# ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

วิทยานิพนธ์

ของ

นิตยา อายุยืน

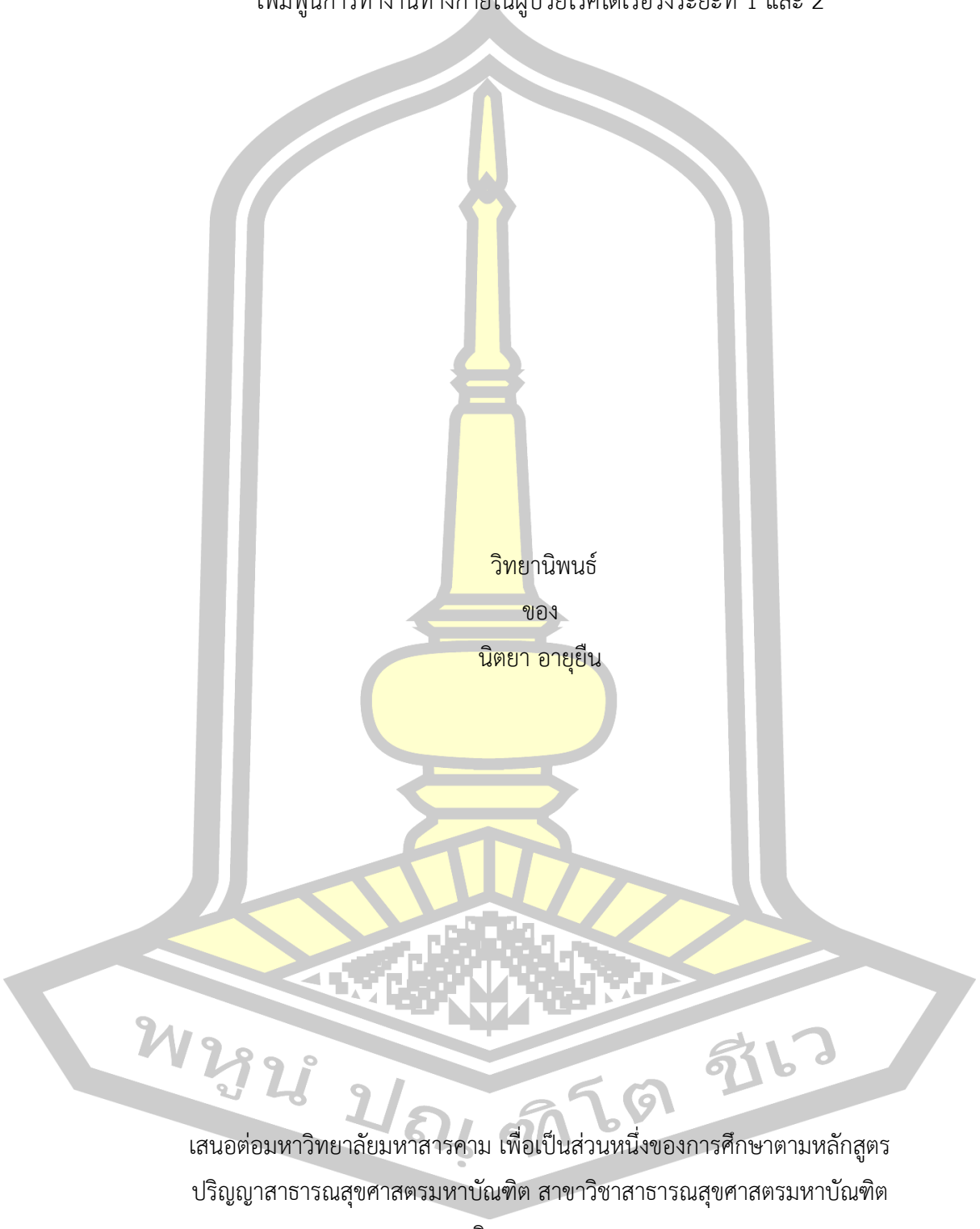
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2




