คณะสหเวชศาสตร์

ผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน ต่อระบบการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด ในวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี

The Effect of Arm Swing Exercise on Cardiovascular Function in Healthy Young Adult Women

โดย

นายธนะชัย พินิจ

นายพงษ์ปกร ไชยขันธุ์

นายสิทธิชัย พุ่มราตรี

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2562

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระบบการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี

The Effect of Arm Swing Exercise on Cardiovascular Function in Healthy Young Adult Women

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 27 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562

.....	.....
(นายธนะชัย พินิจ)	(อาจารย์ ดร.สุพรรณิการ์ ลดาวัลย์)
นิสิต	อาจารย์ที่ปรึกษา
.....	
(นายพงษ์ปกร ไชยขันธุ์)	
นิสิต	
.....	
(นายสิทธิชัย พุ่มราตรี)	
นิสิต	

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

ธนะชัย พินิจ

พงษ์ปกร ไชยขันธุ์

สิทธิชัย พุ่มราตรี

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระบบการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี

The Effect of Arm Swing Exercise on Cardiovascular Function in Healthy Young Adult Women

เมื่อ วันที่ 27 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562

.....

(อาจารย์ ดร.สุพรรณิการ์ ลดาวัลย์)

ประธานกรรมการ

.....

(ผู้ช่วยศาตราจารย์ศิรินทิพย์ คำฟู)

กรรมการ

.....

(อาจารย์ ดร.สินธุพร มหารัญ)

กรรมการ

.....

(ผู้ช่วยศาตราจารย์ศิรินทิพย์ คำฟู)

หัวหน้าสาขากายภาพบำบัด

.....

(ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ยุทธนา หมั่นดี)

คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นายธนะชัย พินิจ
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Thanachai Pinit
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 29 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	47 หมู่ 1 บ้านใหม่ ต.หนองหล่ม อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา 56120
	E-mail: Bombersquash.555@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2555
	โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม จังหวัดพะเยา
	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2558
	โรงเรียนดอกคำใต้วิทยาคม จังหวัดพะเยา
	ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด)
	คณะสหเวชศาสตร์
	มหาวิทยาลัยพะเยา
	จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นายพงษ์ปกร ไชยขันธุ์
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Pongpakon Chaiyakhan
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 10 เดือนมกราคม พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	258 หมู่ 1 บ้านกุดหว้า ต.กุดหว้า อ.กุฉินารายณ์ จ.กาฬสินธุ์ 46110 E-mail: 146050@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนบัวขาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบัวขาว จังหวัดกาฬสินธุ์ ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

ชีวประวัติ

ชื่อ – สกุล ภาษาไทย	นายสิทธิชัย พุ่มราตรี
ชื่อ – สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Sitthichai Phumratri
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 5 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	9 หมู่ 8 บ้านวังสามัคคี ต.หนองคล้า อ.ไทรงาม จ. กำแพงเพชร 62150 E-mail: sitthichaiphumratri@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนบ่อแก้ววิทยา จังหวัดกำแพงเพชร ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ่อแก้ววิทยา จังหวัดกำแพงเพชร ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.กภ.สุพรรณิการ์ ลดาวัลย์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนดูแลเป็นอย่างดี จนทำให้ภาคนิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง อาจารย์ ผศ.ศิรินทิพย์ คำฟู และ อาจารย์ ดร.กภ.สินธุพร มหารัญ คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ คณบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ประจำสายวิชากายภาพบำบัดและคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำภาคนิพนธ์ ขอบคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ธนะชัย พินิจ
พงษ์ปกร ไชยขันธุ์
สิทธิชัย พุ่มราตรี
27 ตุลาคม 2562

คำรับรอง

ข้าพเจ้านายธนะชัย พินิจ นายพงษ์ปกร ไชยขันธุ์ และนายสิทธิชัย พุ่มราตรี นิสิตสาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่าภาคนิพนธ์เรื่อง ผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระบบการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี (The Effect of Arm Swing Exercise on Cardiovascular Function in Healthy Young Adult Women) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

ธนะชัย พินิจ

พงษ์ปกร ไชยขันธุ์

สิทธิชัย พุ่มราตรี

27 ตุลาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญคำย่อ	vii
บทคัดย่อภาษาไทย	viii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	4
สมมติฐาน	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	5
กายวิภาคศาสตร์ของหัวใจ	5
โรคหัวใจและหลอดเลือด	14
การนำกระแสไฟฟ้าของหัวใจ	14
สรีรวิทยาการทำงานของหัวใจ	16
สรีรวิทยาระบบไหลเวียนโลหิต	20
ระบบประสาท	22
ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ	30
การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน	33
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา	37
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การคำนวณขนาดตัวอย่าง	37
วัสดุอุปกรณ์	39
ขั้นตอนการศึกษา	39
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	42
การวิเคราะห์ข้อมูล	42
บทที่ 4 ผลการศึกษา	43
ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร	43
ผลการประเมินระบบหัวใจและหลอดเลือด	45
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษา	49
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา	49
ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	50
สรุปผลการศึกษา	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	57
ภาคผนวก ก โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแกว่งแขน	58
ภาคผนวก ข แบบสอบถามคัดกรองอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมการวิจัย	66
ภาคผนวก ค แบบบันทึกค่าทดสอบวิจัย	72

สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	แสดงตำแหน่งของหัวใจที่อยู่ในทรวงอก	6
รูปที่ 2	ภาพตัดขวางแสดงห้องหัวใจและลิ้นหัวใจ	7
รูปที่ 3	แสดงลักษณะภายในของหัวใจห้องบนขวาและหัวใจห้องล่างขวา	10
รูปที่ 4	แสดงลักษณะภายในของหัวใจห้องบนซ้ายและหัวใจห้องล่างซ้าย	11
รูปที่ 5	แสดง surface anatomy ของหัวใจและเส้นเลือดใหญ่ที่ออกจากหัวใจ	12
รูปที่ 6	แสดงหลอดเลือดที่นำเลือดแดงไปเลี้ยงผนังหัวใจ หลอดเลือดที่นำเลือดดำจากผนังหัวใจ (cardiac veins) ไปยังหัวใจห้องบนขวา	13
รูปที่ 7	แสดงการนำกระแสไฟฟ้าของหัวใจ	15
รูปที่ 8	แสดงการควบคุมการทำงานของหัวใจ โดยมีศูนย์กลางการควบคุมอยู่ที่ medulla oblongata ผ่านการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ	16
รูปที่ 9	แสดงปัจจัยที่มีผลต่อ cardiac output	19
รูปที่ 10	แสดงระบบการไหลเวียนโลหิตทั้ง 2 ระบบ	20
รูปที่ 11	ความแตกต่างของระบบประสาท parasympathetic และ sympathetic	29

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร	44
ตารางที่ 2	แสดงผลการประเมินระบบหัวใจและหลอดเลือด	45

สารบัญคำย่อ

ASE	=	Arm swing exercise
BMI	=	Body Mass Indax
DBP	=	Diastolic Blood Pressure
HF	=	High Frequency
HR	=	Heart rate
LF	=	Low Frequency
LF/HF ratio	=	Low Frequency/High Frequency
MAP	=	Mean Arterial Pressure
RMSSD	=	Root Mean Square of Successive Differences
RR	=	Respiratory Rate
SBP	=	Systolic Blood Pressure
ST-5	=	Stress Test 5
WHR	=	Waist Hip Ratio

บทคัดย่อ

การออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนเป็นการฝึกแบบจีนโบราณที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพและลดปัญหาของระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น ลดความดันโลหิตในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนที่ผ่านมาส่วนมากทำการศึกษาในผู้สูงอายุ ซึ่งผลของการฝึกอาจมีความแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุและวัยรุ่น เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอายุจะมีผลต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกายที่ต่างกัน การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด อาสาสมัครวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดีจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 18–25 ปี ถูกแบ่งโดยการสุ่มให้อยู่ในกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนจำนวน 15 คน หรือกลุ่มควบคุมจำนวน 15 คน โดยกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนจะออกกำลังกายเป็นเวลา 4 สัปดาห์ 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมให้ทำกิจวัตรประจำวันที่ทำตามปกติ ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจและความแปรปรวนของหัวใจจะถูกประเมินก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ ภายหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย พบว่าอาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายมีค่าซิสโทลิก ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย (p–value < 0.05) การออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนเป็นเวลา 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลในการลด Systolic Blood Pressure

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบแกว่งแขน ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต

Abstract

Arm swing exercise (ASE) is an ancient Chinese practice that promotes health and reduce cardiovascular problems, including improvement of blood pressure control in hypertensive patients. Nevertheless, ASE have mainly been studied in elderly populations. The efficacy of the practices may differ between older and younger people since previous study reported that age difference in cardiovascular response to exercise. This study aimed to investigate the effect of arm swing exercise on cardiovascular function. Thirty healthy young adult women aged between 18–25 years were randomly assigned to an arm swing exercise (ASE) group (n = 15) or a control group (n = 15). Participants in the ASE group underwent an ASE training program for 4 weeks at a frequency of 30 min/day, 3 days/week while participants in the control group were asked to maintain their usual daily activity. Blood pressure, heart rate, respiratory rate and heart rate variability (HRV) were evaluated before and after the 4–week intervention. After the intervention, systolic blood pressure were significantly decreased compared to pre–intervention (p–value < 0.05). In conclution, ASE training program for 4 weeks at a frequency of 30 min/day, 3 days/week improved systolic blood pressure.

Keywords: Arm swing exercise Heart rate variability Blood pressure

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

วัยรุ่น เป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพที่ต้องพึ่งพาทางเศรษฐกิจ ไปสู่สภาวะที่ต้องมีความรับผิดชอบและพึ่งพาตนเอง และเป็นช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่วุฒิภาวะทางร่างกาย จิตใจ อารมณ์และสังคม จึงนับว่าเป็นช่วงที่สำคัญมากช่วงหนึ่งของชีวิต เนื่องจากเป็นช่วงต่อของวัยผู้ใหญ่ตอนต้น [1]

ในสภาวการณ์ปัจจุบัน เทคโนโลยีต่าง ๆ มีความก้าวหน้าและมีสิ่งอำนวยความสะดวกมากขึ้น ส่งผลให้คนไทยมีพฤติกรรมเนือยนิ่งเพิ่มมากขึ้น โดยมีพฤติกรรมนั่งนิ่ง ๆ นั่งดูโทรทัศน์ คุยประชุม/นั่งเรียน นั่งเล่นโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์อื่น ๆ นานมากกว่า 3 ใน 4 ของเวลาตื่น จากการสำรวจข้อมูลพบว่าในปี พ.ศ 2555, 2557 และปี พ.ศ 2558 คนไทยมีพฤติกรรมเนือยนิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จาก 13.25 ชั่วโมง เป็น 13.42 และ 13.54 ชั่วโมงตามลำดับ โดย 4 อันดับแรกของพฤติกรรมเนือยนิ่งที่มีติดต่อกันนานกว่า 1 ชั่วโมงต่อครั้งคือ นั่ง/นอนดูโทรทัศน์ (ร้อยละ 50.0); นั่งคุยหรือประชุม (ร้อยละ 28.4) นั่งทำงานหรือนั่งเรียน (ร้อยละ 27.0); นั่งเล่นเกมโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น (ร้อยละ 20.1) โดยเฉพาะกลุ่มเด็กและกลุ่มวัยรุ่นมีพฤติกรรมนั่งอยู่หน้าจอนานกว่ากลุ่มวัยอื่น ๆ เพื่อดูโทรทัศน์ ใช้คอมพิวเตอร์ เข้าร้านเกมส์ รวมถึงใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพาประเภทต่างๆ โดยเฉลี่ยแล้วนานกว่า 1 ชั่วโมงต่อวัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง [2]

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการมีพฤติกรรมเนือยนิ่งเป็นเวลานาน (prolonged sedentary time) มีความสัมพันธ์กับความดันโลหิตไดแอสโตลิค (diastolic blood pressure) สูง ระดับคอเลสเตอรอลชนิดดี (low high-density lipoprotein cholesterol: HDL-C) ต่ำ [3] และมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคและการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease: CVD) ซึ่งโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นหนึ่งในปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย จากรายงานสถิติสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข พบอัตราการเสียชีวิตจากโรค

หลอดเลือดหัวใจ ต่อจำนวนประชากร 100,000 คน ปี พ.ศ. 2556 – 2560 เท่ากับ 26.9, 27.8, 29.9, 32.3 และ 31.8 ตามลำดับ และอัตราการเสียชีวิตจากภาวะความดันโลหิตสูงต่อจำนวนประชากร 100,000 คน ปี พ.ศ. 2556 – 2560 เท่ากับ 8.0, 11.0, 12.1, 12.2 และ 13.1 ตามลำดับ [4] นอกจากนี้ ยังพบว่าประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของผู้ป่วยโรคหัวใจเฉลี่ย 6,906 ล้านบาทต่อปี [5] จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าโรคหลอดเลือดหัวใจ และความดันโลหิตสูง เป็นปัญหาที่สำคัญและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากจะส่งผลกระทบในด้านสุขภาพ และคุณภาพชีวิตในระดับบุคคลแล้ว ยังส่งผลต่อทางเศรษฐกิจในระดับประเทศชาติ

การออกกำลังกายหรือมีกิจกรรมทางกาย (physical activity) เป็นประจำ จะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease) รวมทั้งโรคหลอดเลือดหัวใจ (coronary artery disease) [6] และลดความดันโลหิตสูง [7] การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน (arm swing exercise) เป็นการออกำลังกายที่มีต้นกำเนิดจากประเทศจีน และในปัจจุบันเริ่มเป็นที่นิยมและมีการฝึกฝนกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทย เนื่องจากรูปแบบการออกกำลังกายสามารถปฏิบัติได้ง่าย สะดวก ไม่ใช้พื้นที่มาก ผู้ที่ไม่มีทักษะในการเล่นกีฬาหรือการออกกำลังกายที่มีรูปแบบเฉพาะสลับซับซ้อนก็สามารถออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนได้ [8] นอกจากนี้การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน เป็นการออกกำลังกายแบบไพลโอเมตริก (plyometric) มีการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อกลุ่มตามและกลุ่มต้านเป็นจังหวะอย่างรวดเร็วทำให้กล้ามเนื้อยืดหยุ่นดีและได้แรงมากกว่าปกติ ได้ประโยชน์ทั้งแง่เสริมสร้างความแข็งแรงและเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิค [9] การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนสามารถลดความดันโลหิตซิสโตลิก (systolic blood pressure, SBP) เพิ่ม RMSSD (square root of the mean of the squaresof successive NN interval differences) และ HF (high frequency) ในผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะก่อนความดันโลหิตสูง (prehypertension) [10] ซึ่ง RMSSD และ HF เป็นตัวแปรในการประเมินความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจ (heart rate variability, HRV)

ความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจ (HRV) เป็นการประเมินการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ ด้วยการวัดค่าความแปรปรวนของการเต้นของ

หัวใจวัดได้จากความผันแปรของเวลาระหว่างหัวใจเต้นแต่ละครั้ง (variation in the beat to beat interval) [11] ซึ่งความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจต่ำมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด [12] นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก [13] และระดับความดันโลหิต [14] เป็นอีกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด

อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate: HR) คือ อัตราความเร็วของการบีบตัวของหัวใจเพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีหน่วยในการวัดเป็นครั้งต่อนาที ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ ไม่ว่าจะเป็นการ ยืน นั่ง เดิน นอน และขึ้นอยู่กับสภาวะความเครียด รวมทั้งสุขภาพร่างกายโดยรวม อัตราการเต้นของหัวใจไม่เพียงแต่ช่วยบ่งชี้สภาวะความผิดปกติของร่างกายเท่านั้น แต่ยังช่วยบ่งบอกถึงสุขภาพของหัวใจได้อีกด้วย การมีอัตราการเต้นของหัวใจที่เร็วบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อหัวใจไม่ดีพอที่จะสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกายได้อย่างเพียงพอ ตรงข้ามกับหัวใจเต้นช้าที่บ่งบอกถึงกล้ามเนื้อหัวใจสามารถสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกายได้โดยไม่ต้องบีบตัวด้วยความเร็วมาก [15] นอกจากนี้อัตราการเต้นของหัวใจยังเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงในการเกิดโรค โดยพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักสูงมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดมากขึ้น [13]

ความดันโลหิต หรือ ความดันเลือด (blood pressure: BP) คือ ความดันในหลอดเลือดเมื่อหัวใจบีบตัวสูบฉีดเลือดเข้าสู่หลอดเลือด ซึ่งเรียกว่า ความดันโลหิตซีสโตลิค (systolic blood pressure) และเมื่อหัวใจพักคลายตัว ซึ่งเรียกว่า ความดันโลหิตไดแอสโตลิค (diastolic blood pressure) ความดันโลหิตจัดเป็นหนึ่งในสัญญาณชีพที่สำคัญ (ความดันโลหิต อัตราการหายใจ ชีพจร และอุณหภูมิของร่างกาย) ซึ่งสามารถบอกถึงสุขภาพและโรคต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะเป็นความสำคัญเบื้องต้นที่บอกถึง โรคความดันโลหิตสูง การทำงานของหัวใจ และโรคหัวใจ [16]

การศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยสนใจศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยตัวแปรหลักในการประเมิน ได้แก่ ความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจ ความดันโลหิต และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยสนใจทำการศึกษาในกลุ่มวัยรุ่น เนื่องจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนที่ผ่านมาส่วนมากทำการศึกษาในผู้สูงอายุ ซึ่งความแตกต่างของอายุจะมีผลต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออก

กำลังกายที่ต่างกัน [17] และวัยรุ่นมักจะจดจ่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากกว่าวัยอื่น ๆ ส่งผลให้มีแนวโน้มของพฤติกรรมการออกกำลังกายน้อยลง นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ยังสนใจศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงเนื่องจากเพศหญิงมีแนวโน้มต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดสูงเมื่อเทียบกับเพศชาย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สมมติฐาน

1. การออกกำลังกายแบบแกว่งแขน 4 สัปดาห์ มีผลเพิ่มการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เกิดองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับผลการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดในวัยรุ่นเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขน
2. เป็นทางเลือกในการออกกำลังกายในกลุ่มวัยรุ่นเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดซึ่งเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญของประชากรไทย

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดในอาสาสมัครวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดีที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 25 ปี ที่ศึกษาในมหาวิทยาลัยพะเยา

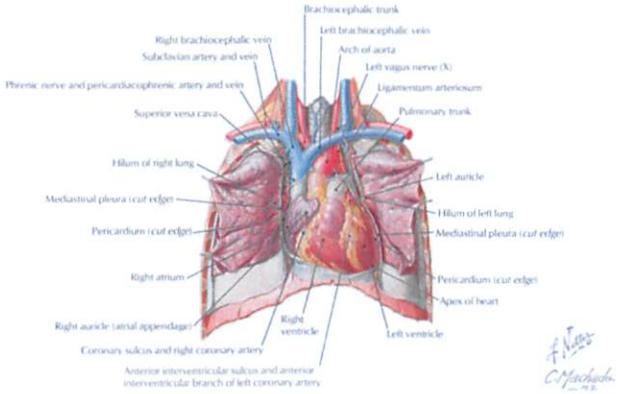
บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ระบบหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular system; CVS) เป็นระบบที่มีความสำคัญของร่างกาย มีองค์ประกอบ 2 อย่าง คือหัวใจ (heart) ทำหน้าที่เปรียบเสมือนเครื่องปั๊มเพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและหลอดเลือด (vessels) ทำหน้าที่เปรียบเสมือนท่อที่นำสารอาหารและก๊าซออกซิเจนในเลือด (oxygenated blood) ไปยังเนื้อเยื่อ อีกทั้งยังเป็นท่อที่รับของเสียและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (deoxygenated blood) จากเนื้อเยื่อกลับเข้าสู่หัวใจ ระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตทำงานสัมพันธ์กับระบบหายใจ โดยที่เลือดที่นำกลับเข้าสู่หัวใจจะถูกสูบฉีดไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซ ส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปกับการหายใจออกและรับก๊าซออกซิเจนที่ได้มาจากการหายใจเข้า โดยการทำงานลักษณะดังกล่าวจะทำให้เกิดภาวะสมดุลของร่างกาย เรียกว่า homeostasis

กายวิภาคศาสตร์ของหัวใจ

หัวใจมนุษย์มักจะมีขนาดใกล้เคียงกับกำปั้นของเจ้าของ รูปร่างทรงกรวยหรือปีรามิดหัวกลับวางอยู่ในทรวงอก (thoracic cavity) ตรงช่องที่เรียกว่า (mediastinum) เป็นช่องที่แบ่งแยกปอดทั้งสองข้างออกจากกัน ลักษณะของหัวใจที่คล้ายกับทรงกรวยหัวกลับทำให้ฐานหัวใจ (base of heart) อยู่ด้านบนต่อปลายยอดหัวใจ (apex of heart) บริเวณฐานหัวใจเป็นบริเวณที่มีหลอดเลือดขนาดใหญ่ที่นำเลือดเข้าและออกจากหัวใจ เรียกว่า (great vessels) ส่วนปลายยอดหัวใจจะมีทิศทางชี้พุ่งไปทางด้านซ้ายของ (thoracic wall) เนื่องจากหัวใจวางตัวแบบไม่สมมาตร โดยจะค่อนไปด้านซ้ายมากกว่า

