



การเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อศอกแบบ
เอ็กเซนตริกและคอนเซนตริกต่อตัวแปรหัวใจและหลอดเลือด
และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ

ในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน

Comparison the Effect of Elbow Flexor Eccentric and
Concentric Exercise on Cardiovascular Variables
and Heart Rate Variability in Obesity
Female Adolescents

โดย

ณัฐภัทร ช่วยบ้าน

ทักษิณาภรณ์ บู่คำ

พงศ์พันธ์ บุญนะ

ภาคินพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2561

ภาคนิพนธ์ เรื่อง
การเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อศอกแบบเอ็กเซนตริก
และคอนเซนตริกต่อตัวแปรหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวน
ของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน
Comparison the Effect of Elbow Flexor Eccentric and Concentric
Exercise on Cardiovascular Variables and Heart Rate
Variability in Obesity Female Adolescents

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญาโท สาขาพยาบาลศาสตรบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 21 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

.....
ณัฐภัทร

(นายณัฐภัทร ช่วยบ้าน)

นิสิต

.....
อรุณรัตน์

(อาจารย์อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
ทัศนาวลัย

(นางสาวทัศนาวลัย บัวคำ)

นิสิต

.....
ธีชานนท์ พรหมศรีสุข

(อาจารย์ ดร.ธีชานนท์ พรหมศรีสุข)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
พงศ์พันธ์

(นายพงศ์พันธ์ บุญนะ)

นิสิต

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

ณัฐภัทร ช่วยบ้าน
ทักษิณาภรณ์ บุปคำ
พงศ์พันธ์ บุญนะ

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง
การเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อศอกแบบเอ็กเซนตริก
และคอนเซนตริกต่อตัวแปรหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวน
ของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน
Comparison the Effect of Elbow Flexor Eccentric and Concentric
Exercise on Cardiovascular Variables and Heart Rate
Variability in Obesity Female Adolescents

เมื่อ วันที่ 21 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

.....
(อาจารย์อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์) (อาจารย์ ดร.ธิดานนท์ พรหมศรีสุข)
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....
(อาจารย์สินธุพร มหารัณ) (อาจารย์ ดร.สุพรรณนิการ์ ลดาวัลย์)

กรรมการ กรรมการ
.....
(อาจารย์ ดร.สุดารัตน์ สังขะมณี) (รองศาสตราจารย์มาลินี ธารานุณ)
หัวหน้าสาขาวิชากายภาพบำบัด คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นายณัฐภัทร ช่วยบ้าน
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Natthaphat Chueiban
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 8 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงราย
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	53 ม.1 ต.ต้า อ.ขุนตาล จ.เชียงราย 57340 E-mail: Chueyban@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนเทิงวิทยาคม จังหวัดเชียงราย ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



ชีวประวัติ

ชื่อ-สกุล ภาษาไทย	นางสาวทักษิณาภรณ์ ปุ่คำ
ชื่อ-สกุล ภาษาอังกฤษ	Mrs. Thuksinaporn boocam
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 1 เดือน มกราคม พ.ศ.2540
สถานที่เกิด	จังหวัดศรีสะเกษ
ที่อยู่อาศัยที่สามารถติดต่อได้	222 ม.2 ต.ดงกำเเม็ด อ.ขุขันธ์ จ.ศรีสะเกษ 33140 E-mail: bp.pmai@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



ชีวประวัติ

ชื่อ-สกุล ภาษาไทย	นายพงศ์พันธ์ บุญนะ
ชื่อ-สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr. Pongpan Boonna
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 30 เดือน มกราคม พ.ศ.2540
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
ที่อยู่อาศัยที่สามารถติดต่อได้	145 ม.2 ต.จิม อ.ปง จ.พะเยา 56140 E-mail: ponboo@pongppk.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนปงพัฒนวิทยาคม จังหวัดพะเยา ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาภาคนิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.ธิดานนท์ พรหมศรีสุข อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมภาคนิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา แนวทางในการทำภาคนิพนธ์ แก้ไข ตรวจทาน แนะนำเรื่องการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ ตลอดจนดูแลเป็นอย่างดีจนทำให้ภาคนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึง อาจารย์สินธุ พร มหารัตน์ และอาจารย์ ดร.สุพรรณิการ์ ลดาวัลย์ ที่ร่วมเป็นคณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ รวมทั้งให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจทาน ให้ภาคนิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชา กายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกทางด้านอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำภาคนิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ครังนี้จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ณัฐภัทร ช่วยบ้าน
ทักษิณาภรณ์ ปู่คำ
พงศ์พันธ์ บุญนะ
21 พฤศจิกายน 2561

คำรับรอง

ข้าพเจ้านายณัฐภัทร ช่วยบ้าน นางสาวทักษิณาภรณ์ ปู่คำ และนายพงศ์พันธ์ บุญนะ
นิสิตกายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่าภาคินิพนธ์เรื่อง การ
เปรียบเทียบผลการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อศอกแบบเอ็กเซนตริกและคอนเซนตริกต่อตัว
แปรหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน
(Comparison the Effect of Elbow Flexor Eccentric and Concentric Exercise on Cardiovascular
Variables and Heart Rate Variability in Obesity Female Adolescents) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิด
จากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อน
หน้านี้แต่อย่างใด

ณัฐภัทร ช่วยบ้าน
ทักษิณาภรณ์ ปู่คำ
พงศ์พันธ์ บุญนะ
21 พฤศจิกายน 2561



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
คำรับรอง	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
สารบัญคำย่อ	VIII
บทคัดย่อภาษาไทย	X
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	3
สมมุติฐาน	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	5
ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน	5
ความหมายของภาวะอ้วน	5
การประเมินภาวะน้ำหนักตัวเกินและอ้วน	5
การวัดรอบเอว	6
ความหมายของภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในวัยผู้ใหญ่	7
การวินิจฉัยภาวะอ้วนลงพุงได้จาก 5 เกณฑ์	7
ความชุกของภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในผู้ใหญ่	8
สาเหตุของภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน	10
ผลกระทบของภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน	10
วิธีการลดน้ำหนัก ในวัยผู้ใหญ่	13
ระบบไหลเวียนโลหิต	15
ความสำคัญของระบบไหลเวียน	15
ส่วนประกอบของระบบไหลเวียนโลหิต	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ความผิดปกติในการควบคุมความดันโลหิต	15
การควบคุมความดันโลหิต	17
ภาวะความดันโลหิตสูง	20
ความหมายและชนิดของความดันโลหิตสูง	20
พยาธิสรีรภาพ	22
การออกกำลังกาย	23
ชนิดของการออกกำลังกาย	24
การแบ่งตามลักษณะการใช้ออกซิเจน	24
การแบ่งตามลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อ	25
ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ	26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา	29
รูปแบบงานวิจัย	29
อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	29
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
ขั้นตอนการศึกษา	31
การวิเคราะห์ข้อมูล	37
บทที่ 4 ผลการศึกษา	38
ลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร	38
ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวนของ	39
อัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิก	
ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวนของ	40
อัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายแบบคอนเซ็นตริก	
ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวน	41
ของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและคอนเซ็นตริก	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 วิจัยรณผลการศึกษา	44
วิจัยรณผลการศึกษา	44
ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของการศึกษา	46
สรุปผลการศึกษา	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน	52
ภาคผนวก ข แบบบันทึกข้อมูลผลการออกกำลังกาย	54
ภาคผนวก ค ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย	57



สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงอุบัติการณ์การเกิดภาวะอ้วนในประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ 1960 ถึง ค.ศ. 2010	8
รูปที่ 2 ทำบริหารกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นบริเวณนิ้วมือ ป่าสะบัก และข้อไหล่	33
รูปที่ 3 การออกกำลังกายแบบแอโรบิค	34
รูปที่ 4 การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก	35
รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงการดำเนินการวิจัย	36



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ดัชนีมวลกาย (BMI) ของเกณฑ์มาตรฐานทั่วโลก และเอเชีย	6
ตารางที่ 2 อุบัติการณ์การเกิดภาวะน้ำหนักเกินและอุบัติการณ์การเกิดภาวะอ้วนตามเพศและช่วงอายุของประชากรประเทศสหรัฐอเมริกา	9
ตารางที่ 3 ความชุกของภาวะน้ำหนักเกินในกลุ่มประเทศ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้	9
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของโรคเรื้อรังจากภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน ในปี ค.ศ. 2010 เทียบกับปี ค.ศ. 1980	10
ตารางที่ 5 การแบ่งระดับความรุนแรงของความดันโลหิตสูง	21
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร 2 กลุ่ม	38
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ก่อน-หลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิค	39
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ ก่อน-หลังการออกกำลังกายแบบคอนเซ็นตริก	41
ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัคร 2 กลุ่ม ก่อนออกกำลังกาย	42
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัคร 2 กลุ่ม หลังออกกำลังกาย	43

สารบัญคำย่อ

1 RM	1 repetition maximum
ACE	Angiotensin Converting enzyme
ACSM	American College of Sport Medicine
ACTH	Adrenocorticotrophic hormone
ANP	Atrial natriuretic peptide
BIA	Bioelectric impedance analysis
BMI	Body mass index
BP	Blood Pressure
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CO	Cardiac output
DBP	Diastolic blood pressure
DEXA	Dual-energy X-ray absorptiometry
DOMS	Delayed onset muscle soreness
ECG	Electrocardiogram
HF	High frequency power
HR	Heart rate
HRV	Heart rate variability
LF	Low frequency power
LF/HF ratio	Ratio of low-high frequency power
MAP	Mean arterial pressure
NIH	National institutes of health
PP	Pulse pressure
PR	Peripheral Resistance
RPP	Rate-pressure product
SBP	Systolic blood pressure
SD	Standard deviation
SV	Stroke volume

สารบัญคำย่อ (ต่อ)

SVI	Sympathovagal imbalance
TPR	Total peripheral resistant
VR	Venous return



บทคัดย่อ

หลักการและวัตถุประสงค์: วัชรุนหญิงมีอุบัติการณ์ภาวะอ้วนเพิ่มสูงขึ้น ภาวะอ้วน มักสัมพันธ์กับการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้นและการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกลดลง ส่งผลให้การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติไม่สมดุล ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้น การส่งเสริมให้ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานดีขึ้นมีส่วนช่วยให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้มีประสิทธิภาพ **วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคและคอนเซนตริกต่อตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ (heart rate variability, HRV) ในวัชรุนหญิงที่มีภาวะอ้วน **วิธีการศึกษา:** วัชรุนเพศหญิงที่มีภาวะอ้วน จำนวน 24 ราย อายุระหว่าง 20–25 ปี อาสาสมัครแบ่งกลุ่มออกกำลังกายแบบมีแรงต้านเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิค (EE) และกลุ่มออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก (CE) ที่ความหนัก 60% of 1RM ในท่า bicep curl จำนวน 8 ครั้ง/รอบ ทำ 3 รอบ แต่ละรอบพัก 2 นาที ก่อนและหลังการออกกำลังกายแต่ละรูปแบบวัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือดแดงเฉลี่ย คำนวณค่า rate pressure product และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ **ผลการศึกษา:** หลังออกกำลังกายแบบ CE มีค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัว อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนหลังออกกำลังกายแบบ EE มีค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัว ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ และค่า high frequency (LF) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่า HRV ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) **สรุป:** การออกกำลังกายแบบแอโรบิคสามารถช่วยเพิ่มการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติพาราซิมพาเทติกในวัชรุนเพศหญิงที่อ้วนได้ เป็นไปได้ว่าอาจมีประโยชน์ในการปรับปรุงความดันโลหิตในผู้ที่มีความดันโลหิตสูงที่สัมพันธ์กับการทำงานผิดปกติของระบบประสาทอัตโนมัติ เช่นผู้ที่เป็นโรคอ้วน เป็นต้น

คำสำคัญ ออกกำลังกายแบบแอโรบิค ออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก วัชรุน อ้วน

ความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ

Abstract

Background and Objectives: Adolescent girls have a higher incidence of obesity. Obesity is associated with increased sympathetic activity and decreased parasympathetic activity. Results in an imbalance of the autonomic nervous system this is a risk factor for cardiovascular disease (CVD). Moreover, enhancement of parasympathetic activity could improve cardiovascular function effectively. So the purpose of this study was to compare the effect of eccentric exercise and concentric exercise on the cardiovascular variables and heart rate variability (HRV) in obese adolescent women. **Methods:** A sample of 24 obese adolescent women between the age group (20–25 years) were randomly selected and divided into 2 groups, eccentric exercise (EE) and concentric exercise (CE). Each group exercised elbow flexion 60% of 1 RM, 8 times per session for 3 sessions each rest 2-minute round. Systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), rate pressure product (RPP) and HRV were measured before and after each exercise. **Results:** After the CE was increase significantly of SBP, DBP, HR and RPP ($p < 0.05$). EE was increase significantly of SBP, DBP, RPP and high frequency power (LF) ($p < 0.05$). When compared between groups, cardiovascular variables and HRV were no significant difference ($p > 0.05$). **Conclusion:** Eccentric exercise can increase the parasympathetic activity in adolescent obesity women. It is possible that it may be useful to improve blood pressure in people with hypertension related to autonomic nervous system dysfunction such as obese.

Keyword: Eccentric exercise, concentric exercise, adolescents, obese, heart rate variability

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

โรคอ้วนเป็นปัญหาสุขภาพหลักของหลายประเทศทั่วโลกในปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทยจากอุบัติการณ์แนวโน้มการเกิดสูงขึ้นทุกปี [1] ซึ่งมีรายงานว่าในประเทศที่พัฒนาแล้วพบอัตราการเกิดภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดทั่วโลก ในขณะที่ประเทศไทยพบอุบัติการณ์การเกิดภาวะอ้วนระดับที่ 1 ร้อยละ 19 และภาวะอ้วนระดับที่ 2 ร้อยละ 4.8 โดยพบในเพศหญิงเพิ่มมากกว่าในเพศชาย เพศหญิงเพิ่มขึ้นร้อยละ 47 และเพศชายเพิ่มขึ้นร้อยละ 36 [2] องค์การอนามัยโลก ให้คำจำกัดความภาวะอ้วนไว้ว่า ภาวะที่มีไขมันสะสมในร่างกายในระดับที่ผิดปกติหรือมากกว่าปกติ [1] สาเหตุการเกิดภาวะอ้วน ประกอบด้วย เพศ อายุ พันธุกรรม พฤติกรรมในการรับประทานอาหาร กิจกรรมประจำวัน การออกกำลังกาย ความอ้วนในวัยเด็ก และมีสิ่งแวดล้อมความเครียดที่เพิ่มมากขึ้น [2] สามารถวัดปริมาณไขมันในร่างกายได้หลายวิธี เช่น ชั่งน้ำหนัก วัดปริมาณไขมันในร่างกายโดยใช้ dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) หรือใช้ bioelectric impedance analysis (BIA) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัตินิยมใช้ค่าดัชนีมวลกายในการวัดปริมาณไขมันในร่างกาย เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวก และยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในร่างกายทั้งตัว [3] ซึ่งพบว่าหากประชากรเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ถือว่ามีภาวะอ้วน ส่วนการวัดปริมาณไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้องด้วยการวัดเส้นรอบเอว ช่วยบ่งบอกถึงการมีภาวะอ้วนลงพุง พบว่าเพศชายมีค่ามากกว่า 90 เซนติเมตร และเพศหญิงมากกว่า 80 เซนติเมตร [4]

จากปริมาณไขมันสะสมที่มากเกินไปในผู้ที่มีภาวะอ้วนส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคแทรกซ้อนเรื้อรังตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ไขมันเกาะตับ ที่สำคัญคือโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นโรคที่เป็นสาเหตุของการเสียชีวิต 10 อันดับแรกในเพศชายและเพศหญิงที่มีภาวะอ้วน [5] ในผู้ที่มีภาวะอ้วนมักมีการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้นและการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกลดลง ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ (sympathovagal imbalance; SVI) [6] ซึ่งในปัจจุบันสามารถประเมินการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของหัวใจด้วยการวัดค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ (heart rate variability; HRV) ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย ไม่รุกราน

ลำร่างกาย และมีประสิทธิภาพป้องกันการทำงานของซิมพาเทติก และพาราซิมพาเทติกของระบบประสาทอัตโนมัติบน sinus node ของหัวใจ [7]

การปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตและการออกกำลังกายเป็นทางเลือกที่สำคัญสำหรับลดน้ำหนัก และป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังที่จะตามมาจากรโรคอ้วนได้ [2] วิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (American College of Sport Medicine; ACSM) แนะนำสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก ควรออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลางถึงระดับหนักมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 150 นาทีต่อสัปดาห์ ร่วมกับออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน และออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย [8] การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) การออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก (isometric exercise or static exercise) (2) ไอโซคิเนติก (isokinetic exercise) และ (3) การออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค (isotonic exercise or dynamic exercise) ซึ่งการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือคอนเซนตริก (concentric exercise) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า และเอ็คเซนตริก (eccentric exercise) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่มีการเกร็งกล้ามเนื้อ และความยาวของกล้ามเนื้อยืดยาวออก [9, 10] การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความสามารถในการทำงานของร่างกาย และช่วยลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนของภาวะอ้วน [8] อย่างไรก็ตามระหว่างออกกำลังกายอาจเพิ่มการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตสูงกว่าในขณะพัก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแรงดันในช่องอก (intrathoracic pressure) จาก valsalva maneuver [11]

การตอบสนองของร่างกายต่อการออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค พบว่าแบบเอ็คเซนตริกมีการใช้พลังงานและงานในการหดตัวน้อยกว่าแบบคอนเซนตริก เนื่องจากมีแรงเครียดน้อย ทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจนและพลังงานที่น้อยกว่าส่งผลให้หัวใจทำงานไม่หนัก [12] สอดคล้องกับการศึกษาของ Khare D และคณะ (2016) ทำการเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกในผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ที่ความหนัก 50% ของ 1 repetition maximum (1RM) พบว่าหลังจากออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจลดลง [12] ส่วนการศึกษาของ Khant A และ Shah M (2013) ได้ทำการศึกษาระดับความหนักของการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าต่อตัวแปรหัวใจและหลอดเลือดในวัยรุ่นชายสุขภาพดี พบว่าระหว่างออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว ความดันต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัว ความดันเลือดแดงเฉลี่ย และปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ

น้อยกว่าออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก และยังพบว่าทั้งสองรูปแบบเมื่อออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 75% ของ 1RM ค่าตัวแปรหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มสูงมากกว่าที่ระดับความหนัก 85% และ 100% ของ 1RM [13]

การออกกำลังกายที่มีแรงต้านในผู้ที่มีภาวะอ้วน อาจไม่ได้ช่วยลดหรือควบคุมน้ำหนักตัว แต่มีผลดีในการช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความสามารถในการทำงานของร่างกาย และช่วยลดอัตราการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ที่มาจากภาวะอ้วนได้ [8] แต่ในระหว่างออกแรงต้านอาจส่งผลต่อการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดมากขึ้น รวมถึงเพิ่มการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ในผู้ที่มีภาวะอ้วน ดังนั้นหากมีรูปแบบการออกกำลังกายด้วยแรงต้านที่เหมาะสมอาจช่วยส่งเสริมให้ผู้ที่มีภาวะอ้วนมีสุขภาพที่ดี ลดโอกาสเกิดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด หรือโรคเรื้อรังต่างๆ อย่างไรก็ตามข้อมูลวิจัยในประเทศไทยยังมีจำกัดเกี่ยวกับผลการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกต่อการตอบสนองต่อหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในผู้ที่มีภาวะอ้วน ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อศอกแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกต่อตัวแปรหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน ซึ่งข้อมูลที่ได้น่าจะมีประโยชน์สำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนที่สนใจในการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน รวมถึงผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดเพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนโปรแกรมการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกต่อตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน

สมมติฐาน

1. ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจก่อนและหลังออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกแตกต่างกัน

2. ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจระหว่างออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจด้วยการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน

2. เพื่อเป็นแนวทางในการให้คำแนะนำรูปแบบการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสำหรับหญิงวัยรุ่นที่มีภาวะอ้วน โดยเฉพาะผู้ที่มีปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

บทนี้จะกล่าวถึงภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน ซึ่งประกอบด้วยความหมาย การประเมินภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน ชนิดภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในวัยผู้ใหญ่ ความชุก สาเหตุ ผลกระทบ ความผิดปกติที่พบบ่อยในระบบหัวใจและหลอดเลือด วิธีลดน้ำหนักในผู้ใหญ่ เป็นต้น นอกจากนี้จะกล่าวถึงระบบหัวใจและหลอดเลือด การออกกำลังกายเพื่อควบคุมและรักษา ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วน

1.1 ความหมายของโรคอ้วน

ภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนเป็นปัญหาสุขภาพหลักของหลายประเทศทั่วโลกในปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทย พบแนวโน้มการเกิดสูงมากขึ้นทุกปี และเป็นปัญหาหลักสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อระบบสุขภาพ ส่งผลให้เกิดโรคเรื้อรังตามมาถ้าไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม คำจำกัดความของภาวะน้ำหนักตัวเกินและโรคอ้วนดังนี้

องค์การอนามัยโลก World Health Organization (WHO) ให้คำจำกัดความไว้ว่า ภาวะที่มีไขมันสะสมในร่างกายในระดับที่ผิดปกติ หรือมากกว่าปกติ ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดความผิดปกติของสุขภาพตามมาภายหลัง [2]

Centers for Disease Control and Prevention (CDC) ให้คำจำกัดความไว้ว่าภาวะน้ำหนักตัวสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นระดับที่ถูกกำหนดไว้ว่าส่งผลดีต่อสุขภาพมากที่สุด หรืออยู่ในช่วงที่บอกถึงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมากที่สุด [2]

National institutes of health (NIH) ให้คำจำกัดความไว้ว่า อ้วน หมายถึงการมีไขมันในร่างกายมากกว่าปกติ ซึ่งต่างจากภาวะน้ำหนักเกินที่หมายถึงการมีน้ำหนักมาก โดยรวม ภาวะทั้งคู่กล่าวถึงการมีน้ำหนักสูงกว่าเกณฑ์ปกติที่กำหนดไว้ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดโรค

ราชบัณฑิตยสถาน (2554) ให้คำจำกัดความไว้ว่าอ้วนหมายถึงมีเนื้อและมัน มาก โตอวบ [2]

1.2 การประเมินภาวะน้ำหนักตัวเกินและโรคอ้วน

1.2.1 การวัดดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI)

1.2.2 $BMI = \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)} / \text{ส่วนสูง}^2 (\text{เมตร}^2)$

องค์การอนามัยโลก ได้มีการแบ่งระดับของดัชนีมวลกายเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่ไม่ติดต่อ พบว่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคและอัตรา

การตายที่เพิ่มขึ้น จากกลุ่มโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจและหลอดเลือดโดยใช้เกณฑ์เดียวกันทั่วโลก แต่อย่างไรก็ตามในเวลาต่อมาองค์การอนามัยโลกได้มีการปรับเกณฑ์การประเมินการเกิดภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนสำหรับชาวเอเชียขึ้นมาใหม่

ตารางที่ 1 ดัชนีมวลกาย (BMI) ของเกณฑ์มาตรฐานทั่วโลก และเอเชีย

BMI WHO (kg/m ²)	BMI Asia (kg/m ²)	แปลผล
< 18.5	<18.5	ผอม
18.5 – 24.9	18.5 – 22.9	รูปร่างสมส่วน
25 – 29.9	23 – 24.9	น้ำหนักเกินมาตรฐาน
30 – 34.9	25 – 29.9	อ้วนระดับ 1
35 – 39.9	30 – 39.9	อ้วนระดับ 2
มากกว่าหรือเท่ากับ 40	มากกว่าหรือเท่ากับ 40	อ้วนระดับ 3

1.3 การวัดรอบเอว

การวัดต้องวัดทำยืน เท้าแยกจากกัน 25 ถึง 30 เซนติเมตร วัดรอบเอวระดับกึ่งกลางกระดูกสะโพกส่วนบนสุดและขอบล่างของกระดูกซี่โครงให้ขนานกับพื้น ผู้วัดต้องนั่งข้างๆ และต้องวัดขณะหายใจออกเท่านั้น ส่วนข้อสะโพกให้วัดบริเวณส่วนที่ก้นยื่นออกมามากที่สุด การวัดเส้นรอบเอวจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในอวัยวะในช่องท้อง หากมีไขมันช่องท้องมากจะพบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมากกว่าไขมันที่อยู่ตามแขนหรือขา ผู้ที่มีดัชนีมวลกายเกินแต่เส้นรอบเอวไม่เกินพวกนี้มีความเสี่ยงต่อโรคน้อยกว่า

การแปลผล : สำหรับชาวเอเชีย เพศหญิงอ้วน เมื่อรอบเอว > 80 เซนติเมตร (32 นิ้ว)
เพศชายอ้วน เมื่อรอบเอว > 90 เซนติเมตร (34 นิ้ว) [2]

1.4 ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในวัยผู้ใหญ่

การเปลี่ยนแปลงของสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสาธารณสุขที่เกิดขึ้นในปัจจุบันส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรโลก พบอัตราการเกิดโรคเรื้อรังมากขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี และอัตราการเกิดทุพพลภาพ และเสียชีวิตจากโรคเรื้อรังเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เสี่ยงเกิดโรคเรื้อรังตามมาในภายหลัง เช่น ภาวะความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ภาวะไขมันในเลือดสูง ซึ่งปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้รวมกันเรียกว่ากลุ่มการเผาผลาญที่ผิดปกติ (metabolic syndrome) ท้ายที่สุดจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของหัวใจ ผู้ป่วยจะเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยภาวะหัวใจล้มเหลว (Heart failure) [2]

ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในกลุ่มวัยผู้ใหญ่ถือเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่สำคัญเนื่องจากวิถีการดำเนินชีวิต และลักษณะการทำงานที่เปลี่ยนไปในปัจจุบันทำให้คนกลุ่มนี้มีเวลากับการดูแลสุขภาพตัวเองลดลง กล่าวคือ ค่าของชีพที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ประกอบกับเวลาที่จำกัด ทำให้คนกลุ่มนี้ซื้ออาหารรับประทานเอง แทนที่จะทำอาหารรับประทานภายในครอบครัว หันมาบริโภคอาหารที่ราคาถูกและสะดวกรวดเร็วแต่คุณค่าทางโภชนาการต่ำ เช่น อาหารไขมันสูง อาหารที่ใส่ผงชูรส อาหารกากใยต่ำ เป็นต้น นอกจากนี้สาเหตุที่สำคัญคือลักษณะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาอำนวยความสะดวกในการทำงาน ทำให้เกิดความสะดวกสบายมากขึ้น นั่งทำงานทั้งวัน หรือทำงานลักษณะเดิมซ้ำๆ โดยไม่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย มีการศึกษาพบว่ากลุ่มประเทศที่มีความเจริญทางเทคโนโลยีมากๆ จะส่งผลกระทบต่อภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนของคนในประเทศ [2]

1.4.1 ความหมายของภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในวัยผู้ใหญ่

ผู้ใหญ่ที่มีปัญหาภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนนั้นจะมุ่งเน้นไปที่กลุ่มอาการอ้วนลงพุง (metabolic syndrome) เป็นกลุ่มอาการที่ประกอบด้วยภาวะความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง น้ำตาลในเลือดสูง อ้วนลงพุงซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในภายหลัง ปัจจุบันพบผู้ใหญ่ร้อยละ 34 มีโอกาสเกิดภาวะอ้วนลงพุง ส่งผลทำให้มีโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมอง เนื่องจากการสะสมของไขมันในหลอดเลือดร่วมกับปัจจัยเสี่ยงดังต่อไปนี้ ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน พฤติกรรมสุขภาพ และปัจจัยทางพันธุกรรม ที่อาจมาส่งเสริมทำให้ภาวะอ้วนลงพุง และความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือดที่มีความรุนแรงมากขึ้น [2]

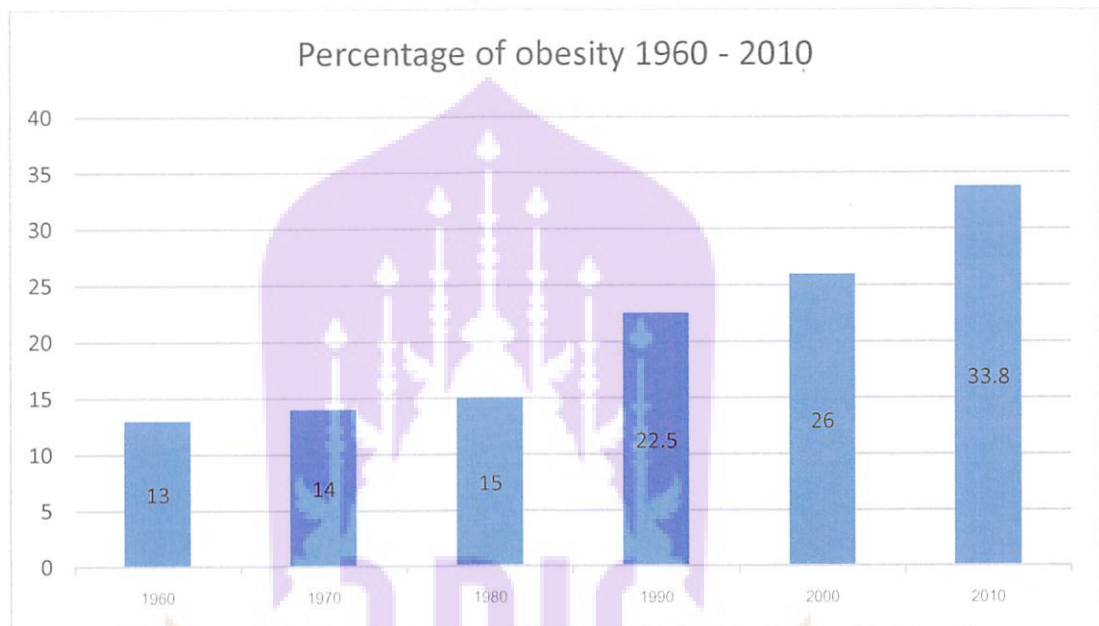
ผลกระทบของภาวะอ้วนลงพุงต่อร่างกาย ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว (atherosclerosis) และโรคหลอดเลือดส่วนปลาย (peripheral vascular disease) เกิดจากการสะสมของไขมันในหลอดเลือดแดง ทำให้เกิดการตีบตันของหลอดเลือดเกิดผลกระทบต่อหลอดเลือดที่สำคัญ เช่น หลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง หัวใจ อวัยวะส่วนปลาย [2]

1.4.2 การวินิจฉัยภาวะอ้วนลงพุงได้จาก 5 เกณฑ์ดังต่อไปนี้

- 1) การวัดเส้นรอบเอว ≥ 90 cm ในผู้ชาย และ ≥ 80 cm ในผู้หญิง
- 2) ระดับ Triglyceride ≥ 150 mg/dl
- 3) ระดับ HDL ≤ 40 mg/dl ในเพศชายและ ≤ 50 mg/dl ในเพศหญิง
- 4) ระดับความดันโลหิต $\geq 130/85$ mmHg
- 5) ระดับน้ำตาลในเลือด ≥ 100 mg/dl

1.4.3 ความชุกของภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในผู้ใหญ่

องค์การอนามัยโลกได้มีการศึกษาพบว่าอัตราการเกิดภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดทั่วโลกโดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้ว และมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในชีวิตประจำวัน การศึกษาตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 ถึงปี ค.ศ.2008 พบประชากรทั่วโลกอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไปมีภาวะน้ำหนักเกิน 1.4 พันล้านคน ในจำนวนนี้พบผู้ชายและผู้หญิงที่มีภาวะอ้วนจำนวน 200 และ 300 ล้านคนตามลำดับดังตัวอย่างประเทศสหรัฐอเมริกาพบอุบัติการณ์การเกิดภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องดังแผนภูมิ



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงอุบัติการณ์การเกิดภาวะอ้วนในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ 1960 ถึง ค.ศ 2010 [2]

นอกจากนี้ยังพบความชุกของการเกิดภาวะน้ำหนักเกินมาตรฐานและอ้วนเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับอายุที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปัจจัยทางสรีรวิทยา และจิตใจ ที่ส่งผลทำให้การเคลื่อนไหวร่างกายการทำกิจกรรมต่างๆ ลดลง และวิธีการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนไป

ตารางที่ 2 อุบัติการณ์การเกิดภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วนตามเพศและช่วงอายุของประชากรประเทศสหรัฐอเมริกา [2]

ช่วงอายุ (ปี)	กลุ่มน้ำหนักเกินเกณฑ์มาตรฐาน		กลุ่มอ้วน	
	เพศชาย	เพศหญิง	เพศชาย	เพศหญิง
20-39	63.5	59.5	27.5	34
40-59	77.8	66.3	34.3	38.2
≥ 60	78.4	68.6	37.1	33.6
รวม	72.3	64.1	32.2	35.5

สำหรับประเทศไทยพบอุบัติการณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับในกลุ่มประเทศอาเซียนพบว่า ประเทศไทยพบความชุก และของการเกิดภาวะน้ำหนักเกินอยู่ในอันดับที่สองรองจากประเทศมาเลเซีย ดังนั้นปัญหาภาวะน้ำหนักเกิน และโรคอ้วนในประเทศไทยจึงเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องบริหารจัดการเพราะส่งผลกระทบต่อทั้งระดับบุคคล สังคม และประเทศชาติ