วิทยานิพนธ์

ของ

นิตยา อายุยืน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

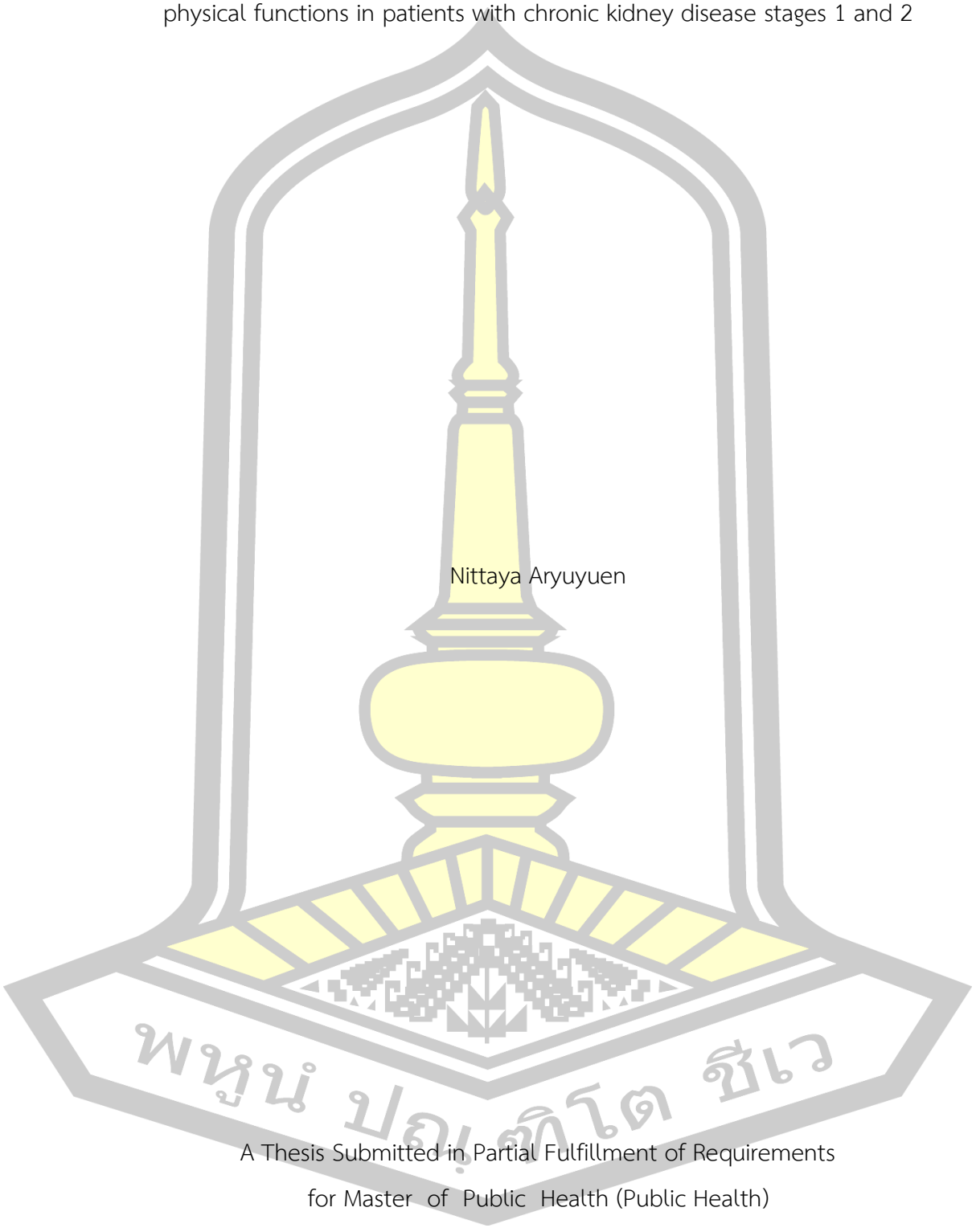
ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต

มิถุนายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# Effects of an aerobic exercise program on delaying renal function loss and improving physical functions in patients with chronic kidney disease stages 1 and 2

Nittaya Aryuyuen



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Public Health (Public Health)

June 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวนิตยา อายุยืน แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. สุมัทนา กลางคาร )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. กู้เกียรติ ทุดปอ )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผศ. ดร. สันติสิทธิ์ เขียวเขิน )

.....กรรมการ
(อ. ดร. เทอดศักดิ์ พรหมอารักษ์ )

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รศ. ดร. จุฬาภรณ์ โสตะ )

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. สุมัทนา กลางคาร )
คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

**ชื่อเรื่อง** ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

**ผู้วิจัย** นิตยา อายุยืน

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กู้เกียรติ ทุดปอ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติสิทธิ์ เขียวเขิน

**ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต

**มหาวิทยาลัย** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

## บทคัดย่อ

การวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถชะลอภาวะไตเสื่อมและเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะ 3-5 ได้ แต่ในความเป็นจริงอัตราการเสื่อมของไตนั้น เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะ 1 และ 2 การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (randomized controlled trial) กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาเป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ทำการเลือกตามเกณฑ์คัดเข้าและสุ่มเลือกอย่างง่าย จำนวน 42 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 21 คน สุ่มเลือกอย่างง่ายเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกประกอบด้วย ช่วงอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย ช่วงสร้างความแข็งแรง และช่วงคลายร่างกาย โดยกำหนดให้ออกกำลังกายระยะเวลา 60 นาทีต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับดูแลตามปกติ เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ทดสอบสมรรถภาพทางกายและตรวจค่าการทำงานของไตทางห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง (Chi-square test, Fisher's exact test, paired t-test, independent t-test, analysis of covariance (ANCOVA) และ binary logistic regression) ผลการศึกษาพบว่า หลังการทดลองกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยอัตราการกรองของไต (estimated glomerular filtration rate, eGFR) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ย serum creatinine ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ย ยูเรียไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) และค่าเฉลี่ย BUN/creatinine ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมไม่พบความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่ากลุ่มทดลองมี