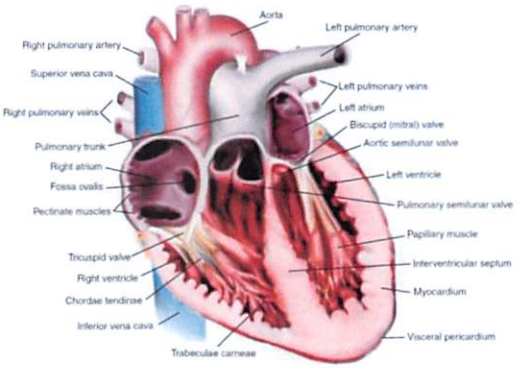


รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของหัวใจที่อยู่ในทรวงอก

(John T. Hansen, 2010)

หัวใจจะมีเยื้อหุ้มหัวใจเรียกว่า pericardium หุ้มอยู่เพื่อป้องกันไม่ให้หัวใจได้รับอันตรายจากแรงภายนอก และเมื่อผ่า pericardium ออก ผ่าแบ่งหัวใจบอกเป็นสองซีกหน้า-หลัง (coronal section) จะพบผนังหัวใจเรียกว่า cardiac wall ซึ่งมีความหนาของแต่ละบริเวณแตกต่างกันไป cardiac และ wall เหล่านี้จะฟอร์มเป็น cardiac septum กั้นภายในหัวใจออกเป็นห้อง เรียกว่า heart chambers โดยแต่ละห้องจะมีลิ้นหัวใจ (cardiac valves) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดที่ไหลผ่านแต่ละห้องไหลย้อนกลับ หัวใจห้องที่อยู่ทางด้านขวา (มี 2 ห้องคือ ห้องบนขวาและห้องล่างขวา) ถูกกั้นแยกจากห้องที่อยู่ทางด้านซ้าย (มี 2 ห้อง คือ ห้องบนซ้ายและห้องล่างซ้าย) ด้วย cardiac septum ที่เกิดจากผนังหัวใจ (cardiac wall) โดยเฉพาะชั้น myocardium และ dense connective tissue ซึ่ง cardiac septum ประกอบด้วย

1. interatrial septum เป็น cardiac septum ที่กั้นระหว่างห้องบนขวากับห้องบนซ้าย
2. interventricular septum เป็น cardiac septum ที่กั้นระหว่างห้องล่างขวากับห้องล่างซ้าย



รูปที่ 2 ภาพตัดขวางแสดงห้องหัวใจและลิ้นหัวใจ

(Terry Des Jardins, 2002)

เยื่อหุ้มหัวใจ (pericardium) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มหัวใจ และ great vessels ไว้แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

1. parietal pericardium เป็นเยื่อหุ้มหัวใจที่อยู่ชั้นนอกสุด ประกอบด้วยชั้นย่อย 2 ชั้น

1.1 fibrous layer อยู่ชั้นนอก มีลักษณะหนาเหนียว เนื่องจากมีองค์ประกอบเป็น fibrous connective tissue ด้านบน ติดแนบกับ great vessels ส่วนด้านล่างเชื่อมติดกับ diaphragm ชั้นนี้จะทำหน้าที่ป้องกันอันตรายจากแรงภายนอกกระทำต่อหัวใจ

1.2 serous layer อยู่ในต่อ fibrous layer มีลักษณะเป็นเยื่อบุแบบ simple squamous epithelium โดยตรงบริเวณใกล้กับ great vessels ชั้นนี้จะมีการวกกับลงไปด้านล่างกลายเป็น visceral pericardium

2. visceral pericardium เป็นส่วนของ serous layer ของ parietal pericardium ที่วกกลับมาหุ้มหัวใจกลายเป็นผนังหัวใจที่อยู่ชั้นนอกสุด จึงมีลักษณะของเยื่อบุที่เหมือนกัน

ระหว่าง serous layer ของ parietal pericardium และ visceral pericardium จะเป็นช่องว่างที่เรียกว่า pericardium cavity ช่องนี้บรรจุด้วย pericardium fluid ซึ่งสร้างจากเซลล์เยื่อบุของเยื่อหุ้มหัวใจ สารน้ำนี้ทำหน้าที่หล่อลื่นป้องกันการเสียดสีระหว่างเยื่อหุ้มเยื่อหุ้มหัวใจขณะที่หัวใจมีการหดตัวและคลายตัว หากมีการอักเสบของเยื่อหุ้มหัวใจ (pericarditis) จะกระตุ้นให้การหลั่ง pericardial fluid มากกว่าปกติ หรือแม้แต่การที่มีเลือดคั่งจากการอุบัติเหตุหรือถูกแทงทำให้ pericardial space มีความดันสูง ส่งผลต่อการหดตัวคลายตัวเพื่อสูบฉีดเลือดของหัวใจไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ ได้น้อย เรียกภาวะดังกล่าวว่า cardiac temponade

ผนังหัวใจ (cardiac wall) แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

1. epicardium เป็นผนังชั้นนอกสุด มีลักษณะเป็น serous membrane ที่ประกอบด้วย squamous cell เรียงตัวชั้นเดียว แต่บางตำแหน่งที่มีไขมันหนา เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) เหล่านี้ประกอบเป็นผนังหัวใจชั้นนี้ด้วย epicardium ถือเป็นเยื่อหุ้มหัวใจชั้น visceral pericardium ที่ทำหน้าที่สร้าง pericardial fluid

2. myocardium เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลาง มีความหนามากที่สุด เพราะเป็นตำแหน่งของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle cells) มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของหัวใจ ความหนาของหนังหัวใจแต่ละห้องจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับหน้าที่การสูบฉีดเลือด โดย cardiac muscle จะเรียงตัวในลักษณะเฉียงวนรอบหัวใจ ระหว่าง epicardium และ myocardium จะมีหลอดเลือดแดงที่เรียก coronary arteries ที่นำเลือดแดงมาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ และมีหลอดเลือดดำ cardiac veins นำเลือดที่มีของเสียออกจากผนังหัวใจ

3. endocardium มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ ประกอบด้วย simple squamous epithelium เหมือน epicardium บุโพรงด้านในของหัวใจแต่ละห้องรวมทั้งลิ้นหัวใจ และต่อเนื่องกับผนังด้านในของ great vessels ที่เข้าออกจากหัวใจด้วย

ห้องหัวใจ (heart chamber) หัวใจมนุษย์ประกอบด้วย heart chamber ทั้งหมด 4 ห้อง ดังนี้

1. right atrium หรือหัวใจห้องบนขวา เป็นหัวใจห้องที่รับเลือดดำ จาก 3 ส่วนหลัก ของร่างกาย ได้แก่
   - 1.1 superior vena cava รับเลือดดำจากส่วนบนของร่างกายตั้งแต่ diaphragm ขึ้นมา
   - 1.2 inferior vena cava รับเลือดดำจากส่วนร่างของร่างกายตั้งแต่ diaphragm ลงไป
   - 1.3 coronary sinus รับเลือดดำที่มาจากผนังหัวใจเอง

   หากมองจากด้านนอกของหัวใจห้องบนขวาจะพบว่าหัวใจห้องนี้จะค่อนไปทางด้านหลังของทรวงอก เนื่องจากหัวใจจะวางตัวอยู่เอนไปด้านหลัง ทำให้หัวใจห้องบนทั้งด้านซ้ายและด้านขวาอยู่ทางด้านหลังในตำแหน่งจริง (anatomical position) ส่วนหน้าจะเห็นว่ามีส่วนผนังหัวใจยื่นออกมาลักษณะคล้ายหูช้างเรียกว่า right auricle สามารถยืดขยายได้เมื่อมีเลือดเข้ามายังหัวใจห้องบนขวา

   ผนังด้านในของหัวใจห้องบนขวาจะมีลักษณะที่ไม่เหมือนกันทั้งหมด ผนังด้านหลังจะมีความเรียบเรียกว่า smooth part จะมีรูเปิดของหลอดเลือดดำทั้งสามเส้นมาเปิดอยู่ โดยรูเปิดของ superior venacava อยู่ทางด้านบน ขณะที่รูเปิดของ inferior

venacava จะอยู่ที่ด้านล่าง ส่วนด้านในต่อรูเปิดของ Inferior venacava จะพบรูเปิดของ coronary sinus โดยรูเปิดของ inferior venacava และ coronary sinus จะพบว่ามีลิ้นกั้นอยู่ผนังด้านในตรงตำแหน่งของ interatrial septum ยังมีลักษณะเรียบเช่นกัน ตรงกลางจะมีลักษณะเป็นแอ่งรูปไข่เรียกว่า oval fossa ในช่วงที่มนุษย์ยังเป็นตัวอ่อน บริเวณนี้จะเป็นรูเปิดระหว่างหัวใจห้องบน ทั้งสองด้าน เพื่อให้เลือดไหลผ่านไปยังหัวใจห้องบนซ้ายทันที ต่อมาภายหลังจึงมีการปิดเหลือเป็นแอ่งดังกล่าว

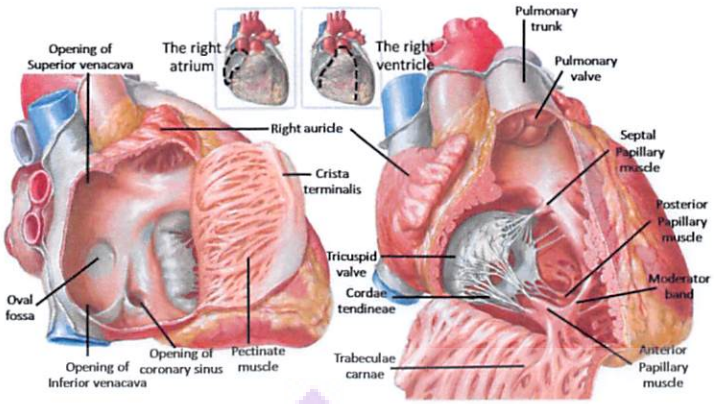
ผนังด้านหน้าจะมีความขรุขระเรียกว่า rough part เนื่องจากมีกล้ามเนื้อหัวใจดันตัวเข้าไปด้านในเกิดเป็นสันที่มีทิศทาง ขนานกันเหมือนซี่หวีเรียกว่า pectinate line หรือ pectinate muscle โดยที่ smooth part กับ rough part จะมีโครงสร้างที่ เป็นสันนูนขึ้นมากั้นอยู่เรียกว่า crista terminalis

2. right ventricle รับเลือดดำจากหัวใจห้องบนขวา ซึ่งมีลิ้นหัวใจ tricuspid valve กั้นอยู่ เป็นหัวใจห้อง ที่มีผนังกล้ามเนื้อหัวใจหนา เนื่องจากต้องหดตัวสูบฉีดเลือดดำไปยังปอดโดยผ่าน pulmonary valve และ pulmonary trunk ก่อนจะไปที่ปอด ผนังด้านในของหัวใจห้องล่างขวาจะมีความขรุขระไม่เรียบทั้งหมด เนื่องจากมีกล้ามเนื้อหัวใจดันเข้าไปด้านใน โดยจะพบได้ 3 ลักษณะ คือ

2.1 papillary muscle เป็นส่วนกล้ามเนื้อหัวใจที่ดันปูดเข้าไปจนมีลักษณะเหมือนนิ้วมือ ตรงปลายจะยึดกับ cordae tendineae ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นของ dense connective tissue และ cordae tendineae จะไปยึดกับขอบล่างของ tricuspid valve โดยที่ papillary muscle มีทั้งหมด 3 แท่งสัมพันธ์กับ tricuspid valve ได้แก่ anterior, posterior และ septal papillary muscle (ดันยื่นออกมาจาก interventricular septum)

2.2 septomarginal trabeculae หรือ moderator band มีลักษณะเป็นแท่งยื่นออกมาจาก interventricular septum เพื่อไปเชื่อมกับ anterior papillary muscle

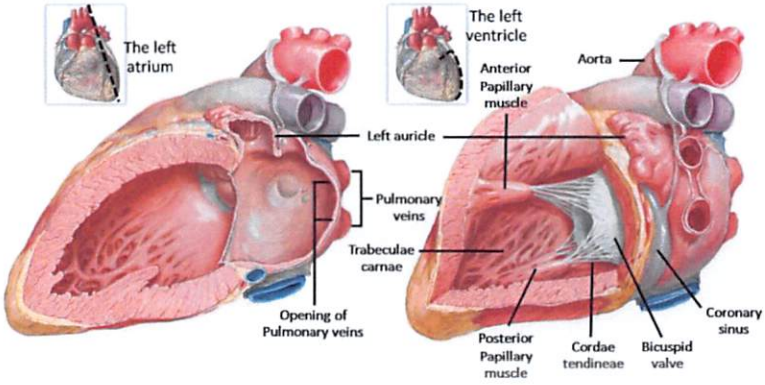
2.3 trabeculae carnae เป็นกล้ามเนื้อหัวใจยื่นเข้าไปด้านในสานเป็นลักษณะตาข่าย กระจายทั่วไปตามผนังด้านในของหัวใจห้องล่างขวา



รูปที่ 3 แสดงลักษณะภายในของหัวใจห้องบนขวา(ภาพทางด้านซ้าย)และหัวใจห้องล่างขวา (ภาพทางด้านขวา)
(John T. Hansen, 2010)

3. left atrium เป็นหัวใจห้องที่รับเลือดแดงที่ได้หลังจากการแลกเปลี่ยนก๊าซจากปอด หากมองจากด้านนอกจะค่อนไปอยู่ตำแหน่ง superoposterior ของหัวใจ ด้านหน้าจะพบ left auricle เช่นเดียวกับหัวใจห้องบนขวา ด้านหลังมี pulmonary vein 4 เส้นนำเลือดแดงมาเปิดเข้า (มาจากด้านขวาและซ้ายอย่างละ 2 เส้น) ผนังด้านในของหัวใจห้องบนซ้ายมีทั้ง rough part (ตรงกับตำแหน่ง left auricle) และ smooth part ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ มีรูเปิดของ pulmonary vein 4 รู ด้านล่างจะพบขอบโครงของลิ้นหัวใจชื่อ bicuspid valve กั้นระหว่างหัวใจห้องบนซ้ายกับห้องล่างซ้าย

4. left ventricle เป็นหัวใจห้องที่รับเลือดแดงมาจากหัวใจห้องบนซ้าย ผนังมีความหนามากกว่าหัวใจห้องล่างขวาถึง 3 เท่า เนื่องจากมีชั้นของ myocardium ที่หนามากช่วยในการหดตัวสูบฉีดเลือดแดงผ่านทาง bicuspid valve และ aorta ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย ผนังด้านในของหัวใจห้องล่างซ้ายจะมีลักษณะไม่เรียบ ขรุขระทั้งหมด เช่นเดียวกับหัวใจห้องล่างขวา ประกอบด้วย papillary muscle 2 แท่งที่ตรงปลายจะเชื่อมกับ cordae tendineae และ cordae tendineae นี้จะไปยึดกับของล่างของ bicuspid valve ซึ่งมีบทบาทในการป้องกันการย้อยกลับของเลือดจากหัวใจห้องล่างซ้ายไปยังห้องบนซ้าย นอกจากนี้ยังพบ trabeculae carnae เช่นเดียวกับห้องล่างขวาแต่ไม่พบ septomarginal trabeculae หรือ moderator band



รูปที่ 4 แสดงลักษณะภายในของหัวใจห้องบนซ้าย(ภาพทางด้านซ้าย)และหัวใจห้องล่างซ้าย (ภาพทางด้านขวา)
(John T. Hansen, 2010)

ลิ้นหัวใจ (cardiac valve) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนที่มีแกนเป็น dense connective tissue ทั้งสองด้านถูกปกคลุมด้วย endocardium อยู่ตรงตำแหน่งระหว่างหัวใจห้องบนกับหัวใจห้องล่าง หรือระหว่างหัวใจห้องล่างกับเส้นเลือดใหญ่ที่ออกจาก หัวใจลิ้นหัวใจเหล่านี้จะเกาะอยู่ที่แกนหรือโครงร่างของหัวใจที่เรียกว่า fibrous skeleton โดยลิ้นหัวใจจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. atrioventricular (AV valve) คือลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างหัวใจห้องบนและห้องล่างมีลักษณะเป็นแผ่น (cusp) ทำหน้าที่ป้องกั้นการไหลย้อนเมื่อเลือดไหลจากหัวใจห้องบนลงไปยังหัวใจห้องล่าง แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1.1 tricuspid valve คือลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างหัวใจห้องบนขวาและห้องล่างขวา จะมีลักษณะเป็นแผ่นทั้งหมด 3 แผ่น ขอบด้านล่างยึดกับ cordae tendineae (รูปที่ 3)

1.2 bicuspid valve (mitral) คือลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างหัวใจห้องบนซ้ายกับหัวใจห้องล่างซ้าย จะมีลักษณะเป็นแผ่นทั้งหมด 2 แผ่น ขอบด้านล่างยึดกับ cordae tendineae (รูปที่ 4) กลไกการทำงานของ AV valve จะอาศัยปริมาตรเลือดในหัวใจห้องบนเป็นหลัก หากมีปริมาตรเลือดมากพอจะทำให้เกิดแรงดันที่ด้านบนของ AV valve ทำให้ AV valve เปิดออก เลือดจากหัวใจห้องบนจะไหลเข้ามายังหัวใจห้องล่าง และเมื่อปริมาตรเลือดในหัวใจห้องล่างมากพอจะเกิดแรงดันที่ด้านล่างของ AV valve ส่งผลให้ AV valve ปิด และ

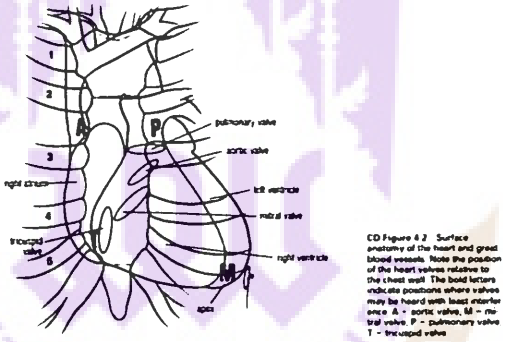
เมื่อหัวใจห้องล่างหดตัวเพื่อสูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ papillary muscle ก็จะหดตัวเช่นกัน ทำให้ cordae tendineae หย่อนทำให้ AV valve ปิดแน่นขึ้น ป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

2. semilunar valve คือลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างหัวใจห้องล่างกับเส้นเลือดขนาดใหญ่ที่ออกจากหัวใจ ได้แก่ pulmonary trunk และ aorta มีลักษณะเป็นแผ่นที่โค้งงอเหมือนพระจันทร์เสี้ยวหรือแอ่งถ้วย ทำหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนเมื่อเลือดไหลจากหัวใจห้องล่างผ่านไปยังหลอดเลือดขนาดใหญ่แล้ว แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 pulmonary valve คือลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างหัวใจห้องล่างขวากับ pulmonary trunk

2.2 aortic valve คือลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างหัวใจห้องล่างซ้ายกับ aorta

กลไกการทำงานของ semilunar valve เริ่มจากหัวใจห้องล่างเกิดการหดตัวเกิดแรงดันเลือดกระแทกผ่าน semilunar valve ทำให้เปิดออก และเลือดจะพุ่งขึ้นผ่านไปยังเส้นเลือดขนาดใหญ่ หลังจากนั้นเมื่อหัวใจห้องล่างคลายตัวแรงดันเลือดลดลง เลือดจะไหลตกลงมาและกระแทกด้านบนของ semilunar valve ทำให้ลิ้นปิดไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ



รูปที่ 5 แสดง surface anatomy ของหัวใจและเส้นเลือดใหญ่ที่ออกจากหัวใจ

(Richard S. Snell)

หัวใจได้รับเลือดแดงมาเลี้ยงหัวใจ เพื่อให้กล้ามเนื้อหัวใจทำงานได้ตามปกติโดยระบบไหลเวียนเลือดของหัวใจเรียกว่า coronary circulation เลือดแดงที่ส่งผ่าน aorta นอกจากจะส่งไปยังเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกายแล้ว ที่บริเวณโคนของ aorta จะมีแขนงแตกออกทางด้าน anterolateral เพื่อนำเลือดแดงไปเลี้ยงผนังของหัวใจซึ่งส่วนใหญ่เป็นกล้ามเนื้อหัวใจ แขนงของ aorta ดังกล่าวมี 2 แขนงแตกไปทางด้านซ้ายและขวาเรียก left and right coronary artery จึงเรียก arterial supply ของหัวใจนี้ว่า coronary circulation (รูปที่5)

left coronary artery จะแทรกลงไปในร่องที่เรียกว่า coronary sulcus ทอดลึกต่อ left auricle แล้วแตกออกเป็น 2 แขนงหลัก เพื่อไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจทางด้านซ้ายทั้งทางด้านหน้า