ตารางที่ 3 ความชุกของภาวะน้ำหนักเกินในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [2]

ประเทศ	ความชุกของภาวะน้ำหนักเกิน (%)
มาเลเซีย	44.2
ไทย	32.2
สิงคโปร์	30.2
ฟิลิปปินส์	26.5
อินโดนีเซีย	21.0
พม่า	18.4
ลาว	13.3
กัมพูชา	12.1
เวียดนาม	10.1

1.5 สาเหตุของภาวะน้ำหนักรุนเกินและอ้วน

1.5.1 ปัจจัยแบบแผนการดำเนินชีวิตที่เปลี่ยนแปลง

1.5.2 ปัจจัยความเสื่อมของร่างกาย

1.5.3 ปัจจัยการวัดและประเมินผล

1.5.4 ปัจจัยความแตกต่างของวิธีการดำเนินชีวิต

1.6 ผลกระทบของภาวะน้ำหนักรุนเกินและอ้วน

ร่างกาย ภาวะน้ำหนักรุนเกินมาตรฐานและโรคอ้วนมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะอ้วนลงพุง ในประเทศไทยการศึกษาความชุกของการเกิดภาวะอ้วนลงพุง ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างในจังหวัดขอนแก่นที่มีสุขภาพดี เพศชาย 307 คน และเพศหญิง 295 คน พบความชุกของภาวะอ้วนลงพุง ใกล้เคียงกับชาวยุโรปร้อยละ 15.3 และร้อยละ 14.6 ในเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า ภาวะน้ำหนักรุนเกินและอ้วนมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเรื้อรังตามมา เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ ไขมันในเลือดสูง ความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง โรคเบาหวาน โรคเกี่ยวกับทางเดินน้ำดี ข้ออักเสบ ภาวะหยุดหายใจขณะนอนหลับ และโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเพิ่มความเสี่ยงต่ออัตราการพิการ และการเสียชีวิตมากขึ้น [2]

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของโรคเรื้อรังจากภาวะน้ำหนักรุนเกินและอ้วนในปี ค.ศ. 2010 เทียบกับปี ค.ศ. 1980 [2]

โรคเรื้อรัง	% ที่เพิ่มขึ้น ในปี ค.ศ. 2010 เปรียบเทียบกับ ค.ศ. 1980
เบาหวาน (อายุต่ำกว่า 45 ปี)	200
เบาหวาน (อายุ 45 ปี ขึ้นไป)	124
โรคหัวใจ	12
ความดันโลหิตสูง	30
ไขมัน	37.13

ความผิดปกติที่พบบ่อยในระบบหัวใจและหลอดเลือด

1. ภาวะบวม (edema)

พบมากบริเวณเท้าทั้งสองข้าง (pedal edema) เนื่องจากคนอ้วนจะมีปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ (cardiac output; CO) มากกว่าคนปกติเพื่อให้เลือดไปเลี้ยงตามอวัยวะต่างๆ ให้

เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จากการเพิ่มของเซลล์ไขมันทำให้เกิดความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจ และเพิ่มปริมาณเลือดในร่างกาย ทำให้การไหลเวียนเลือดกลับสู่หัวใจมีปริมาณมาก (venous return; VR) ส่งผลทำให้เกิดความดันในหัวใจห้องล่างสูงขึ้น (ventricular filling pressure) ในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นจะยังไม่มีอาการแสดงชัดเจน เนื่องจากการไหลเวียนเลือดดำกลับสู่หัวใจยังทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่ออายุมากขึ้นหลอดเลือดดำส่วนปลายจะเกิดความเสื่อมภายในหลอดเลือดเกิดขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดดำเพื่อช่วยบีบเลือดกลับสู่หัวใจทำงานได้ลดลง เกิดการคั่งค้างของเลือดในหลอดเลือดส่วนปลาย ประกอบกับภาวะน้ำหนักตัวที่มากเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลทำให้การเคลื่อนไหวร่างกายลดลง การหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณช่องและต้นขาเพื่อบีบเลือดกับหัวใจลดลง และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดดำผิดปกติ เกิดการไหลย้อนกลับ ทำให้เกิดการบวมขึ้น ส่งผลทำให้เลือดไหลกลับหัวใจได้ยากมากขึ้น เกิดการคั่งค้างของเลือดอยู่ตามอวัยวะส่วนปลายโดยเฉพาะขาทั้งสองข้าง [2]

2. ความดันโลหิตสูง (hypertension)

ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักเกินปกติหรือมีภาวะอ้วนมาก่อน พบว่าคนอ้วนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงถึง 6 เท่าเมื่อเทียบกับคนปกติ พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 กิโลกรัมจะเพิ่ม systolic blood pressure (SBP) 3 mmHg และ diastolic blood pressure (DBP) 2.3 mmHg

3. ภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia)

ในภาวะปกติ insulin receptor ตามอวัยวะต่างๆ ได้แก่ ตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน จะตอบสนองต่อระดับน้ำตาลในเลือด โดยกลไกการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ซึ่งประกอบไปด้วย การหลั่ง insulin จากตับอ่อน การออกฤทธิ์ของ insulin การผลิต insulin โดยตับ และการนำน้ำตาลไปสะสมในตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน เมื่อน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น หลังจากการรับประทานอาหาร ตับอ่อนจะหลั่ง insulin เพื่อลดระดับน้ำตาลในเลือด เมื่อระดับน้ำตาลในเลือดลดลงตับอ่อนหยุดการหลั่ง insulin เพื่อให้น้ำตาลในเลือดปกติ ในคนอ้วนปริมาณไขมันในร่างกายเพิ่มขึ้นจะไปขัดขวางการทำงานของ insulin receptor ทำให้ไม่ตอบสนองต่อ insulin ที่ตับอ่อนสร้าง เกิดภาวะดื้ออินซูลิน ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นและอาจเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ตามมา

4. ภาวะหยุดหายใจขณะนอนหลับ ซึ่งเกิดจาก 2 ปัจจัยคือ

4.1 การควบคุมระบบประสาทและกล้ามเนื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนบน สูญเสียการทำหน้าที่ ร่วมกับการสะสมของไขมันรอบทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้โครงสร้าง

และหน้าที่ของทางเดินหายใจผิดปกติ ทางเดินหายใจตีบแคบ กล้ามเนื้อรอบทางเดินหายใจอ่อนแรง ทำให้เกิดแรงต้านทานในทางเดินหายใจสูง การนำอากาศเข้าและออกจากปอดลดลง นอกจากนั้นคนอ้วนต้องการอากาศในการหายใจจำนวนมาก ทำให้ระบบหายใจต้องทำงานหนัก เกิดการอ่อนล้าของกล้ามเนื้อช่วยหายใจ ส่งผลให้ความจุปอดลดลงและความสามารถในการกักอากาศในปอดลดลงด้วย ดังนั้นคนอ้วนจะประสบกับปัญหาการระบายอากาศและการแลกเปลี่ยนก๊าซไม่สมดุลกัน (ventilation perfusion mismatch) โดยเฉพาะเวลาอนหายใจ [2]

4.2 การสร้าง cytokine บางชนิดของคนอ้วนมีผลไปรบกวนการทำงานของทางระบบทางเดินหายใจ ส่งผลกระทบทำให้เกิดภาวะ hypercapnia, hypoxemia และ acidosis บางรายอาจจะมีอาการผิดปกติแสดงให้เห็นเช่น นอนกรน ตื่นกลางคืนบ่อย นอนกลางวัน ง่วงซึม และสับสน เป็นต้น [2]

5. ภาวะความดันในปอดสูง (pulmonary hypertension) หัวใจห้องล่างโต (right ventricular hypertension) และหัวใจล้มเหลว (heart failure) ส่วนมากจะเกิดต่อจากภาวะหยุดหายใจขณะนอนหลับถึงร้อยละ 15-20 เนื่องจากภาวะดังกล่าวทำให้เกิด hypercapnia, hypoxemia และ acidosis กระตุ้นตัวรับรู้ทางเคมี (chemoreceptor) ไปกระตุ้น sympathetic nervous system ก่อให้เกิด

5.1 การหดตัวของหลอดเลือดปอด (pulmonary artery) ความดันในทรวงอกเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบไปยังหัวใจห้องล่างขวา นำเลือดเข้าสู่ปอดได้ยาก จึงเกิดการขยายตัวและการหนาตัวของหัวใจห้องล่างขวาตามมา (right ventricular hypertrophy)

5.2 เกิดการหดตัวของหลอดเลือดแดงที่ออกจากหัวใจ ทำให้หัวใจห้องล่างซ้ายต้องทำงานมากขึ้น เพื่อบีบนำเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายในเวลาต่อมา จึงเกิดการขยายตัวและหนาตัวขึ้น (left ventricular hypertrophy) หลังจากนั้นก็จะเกิดการไหลย้อนของเลือดขึ้นไปยังหัวใจห้องบน เกิดภาวะหัวใจล้มเหลวตามมาได้ ดังนั้นจะพบอาการหายใจลำบาก นอนราบไม่ได้ หอบเหนื่อยตอนกลางคืน บวมตามแขนขา หลอดเลือดบริเวณคอโป่งพอง ตับโต และเป็นท้องมาน เป็นต้น

6. โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ (coronary artery disease)

ภาวะหลอดเลือดแดงแข็งตัว (atherosclerosis) เกิดจากการที่ cholesterol ไปสะสมบริเวณผนังหลอดเลือดชั้นในโดยไปจับกับ monocyte และ macrophage cells เกิดเป็นกลุ่มไขมันในหลอดเลือด (fatty streaks) เกิดการตีบแคบของหลอดเลือด โดยเฉพาะหลอดเลือดหัวใจ อาจจะค่อยๆ สะสมเพิ่มขนาด จนทำให้หลอดเลือดแดงตีบแคบลง ทำให้ขัดขวางการไหลของเลือด หรือกระตุ้นให้เกิดกลไกสร้างลิ่มเลือดจนอุดตันหลอดเลือดช่วงนั้น กล้ามเนื้อหัวใจส่วนที่

ตามปกติถูกหล่อเลี้ยงโดยเส้นเลือดที่อุดตันนี้จึงขาดเลือดส่งผลให้ขาดออกซิเจน ทำให้มีอาการเจ็บ แน่นหน้าอก เหนื่อยง่าย อาจเกิดการอาการมากขึ้นขณะทำงานหรือออกกำลังกาย หรือมีภาวะเครียดหรือตื่นเต้น เมื่อมีการตายของกล้ามเนื้อหัวใจส่วนนั้นเกิดขึ้น หรือการเต้นของหัวใจผิดปกติอย่างรุนแรงนำไปสู่การเสียชีวิตโดยกะทันหัน

จิตใจ ภาวะน้ำหนักเกินมาตรฐานส่งผลโดยตรงต่อสภาพจิตใจของคนกลุ่มนี้ เนื่องจากสังคมจะมองว่าคนกลุ่มนี้ขี้เกียจ อ่อนแอ ไม่ประสบความสำเร็จในชีวิต ไม่มั่นใจในตัวเองต่ำ ไม่สามารถจะกลับมาลดน้ำหนักได้อีก ทำให้คนกลุ่มนี้เกิดความรู้สึกผิด ภาวะซึมเศร้า ถูกกีดกันออกจากสังคม ทั้งสถานที่ทำงาน สถานศึกษา สถานบริการสุขภาพ พบอัตราของการถูกกีดกันออกจากสังคมของผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 66 โดยส่งผลกระทบต่อด้านลบต่อผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐาน พบว่าเกิดพฤติกรรมการกินที่มากขึ้น เช่น การรับประทานอาหารมาก รับประทานอาหารแคลอรีสูง ไม่ออกกำลังกาย เป็นต้น [2]

ระบบบริการสุขภาพ ในปัจจุบันมีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนยังไม่ได้ได้รับการรักษา และแก้ไขอย่างเต็มที่ ส่วนใหญ่ผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนจะได้รับการดูแลก็ต่อเมื่อมีภาวะแทรกซ้อนหรือโรคเกิดขึ้นจนต้องมาับการรักษาในโรงพยาบาล เช่น ความดันโลหิตสูง ระดับน้ำตาลในเลือดสูง หรือมีอาการและอาการแสดงของโรคหัวใจขาดเลือด

เศรษฐศาสตร์ มีการใช้เงินจำนวนมากที่จะมาดูแลผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐาน รวมถึงภาวะอ้วนในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการศึกษาถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ไปในปี ค.ศ. 1998 ที่ใช้ในการดูแลผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนถึง 78.5 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และในปี ค.ศ. 2008 มีการใช้งบประมาณถึง 147 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และเมื่อเทียบกับคนที่น้ำหนักตัวปกติพบว่า ผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานและอ้วนใช้ค่าใช้จ่ายต่อหัวในการดูแลสุขภาพมากกว่าถึงร้อยละ 41.5 [2]

1.7 วิธีการลดน้ำหนัก ในวัยผู้ใหญ่

การปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินชีวิตเป็นวิธีการลดน้ำหนักที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน ประกอบไปด้วยการรับประทานอาหารที่เหมาะสมและการเพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกาย

1.7.1 การควบคุมอาหาร (dietary therapy)

1.7.2 กิจกรรมทางกาย (physical activity)

การออกกำลังกายมีประโยชน์ต่อการลดน้ำหนักทั้งทางตรงและทางอ้อม การออกกำลังกายสามารถลดน้ำหนักได้ และลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ แต่อย่างไรก็ตามการออก

กำลังกายควรค่อยๆ เพิ่มความหนักและระยะเวลาเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ การออกกำลังกายที่หลากหลายจะช่วยให้การลดน้ำหนักได้ผลดีมากขึ้น

การออกกำลังกายที่เหมาะสมควรออกกำลังกายครั้งละ 30 ถึง 45 นาที สัปดาห์ละ 3-5 ครั้ง การลดน้ำหนักจะได้ผลดีถ้าใช้การออกกำลังกายร่วมกับการควบคุมอาหาร ผู้ที่อ้วนมากควรค่อยๆ เพิ่มการออกกำลังกายทีละน้อยๆ ผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานส่วนใหญ่จะไม่เคยออกกำลังกาย ดังนั้นควรแนะนำกิจกรรมการออกกำลังกายเริ่มต้นจากเบาแล้วค่อยๆ เพิ่มความหนัก ได้แก่ การเริ่มจากการทำงานบ้าน การขึ้นลงบันได การว่ายน้ำช้าๆ จนถึงการเล่นเป็นทีม เช่น บาสเกตบอล วอลเลย์บอล เพื่อความสนุกสนานมากขึ้นแต่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและหลีกเลี่ยงการได้รับบาดเจ็บของอวัยวะต่างๆ

1.7.3 การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม

- 1) การตระหนักถึงน้ำหนักตัว
- 2) การตั้งเป้าหมายที่เหมาะสม
- 3) การให้รางวัล
- 4) การจดบันทึก
- 5) หลีกเลี่ยงสิ่งแวดล้อมที่กระตุ้นการรับประทานอาหาร
- 6) เปลี่ยนแปลงวิธีการรับประทานอาหาร

1.7.4 การใช้ยาลดน้ำหนัก

การออกกำลังกายและควบคุมอาหารคือวิธีการลดน้ำหนักที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อไม่สามารถลดน้ำหนักได้ด้วยวิธีข้างต้น จะมีการนำยามาใช้เป็นการรักษาร่วมในผู้ที่มี BMI ≥ 30 ที่ไม่มีโรคหรือภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ หรือในผู้ที่มี BMI ≥ 27 ร่วมกับมีโรคหรือภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวานชนิดที่สอง ไขมันในเลือดสูง เป็นต้น โดยจะแนะนำให้มีการใช้ยาร่วมกับการลดน้ำหนักวิธีอื่นๆ ไม่แนะนำให้ทานยาเพียงอย่างเดียว เพราะจะไม่ได้ผล และที่สำคัญการใช้ยาต้องอยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์อย่างใกล้ชิด ยาส่วนใหญ่ที่ใช้จะออกฤทธิ์ที่ต่างกัน เช่น ทำให้รู้สึกหิวลดลง รู้สึกอิ่มเร็วขึ้น และการ ดูดซึมไขมันจากอาหารที่รับประทานเข้าไป เป็นต้น

1.7.5 การผ่าตัด

การผ่าตัดเป็นวิธีได้ผลดีที่สุดในการลดน้ำหนัก แต่อย่างไรก็ตามวิธีการผ่าตัดจะใช้ใน 2 กรณีคือ 1) BMI 35-39.9 ร่วมกับมีภาวะแทรกซ้อน หรือโรคเรื้อรังเกิดขึ้น เช่น หัวใจล้มเหลว เบาหวานชนิดที่สอง ความดันโลหิตสูง ภาวะหยุดหายใจขณะนอนหลับ เป็นต้น 2)

