, RMSSD, PNN50, LF, HF และ LF/HF ก่อน ขณะและหลังการยืดกล้ามเนื้อในนาทีที่ 5, 10 และ 20 ตามลำดับ

รูปแบบงานวิจัย

Experimental research แบบ One-group pretest-posttest design

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเพื่อทำการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุ ในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยา คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1 ตามรูปแบบงานวิจัย ANOVA: Repeated measures, within factors กำหนดค่า Power อยู่ที่ 0.80 ค่า Effect size เท่ากับ 0.25 ค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.5 และค่า Alpha level เท่ากับ 0.05 กลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 17 คน

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ประกอบด้วย

1. อายุ 60 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ
2. สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้อย่างอิสระ เช่น ใส่เสื้อผ้า เข้าห้องน้ำได้เอง เป็นต้น
3. กล้ามเนื้อ hamstrings มีความอ่อนตัวน้อย (low flexibility) โดยมีระยะทางโน้มตัวไปด้านหน้า ไม่เกินเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 40 จากการทดสอบนั่งงอตัวไปด้านหน้า (sit and reach test) ตามเกณฑ์ American College of Sports Medicine [42]
4. ไม่มีปัญหาด้านการมองเห็นหรือการได้ยิน
5. สามารถทำตามคำสั่งได้

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ประกอบด้วย

1. มีดัชนีมวลกายมากกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
2. มีอาการปวดหรือปัญหาทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการออกกำลังกาย
3. มีความผิดปกติทางระบบประสาท (neurological diseases)
4. มีค่าความดันโลหิตขณะพักมากกว่า 160/95 มิลลิเมตรปรอท [41] อัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 100 ครั้งต่อนาที
5. ออกกำลังกายเป็นประจำหรือเล่นกีฬามากกว่า 2 ครั้งต่อสัปดาห์ในช่วง 1 เดือนก่อนเข้าร่วมทดลอง
6. เคยได้รับการผ่าตัดหรือเคยประสบอุบัติเหตุของหลังและรยางค์ส่วนล่าง ที่ทำให้เกิดจำกัดการเคลื่อนไหว หรือข้อต่อมีภาวะ hypomobility หรือเคลื่อนไหวได้มากกว่าปกติ (hypermobility)
7. มีประวัติเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด
8. มีภาวะซึมเศร้า จากการวินิจฉัยจากแพทย์

เกณฑ์การถอนกลุ่มตัวอย่างออกจากโครงการวิจัย (Withdrawal of participant criteria) ประกอบด้วย

1. อาสาสมัครประสงค์ที่ถอนตัวออกจากการวิจัย
2. อาสาสมัครไม่สามารถเข้ารับการทดลองได้ครบถ้วนตามเกณฑ์กำหนด

เกณฑ์การยุติการเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด (Termination criteria) ประกอบด้วย

1. อาสาสมัครทั้งหมดได้รับผลกระทบจากการเข้าร่วมการทดลอง เช่น มีอาการปวดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจากการยืดกล้ามเนื้อจนทำให้ไม่สามารถยืดกล้ามเนื้อได้จนครบโปรแกรมการทดลอง มากกว่าร้อยละ 50
2. อาสาสมัครเกิดภาวะแทรกซ้อนหรืออาการไม่พึงประสงค์ขึ้นในระหว่างการทดลอง เช่น มีภาวะสัญญาณชีพไม่คงที่ และมีอาการปวดตึงกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นขณะทำการทดลองจนไม่สามารถยกขาสูงได้

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความดันโลหิต (digital sphygmomanometer) 1 เครื่อง
2. นาฬิกาจับเวลา (casio HS-3) 2 เครื่อง
3. กล่องวัดความอ่อนตัว (flexometer) 1 เครื่อง
4. Inclinometer 2 เครื่อง
5. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiogram; ECG) 1 เครื่อง
6. คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค 1 เครื่อง

ขั้นตอนการศึกษา

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.1 ดำเนินการยื่นขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

1.2 วางแผน และเตรียมความพร้อมวัสดุและอุปกรณ์ ใบบันทึกผลการทำวิจัย

1.3 ทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างและภายในผู้ประเมินของการยืด hamstrings จากแรงภายนอก

1.4 ประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยเพื่อหาอาสาสมัครที่สนใจด้วยแผ่นประชาสัมพันธ์ ผ่านเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหรือผู้นำชุมชน ในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยา และหากอาสาสมัครสนใจนัดหมายวันและเวลาให้มาพบคณะผู้วิจัยที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านจำไก่ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

1.5 คัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกที่กำหนดไว้ โดยให้อาสาสมัครตอบแบบสัมภาษณ์

1.6 การคัดกรองอาสาสมัคร

1.6.1 คัดกรองอาสาสมัครตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกตามด้วยแบบคัดกรองอาสาสมัคร (ภาคผนวก ก) ประวัติสุขภาพ และชั่งน้ำหนักตัวและวัดส่วนสูงอาสาสมัคร

1.6.2 ทดสอบความยืดหยุ่นอาสาสมัครด้วยการทดสอบ sit and reach วัดโดยกล่องวัดความอ่อนตัว โดยเริ่มจากให้อาสาสมัครถอดรองเท้า นั่งเหยียดเท้าตรง เข่าตึง โดยปลายเท้าจะต้องยันกับกล่องวัดความอ่อนตัว ฝ่าเท้าวางห่างกันเท่ากับความกว้างของช่วงสะโพกของอาสาสมัคร เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้อาสาสมัครยื่นแขนไปข้างหน้า โดยวางมือข้างหนึ่งอยู่บนอีกข้างหนึ่ง โดยค่อย ๆ โน้มตัวไปข้างหน้าให้ได้ระยะทางมากที่สุด จนถึงจุดที่รู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านหลังและหลังส่วนล่างค้างไว้ 2 วินาที โดยระยะห่างทดสอบอาสาสมัครหายใจปกติ ไม่กลั้นหายใจ (valsalva maneuver) บันทึกระยะทางเป็นเซนติเมตร ทำ

การทดสอบจำนวน 2 ครั้งติดต่อกัน แล้วบันทึกค่าที่ดีที่สุด อาสาสมัครที่ได้ระยะทาง ไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นไทล์ ตามเกณฑ์ American College of Sports Medicine จะถูกนำเข้ามาในการศึกษาครั้งนี้

1.6.3 นัดวันและเวลา และสถานที่สำหรับอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์

รูปที่ 1 การทดสอบนั่งงอตัวไปด้านหน้า

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ความน่าเชื่อถือผู้ประเมิน

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการหาค่าความน่าเชื่อถือทั้งการหาค่าความน่าเชื่อถือระหว่าง (inter rater reliability) และภายในผู้ประเมิน (intra rater reliability) ของการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ทำการศึกษาในอาสาสมัครวัยรุ่นสุขภาพดี จำนวน 10 คน โดยมีผู้ประเมิน 3 คน ผู้ประเมินคนที่ 1 คือนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์ ผู้ประเมินคนที่ 2 และ 3 คือ นิสิตกายภาพบำบัดชั้นปีที่ 4

ตารางที่ 3 การประเมินหาความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน เปรียบเทียบกับผู้ประเมินคนที่ 1 (นักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์)

ผู้ประเมิน	ICC (95% CI)	แปลผล
ผู้ประเมินคนที่ 2	0.923 (0.854–0.959)	ความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก
ผู้ประเมินคนที่ 3	0.828 (0.674–0.909)	ความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันในระดับดี

ICC; Intraclass Correlation Coefficient, 95%CI; 95% Confidence Interval

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ ICC (2,1) พบว่า ค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมินคนที่ 2 เปรียบเทียบกับผู้ประเมินคนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.923 (0.854–0.959) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% CI บ่งชี้ว่าผู้ประเมินคนที่ 2 มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับดีมาก และค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมินคนที่ 3 เปรียบเทียบกับผู้ประเมินคนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.828 (0.674–0.909) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% CI บ่งชี้ว่าผู้ประเมินคนที่ 3 มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินคนที่ 2 มีความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินมีความสอดคล้องกับผู้ประเมินคนที่ 1 สูงกว่าผู้ประเมินคนที่ 3 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 4 การประเมินหาความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน

ผู้ประเมิน	ICC (95% CI)	แปลผล
ผู้ประเมินคนที่ 2	0.750 (0.246–0.929)	ความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินอยู่ในระดับดี
ผู้ประเมินคนที่ 3	0.593 (0.032–0.878)	ความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินอยู่ในระดับพอใช้

ICC; Intraclass correlation coefficient, 95% CI; 95% Confidence interval

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ ICC (3,1) พบว่าค่าความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.750 (0.246–0.929) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% CI บ่งชี้ว่าผู้ประเมินมีความเชื่อถือได้ในระดับดี และค่าความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.593 (0.032–0.878) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% CI บ่งชี้ว่าผู้ประเมินมีความเชื่อถือได้ในระดับพอใช้ แสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินคนที่ 2 มีความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน สูงกว่าผู้ประเมินคนที่ 3 (ตารางที่ 4)

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 ก่อนเข้าร่วมการวิจัย 1 วัน อาสาสมัครได้รับคำแนะนำให้พักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อย 6–8 ชั่วโมง งดดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนและแอลกอฮอล์อย่างน้อย 8 ชั่วโมง ควรรับประทานอาหารอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนเข้าร่วมการวิจัย และงดทำกิจกรรมในระดับที่หนักอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

2.2.2 อาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการได้รับคำอธิบายขั้นตอนและวิธีการทดลองต่าง ๆ อย่างละเอียด ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านจำไก่

2.2.3 อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การเข้าร่วมการวิจัยและมีความประสงค์เข้าร่วมในการศึกษา ลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2.2.4 อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ในท่าสบายอย่างน้อย 10 นาที ในห้องที่เงียบสงบ อุณหภูมิห้อง 23–25 องศาเซลเซียส วัดความดันโลหิตแขนซ้ายอาสาสมัครด้วยเครื่องวัดความดันอัตโนมัติ (digital sphygmomanometer) จำนวน 3 ครั้ง บันทึกค่า SBP และ DBP ขณะพัก ทำการวัดจำนวน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย บันทึกผล [43] (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 การวัดความดันโลหิต

2.3 การตรวจประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

อาสาสมัครนอนหงายผ่อนคลายในห้องที่เงียบสงบ อุณหภูมิห้องประมาณ 23–25 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 5 นาที หลังจากนั้นผู้วิจัยติดอิเล็กโทรด lead II เพื่อบันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแขนขวา (–) กับขาซ้าย (+) ขาขวา (กราว) ระยะเวลา 5 นาที ด้วย

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiogram; ECG) (EDAN SE-1515, Edan Instruments, China) โดยติดอิเล็กโทรดตลอดเวลาจนเสร็จสิ้นการวิจัยเพื่อบันทึกค่า HRV (รูปที่ 3)

การศึกษานี้วิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ 2 วิธี ได้แก่

2.3.1 โดเมนเวลา (time domain): วิเคราะห์ความแปรปรวนของช่วงเวลาระหว่างการเต้นของหัวใจ โดยการคำนวณดัชนีตามการคำนวณทางสถิติในช่วง RR หรือ NN interval (time domain analysis) ซึ่งเป็นการเลือกช่วงของระยะเวลาที่แม่นยำของ R wave โดยการใช้ช่วงคลื่นไฟฟ้าหัวใจระยะสั้น (0.5-5 นาที) ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่

1) SDNN แสดงถึง sympathetic activity และ vagal activity ทั้ง 2 ระบบ

2) RMSSD แสดงถึง sympathetic activity และ vagal activity แต่เด่นในเรื่องของ parasympathetic activity

3) PNN50 แสดงถึง parasympathetic activity

2.3.2 โดเมนความถี่ (frequency domain) วิเคราะห์ความถี่ที่แยกจากการแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ โดยใช้เทคนิคการแปลงทางคณิตศาสตร์ด้วยการแปลงฟูเรียร์ (fourier transform) เพื่อแยกข้อมูลความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ออกเป็นส่วนที่มีความถี่ต่าง ๆ ทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจได้ละเอียด ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่

1) LF แสดงถึง sympathetic activity และ vagal activity แต่เด่นในเรื่องของ sympathetic activity

2) HF แสดงถึง vagal activity

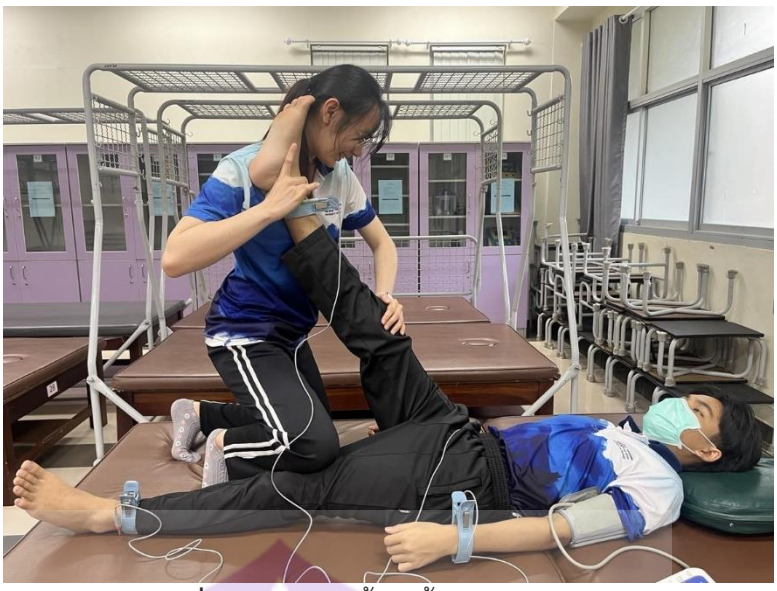
3) LF/HF แสดงถึงการทำงานของ sympathovagal balance

รูปที่ 3 การตรวจประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

2.4 การออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อ hamstrings

อาสาสมัครเข้ารับการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อ hamstrings โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำให้ เริ่มต้นด้วยการอธิบายขั้นตอนการยืดอย่างละเอียดแก่อาสาสมัคร เช่น วิธีการยืดที่ถูกต้อง ความรู้สึกเมื่อยืดถึงจุดตึงมากที่สุด และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้อาสาสมัครมีความเข้าใจและคุ้นเคยกับกระบวนการก่อนเริ่มการยืดจริง หลังจากนั้นทดลองยืดกล้ามเนื้อให้อาสาสมัครจริงก่อนบันทึกผลตัวแปร

อาสาสมัครนอนหงายพักบนเตียง แขนวางข้างลำตัว เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำการยืดกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยนั่งคุกเข่าบนเตียงยกขาข้างที่ถนัดของอาสมัครขึ้นพาดบ่าจากนั้นเหยียดเข่าดันตัวเองขึ้นเพื่อยกขาของอาสมัครขึ้นไปจนถึงจุดที่อาสมัครบอกว่าตึงมากที่สุดจนไม่สามารถทนได้แต่ไม่รู้สึกเจ็บ และใช้มือจับที่หัวเข่าเพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการงอเข่า (hip flexion with knee extension) ซึ่งท่ายืดนี้เป็นท่ามาตรฐานและมีความปลอดภัยในการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings สำหรับผู้สูงอายุ และขณะยืดกล้ามเนื้ออาสาสมัครจะถูกบอกให้หายใจเข้าออกตามปกติเพื่อป้องกัน valsalva maneuver โดยจะยืดค้างไว้ 30 วินาที ทำ 4 ครั้งต่อเซต และทำทั้งหมด 3 เซต โดยมีระยะพักขณะการยืดแต่ละครั้ง 30 วินาที และระยะพักระหว่างเซต 1 นาที