ค่าเฉลี่ย eGFR เพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ย serum creatinine ลดลงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/creatinine ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยทดสอบเดิน 6 นาที (6-minute walk test, 6MWT) และค่าทดสอบลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s chair stand test, CST) กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้ป่วยเพศหญิงมีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง eGFR ในเชิงบวกมากกว่าผู้ป่วยชาย (Exp (B) = 9.400, 95% CI: 1.275-69.273) และผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลในเลือดที่ลดลงมีโอกาสที่จะมีการเปลี่ยนแปลง %predicted 6MWT เป็นบวกมากกว่าผู้ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่เปลี่ยนแปลง (Exp (B) = 6.976, 95% CI: 1.369-35.539)

คำสำคัญ : โรคไตเรื้อรัง, สมรรถภาพทางกาย, อัตราการกรองของไต, การออกกำลังกายแบบแอโรบิก

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**TITLE** Effects of an aerobic exercise program on delaying renal function loss and improving physical functions in patients with chronic kidney disease stages 1 and 2

**AUTHOR** Nittaya Aryuyuen

**ADVISORS** Assistant Professor Kukiat Tudpor , Ph.D.

Assistant Professor Santisith Khiewkhern , Ph.D.

**DEGREE** Master of Public Health **MAJOR** Public Health

**UNIVERSITY** Mahasarakham University **YEAR** 2020

## ABSTRACT

Chronic kidney disease (CKD) is a worldwide public health problem. Reduction in renal and physical functions in patients with CKD are manifested by a decline in an estimated glomerular filtration rate (eGFR) and sit-to-stand and walking abilities. A regular aerobic exercise has been found beneficial for predialysis CKD patients. However, a decline in the eGFR is prominent in early phase of CKD. Effects of the exercise in early CKD have been still elusive. This single-blinded randomized controlled trial was aimed to investigate effects of an aerobic exercise program (AEP) on renal and physical functions in 42 diabetic and/or hypertensive patients with CKD1-2 (age 60.8±8 years old). The AEP group (n= 21) consisted of aerobic and resistance training exercises (60 min/day, 3 days/week for 12 weeks) whereas the control group (n=21) received standard care. Primary outcomes were renal functions (eGFR, blood urea nitrogen (BUN), and serum creatinine. Secondary outcomes were physical functions (6-minute walk test (6MWT) and 30-second chair stand test (30-s CST). Results showed that all baseline parameters were not statistically different between control and AEP groups. Post-intervention, eGFR in the AEP significantly increased from 89.2±13.6 to 93.2±13.0 mL• $min^{-1}$•1.73 $m^{-2}$ ($p<0.05$), but not in control (89.9±14.4 vs 89.7±13.4 mL• $min^{-1}$• 1.73 $m^{-2}$). Moreover, post-intervention serum creatinine also significantly improved from in the AEP group. In addition, post-

intervention % predicted 6MWT distance and 30-s CST also increased in the AEP. The 12-week aerobic exercise program could improve renal and physical functions in early CKD. Binary logistic regression analysis showed that female patients were more likely to have a positive eGFR change than male patients (Exp(B) = 9.4, 95% CI: 1.275-69.273). In addition, the patients with improved fasting plasma glucose (FPG) levels were approximately 7 times more likely to have a positive % predicted 6MWT change than those with unimproved FPG levels (Exp(B) = 6.976, 95% CI: 1.369 to 35.539).

Keyword : chronic kidney disease, physical function, glomerular filtration rate, aerobic exercise

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้เนื่องจากได้รับความกรุณาและให้ความสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กู้เกียรติ ทุดปอ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติสิทธิ์ เขียวเขิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ที่ได้ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ทั้งยังช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องของเอกสารให้มีความสมบูรณ์ ด้วยความเอาใจใส่และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอดมา และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563 ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ นายแพทย์ประธาน ศรีจุลฮาด ผู้อำนวยการโรงพยาบาลร่องคำ ทั้งเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลร่องคำที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคน ที่คอยอำนวยความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัวอายุยืน ทั้ง พ่อ แม่ พี่ชาย ที่คอยดูแลเป็นทั้งกำลังใจกำลังทรัพย์ และคอยดูแลสนับสนุนเสมอมา และที่สำคัญขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือทุกคนที่ได้มอบความรัก ความปรารถนาดี คอยช่วยเหลือเกื้อกูลกัน ด้วยดีตลอดมา ซึ่งถือเป็นกำลังใจที่สำคัญในการทำวิทยานิพนธ์นี้