BMI ตั้งแต่ 40 ขึ้นไป นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาปัจจัยสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย เช่น ผลกระทบทางจิตใจและสังคม ความล้มเหลวในการพยายามลดน้ำหนัก เป็นต้น [2]

2. ระบบไหลเวียนโลหิต

2.1 ความสำคัญของระบบไหลเวียน

แต่ละเซลล์ของร่างกายจะทำงานอยู่ได้ต้องได้รับออกซิเจน สารอาหาร และต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ระบบไหลเวียนจะทำหน้าที่นำออกซิเจน และสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตไปเลี้ยงเซลล์ที่ประกอบเป็นอวัยวะต่างๆ ทั้งร่างกาย และนำของเสียกลับออกมาเพื่อขับออก ในแต่ละวันหัวใจซึ่งมีหน้าที่บีบไล่เลือดไปเลี้ยงร่างกายจะต้องบีบตัววันละเป็นแสนครั้ง ไล่เลือดไปตามหลอดเลือดทั่วร่างกาย ดังนั้นถ้ามีเหตุที่ทำให้หัวใจเต้นผิดปกติ หยุดเต้น ปริมาณเลือดลดลง หรือเส้นเลือดไม่สามารถรับเลือดที่ส่งมาได้ เช่น เกิดการฉีกขาดหรืออุดตัน ย่อมทำให้อวัยวะส่วนนั้นเกิดอันตราย และถ้าไม่แก้ไขก็อาจเจ็บป่วยถึงแก่ชีวิต

2.2 ส่วนประกอบของระบบไหลเวียนโลหิต ประกอบด้วย

2.2.1 หัวใจ (heart)

2.2.2 หลอดเลือดแดง (artery) รับเลือดจากหัวใจไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หลอดเลือดแดงขนาดเล็กเรียก arteriole

2.2.3 หลอดเลือดดำ (vein) หลอดเลือดดำขนาดเล็กเรียก venule จะรับเลือดจากหลอดเลือดฝอยกลับเข้าหัวใจ หลอดเลือดดำบริเวณแขนขาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไปจะมีลิ้น (valve) เพื่อไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

2.2.4 หลอดเลือดฝอย (capillary) หลอดเลือดฝอยของหลอดเลือดแดง เรียก arterial capillary ของหลอดเลือดดำเรียก venous capillary [1]

2.3 ความผิดปกติในการควบคุมความดันโลหิต

ความดันโลหิตเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ตามการทำงานของร่างกาย วัตถุประสงค์ของการควบคุมความดันโลหิต คือ การนำเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ เช่น หัวใจ สมอง ไต อย่างเพียงพอ ถ้าเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ เหล่านี้ลดลงจะคุกคามต่อชีวิต

2.3.1 ค่าความดันโลหิต (blood pressure) ประกอบด้วย SBP และ DBP ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาที (CO) และความต้านทานของหลอดเลือด (TPR) โดยสามารถเขียนเป็นสมการ คือ

$$BP = CO \times TPR$$

2.3.2 Stroke volume (SV) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ preload และ afterload หมายถึง ปริมาตรเลือดที่ไหลกลับเข้าสู่หัวใจ (venous return) และความสามารถใน

การบีบตัวของหัวใจ (contractility) ซึ่งขึ้นอยู่กับการควบคุมการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ และคุณสมบัติของกล้ามเนื้อหัวใจ

2.3.3 อัตราการเต้นของหัวใจใน 1 นาที (heart rate, HR) ค่าปกติประมาณ 60–100 ครั้งต่อนาที ขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่

2.3.4 CO ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ SV และ HR ดังนั้นการควบคุมความดันโลหิตจึงขึ้นอยู่กับ (CO) และ (TPR)

ภาวะความดันโลหิตสูงเป็นโรคที่เกี่ยวกับการควบคุมความดันโลหิต โดยมีปัจจัยในการควบคุมความดันโลหิต คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจต่อนาที ซึ่งขึ้นอยู่กับการบีบตัวของหัวใจแต่ละครั้ง (SV) และอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาที ส่วนความต้านทานส่วนปลายของหลอดเลือด (TPR) ขึ้นอยู่กับรัศมีของหลอดเลือด ความหนืดของเลือด การยืดขยายของหลอดเลือด ซึ่งถูกควบคุมด้วยระบบประสาทอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่

2.3.5 SBP สะท้อนถึงเลือดที่ออกจากหัวใจไปยังหลอดเลือด aorta ความดัน SBP จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับ 1) ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจแต่ละครั้ง 2) ความเร็วในการบีบตัว 3) ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดแดง ค่าปกติ 90–140 mmHg ความดันซิสโตลิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อหัวใจบีบตัวแรงและเร็ว ทำให้เลือดออกจากหัวใจมากขึ้น เมื่ออายุมากขึ้น อีลาสติซิไฟเบอร์ที่หลอดเลือดจะเสียความยืดหยุ่นและแข็งตัวมากขึ้น หลอดเลือด aorta จะถูกยืดได้ลดลง หัวใจต้องบีบตัวแรงขึ้น เพื่อให้ชนะต่อความต้านทานในหลอดเลือด aorta จึงทำให้ความดันซิสโตลิกสูงขึ้น

2.3.6 DBP เป็นผลจากแรงดันที่คงค้างอยู่ในผนังหลอดเลือดแดง aorta ในขณะที่หัวใจบีบตัว เป็นความดันที่เกิดจากการหดกลับของหลอดเลือดเมื่อเลือดไหลผ่านแล้ว ค่าปกติ 60–90 mmHg ค่าของ DBP ขึ้นอยู่กับ 1) การหดหรือยืดขยายของหลอดเลือดแดงเล็กที่ควบคุมปริมาณของหลอดเลือดที่จะไหลออกจากระบบหลอดเลือดแดงเข้าสู่หลอดเลือดฝอย 2) พลังงานที่สำรองไว้ 3) ความต้านทานของหลอดเลือดฝอย

2.3.7 Pulse pressure (PP) เป็นความแตกต่างระหว่างความดัน SBP และ DBP ซึ่งสะท้อนแรงที่ทำให้เลือดไหลเวียนในหลอดเลือดแดง หรือบอกปริมาตรของเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายใดข้างหนึ่ง ค่าปกติ 40 mmHg PP จะสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนเลือดอยู่ในระบบไหลเวียนมากหรือมีค่า SV เพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อมีความต้านทานลดลง ในภาวะช็อคจากการเสียเลือด PP จะแคบลง เพราะ SV และความดัน SBP ลดลง

2.3.8 ความดันเฉลี่ยในหลอดเลือดแดง (mean arterial pressure; MAP) คือ ค่าเฉลี่ยของความดันในระบบไหลเวียนเลือด ค่าปกติ 70–100 mmHg เป็นตัวบ่งบอกว่าเนื้อเยื่อ มีเลือดไปเลี้ยงเพียงพอหรือไม่ สามารถหาค่าความดันเฉลี่ยได้จาก

$$\text{MAP} = \text{DBP} + 1/3 \text{ PP}$$

2.3.9 ปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ (rate–pressure product, RPP)

$$\text{RPP} = \text{SBP} \times \text{HR}$$

2.4 การควบคุมความดันโลหิต

มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมความดันโลหิต เนื่องจากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ต้องสม่ำเสมอ การควบคุมความดันโลหิตมีทั้งแบบระยะสั้น และระยะยาว

2.4.1 การควบคุมแบบระยะสั้น

การควบคุมความดันโลหิตแบบระยะสั้น จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่เป็นนาฬิกา หรือชั่วคราว เช่น เปลี่ยนกิจกรรม ขณะออกกำลังกาย การควบคุมนี้จะอาศัยระบบประสาทและฮอร์โมน ดังนี้ [14]

1) การควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nerve)

1.1) เส้นประสาทซิมพาเทติก

1.1.1) ผลต่อหัวใจ เส้นประสาทซิมพาเทติกที่เลี้ยงหัวใจคือ เส้นประสาทหัวใจ (cardiac nerve) โดยเส้นประสาทหัวใจข้างขวาส่งไปเอสเอโนด ส่วนเส้นประสาทหัวใจข้างซ้ายส่งไปกล้ามเนื้อหัวใจ ดังนั้นการกระตุ้นเส้นประสาทหัวใจข้างซ้ายจึงมีผลต่อความสามารถหดตัวมากกว่าเส้นประสาทหัวใจข้างขวา นอกจากนี้การกระตุ้นเส้นประสาทซิมพาเทติกยังเพิ่มอัตราการนำไฟฟ้าและการถูกกระตุ้นได้ของหัวใจ ดังนั้นการกระตุ้นเส้นประสาทซิมพาเทติกมีผลเพิ่มการทำงานทั้งหมดของหัวใจ โดยอัตราเต้นหัวใจอาจเพิ่มมากถึงสามเท่า และความแรงของความสามารถหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอาจเพิ่มขึ้นสองเท่า

เมื่อเส้นประสาทซิมพาเทติกได้รับการกระตุ้นจะหลั่งนอร์เอพิเนฟริน (norepinephrine) ซึ่งออกฤทธิ์โดยจับกับ β_1 -adrenergic receptor ที่เอสเอโนด และเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจทั้งหัวใจห้องบนและหัวใจห้องล่าง นอร์เอพิเนฟรินมีฤทธิ์เพิ่มอัตราเต้นหัวใจ โดยเพิ่มการยอมให้ซึมผ่านของโซเดียมไอออน และแคลเซียมไอออน ทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะพักที่เอสเอโนดเป็นบวกมากขึ้น มีการเพิ่มการกระตุ้นตนเองของเอสเอโนด ส่วนที่เอวีโนดและบันเดิลออฟฟิส พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของการยอมให้ซึมผ่านของโซเดียมไอออน และแคลเซียมไอออน ทำให้เกิดศักย์ทำงานได้ง่าย และมีผลลดเวลาการนำไฟฟ้าจากหัวใจห้องบนไปยังหัวใจ

ห้องล่าง นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของการยอมให้ซึมผ่านของแคลเซียมไอออนมีผลเพิ่มความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้เพิ่มความสามารถหดตัวของ หัวใจห้องบนและหัวใจห้องล่าง

1.1.2) ผลต่อหลอดเลือด การทำงานของเส้นประสาทซิมพาเทติกมีผลอย่างมากต่อความตึงตัวของหลอดเลือดส่วนใหญ่ในร่างกาย เนื่องจากการตัดเส้นประสาทซิมพาเทติก มีผลทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัวและเกิดความดันเลือดต่ำ (hypotension) หลอดเลือดแดงส่วนใหญ่ในร่างกายเลี้ยงด้วยเส้นประสาทซิมพาเทติกที่ทำให้หลอดเลือดแดงหดแคบ (sympathetic vasoconstrictor fiber) ได้แก่ หลอดเลือดแดงที่ไต ลำไส้ และผิวหนัง แต่พบน้อยมากที่กล้ามเนื้อลายและสมอง ปลายประสาทของเส้นประสาทเหล่านี้จะหลั่งนอร์เอปิเนฟริน ซึ่งมีฤทธิ์ทำให้หลอดเลือดหดแคบโดยจับกับ α_1 -adrenergic receptor ที่กล้ามเนื้อเรียบหลอดเลือด

1.2) เส้นประสาทพาราซิมพาเทติก

1.2.1) ผลต่อหัวใจ เส้นประสาทเวกัสขวาส่งไปเอสเอโนด ในขณะที่เส้นประสาทเวกัสซ้ายส่งไปเอวีโนด ดังนั้นการกระตุ้นเส้นประสาทเวกัสขวา ทำให้หัวใจเต้นช้าและอาจเกิดหัวใจหยุดเต้น (SA nodal arrest) แต่มีผลน้อยมากต่อการนำไฟฟ้าผ่านเอวีโนด ในทางตรงกันข้ามการกระตุ้นเส้นประสาทเวกัสซ้าย ทำให้เกิดการปิดกั้นไฟฟ้าผ่านเอวีโนด มีผลน้อยมากต่ออัตราการเต้นของหัวใจ นอกจากนี้การกระตุ้นเส้นประสาทเวกัสยังลดความสามารถการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ อย่างไรก็ตามเมื่อกระตุ้นเส้นประสาทเวกัสอย่างแรง ทำให้หัวใจหยุดเต้น เนื่องจากยับยั้งการส่งกระแสจากเอสเอโนด และยับยั้งการส่งกระแสจากหัวใจห้องบนผ่านเอวีโนดไปยังหัวใจห้องล่าง หลังจากนั้นหัวใจห้องล่างจะหยุดเต้นภายใน 5 ถึง 20 นาที การทำงานของเส้นประสาทพาราซิมพาเทติกในขณะที่พักมีบทบาทสำคัญต่ออัตราการเต้นของหัวใจมากกว่าเส้นประสาทซิมพาเทติก เนื่องจากอัตราเต้นหัวใจปกติมีค่าประมาณ 70 ครั้งต่อนาทีต่อนาที แต่เมื่อตัดเส้นประสาทเวกัสที่มาเลี้ยงเอสเอโนด ทำให้อัตราเต้นหัวใจมีค่าเพิ่มขึ้น

อะเซทิลโคลีนที่หลังจากปลายประสาทเวกัสออกฤทธิ์โดยจับกับ muscarinic receptor มีผลเพิ่มการยอมให้ซึมผ่านของโพแทสเซียมไอออน ทำให้โพแทสเซียมไอออนเคลื่อนออกนอกเซลล์และเกิดไฮเปอร์โพลาไรเซชัน ทำให้เอสเอโนดถูกกระตุ้นได้ยาก เนื่องจากไฮเปอร์โพลาไรเซชันที่เกิดขึ้น ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ขณะพักของเอสเอโนดลดลงเหลือ -65 ถึง -75 มิลลิโวลต์ จากค่าปกติประมาณ -55 ถึง -60 มิลลิโวลต์ ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ของเอสเอโนดที่เพิ่มขึ้นจากเคลื่อนเข้าเซลล์ของโซเดียมไอออน และแคลเซียมไอออนต้อง

ใช้เวลานานกว่าจะถึงระดับเริ่มตบสนอง และเกิดการถูกกระตุ้นของเอสเอโนด ส่วนเอวีโนด พบว่าไฮเปอร์โพลาไรเซชัน ทำให้การส่งกระแสล่าช้าหรืออาจยังยั้งการส่งกระแส

1.2.2) ผลต่อหลอดเลือด การกระตุ้นเส้นประสาทพาราซิมพาเทติกทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัวโดยกลไกทางตรงและทางอ้อม ดังนี้ การกระตุ้นเส้นประสาทพาราซิมพาเทติกมีผลทางตรงทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัว โดยเป็นผลจากอะเซทิลโคลีนจับกับ muscarinic receptor ที่เซลล์เยื่อหลอดเลือดแดง ซึ่งมีผลกระตุ้นการหลั่งไนตริกออกไซด์ ส่วนผลทางอ้อมจากการกระตุ้นเส้นประสาทพาราซิมพาเทติกทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัวในบางอวัยวะ เช่น การไหลเวียนเลือดในทางเดินอาหาร โดยกระตุ้นการหลั่งสารที่ทำให้หลอดเลือดแดงขยายตัว เช่น แบรดีไคนิน [15]

2) การควบคุมโดยฮอร์โมน ฮอร์โมนที่ควบคุมความดันโลหิต ได้แก่ renin-angiotensinaldosterone system ซึ่งมีระบบการทำงานดังนี้

renin เป็นเอนไซม์ที่หลังจากไตทำหน้าที่เปลี่ยน angiotensinogen ให้เป็น angiotensin I แล้วถูกเปลี่ยนเป็น angiotensin II โดยเอนไซม์ angiotensin converting enzyme (ACE) จากปอด angiotensin II มีฤทธิ์ไปกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเทติกทำให้หลอดเลือดหดตัว เพิ่มความต้านทานปลายทางของหลอดเลือดทำให้ปริมาณเลือดกลับเข้าหัวใจเพิ่มขึ้น CO จึงเพิ่มขึ้นด้วยนอกจากนี้ angiotensin II ยังกระตุ้นต่อมหมวกไตให้หลั่งฮอร์โมน aldosterone เพิ่มการดูดกลับของ โซเดียม น้ำ และขับโปแตสเซียมออกจากร่างกาย และเมื่อความดันโลหิตลดลง จะมีการกระตุ้นต่อมพิทูอิทารีส่วนหลังให้หลั่งฮอร์โมน ADH ออกฤทธิ์เพิ่มการดูดกลับน้ำที่ไตด้วย

2.4.2 การควบคุมความดันโลหิตในระยะยาว

การควบคุมความดันโลหิตที่ใช้เวลาเป็นวัน สัปดาห์ หรือเป็นปี เกี่ยวข้องกับการควบคุมน้ำและเกลือในของเหลวนอกเซลล์ ความดันโลหิตสูงได้จากการเคลื่อนของน้ำและเกลือ เข้าสู่ระบบไหลเวียนการควบคุมการทำงานของไตผ่านระบบประสาทซิมพาเทติก ทำให้หลอดเลือดหดตัว เลือดไปเลี้ยงไตลดลงการควบคุมน้ำหรือของเหลวนอกเซลล์ เกิดโดยเมื่อเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น หลอดเลือดจะหดตัว แต่เมื่อเลือดไปเลี้ยงเนื้อเยื่อน้อยลง หลอดเลือดจะคลายตัว ลักษณะเช่นเดียวกับ autoregulation