รูปที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings

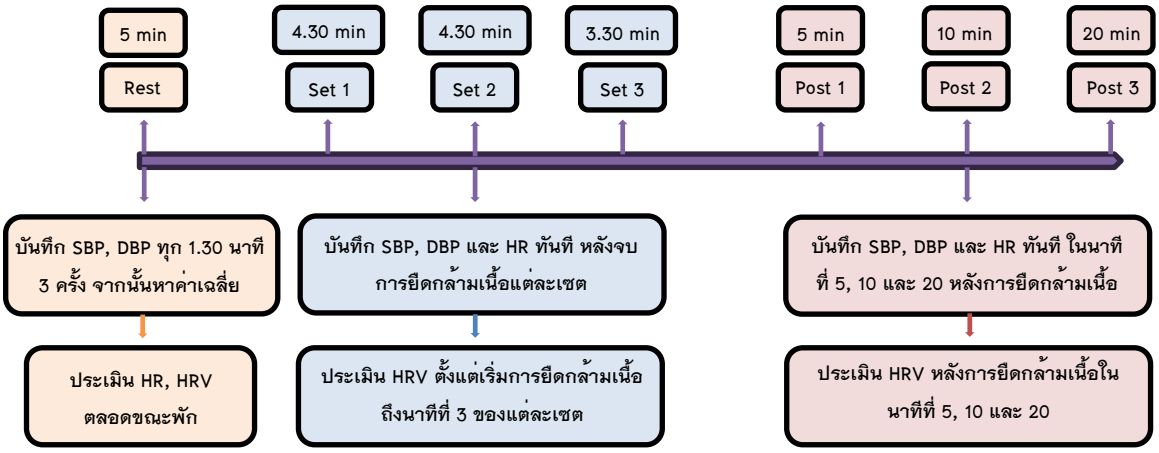
2.5 การเก็บข้อมูลและบันทึกตัวแปรในการศึกษา

อาสาสมัครทุกรายได้รับการนัดหมายเข้าร่วมการวิจัย ในช่วงบ่ายของวัน ระหว่าง 13.00 – 17.00 น. อาสาสมัครได้รับการวัด BP, HR และ HRV โดยมีการบันทึกข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล (รูปที่ 5) ดังนี้

2.5.1 ก่อนทำการยืดกล้ามเนื้อ อาสาสมัครนอนหงายราบ บนเตียง 5 นาที จากนั้นทำการวัด BP เป็นจำนวน 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย วัดค่า HR และ HRV ขณะพักเป็นเวลา 5 นาที และบันทึกผล

2.5.2 ขณะยืดกล้ามเนื้อ วัดและบันทึกค่า BP, HR และ HRV ทันทีหลังยืดกล้ามเนื้อแต่ละเซต บันทึกผลที่ได้ในแต่เซต

2.5.3 หลังยืดกล้ามเนื้อเสร็จสิ้น วัดและบันทึกค่า BP, HR และ HRV หลังยืดกล้ามเนื้อในนาทีที่ 5, 10 และ 20 ตามลำดับ (ภาคผนวก ข)



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

1. สถิติพรรณนาใช้การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบค่าเฉลี่ย (± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) สำหรับตัวแปรต่อเนื่องที่มีการแจกแจงปกติ และนำเสนอในรูปแบบค่ามัธยฐาน (อินเตอร์ควอไทล์) สำหรับตัวแปรต่อเนื่องที่มีการแจกแจงไม่ปกติ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบความถี่ (ร้อยละ) สำหรับตัวแปรนามบัญญัติ

2. วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลด้วยการทดสอบ Shapiro–Wilk tests

3. เปรียบเทียบ ข้อมูล BP, HR และ HRV indexes ทั้ง time domains (SDNN, RMSDD, PNN50) และ frequency domains (LF, HF, LF/HF) ก่อน ขณะ และหลังออกกำลังกาย (1 pre–exercise x 3 exercise x 3 post–exercise) ด้วยการทดสอบสถิติ Repeated–Measures analysis of variance (ANOVA) with Bonferroni correction หากข้อมูลมีการแจกแจงปกติ และทดสอบสถิติ Friedman test with Bonferroni correction หากข้อมูลมีแจกแจงไม่ปกติ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด (SBP, DBP, HR) และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ (SDNN, RMSSD, PNN50, LF, HF, LF/HF) โดยวัด ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ผลข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร และการเปรียบเทียบผลการตอบสนองของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และการตอบสนองระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ แสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร

ลักษณะทั่วไป	จำนวน (n=17)
อายุ (ปี)	71.88 ± 9.76
เพศ, จำนวน (ร้อยละ)	
ชาย	6 (35.29)
หญิง	11 (64.71)
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	23.17 ± 3.40
Sit and reach score (เซนติเมตร)	2.84 ± 9.73
องศาการเคลื่อนไหวงอสะโพก (องศา)	101.00 ± 14.94
Heart rate (ครั้ง/นาที)	67.79 ± 10.70
Systolic blood pressure (มิลลิเมตรปรอท)	120.53 ± 14.77
Diastolic blood pressure (มิลลิเมตรปรอท)	73.65 ± 10.65
ขาข้างถนัด, จำนวน (ร้อยละ)	
ข้างขวา	16 (94.12)
ข้างซ้าย	1 (5.88)
โรคประจำตัว, จำนวน (ร้อยละ)	
ไม่มี	6 (35.29)
โรคความดันโลหิตสูง	1 (5.88)
โรคความดันโลหิตสูงร่วมกับโรคเบาหวาน	1 (5.88)
โรคความดันโลหิตสูงร่วมกับโรคไขมันในเลือดสูง	3 (17.65)

ตารางที่ 5 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	จำนวน (n=17)
โรคความดันโลหิตสูงร่วมกับโรคเบาหวานร่วมกับโรคไขมันเลือดสูง	3 (17.65)
โรคอื่น ๆ	3 (17.65)

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลต่อเนื่องที่มีการกระจายตัวตามปกติ และค่ามัธยฐาน (อินเตอร์คอว์ไทล์) สำหรับข้อมูลต่อเนื่องที่มีการกระจายตัวไม่ปกติ และข้อมูลเชิงหมวดหมู่ถูกนำเสนอในรูปแบบของความถี่ (ร้อยละ)