นิตยา อายุยืน

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ ..... 1

1.2 คำถามในการวิจัย ..... 4

1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย ..... 4

1.4 สมมติฐานการวิจัย ..... 4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย ..... 5

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 5

บทที่ 2 ปริทัศน์เอกสารข้อมูล ..... 7

2.1 โรคไตเรื้อรัง ..... 7

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกาย ..... 23

2.3 การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ..... 46

2.4 สมรรถภาพทางกาย ..... 55

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 61

2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 64

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 65

3.1 รูปแบบการวิจัย ..... 65
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ..... 66
3.3 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ..... 67
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 70
3.5 ขั้นตอนดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 72
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ ..... 80
3.7 จริยธรรมในการวิจัย ..... 80
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 82
4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางประชากร ..... 82
4.2 ผลการศึกษาการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ..... 86
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 90
5.1 สรุปผล ..... 90
5.2 อภิปรายผล ..... 92
5.3 ข้อเสนอแนะ ..... 96
บรรณานุกรม ..... 97
ภาคผนวก ..... 106
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 107
ภาคผนวก ข เอกสารรับรองคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ..... 116
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบตามข้อตกลงเบื้องต้นในการเลือกใช้สถิติทดสอบ ..... 118
ภาคผนวก ง ทุนการศึกษาวิจัย ..... 120
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรม ..... 122
ประวัติผู้เขียน ..... 127

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ระยะของโรคไตเรื้อรัง ตาม GFR categories (KDIGO 2012) ..... 16

ตารางที่ 2 แสดงสมการ CKD-EPI จำแนกตามเพศและระดับครีอะตินีนในเลือด ..... 17

ตารางที่ 3 การจำแนกความรุนแรงของ CKD ตาม albuminuria categories (KDIGO 2012)..... 17

ตารางที่ 4 ระดับความหนักของงานตามอัตราการรับรู้ ..... 52

ตารางที่ 5 การจำแนกความหนักของงานในการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลา 30-60 นาที..... 53

ตารางที่ 6 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะ ..... 83

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแสดงค่าที ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Independent t-test ..... 85

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าการทำงานของไต ก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองและเปรียบเทียบค่าการทำงานของไตระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ 87

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบค่าสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลองและเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง ..... 88

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคทวิ (Binary logistic regression) เพื่อการทำนายตัวแปรอิสระของ GFR, serum creatinine, % predicted 6MWT และ 30-s CST ..... 89

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 โครงสร้างของไตและระบบปัสสาวะ ..... 8

ภาพที่ 2 การทำงานของหน่วยกรองในไต ..... 10

ภาพที่ 3 กระบวนการสร้างน้ำปัสสาวะ ..... 11

ภาพที่ 4 การตอบสนองทั่วไปต่อการออกกำลังกาย ..... 26

ภาพที่ 5 การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ dynamic ..... 28

ภาพที่ 6 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกาย (physical performance) ..... 29

ภาพที่ 7 แหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อ ระหว่างออกกำลังกาย กล้ามเนื้อจะสร้าง ATP ขึ้นจากแหล่งพลังงานหลายแห่งด้วยกันขึ้นกับระยะเวลาในการออกกำลังกาย ..... 32

ภาพที่ 8 อัตราการใช้ออกซิเจนจะแปรตามความหนักเบาของการออกกำลังกาย การใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ใน 1-2 นาทีแรก และคงที่อยู่ที่ Steady state ที่จุดนี้ระบบสนับสนุนจะจ่ายออกซิเจนได้เท่ากับที่กล้ามเนื้อต้องการใช้เพื่อสร้างพลังงาน ..... 33

ภาพที่ 9 การระบายอากาศของระบบหายใจจะเพิ่มอย่างเป็นสัดส่วนกับความต้องการทางเมตาบอลิก แต่จะเพิ่มขึ้นเร็วมากเมื่อความต้องการทางเมตาบอลิกนั้นเข้าสู่ anaerobic threshold ระยะนี้นักกีฬาจะหอบลึกและเร็ว ..... 36

ภาพที่ 10 อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate), ปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) และปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจเมื่อบีบตัว 1 ครั้ง (stroke volume) ..... 38

ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของ cardiac output (CO) ก่อน ขณะ และภายหลังการออกกำลังกายจะมีลักษณะคล้ายกันกับอัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างการออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกาย CO ยังเพิ่มขึ้นต่อไปอีกระยะหนึ่งเพื่อชดเชยพลังงานสำรองที่ใช้ไปล่วงหน้าระหว่างการออกกำลังกาย ... 38