การเปลี่ยนแปลงทางความดันโลหิต มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความดันโลหิตในหลอดเลือดฝอยถ้าความดันโลหิตสูงขึ้น ค่า hydrostatic pressure ของหลอดเลือดฝอยจะเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ของเหลวออกจากหลอดเลือดมากขึ้น ปริมาณเลือดจะลดลง ทำให้ความดันโลหิตลดลงด้วย

การเปลี่ยนแปลงความดันโลหิตเกิดจากบีบตัวและคลายตัวของหัวใจทำให้เกิดเป็นแรงดันเลือดผ่านไปในระบบไหลเวียน ผนังอีลาสติคไฟเบอร์ของหลอดเลือดแดง aorta จะถูกยืดระหว่างจังหวะหัวใจบีบตัว (systole) และจะคลายตัวขณะหัวใจอยู่ในช่วงคลายตัว (diastole) จังหวะของความดันโลหิตจะเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา คือ สูงสุดในตอนเช้า ต่ำสุดในช่วงเวลา 2.00–5.00 นาฬิกา และเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพร่างกาย อารมณ์

บทบาทของฮอร์โมน atrial natriuretic peptide (ANP) ฮอร์โมนนี้หลังจากเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจบริเวณหัวใจห้องบนขวา ทำให้มีการเพิ่มอัตราการกรองที่ไตมากขึ้น โซเดียมและน้ำถูกขับออกมากขึ้น หลอดเลือดแดงขยายตัวมากขึ้น ANP มีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่ง renin, aldosterone และ ADH ทำให้ความดันโลหิตลดลง [14]

2.5 ภาวะความดันโลหิตสูง (hypertension)

ภาวะความดันโลหิตสูง เป็นปัญหาทางการแพทย์และสาธารณสุขที่สำคัญ พบได้ทุกภาคของประเทศ เนื่องจากอาการของภาวะความดันโลหิตสูงในระยะแรกจะไม่ปรากฏ จึงพบว่ามีถึงร้อยละ 25 ของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ยังไม่สามารถวินิจฉัยได้ สำหรับกลุ่มที่ได้รับการวินิจฉัยแล้วอาจจะมีอาการไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามหากไม่ได้รับการรักษาควบคุมความดันโลหิตให้คงที่แล้ว จะทำให้มีการดำเนินของโรคและความเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือด อาจจะมีภาวะแทรกซ้อนหลายอย่าง เช่น กล้ามเนื้อหัวใจตาย จอประสาทตาเสื่อม อัมพาต ไตวาย เป็นต้น [1]

2.5.1 ความหมายและชนิดของความดันโลหิตสูง

ความดันโลหิตสูง หมายถึง ความดันโลหิต SBP สูงกว่า 140 mmHg และหรือ DBP สูงกว่า 90 mmHg การแบ่งระดับความรุนแรงของความดันโลหิตสูงแบ่งออกเป็น 4 ระดับ (สำหรับผู้ใหญ่อายุ 18 ปีขึ้นไป และผู้สูงอายุ) ตามเกณฑ์ของ The Fifth Report of the Joint National Committee on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure (JNC.) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การแบ่งระดับความรุนแรงของความดันโลหิตสูง [1]

Category	Systolic (mm.Hg)	Diastolic (mm.Hg)
Normal	< 130	< 80
High normal	130 – 139	85 – 89
Isolated systolic hypertension	>140	< 80
Hypertension		
Stage 1 (mild)	140 – 150	90 – 99
Stage 2 (moderate)	160 – 179	100 – 109
Stage 3 (severe)	180 – 209	110 – 119
Stage 4 (very severe)	≥ 210	≥ 120

Primary hypertension หรือ essential hypertension เป็นความดันโลหิตสูงชนิดไม่ทราบสาเหตุ ซึ่งพบเป็นส่วนใหญ่ของผู้ป่วยที่เป็นความดันโลหิตสูง (ประมาณร้อยละ 90) และพบว่ามีปัจจัยส่งเสริมต่างๆ ที่ชักนำให้เกิดความดันโลหิตสูงชนิดนี้ ดังนี้

- 1) อายุ อายุที่เพิ่มขึ้น ความดันโลหิตจะสูงขึ้น ในสหรัฐอเมริกา มีรายงานว่า มากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ใหญ่ที่อายุมากกว่า 55 ปี มีความดันโลหิตสูง เด็กที่มีความดันโลหิตสูงพยากรณ์ได้ว่าจะเกิดความดันโลหิตสูงเมื่อเป็นผู้ใหญ่ โดยเฉพาะเมื่อมีความอ้วนร่วมด้วย
- 2) ประวัติครอบครัว ซึ่งรวมถึงกรรมพันธุ์ ผู้ที่เป็นความดันโลหิตสูง มักมีประวัติว่ามีคนในครอบครัว หรือญาติเป็นความดันโลหิตสูง
- 3) เชื้อชาติ คนแอฟริกัน-อเมริกัน มีอุบัติการณ์เกิดความดันโลหิตสูงมากกว่าคนอเมริกันผิวขาว และมีอัตราการป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงสูงกว่าคนอเมริกันเชื้อสายยุโรป เชื้อสายสเปนและอเมริกันพื้นเมือง
- 4) ความอ้วน การที่มีน้ำหนักตัวมากสัมพันธ์กับความดันโลหิตสูง ในคนที่อายุ 20-39 ปี ที่มีน้ำหนักเกินกว่าปกติจะเกิดความดันโลหิตสูงมากเป็น 2 เท่าของคนที่มีน้ำหนักปกติ และเมื่อลดน้ำหนักในคนอ้วนจะช่วยลดความดันโลหิตสูงได้
- 5) การรับประทานโซเดียมมาก การรับประทานโซเดียมมากสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิตสูงขึ้นในคนที่ไวต่อโซเดียม (sodium sensitivity) ซึ่งในคนที่ไม่ไวต่อโซเดียมลดการรับประทานโซเดียมมากความดันโลหิตก็ไม่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามมีการแนะนำให้รับประทานอาหารที่มีโซเดียมต่ำ ไปแทสเซียมสูง แทนการรับประทานโซเดียมสูง ไปแทสเซียมต่ำ

6) ความเครียด (stress) ความเครียดทั้งทางร่างกายและจิตใจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตให้สูงขึ้นชั่วคราว

7) การดื่มสุรามาก มีการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างการดื่มสุรามากกับความดันโลหิตสูง และเมื่อลดการดื่มสุรา ความดันโลหิตสูงจะลดลง หรือกลับสู่ระดับปกติได้

8) การใช้ยาคุมกำเนิด พบว่าผู้ที่ใช้ยาคุมกำเนิดร้อยละ 5 เกิดความดันโลหิตสูงในระดับรุนแรงน้อยและความดันโลหิตกลับมากปกติเมื่อเลิกรับประทานยาคุมกำเนิด แต่ในผู้หญิงที่เสี่ยงต่อการเกิดความดันโลหิตสูงที่รับประทานยาคุมกำเนิด เมื่อเลิกรับประทาน บางคนความดันโลหิตไม่กลับสู่ปกติ ผู้หญิงที่มีความดันโลหิตสูงอายุเกิน 35 ปี และสูบบุหรี่ จะเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ

2.5.2 พยาธิสรีรภาพ

หลายระบบของร่างกายทำงานสัมพันธ์กันในการควบคุมความดันโลหิต ดังนั้นตัวกำหนดระดับความดันโลหิตที่สำคัญคือ ปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดใน 1 นาที (CO) และแรงต้านทานของหลอดเลือด (peripheral resistance) ดังนี้

$$BP = CO \times PR$$

BP = Blood Pressure

CO = Cardiac Output

PR = Peripheral Resistance

เมื่อมีการเพิ่มของ CO และ/หรือการเพิ่ม PR จะทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น

การที่ไตถูกทำลายหรือหลอดเลือดแดงไปเลี้ยงที่ไตตีบ จะกระตุ้น renin angiotensin aldosterone system กล่าวคือ renin enzyme ถูกหลั่งออกมาจาก juxtaglomerular cell ของ renal afferent arteriole มากขึ้น ทำปฏิกิริยาต่อ renin substrate จากตับ เป็น angiotensin I แล้ว angiotensin converting enzyme จากปอดจะเปลี่ยน angiotensin I เป็น angiotensin II ซึ่งเป็นตัวทำให้หลอดเลือดหดตัว และ angiotensin ยังกระตุ้นให้ adrenal gland หลั่ง aldosterone ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เพิ่มความสามารถในการดูดซึมโซเดียมและน้ำที่ distal tubule เพื่อแลกเปลี่ยนโปแตสเซียม ทำให้มีการเพิ่มปริมาณในระบบไหลเวียนโลหิตเพิ่มขึ้นมีผลให้ความดันโลหิตสูงขึ้น

การที่มีความผิดปกติของ adrenal gland ในส่วน adrenal medulla หรือมีการกระตุ้น sympathetic nervous system ทำให้มีการหลั่งของ epinephrine, norepinephrine มีผลให้ arteriole หดตัว ความดันโลหิตสูงขึ้น

ความผิดปกติของ adrenal gland ในส่วนของ adrenal cortex มีผลให้ Adrenocorticotrophic hormone (ACTH) สูงขึ้น ทำให้มีการหลั่งของ cortisol มากขึ้นเกิดการดูดซึมกลับของ sodium เพิ่ม blood volume และ vasoconstriction ความดันโลหิตจึงสูงขึ้น

ความผิดปกติของระบบประสาท เมื่อมีการขาดเลือดเฉพาะที่ของสมองจะมีการกระตุ้นของส่วนกลางของ pons และ medulla ซึ่งจะส่ง impulses ไปที่ sympathetic nervous system ของ spinal cord และ sympathetic nerve ที่ไปยังหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดหดตัว ความดันโลหิตสูง [1]

3. การออกกำลังกาย

ร่างกายของเรามีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับความร้อน ความเย็น ความกดอากาศ การทำงานหนัก รวมทั้งการไม่ออกกำลังกายหรือไม่เคลื่อนไหวเลย การปรับตัวนี้มีผลไปถึงรูปร่างและการทำงานของอวัยวะต่างๆ ซึ่งเป็นไปได้ทั้งในทางที่ดีขึ้นหรือเลวลง จากการศึกษาถึงผลร้ายของการขาดการออกกำลังกายด้วยการให้ผู้มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์นอนเตียงโดยไม่ให้ใช้กำลังกายเลยเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ พบว่าร่างกายมีการปรับตัวไปในทางเลวลง กล่าวคือผู้ถูกทดลองมีกระดูกบางลง เม็ดเลือดและปริมาณเลือดน้อยลง กล้ามเนื้อลีบกว่าเดิม ความสามารถในการจับและขนส่งออกซิเจนน้อยลง แรงบีบตัวของหัวใจและปริมาณเลือดที่สูบฉีดแต่ละครั้งน้อยลง ซึ่งทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเพิ่มขึ้นกว่าปกติ ผู้ถูกทดลองรู้สึกเหนื่อย ใจสั่น เมื่อใช้กำลังเพียงเล็กน้อย เช่น ลุก นั่ง เดิน หรือมีอากาศหน้ามืดเมื่อลุกจากเตียงเร็ว นอกจากนั้นเมื่อนำมาทดสอบสมรรถภาพทางกายยังพบว่า สมรรถภาพทางกายน้อยลงทุกด้านเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทดลอง ผู้ถูกทดลองได้เข้ารับการทดสอบโดยชี้จักรยานซึ่งกำหนดความถี่ระดับหนึ่ง คือให้หัวใจเต้นเร็วเพียง 120 ครั้งต่อนาที และไม่เหนื่อย แต่หลังจากนอน 2 - 3 สัปดาห์ เมื่อให้ทำงานในปริมาณเดิมอัตราการเต้นหัวใจกลับเพิ่มเป็น 170 ครั้งต่อนาที และเหนื่อยกว่าเดิม

การออกกำลังกายเป็นวิถีธรรมชาติที่ทำให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายต้องทำงานมากกว่าปกติโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบโครงสร้าง ระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจและระบบประสาทซึ่งจะต้องทำงานความสัมพันธ์กันด้วยความเหมาะสม

การออกกำลังกายจึงแบ่งออกได้ 2 ชนิด ดังนี้

3.1 การแบ่งตามลักษณะการใช้ออกซิเจน

3.1.1 การออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิค (anaerobic exercise) หมายถึง การออกกำลังกายแบบไม่ต้องใช้ออกซิเจน หรือในขณะที่ยังออกกำลังกายแบบไม่ต้องหายใจเอาอากาศเข้าสู่ปอดเลย เช่น การวิ่งเร็วระยะสั้น หรือการวิ่งในกีฬางานบางอย่าง เช่น การวิ่งเต็มทีเพื่อเข้าไปรับลูกเทนนิสที่ข้ามตาข่ายมา การกระโดดสูง กระโดดไกล ขว้างจักร พุ่งแหลน ทุ่มน้ำหนัก ซึ่งผลจากการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิคคล้ายกับการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก

3.1.2 การออกกำลังกายแบบแอโรบิค (aerobic exercise) หมายถึง การออกกำลังกายชนิดที่ต้องใช้ออกซิเจน หรือมีการหายใจในขณะออกกำลังกาย เป็นการบริหารให้ร่างกายเพิ่มความสามารถสูงสุดในการรับออกซิเจน

ในการออกกำลังกาย ร่างกายจะต้องใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ของกล้ามเนื้อและอวัยวะที่เกี่ยวข้องและการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นนี้ ระบบการลำเลียงออกซิเจนไปยังจุดหมายปลายทาง ก็คือระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจจำเป็นต้องทำงานเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นการออกกำลังกายเป็นประจำจึงทำให้ระบบการไหลเวียนเลือดและระบบหายใจปรับตัวในทางดีขึ้น โดยสามารถเพิ่มการขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์กล้ามเนื้อและอวัยวะที่เกี่ยวข้องได้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลกลับกันกับการขาดการออกกำลังกายที่กล่าวข้างต้น ตัวอย่างเช่น เคยทำงานหนึ่งซึ่งเป็นงานในขณะที่ไม่เคยออกกำลังกาย ต้องให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายมากถึง 170 ครั้งต่อนาที แต่หลังจากออกกำลังกายเป็นประจำระยะหนึ่งแล้ว อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายอาจลดลงเหลือเพียง 130 ครั้งต่อนาที และถ้าจะให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายมากถึง 170 ครั้งต่อนาที ก็จะต้องเพิ่มความหนักของงานขึ้นอีกมาก ซึ่งแสดงว่าร่างกายยังมีกำลังสำรองอยู่มาก

ผลของการออกกำลังกายเป็นประจำจะทำให้ขณะพักหัวใจทำงานอย่างประหยัดหรือไม่หนักโดยบีบตัวน้อยครั้งลง ผู้ที่เคยมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 70 ครั้งต่อนาที หลังจากการออกกำลังกายเป็นประจำทำให้หัวใจเต้นเพิ่มขึ้นเพียง 1,500–2,000 ครั้งต่อวัน ติดต่อกันเพียง 2–3 เดือน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักอาจลดลงเหลือ 60 ครั้งต่อนาที ซึ่งทำให้ประหยัดการทำงานของหัวใจได้กว่า 10,000 ครั้งต่อวัน ผลคือหัวใจมีอายุยืนยาวขึ้น

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคมีผลดังต่อไปนี้

- 1) ได้ปริมาณอากาศเข้าสู่ปอดมากขึ้น เพราะอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น
- 2) อัตราการเต้นของหัวใจและประสิทธิภาพในการสูบฉีดเลือดเพิ่มขึ้น

- 3) การไหลเวียนเลือดในร่างกายดีขึ้น
- 4) ออกซิเจนถูกส่งไปตามอวัยวะต่างๆ ได้สะดวกและรวดเร็ว
- 5) ลดอาการเมื่อยล้า ทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้นานขึ้น
- 6) ส่งเสริมบุคลิกภาพ ทำให้ร่างกายได้สัดส่วน
- 7) กล้ามเนื้อและอวัยวะต่างๆ แข็งแรงมากขึ้น

3.2 การแบ่งตามลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อ

3.2.1 การออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก (isometric exercise or static exercise)