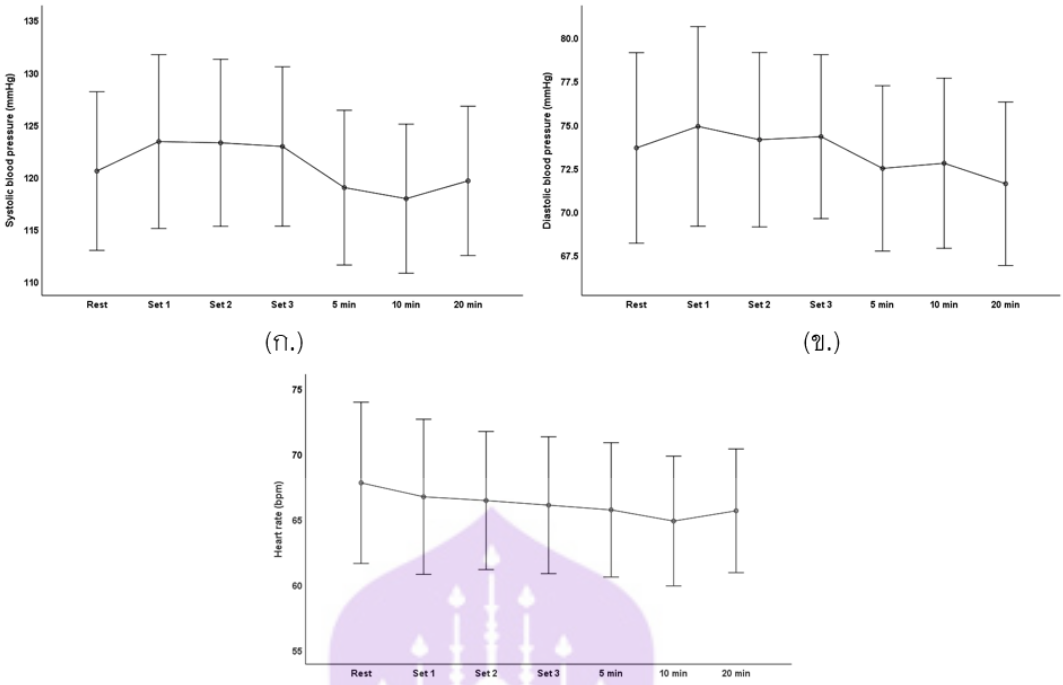
จากตารางที่ 5 อาสาสมัครส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 64.71 อายุเฉลี่ย 71.88 ± 9.76 ปี ค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติถึงอ้วนระดับ 1 สำหรับการทดสอบสมรรถภาพทางกายพบว่า คะแนนเฉลี่ยนั่งงอตัว 2.84 ± 9.73 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 40 เปอร์เซ็นไทล์ และการวัดองศาการงอของข้อสะโพกมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 101.00 ± 14.94 องศา อาสาสมัครส่วนใหญ่ร้อยละ 94.12 ถนัดขาข้างขวา ผลสัญญาณชีพพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักอยู่ในช่วงระหว่าง 67.79 ± 10.70 ครั้งต่อนาที ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบอยู่ที่ 120.53 ± 14.77 มิลลิเมตรปรอท และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัวอยู่ที่ 73.65 ± 10.65 มิลลิเมตรปรอท บ่งบอกว่าค่าสัญญาณชีพอยู่ในระดับปกติ นอกจากนี้ อาสาสมัครส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 64.71 และไม่มีโรคประจำตัวร้อยละ 35.29

ตารางที่ 6 ผลการตอบสนองของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ

ตัวแปร	SBP (มิลลิเมตรปรอท)	DBP (มิลลิเมตรปรอท)	HR (ครั้งต่อนาที)
ขณะพัก	120.53 ± 14.78	73.65 ± 10.65	67.79 ± 10.70
ยืดครั้งที่ 1	123.35 ± 16.19	74.88 ± 11.56	66.71 ± 10.29
ยืดครั้งที่ 2	123.24 ± 15.55	74.12 ± 9.75	66.63 ± 9.16
ยืดครั้งที่ 3	122.88 ± 14.85	74.29 ± 9.16	66.07 ± 9.09
หลังการยืด 5 นาที	118.94 ± 14.42	72.47 ± 9.24	65.71 ± 8.91
หลังการยืด 10 นาที	117.88 ± 13.89	72.76 ± 9.50	64.86 ± 8.61
หลังการยืด 20 นาที	119.59 ± 13.90	71.59 ± 9.14	65.64 ± 8.21
F	2.63, 42.06 = 4.13	2.93, 46.88 = 3.40	3.19, 41.48 = 2.33
$\eta_{partial}^2$ (ηp^2)	0.21	0.18	0.15
P value	0.02	0.03	0.08

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SBP; systolic blood pressure, DBP; Diastolic Blood Pressure, HR; heart rate

จากตารางที่ 6 การวิเคราะห์ด้วยสถิติ One-way Repeated ANOVA พบว่าค่า SBP ($F_{2.63, 42.06} = 4.13$, $p < 0.05$, $\eta p^2 = 0.21$) (รูปที่ 6 ก.) และ DBP ($F_{2.93,46.88} = 3.40$ $p < 0.05$, $\eta p^2 = 0.18$) (รูปที่ 6 ข.) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่า HR ($F_{3.19, 41.48} = 5.44$, $p > 0.05$, $\eta p^2 = 0.15$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อนาทีที่ 5, 10, 20 (รูปที่ 6 ค.) และจากการวิเคราะห์ต่อด้วย Bonferroni correction พบว่า ค่า SBP และ DBP ($p > 0.05$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 6 ผลการตอบสนองของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ก. SBP ข. DBP ค. HR

ตารางที่ 7 ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ

HRV index	SDNN (ms)	RMSSD (ms)	PNN50 (ms)	LF (nu)	HF (nu)	LF/HF ratio
ขณะพัก	23.64	21.13	0.57	84.89	62.93	1.25
	(12.60)	(23.85)	(1.79)	(71.09)	(126.15)	(1.29)
ยืดครั้งที่ 1	45.58*	40.12*	2.68*	214.39*	125.66	1.01
	(25.82)	(37.50)	(6.77)	(185.35)	(185.76)	(2.30)
ยืดครั้งที่ 2	36.39	37.65*	2.01*	174.59	122.93*	1.23
	(24.53)	(40.92)	(6.08)	(152.04)	(274.48)	(1.30)
ยืดครั้งที่ 3	39.86*	46.25*	3.18*	217.39*	174.15*	1.14
	(30.03)	(40.18)	(6.79)	(183.09)	(178.55)	(1.01)

ตารางที่ 7 ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ (ต่อ)

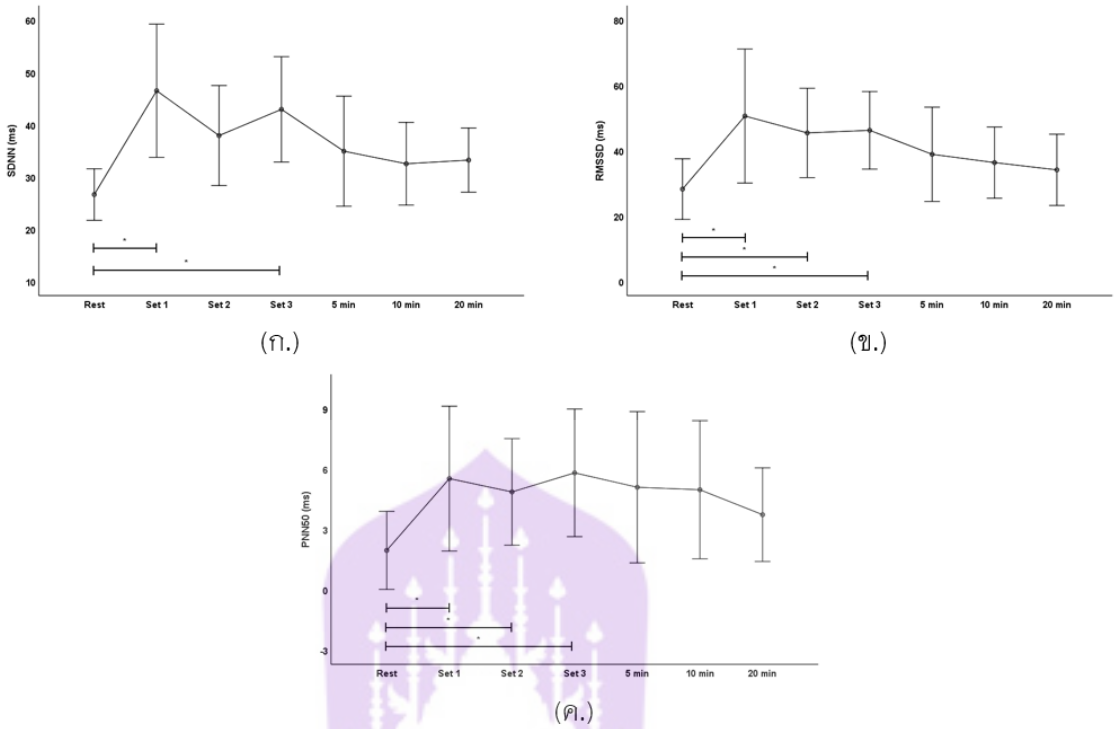
HRV index	SDNN (ms)	RMSSD (ms)	PNN50 (ms)	LF (nu)	HF (nu)	LF/HF ratio
หลังยืด 5 นาที	32.14	28.19	1.34	94.17	148.90	0.99
	(20.35)	(33.59)	(7.69)	(114.92)	(222.34)	(0.88)
หลังยืด 10 นาที	30.11	31.83	1.54	103.30**	74.97	0.86
	(17.31)	(30.20)	(9.33)	(101.68)	(145.61)	(0.93)
หลังยืด 20 นาที	31.65	25.10	1.90	119.66	82.13	1.19
	(17.68)	(29.38)	(5.47)	(91.91)	(124.93)	(1.06)
X^2	(6) = 25.82	(6) = 17.32	(6) = 21.07	(6) = 27.18	(6) = 14.84	(6) = 11.21
P value	0.00	0.05	0.02	0.00	0.02	0.08