ภาพที่ 12 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันขณะหัวใจบีบตัว (SBP), ความดันขณะหัวใจคลายตัว (DBP) และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ระหว่างการออกกำลังกายชนิด anaerobic และ aerobic ในการออกกำลังกาย ..... 40

ภาพที่ 13 แนวทางการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ..... 47

ภาพที่ 14 คำแนะนำการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ..... 47
ภาพที่ 15 กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 64
ภาพที่ 16 รูปแบบการศึกษาวิจัย ..... 65
ภาพที่ 17 CONSORT 2010 Flow Diagram ..... 69
ภาพที่ 18 จักรยานออกกำลังกาย (Recumbent Bike) ..... 70
ภาพที่ 19 ชุดถุงทรายขนาด 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 Kg ..... 71
ภาพที่ 20 นาฬิกาจับเวลาดิจิตอล ..... 71
ภาพที่ 21 ระยะทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดเป็นระยะทาง 30 เมตร ..... 73
ภาพที่ 22 ท่ายืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ ..... 75
ภาพที่ 23 ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังแขน ..... 75
ภาพที่ 24 ท่ายืดกล้ามเนื้อหน้าอก ..... 76
ภาพที่ 25 ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังช่วงบน ..... 76
ภาพที่ 26 ท่ายืดกล้ามเนื้อหน้าขา ..... 77
ภาพที่ 27 ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง-ต้นขาด้านหลัง ..... 77
ภาพที่ 28 การออกกำลังโดยใช้จักรยานปั่นออกกำลังกาย (Stationary Bike) ..... 78
ภาพที่ 29 ท่างอและเหยียดศอก ..... 78
ภาพที่ 30 ท่างอและเหยียดเข่า ..... 79

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโรคไตเรื้อรัง (Chronic kidney disease, CKD) เป็นปัญหาสาธารณสุขระดับโลก โดยรวมทั้งในประเทศไทยด้วย เนื่องจากเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งทำให้เสียชีวิตก่อนวัยอันควร และมีการดำเนินของโรคไปสู่โรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย (End-stage renal disease, ESRD) ที่ต้องได้รับการรักษาด้วยการบำบัดทดแทนไตและการปลูกถ่ายไต (renal replacement therapy) จากการศึกษา Thai SEEK Study โดยสมาคมโรคไตแห่งประเทศไทยในปี พ.ศ.2552 พบว่ามีความชุกของโรคไตเรื้อรังในระยะที่ 1-5 เท่ากับ 17.5% ของประชากร แจกแจงความชุกของโรคไตเรื้อรังออกเป็นระยะที่ 1-5 ได้เป็นร้อยละ 3.3, 5.6, 7.5, 0.8 และร้อยละ 0.3 ตามลำดับ ความชุกของโรคไตเรื้อรังจำแนกตามพื้นที่ของประชากรในกรุงเทพฯ (23.9%) ภาคเหนือ (22.2%) และตะวันออกเฉียงเหนือ (20.4%) มีสูงกว่าภาคกลาง (13.7%) และภาคใต้ (13.4%) (Prasert Thanakitcharu, 2015) และพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคไตเรื้อรัง ได้แก่ อายุ เพศ โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ภาวะกรดยูริกในเลือดสูง ประวัตินิ่วในไต และการใช้ยาสมุนไพร โดยความชุกของโรคไตเรื้อรังจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่มากขึ้น

ในปี 2558 สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย พบคนไทยป่วยเป็นโรคไตเรื้อรังประมาณ 8 ล้านคน ในจำนวนนี้เป็นผู้เป็นโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายที่จะต้องเข้าสู่การบำบัดทดแทนไตประมาณ 1 แสนราย และมีผู้เป็นไตเรื้อรังรายใหม่เพิ่มขึ้นปีละกว่า 10,000 ราย โดยสาเหตุส่วนใหญ่ร้อยละ 36.6 มาจากโรคเบาหวาน รองลงมาร้อยละ 26.8 มาจากโรคความดันโลหิตสูง และไม่ทราบสาเหตุอีกร้อยละ 22.8 (สำนักข่าว Hfocus, 2561) หากผู้ป่วยเหล่านี้ไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องเหมาะสมก็จะนำไปสู่โรคแทรกซ้อน และถึงแก่ชีวิตได้ สาเหตุของโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายของผู้ป่วยที่เข้ารับการบำบัดทดแทนไตจากสถานพยาบาลที่ให้บริการการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม เกิดจากโรคเบาหวานมากที่สุด รองลงมาคือโรคความดันโลหิตสูง การล้างไตทางช่องท้องหรือการผ่าตัดปลูกถ่ายไต ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และโดยปัจจุบันค่าใช้จ่ายในการบำบัดทดแทนไตโดยการล้างไตทางช่องท้อง หรือการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมเฉลี่ยประมาณ 240,000 บาทต่อคนต่อปี ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้ยังไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายด้วยยา ค่าใช้จ่ายทางอ้อมอื่นๆ (Prasert Thanakitcharu, 2015) จากข้อมูลดังกล่าวทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าจำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังกลุ่มก่อนการบำบัดทดแทนไตมีจำนวนมากที่สุดและเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญ หากผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้รับ