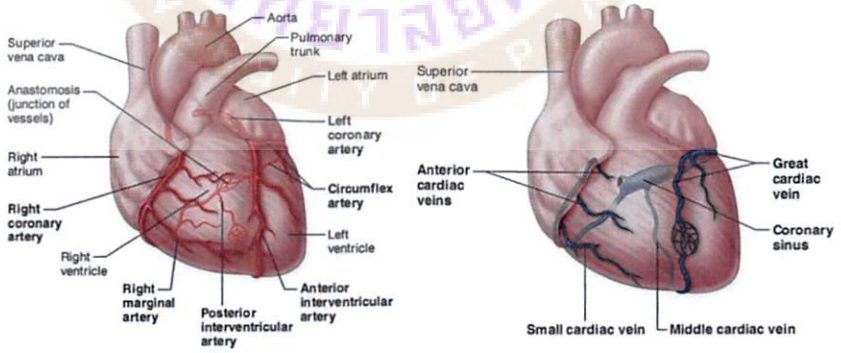
และด้านหลัง left coronary arteries แบ่งออกเป็น 2 แขนง คือ anterior interventricular branch และ circumflex branch (รูปที่ 6)

right coronary artery จะแทรกลงไปในร่องที่เรียกว่า coronary sulcus ทอดลึกต่อ right auricle แล้วแตกออกเป็น 2 แขนงหลัก เพื่อไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจทางด้านขวาทั้งทางด้านหน้าและด้านหลัง right coronary arteries แบ่งออกเป็น 2 แขนง คือ right marginal branch และ posterior interventricular branch (รูปที่ 6)

ส่วนปลายของหลอดเลือด anterior interventricular branch จะเชื่อมกับปลายของหลอดเลือด posterior interventricular branch เรียกลักษณะการเชื่อมกันของหลอดเลือดนี้ว่า arterial anastomoses (รูปที่ 5) กรณีที่มีการอุดตันหลอด coronary arteries ด้านใดด้านหนึ่ง หลอดเลือดที่เหลือจะยังสามารถส่งเลือดแดงไปทดแทนได้ เรียกการไหลเวียนเลือดนี้ว่า collateral circulation หลังจากที่เลือดแดงไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจแล้ว เลือดดำจากหัวใจจะกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา เรียกว่า venous return ของหัวใจ ผ่านทางหลอดเลือดที่นำเลือดที่รับเลือดดำจากบริเวณต่าง ๆ ของผนังหัวใจ ประกอบด้วย

- great cardiac vein
- posterior interventricular (middle cardiac vein)
- small cardiac vein

หลอดเลือดดำทั้งหมดจะนำเลือดดำจากหัวใจไปยังกระเปาะหลอดเลือดดำที่เรียกว่า coronary sinus ที่แทรกอยู่ตรง coronary sulcus อยู่ทางด้านหลังของหัวใจ แล้วนำเลือดดำเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา

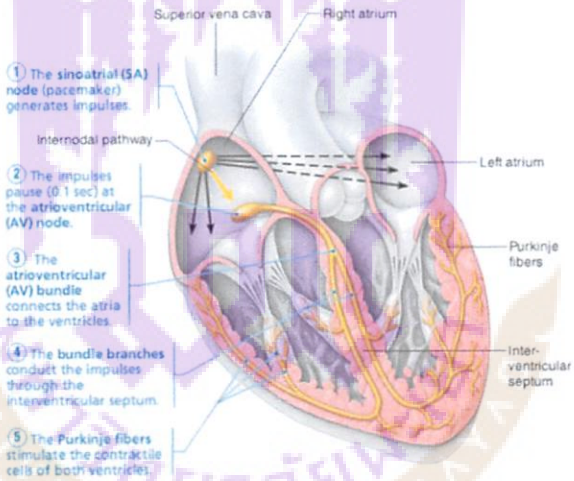


รูปที่ 6 แสดงหลอดเลือดที่นำเลือดแดงไปเลี้ยงผนังหัวใจ (ภาพทางด้านซ้าย) หลอดเลือดที่นำเลือดดำจากผนังหัวใจ (cardiac veins) ไปยังหัวใจห้องบนขวา (ภาพทางด้านขวา)

3. atrioventricular (AV) bundle (bundle of His) มีลักษณะเป็นแท่งที่แตกแขนงเป็น right and left bundle branches ทั้งสองแขนงจะไปยัง interventricular septum แต่ละด้าน มุ่งไปที่ apex ของหัวใจ

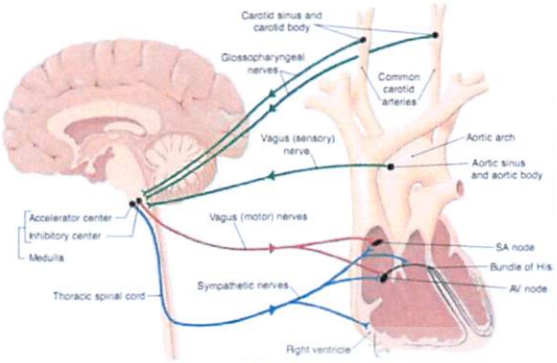
4. purkinje fibers มีลักษณะเป็นแขนงที่แตกออกมาจาก bundle branches แทรกไปยังผนังชั้น myocardium ของ ventricle แต่ละข้าง เพื่อกระตุ้นให้ cardiac myocytes ของผนังหัวใจห้องล่างมีการหดตัว เพื่อส่งเลือดออกจากหัวใจ

จากการทำงานของ conducting system ของหัวใจจะพบว่าการหดตัวของหัวใจห้องบนและห้องล่าง จะไม่เกิดพร้อมกัน แต่จะหดตัวเพื่อให้เกิดการประสานสัมพันธ์ของการสูบฉีดเลือดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยที่หัวใจห้องบนจะหดตัวก่อนแล้วหัวใจ ห้องล่างจึงหดตัวตามมา



รูปที่ 7 แสดงการนำกระแสไฟฟ้าของหัวใจ

อย่างไรก็ตามหัวใจก็ยังต้องการเส้นประสาท (nerve) มาเลี้ยงถึงแม้ว่าจะมี conducting system อยู่แล้ว เพื่อทำหน้าที่ปรับจังหวะการเต้นของหัวใจ และความแรงของการหดตัวให้แรงขึ้น แต่ไม่เกี่ยวข้องกับกระกระตุ้นให้ cardiac myocytes มีการหดตัว โดยเส้นประสาทที่มาเลี้ยงหัวใจจะเป็นของ autonomic nervous system ได้แก่ sympathetic และ parasympathetic nerve โดยศูนย์การทำงานของหัวใจจะอยู่ที่ medulla oblongata ของก้านสมอง



รูปที่ 8 แสดงการควบคุมการทำงานของหัวใจ โดยมีศูนย์กลางการควบคุมอยู่ที่ medulla oblongata ผ่านการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

สรีรวิทยาการทำงานของหัวใจ

หัวใจมีการทำงานเป็นวงจร คือมีช่วงหัวใจบีบตัว (systolic phase) และช่วงหัวใจคลายตัว (diastolic phase) ในแต่ละช่วงการทำงานจะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรและความดันเลือดภายในห้องหัวใจ ในช่วงการบีบตัวจะเป็นช่วงที่เลือดออกจากห้องหัวใจ ในขณะที่คลายตัวจะเป็นช่วงที่เลือดไหลเข้าสู่ห้องหัวใจ ทำให้เกิดการเติมเลือดในห้องหัวใจหรือที่เรียกว่า filling time ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณเลือดในห้องหัวใจ ก่อให้เกิดความสัมพันธ์กับ tension ของการหดตัวตามมา สามารถอธิบายได้จาก frank-staring law หรือ frank-staring mechanism กล่าวคือ “ภายใต้ภาวะทางสรีรวิทยาที่จำกัด แรงของการบีบตัวของหัวใจจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อเริ่มต้น” ซึ่งหมายความว่าแรงของการบีบตัวของหัวใจจะเพิ่มขึ้นถ้ามีเลือดในช่องหัวใจมากขึ้นซึ่งทำให้ความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อหัวใจเพิ่มขึ้นนั่นเอง ซึ่งก็คือถ้า end-diastolic volume ของหัวใจห้องล่างซ้ายเพิ่มขึ้น (เพิ่ม preload) จะทำให้ stroke volume เพิ่มขึ้น วงรอบการทำงานของหัวใจ (cardiac cycle) หมายถึงลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเต้นของหัวใจหนึ่งรอบ ได้แก่

1. ซิสโทล (systole) หมายถึง การหดตัวของห้องหัวใจที่ทำให้ห้องหัวใจว่างลง การหดตัวมีทั้งห้องบนและห้องล่าง จังหวะการทำงานเกิดเมื่อเลือดจากวงจรไหลเวียนของเลือดทั่วร่างกายเข้าสู่หัวใจห้องบนขวา ในขณะที่ห้องบนซ้ายก็รับเลือดจากปอด ปริมาตรและความดันจะเริ่มสูงขึ้นในห้องบน ซึ่งเกิดขึ้นในระยะคลายตัว เมื่อความดันห้องบนมากกว่าห้องล่าง AV valve จะเปิดให้เลือดไหลเข้าสู่ห้องล่างซึ่งอยู่ในระยะคลายตัว จากนั้นห้องบนจะดีโพลาไรเซชัน

(depolarization) ทำให้เกิดการหดตัว เรียกว่า atrial systole บีบตัวไล่เลือดให้ผ่านจากห้องบนลงสู่ห้องล่าง เหตุการณ์นี้จะเริ่มเพิ่มปริมาตรและความดันของหัวใจห้องล่าง ขณะที่หัวใจห้องบนคลายตัวหัวใจห้องล่างก็เริ่มดีโพลาไรเซชันเพื่อการหดตัว ทำให้ความดันมากขึ้น ความดันที่มากขึ้นนี้จะทำ ให้ AV valve ปิด มีผลให้เกิดเสียงหัวใจเสียงที่ 1 (first heart sound) ระยะนี้ลิ้นหัวใจปิดหมดทุกลิ้น ระยะนี้มีการหดตัวไอโซเมตริก หรือเรียกว่าการหดตัวไอโซโวลูมเมตริก (isometric contraction หรือ isovolumetric contraction) ซึ่งหมายถึง กล้ามเนื้อมีความตึงตัว มีแรงดัน แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของใยกล้ามเนื้อ จากนั้นหัวใจห้องล่างมีความดันสูงกว่าห้องบน ทำให้ pulmonary valve และ aortic valve เปิด คลื่นดีโพลาไรเซชันจะแผ่กระจายไปทั่วห้องล่าง ทำให้เกิด ventricular systole มีการหดตัวของหัวใจห้องล่างตามมา เลือดจะถูกสูบออกจากหัวใจ โดยเลือดจากห้องล่างซ้ายจะเข้าสู่หลอดเลือด aorta เลือดจากห้องล่างขวาจะเข้าสู่หลอดเลือด pulmonary artery ระยะนี้เป็นระยะที่หัวใจสูบฉีดเลือดออกจากหัวใจอย่างรวดเร็ว (rapid ejection period) และเป็นระยะเริ่มต้นการบีบตัว แล้วจะเกิดระยะลดการสูบฉีด (reduce ejection) ตามมา ระยะนี้ความดันในห้องล่างจะเริ่มต่ำลง ห้องบนเริ่มมีความดันสูงกว่าห้องล่าง เกิดรีโพลาไรเซชัน (repolarization) ของกล้ามเนื้อหัวใจ เมื่อความดันของหัวใจห้องล่างต่ำลง จะทำให้เลือดใน aorta และ pulmonary artery ดันกลับ เป็นผลให้ aortic valve และ pulmonary valve ปิด ทำให้เกิดเสียงหัวใจเสียงที่สอง (second heart sound) ในระยะนี้เรียกว่า protodiastole ระยะนี้ AV valve ยังปิดอยู่เนื่องจากแรงดันของ เลือดจากการบีบตัวของห้องล่างซ้าย เป็นระยะของการคลายตัวไอโซโวลูมเมตริก (isovolumetric หรือ isometric relaxation) หลังจากระยะนี้แล้วก็จะเริ่มการทำงานในวงรอบใหม่

2. ไดแอสโทล (diastole) หมายถึง ระยะการคลายตัวของหัวใจ ซึ่งเกิดขึ้นก่อนและระหว่างที่มีเลือดไหลเข้าสู่ห้องหัวใจ ระยะการคลายตัวดังกล่าวมีทั้ง atrial and ventricular diastole ของห้องบนและห้องล่าง

อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ในวงรอบการทำงานของหัวใจมีการสร้างคลื่นไฟฟ้า โดยมีจุดเริ่มต้นคือ SA node ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์พิเศษอยู่บริเวณรอยต่อของหลอดเลือด superior venacava กับหัวใจห้องบนขวา เรียกว่าเป็นตัวเริ่มต้นการทำงานของหัวใจ คลื่นไฟฟ้าจาก SA node จะแผ่ไปที่ห้องบนเป็นผลให้เกิดการหดตัวของหัวใจห้องบน และคลื่นถูกส่งต่อไปยัง AV node ที่อยู่ในผนังกั้นระหว่างห้องบน แล้วส่งต่อไปยังกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างโดยผ่าน AV bundle กับเส้นใย perkinje ซึ่ง กระจายอยู่ทั่วหัวใจห้องล่างทำให้ครบรอบการเต้น

1 ครั้ง อัตราการเต้นของหัวใจวัดเป็นครั้งต่อนาที ในคนทั่วไปจะมีอัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 70-100 ครั้งต่อนาที

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ทำได้โดยใช้ stethoscope วางทาบตรงตำแหน่งตอนล่างของหน้าอก ขยับมาทางด้านซ้าย เล็กน้อยฟังเสียงและจับเวลาการทำงานของหัวใจทำให้เกิดการแกว่งของส่วนปลายด้านแหลมไปในแนวตามเข็มนาฬิกา เนื่องจาก ห้องบนและห้องล่างมีการหดตัวไม่พร้อมกัน เรียกการแกว่งที่เกิดขึ้นนี้ว่า apex beat ที่สามารถสัมผัสได้ที่หน้าอกตรงตำแหน่งของปลายด้านแหลมของหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน

- sympathetic nervous มีผลกระตุ้นให้เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ
- parasympathetic nervous มีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจ

ระบบประสาททั้งสองระบบจะควบคุมผ่านทาง SA node นอกจากนี้ฮอร์โมนที่มีฤทธิ์คล้ายกับสารที่หลั่งโดยปลาย ประสาท sympathetic ซึ่งได้แก่ norepinephrine ที่หลั่งโดยต่อมหมวกไตส่วนในก็มีผลเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ในขณะที่สารเคมีที่มีโครงสร้างแบบเดียวกันกับสารที่หลั่งโดยปลายประสาทของ parasympathetic ซึ่งได้แก่ acetylcholine ก็มีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของร่างกาย
- ความเข้มข้นของอีเล็กโตรไลท์ในพลาสมา (กรณีนี้เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน (aldosterone))
- ความเข้มข้นของผลิตผลที่เกิดจากกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ เช่น adenosine

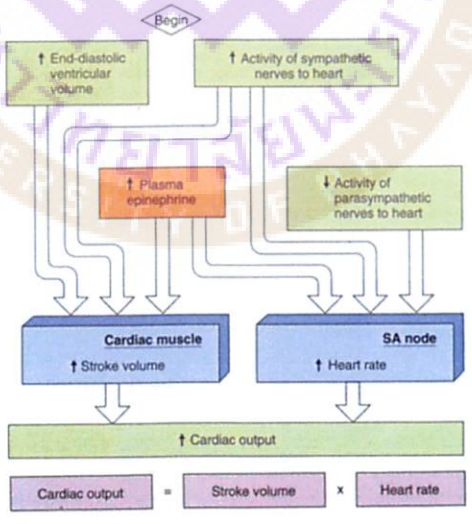
หากอัตราการเต้นของหัวใจมีความผิดปกติ จะส่งผลถึงปริมาณเลือดที่ไหลเข้าและออกจากห้องหัวใจ หากหัวใจไม่มี filling time ที่เพียงพอจะทำให้ค่าการทำงานของหัวใจเปลี่ยนแปลงไปด้วย ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะส่งผลกระทบถึงการทำงานของหัวใจ (cardiac performance)

cardiac output (CO) และ stroke volume (SO) ในวงจรการทำงานของหัวใจ ทำให้เกิดการไหลของเลือดออกจากหัวใจ การไหลของเลือดออกจากหัวใจห้องล่างต่อการเต้นหนึ่งครั้ง เรียกว่า stroke volume ปริมาตรของเลือดที่ออกจากหัวใจห้องล่างใน เวลา 1 นาที เรียกว่า cardiac output ดังนั้น cardiac output จะเท่ากับผลคูณของ stroke volume กับ อัตราการเต้นของหัวใจ สามารถคำนวนได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$CO = SV \times HR$$

CO = cardiac output, SV = stroke volume, HR = heart rate

cardiac output และ stroke volume จะเปลี่ยนไปตามการทำงานของหัวใจ ขึ้นกับการควบคุมการทำงานของหัวใจเอง นอกจากนี้ยังขึ้นกับความแรงของการบีบตัวของหัวใจห้องล่าง ซึ่งหมายถึงความสามารถในการบีบหรือไล่เลือดออกจากหัวใจห้องล่าง และยังขึ้นกับปริมาตรของเลือดที่มาจากห้องบนเข้าสู่หัวใจห้องล่างในจังหวะสิ้นสุดของการบีบตัว และเป็นจังหวะเริ่มต้น ของการคลายตัวของหัวใจห้องล่างที่เรียกว่า กลไกแฟรงค์-สตาร์ลิง (the frank-starling mechanism) หมายความว่า stroke volume ขึ้นกับความสามารถในการบีบตัวไล่เลือดของห้องบนเข้าสู่ห้องล่างด้วยเช่นกัน

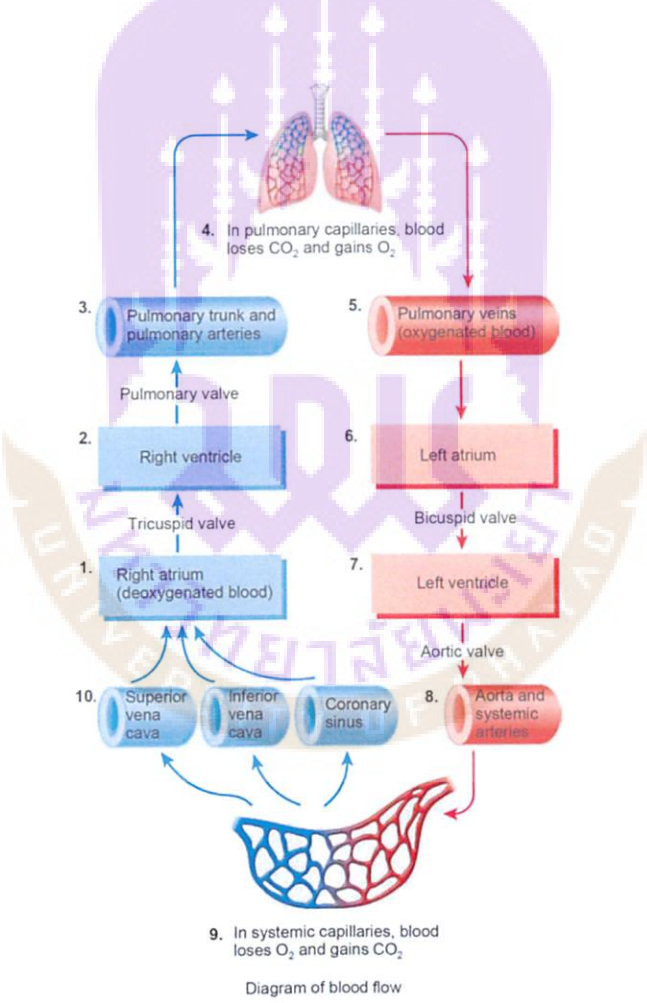


รูปที่ 9 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อ cardiac output

(ที่มา: http://fat.surin.rmuti.ac.th/teacher/songchai/circulatory/cardiac%20cycle.htm)

สรีรวิทยาระบบไหลเวียนโลหิต

ระบบไหลเวียนโลหิตแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ ได้แก่ ระบบไหลเวียนโลหิตจากหัวใจไปยังปอด (pulmonary circulation) และระบบไหลเวียนโลหิตที่ส่งเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย (systemic circulation) เลือดที่ไหลผ่านทั่วร่างกายจะกลับ เข้าสู่หัวใจห้องบนขวาผ่าน superior venacava และ inferior venacava ในทางคลินิกมีการใส่สายสวนหัวใจผ่านทางหลอดเลือดดำที่เข้าสู่หัวใจ (central venous pressure, CVP) เพื่อวัดค่าความดันในหัวใจห้องบนขวา บ่งชี้การทำงานของหัวใจห้องขวา โดยทั่วไป pulmonary circulation จะมีค่าน้อยกว่า systemic circulation หรืออีกในหนึ่งกล่าวได้ว่าความดันของหัวใจซีกขวาที่ส่งเลือดไปยังปอด มีค่าน้อยกว่าความดันของหัวใจห้องซ้ายที่ส่งเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย



รูปที่ 10 แสดงระบบการไหลเวียนโลหิตทั้ง 2 ระบบ

(Gerard J. Tor tora and Bryan Derrickson, 2009)