ข้อมูลแสดง ค่ามัธยฐาน (อินเตอร์ควอไทล์) HRV; heart rate variability, SDNN; standard deviation of all RR intervals recorded in one-time interval, RMSSD; root mean square of the successive differences, PNN50; The proportion of NN50 divided by the total number of NN RR intervals, HF; high frequency, LF; low frequency, LF/HF ratio; low frequency/high frequency ratio, ms; millisecond, nu; normalized units

* $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบขณะพัก กับขณะการยืดกล้ามเนื้อ

** $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบขณะการยืดกล้ามเนื้อครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 กับหลังการยืดกล้ามเนื้อนาทีที่ 10

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Friedman test สำหรับ HRV index ในส่วนของ time domain พบว่าค่าค่ามัธยฐานของ SDNN (χ^2 (6) = 25.82, p = 0.00) ค่า RMSSD (χ^2 (6) = 17.32, p = 0.00) และค่า PNN50 (χ^2 (6) = 21.07, p = 0.02) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ต่อด้วย multiple comparisons พบว่าค่า SDNN ขณะพักมีค่าน้อยกว่าช่วงการยืดครั้งที่ 1 (p = 0.00) และครั้งที่ 3 (p = 0.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 7 ก.) ค่า RMSSD ขณะพักมีค่าน้อยกว่าช่วงการยืดครั้งที่ 1 (p = 0.01), ครั้งที่ 2 (p = 0.03) และ ครั้งที่ 3 (p = 0.04) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 7 ข.) ส่วนค่า PNN50 ขณะพักมีค่าน้อยกว่าช่วงการยืดกล้ามเนื้อครั้งที่ 1 (p = 0.02), ครั้งที่ 2 (p = 0.02) และครั้งที่ 3 (p = 0.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 7 ค.)

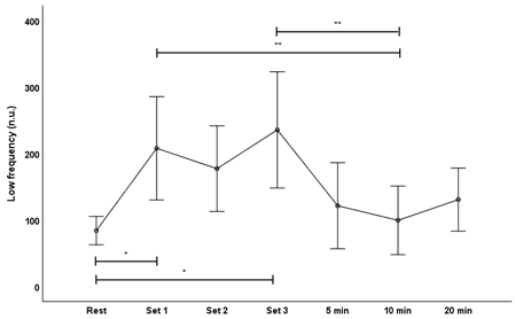


(ก.) (ข.)

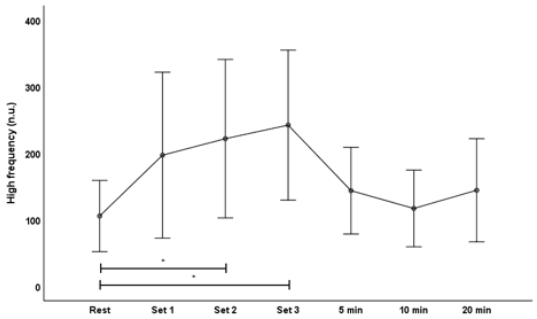
(ค.)

รูปที่ 7 ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจในส่วนของ time domain ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ก. SDNN ข. RMSSD ค. PNN50

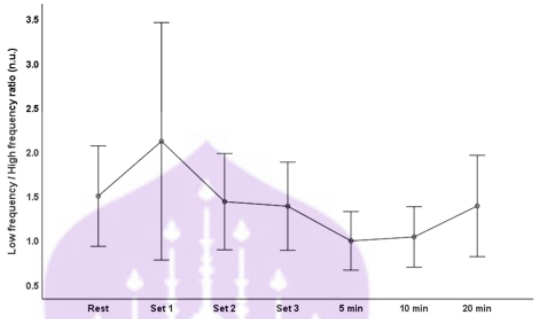
จากตารางที่ 8 การวิเคราะห์ด้วยสถิติ Friedman test สำหรับความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจในส่วนของ frequency domain พบว่า ค่า LF มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 (6) = 27.18, p = 0.00) เช่นเดียวกับค่า HF ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 (6) = 14.84, p = 0.02) สำหรับค่า LF/HF ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 (6) = 11.21, p = 0.08) และจากการวิเคราะห์ต่อด้วย multiple comparisons พบว่าค่า LF ขณะพักน้อยกว่าช่วงการยืดครั้งที่ 1 (p = 0.02) และครั้งที่ 3 (p = 0.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่า LF ในช่วงการยืดครั้งที่ 1 ยังมากกว่าช่วงหลังการยืดนาทีที่ 10 (p = 0.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในช่วงการยืดครั้งที่ 3 มีค่ามากกว่าหลังการยืดนาทีที่ 10 (p = 0.01) (รูปที่ 8 ก.) สำหรับค่า HF พบว่าขณะพักมีค่าน้อยกว่าช่วงการยืดครั้งที่ 2 (p = 0.049) และครั้งที่ 3 (p = 0.02) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 8 ข.) ส่วนค่า LF/HF ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 8 ค.)



(ก.)



(ข.)



(ค.)

รูปที่ 8 ผลการตอบสนองของการทำงานระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจในส่วนของ frequency domain ก่อน ขณะ และหลังการยืดกล้ามเนื้อ ก. LF ข. HF ค. LF/HF

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการตอบสนองทันทีของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจ ต่อการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ผลการศึกษาพบว่า 1) การยืดกล้ามเนื้อมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกทั้งในขณะยืดกล้ามเนื้อและช่วงฟื้นตัวหลังยืดกล้ามเนื้อ 2) การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติกเพิ่มขึ้นในขณะการยืดกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะระบบประสาทซิมพาเทติกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้น 3) การยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 12 นาที 30 วินาที ซึ่งประกอบด้วย 3 เซตของการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings สามารถลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกหลังการยืดกล้ามเนื้อ และ 4) การยืดกล้ามเนื้อไม่ได้ส่งผลให้การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด (SBP, DBP, HR) เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

การยืดกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นร่างกายเหมาะสมทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย เนื่องจากช่วยเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว ลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บ และช่วยเสริมสร้างประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย ทั้งยังเป็นส่วนสำคัญของโปรแกรมการออกกำลังกายที่ช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถปรับตัวกับการออกแรงที่ตามมาได้ดียิ่งขึ้น [3] ในปัจจุบันการศึกษาการตอบสนองทางระบบหัวใจและหลอดเลือดและระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจจากการยืดกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ยังไม่ได้อธิบายอย่างชัดเจนโดยเฉพาะในผู้สูงอายุ การยืดกล้ามเนื้ออาจทำให้ความดันโลหิตและอัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะสั้น ซึ่งเกิดจาก 3 กลไกหลัก [44] คือ 1) การปรับความไวของ baroreflex ที่ควบคุมความดันโลหิตผ่านกลไกการตอบสนองความดัน (pressor reflex mechanism) การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างสามารถทำให้ความดันโลหิตเปลี่ยนแปลงได้ โดยกระตุ้น baroreceptors ส่งสัญญาณไปยัง medulla oblongata ในสมองเพื่อควบคุมความดันโลหิต จากนั้นการปรับความดันโลหิตที่เปลี่ยนแปลงด้วยการเพิ่มหรือลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและระบบประสาทพาราซิมพาเทติก [45] 2) การกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกที่เพิ่มส่งผลให้มีการหลั่งสารนอร์อิพิเนฟริน (norepinephrine) และอิพิเนฟริน (epinephrine) เพิ่มขึ้น ทำให้หลอดเลือดหดตัว (vasoconstriction) และหัวใจบีบตัวแรงขึ้น (cardiac contractility) ส่งผลให้ความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น [44] และ 3) การอุดตันของหลอดเลือดเล็กที่อยู่รอบ ๆ กล้ามเนื้อที่ยืดออกที่ทำให้การไหลเวียนเลือดถูกจำกัด จากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ร่วมกันทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้นหลัง

การยืดกล้ามเนื้อ [44, 46] สอดคล้องกับการศึกษาของของ Lima และคณะ รายงานว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างจำนวน 4 เซต ในท่าการงอสะโพกข้างเดียวในชายวัยผู้ใหญ่ไม่มีประสบการณ์ในการฝึกความยืดหยุ่นทำให้หัวใจทำงานหนักขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของ BP แต่ HR ไม่เปลี่ยนแปลง และไม่ทำให้เกิดความดันโลหิตต่ำหลังการออกกำลังกาย (post exercise hypotension) [10] ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ Farinatti และคณะ พบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างของกล้ามเนื้อ hamstrings และกล้ามเนื้อลำตัวในวัยรุ่นที่มีความยืดหยุ่นตัวต่ำ (3 เซต ค้างไว้ที่ช่วงการเคลื่อนไหวสูงสุด 30 วินาทีต่อเซต ประมาณ 10 นาทีต่อเซต) ทำให้ HR และ SDNN เพิ่มขึ้นขณะการออกกำลังกายและลดลงหลังการออกกำลังกาย [35] Yasuda A และ Kubo K รายงานว่า ช่วงการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง 2 นาที โดยยืดเอ็นร้อยหวาย และกล้ามเนื้อ gastrocnemius ในวัยรุ่นชายสุขภาพดี มีผลให้การไหลเวียนของเลือดในกล้ามเนื้อการเปลี่ยนแปลง ในขณะเดียวกันทำให้ HR ลดลง แต่ HR ที่ลดลงนั้นไม่ได้สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของเลือดในกล้ามเนื้อ [47] นอกจากนี้ Silva GC และคณะ พบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง เป็นลำดับจากกล้ามเนื้อมัดใหญ่ไปยังมัดเล็กและกล้ามเนื้อมัดเล็กไปยังกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ที่ยืดไปถึงจุดที่ตึงมากที่สุดแต่ไม่เจ็บ ทำ 3 เซต เซตละ 20 วินาที สำหรับแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อ มีช่วงพัก 20 วินาทีระหว่างเซต พบว่าการยืดกล้ามเนื้อจากกล้ามเนื้อมัดใหญ่ไปยังกล้ามเนื้อมัดเล็กทำให้หัวใจทำงานเพิ่มขึ้น จากความดันโลหิตเพิ่มขึ้นมากกว่า [36] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ ทำให้การตอบสนองการทำงานของหัวใจมากกว่ากล้ามเนื้อมัดเล็ก ในการศึกษานี้พบว่าการยืดกล้ามเนื้อจากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ส่งผลต่อการกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ แต่ไม่ทำให้ความดันโลหิต (SBP, DBP) หรือ HR เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน อาจเป็นเพราะการยืดใช้ความเข้มข้นต่ำ ทำ 3 เซต เซตละ 30 วินาที พักระหว่างเซต 1 นาที และยืดเฉพาะกล้ามเนื้อ hamstrings ซึ่งอาจไม่เพียงพอที่จะเปลี่ยนแปลงระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างชัดเจน อีกทั้งอาสาสมัครที่มีโรคประจำตัวและไม่มีโรคประจำตัว อาจมีการตอบสนองแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings อาจกระตุ้น type III fibers ซึ่งอาจรบกวนการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจได้

การศึกษานี้พบว่า การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของทั้งระบบประสาทซิมพาเทติก (SDNN และ LF เพิ่มขึ้น) และระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเพิ่มขึ้น (RMSSD, PNN50, HF เพิ่มขึ้น) ในขณะการยืดกล้ามเนื้อ และสามารถลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกชัดเจนหลังยืดกล้ามเนื้อในนาทีที่ 10 (LF ลดลง) ซึ่งการตอบสนองของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจขณะ

ยืดกล้ามเนื้อ สามารถอธิบายได้ว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง กระตุ้นปฏิกิริยาของ muscle spindle reflex ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีการยืดกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการกระตุ้น type III fibers เส้นใยเหล่านี้ตอบสนองต่อการยืดตัวของกล้ามเนื้อและการเปลี่ยนแปลงแรงกดในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก ซึ่งส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อกระตุ้นการตอบสนองของร่างกาย metaboreceptor ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสารเคมี เช่น การเพิ่มขึ้นของแลคเตท (lactate) ซึ่งเกิดขึ้นขณะการออกกำลังกาย มีบทบาทสำคัญในการส่งสัญญาณไปยังสมองเพื่อปรับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ เมื่อมีการกระตุ้นตัวรับเหล่านี้ ร่างกายจะตอบสนองด้วยการยับยั้งการทำงานของเส้นประสาทวากัส (vagal inhibition) ซึ่งปกติทำหน้าที่ควบคุมระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ส่งผลให้การทำงานของระบบนี้ลดลง และการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้น เพื่อให้ร่างกายพร้อมตอบสนองต่อความตึงเครียดและการออกแรงที่เกิดจากการยืดกล้ามเนื้อ [8] อย่างไรก็ตาม การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่ลดลงชัดเจนหลังจากการยืดกล้ามเนื้อในนาทีที่ 10 บ่งชี้ถึงการปรับตัวของร่างกายหลังจากยืดกล้ามเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา David G. Behm และคณะ พบว่า การกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกมีการลดลงหลังยืดกล้ามเนื้ออาจเป็นผลจากการปรับตัวที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายเริ่มฟื้นฟูจากการออกแรงและกลับเข้าสู่สภาวะปกติ [46] ในช่วงเวลาหลังออกกำลังกายระบบประสาทพาราซิมพาเทติกจะทำงานเพิ่มอีกครั้ง (parasympathetic reactivation) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการฟื้นตัว [48] ซึ่งระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานเพิ่มขึ้นและรวดเร็วหลังออกกำลังกายสัมพันธ์กับการลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด [9, 49] การปรับตัวนี้มีความสำคัญในแง่ของการควบคุมความเครียดและการฟื้นฟูของร่างกายหลังการออกแรง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการรักษาสมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติและการฟื้นฟูทางกายภาพ

ผลการศึกษาทั้งหมดของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก สามารถเพิ่มการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติหัวใจในระยะสั้น โดยมีการเพิ่มขึ้นของการทำงานของระบบประสาททั้งซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติกขณะการยืดกล้ามเนื้อ ในขณะที่หลังการยืดกล้ามเนื้อการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกมีการลดลงแต่ไม่พบการลดลงอย่างชัดเจนของการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งบ่งชี้ได้ว่า การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอกมีความปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิด cardiac overload และ sympathetic overactivity ดังนั้นจึงสามารถนำวิธีการยืดกล้ามเนื้อนี้ไปปรับใช้ในทางคลินิกได้ โดยสามารถนำไปออกแบบโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำได้อย่างปลอดภัย แต่อย่างไรก็ตาม ยังไม่ชัดเจนว่า