การดูแลที่ดีทั้งจากตัวผู้ป่วยเองและบุคลากรทางการแพทย์จะสามารถลดภาวะแทรกซ้อน อัตราการเจ็บป่วย อัตราการตาย ค่าใช้จ่ายในการรักษา ช่วยยืดระยะเวลาและลดจำนวนผู้ป่วยที่ต้องได้รับการบำบัดทดแทนไต

เนื่องจากโรคไตเรื้อรังเป็นโรคที่เป็นปัญหาทางสาธารณสุขและมีความสำคัญสูงดังกล่าวมาแล้วกระทรวงสาธารณสุขจึงให้ความสำคัญกับการจัดระบบบริการ โดยได้กำหนดไว้เป็นสาขาหนึ่งของแผนพัฒนาระบบบริการสุขภาพ (service plan) คือ 1) การป้องกัน จากข้อมูลทางระบาดวิทยาพบว่าสาเหตุหลักของโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายเกิดจากโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ดังนั้นการป้องกันจึงเน้นเรื่องการควบคุมโรคดังกล่าว โดยใน service plan สาขาไตและ service plan สาขาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (noncommunicable disease, NCD) ในกลุ่มการดูแลผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูงได้กำหนดให้สถานบริการทุกระดับทำหน้าที่ให้ความรู้แก่ผู้ป่วยในกลุ่มเสี่ยง โดยมีโรงพยาบาลชุมชน (รพช.) เป็นแม่ข่าย และกำหนดให้มีการจัดบริการคลินิกโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCD clinic) ในโรงพยาบาลระดับต่างๆ ที่มีการดูแลผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอย่างเป็นระบบซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากโรคไตเรื้อรังได้ การตรวจคัดกรองในปัจจุบันจะเน้นการตรวจคัดกรองในกลุ่มเสี่ยง ซึ่งได้แก่ ผู้ป่วยโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง โดยใน service plan กำหนดให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานต้องได้รับการตรวจคัดกรองโปรตีนในปัสสาวะและเจาะเลือดวัดระดับ creatinine (Cr) และรายงานเป็น estimated glomerular filtration rate (eGFR) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงต้องได้รับการตรวจเลือดวัดระดับ Cr และรายงานเป็น eGFR อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง 3) การชะลอการเสื่อมหน้าที่ของไต การกำหนดให้มีการจัดบริการคลินิกโรคไตเรื้อรัง (CKD clinic) ในโรงพยาบาลตั้งแต่ระดับ รพช. ขนาดกลาง (F2) ขึ้นไปและได้มีการกำหนดองค์ประกอบของ CKD clinic ต้องมี 3 องค์ประกอบดังนี้ (1) บุคลากรประกอบด้วยแพทย์ พยาบาล นักกำหนดอาหารหรือโภชนากร เภสัชกร และนักกายภาพบำบัด (2) Education program เพื่อให้ความรู้แก่ผู้ป่วยและชุมชน (3) การจัดระบบข้อมูลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