ความดันโลหิต (blood pressure) ขึ้นอยู่กับปริมาณเลือดที่ไหลออกจากหัวใจ (cardiac output) และความต้านทาน ของหลอดเลือดทั่วร่างกาย (total peripheral blood resistance) สามารถคำนวนได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$BP = CO \times TPR$$

BP = blood pressure, CO = cardiac output, TPR = total peripheral resistance

ความดันโลหิตทั่วร่างกาย (systemic circulation) มี 2 ค่า คือ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (systolic blood pressure, SBP) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (diastolic blood pressure, DBP) โดยทั่วไปมีค่าปกติประมาณ 120 และ 80 มิลลิเมตรปรอท (mmHg) ตามลำดับ ความดันเลือดแดงมีลักษณะเป็น pulsatile คือสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (systole) และต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัว (diastole) แต่ต่อไปเมื่อถึงหลอดเลือดเล็กๆ ลักษณะของการเกิด pulsatile จะค่อยๆ ลดลงและหมดไป ทีละน้อยอันเกิดจากการยืดหยุ่นและความต้านทานของหลอดเลือด

ในกรณีที่ต้องการทราบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตทั่วร่างกาย (mean arterial pressure, MAP) สามารถคำนวณได้จากความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (systolic blood pressure และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (diastolic blood pressure) สามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$MAP = DBP + (SBP - DBP)/3$$

MAP = mean arterial pressure, DBP = diastolic blood pressure,
SBP = systolic blood pressure

ปัจจัยที่มีผลต่อความดันโลหิต

ค่าความดันโลหิตขึ้นอยู่กับแรงบีบของหัวใจ ปริมาณเลือดและความต้านทานของหลอดเลือด ซึ่งปัจจัยดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ การสูบฉีดของหัวใจ (pumping action of heart) แรงบีบของหัวใจที่บีบตัวส่งเลือดออกไปตามหลอดเลือดมีความสำคัญที่สุดเหมือนเป็นเครื่องสูบน้ำไปตามท่อ ถ้าขาดปัจจัยนี้จะไม่มีความดันเลือดเลย แต่ความดันที่ได้นั้น เพิ่มและลดเป็นช่วงๆ (pulsatile) คือจะมีค่าสูงขณะหัวใจบีบตัวและจะต่ำเมื่อหัวใจคลายตัวเพราะ

เป็นระยะที่ไม่มีแรงส่งออกไป ปริมาณเลือดที่ไหลเวียน (circulating blood volume) ปริมาณของเลือดที่บรรจุอยู่ในหลอดเลือดหรือปริมาณเลือดในระบบหลอดเลือดแดง ซึ่งมีเลือดอยู่เพียง ¼ ของเลือดทั้งหมดในร่างกาย แต่เป็นเลือดส่วนต้นต่อความดันเลือดโดยเฉพาะ ความต้านทานรอบนอก (peripheral resistance) เป็นปัจจัยที่สำคัญ ในการที่จะทำให้คงค่าความดันของร่างกายไว้ ความต้านทานรอบนอกนี้มีสาเหตุมาจากหลายอย่างแต่สาเหตุที่สำคัญที่สุดคือหลอดเลือด arteriole ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่มีรูขนาดเล็ก เมื่อเลือดไหลผ่านหลอดเลือดแดงนี้จะมีค่าความดันลดลงจาก 85 มิลลิเมตรปรอท เหลือเพียง 35 มิลลิเมตร ความหนืดของเลือด (viscosity of blood) สิ่งสำคัญที่ทำให้เลือดหนืดคือเม็ดเลือด รองลงมาคือน้ำเลือด (plasma) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดความต้านทาน แต่ในสภาวะของร่างกายที่เป็นปกติไม่ค่อยมีผลในการเปลี่ยนแปลงมากนัก ความยืดหยุ่นของหลอดเลือด (elasticity of blood vessels) ปัจจัยนี้มีความสำคัญเป็นพิเศษในกรณีที่ชวยเปลี่ยนความดัน pulsatile ให้ลดน้อยลงจนเกือบเป็น continuous flow หลักการของกลไกลนี้คือ เมื่อหัวใจบีบตัวส่งเลือดเข้าสู่หลอดเลือดถ้าหลอดเลือดไม่ยืดออกอาจทำให้ความดันsystolic สูงมาก เช่น 150 มม.ปรอท แต่เนื่องจากหลอดเลือดมีการยืดหยุ่นทำให้ค่าความดันนี้ลดลงเหลือเพียงประมาณ 120 มม.ปรอท ในระยะที่หัวใจคลายตัวจะไม่มีแรงสงเลือดออกไปทำให้ความดันในหลอดเลือดแดงลดลง ในช่วงนี้เองหลอดเลือดที่ยืดออกจะหดตัวบีบลงทำให้ช่วยรักษาความดันเอาไว้ ไม่ให้ต่ำลงมากไป ถ้าหลอดเลือดไม่มีการยืดหยุ่นในช่วงหัวใจคลายตัวคาความดัน diastolic จะลดต่ำลงมาก [27]

ระบบประสาท (nervous system)

เป็นระบบของร่างกายที่ทำให้ร่างกายสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งภายในร่างกายเอง เช่น ความรู้สึกหิว อิ่ม การนอนหลับ การตื่น เป็นต้น รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศร้อนเย็น การเผชิญกับภาวะวิกฤตต่างๆ ระบบประสาทจะทำหน้าที่ควบคุมและประสานการทำงานของอวัยวะในระบบอื่นๆ ของร่างกาย เช่น ระบบหายใจ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบการย่อยอาหาร ให้อยู่ในภาวะสมดุล ระบบประสาทสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การแบ่งตามโครงสร้าง ได้แก่ ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system)

2. การแบ่งตามหน้าที่ ได้แก่ ระบบประสาททางกาย (somatic nervous system) และระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system)

ระบบประสาทประกอบขึ้นด้วยเนื้อเยื่อประสาท (nervous tissue) เนื้อเยื่อนี้ประกอบด้วยเซลล์หลัก 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ประสาท (neuron หรือ nerve cell) และเซลล์ค้ำจุน (neuroglia หรือ glia cell) เซลล์ประสาทเป็นโครงสร้างและหน่วยทำงานของระบบประสาทที่มีความพิเศษและเฉพาะเจาะจงต่อการติดต่อที่รวดเร็ว ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เซลล์อื่น ๆ ของร่างกายไม่มี โครงสร้างของเซลล์ประสาทประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่า soma หรือ cell body และมีส่วนยื่นเรียกว่า cell process ซึ่งแยกเป็น 2 ชนิดได้แก่ dendrite และ axon ทำหน้าที่นำสัญญาณเข้าและออกจากเซลล์ประสาทตามลำดับ ที่ axon อาจพบมีปลอกหุ้มและไม่มีปลอกหุ้ม ปลอกที่หุ้มเรียกว่า myelin sheath ประกอบด้วย myelin ซึ่งเป็นชั้นของ lipid และ protein พันรอบ ๆ axon หนาบ้าง บางบ้าง axon ที่มีปลอกหุ้มจะสามารถนำสัญญาณได้เร็วกว่าชนิดที่ไม่มีปลอกหุ้ม เซลล์ประสาทมีการติดต่อกันทาง synapse หรือสัมผัสประสาท การติดต่อกันนี้เกิดขึ้นได้เมื่อมีการปล่อยสารเคมีจากเซลล์ประสาทตัวหนึ่งไปที่เซลล์ประสาทอีกตัวหนึ่ง สารเคมีอาจทำหน้าที่กระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานก็ได้ สารเคมีนี้เรียกว่าสารสื่อประสาทหรือ neurotransmitter

เซลล์ค้ำจุนในระบบประสาท จะมีจำนวนมากกว่าเซลล์ประสาทประมาณ 5 เท่า เซลล์พวกนี้ทำหน้าที่เป็นโครง (scaffold) ให้กับเนื้อเยื่อประสาท ช่วยค้ำจุน ให้อาหารและทำหน้าที่เป็นฉนวนด้วย ในระบบประสาทส่วนกลางมี neuroglia 4 ชนิด ได้แก่ astroglia oligodendroglia microglia และ ependymal cell ส่วนในระบบประสาทส่วนปลาย มี neuroglia 2 ชนิด ได้แก่ satellite cell ซึ่งอยู่ล้อมรอบเซลล์ประสาทในปมประสาท และ Schwann cells ซึ่งจะทำหน้าที่สร้าง myelin และ neurolemmal sheaths หุ้มเส้นประสาทส่วนปลาย (peripheral nerve fibers)

1. การแบ่งตามโครงสร้าง

ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system หรือ CNS)

ระบบประสาทส่วนกลางประกอบด้วย สมอง (brain) และไขสันหลัง (spinal cord) บทบาทหลักของระบบประสาทส่วนกลางได้แก่ การผสมผสานสัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าและออกจากระบบประสาท รวมทั้งการทำหน้าที่เกี่ยวกับความนึกคิด การเรียนรู้ และสติปัญญา ในระบบประสาทส่วนกลาง ส่วน cell body ของเซลล์ประสาทจะอยู่กันเป็นกลุ่มเรียกว่า nucleus แต่ละ nucleus จะมีบทบาทและหน้าที่แตกต่างกัน ส่วน axon รวมกับเนื้อเยื่อที่หุ้มเรียกว่า nerve fiber หรือเส้นใยประสาทโดยจะรวมกันเป็นมัด เรียกว่า tract หรือวิถีประสาท ซึ่งจะเชื่อมโยงติดต่อระหว่างกลุ่ม nucleus เนื้อของสมองและไขสันหลัง จะประกอบด้วย 2 ชั้น คือ gray matter และ white matter โดยที่ส่วน cell body ของเซลล์ประสาทจะอยู่ใน gray matter และ

nerve fibers ซึ่งรวมกันเป็น tract จะอยู่ใน white matter ในสมอง gray matter อยู่ด้านนอกติดกับผิวของสมอง ส่วน white matter อยู่ข้างใน ในไขสันหลัง gray matter จะอยู่ตรงกลางมีรูปร่างเป็น H shape มี white matter อยู่ล้อมรอบ ทั้งสมองและไขสันหลังจะมีเยื่อบาง ๆ หุ้มซึ่งไม่สามารถแยกออกมาได้ คือ pia mater ถัดจาก pia mater ออกมา จะมีช่องว่าง ซึ่งมีน้ำหล่อเลี้ยงสมองและไขสันหลัง (cerebrospinal fluid หรือ CSF) บรรจุอยู่ ช่องนี้เรียกว่า subarachnoid space เหนือขึ้นมาจะเป็นชั้น arachnoid membrane และ dura mater ตามลำดับ เยื่อทั้ง 3 ชั้นนี้รวมกันเรียกว่า meninges โดยชั้น dura mater จะหนาที่สุด และที่สมอง dura matter จะมีช่องเรียกว่า dural venous sinus ทำหน้าที่รับเลือดจากชั้นผิวของสมองและภายในสมอง เพื่อไปเทเข้าสู่ระบบหลอดเลือดดำของร่างกายต่อไป

สมองของมนุษย์ ประกอบด้วย เซลล์ประสาทจำนวนล้านล้านเซลล์ เป็นแหล่งประมวลความรู้สึกต่าง ๆ และทำให้เกิดการตอบสนองทั้งทางด้านความคิดและพฤติกรรม สมองแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ สมองส่วนหน้า (prosencephalon หรือ forebrain) สมองส่วนกลาง (mesencephalon หรือ midbrain) และสมองส่วนหลัง (rhombencephalon หรือ hindbrain) สมองส่วนหน้าประกอบด้วย สมองใหญ่ (cerebrum) และ diencephalon หรือ thalamus สมองส่วนกลางประกอบด้วย รอยนูน 4 ก้อน (corpora quadrigemina) และ cerebral peduncle สมองส่วนหลังประกอบด้วย pons medulla oblongata และ cerebellum

สมองแต่ละส่วนจะมีองค์ประกอบย่อย ๆ และมีหน้าที่จำเพาะ แต่ในการทำงานของสมองจะทำงานร่วมกัน มีการติดต่อซึ่งกันและกันด้วยสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ซึ่งอาจจะเป็นการกระตุ้นหรือยับยั้งการทำงานก็ได้ เมื่อสมองส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหายไป สมองส่วนอื่น ๆ ก็จะพยายามเข้ามาทำหน้าที่แทน ถ้าทำได้ก็ไม่เกิดอาการผิดปกติ แต่ถ้าไม่สามารถทดแทนได้ก็จะเกิดอาการผิดปกติต่าง ๆ สมองส่วนหน้า (forebrain)

cerebrum ประกอบด้วย cerebral hemisphere 2 ข้าง เชื่อมกันตรงกลางด้วย corpus callosum cerebrum มีรอยนูนเรียกว่า gyrus และมีร่องเรียกว่า sulcus เปลือกนอกเรียกว่า cerebral cortex ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์ประสาทจำนวนมาก บริเวณต่าง ๆ ของ cortex จะทำหน้าที่แตกต่างกัน มีการตั้งชื่อบริเวณต่าง ๆ ว่า Broadman area เบอร์ต่าง ๆ เช่น area 4 เป็น motor area area 3 1 2 เป็น sensory area เป็นต้น สมองแต่ละซีกทำหน้าที่ควบคุมการทำงานหรือรับความรู้สึกจากร่างกายซีกตรงข้าม และมีตัวแทนของร่างกายอยู่ในสมองด้วย (somatotropic representation) cerebral hemisphere แบ่งออกเป็น 5 กลีบ (lobe) ได้แก่

1. frontal lobe มีบริเวณที่สำคัญ คือ motor area และ motor speech area
2. parietal lobe มีบริเวณที่สำคัญ คือ sensory และ sensory association area
3. temporal lobe มีบริเวณที่สำคัญ คือ auditory area
4. occipital lobe มีบริเวณที่สำคัญ คือ visual area
5. insular lobe มีบริเวณที่สำคัญ คือ visceral sensory area และ taste

thalamus หรือ diencephalon เป็นส่วนของสมองส่วนหน้าที่ทำหน้าที่หลายอย่างตามบริเวณต่าง ๆ ได้แก่ ส่วน dorsal thalamus เป็นบริเวณที่มีการส่งต่อของสัญญาณประสาทรับความรู้สึกจากไขสันหลังไปสู่สมองใหญ่และยังเป็นบริเวณที่มีการเชื่อมต่อของสัญญาณประสาทสั่งการด้วย hypothalamus เป็นบริเวณที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติ อุณหภูมิ ความรู้สึกอิ่มหิว การหลับตื่น รวมทั้งควบคุมระบบต่อมไร้ท่อด้วย นอกจากนี้ยังมีส่วน epithalamus ซึ่งประกอบด้วยต่อม pineal ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนที่เกี่ยวกับการเป็นหนุ่มสาว

สมองส่วนกลาง (mid brain) เป็นส่วนของสมองที่ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ประสาท ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา นอกจากนี้ยังเป็นทางผ่านของกลุ่มเส้นใยประสาทจากสมองใหญ่ลงไปสู่ไขสันหลัง รวมทั้งจากไขสันหลังไปสู่สมองใหญ่

สมองส่วนหลัง (hind brain) ประกอบด้วย pons medulla oblongata และ cerebellum pons และ medulla oblongata เป็นทางผ่านของเส้นใยประสาทจากไขสันหลังไปสู่สมองใหญ่ และจากสมองใหญ่ลงสู่ไขสันหลัง รวมทั้งเป็นที่อยู่ของเซลล์ประสาทของ cranial nerve หลายคู่ medulla oblongata pons และ mid brain รวมกันเรียกว่า brainstem หรือก้านสมอง

cerebellum เป็นส่วนของสมองที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการทรงตัวของร่างกายและประสานงานการทำงานของกล้ามเนื้อ

ไขสันหลัง (spinal cord) เป็นส่วนต่อของ medulla oblongata เริ่มจากบริเวณ foramen magnum ซึ่งเป็นช่องของกระดูกท้ายทอย (occipital bone) ไปสิ้นสุดที่ระดับกระดูกสันหลังระดับเอวที่ 1 ต่อกับ 2 เซลล์ประสาทในไขสันหลังจะอยู่ตรงกลาง มีรูปร่างเป็นตัว H shape (gray matter) ส่วนข้างนอกจะเป็นกลุ่มเส้นใยประสาท (white matter) เซลล์ประสาทในไขสันหลังทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทความรู้สึกจากร่างกาย และรับสัญญาณประสาทสั่งการจากสมองใหญ่เพื่อส่งต่อไปยังกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มเซลล์ประสาทอัตโนมัติด้วย

ระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system หรือ PNS) ระบบประสาทส่วนปลาย ประกอบด้วยเส้นใยประสาท (nerve fibers) ที่อยู่รวมกันเป็นมัดเรียกว่า เส้นประสาท (nerve) และ cell bodies ที่อยู่นอก CNS (ganglion) ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณประสาทเข้าสู่หรือออกจาก CNS PNS จะเป็นตัวเชื่อม CNS กับโครงสร้างภายนอก กลุ่มของเส้นใยประสาท ใน PNS จะถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ค่อนข้างหนา มองเห็นเป็นเส้นสีค่อนข้างขาว ในคนที่มีชีวิต เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มนี้เรียกว่า Epineurium กลุ่มเส้นใยประสาทเหล่านี้รวมกับเยื่อที่หุ้มเรียกว่า peripheral nerve ส่วน cell body ที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนในระบบประสาทส่วนปลาย เรียกว่า Ganglion หรือปมประสาท เช่น spinal (dorsal root) ganglion หรือปมประสาทไขสันหลัง ภายในปมประสาทประกอบด้วย เซลล์ประสาทที่เรียกว่า ganglion cell peripheral nerve เป็นได้ทั้ง cranial และ spinal nerves สำหรับ cranial nerveหรือเส้นประสาทสมอง มีทั้งหมด 12 คู่ ออกจากสมอง โดยผ่านทางรูต่างๆ ในกะโหลกศีรษะ ส่วน spinal nerve หรือเส้นประสาทไขสันหลัง มีทั้งหมด 31 คู่ ออกจากไขสันหลัง ทาง intervertebral foramen ของกระดูกสันหลัง PNS จะทำหน้าที่เชื่อมโยงอวัยวะหรือโครงสร้างภายนอกกับ CNS โดยมี afferent หรือ sensory fiber (เส้นใยประสาทรับความรู้สึก) นำสัญญาณประสาทจากอวัยวะรับความรู้สึก เช่น ตา หู และจาก sensory receptors (ตัวรับความรู้สึก) ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ผิวหนัง เข้าไปสู่ CNS ซึ่งอาจจะเป็นสมองหรือไขสันหลัง แล้วแต่ชนิดของความรู้สึก ใน PNS ยังมี efferent หรือ motor fiber นำสัญญาณประสาทออกจาก CNS ไปสู่ effector organ ซึ่งอาจจะเป็นกล้ามเนื้อและต่อมต่างๆ peripheral nerve ค่อนข้างจะแข็งแรง เนื่องจากมีเนื้อเยื่อประสานทั้ง 3 ชั้น หุ้มดังนี้ ชั้น endoneurium หุ้มรอบ axon และ neurolemmal cell ชั้น perineurium หุ้มกลุ่ม (bundle หรือ fascicle) ของ peripheral nerve fiber และชั้นนอกสุดคือ epineurium หุ้มรอบ nerve bundle ทั้งหมดเนื้อเยื่อประสานเหล่านี้ ประกอบด้วย loose connective tissue ไขมัน หลอดเลือด และหลอดน้ำเหลือง

spinal nerve (เส้นประสาทไขสันหลัง) มาจากไขสันหลัง เกิดจากการรวมกันของ ventral (anterior) nerve root ซึ่งประกอบด้วย motor fiber จากเซลล์ประสาทใน ventral horn ของไขสันหลัง และ dorsal (posterior) nerve root ซึ่งประกอบด้วย sensory fiber ไปสู่ dorsal horn ของไขสันหลัง ทั้ง dorsal และ ventral nerve roots มารวมกันเป็น mixed spinal nerve ซึ่งจะแยกต่อไปเป็น 4 แขนงคือ dorsal และ ventral primary rami gray และ white rami communicans ติดต่อกับระบบประสาทอัตโนมัติ สำหรับ dorsal ramus จะให้แขนงไปสู่ข้อของกระดูกสันหลัง กล้ามเนื้อชั้นลึกของหลังและผิวหนังที่คลุม จึงมีทั้ง motor และ sensory ส่วน

ventral ramus จะแผ่กระจายไปสู่ทั้งด้านหน้าและด้านข้างลำตัว รวมทั้งแขนขาด้วย และมีทั้ง motor และ sensory เช่นเดียวกัน

องค์ประกอบของ spinal Nerve

1. somatic fibers ได้แก่

1.1. general sensory fibers (general somatic afferent) เป็นเส้นใยประสาทนำความรู้สึกทั่วไปจากร่างกายเข้าสู่ไขสันหลัง ได้แก่ ความรู้สึกร้อนเย็น สัมผัส จากผิวหนัง ความรู้สึกเจ็บและความรู้สึกจากกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ ซึ่งจะบอกถึงความตึงของกล้ามเนื้อ เอ็นและ ตำแหน่งของข้อต่อ