ผลกระทบระยะสั้นเหล่านี้จะนำไปสู่การปรับตัวในระยะยาวหรือไม่ และการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การไม่มีกลุ่มควบคุม ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมได้ โรคประจำตัวในอาสาสมัครแต่ละคนที่แตกต่างกัน ทำให้อาจมีปัจจัยจากโรคประจำตัวมารบกวนตัวแปรที่ศึกษา และช่วงเวลาในการทดลอง (13.00 น. ถึง 17.00 น.) ที่เป็นช่วงบ่าย ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผู้สูงอายุในชุมชนส่วนมากพักผ่อน รวมถึงยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ โดยการศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำและมีโรคประจำตัว ซึ่งอาจไม่สามารถสรุปผลไปยังกลุ่มประชากรอื่นที่มีลักษณะต่างออกไป เช่น ผู้ที่มีความยืดหยุ่นสูงหรือผู้ที่มีปัญหาสุขภาพเฉพาะได้ และการศึกษานี้เน้นเฉพาะการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings เพียงกลุ่มเดียว ซึ่งอาจไม่สะท้อนผลกระทบของการยืดกล้ามเนื้อกลุ่มอื่น และระยะเวลาและรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อที่ใช้ในการศึกษาอาจไม่เพียงพอในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในระบบหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มกลุ่มควบคุม และปรับเปลี่ยนช่วงเวลาในการทดลองเป็นช่วงเช้าที่ผู้สูงอายุในชุมชนมีความตื่นตัวมากกว่าช่วงบ่าย และศึกษาในกลุ่มประชากรที่หลากหลาย เช่น ผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีหรือผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัว และควรศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อกลุ่มอื่น รวมถึงเพิ่มระยะเวลาและความเข้มข้นของการยืดกล้ามเนื้อ เพื่อประเมินผลกระทบระยะยาว และคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่มีความน่าเชื่อถือและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การยืดกล้ามเนื้อ hamstrings จากแรงภายนอก ในผู้สูงอายุที่มีความยืดหยุ่นต่ำ ส่งผลให้การทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติกทำงานเพิ่มขึ้นขณะการยืดกล้ามเนื้อ ในขณะที่หลังการยืดกล้ามเนื้อการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกมีการลดลง แต่ไม่พบการลดลงอย่างชัดเจนของการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก และการศึกษานี้ไม่มีผลต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

1. Hotta H, Uchida S. Aging of the autonomic nervous system and possible improvements in autonomic activity using somatic afferent stimulation. **Geriatr Gerontol Int.** 2010;10 (1):127–36.
2. Azzolino D, Spolidoro GCI, Saporiti E, et al. Musculoskeletal changes across the lifespan: Nutrition and the life-course approach to prevention. **Front Med.**2021;8.
3. Holland GJ, Tanaka K, Shigematsu R, et al. Flexibility and physical functions of older adults: A review. **JAPA.** 2002;10(2):169–206.
4. Reddy RS, Alahmari KA. Effect of lower extremity stretching exercises on balance in geriatric population. **Int J Health Sci (Qassim).** 2016; 10(3): 389–95.
5. Versteeg CS, Ting LH, Allen JL. Hip and ankle responses for reactive balance emerge from varying priorities to reduce effort and kinematic excursion: A simulation study. **J Biomech.** 2016; 49(14): 3230–7.
6. Sassonker K, Magnezi R, Moran D. Comparing right and left hamstring flexibility and its association to nonspecific lowr back pain among women of different age groups. **J Bodyw Mov Ther.** 2023; 36: 404–9.
7. Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. **Int J Sports Phys Ther.** 2012; 7(1): 109–19.
8. Drew RC, Bell MP, White MJ. Modulation of spontaneous baroreflex control of heart rate and indexes of vagal tone by passive calf muscle stretch during graded metaboreflex activation in humans. **J Appl Physiol (1985).** 2008; 104(3): 716–23.
9. Wong A, Figueroa A. Effects of acute stretching exercise and training on heart rate variability: A review. **J Strength Cond Res.** 2021; 35(5): 1459–66.
10. Lima TP, Farinatti PT, Rubini EC, et al. Hemodynamic responses during and after multiple sets of stretching exercises performed with and without the Valsalva maneuver. **Clinics (Sao Paulo).** 2015; 70(5): 333–8.

11. Farinatti PT, Soares PP, Monteiro WD, et al. Cardiovascular responses to passive static flexibility exercises are influenced by the stretched muscle mass and the Valsalva maneuver. **Clinics (Sao Paulo).** 2011; 66(3): 459–64.
12. Dekker JM, Crow RS, Folsom AR, et al. Low heart rate variability in a 2–minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes. **Circ Res.** 2000; 102(11): 1239–44.
13. Arantes FS, Rosa Oliveira V, Leão AKM, et al. Heart rate variability: A biomarker of frailty in older adults. **Front Med (Lausanne).** 2022; 9: 01–6
14. วิชนี คุปตะวาทิน. ผู้สูงอายุกับเทคโนโลยี. **วารสารวิชาการสถาบันเทคโนโลยีแห่งสุวรรณภูมิ.** 2566; 9(1): 329.
15. Stathokostas L, Little RM, Vandervoort AA, et al. Flexibility training and functional ability in older adults: a systematic review. **J Aging Res.** 2012; 30(6): 818.
16. Weppler CH & Magnusson SP. Increasing muscle extensibility: A matter of increasing length or modifying sensation. **Phys Ther.** 2010; 90(3): 438–49.
17. Vandervoort AA, Chesworth BM, Cunningham DA, at el. Age and sex effects on mobility of the human ankle. **J Gerontol.** 1992; 47(1): 17–21.
18. Jung H & Yamasaki M. Association of lower extremity range of motion and muscle strength with physical performance of community–dwelling older women. **J Physiol Anthropol.** 2016; 35(1)
19. Hall JE, & Hall ME. Guyton and Hall textbook of medical physiology e–book. **Elsevier Health Sci.** 2020.
20. Gallagher KM, Fadel PJ, Smith SA, et al. The interaction of central command and the exercise pressor reflex in mediating baroreflex resetting during exercise in humans. **Exp Physiol.** 2006; 91(1): 79–87.
21. Teixeira AL & Vianna LC. The exercise pressor reflex: An update. **Clin Auton Res.** 2020; 32(4): 271–90.
22. Borresen J & Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. **Sports Med.** 2008; 38(8): 633–46.

23. National Heart Lung and Blood Institute. **High blood pressure: the United States government.** [online] 2022 [cited 2024 Feb 1]. Available from: https://www.nhlbi.nih.gov/health/high-blood-pressure.
24. National Heart Lung and Blood Institute. **High blood pressure: American heart association.** [online] 2023 [cited 2024 Feb 1]. (Available from: https://www.heart.org/en/health-topics/nigh-blood-pressure.
25. Organization WH. **Foundations of medical oxygen systems. Geneva: World Health Organization.** [online] 2023 [cited 2024 Feb 1]. Available from: https://iris.who.int/handle/10665/366149.
26. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Circ Res.** 1996; 93(5): 1043-65.
27. ณัฐเศรษฐ มนิมนากร, อภิวันท์ มนิมนากร, รัตนา วิเชียรศิริ และคณะ. การประเมินความผันแปรอัตราหัวใจเต้นและการประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติ. **เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร.** 2561; 28(1): 32-6.
28. Task force of the European society of cardiology, the north American society of pacing electrophysiology. Heart rate variability. **Circ Res.** 2018; 93(5): 1043-65.
29. ดรุณวรรณ สุขสม. **การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2561.
30. Nelson A & Kokkonen J. Stretching anatomy. Human kinetics. Pater, C. (2005). The Blood Pressure "Uncertainty Range" – a pragmatic approach to overcome current diagnostic uncertainties (II). **Curr Control Trials Cardiovasc Med.** 2013; 6(1): 5
31. Bacurau RF, Monteiro GA, Ugrinowitsch C, at el. Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. **J Strength Cond Res.** 2009; 23(1): 304-8
32. Fisher JP, Bell MP, White MJ. Cardiovascular responses to human calf muscle stretch during varying levels of muscle metaboreflex activation. **Exp Physiol.** 2005; 90(5): 773-81.
33. Lima TP, Farinatti PT, Monteiro W. Effect of the number of sets on acute cardiovascular responses during stretching exercise. **RBCDH.** 2015 17(3): 291-9.