จากข้อมูลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังของโรงพยาบาลร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ในปี 2559-2561 พบผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 จำนวนร้อยละ 68.56, 81.48 และ 80.07 ตามลำดับ และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังขึ้นทุกปี ซึ่งจำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 มีมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังทุกระยะ (ฐานข้อมูลด้านสุขภาพจังหวัดกาฬสินธุ์, 2561) ในปัจจุบันการดูแลของโรงพยาบาลร่องคำในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3–5 จะได้รับการดูแลในคลินิกไตเรื้อรัง (CKD clinic) ส่วนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 เป็นการดูแลร่วมกับคลินิกโรคเรื้อรัง (NCD clinic) ซึ่งผู้ป่วยในกลุ่มนี้จะได้รับคำแนะนำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจากพยาบาลประจำคลินิกคือ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับดี การควบคุมระดับไขมันในเลือด การควบคุมน้ำหนัก โภชนาการ การงดสูบบุหรี่และสุรา รวมไปถึงการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังไม่ได้มีการกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจน เนื่องจากผู้ให้บริการในคลินิกโรคเรื้อรัง (NCD clinic) ไม่มีความเชี่ยวชาญเรื่องการออกกำลังกาย ไม่มีรูปแบบในการออกกำลังกายที่ชัดเจน ผู้ป่วยมีข้อจำกัดด้านเวลาในการออกกำลังกาย มีข้อห้ามสำหรับการออกกำลังกาย หรือผู้ป่วยไม่เห็นคุณค่าและปฏิเสธการออกกำลังกาย ซึ่งพบว่าการเลือกชนิดของการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับสุขภาพของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเป็นสิ่งสำคัญ ในปัจจุบัน Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (K/DOQI) guideline กล่าวว่าการออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังและ American College of Sports Medicine (ACSM) ได้แนะนำการออกกำลังกายในรูปแบบที่ต่อเนื่องหรือเป็นช่วงๆ จะทำให้เพิ่ม exercise capacity ($VO_2max$), คงหรือลดความดันโลหิต, ลดไขมันในเลือด, ลดความเสี่ยงต่อโรคเบาหวานหรือควบคุมน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน, เพิ่มความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อ และช่วยลดความเครียด ทำให้ลดอัตราการตายจาก cardiac event การออกกำลังกายอย่างถูกวิธีเป็นประจำสามารถเพิ่มสมรรถภาพของร่างกายได้ และการศึกษาในปัจจุบันพบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในผู้โรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 และ 4 จะทำให้ค่าการทำงานของไตสามารถกลับมาปกติหรือเพิ่มขึ้นได้ จากการศึกษาของ Greenwood และคณะ ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกฝนออกกำลังกายต่อค่าการทำงานของไต (eGFR) หลอดเลือดและสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคไต พบว่าค่าเฉลี่ยของการทำงานของไตดีขึ้นหลังจากออกกำลังกาย (Greenwood et al., 2015) สัมพันธ์กับการศึกษา Baria และคณะ ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคต่อไขมันภายในของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีน้ำหนักเกิน ซึ่งทำการศึกษาเป็นระยะ 12 สัปดาห์ พบว่าในกลุ่ม Centre-based มีค่าการทำงานของไต (eGFR) เพิ่มขึ้น ความยาวรอบเอวและไขมันลดลง (Baria et al., 2014) จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการแนะนำวิธีในการออกกำลังกายผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

**1.2 คำถามในการวิจัย**

ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 เป็นอย่างไร

**1.3 วัตถุประสงค์ในการวิจัย**

1.3.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

1.3.2 วัตถุประสงค์เฉพาะ

1.3.2.1 เพื่อเปรียบเทียบค่า eGFR, Creatinine, BUN, BUN/Creatinine Ratio, ทดสอบการเดิน 6 นาทีและทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที ของกลุ่มทดลอง ภายหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

1.3.2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่า eGFR, Creatinine, BUN, BUN/Creatinine Ratio, ทดสอบการเดิน 6 นาทีและทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ภายหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

**1.4 สมมติฐานการวิจัย**

1.4.1 ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1, 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยของการทำงานของไตและสมรรถภาพทางกาย หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 สูงกว่าก่อนเข้าโปรแกรม

1.4.2 ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1, 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยของการทำงานของไตและสมรรถภาพทางกาย หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 สูงกว่ากลุ่มควบคุม

**1.5 ขอบเขตของการวิจัย**

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 จึงกำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.5.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ประชากรในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ที่เข้ามารับบริการในโรงพยาบาลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 328 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 โดยใช้หลักการความน่าจะเป็นและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า จำนวน 42 คน

1.5.3 ตัวแปรของการวิจัย

1.5.3.1 ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

1.5.3.2 ตัวแปรตาม คือ

1) ค่าการทำงานของไต (Renal Function) ประกอบด้วย ค่า eGFR, Creatinine, BUN, BUN/Creatinine Ratio

2) สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) ประกอบด้วย การทดสอบเดิน 6 นาที (6-minute walk test), การทดสอบลุก-นั่ง 30 วินาที (30-Second chair stand test)

1.5.4 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2562

**1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ**

1.6.1 โรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 หมายถึง ภาวะที่มีความผิดปกติของไตติดต่อกันเป็นเวลานานเกิน 3 เดือน และมีค่าอัตราการกรองของ (eGFR) ระหว่าง 60 - 90 ml/min/1.73 $m^2$ และ > 90 ml/min/1.73 $m^2$ โดยการตรวจเลือดจากห้องปฏิบัติการ

1.6.2 ค่าการทำงานของไต หมายถึง ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อดูการทำงานของไต ประกอบด้วย eGFR, Creatinine, BUN, BUN/Creatinine Ratio

1.6.3 สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างปกติสุขของแต่ละบุคคล โดยการทดสอบสมรรถภาพของระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบกล้ามเนื้อหรือเป็นการทดสอบความสามารถในการทำกิจกรรม