1.2. somatic motor fibers (general somatic efferent) เป็นเส้นใยประสาทที่นำสัญญาณประสาทที่เป็นประสาทสั่งการจากไขสันหลังไปสู่กล้ามเนื้อลายทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2. visceral fibers ได้แก่

2.1. visceral sensory fibers (general visceral afferent) เป็นเส้นใยประสาทที่นำความรู้สึกจากบริเวณเยื่อบุ ต่อมต่าง ๆ และหลอดเลือดไปสู่ไขสันหลังโดยผ่านปมประสาท

2.2. visceral motor fibers (general visceral efferent) เป็นเส้นใยประสาทที่นำสัญญาณประสาทที่เป็นประสาทสั่งการจากเซลล์ประสาทอัตโนมัติไปสู่กล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะภายในทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเช่นกล้ามเนื้อกระเพาะอาหาร และไปที่ต่อมต่าง ๆ ทำให้เกิดการหลั่งสารเช่น ต่อมเหงื่อ เป็นต้น

2. การแบ่งตามหน้าที่

somatic nervous system (SNS)

SNS ประกอบด้วยส่วนที่เป็น somatic part ของทั้ง CNS และ PNS ทำหน้าที่ทั้ง sensory และ motor ของทุก ๆ ส่วนของร่างกาย ยกเว้น อวัยวะภายใน กล้ามเนื้อเรียบ และต่อมต่าง ๆ รับความรู้สึกทั่วไปได้แก่ เจ็บปวด ร้อนเย็น สัมผัสและการรับรู้ตำแหน่ง ระบบ SNS ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย ทั้งชนิดอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary) และแบบ reflex ด้วยการทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

Autonomic Nervous System (ANS)

ระบบประสาทอัตโนมัติ ถือได้ว่าเป็น visceral motor system ประกอบด้วยเส้นใยประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ อย่างไรก็ตามจะมี visceral afferent fibers ทอดคู่ไปด้วย เพื่อเป็น afferent ของ autonomic reflex และนำความรู้สึกจากอวัยวะ

ภายในเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลาง เพื่อเป็นการปรับการทำงานของอวัยวะภายในให้อยู่ในภาวะสมดุล

โครงสร้างหลักของระบบประสาทอัตโนมัติประกอบด้วยเส้นประสาท 2 เส้น คือ

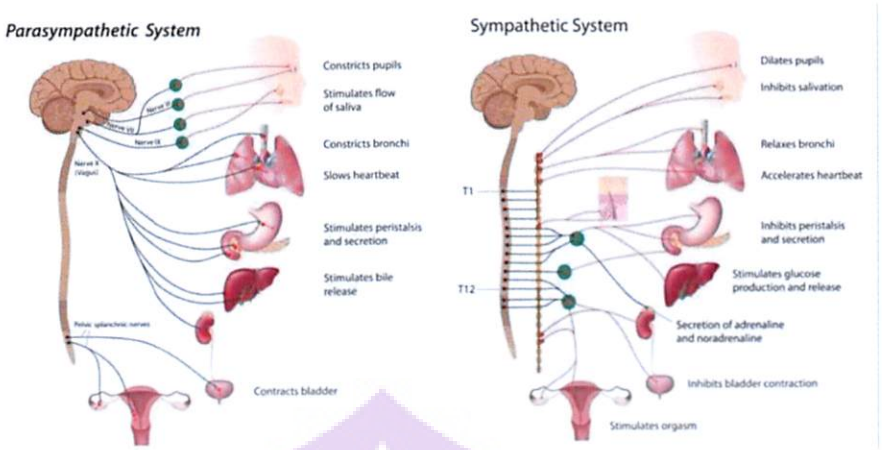
1. preganglionic nerve fiber ซึ่งมี cell body อยู่ที่ spinal cord

2. postganglionic nerve fiber ซึ่งส่งปลายประสาทไปควบคุมการทำงานของอวัยวะต่างๆ บริเวณที่มีการ synapse ระหว่างปลายประสาท preganglionic fiber กับ cell body ของ postganglionic fiber เรียกว่าปมประสาท หรือ ganglia

ส่วนที่เป็น efferent fiber และปมประสาทของ ANS ประกอบขึ้นเป็น 2 ระบบ ได้แก่ sympathetic (thoracolumbar) division และ parasympathetic (craniosacral) division การเชื่อมต่อของสัญญาณประสาทจาก CNS ไปสู่ effector organ ต้องอาศัยเซลล์ประสาท 2 ตัว ได้แก่ preganglionic และ post ganglionic neurons เซลล์ประสาทตัวแรกจะอยู่ใน CNS ส่วนตัวที่สองอยู่ในปมประสาทของ ANS

sympathetic division เซลล์ประสาทตัวที่หนึ่งอยู่ใน intermediolateral cell columns ของไขสันหลังระดับ T1 ถึง L2 หรือ L3 ส่วนเซลล์ประสาทตัวที่สองอยู่ในปมประสาททั้ง paravertebral และ prevertebral paravertebral ganglion จะเชื่อมกันเป็น sympathetic trunk หรือ chain อยู่ที่ด้านข้างของกระดูกสันหลังทั้ง 2 ข้าง ส่วน prevertebral ganglion อยู่ใน plexus ที่ล้อมรอบจุดแยกของหลอดเลือดแดงใหญ่จาก abdominal aorta เช่น celiac ganglion อยู่รอบๆ จุดเริ่มต้นของ celiac trunk

parasympathetic division เซลล์ประสาทที่เป็น presynaptic neuron อยู่ใน CNS 2 แห่ง ได้แก่ gray matter ของ brainstem ที่ให้เส้นประสาทออกมาทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ III VII IX X อีกแห่งคือที่ sacral segment ของไขสันหลังระดับ S2 ถึง S4 [28]



รูปที่ 11

(ที่มา:https://lifeformula.health/life-formula-therapy/autonomic-nervous-system/ ความแตกต่างของระบบประสาท parasympathetic และ sympathetic)

ระบบประสาท parasympathetic

preganglionic fiber มีจุดเริ่มต้นออกจาก spinal cord ส่วน cranial และ sacral และมี ganglia อยู่ใกล้กับอวัยวะที่ถูกควบคุม ดังนั้นความยาวของ preganglionic fiber ยาว ส่วน postganglionic fiber สั้น และสัดส่วนการ synapse ระหว่าง preganglionic fiber และ postganglionic fiber คือ 1:1 แต่สัดส่วนสำหรับ preganglionic vagal fiber ที่ไปยัง ganglionic cells ใน auerbach's plexus ของระบบทางเดินอาหาร เป็น 1:800 สารสื่อประสาทของ preganglionic และ postganglionic fibers ได้แก่ acethylcholine (ACh) ดังนั้นเส้นประสาททั้งสองเรียกว่า cholinergic fibers

ระบบประสาท sympathetic

preganglionic fiber มีจุดเริ่มต้นออกจาก spinal cord ส่วน thoracolumbar และ ganglia มีลักษณะเรียงคู่ขนานไปกับ spinal cord ดังนั้นความยาวของ preganglionic fiber จึงสั้นกว่า postganglionic fiber สำหรับต่อมหมวกไต (adrenal medulla) ถูกควบคุมโดย preganglionic fiber และ chromaffin cells ที่หลั่ง adrenaline ทำหน้าคล้ายเป็น postganglionic fiber ดังนั้นที่ต่อมหมวกไตจึงมีบทบาทคล้ายเป็น sympathetic ganglia Preganglionic fiber มีการ synapse กับ postganglionic cells ได้หลาย ๆ cells ทำให้ลักษณะการตอบสนองต่อการกระตุ้นระบบ sympathetic เป็นแบบ diffuse สารสื่อประสาทของ preganglionic fiber ได้แก่ acetylcholine (ACh) ส่วน postganglionic fiber คือ noradrenaline หรือ norepinephrine เรียก

postganglionic fiber ของระบบประสาท sympathetic ว่า adrenergic fibers ยกเว้น postganglionic fiber ที่ควบคุมการทำงานของต่อมเหงื่อ (sweat glands) เป็น ACh ดังนั้น เรียกว่าการทำงานของต่อมเหงื่อถูกควบคุมด้วย cholinergic fiber [29]

อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายส่วนใหญ่ถูกควบคุมการทำงานด้วยการทำงานของระบบประสาท parasympathetic และ sympathetic (ยกเว้นที่หลอดเลือด ซึ่งส่วนใหญ่ถูกควบคุมด้วยระบบ sympathetic อย่างเดียว) และลักษณะการทำงานของระบบประสาททั้งสองเป็นแบบตรงข้ามกัน [30] ซึ่งจะส่งสัญญาณประสาทมาที่ SA node โดยที่เส้นประสาทซิมพาเธติกจะทำให้ SA node ทำงานเร็วขึ้นทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น ขณะที่เส้น ประสาทพาราซิมพาเธติก จะทำให้ SA node ทำงานช้าลงทำให้หัวใจทำงานช้าลง นอกจากนี้แล้วส่วนของหัวใจและหลอดเลือดจะประกอบด้วยตัวรับสัญญาณประสาทที่เราเรียกว่า receptors ซึ่งจะถูกควบคุมทั้ง จากระบบประสาทซิมพาเธติกและระบบประสาทพาราซิมพาเธติก อันจะมีผลต่อความเร็วและความแรงในการบีบตัวของหัวใจการหดและขยายตัวของหลอดเลือด [31]

ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (HRV) เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางสรีรวิทยาของร่างกายที่เกิดจากการผันผวนของช่วงเวลาระหว่างการเต้นของหัวใจแต่ละครั้ง เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ เช่นการหายใจ ภาระทางจิต (mental load) กิจกรรมทางกาย (physical activity) การเคลื่อนไหวของร่างกาย (movement) นั้นมีผลต่อการควบคุมของอัตราการเต้นของหัวใจ การควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจจึงเป็นระบบหนึ่งที่มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดนั้นมีการควบคุมจากระบบประสาทอัตโนมัติแยกออกเป็นระบบประสาทซิมพาเธติก ทำหน้าที่กระตุ้นการเต้นของหัวใจในการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจส่วนอีกหนึ่งระบบคือระบบประสาทพาราซิมพาเธติกทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับระบบประสาทซิมพาเธติกโดยลดการเต้นของหัวใจ ระบบประสาททั้งสองทำงานโดยส่งสัญญาณไปยัง sinus node ซึ่งเป็นจุดกำเนิดไฟฟ้าของหัวใจ ทำให้หัวใจเกิดการบีบตัวและคลายตัว หรือที่เรียกว่าการเต้นของหัวใจ การทำงานของ sinus node จะทำหน้าที่สรุปสัญญาณจากระบบประสาททั้งสองระบบและกำเนิดกระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเต้นของหัวใจมีผลสะท้อนออกมาในช่วงเวลาระหว่างการเต้นของหัวใจแต่ละครั้ง [32] ในขณะที่ร่างกายอยู่ในภาวะสมดุลระบบประสาททั้งสองจะทำงานที่สมดุลกัน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง มีการกระตุ้นจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเต้นของหัวใจ เช่น ร่างกายมีการเคลื่อนไหว มีการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์มีความกลัว มีการทำให้เกิด

การเปลี่ยนแปลงการหายใจ เหล่านี้จะกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติกทำให้เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ หากมีการเต้นของหัวใจมากเกินไป ระบบประสาทพาราซิมพาเธติก จะทำงานโดยลดการเต้นของหัวใจเพื่อให้ร่างกายอยู่ในภาวะสมดุล ในการวิเคราะห์ HRV สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์โดเมนเวลา (time domain) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ดูการกระจายค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่ทำการเก็บข้อมูล ว่ามีความแปรปรวนอย่างไรและการวิเคราะห์โดเมนความถี่ (frequency domain) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ต้องมีการแปลงสัญญาณมาเป็นสัญญาณความถี่แล้วประเมินค่าการกระจายของความถี่โดยมีช่วงสัญญาณความถี่ที่สำคัญคือ สัญญาณความถี่ต่ำ (low frequency, LF) มีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 0.04 ถึง 0.15 เฮิรตซ์แสดงให้เห็นถึงการทำงานของทั้ง 2 ระบบคือระบบประสาทซิมพาเธติกและระบบประสาทพาราซิมพาเธติกร่วมกัน และสัญญาณความถี่สูง high frequency (HF) มีช่วงความถี่อยู่ที่ 0.15 ถึง 0.4 เฮิรตซ์แสดงให้เห็นถึงการทำงานระบบประสาทพาราซิมพาเธติก อีกประการที่สำคัญในการวิเคราะห์คือค่าสัดส่วนค่าความถี่ต่ำ/ความถี่สูง (LF/HF ratio) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความสมดุลระหว่างระบบประสาทอัตโนมัติทั้ง 2 ระบบ หาก LF/HF ratio มีค่าสูง สะท้อนให้เห็นว่าระบบประสาทซิมพาเธติกมีความโดดเด่น แต่ถ้ามีค่าน้อยจะสะท้อนให้เห็นว่าระบบประสาทพาราซิมพาเธติกมีความโดดเด่นกว่า [33]

วิธีการวิเคราะห์ HRV มีหลายวิธี ดังนี้

1. time-domain methods การวิเคราะห์ข้อมูลของ normal RR interval หรือ NN interval (normal-to-normal interbeat interval) โดยขณะที่มี physical activity เพิ่มมากขึ้น RR interval จะสั้น มีรูปร่างไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ซึ่งบ่งบอกถึงการเพิ่มการทำงานของระบบประสาท sympathetic และลดลงของการทำงานของระบบประสาท parasympathetic การวิเคราะห์ด้วย Time-domain methods จะได้ค่าต่าง ๆ ซึ่งจะบ่งบอกภาวะของ ระบบประสาทอัตโนมัติ ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

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

1.2 SDANN (standard deviation of 5-minute average NN intervals) คือ การหาค่า standard deviation ของค่าเฉลี่ยของ NN intervals ทุก 5 นาที ช่วยลดความผิดพลาดจากตัวกวนอื่น ๆ ให้ลดลงได้

1.3 ASDNN (the average of the 5-minute standard deviations of NN intervals) คือ การหาค่าเฉลี่ยของ standard deviation ของ NN intervals ทุก 5 นาที (SDANN) คำนวนจากการวัดการเต้นของหัวใจ 24 ชั่วโมง

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

1.5 NN50 (the number of NN intervals differing by > 50 ms) คือ จำนวนคู่ของ NN intervals ที่ต่างกันมากกว่า 50 มิลลิวินาที

1.6 pNN50 (the proportion of NN intervals difference > 50 ms) คือ สัดส่วนของ NN50 หารด้วย จำนวนคู่ของ NN intervalทั้งหมด

ในการประเมิน Time domain analysis มักใช้ค่า SDNN และ ค่าRMSSD เป็นตัวแทนบอกค่า HRV ถ้าค่า SDNN ต่ำ จะมี ค่า RMSSD และ ค่า HRV ค่าต่ำด้วย จะแสดงถึงอาจมีภาวะความเจ็บป่วยที่ส่งผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติ ที่มีการกระตุ้น ระบบประสาท sympathetic มากขึ้น

1. frequency-domain methods การวิเคราะห์ 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 0.4Hz) 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

1.1 high frequency activity (0.15-0.40 Hz) เมื่อมีการเพิ่มขึ้น จะแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของ parasympathetic activity และสัมพันธ์กับระบบการหายใจ โดยเพิ่มขึ้นเมื่อหายใจเข้าและลดลงเมื่อหายใจออกโดยการหายใจเข้าจะเพิ่ม vagal activity หรือ parasympathetic activity และการหายใจออกจะลด vagal activity หรือ parasympathetic activity ดังนั้น high frequency activity จะบ่งบอกถึงระดับของ parasympathetic activity

1.2 low frequency activity (0.04-0.15 Hz) โดยทั่วไปจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของ sympathetic activity อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ low frequency activity เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของ ทั้ง sympathetic และ parasympathetic activity การออกกำลังกายเป็นภาวะที่มีระดับ sympathetic activity เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ มี low frequency

spectrum สูงกว่าภาวะพัก แม้ว่าจะวัดหลังการออกกำลังกาย 20 นาทีก็ยังมี low frequency สูงอยู่

1.3 Low frequency/High frequency ratio (LF/HF) แสดงถึงความสมดุลย์ระหว่าง sympathetic และ parasympathetic ถ้า LF/HF มีค่าสูง แสดงภาวะที่มี sympathetic activity เพิ่มสูงขึ้น แต่ถ้าLF/HF มีค่าต่ำ แสดงภาวะที่มีparasympathetic activity เพิ่มสูงขึ้น

1.4 Very low frequency (0.0033 to 0.04 Hz) และ Ultra low frequency (< 0.003) จะบ่งบอกถึงการทำงานของ sympathetic ซึ่งสัมพันธ์กับ physical activity, sleep disorder, activity of renin aldosterone system, thermoregulation และ vasomotor activity(2) ค่า Very low frequency และ Ultra-low frequency ยังมีการศึกษาไม่มากนัก ยังไม่ค่อยนำมาใช้แปลผลมาก

2. Geometric measures of RR interval โดยการบันทึกการเต้นของหัวใจ 24 ชั่วโมง นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล สร้างกราฟ Histogram แกน X เป็น RR interval แกน Y เป็น จำนวนของการเต้นของหัวใจ (6) กราฟที่ออกมาได้จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ถ้าค่า HRV ต่ำ ฐานสามเหลี่ยมจะแคบ สามเหลี่ยมจะสูง ถ้าค่า HRV สูง ฐานสามเหลี่ยมจะกว้าง สามเหลี่ยมจะเตี้ย นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาค่า Heart rate variability triangular index ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่า SDNN

3. Nonlinear measures of RR interval มีวิธีวิเคราะห์หลายแบบได้แก่ Poincare Plot, Detrended fluctuation analysisและ Power law slope แต่วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Poincare Plot [34]

การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน (arm swing exercise)

การบริหารร่างกายด้วยการแกว่งแขนนี้เป็นศาสตร์ของแพทย์แผนจีนที่สืบทอดต่อกันมานานหลายพันปีเดิมมีชื่อว่า คัมภีร์เคลื่อนย้าย เส้นเอ็นของพระโพธิธรรม (ตั๊กม้อเอ็กกึงเก็ง) ก่อนที่พระโพธิธรรมจะมรณภาพ ได้เขียน "คัมภีร์เคลื่อนย้าย เส้นเอ็น" ไว้ 2 เล่ม อธิบายวิธีฝึกฝนร่างกายให้แข็งแรง เข้มแข็งโดยเฉพาะ นักวรยุทธ์สำนักเส้าหลินฝึกคัมภีร์นี้ ได้สำเร็จเป็นส่วนใหญ่ มีชื่อเสียงโด่งดังมากในสมัยนั้น มีภาพประกอบ ด้วย 12 ภาพ มีหนังสือหลายเล่มพูดถึง ภาพประกอบเหล่านั้น แต่น่าเสียดายว่าภาพเหล่านั้นได้สูญหายไร้ร่องรอยไปช้านานแล้ว นับเป็นมรดกทางวัฒนธรรมแห่งชาติของจีนที่ทรงคุณค่าเป็นอย่างยิ่งชิ้นหนึ่งที่ยากจะหาสิ่งใดมาทดแทนได้และตามความเข้าใจของคนทั่วไป "กายบริหารบำบัด วิธีแกว่งแขน" พัฒนาผันแปรมาจาก "คัมภีร์เคลื่อนย้าย เส้นเอ็น" ของพระโพธิธรรมนี้เอง ความหมายตามชื่อ เห็นชัดว่าหมายถึงการเปลี่ยนแปลงเส้นเอ็นทั่ว สรรพางค์ ให้แข็งแกร่งทนทานต่อการใช้งานให้มีอายุยืน

นานสืบไป แพทย์แผนจีนโบราณใช้วิธีการแกว่งแขนเพื่อปรับสมดุลเลือดลมให้เดินสะดวก ปรับสมดุลภายใน ช่วยรักษาภาวะหรือโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากเลือดลมเดินไม่สะดวก เช่น โรคหลอดเลือด โรคความดันโลหิต โรคตา ทำให้ระบบการย่อยและการเผาผลาญดีขึ้น ทำให้ร่างกายรู้สึกสดชื่นนอนหลับดีขึ้น เมื่อเลือดลมเดินดีภายในก็ดีตาม ส่งผลให้ผิวพรรณดูสดใส ซึ่งมีหลักวิธีในการแกว่งแขน 16 ประการ ดังนี้

1. ส่วนบนปล่อยให้ว่าง หมายถึง ส่วนบนของร่างกายคือศีรษะ ควรปล่อยให้ว่างเปล่า อย่าคิดพุ้งซ่าน มีสมาธิแน่วแน่ควรทำอย่างตั้งอกตั้งใจมีสติ

2. ส่วนล่างควรให้แน่น หมายถึง ส่วนล่างของร่างกายใต้บั้นเอวลงไป ต้องให้ลมปราณสามารถเดินได้สะดวก เพื่อให้เกิดพลังสมบูรณ์ ฉะนั้นคำว่า "ส่วนบนว่าง ส่วนล่างแน่น" จึงเป็นหลักสำคัญอย่างยิ่งในการบริหารแกว่งแขน ขณะทำกายบริหารหากไม่สามารถเข้าถึงจุดนี้ได้แล้ว ก็จะทำให้ได้ผลน้อยลงไปมาก ทีเดียว