34. Rubini EC, Farinatti PT, Diano CC, et al. Effect of single and multiple passive stretching exercises upon heart rate variability in individuals with high and low flexibility levels. **Hum Mov.** 2021; 22(3): 11–18
35. Farinatti PT, Brandão C, Soares PP, et al. Acute effects of stretching exercise on the heart rate variability in subjects with low flexibility levels. **J Strength Cond Res.** 2011; 25(6): 1579–85.
36. Silva GCe, Costa PB, da Conceição RR, et al. Acute effects of different static stretching exercises orders on cardiovascular and autonomic responses. **Sci Rep.** 2019; 9(1): 15738.
37. Gabriel CS, Pablo BC, Rodrigo RC, et al. Acute effects of different static stretching exercises orders on cardiovascular and autonomic responses. **Sci Rep.** 2019; 9(1578): 1–10.
38. Feland B, Hopkins AC, Behm DG. Acute hemodynamic responses to three types of hamstrings stretching in senior athletes. **J Sports Sci Med.** 2021; 20(4): 690–6.
39. Inami T, Baba R, Nakagaki A, et al. Acute changes in peripheral vascular tonus and systemic circulation during static stretching. **Res Sports Med.** 2015; 23(2): 167–78.
40. Araujo GDS, Behm DG, Monteiro ER, et al. Order effects of resistance and rtretching exercises on heart rate variability and blood pressure in healthy adults. **J Strength Cond Res.** 2019; 33(10): 2684–93.
41. Kato M, Masuda T, Ogano M, at el. Stretching exercises improve vascular endothelial dysfunction through attenuation of oxidative stress in chronic heart failure patients with an implantable cardioverter defibrillator. **J Cardiopulm Rehabil Prev.** 2017; 37(2): 130–8.
42. Medicine AC. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.** 8th ed. Toronto: Victory Belt Publishing Inc; 2013.
43. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the subcommittee of professional and public education of the American heart association council on high blood pressure research. **Circ Res.** 2005; 111(5): 697–716.

44. Thomas E, Bellafiore M, Gentile A, et al. Cardiovascular responses to muscle stretching: A systematic eeview and meta–analysis. **Int J Sports Med.** 2021; 42(6): 481–93.
45. Murphy MN, Mizuno M, Mitchell JH, et al. Cardiovascular regulation by skeletal muscle reflexes in health and disease. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 2011; 301(4): 1191–204.
46. Behm DG, Kay AD, Trajano GS, et al. Mechanisms underlying performance impairments following prolonged static stretching without a comprehensive warm–up. **Eur J Appl Physiol.** 2021; 121(1): 67–94.
47. Yasuda A, Kubo K. Effects of static stretching on the blood circulation of human tendon in vivo. **Transl Sport Med.** 2024; 2024(1): 4413113.
48. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, et al. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 2006; 290(6): 2446–52.
49. Huang PH, Leu HB, Chen JW, et al. Heart rate recovery after exercise and endothelial function––two important factors to predict cardiovascular events. **Prev Cardiol.** 2005; 8(3): 167–70.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบคัดกรองอาสาสมัคร

ลำดับที่.....

ข้อมูลทั่วไปและสุขภาพ

ชื่อ ..... อายุ ..... ปี เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

อาชีพ ..... เบอร์โทรติดต่อ.....

โรคประจำตัว ☐ ไม่มี ☐ มี โรค.....

น้ำหนักตัว .....กิโลกรัม ส่วนสูง .....เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย.....กก./ม^2

สัญญาณชีพ

หายใจ .....ครั้ง/นาที ค่าความดันโลหิต .....มม.ปรอท ชีพจร .....ครั้ง/นาที

ท่านสามารถทำกิจวัตรประจำวันได้อย่างอิสระ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านมีการมองเห็นชัดเจน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านสามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

กล้ามเนื้อบริเวณขาด้านหลังมีความอ่อนตัว ☐ ปกติ ☐ มาก/น้อยกว่าปกติ

ท่านเคยประสบอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อรยางค์ส่วนล่างและ/หรือหลังส่วนล่าง ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านเคยผ่าตัดรยางค์ส่วนล่างและ/หรือหลังส่วนล่าง ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านมีอาการปวดรยางค์ส่วนล่างและ/หรือหลังส่วนล่าง ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านมีอาการอ่อนแรงกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ข้อต่อรยางค์ส่วนล่างของท่านมีการเคลื่อนไหวที่มากหรือน้อยกว่าปกติ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านเคยมีประวัติหัวใจเต้นผิดจังหวะ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ท่านมีการใช้ยาที่มีผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ☐ ไม่มี ☐ มีการใช้ยา.....

ในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา ท่านมีความรู้สึกหดหู่ เศร้า เบื่อหรือท้อแท้สิ้นหวัง ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

การสูบบุหรี่

☐ ไม่เคยสูบบุหรี่ (Never smoker)

☐ เลิกสูบบุหรี่แล้ว (Former smoker) มาเป็นเวลา.....ปี.....เดือน

☐ สูบบุหรี่ (Active smoker) สูบมาแล้ว.....ปี จำนวนมวนที่สูบ.....ต่อวัน

การดื่มสุรา

☐ ไม่เคยดื่มสุรา (Never drink alcohol)

☐ เลิกดื่มสุราแล้ว (Quit drinking alcohol) มาเป็นเวลา.....ปี.....เดือน

☐ ดื่มสุรา (Drink alcohol) ดื่มมาแล้ว.....ปี จำนวนที่ดื่ม.....ขวด/สัปดาห์

การออกกำลังกาย

☐ ไม่เคยออกเลย ☐ 1–2 วันต่อสัปดาห์ ☐ 3 วันต่อสัปดาห์ขึ้นไป

การทดสอบขาข้างที่ถนัด เตะลูกฟุตบอล ☐ ข้างขวา ☐ ข้างซ้าย

ยืนขาเดียว ☐ ข้างขวา ☐ ข้างซ้าย

ใช้เท้าหยิบของ ☐ ข้างขวา ☐ ข้างซ้าย

การทดสอบนั่งงอตัว (Sit and reach test)

Sit and reach test (flexometer)	ครั้งที่ 1 .....cm	ครั้งที่ 2 .....cm	ครั้งที่ 3 .....cm

องศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อขาด้านหลัง (hamstrings) .....°

****

ภาคผนวก ข
แบบบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่.....

บันทึกผลการทดลอง

วันที่ทดลอง.....เวลา.....

เวลา / ตัวแปร	ก่อน (5 นาที)			ขณะการยืดกล้ามเนื้อ			หลังการยืดกล้ามเนื้อ		
	1st	2nd	3rd	เซตที่ 1	เซตที่ 2	เซตที่ 3	5 นาที	10 นาที	20 นาที
SBP (mmHg)									
DBP (mmHg)									
HR (ครั้ง/นาที)									
SDNN (ms)									
RMSSD (ms)									
PNN50 (%)									
LF (n.u.)									
HF (n.u.)									
LF/HF (n.u.)									

ผู้ประเมิน .....