หมายถึง การออกกำลังกายแบบมีการหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อคงที่ แต่มีการเกร็งหรือตึงตัว (tension) ของกล้ามเนื้อเพื่อต้านกับแรงต้านทาน ดังนั้นเมื่อมีการออกกำลังกายชนิดนี้อวัยวะต่างๆ จึงไม่มีการเคลื่อนไหวแต่มีการเกร็งของกล้ามเนื้อในลักษณะออกแรงเต็มที่ในระยะสั้น ๆ เช่น ออกแรงดันผนังกำแพง ออกแรงบีบวัตถุหรือกำหมัดไว้แน่น หรือในขณะที่ทำงานเอาฟ้ามือกดลงบน โต๊ะเต็มที่ เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบไอโซเมตริกนี้ หากกระทำบ่อย ๆ เป็นประจำจะมีผลต่อการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่มีผลน้อยมากในการเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจหรือระบบไหลเวียนเลือด

การออกกำลังกายแบบไอโซเมตริกนี้ เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่ค่อยมีเวลาหรือสถานที่สำหรับออกกำลังกายด้วยวิธีอื่นๆ เพราะเป็นการออกกำลังกายที่ใช้เวลาน้อย และสามารถกระทำได้ที่เกือบทุกสถานที่ นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับนักกีฬาที่เพิ่งฟื้นจากการบาดเจ็บ เพราะไม่สามารถเคลื่อนไหวอวัยวะบางส่วนได้เต็มที่

สำหรับผู้ที่โรคหัวใจหรือโรคความดันเลือดสูง ไม่ควรออกกำลังกายด้วยวิธีนี้ เพราะเมื่อมีการเกร็งกล้ามเนื้อจะทำให้หัวใจต้องทำงานเพิ่มขึ้นพร้อม ๆ กับการเพิ่มความดันเลือดเกือบทันทีจึงอาจเป็นอันตรายในขั้นที่รุนแรงได้

3.2.2 ไอโซคิเนติก (isokinetic exercise) หมายถึง การออกกำลังกายชนิดที่

การทำงานของกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาของการเคลื่อนไหว เช่น การขี่จักรยานวัดงาน การก้าวขึ้นลงตามแบบทดสอบของฮาร์วาร์ด (harvard step test) หรือการใช้เครื่องมืออื่นๆ เข้าช่วย

3.2.3 การออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค (isotonic exercise or dynamic exercise)

หมายถึง การออกกำลังกายแบบมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ ชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลง และอวัยวะมีการเคลื่อนไหว เป็นการบริหารกล้ามเนื้อตามส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยตรงซึ่งสามารถแบ่งการทำงานของกล้ามเนื้อออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1) คอนเซนตริก (concentric) คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่มีความยาวของกล้ามเนื้อหดสั้นเข้าทำให้น้ำหนักเคลื่อนเข้าหาลำตัว เช่น การยกน้ำหนักเข้าหาลำตัว ทำวิดพื้นในขณะที่ลำตัวลงสู่พื้น

2) เอกเซนตริก (eccentric) คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่มีการเกร็งกล้ามเนื้อและความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เช่น ยกน้ำหนักออกจากลำตัว ทำวิดพื้นในขณะที่ยกลำตัวขึ้น

4. ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate variability; HRV)

HRV เป็นค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจที่ถูกนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและการพยากรณ์โรค การตรวจ HRV ยังสามารถนำมาประเมินภาวะการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system) ซึ่งวัดได้จากความแปรปรวนของเวลาระหว่างหัวใจเต้นในแต่ละครั้ง (variation in the beat to beat interval) หรือจากความแปรปรวนของ QRS complex ของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยคำนวณความแปรปรวนจากระยะเวลาระหว่าง R wave ของการเต้นหัวใจในแต่ละครั้ง สามารถนำข้อมูลไปใช้กับการกีฬาเพื่อติดตามและประเมินการฝึกซ้อมของนักกีฬาได้ และยังสามารถนำมาใช้ในเวชศาสตร์ฟื้นฟูประเมินการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและการออกกำลังกายฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยได้

ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ เป็นปรากฏการณ์ทางสรีรวิทยา โดย SA node ซึ่งสร้างจังหวะการเต้นของหัวใจได้รับ การกระตุ้นจากปัจจัยต่างๆ ซึ่งปัจจัยหลักที่ส่งผล คือ

4.1 ระบบประสาทอัตโนมัติ ได้แก่ ระบบประสาทซิมพาเทติก (sympathetic) และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก (parasympathetic)

4.2 ระบบหายใจซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบประสาท parasympathetic โดย HRV จะเพิ่มขึ้นเมื่อหายใจช้าลง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ baroreflex, thermoregulation, ฮอร์โมน, ช่วงเวลาการนอนหลับ, การออกกำลังกายและความเครียด

การนำ HRV มาใช้ประเมินต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อายุ เพศ physical fitness

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2017 Agarwal Mayank และคณะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และ ระดับซีรัม Interleukin-6 ในการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและเอ็กเซนตริก ในกลุ่มวัยรุ่นชายสุขภาพดี จำนวน 24 คน มีรูปแบบการศึกษาแบบ Non-randomised crossover แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย ออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและเอ็กเซนตริกกลุ่มละ 12 คน ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบ Eccentric มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการออกกำลังกายแบบ Concentric แต่ยังคงมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของระดับ IL-6 เหมือนกัน[16]

ในปี ค.ศ. 2013 Khant Ankur และ Shah Maulik ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและหลอดเลือด ขณะเหยียดเข้าแบบคอนเซนตริก และเอ็กเซนตริก ในผู้ชายสุขภาพดี จำนวน 50 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม Concentric Exercise กับ Eccentric Exercise กลุ่มละ 25 คน ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบ Concentric และ Eccentric ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ทั้ง SBP, DBP, HR, MAP และ RPP เพิ่มขึ้นในทั้งสองกลุ่มโดยที่ความหนัก 75% ของ 1RM ค่าของตัวแปรทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นมาก และค่าค่อยๆ ลดลงที่ความหนัก 85% ของ 1RM และ 1RM ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่มการออกกำลังกายพบว่า ออกกำลังกายแบบ Concentric มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการออกกำลังกายแบบ Eccentric สรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบ Eccentric มีผลต่อความเครียดทางระบบหัวใจและหลอดเลือดน้อยกว่าการออกกำลังกายแบบ Concentric [17]

ในปี ค.ศ. 2001 J . Fridean และ R.L. Lieber ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบเอ็กเซนตริก สามารถเพิ่มการบาดเจ็บ การหดเกร็งของเส้นใยกล้ามเนื้อ components ในกระต่ายจำนวน 26 ตัว ผลการศึกษาพบว่า การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย Eccentric จะมีความรุนแรงแตกต่างกันในกล้ามเนื้อที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน แล้วแต่ชนิดของเส้นใย ส่วนใหญ่เกิดจากการฉีกขาดของเส้นใยในระยะเฉียบพลันและจะรุนแรงขึ้นเมื่อเกิดการอักเสบหลังจากได้รับบาดเจ็บครั้งแรก [18]

ในปี ค.ศ. 2015 KK Chintala และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจกับไขมันในช่วงท้องในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน จำนวน 80 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ควบคุมกับกลุ่มที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน กลุ่มละ 40 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ที่มีน้ำหนักเกินมีการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติไม่สมดุล โดยมีการ

ทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้น บ่งบอกว่าอาจมีความเสี่ยงที่จะเสียชีวิตจากโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้น [19]

ในปี ค.ศ. 2000 TJ Overend และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ สมรรถภาพของการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและคอนเซนตริกในวัยรุ่นและผู้สูงอายุ จำนวน 40 คน แบ่งออกเป็น กลุ่มวัยรุ่น กับ กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มละ 20 คน ผลการศึกษาพบว่า ในการออกกำลังกายที่ความหนักเท่ากัน การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก มีทำให้สมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั้งในวัยรุ่นและผู้สูงอายุ [10]

ในปี ค.ศ. 2014 O. Gois Mariana และคณะ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ อิทธิพลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านโดยเน้นการหดตัวที่เฉพาะเจาะจง (ออกกำลังกายคอนเซนตริกเปรียบเทียบกับแอโรบิก) ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการปรับของระบบอัตโนมัติหลังการออกกำลังกาย ในเพศชาย อายุระหว่าง 18 – 30 ปี จำนวน 105 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมในการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก กลุ่มการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก กลุ่มควบคุมในการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และกลุ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิก จำนวน 10 รอบ มีการเพิ่มขึ้นของค่า RMSSD (square root of the mean of the squares of successive NN interval differences), HD1, HF (high frequency power) เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าการทำงานของพาราซิมพาเทติกมีการทำงานมากกว่าซิมพาเทติก [20]

บทที่ 3

วัสดุและอุปกรณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงรูปแบบการวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา อาสาสมัคร และขั้นตอนการดำเนินงาน สถิติที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (experimental study) เพื่อเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและคอนเซนตริกของกล้ามเนื้อข้อศอกต่อตัวแปรหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับแนะนำการออกกำลังกายและเพื่อลดความเสี่ยงต่อความผิดปกติที่อาจเกิดต่อระบบหัวใจและหลอดเลือดของผู้ที่มีภาวะอ้วน

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

2.1 นาฬิกาจับเวลา	2 เครื่อง
2.2 สายวัด	3 เส้น
2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก	2 เครื่อง
2.4 เทปการว	2 ม้วน
2.5 เครื่องวัดความดันโลหิต	2 เครื่อง
2.6 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate monitoring)	2 เครื่อง
2.7 เครื่องวัดค่าความอิ่มตัวของออกซิเจน (pulse oximetry)	2 เครื่อง
2.8 ดัมเบลล์ (dumbbells) ขนาด 0.5 – 10 กิโลกรัม	2 ชุด
2.9 แบบสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลพื้นฐาน	24 ชุด
2.10 แบบบันทึกการประเมินการทดสอบ	24 ชุด
2.11 แก้วอีพลาสติก	2 ตัว
2.12 เครื่องวัด HRV รุ่น iWorx 214	1 เครื่อง
2.13 ชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น	1 กล่อง

3. อาสาสมัคร

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน อายุระหว่าง 20–25 ปี คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Agarwal และคณะ (2000) [16] โดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1 กำหนดค่า power อยู่ที่ 0.95 ค่า effect size เท่ากับ 1.45 และค่า alpha level เท่ากับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 12 ราย ดังนั้นอาสาสมัครทั้งหมดที่ทำการศึกษามีจำนวน 24 ราย

3.2 เกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria)

3.2.1 เพศหญิง อายุ 20–25 ปี

3.2.2 สุขภาพดี เช่น ไม่มีโรคประจำตัว

3.2.3 ดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตรขึ้นไป

3.2.4 เส้นรอบเอว มากกว่า 80 เซนติเมตร

3.2.5 สามารถเข้าใจภาษาไทยและให้ความร่วมมือในการทดสอบ

3.3 เกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria)

3.3.1 ผู้ที่มีปัญหาทางระบบกระดูกและโครงร่าง เช่น มีการหักของรยางค์

3.3.2 มีปัญหาเกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด

3.3.3 มีโรคประจำตัว เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ฤๅลมโป่งพอง

3.3.4 ค่าความอิมิตัวของออกซิเจนน้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

3.3.5 ผู้ที่มีความผิดปกติทางระบบประสาท

3.3.6 ผู้ที่ออกกำลังกายมากกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ติดต่อกันอย่างน้อย 3

ส่วนบน

และหอบหืด

เดือน ก่อนเข้าร่วมการศึกษา

3.4 เกณฑ์การให้อาสาสมัครออกจากการทดสอบ (iscontinuation criteria)

3.4.1 ให้อาสาสมัครทำจิตใจให้ผ่อนคลาย

3.4.2 นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพออย่างน้อย 8 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ

3.4.3 ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน เช่น กาแฟ อย่างน้อย 8 ชั่วโมง ก่อนการ

ทดสอบ

3.4.4 ไม่ดื่มสุร่าอย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

4. ขั้นตอนวิธีการศึกษา

4.1 ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

4.2 ประชาสัมพันธ์โครงการเพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จากนั้นทำการคัดกรองอาสาสมัคร ซึ่งเป็นวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน

4.3 ผู้วิจัยแจ้งรายละเอียดของการทำวิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษา และวิธีการปฏิบัติตัวขณะเข้าร่วมการศึกษาลดจนประโยชน์ที่ได้รับ หากอาสาสมัครมีความประสงค์เข้าร่วมการศึกษาให้อาสาสมัครลงนามในใบยินยอมก่อนการเข้าร่วมการศึกษา

4.4 อาสาสมัครทุกคนได้รับการบันทึกข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เส้นรอบเอว เส้นรอบสะโพก ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง และรับการสัมภาษณ์ประวัติภาวะสุขภาพเบื้องต้นตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออก

4.5 วัดสัญญาณชีพ

วัดสัญญาณชีพเพื่อคัดกรองอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยประกอบด้วย อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ความอึดตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง ทำการวัดจำนวน 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย และคำนวณหาค่า MAP และค่า RPP ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

4.5.1 ค่า MAP เป็นตัวบ่งบอกว่าเนื้อเยื่อมีเลือดไปเลี้ยงเพียงพอหรือไม่ ค่าปกติ 70-100 มิลลิเมตรปรอท คำนวณได้จาก

$$\text{MAP} = \text{DBP} + 1/3 \text{ RR}$$

4.5.2 ค่า RPP คำนวณได้จาก

$$\text{RPP} = \text{SBP} \times \text{HR}$$

4.6 หา 1 RM ในท่างอข้อศอก (elbow flexion)

ขั้นตอนการหา 1 RM ของกล้ามเนื้องอข้อศอก

4.6.1 Warm up ท่าที่ใช้หา 1RM (งอและเหยียดข้อศอก) 10 ครั้ง โดยใช้ความหนักประมาณ 20% ของ 1RM

4.6.2 ทำการยกดัมเบลล์ครั้งที่ 1 ใช้แขนข้างที่ไม่ถนัด โดยยกเป็นจำนวน 2 ครั้ง แล้วจึงเปลี่ยนน้ำหนักและทำการยกครั้งที่ 2

4.6.3 เมื่อทำการยกครั้งที่ 2 เสร็จสิ้น ให้อาสาสมัครพัก 5 นาที เมื่อครบแล้วจึงเริ่มยกครั้งที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยในแต่ละครั้ง จะเพิ่มความหนักของดัมเบลล์เพิ่มขึ้นทีละ 1 กิโลกรัม

4.7 หลังจากที่ยกน้ำหนัก 1 RM ให้อาสาสมัครพัก 2-3 วัน และนัดมาทำการออกกำลังกาย โดยให้อาสาสมัครจับฉลากเข้ากลุ่ม แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่ม A ให้ออกกำลังกายแบบแอโรบิก จำนวน 12 ราย กลุ่ม B ให้ออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก จำนวน 12 ราย

4.8 วัดความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ (HRV)

การทดสอบ HRV เป็นการทดสอบแบบไม่รุกรานร่างกาย ซึ่งบ่งบอกถึงการ ทำงานของซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก ของระบบประสาทอัตโนมัติบน sinus node ของหัวใจ โดยการวิเคราะห์จะแสดงถึงจำนวนรวมของการแปรปรวนอย่างรวดเร็ว ทั้งอัตราการเต้นของหัวใจและ ระยะเวลาระหว่าง QRS complex หนึ่ง ถึง QRS complex ถัดไป (RR interval หรือ NN interval) [21] หัวใจที่มีการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติที่ปกติ จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องทางสรีรวิทยาของ sinus cycles ซึ่งสะท้อนถึงความสมดุลของการ ทำงานของระหว่างซิมพาเทติกและพาราซิมพาเทติก [22]

4.8.1 การตรวจประเมิน HRV

- 1) อาสาสมัครนั่งพักในห้องที่เงียบสงบ อุณหภูมิห้องประมาณ 25 องศาเซลเซียส
- 2) ผู้วิจัยติดอิเล็กโทรด Lead II เพื่อบันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง แขนขวา (-) กับขาซ้าย (+) ขาขวา (กราว)
- 3) ทำการวัด HRV ด้วยเครื่อง iWorx 214 อาสาสมัครโดยทำนั้งบนเก้าอี้ ในท่าที่ผ่อนคลาย เพื่อทำการวัด HRV เป็นเวลา 10 นาที
- 4) นำข้อมูล HRV ที่ได้จากการวัดในท่านั่งบนเก้าอี้ทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกายมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป labscribe โดยการคำนวณดัชนีตามการคำนวณทางสถิติในช่วง RR หรือ NN interval (time domain analysis) ซึ่งต้องอาศัยการเลือกช่วงของระยะเวลาที่แม่นยำของ R wave โดยการใช้ช่วงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiogram; ECG) ระยะสั้น (0.5-5 นาที) [23, 24]

4.8.2 วิเคราะห์ข้อมูล HRV ได้ดังนี้ คือ

Frequency domain [7, 25]