3. ศีรษะให้แขวนลอย หมายถึง ศีรษะของท่านจะต้องปล่อยสบายๆ ประหนึ่งว่ากำลังแขวนลอยไว้ในอากาศกล้ามเนื้อบริเวณลำคอจะต้องปล่อยให้ผ่อนคลายไม่เกร็ง ไม่ควรโน้มศีรษะไปข้างหน้า หรือหงายไปข้างหลัง หรือเอียงไปข้าง ๆ ต้องมองตรงไม่ก้มไม่เงยหน้า

4. ปากปล่อยให้เงียบสงบตามปกติ หมายถึง ไม่ควรหุบปากแน่น หรืออ้าปากไปตามจังหวะที่ออกแรงแกว่งแขนไม่ควรให้ปากอ้าตามใจชอบ ให้หุบปากเพียงเล็กน้อยโดยผ่อนคลายกล้ามเนื้อคือ ไม่เม้มริมฝีปากจนแน่น

5. ทรวงอกเหมือนปุยฝ้าย คือกล้ามเนื้อทุกส่วนบนทรวงอกต้องให้ผ่อนคลายเป็นธรรมชาติ เมื่อกล้ามเนื้อไม่เกร็ง ก็จะอ่อนนุ่มเหมือนปุยฝ้าย

6. หลังยืดตรงให้ตระหง่าน หมายความว่า ไม่แอ่นหน้าแอ่นหลัง หรือก้มตัวจนหลังโก่งต้องปล่อยแผ่นหลังให้ยืดตรงตาม ธรรมชาติ

7. บั้นเอวตั้งตรงเป็นแกนเพลา หมายถึง บั้นเอวต้องให้เหมือนเพลารถ ต้องให้อยู่ในลักษณะตรง

8. ลำแขนแกว่งไกว หมายถึง แกว่งแขนทั้งสองข้างไปมา ได้จังหวะอย่างสม่ำเสมอ

9. ข้อศอกปล่อยให้ลดต่ำตามธรรมชาติ หมายถึง ขณะที่แกว่งแขนทั้ง 2 ข้าง ไปข้างหน้าและข้างหลังนั้น อย่าให้แขนแข็งทื่อ ควรให้ข้อศอกงอเล็กน้อยตามธรรมชาติ

10. ข้อมือปล่อยให้หนักหน่วง หมายถึง ขณะที่แกว่งแขนทั้ง 2 ข้างนั้นควรผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ข้อมือ เมื่อไม่เกร็งแล้วจะรู้สึกคล้ายมือหนักเหมือนเป็นลูกตุ้มถ่วงอยู่ปลายแขน

11. สองมือพายไปตามจังหวะแกว่งแขน หมายถึง ขณะที่แกว่งแขนนั้นฝ่ามือด้านในหันไปด้านหลัง ทำท่าคล้ายกับกำลังพาย เรือ

12. ช่วงท้องปล่อยตามสบาย หมายถึง เมื่อกล้ามเนื้อบริเวณช่องท้องถูกปล่อยให้ผ่อนคลายแล้วจะรู้ตีกว่าแข็งแกร่งขึ้น

13. ช่วงขาผ่อนคลาย หมายถึง ขณะที่ยืนให้เท้าทั้งสองแยกห่างกันนั้นควรผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ช่วงขา

14. บั้นท้าย ควรให้งอนขึ้นเล็กน้อย หมายถึง ระหว่างทำกายบริหารนั้น ต้องหดก้นคือขมิบทวารหนัก คล้ายยกสูงให้หดหายเข้าไปในลำไส้

15. ส้นเท้ายืนถ่วงน้ำหนักเสมือนก้อนหิน หมายถึงการยืนด้วยส้นเท้าที่มั่นคงยึดแน่นเหมือนก้อนหินไม่มีการสั่นคลอน

16. ปลายนิ้วเท้าทั้ง 2 ข้างต้องงอจิกแน่นกับพื้น หมายถึง ขณะที่ ยืนนั้น ปลายนิ้วเท้าทั้ง 2 ข้างต้องงอจิกแน่นกับพื้นเพื่อยึดให้มั่นคง [35]

การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน เป็นการออกกำลังกายที่สามารถปฏิบัติได้ง่าย ไม่ใช้พื้นที่มาก และไม่มีค่าใช้จ่าย ผู้ที่ไม่มีทักษะในการเล่นกีฬา หรือการออกกำลังกายที่มีรูปแบบเฉพาะสลับซับซ้อน ก็สามารถออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนได้ ปัจจุบันนักวิจัยในเริ่มสนใจศึกษาถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน เช่น เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอด (pulmonary functions) ในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 [36] เป็นต้น เป็นที่น่าสนใจว่ามีการศึกษาถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นระบบที่สำคัญของร่างกายและเกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยรวมทั้งเป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่สำคัญของประเทศไทย การศึกษาที่ผ่านมาถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด พบว่าการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 เดือน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทรงตัวของร่างกายและมีการลดลงของความดันโลหิตซิสโตลิก และ ความดันโลหิตไดแอสโตลิค รวมถึงมีการลดลงของอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ในกลุ่มทดลองผู้สูงอายุเพศหญิง Prasertsri และคณะได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนในผู้สูงอายุที่อยู่ในภาวะก่อนความดันโลหิตสูง (prehypertension) พบว่าการออกกำลังกายโดยการแกว่าง

แขน 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือนมีผลลดความดันซิสโตลิก เพิ่ม HF และ RMSSD ซึ่งบ่งชี้ถึงการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทซิมพาเธติก [37] นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Thitiwuthikiat และคณะ แสดงให้เห็นว่าออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน 30 นาทีต่อครั้ง อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน มีผลลดความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิกในผู้สูงอายุ [38]

จากการศึกษาขององค์กรณ์อนามัยโลก การออกกำลังกายควรออกกำลังกายหรือเคลื่อนไหวร่างกายด้วยความหนักระดับปานกลางถึงหนักอย่างน้อยวันละ 60 นาที หากสามารถทำได้มากกว่าวันละ 60 นาทีจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพื่อเพิ่มอัตราการหายใจและอัตราการเต้นของหัวใจ หรือออกกำลังกายระดับหนักเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกและกล้ามเนื้ออย่างน้อยสัปดาห์ละ 3 ครั้ง นอกจากนี้ยังมีข้อมูลจาก สมาคมโรคหัวใจประเทศสหรัฐอเมริกา (expert recommended) แนะนำการออกกำลังกายชนิดเพิ่มความทนเพื่อป้องกันกลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือดสมองไว้ดังนี้ เริ่มจากการค่อย ๆ ขยับร่างกายที่บ้านโดยไม่ต้องรีบร้อน ครั้งแรกควรใช้เวลา 10 – 15 นาที แล้วค่อย ๆ เพิ่มเวลามากขึ้น แนะนำให้ทำเป็นประจำจนเป็นกิจวัตร สำหรับผู้ใหญ่ควรออกกำลังกายความหนักระดับปานกลางถึงหนัก (moderate–vigorous activity) อย่างน้อย 150 นาที หรือประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาทีต่อสัปดาห์ หรือวันละ 30 นาที สัปดาห์ละ 5 วัน เมื่อร่างกายพร้อมและแข็งแกร่งมากขึ้นแล้ว สามารถเลือกประเภทการออกกำลังกายชนิดอื่นมาผสมผสานกับกิจกรรมที่ทำเป็นประจำ หรือเพิ่มระดับความหนัก ระยะเวลา เช่น วิ่ง 30 นาที ต่อด้วยการเดินเร็วหรือเดินขึ้นเนินเขา [39] Hye–Geum Kimและคณะพบว่า ความเครียดสัมพันธ์กับ HRV เนื่องจาก HRV มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งได้แก่ ระบบพาราซิมพาเทติก และระบบซิมพาเทติก ซึ่งตัวแปรของ HRV มีผล low parasympathetic activity ซึ่งลักษณะดังกล่าวส่งผลให้ มีการลดลงของ HRV ลด HF [40] และเพิ่ม LF [41]

จะเห็นได้ว่าการศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ผ่านมาเป็นการศึกษาในผู้สูงอายุเป็นส่วนมาก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดในอาสาสมัครวัยรุ่น เนื่องจากความแตกต่างของอายุจะมีผลต่อการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อการออกกำลังกายที่ต่างกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกในการออกกำลังกายในกลุ่มวัยรุ่นเพื่อเพิ่มการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดต่าง ๆ

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระบบการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในอาสาสมัครวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครทั้งหมดจำนวน 34 ราย แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 17 ราย ด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) โดยการจับสลาก 1. กลุ่มออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน 2. กลุ่มควบคุม

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

จำนวนอาสาสมัครได้จากสูตรการหาขนาดตัวอย่าง ดังต่อไปนี้ [18]

$$n = \frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\beta})^2 \left[\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{r}\right]}{\Delta^2}$$

$r = \frac{n_1}{n_2}$

$\Delta = \mu_1 - \mu_2$

n = sample size

$\mu 1$= mean in group 1

$\mu 2$= mean in group 2

$\sigma 1$= standard deviation in group 1

$\sigma 2$= standard deviation in group 2

α = significance level

z = standard normal value

$1-\beta$ = power of test

α = 0.05

β = 0.20

โดยอ้างอิงจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมา [19] จึงได้จำนวนอาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

$$17 \approx \frac{(1.96 + 1.28)^2\left[19.1^2 + \frac{6.2^2}{1}\right]}{(146.5\text{-}132.5)^2}$$

เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria)

1. วัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดีอายุระหว่าง 18 ถึง 25 ปี ที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัยพะเยา
2. ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำในเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา (ออกกำลังกายน้อยกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์)
3. ไม่มีประสบการณ์หรือเคยออกกำลังกายแบบแกว่งแขนมาก่อน
4. ไม่มีภาวะเครียดหรือมีภาวะเครียดน้อยโดยมีระดับคะแนนจากแบบวัดความเครียดกรมสุขภาพจิต (ST-5) อยู่ที่ 0-7 คะแนน

เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

1. ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่น กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด (ischemic heart disease) หัวใจล้มเหลวเรื้อรัง (chronic heart failure) ความดันโลหิตสูงที่ควบคุมไม่ได้ (uncontrolled hypertensive) เป็นต้น
2. ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด ไฮเปอร์เวนติเลชั่นซินโดรม (hyperventilation syndrome) เป็นต้น
3. ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคที่เกี่ยวกับระบบประสาท เช่น โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง (myasthenia gravis) เป็นต้น
4. มีภาวะที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวข้อต่าง ๆ เช่น ข้อไหล่ ข้อเข่า โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (rheumatoid arthritis) เป็นต้น
5. ดื่มชาและกาแฟเป็นประจำ (ดื่มกาแฟหรือชามากกว่า 2 แก้ว/วัน

วัสดุและอุปกรณ์

1. แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน	จำนวน	40	ชุด
2. แบบบันทึกการทดสอบ	จำนวน	40	ชุด
3. คอมพิวเตอร์	จำนวน	3	เครื่อง
4. เก้าอี้ที่มีพนักพิง	จำนวน	3	ตัว
5. เครื่องวัดความดันโลหิต รุ่น HEM-7121	จำนวน	1	เครื่อง
6. เครื่อง Polar รุ่น V800	จำนวน	1	เครื่อง
7. เครื่องเคาะจังหวะ รุ่น AM-707 BK	จำนวน	1	เครื่อง
8. นาฬิกาจับเวลา รุ่น FBT F606	จำนวน	2	อัน
9. สายวัด	จำนวน	1	เส้น
10. ชุดปฐมพยาบาล	จำนวน	1	ชุด

ขั้นตอนการศึกษา

1. ประชาสัมพันธ์และเชิญชวนอาสาสมัครวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี อายุระหว่าง 18 ถึง 25 ปี ที่ศึกษาในมหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา เพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยด้วยวาจา อาสาสมัครที่ผ่านการคัดกรองด้วยเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก ได้รับการอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย รวมทั้งวิธีการปฏิบัติตนขณะอยู่ในช่วงทดลอง และลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการ
2. แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม โดยการจับฉลาก กลุ่มที่ 1 กลุ่มออกกำลังกายกลุ่มโดยการแกว่งแขน และกลุ่มที่ 2 กลุ่มควบคุม โดยทั้ง 2 กลุ่มจะต้องมี ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index:BMI) เฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการประเมินข้อมูลพื้นฐานอาสาสมัคร ได้แก่

3.1 ข้อมูลสุขภาพทั่วไป

3.2 โครงสร้างร่างกาย (anthropometry) ได้แก่ ความสูง น้ำหนักตัว และดัชนีมวลกาย การกระจายของไขมันในร่างกาย (body fat distribution) ได้แก่ เส้นรอบเอว เส้นรอบสะโพก และอัตราส่วนระหว่างเอวต่อสะโพก (waist to hip ratio : WHR)

4. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มได้รับการประเมินตัวตัวแปรหลักในการศึกษาก่อนการทดลอง ได้แก่

4.1 ความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจ (heart rate variability :HRV) และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก โดยข้อมูลอัตราการของเต้นหัวใจ 5 นาที ในขณะที่อาสาสมัครอยู่ในท่านั่ง [20] จะถูกบันทึกด้วยเครื่อง polar รุ่น V800 แล้วนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจทั้ง time และ frequency domain และค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะ

พัก ในวันที่ทำการประเมินอาสาสมัครงดเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน งดสูบบุหรี่อย่างน้อย 8 ชั่วโมง [21] และนั่งพักอย่างน้อย 10 นาทีก่อนการประเมิน [22]

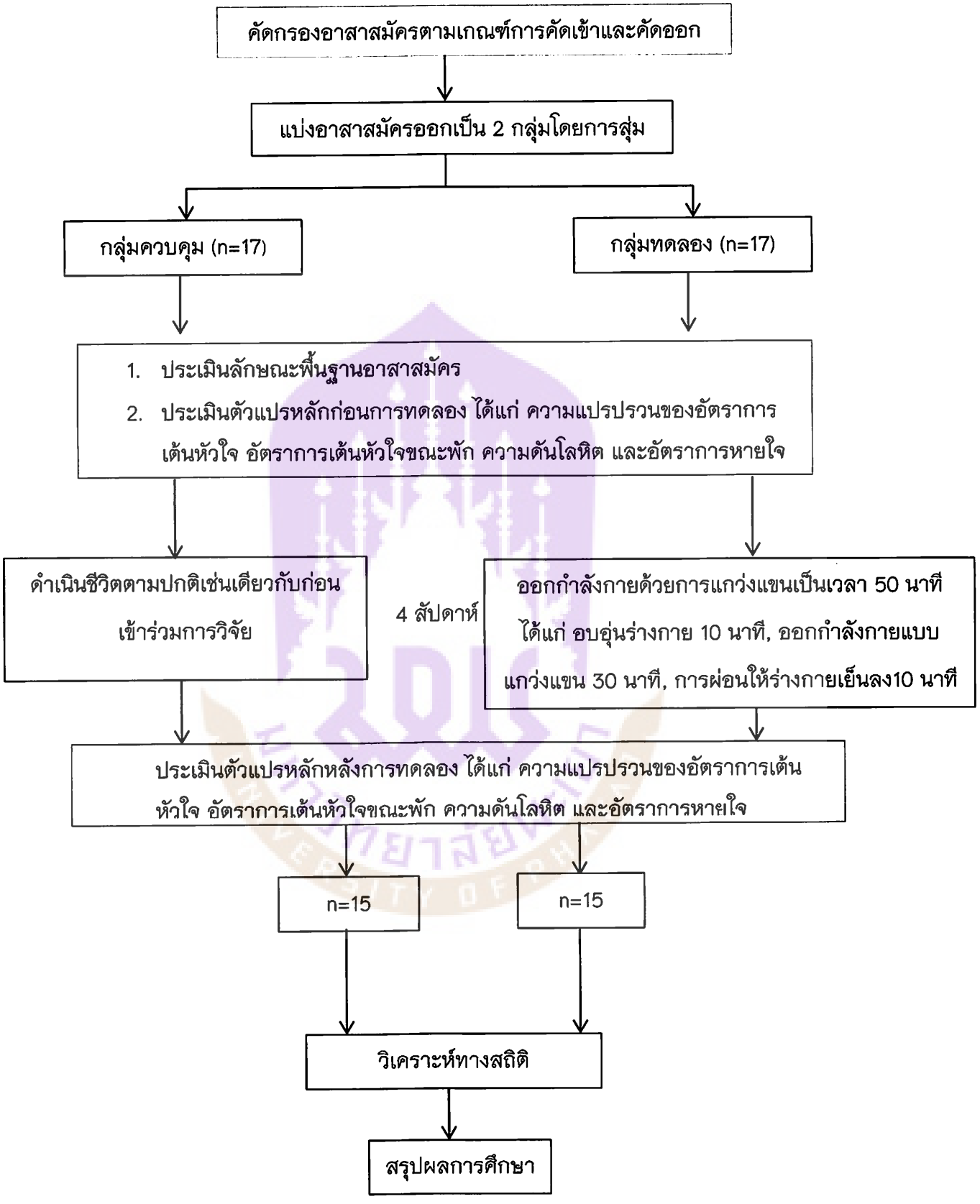
4.2 ความดันโลหิต (blood pressure: BP) อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง เท้าวางราบบนพื้น และวางแขนบนโต๊ะหรือที่รองแขน วัดความดันโลหิตด้วยเครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิทัล รุ่น HEM-7121 โดยอาสาสมัครงดเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน และงดสูบบุหรี่อย่างน้อย 30 นาที และนั่งพักอย่างน้อย 5 นาที ก่อนการทดสอบ ความดันโลหิตจะถูกวัด 2 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 1 นาที และนำค่าเฉลี่ยไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ในครั้งแรกวัดความดันโลหิตจากแขนทั้ง 2 ข้าง และเลือกใช้ข้อมูลจากข้างที่มีค่าสูงกว่าและใช้ข้างนั้นในการวัดครั้งต่อไป [23]

4.3 อัตราการหายใจ การหายใจจะนับในหน่วยครั้งต่อนาที (beats per minute: bpm) โดยอาสาสมัครอยู่ในท่านั่ง หลังตรงและผ่อนคลาย ผู้วิจัยนับจำนวนครั้งที่หน้าอกของอาสาสมัครยกขึ้นและยุบลงในช่วง 1 นาที อาสาสมัครนั่งพักนิ่งๆ เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที ก่อนที่จะเริ่มนับอัตราการหายใจ [24]

5. กลุ่มทดลองจะได้รับการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนแบบกลุ่ม (group exercise) ณ บริเวณ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา โดยมีผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้นำการออกกำลังกายแบบแกว่งแขน เป็นผู้สอนและแนะนำการออกกำลังกาย ทำการออกกำลังกายแบบแกว่งแขน 50 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยการออกกำลังกายประกอบด้วย อบอุ่นร่างกาย (warm up) 10 นาที [25] ออกกำลังกายแบบแกว่งแขน เป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยการคลายให้ร่างกายเย็นลง (cool down) 10 นาที [26] (ภาคผนวก ก) ส่วนกลุ่มควบคุมจะได้รับคำแนะนำให้ดำเนินชีวิตตามปกติเหมือนก่อนเข้าร่วมการวิจัย

6. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มได้รับการประเมินตัวตัวแปรหลักในการศึกษาหลังการทดลอง โดยมีวิธีการประเมินเช่นเดียวกับข้อ 4

7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป



แผนภูมิ แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ข้อมูลสภาวะสุขภาพ แบบประเมินความเครียด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (means ± SD) และจะถูกวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test
2. การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มเดียวกัน จะใช้สถิติ Paired Sample t-test ในกรณีมีการแจกแจงปกติ หรือ Wilcoxon test สำหรับข้อมูลแจกแจงไม่ปกติ
3. การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มจะใช้สถิติ independent-samples t-test ในกรณีมีการแจกแจงปกติ หรือ Mann – Whitney U test สำหรับข้อมูลแจกแจงไม่ปกติ
4. ข้อมูลจะถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ คือ $p < 0.05$

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้สถิตเชิงพรรณนา (descriptive analysis) เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลและตัวแปรต่าง ๆ และจะถูกวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test สำหรับข้อมูลอาสาสมัครจากการตรวจสอบข้อมูลพบว่ามีการกระจายตัวไม่ปกติ จึงใช้การวิเคราะห์แบบ Non-parametric โดยใช้ Wilcoxon Signed Rank test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลระหว่างก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรม ของอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มและใช้ Mann-Whitney U test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลอาสาสมัครระหว่างกลุ่ม โดยพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษานี้ เป็นวัยรุ่นเพศหญิงสุขภาพดี อายุระหว่าง 18 ถึง 25 ปี ที่ศึกษาในมหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา ไม่เคยมีประสบการณ์ในการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนมาก่อน ได้รับประชาสัมพันธ์เพื่อเชิญให้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 34 คน แต่เนื่องจากอาสาสมัคร 4 คนมีค่าความดันซิสโตลิกและไดแอสโตลิคที่สูงในขณะพัก ซึ่งไม่ใช่ค่าขณะพักที่แท้จริง จึงไม่ได้นำข้อมูลของของอาสาสมัครทั้ง 4 คนมาวิเคราะห์ทางสถิติ ทำให้เหลือข้อมูลของอาสาสมัครทั้งหมดจำนวน 30 คน ในการวิเคราะห์ผลจากสถิติ โดยเป็นอาสาสมัครในกลุ่มแกว่งแขน จำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 15 คน เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีอาสาสมัครถอนตัวจากการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

Characteristics	ASE group (n=15)	Control group (n=15)	*p*- value
Age (years)	21.47 ± 0.83	21.47 ± 0.74	1.000
Weight (kg.)	49.93 ± 3.78	51.26 ± 3.21	0.141
Height (cm.)	158.56 ± 5.71	160.40 ± 5.34	0.358
BMI (kg/m^2)	19.75 ± 1.66	19.77 ± 1.20	0.563
Waist circumference (cm.)	67.67 ± 5.31	68.40 ± 5.12	0.224
Hip circumference (cm.)	86.46 ± 5.05	88.53 ± 5.04	0.272
WHR	0.78 ± 0.05	0.76 ± 0.05	0.096
ST-5 (score)	3.86 ± 1.76	4.33 ± 2.09	0.515

ข้อมูลนำเสนอด้วยค่า Mean ± SD, BMI = Body Mass Index, WHR = Waist Hip Ratio, ST-5 = Stress Test 5

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร โดยอาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนมี อายุ น้ำหนัก ความสูง ดัชนีมวลกาย เส้นรอบเอว เส้นรอบสะโพก อัตราส่วนระหว่างเอวกับสะโพกและค่า ST-5 ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม (p-value > 0.05)

ตารางที่ 2 ตารางการแสดงผลการประเมินระบบหัวใจและหลอดเลือด

Variables	ASE group (n= 15)	Control group (n = 15)	*p* value (within group)	*p* value (between group)
SBP				
Pretest	105.03 ± 6.93	100.00 ± 7.69	a = 0.035*	0.120
Posttest	100.93 ± 7.54	109.67 ± 8.89	b = 0.001*	0.016*
DBP				
Pretest	64.33 ± 5.79	65.20 ± 6.14	a= 0.850	0.868
Posttest	64.76 ± 6.49	69.53 ± 7.10	b= 0.047*	0.065
MAP				
Pretest	77.83 ± 5.35	76.55 ± 6.25	a= 0.457	0.443
Posttest	76.84 ± 6.33	82.83 ± 7.19	b= 0.003*	0.022*
RR				
Pretest	17.33 ± 3.55	16.66 ± 1.75	a= 0.305	0.586
Posttest	18.20 ± 3.32	16.86 ± 2.47	b= 0.849	0.233
HR				
Pretest	81.33 ± 10.27	74.60 ± 7.16	a= 0.334	0.039*
Posttest	77.53 ± 10.98	84.40 ± 9.98	b= 0.001*	0.233

ตารางที่ 2 ตารางการแสดงผลการประเมินระบบหัวใจและหลอดเลือด (ต่อ)

Variables	ASE group (n= 15)	Control group (n = 15)	*p* value (within group)	*p* value (between group)
LF				
Pretest	48.16 ± 13.30	46.10 ± 21.64	a= 0.036*	0.221
Posttest	37.21 ± 18.06	42.73 ± 15.83	b= 0.733	0.206
HF				
Pretest	51.45 ± 13.07	57.09 ± 15.81	a= 0.041*	0.191
Posttest	63.23 ± 17.86	53.76 ± 21.60	b= 0.733	0.178
RMSSD				
Pretest	87.52 ± 98.67	117.21 ± 185.65	a= 0.307	0.290
Posttest	109.84 ± 102.36	74.41 ± 40.57	b= 0.532	0.436
LF/HF ratio				
Pretest	1.09 ± 0.73	0.93 ± 0.73	a= 0.820	0.539
Posttest	0.82 ± 0.71	1.25 ± 1.11	b= 0.100	0.576

ข้อมูลนำเสนอด้วยค่า Mean ± SD, หมายเหตุ *มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) a = arm swing exercise group, b = control group, SBP = systolic blood pressure, DBP = diastolic blood pressure, MAP = mean arterial pressure, RR = respiratory rate, HR = heart rate, LF = low frequency, HF = high frequency, RMSSD = root mean square of successive differences, LF/HF ratio = low frequency/high frequency

หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย พบว่าอาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนมีค่า SBP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า SBP ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบแกว่งแขนและกลุ่มควบคุม พบว่าหลังโปรแกรมการออกกำลังกายกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนมีค่า SBP ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) (ตารางที่ 2)

ก่อนได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย ระดับ diastolic blood pressure (DBP) ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนและกลุ่มควบคุม แต่หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย พบว่า อาสาสมัครกลุ่มควบคุมมีค่า DBP สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) เมื่อเปรียบเทียบก่อนการทดลอง อย่างไรก็ตามสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันของระดับ DBP (ตารางที่ 2)

หลังจากออกกำลังกายแบบแกว่งแขนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับ MAP เมื่อเทียบกับก่อนได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีระดับ MAP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) และมีค่าสูงกว่ากลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย (p-value < 0.05) (ตารางที่ 2)

อัตราการหายใจ (respiratory rate: RR) ก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย พบว่า อาสาสมัครทั้งกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนและกลุ่มควบคุมมีค่า RR ไม่ต่างกัน (p-value > 0.05) (ตารางที่ 2)

ก่อนออกกำลังกาย กลุ่มออกกำลังกายแบบแกว่งแขน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) แต่ภายหลังการออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ พบว่า HR ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) และมีค่าไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม (p-value > 0.05) (ตารางที่ 2)

หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย อาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนมีค่า LF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกลุ่มควบคุม (p-value > 0.05) (ตารางที่ 2)

หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย อาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนมีค่า HF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) แต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกลุ่มควบคุม (p-value > 0.05) (ตารางที่ 2)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการทดสอบ RMSSD ก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย พบว่า หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย อาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนและกลุ่มควบคุมมีค่า RMSSD ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p–value > 0.05) (ตารางที่ 2)

เมื่อเปรียบเทียบผลของการทดสอบ LF/HF ก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย พบว่า หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย อาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนและกลุ่มควบคุมมีค่า LF/HF ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p–value > 0.05) (ตารางที่ 2)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ในวัยรุ่นหญิงสุขภาพดีที่อาศัยในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยอาสาสมัครจำนวน 30 คน ถูกแบ่งเป็นกลุ่มออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนจำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน 4 สัปดาห์ พบว่าระดับ SBP ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Prasertsri และคณะ พบว่าการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ในผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงมีผลต่อการลดลงของ SBP (P-value < 0.05) [41] และสอดคล้องบางส่วนกับ Thitiwuthikiat และคณะ ที่ทำการศึกษาการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน ในผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงมีผลต่อการลดลงของ SBP และ DBP (P-value < 0.05) [35] การออกกำลังกายเป็นประจำจะช่วยปรับปรุงการทำงานของหัวใจโดยกระตุ้นการทำงานของ baroreceptor ซึ่งมีผลต่อการทำงานของ vagal center เมื่อกระตุ้นจึงส่งผลให้ parasympathetic ทำงานเพิ่มขึ้นและลดการทำงานของ sympathetic ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่มีค่า LF ลดลง และการเพิ่มขึ้นของ HF นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของ parasympathetic ยังส่งผลไปลดการทำงานของ Angiotensin II และ เพิ่มการหลั่งของ Nitric oxide อย่างไรก็ตามผลของค่า DBP ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการให้โปรแกรมการออกกำลังกายที่น้อยเกินไป ควรเพิ่มเวลาการออกกำลังกายเป็น 2 เดือน เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Thitiwuthikiat และคณะ ที่ทำการศึกษาการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน เป็นเวลา 2 เดือน ในผู้สูงอายุที่มีความดันโลหิตสูงมีผลต่อการลดลงของ SBP และ DBP (P-value < 0.05) [35]

กลุ่มออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน HR มีแนวโน้มที่ลดลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value > 0.05) ซึ่งต่างจากการศึกษาก่อนหน้านั้นของ Fagard RH และคณะ ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 3 เดือน ในผู้สูงอายุ 60–80 ปี ที่มีความดันโลหิตสูง พบว่าหลังสิ้นสุดการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนมีค่า HR ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) [42] การศึกษาครั้งนี้พบว่าการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน 4 สัปดาห์มีผลลด SBP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ยังไม่เห็นผลที่ชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการควบคุมอัตราการเต้น

ของหัวใจเป็นผลจากระบบประสาทอัตโนมัติเป็นสำคัญ ในขณะที่ปัจจัยที่มีผลต่อความดันโลหิต ได้แก่ ระบบประสาทอัตโนมัติและสารเคมีในเลือด เช่น ระบบเรนินแองจิโอเทนซิน (renin angiotensin system) และ Nitric oxide เป็นต้น การออกกำลังกายเป็นประจำอาจส่งเสริมการทำงานทั้ง ระบบประสาทอัตโนมัติและสารเคมีในเลือดจึงส่งผลให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตที่ชัดเจนกว่า อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับสารเคมีในเลือดที่มีผลต่อระดับความดันโลหิต การศึกษาต่อไปในอนาคตจึงควรศึกษาผลของระดับสารเคมีที่ผลต่อความดันโลหิตร่วมด้วยเพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตภายหลังการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้โปรแกรมการออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้เป็นโปรแกรมระยะสั้นเพียง 4 สัปดาห์ ทำให้ค่า HR ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มควบคุมมีระดับ HR เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามยังอยู่ในระดับอัตราการเต้นของหัวใจปกติ

กลุ่มออกกำลังกายด้วยการการแกว่งแขนพบว่า หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย LF ลดลง และ HF เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบระหว่างกลุ่มออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนและกลุ่มควบคุม หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันของ LF และ HF (p-value > 0.05) ซึ่งค่า LF บ่งบอกถึงการทำงานของ sympathetic และ HF บ่งบอกถึงการทำงานของ parasympathetic มีความสัมพันธ์กับการศึกษาก่อนหน้านั้นของ Routledge FS และคณะได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงความแปรปรวนของหัวใจร่วมกับการรักษาโดยการออกกำลังกาย พบว่า การออกกำลังกายที่ความหนักระดับต่ำเป็นประจำ สามารถช่วยปรับปรุงระบบประสาทและฮอร์โมน ช่วยเพิ่มการทำงาน parasympathetic และลดการทำงานของ sympathetic ที่มากเกินไป [43]

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของการวิจัย

1. โปรแกรมการออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้ เป็นโปรแกรมระยะสั้นเพียง 4 สัปดาห์ การศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มระยะในการฝึกให้นานขึ้นเพื่อให้เห็นผลของการฝึกที่ชัดเจน

2. กลุ่มอาสาสมัครในการศึกษาครั้งนี้มีขนาดเล็ก การศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มให้มากขึ้น เพื่อให้เห็นผลของการฝึกที่ชัดเจน

3. การศึกษาครั้งต่อไปควรสอนท่าออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนก่อนให้โปรแกรมการออกกำลังกายจริงเพื่อให้อาสาสมัครสามารถออกกำลังกายได้ถูกต้อง

4. การศึกษาในครั้งนี้อาสาสมัครทราบกลุ่ม การทดสอบและตัวแปรที่วัด จึงอาจมีอคติในการวัดผลการทดสอบ

5. การศึกษาในครั้งนี้มีอาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายบางคนได้เข้าร่วมงานวิจัยอื่นจึงอาจมีผลต่อการทดสอบ

6. การศึกษาในครั้งต่อไป ควรศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดภายหลังจากออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน ยกตัวอย่างเช่น Angiotensin, Nitric oxide เป็นต้น

7. การศึกษาครั้งต่อไปควรจัดสถานที่การทดสอบที่สงบ ไม่มีสิ่งรบกวนในการวัดค่าตัวแปรในการทดสอบ เนื่องจากบางตัวแปรถูกกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย เช่น ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดในผู้หญิงสุขภาพดีอายุ 18-25 ปี ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนเป็นเวลา 30 นาที/วัน 3วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลในการลด Systolic Blood Pressure

เอกสารอ้างอิง

1. ศรีประภา ชัยสินธพ. สภาพจิตใจของวัยผู้ใหญ่ [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 23 ก.ค. 2562]. จากhttps://med.mahidol.ac.th/ramamental/generalknowledge/general/
2. กุลทัต หงส์ชยางกูร,พงศ์เทพ สุธีรวุฒิ และณัตติพงศ์ แก้วทอง. คู่มือการเพิ่มกิจกรรมทางกายในคนไทย.โฟ-บาร์ด.สงขลา. 2561.
3. Kim SY. Sedentary Lifestyle and Cardiovascular Health. Korean J Fam Med. 2018; 39 (1)
4. คณะทำงานจัดทำรายงานประจำปี สำนักโรคไม่ติดต่อ ปี 2561. กลุ่มยุทธศาสตร์ แผนและประเมินผล สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์. 2561
5. ณัฐธิวรรณ พันธ์มุง,อลิสรา อยู่เลิศลบ, สราญรัตน์ ลัทธิ.ประเด็นสารรณรงค์วันหัวใจโลก ปีพ.ศ. 2561 . สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. [อ้างเมื่อ เมื่อ 23 ก.ค. 2562]. จากhttp://thaincd.com/document/file/download/knowledge/
6. Kesaniemi YK, Danforth E Jr, Jensen MD, Kopelman PG, Lefèbvre P, Reeder BA. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. Med Sci Sports Exerc. 2001; 33 (6): 351-8
7. Punia S, Kulandaivelan S, Singh V, Punia V. Effect of Aerobic Exercise Training on Blood Pressure in Indians: Systematic Review. Int J Chronic Dis. 2016; 1370148. doi:10.1155/2016/1370148
8. Petchan, O. (2006). The effect of arm swing exercise on maximal oxygen consumption in the elder women. Master of Science. Interdisciplinary Graduate Program. Kasetsart University. Bangkok.
9. อภิชญา เสียงลือชา, ภัทราวุธ อินทรกำแหง, ถนอมศักดิ์ เสนาคำ.การศึกษาระดับความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนขณะนั่งและยืนในคนปกติ.เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร.2551: 18 (3):2.
10. Prasertsri P, Singsanan S, Chonanant C, Boonla O, Trongtosak P. Effects of arm swing exercise training on cardiac autonomic modulation, cardiovascular risk factors, and electrolytes in persons aged 60-80 years with prehypertension: A randomized controlled trial. J Exerc Sci Fit. 2019 ; 17 (2): 47-54.

11. Farah BQ, Barros MV, Balagopal B, Ritti-Dias RM. Heart rate variability and cardiovascular risk factors in adolescent boys. J Pediatr. 2014; 165 (5): 945-50
12. ภัทรดนัย อุภัยศรี. หัวใจเต้นช้า อายุยืนยาว [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 23 ก.ค. 2562]. จาก https://health.kapook.com/view104601
13. Aune D, Sen A, ó'Hartaigh B, Janszky I, Romundstad PR, Tonstad S, Vatten LJ. Resting heart rate and the risk of cardiovascular disease, total cancer, and all-cause mortality - A systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2017; 27 (6): 504-517
14. Gu D, Kelly TN, Wu X, Chen J, Duan X, Huang JF, Chen JC, Whelton PK, He J. Blood pressure and risk of cardiovascular disease in Chinese men and women. Am J Hypertens. 2008; 21 (3): 265-72.
15. Jensen MT, Marott JL, Allin KH, Nordestgaard BG, Jensen GB. Resting heart rate is associated with cardiovascular and all-cause mortality after adjusting for inflammatory markers: the Copenhagen City Heart Study. Eur J Prev Cardiol. 2012 Feb; 19 (1): 102-8.
16. พวงทอง ไกรพิบูลย์ วว.รังสีรักษา และเวชศาสตร์นิวเคลียร์. ความดันโลหิต [ออนไลน์] 2557 [อ้างเมื่อ 23 ก.ค. 2562]. จาก http://haamor.com/th/ความดันโลหิต
17. Gerstenblith G, Renlund DG, Lakatta EG. Cardiovascular response to exercise in younger and older men. Fed Proc. 1987 Apr; 46 (5): 1834-9
18. Bernard R. Fundamentals of biostatistics.5th ed. Duxbery: Thomson learning. 2000. 308p.
19. Phoemsapthawee J, Ammawat W, Leelayuwat N, N. The benefit of arm swing exercise on cognitive performance in older women with mild cognitive impairment. Journal of Exercise Physiologyonline 2016; 19 (6): 123-136.
20. Markov A, Solonin I, Bojko E. Heart rate variability in workers of various professions in contrasting seasons of the year. Lnt J Occup Med Environ Health. 2016; 29 (5): 793-800.
21. Ha JH, Park S, Yoon D, Kim B. Short-term heart rate variability in older patients with newly diagnosed depression. Phychiatry Res. 2015; 226 (2-3): 484-8.

22. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE Jr, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. Hypertension. 2018; 71 (6): 1269-1324.

23. Kanapon Phumratprapin. Vital sign [ออนไลน์] 2561 [อ้างเมื่อ 28 กรกฎาคม 2562]. จาก https://healthathome.in.th/blog/การวัดสัญญาณชีพ-vital-signs/

24. แอนโธนี สตาร์ค. การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ [ออนไลน์] 2561 [อ้างเมื่อ 28 กรกฎาคม 2562]. จาก https://th.wikihow.com/ตรวจวัดอัตราการหายใจ

25. วิมณเทียร เพาะบุญ . การออกกำลังกายเพื่อเหยียดยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่และแขน [ออนไลน์] 2560 [อ้างเมื่อ 28 กรกฎาคม 2562]. จาก http://www.mh.ac.th/StudentWorkM6/porntipweb/importran/neck3.htm

26. Yupa Jewpattanakul, Ubolwanna Reungthongdee, Thitrirat Tabkeaw. The Effect of the Arm Swing Exercise with Family Participation Program on Exercise Behavior in Elderly with Essential Hypertension. J Nurs Sci. 2012; 30 (2): 46-57.

27. Marieb, E.N. Wilhelm, P.B. & Malatt, J. (2012). Human Anatomy. 6th ed. San Francisco: Benjamin Cummings. Martini, F.H. Timmons, M.J. & Tallitsch, R.B. (2012). Human Anatomy. 7th ed. San Francisco: Benjamin Cummings. Mckinley, M & O'Loughlin, V.D. (2008). Human Anatomy. 2nd ed. New York: McGraw-Hill. Scanlon, V.C. & Sabdeers, T. (2007). Essentials of Anatomy and Physiology. 5th ed. Philadelphia: Davis company. Shier, D. Butler, J. & Lewis, R. (2009). Hole's Essential Anatomy and Physiology. 11th ed. New York: McGraw-Hill. Snell, R.S.. Clinical Anatomy by System. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Susan E. Mulroney and Adam K. Myers. (2009). Netter's essential physiology. 1st ed. China. John Wiley & Sons. Tortora, G.J. (2009). Principle of Anatomy and Physiology. 11th ed. United State of America: John Wiley &Sons.

28. วิไล ชินธเนศ. บทนำสู่ระบบประสาท [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 11 ส.ค. 2562] จาก http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jNzrMEfnVn4J:physiology.md.chula.ac.th
29. ณัฐิยา ไกรวพันธุ์. ลักษณะทางกายวิภาคของระบบประสาทอัตโนมัติ. [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 11 ส.ค. 62] จาก http://www.med.cmu.ac.th/dept/pharmaco/pharmacology/lesson01/02.htm
30. ธวัช แต้โสตถิกุล.สรีรวิทยาของระบบประสาทอัตโนมัติ [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ เมื่อ 6 สิงหาคม 2562] จาก http://www.med.cmu.ac.th/dept/pharmaco/pharmacology/lesson01/03.htm?fbclid=IwAR0UOK-qeKHjVX5D7cLLkOKyzZ0i-Ny3KPFL--1qgY5ADeOJyf417ET7HmU
31. Thanika. physiology of circulatory system [ออนไลน์] 2555 [อ้างเมื่อ 6 สิงหาคม 2562]. จาก https://mycirculatorysystem.blogspot.com/2012/03/blog-post_4147.html
32. Voss U, Holzmann R, Tuin I, Hobson JA. Lucid dreaming: a state of consciousness with features of both waking and non-lucid dreaming. Sleep. 2009;32(9):1191-200.
33. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. โครงการศึกษาวิเคราะห์สภาพงานอันตรายสำหรับเด็กในประเทศไทย พ.ศ. 2560 [ออนไลน์] 2550 [อ้างเมื่อ 6 ส.ค. 2562]. จาก http://research.mol.go.th/2013/rsdat/data/doc/SEE05e0/06SEE05e0.pdf
34. ณัฐเศรษฐ มนิมนากร, อภิวันท์ มนิมนากร, รัตนา วิเชียรศิริ, จิตติมา แสงสุวรรณ, และ นฤมล สีลายุวัฒน์. การประเมินความผันแปรอัตราหัวใจเต้นและการประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติ. J Thai Rehabil Med 2018; 28 (1)
35. ศักดิ์ อนุสรณ์. กายบริหารบำบัดด้วยวิธีแกว่งแขน [ออนไลน์] 2557 [อ้างเมื่อ 19 ส.ค. 2562] จาก http://www.booktime.co.th/_demo/upload/bkt_book/1406000004_9786167818795.pdf?fbclid=IwAR3qyASwPvBOf0XGT_TuqkpTg-Kn99mbm6aNQCo92IhmnmOXmD0eHyFSsoA
36. T Piyanuch Thitiwuthikiat, Thamonwan Imerbtham, Opor Weeraphan, Duangduan Siriwittayawan. Improvement of Cardio-Ankle Vascular Index by Arm-Swing Exercise in Older Adults. Songklanagarind Medical Journal. 2018; 3 (1): 53-60.