- 1) Low frequency power (LF) แสดงถึง sympathetic activity และ vagal activity แต่เด่นในเรื่องของ sympathetic activity
- 2) High frequency power (HF) แสดงถึง vagal activity
- 3) Ratio of low-high frequency power (LF/HF) แสดงถึง sympathovagal balance

4.9 วัดสัญญาณชีพก่อนการออกกำลังกาย ประกอบด้วย วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต โดยทำการวัด 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ความอึดตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง และคำนวณหาค่า MAP และค่า RPP

4.10 รูปแบบการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน

4.10.1 ก่อนออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน อาสาสมัครทุกคนอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดกล้ามเนื้อ จำนวน 8 ท่า แต่ละท่าทำค้างไว้ 15-30 วินาที ทำละ 8 ครั้ง เป็นเวลาทั้งหมดประมาณ 5 นาที ประกอบด้วยท่าบริหารกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นบริเวณนิ้วมือ ป่า สะบัก และข้อไหล่ (ดังรูปที่ 2ก, 2ข, 2ค และ 2ง)



รูปที่ 2ก ท่าบริหารเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อ
แขนกลุ่มเอ็กเทนเซอร์

รูปที่ 2ข ท่าบริหารเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อ
แขนกลุ่มเฟล็กเซอร์



รูปที่ 2ค ท่าบริหารกล้ามเนื้อเหยียดข้อศอก

รูปที่ 2ง ท่าบริหารกล้ามเนื้อ

รูปที่ 2 ท่าบริหารกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นบริเวณนิ้วมือ ป่าสะบัก และข้อไหล่

4.10.2 การออกกำลังกายแบบเอ็กเซนตริก

ท่าเริ่มต้น : ผู้ทดสอบนั่งเก้าอี้หลังไม่พิงพนักพิง เท้าวางราบกับพื้น มือข้างไม่วางจับดัมพ์เบลล์ ส่วนมืออีกข้างจับเก้าอี้ (รูปที่ 3ก)

วิธีการออกกำลังกาย : ผู้วิจัยพยุงแขนข้างที่ถือดัมพ์เบลล์ให้อยู่ในท่าข้อศอกแบบสุดช่วงการเคลื่อนไหว (รูปที่ 3ข) หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบเหยียดข้อศอกลงช้าๆ จนข้อศอกเหยียดตรง (รูปที่ 3ค) ทำ 8 ครั้ง/รอบ จำนวน 3 รอบ โดยแต่ละรอบพัก 2 นาที



รูปที่ 3 การออกกำลังกายแบบเอ็กเซนตริก

4.10.3 การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก

ท่าเริ่มต้น : ผู้ทดสอบนั่งเก้าอี้หลังไม่พิงพนักพิง เท้าวางราบกับพื้น มือไม่วางจับดัมพ์เบลล์อยู่ในท่าเหยียดข้อศอกสุดช่วงการเคลื่อนไหวและมืออีกข้างจับเก้าอี้ (รูปที่ 4ก)

วิธีการออกกำลังกาย : ผู้ถูกทดสอบงอข้อศอกข้างที่ถือดัมพ์เบลล์จนสุดช่วงการเคลื่อนไหว (รูปที่ 4ข) หลังจากนั้นผู้วิจัยพยุงแขนข้างที่ถือดัมพ์เบลล์ให้กลับมาอยู่ในท่าเริ่มต้น (รูปที่ 4ค, 4ง) ทำ 8 ครั้ง/รอบ จำนวน 3 รอบ โดยแต่ละรอบพัก 2 นาที



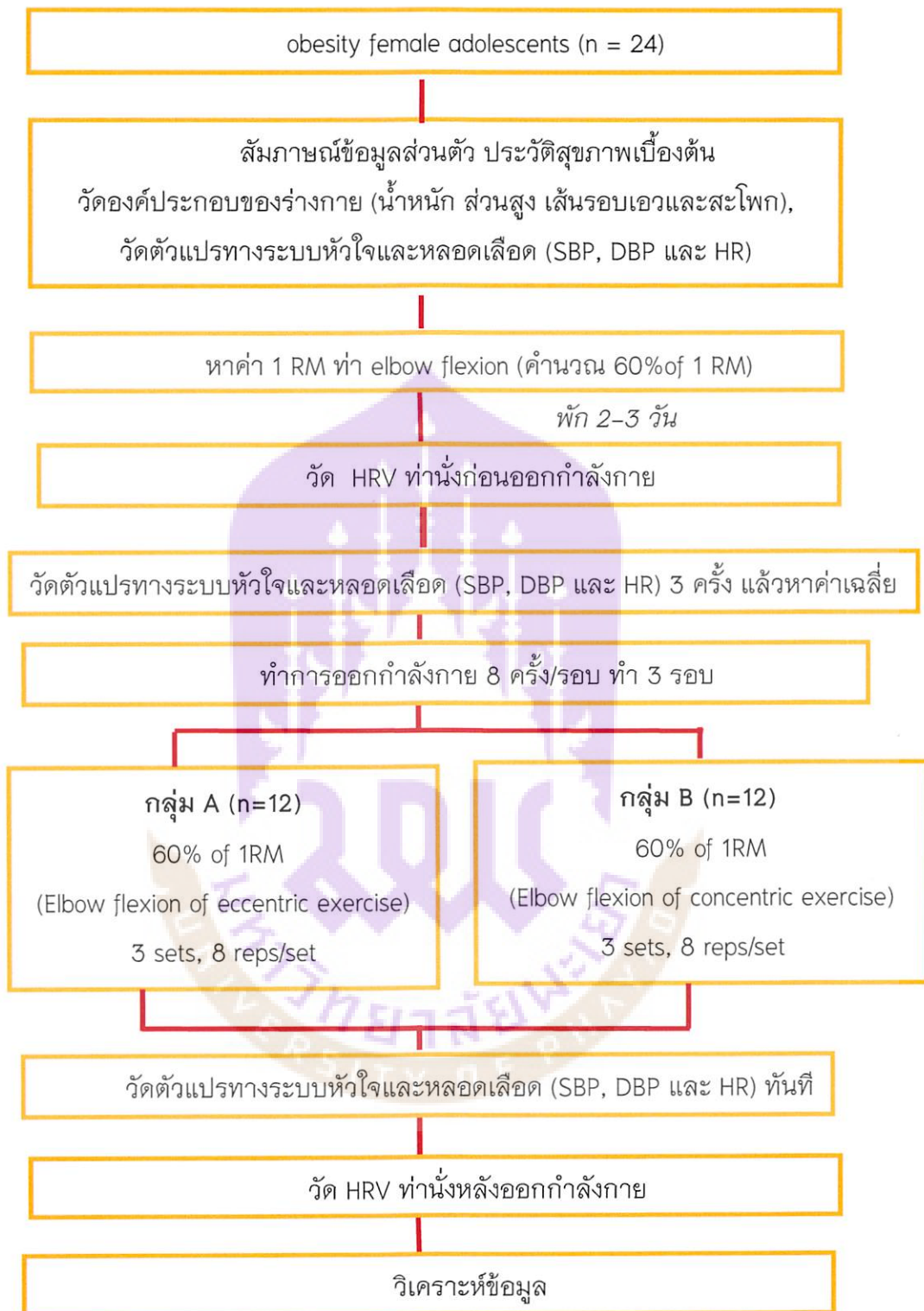
รูปที่ 4 การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก

ทั้งนี้ในระหว่างหรือหลังออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบอาจทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ ได้แก่

- 1 วิงเวียนศีรษะ ตาพร่ามัว หน้ามืด
- 2 ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ
- 3 ตะคริว
- 4 เหนื่อยมากกว่าปกติ หายใจไวกว่าปกติ หายใจติดขัด
- 5 คลื่นไส้
- 6 เหงื่อออกมากกว่าปกติ

ผู้วิจัยคอยสอบถามอาสาสมัครอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายต่ออาสาสมัคร ทั้งนี้ระดับความหนักการออกกำลังกายในการศึกษายังไม่จัดว่าเป็นระดับที่หนักมากและยังปลอดภัยต่ออาสาสมัคร

4.11 เมื่ออาสาสมัครออกกำลังกายเสร็จสิ้น ให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้แล้วผู้วิจัยทำการวัดตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด (SBP, DBP, RPP, MAP และ HR) ทันที และวัดความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ (HRV) ในทำนองต่อทันที แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงการดำเนินการวิจัย

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ใช้สถิติพรรณนา (Descriptive) โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ standard deviation; SD) เพื่ออธิบายลักษณะพื้นฐาน ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

5.2 ใช้สถิติ Independent t-test เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเฉลี่ยในหลอดเลือดแดง ปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ ระหว่างกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิก และแบบคอนเซนตริก และใช้สถิติ Man-whitney u Test ในกรณีที่ข้อมูลแจกแจงแบบไม่ปกติ

5.3 สถิติ Paired sample t test เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังออกกำลังกายทั้งแบบแอโรบิก และแบบคอนเซนตริก ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเฉลี่ยในหลอดเลือดแดง ปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง และค่าความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ และใช้สถิติ Wilcoxon sign rank test ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

5.4 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$



บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในบทนี้เป็นการรายงานผลการศึกษามีประเด็นดังนี้คือ ลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร การตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจของการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและแบบคอนเซนตริกในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน

4.1 ลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร

ข้อมูลพื้นฐานอาสาสมัครทั้งหมด 24 คน ประกอบด้วย กลุ่มที่ออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก จำนวน 12 คน และกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก จำนวน 12 คน พบว่าอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมีอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย เส้นรอบเอว ค่าเส้นรอบสะโพกเฉลี่ย และค่าสัดส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร 2 กลุ่ม

ตัวแปร	การออกกำลังกาย แบบเอ็คเซนตริก	การออกกำลังกาย แบบคอนเซนตริก	P-value
อายุ (ปี)	21.00 ± 0.75	22.00 ± 0.90	0.487
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	75.00 ± 14.49	74.50 ± 14.11	0.977
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	160.83 ± 5.73	161.13 ± 7.05	0.912
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	27.96 ± 4.82	30.25 ± 3.54	0.817
เส้นรอบเอว (เซนติเมตร)	89.88 ± 9.22	90.58 ± 8.28	0.850

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $p < 0.05$ มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก

ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดระหว่างก่อนและหลังออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกพบว่า หลังออกกำลังกายมีค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวมากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (122.17 ± 5.37 และ 117.17 ± 6.07 มิลลิเมตรปรอท

ตามลำดับ; $p < 0.001$), ความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัวมากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (82.00 ± 15.25 และ 77.33 ± 6.86 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ; $p < 0.001$) และมีค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจมากกว่าเมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($10,527.83 \pm 2,074.92$ และ $9,676.37 \pm 1,825.85$ mmHg*bpm ตามลำดับ; $p = 0.012$) แต่ค่าอัตราการเต้นของหัวใจไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 7

ผลค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกพบว่า หลังออกกำลังกายมีค่า HF มากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.00326 ± 0.00323 และ 0.00120 ± 0.00209 โวลต์ ตามลำดับ; $p = 0.013$) และมีค่า LF และ LF/HF ratio ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิก

ตัวแปร	การออกกำลังกายแบบแอโรบิก		
	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	P-value
ความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.17 ± 6.07	122.17 ± 5.37	$<0.001^*$
ความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	77.33 ± 6.86	82.00 ± 15.25	$<0.001^*$
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	82.33 ± 13.19	87.00 ± 16.80	0.413
RPP (bpm*mmHg)	$9,676.37 \pm 1,825.85$	$10,527.83 \pm 2,074.92$	0.012*
LF (โวลต์)	0.00003 ± 0.00232	0.00186 ± 0.03443	0.067
HF (โวลต์)	0.00120 ± 0.00209	0.00326 ± 0.00323	0.013*
LF/HF ratio	0.96000 ± 0.94705	0.95400 ± 1.34038	0.470

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, RPP; Rate pressure product, LF; Low frequency power, HF; High frequency power, LF/HF; Ratio of low-high frequency power
* $p < 0.05$ มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจต่อการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกพบว่า หลังการออกกำลังกายค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวมากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (128.00 ± 8.19 และ 118.49 ± 8.84 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ; $p < 0.001$), ความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัวมากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (83.00 ± 9.79 และ 78.19 ± 6.61 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ; $p < 0.001$), ค่าอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (82.75 ± 9.82 และ 79.06 ± 11.11 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ; $p < 0.001$) และมีค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจมากกว่าก่อนออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($10,596.17 \pm 1,455.50$ และ $9,376.23 \pm 1,527.13$ bpm*mmHg ตามลำดับ; $p < 0.001$) ดังตารางที่ 8

ผลของค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกพบว่า ค่า LF HF และ LF/HF ratio ก่อนและหลังออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 8



ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก

ตัวแปร	การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก		
	ก่อนออกกำลังกาย	หลังออกกำลังกาย	P-value
ความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	118.49 ± 8.84	128.00 ± 8.19	<0.001*
ความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	78.19 ± 6.61	83.00 ± 9.79	0.022*
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	79.06 ± 11.11	82.75 ± 9.82	<0.001*
RPP (bpm*mmHg)	9,376.23 ± 1,527.13	10,596.17 ± 1,455.50	<0.001*
LF (โวลต์)	0.00007 ± 0.00138	0.00021 ± 0.00095	0.380
HF (โวลต์)	0.00012 ± 0.00227	0.00048 ± 0.00280	0.677
LF/HF ratio	0.86100 ± 0.57000	1.08300 ± 0.92200	0.476

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน , RPP; Rate pressure product, LF; Low frequency power, HF; High frequency power, LF/HF; Ratio of low-high frequency power
* $p < 0.05$ มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4 ผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดและความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิคและคอนเซนตริก

4.4.1 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนออกกำลังกายแบบแอโรบิคและคอนเซนตริก เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดของอาสาสมัครระหว่างก่อนออกกำลังกายแบบแอโรบิคและคอนเซนตริก พบว่าค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว ค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ และค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่า ค่า LF HF และ LF/HF ratio ทั้งสองรูปแบบการออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจก่อนออกกำลังกายของอาสาสมัคร 2 กลุ่ม

ตัวแปร	การออกกำลังกาย แบบแอโรบิค	การออกกำลังกาย แบบแอนาโรบิค	P-value
ความดันสูงสุดขณะหัวใจ บีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	117.17 ± 6.07	118.49 ± 8.84	0.672
ความดันสูงสุดขณะหัวใจ คลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	77.33 ± 6.86	78.19 ± 6.61	0.416
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	82.33 ± 13.19	79.06 ± 11.11	0.521
RPP (bpm*mmHg)	9676.37 ± 1825.85	9376.23 ± 1527.13	0.667
LF (โวลต์)	0.00003 ± 0.00232	0.00007 ± 0.00138	1.000
HF (โวลต์)	0.00120 ± 0.00209	0.00012 ± 0.00227	0.795
LF/HF ratio	0.96000 ± 0.94705	0.86100 ± 0.57000	0.113

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน , RPP; Rate pressure product, LF; Low frequency power, HF; High frequency power, LF/HF; Ratio of low-high frequency power
* $p < 0.05$ มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4.2 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจหลังออกกำลังกายระหว่างออกกำลังกายแบบแอโรบิคและแอนาโรบิค

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดของอาสาสมัครระหว่างก่อนออกกำลังกายแบบแอโรบิคและแอนาโรบิค พบว่า ค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว ค่าความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ และค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่าค่า LF HF และ LF/HF ratio ทั้งสองรูปแบบการออกกำลังกายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจหลังออกกำลังกายของอาสาสมัคร 2 กลุ่ม

ตัวแปร	การออกกำลังกาย แบบแอโรบิค	การออกกำลังกาย แบบแอนาโรบิค	P- value
ความดันสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	122.17 ± 5.37	128.00 ± 8.19	0.051
ความดันสูงสุดขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	82.00 ± 15.25	83.00 ± 9.79	0.908
อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	87.00 ± 16.80	82.75 ± 9.82	0.549
RPP (bpm*mmHg)	10527.83 ± 2074.92	10596.17 ± 1455.50	0.926
LF (โวลต์)	0.00186 ± 0.03443	0.00021 ± 0.00095	0.141
HF (โวลต์)	0.00326 ± 0.00323	0.00048 ± 0.00280	0.312
LF/HF ratio	0.95400 ± 1.34038	1.08300 ± 0.92200	0.470

ข้อมูลแสดง ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน , RPP; Rate pressure product, LF; Low frequency power, HF; High frequency power, LF/HF; Ratio of low-high frequency power
* $p < 0.05$ มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

1. วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและคอนเซนตริกต่อตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน จำนวน 24 คน โดยอยู่ในช่วงอายุ 20–25 ปี ที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งผลการศึกษาพบว่าหลังการออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบ มีการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้น พบว่าการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกค่า SBP DBP และ RPP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกมีค่า SBP, DBP, HR และ RPP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจหลังการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ HF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบผลหลังการออกกำลังกายทั้ง 2 แบบ พบว่าค่าตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด และค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกและแบบคอนเซนตริกมีการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้น แต่การออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกมี SBP DBP และ RPP เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกมีค่า SBP, DBP, HR และ RPP เพิ่มขึ้น จึงสามารถอธิบายการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เกิดขึ้นเนื่องจากในขณะออกกำลังกายกล้ามเนื้อมีการหดตัวต้องการออกซิเจนเพื่อนำไปใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ ร่างกายต้องการออกซิเจนไปใช้มากขึ้น ทำให้หัวใจมีการทำงานเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ เพิ่มการบีบตัวและคลายตัวของหัวใจเพื่อส่งออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย [26] สอดคล้องกับการศึกษาของ Ankur Khant และ Maulik Shah ได้ทำการเปรียบเทียบผลของระดับความหนักของการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและเอ็คเซนตริกของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในวัยรุ่นชาย สุขภาพดี จำนวน 50 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม concentric exercise กับ eccentric exercise กลุ่มละ 25 คน โดยให้ออกกำลังกายในท่า Knee extension ทำจนกว่าไม่สามารถทำต่อไปได้ พบว่าหลังการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกและเอ็คเซนตริก มีค่า SBP, DBP, HR, MAP และ RPP เพิ่มขึ้นทั้งสองกลุ่ม โดยที่ความหนัก 75% ของ 1RM ค่าของตัวแปรทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นมาก และค่าค่อยๆ ลดลงที่ความหนัก 85% ของ 1RM ตามลำดับ และพบว่าการออก

กำลังกายแบบคอนเซนตริกมีการเพิ่มของของค่า SBP, DBP, HR, MAP และ RPP มากกว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก [17] การศึกษาของ Mayank Agarwal และคณะได้ทำการศึกษเกี่ยวกับผลการตอบสนองของระบบหัวใจและหลอดเลือด และระดับ serum interleukin-6 ในกลุ่มวัยรุ่นชายสุขภาพดี จำนวน 24 คน มีรูปแบบการวิจัยเป็นแบบ non-randomised crossover แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่ม concentric exercise (CE) 12 คน กับ eccentric exercise (EE) 12 คน มีรูปแบบการออกกำลังกาย ประกอบด้วย วิ่งบนวิ่งลู่วิ่งไฟฟ้าที่ความชัน 12 สำหรับกลุ่ม CE และความชัน -12 องศา สำหรับกลุ่ม EE และออกกำลังกายในท่า dumbbell biceps curl, standing dumbbell triceps extension, dumbbell stiff legged dead lifts, dumbbell squats ทำ 15 ครั้ง/รอบ จำนวน 3 รอบ พักระหว่างรอบ 30 วินาที ใช้เวลารวมทั้งหมด 30 นาที ผลการศึกษาพบว่าหลังออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบมีค่า SBP, HR, MAP และ RPP ส่วนค่า DBP เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบว่าในการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกมีการเพิ่มของของค่า SBP, DBP, HR, MAP และ RPP มากกว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก [17] ซึ่งการศึกษานี้ทำการศึกษาในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก และกลุ่มการออกกำลังกายแบบคอนเซนตริก ให้การออกกำลังกายของกล้ามเนื้อ biceps ด้านแรงด้วยดัมเบลล์ ที่ความหนัก 60% ของ 1RM ทำ 8 ครั้ง/รอบ ทำ 3 รอบ พักระหว่างรอบ 2 นาที หลังออกกำลังกายมีการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเป็นบางตัวแปรเมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ซึ่งผลการตอบสนองทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แตกต่างกันของแต่ละการศึกษาอาจเนื่องจากรูปแบบการออกกำลังกาย จำนวนท่าออกกำลังกาย จำนวนครั้ง ความหนัก ระยะพักระหว่างออกกำลังกาย และระยะเวลาในการฝึกของแต่ละการศึกษาที่หลากหลายแตกต่างกัน [16]

ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจหลังการออกกำลังกายพบว่า ในกลุ่มการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริกมีค่า HF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ O. Gois mo และคณะ พบว่าหลังจากการออกกำลังกายแบบเอ็คเซนตริก จำนวน 10 รอบ มีการเพิ่มขึ้นของค่า RMSSD, HD1, HF เมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าการทำงานของพาราซิมพาเทติกมีการทำงานมากกว่าซิมพาเทติก [20] และอาจเนื่องมาจากหลังออกกำลังกายทันทีจะมีการเพิ่มขึ้นของความดันเลือด จากความดันในหลอดเลือดที่เพิ่มสูงขึ้นไปกระตุ้นการทำงานของ baroreceptor คือ carotid sinus และ aortic arch ซึ่งเป็นเซลล์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความดันเลือด เมื่อความดันเลือดมีการเพิ่มขึ้น จะส่งสัญญาณประสาทไปยังศูนย์ควบคุมหลอดเลือดในเมดัลลาไปกระตุ้นการทำงานที่ vagal center ซึ่งเมื่อ

ถูกกระตุ้นจะทำให้ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานมากขึ้น จึงทำให้ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานได้ดีและมีค่าที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก [27, 28]

เมื่อเปรียบเทียบผลหลังการออกกำลังกายทั้ง 2 แบบ พบว่าค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีรายงานว่าโดยปกติในคนที่มีความอ้วนจะมีการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่สูงกว่าระบบประสาทพาราซิมพาเทติก หากมีการส่งเสริมให้ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานดีขึ้นมีส่วนช่วยในการป้องกันโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ [29] สอดคล้องกับการศึกษาของ Chintala k. และคณะ พบว่าในผู้ที่มีความอ้วนจะมีการทำงานของระบบซิมพาเทติกที่เพิ่มขึ้นและการทำงานของระบบพาราซิมพาเทติกที่ลดลงส่งผลให้เกิด sympathovagal imbalance [19] ซึ่งจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อออกกำลังกายแบบแอโรบิกส่งผลให้การทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกทำงานเพิ่มขึ้น จึงอาจสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ซึ่งอาจส่งเสริมให้ sympathovagal balance ในผู้ที่มีความอ้วนดีขึ้น

ในวัยรุ่นอ้วนหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและแบบคอนเซนตริกมีการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบว่าหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้หลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกที่เพิ่มขึ้นขณะที่การออกกำลังกายแบบคอนเซนตริกไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงอาจสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีผลช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งน่าจะเป็นผลดีสำหรับผู้ที่มีความอ้วนที่มี sympathovagal imbalance และคาดว่าในระยะยาวหากออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง อาจทำให้ sympathovagal balance ดีขึ้น ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคแทรกซ้อนต่างๆ เช่น ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด

2. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

1. จำนวนอาสาสมัครในงานวิจัยค่อนข้างน้อย อาจส่งผลให้ผลการศึกษาไม่ชัดเจน
2. การศึกษานี้เป็นการดูผลการออกกำลังกายทันที ผลการศึกษาที่ได้อาจไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นควรมีการศึกษาผลระยะยาวของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและคอนเซนตริกเพื่อยืนยันผลการศึกษาให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

3. เครื่องมือและโปรแกรมที่ใช้ในการวัด HRV มีข้อจำกัดบางประการ ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ค่า HRV ได้ครอบคลุมถึงตัวแปรหลักที่เกี่ยวกับเวลา (time domain) ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาระหว่างคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (R-R interval) และโปรแกรมที่ใช้ในการวัด HRV ไม่สามารถแปลงหน่วยได้ และทศนิยมใส่ได้เพียง 10 ตำแหน่ง ดังนั้นควรใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐานเพิ่มขึ้น อย่างเช่น Polar V800
4. รูปแบบในการออกกำลังกาย อาจต้องปรับให้หนักขึ้นหรือทำทางในการออกกำลังกายที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่ชัดเจนขึ้น

3. สรุปผลการศึกษา

หลังการออกกำลังกายมีแรงต้านแบบแอโรบิกและแบบแอนาโรบิกมีการตอบสนองของตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบว่าหลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกเพิ่มขึ้น จึงอาจสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีผลช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก ซึ่งน่าจะเป็นผลดีสำหรับผู้ที่มีภาวะอ้วนที่มี sympathovagal imbalance



เอกสารอ้างอิง

1. สุจินดา ริมศรีทอง, สุดาพรรณ ธัญจิรา, อรุณศรี เตชสังข์. **พยาธิสรีรวิทยาทางการพยาบาล เล่ม 2**. กรุงเทพฯ: บริษัทสามเจริญพาณิชย์ จำกัด; 2551.
2. ศิริอร สินธุ, ปิยะนันท์ ลิ้มเรืองรอง, ฐิติพงษ์ ดันคำปวน. **พยาบาลนำการจัดการภาวะน้ำหนักเกิน**. วัฒนาการพิมพ์; 2559.
3. ณิชา สมหล่อ. การดูแลผู้ป่วยโรคอ้วนในเวชปฏิบัติ. 573-4.
4. Organization WH. **Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation**, Geneva, 8-11 December 2008: World Health Organization; 2011.
5. พลอยณณารินทร์ ราวิณีจ. **ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะอ้วนลงพุงในประชากร ตำบลชะแมบ อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**. [ปทุมธานี]: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2559.
6. Chintala KK, Krishna BH, Reddy M. Heart rate variability in overweight health care students: correlation with visceral fat. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(1):CC06.
7. Tjesc, Naspe. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J*. 1996;17(3):354-81.
8. Hagerman FC, Walsh SJ, Staron RS, Hikida RS, Gilders RM, Murray TF, et al. Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(7):336-46.
9. Berkeley Wellness. **The benefits of eccentric exercise**. [serial online] 2011 [cited 2017 Nov. 18]. Available: <http://www.berkeleywellness.com/fitness/exercise/article/benefits-eccentric-exercise>.
10. Overend TJ, Versteegh TH, Thompson E, Birmingham TB, Vandervoort AA. Cardiovascular stress associated with concentric and eccentric isokinetic exercise in young and older adults. *J Gerontol A*. 2000;55(4):B177-B82.
11. Lastayo P, Reich T, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt S. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 1999;276(2):R611-R5.

12. Khare D. Effect of concentric and eccentric resisted exercise on blood pressure and heart rate in mild to moderate hypertensive individuals. *Int J Biomed Res.* 2016; 7(7): 463–468.
13. Narloch JA, Brandstater ME. Influence of breathing technique on arterial blood pressure during heavy weight lifting. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(5):457–62.
14. อรพินท์ สีขาว. พยาธิสรีรวิทยา สำหรับนักศึกษาพยาบาลและวิทยาศาสตร์สุขภาพ. กรุงเทพมหานคร: บริษัท จามจุรีโปรดักส์; 2559.
15. พัชรินทร์ เทพอารีนันท์. สรีรวิทยาระบบหัวใจและหลอดเลือด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2555. 92–102.
16. Agarwal M, Singh S, Narayan J, Pandey S, Tiwari S, Sharma P. Cardiovascular response and serum interleukin-6 level in concentric vs. eccentric exercise. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(4):CC04–CC8.
17. Khant A, Shah M. A comparative study on effect of exercise intensity on cardiovascular variables during concentric and eccentric resistive knee extension exercise on healthy male. *Natl J Integr Res Med.* 2013;4(6):116–21.
18. Fridén J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol Scand.* 2001;171(3):321–6.
19. Chintala KK, Krishna BH, N MR. Heart rate variability in overweight health care students: correlation with visceral fat. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(1):CC06–CC8.
20. Gois MO, Campoy FA, Alves T, Ávila RP, Vanderlei L, Pastre CMJBjopt. The influence of resistance exercise with emphasis on specific contractions (concentric vs. eccentric) on muscle strength and post-exercise autonomic modulation: a randomized clinical trial. *Braz J Phys Ther.* 2014;18(1):30–7.
21. Stein PK, Bosner MS, Kleiger RE, Conger BM. Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *Am Heart J.* 1994;127(5):1376–81.
22. van Ravenswaaij-Arts CA, Kollee LA, Hopman JW, Stoeltinga GA, van Geijn HP. Heart rate variability. *Ann Intern Med.* 1993;118(6):436–47.

23. Akselrod S, Gordon D, Madwed JB, Snidman NC, Shannon DC, Cohen RJ. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 1985;249(4):H867-H75.
24. Parer WJ, Parer JT, Holbrook RH, Block BSB. Validity of mathematical methods of quantitating fetal heart rate variability. **Am J Obstet Gynecol.** 1985;153(4):402-9.
25. Sztajzel J. Heart rate variability: A noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. **Swiss Med Wkly.** 2004. 514-22 p.
26. Porcari J, Bryant C, Comana F. **Exercise physiology:** FA Davis; 2015.
27. ธวัช แต้โสตถิกุล. ชูติวิชาเภสัชวิทยาสำหรับนักศึกษาแพทย์ เรื่อง Autonomic Pharmacology. [อ้างเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2561]. จาก <http://www.med.cmu.ac.th/dept/pharmaco/pharmacology/lesson01/03.htm>
28. Heesch CM. Reflexes that control cardiovascular function. **Am J Physiol.** 1999;277(6 Pt 2):S234-43.
29. Khrisanapant W, Sengmeuang P, Pasurivong O, Kukongviriyapan UJSMJ. Modulation of cardiac autonomic control in children and adolescents with obesity. **SMJ.** 2011;26(2):136-43.



ภาคผนวก



The logo of the University of Phayao is a purple shield-shaped emblem. Inside the shield is a white silhouette of a traditional Thai temple (Prang) with multiple spires. Below the shield is a golden banner with the university's name in Thai and English.

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน

แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่องว่างหรือกรอกข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ นาย/นางสาว นามสกุล

ว/ด/ป เกิด อายุ ปี เบอร์โทรศัพท์.....

ข้อมูลสุขภาพ

น้ำหนัก กิโลกรัม ส่วนสูง เซนติเมตร BMI..... kg/m²

เส้นรอบเอว.....เซนติเมตร เส้นรอบสะโพก.....เซนติเมตร

ความดันโลหิต.....มิลลิเมตรปรอท อัตราการเต้นของหัวใจ.....ครั้ง/นาที

ค่าความอึดตัวของออกซิเจน.....% อัตราการหายใจ.....ครั้ง/นาที

1. โรคประจำตัว ☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....

2. ยาที่ใช้ประจำ ☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....

3. การบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับแขนและมือ

☐ ไม่เคย ☐ เคย ระบุ.....

4. ปัญหาเกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด

☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....

5. ภายใน 12 ชั่วโมง ท่านดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่

6. ภายใน 12 ชั่วโมง ท่านดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่

7. ท่านพักผ่อนวันละ ☐ < 8 ชั่วโมง ☐ > 8 ชั่วโมง

8. ท่านออกกำลังกาย ☐ ไม่ออกกำลังกาย

☐ < 3 วัน/สัปดาห์

☐ > 3 วัน/สัปดาห์

ภาคผนวก ข
แบบบันทึกข้อมูลผลการออกกำลังกาย



เวลาที่ทำการบันทึก.....

แบบบันทึกข้อมูลผลการออกกำลังกาย

1. บันทึกการหาค่า 1 RM

ยกครั้งที่	น้ำหนักที่ยกได้(kg)
1	
2	
3	
4	
5	
1RM ของอาสาสมัคร	

$$\text{คำนวณหา } 75\% \text{ of 1 repetition maximum} = \frac{1 \text{ Repetition maximum} \times \% \text{Intensity}}{100}$$

=

2. ตารางบันทึกตัวแปรทางระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตัวแปร	ก่อนออกกำลังกาย				หลังการออกกำลังกาย(ทันที)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	
Systolic blood pressure (mmHg)					
Diastolic blood pressure (mmHg)					
Heart rate (beats/min)					
O2 saturation (%)					
Mean arterial blood pressure (mmHg)					
Rate pressure product					

ซึ่งค่า MAPและ RPP คำนวณได้จากสูตร MAP = diastolic blood pressure + 1/3 pulse pressure และ RPP = SBP × HR ตามลำดับ

เวลาที่ทำการบันทึก.....

3. ตารางบันทึกการวัดความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจ

ตัวแปร	ก่อนออกกำลังกาย	หลังการออกกำลังกาย
	ทำนั่ง	
Frequency domain		
Low frequency power (LF)		
High frequency power (HF)		
Ratio of low-high frequency power (LF/HF)		

Standard deviation of all NN intervals (SDNN) แสดงถึง sum of sympathetic และ parasympathetic activity, Square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN interval (RMSSD) แสดงถึง parasympathetic activity



ภาคผนวก ค
ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย



ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เรื่อง การเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อข้อศอกแบบเอ็คเซนตริก และคอนเซนตริกอย่างต่อเนื่องและปลอดภัยและความแปรปรวนของการเต้นของหัวใจในวัยรุ่นหญิงที่มีภาวะอ้วน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึง จุดประสงค์ของการวิจัย วิธีวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความ เข้าใจดีแล้ว

ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิจะบอกเลิก การเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบ ใดๆต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่างๆที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยใน ภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบ ยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย

(.....)