37. Sirikan. ออกกำลังกายเพิ่มความทน ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด. [ออนไลน์] 2561 [อ้างเมื่อ 11 ส.ค. 2562] จาก https://goodlifeupdate.com/healthy-body/106951.html

38. ณัฐเศรษฐ มนิมนากร, อภิวันท์ มนิมนากร, รัตนา วิเชียรศิริ, จิตติมา แสงสุวรรณ, และ นฤมล ลีลายุวัฒน์.การประเมินความผันแปรอัตราหัวใจเต้นและการประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติ. J Thai Rehabil Med 2018; 28 (1).

39. Hye-Geum Kim, Eun-Jin Cheon, Dai-Seg Bai, Young Hwan Lee and Bon-Hoon Koo. Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. Psychiatry Investig 2018; 15 (3): 235-245.

40. สุภาพร คำสม, แสงทอง ธีระทองคำ, กมลรัตน์ กิตติพิมพานนท์. ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนต่อระดับน้ำตาลสะสมในเลือดและภาวะโภชนาการในผู้สูงอายุที่เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 ในชุมชน. วารสารการปฏิบัติการพยาบาลและการผดุงครรภ์ไทย. 2560; 4 (2): 46-60.

41. อภิชญา เสียงลือชา, ภัทราวุธ อินทรกำแหง, ถนอมศักดิ์ เสนาคำ. การศึกษาระดับความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขวนขณะนั่งและยืนในคนปกติ. เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร. 2551; 18 (3): 90-97.

42. Prasertsri P, Kaewaram J, Naravoratham K, Trongtosak P. Influence of Arm Swing Exercise Training on Blood Pressure Regulation of Cardiac Autonomic Function and Cardiovascular Risks in Hypertensive Elderly Subjects. JEPonline 2018; 21 (4): 162-176.

43. Cornelissen VA, Fagard RH. Effects of endurance training on blood pressure, blood pressure-regulating mechanisms, and cardiovascular risk factors. Hypertension. 2005;46:667e675

44. Routledge FS, Campbell TS, McFetridge-Durdle JA, Bacon SL. Improvements in heart rate variability with exercise therapy. Can J Cardiol. 2010; 26 (6): 303-312.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแกว่งแขน

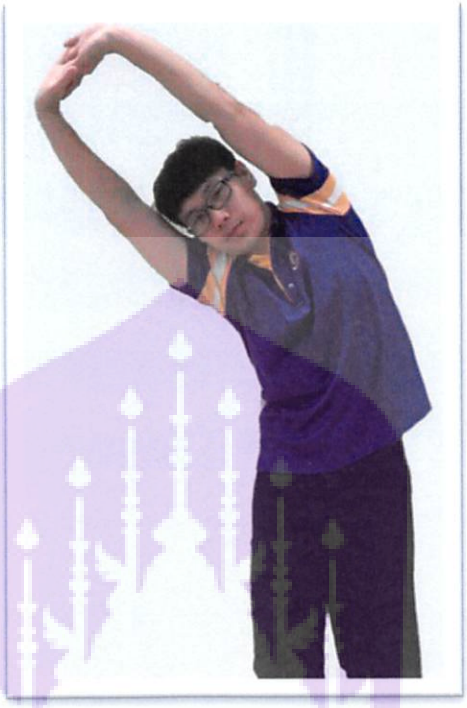
โปรแกรมการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน ประกอบด้วย 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การอบอุ่นร่างกาย (warm up) ประกอบด้วยการยืดกล้ามเนื้อแขน รอบข้อไหล่ ใช้เวลา 10 นาที ดังนี้

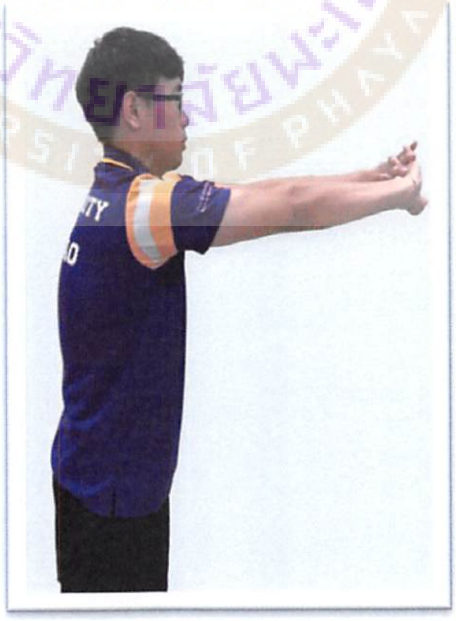
ท่าที่ 1 ยกหัวไหล่ 2 ข้างขึ้นและลงๆ ทำซ้ำ 10 ครั้ง

ท่าที่ 2 ยกแขน 2 ข้างขึ้น มือประสานไว้ที่เหนือศีรษะ ยืดแขน 2 ข้างเหนือศีรษะเต็มที่ ค้างไว้ 10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง

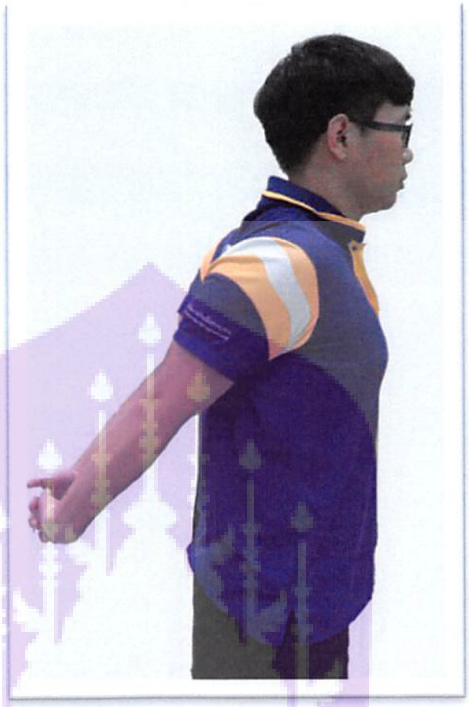
ท่าที่ 3 ยกแขน 2 ข้างขึ้นด้านบน มือประสานไว้ ที่เหนือศีรษะ ยืดแขน 2 ข้างขึ้นเหนือศีรษะเต็มที่ พร้อมเอนตัวไปทางด้านขวา ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง แล้วสลับข้าง



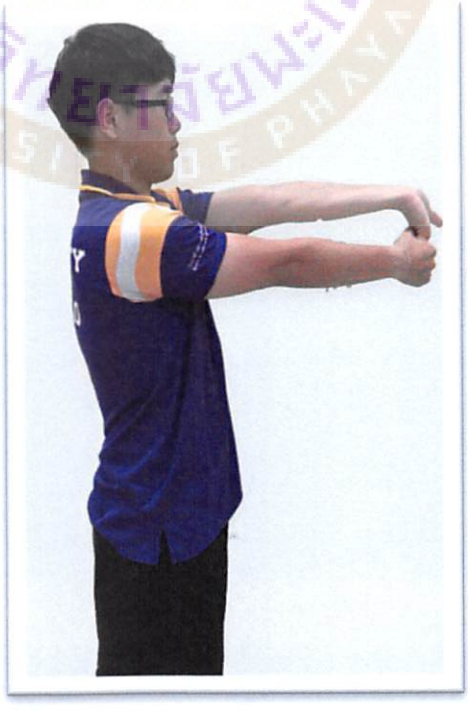
ท่าที่ 4 ยกแขน 2 ข้างไปด้านหน้า มือประสานกันไว้ ยืดแขนทั้ง 2 ข้างไปด้านหน้าเต็มที่ และพยายามดันสะบักไป ด้านหลังให้มากที่สุด ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง



ท่าที่ 5 มือประสานกันไว้ด้านหลัง ข้อศอกเหยียดตรง ดันแขน 2 ข้าง ไปด้านหลังให้มากที่สุด ยืดหน้าอกเต็มที่ ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง



ท่าที่ 6 เหยียดแขนซ้ายไปด้านหน้า พลิกฝ่ามือหงายขึ้น ใช้มือจับขวามือซ้าย ค่อยๆ กดมือซ้ายให้พับลงด้านล่าง ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง แล้วสลับข้าง

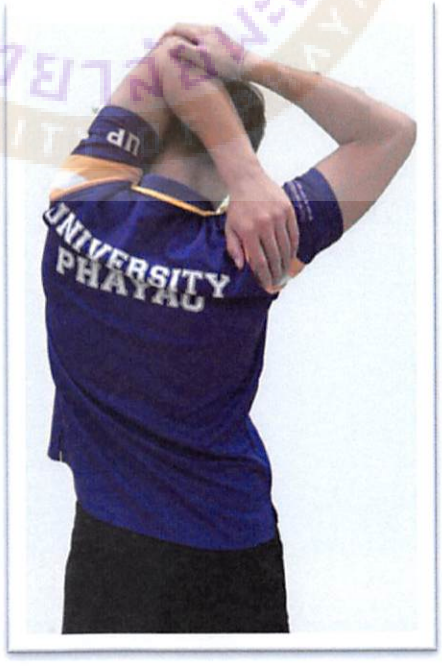


ท่าที่ 7 เหยียดแขนซ้ายไปด้านหน้า พลิกฝ่ามือคว่ำลง ใช้มือขวาจับมือซ้าย ค่อยๆ กดมือซ้าย ให้พับลงด้านล่าง ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง

ท่าที่ 8 ยกแขนซ้ายมาด้านหน้า พลิกแขนซ้าย ให้นิ้วโป้งชี้ลงพื้น ใช้แขนขวา ดันแขนซ้ายเข้าหาลำตัว ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้ง แล้วสลับข้าง

ท่าที่ 9 เหยียดแขนขวาไปด้านหลัง ใช้มือขวาจับแขนซ้าย ออกแรงดึง แขนซ้ายไปทางด้านขวา ค้างไว้ 10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้งแล้วสลับข้าง

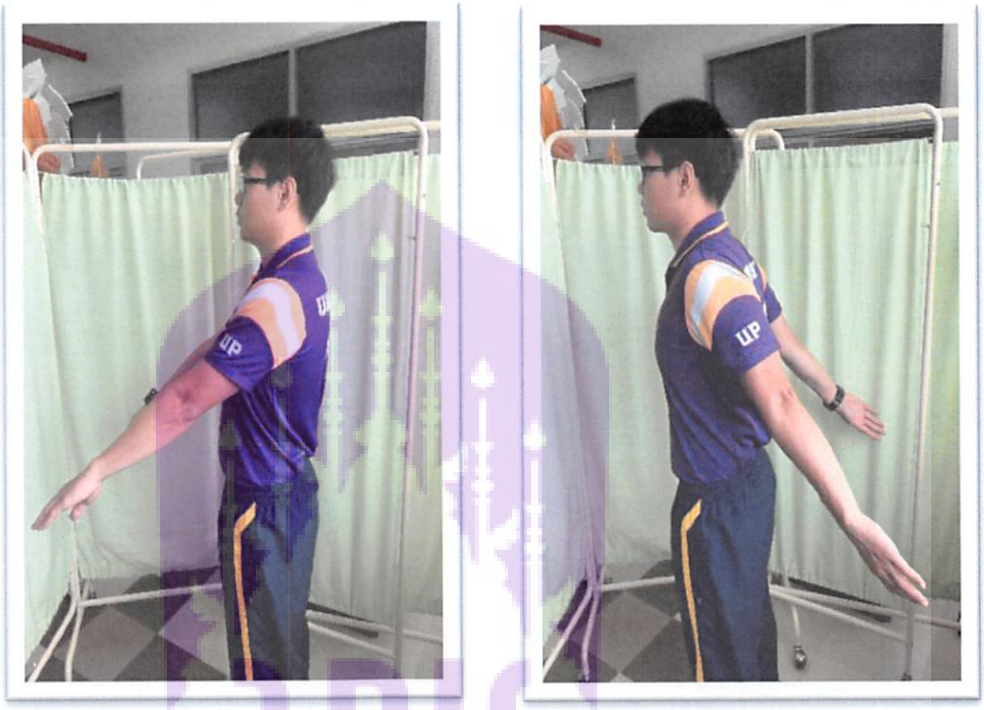
ท่าที่ 10 ยกแขนซ้าย สูงระดับศีรษะ งอศอกซ้าย ผ่านด้านหลังศีรษะ ใช้มือขวาจับบริเวณข้อศอกซ้าย ออกแรงดึงข้อศอกซ้าย ไปทางด้านหลัง ค้างไว้10 วินาที ทำซ้ำ 10 ครั้งแล้วสลับข้าง



ระยะที่ 2 การออกำลังกายโดยการแกว่งแขน ประกอบด้วย 2 ท่า ท่าละ 15 นาทีโดยให้อาสาสมัคร ยืนเท้าทั้งสองข้างแยกห่างเท่ากับช่วงไหล่ ปล่อยมือสองข้างลง หันอุ้งมือไปข้างหลัง เอวตั้งตรงเหยียดหลัง และลงน้ำหนักไปที่เท้าแล้วปฏิบัติดังนี้

ท่าที่ 1 : แกว่งแขนซ้ายและแขนขวาพร้อมกันโดยให้แกว่งแขนข้างหน้าเบาหน่อย ทำมุมกับลำตัวประมาณ 30 องศาแล้วแกว่งไปข้างหลังให้แรง ทำมุมกับลำตัวประมาณ 60 องศา โดยแกว่งแขนด้วยอัตราเร็ว 60 ครั้งต่อนาที [26,39,40]

ท่าที่ 2 : แกว่งแขนขวาไปข้างหลังพร้อมกับแกว่งแขนซ้ายไปข้างหน้า แล้วแกว่งแขนขวาไป ข้างหน้าพร้อมกับแกว่งแขนซ้ายไปข้างหลัง ทำมุมต่ำกว่าระดับไหล่ 60 ครั้งต่อนาที โดยแกว่งแขนด้วยอัตราเร็ว 60 ครั้งต่อนาที [26,39]



ระยะที่ 3 ท่าผ่อนหยุด (cooldown) ใช้เวลา 10 นาที โดยการยืดกล้ามเนื้อและข้อต่อต่าง ๆ เหมือนระยะ ที่ 1

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามคัดกรองอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมการวิจัย

แบบประเมินความเครียดกรมสุขภาพจิต (ST- 5)

ชื่อ-สกุล.....อายุ.....ปี

ขอให้ท่านลองประเมินตนเองโดยให้คะแนน 0-3 ที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

คะแนน	0	หมายถึง	แทบไม่มี
คะแนน	1	หมายถึง	เป็นบางครั้ง
คะแนน	2	หมายถึง	เป็นบ่อยครั้ง
คะแนน	3	หมายถึง	เป็นประจำ

ข้อที่	ในระยะ 2-4 สัปดาห์	คะแนน			
		0	1	2	3
1.	มีปัญหาการนอน นอนไม่หลับหรือนอนมาก				
2.	มีสมาธิน้อยลง				
3.	หงุดหงิด / กระวนกระวาย / ว้าวุ่นใจ				
4.	รู้สึกเบื่อ เซ็ง				
5.	ไม่อยากพบปะผู้คน				

คะแนนรวม .....

การแปลผล

คะแนน	0 – 4	เครียดน้อย
คะแนน	5 – 7	เครียดปานกลาง
คะแนน	8 – 9	เครียดมาก
คะแนน	10 – 15	เครียดมากที่สุด

***** หมายเหตุ ระดับความเครียดมากขึ้นไป ถือว่ามีความเสี่ยง**

แบบประเมินสุขภาพทั่วไป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

วันที่ประเมิน.....

ชื่อ..... สกุล.....

อายุ..... น้ำหนัก..... ส่วนสูง..... BMI:

.....

เส้นรอบเอว..... เส้นรอบสะโพก..... WHR: .....

วันเดือนปีเกิด..... เบอร์โทรศัพท์

.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลสภาวะสุขภาพ

1.โรคประจำตัว

( ) ไม่มี ( ) มี ระบุโรคที่เป็น

( ) โรคเบาหวาน ( ) โรคไต

( ) โรคความดันโลหิตสูง ( ) โรคมะเร็ง

( ) โรคไขมันในเลือดสูง ( ) โรคโลหิตจาง

( ) โรคหัวใจ ( ) อื่น ๆ ระบุ.....

( ) โรคกระดูกและข้อให้ระบุข้อ 2

2.โรคกระดูกและข้อ ระบุโรคและเลือกตำแหน่งที่เป็น

ระบุโรค.....

( ) คอ ( ) ข้อไหล่ ( ) ข้อศอก ( ) ข้อมือ

( ) นิ้วมือ ( ) กระดูกสันหลัง ( ) ข้อสะโพก ( ) ข้อเข่า

( ) ข้อเท้า ( ) นิ้วเท้า อื่น ๆ ระบุ.....

3.การใช้ยา

( ) ไม่ได้ใช้ยา ( ) ใช้ยา – แพทย์สั่ง ( ) ใช้ยา – ซื้อกินเอง

ระบุชื่อยา.....

4.พฤติกรรมสุขภาพ

4.1 การสูบบุหรี่ ( ) ไม่สูบ ( ) สูบ ปริมาณ.....มวน/วัน

4.2 การดื่มแอลกอฮอล์ ( ) ไม่ดื่ม ( ) ดื่ม จำนวน.....แก้ว/วัน

4.3 การดื่มเครื่องดื่มชูกำลัง

( ) ไม่ดื่ม ( ) ดื่ม จำนวน.....แก้ว/วัน

4.4 การดื่มชา/กาแฟ

( ) ไม่ดื่ม ( ) ดื่ม จำนวน.....

แก้ว/ วัน

5. การออกกำลังกายภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา

( ) ไม่ออกกำลังกาย ( ) ออกกำลังกาย จำนวน.....ครั้ง/สัปดาห์

6. ชนิดการออกกำลังกายเป็นประจำ

( ) การเดิน ( ) ปั่นจักรยาน ( ) การยกน้ำหนัก ( ) ว่ายน้ำ

( ) การวิ่ง ( ) โยคะ ( ) เล่นกีฬา ( ) แอโรบิก

( ) อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 3 ความสามารถทางกายแบบองค์รวม

1.1 การประเมินสุขภาพทางกายแบบองค์รวม

ความสามารถ	การทดสอบ	ผลการตรวจ	เกณฑ์ปกติ
1.ดัชนีมวลกาย	ชั่งน้ำหนักวัดส่วนสูง	น้ำมวลหนัก.....ซม. ส่วนสูง.....ซม. ดัชนีมวลกาย.....กก/เมตร^2	18.5-24.9 กก/เมตร^2
2.สัญญาณชีพ	-วัดอัตราการเต้นของหัวใจ -วัดอัตราการหายใจ -วัดความดันโลหิตขณะพัก -วัดความแปรปรวนของหัวใจ	อัตราการเต้นของหัว.....ครั้ง/นาที อัตราการหายใจ.....ครั้ง/นาที SBP..... DBP..... LF..... HF..... RMSSD..... LF/HF ratio.....	60-100 ครั้ง/นาที 12-20 ครั้ง/นาที 100-140/60-90 มม.ปรอท (LF) 0.04-0.15 HZ (HF) 0.15-0.40 HZ (RMSSD) 20-52 ms
3.สัดส่วนรอบเอวรอบสะโพก	สัดส่วนรอบเอวและรอบสะโพก	รอบเอว.....ซม. รอบสะโพก.....ซม. สัดส่วนรอบเอว/รอบสะโพก	ชาย 0.86-0.9 เท่า หญิง 0.81-0.93 เท่า

ภาคผนวก ค

แบบบันทึกค่าทดสอบวิจัย

ตารางบันทึกผลข้อมูลวิจัย

☐ กลุ่มควบคุม ☐ กลุ่มออกกำลังกาย

ชื่อ.....นามสกุล..... อายุ .....ปี

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

BMI: .....

ค่าที่วัด	ครั้งที่ 1 ก่อนการออกกำลังกาย	ครั้งที่ 2 1 เดือนหลังออกกำลังกาย	หมายเหตุ
SBP			
DBP			
HR			
RR			
HRV			

ใบเช็คชื่อ เดือน ที่ 1

รายชื่อ	สัปดาห์											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

มหาวิทยาลัยพะเยา UNIVERSITY OF PHAYAO

ใบเช็คชื่อ เดือน ที่ 2

รายชื่อ	สัปดาห์											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

มหาวิทยาลัยพะเยา UNIVERSITY OF PHAYAO