1.6.4 การออกกำลังกายชะลอภาวะไตเสื่อม หมายถึง การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยมีการเคลื่อนไหวส่วนนั้นๆ เป็นประจำ มีรูปแบบ ท่าทาง และเวลากำหนดที่แน่นอนต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมให้ร่างกายเกิดความยืดหยุ่น แข็งแรงและคงไว้ซึ่งการมีสุขภาพดี

1.6.5 โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 หมายถึง โปรแกรมการออกกำลังกายซึ่งประกอบด้วย ช่วงอบอุ่นร่างกาย ช่วงออกกำลังกาย ช่วงสร้างความแข็งแรง และช่วงคลายร่างกาย โดยกำหนดให้ออกกำลังกายระยะเวลา 60 นาทีต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

# บทที่ 2
# ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในการวิจัยเรื่อง ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมจากเอกสาร ตำรา ที่เกี่ยวข้องโดยการกำหนดเนื้อหาการศึกษาให้ครอบคลุมในประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 โรคไตเรื้อรัง

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกายชะลอภาวะไตเสื่อม

2.3 การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

2.4 สรรมภาพทางกาย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## 2.1 โรคไตเรื้อรัง

2.1.1 คำจำกัดความของโรคไตเรื้อรัง

National Kidney Foundation, Kidney Disease Outcome Quality Initiative (NKF-KDOQI) ของสหรัฐอเมริกาได้แนะนำให้ใช้คำว่าโรคไตเรื้อรัง (Chronic kidney disease, CKD) จากคำว่าโรคไตเรื้อรัง (Chronic renal failure, CRF) เพื่อให้ประชาชนทั่วไปตระหนักถึงความสำคัญและภัยคุกคามจากภาวะนี้ให้มากขึ้น โดยได้บัญญัตินิยามของคำว่า CKD ไว้ว่าเป็นภาวะที่มีการทำลายของเนื้อไตซึ่งต้องอาศัยหลักฐานต่อไปนี้คือ 1) หลักฐานที่บ่งบอกทางอ้อม (Marker) หรือจากการตรวจชิ้นเนื้อไตโดยตรง หรือ 2) การประเมินอัตราการกรองของไต (Glomerular filtration rate, GFR) ที่น้อยกว่า 60 มล./นาที/1.73 ตารางเมตร ของพื้นที่ผิวกาย มาเป็นเวลานานกว่า 3 เดือน โดยตัวบ่งชี้ของการทำลายของไต ได้แก่ การตรวจปัสสาวะพบ proteinuria, มี urine sediment หรือความผิดปกติจากการตรวจทางรังสีวิทยา (imaging study) ของไต ค่าปกติของ GFR ในผู้ใหญ่วัยหนุ่มสาวมีค่าประมาณ 120-130 มล./นาที/1.73 ตารางเมตร ของพื้นที่ผิวกาย เมื่ออายุเกิน 30 ปีขึ้นไประดับ GFR จะลดลงตามอายุในอัตรา 1 มล./นาที/1.73 ตารางเมตรต่อปี ดังนั้นระดับ GFR ที่ลดลงต่ำกว่า 60 มล./นาที/1.73 ตารางเมตร ของพื้นที่ผิวกาย จึงแสดงถึงระดับการทำงานของไตลดลงแล้วประมาณครึ่งหนึ่งของภาวะปกติ และเป็นระดับที่จะเริ่มเกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ได้มากขึ้น (สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, 2558)

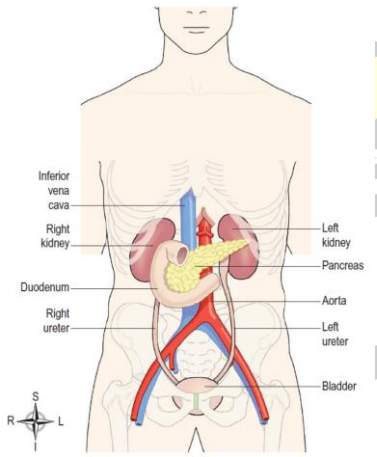
2.1.2 กายวิภาคและสรีรวิทยาของไต

1) โครงสร้างของไต

ไตเป็นอวัยวะอยู่ในช่องท้องด้านหลังตรงระดับสะดือ มี 2 ข้างซ้ายและขวา มีกระดูกซี่โครงกล้ามเนื้อของหลังและผนังหน้าท้องทำหน้าที่เสมือนเป็นเครื่องป้องกันแรงกระแทกใดๆ ที่จะมาทำอันตรายต่อไต ไตคนปกติมีลักษณะเหมือนเม็ดถั่วขนาดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร กว้างประมาณ 6 เซนติเมตร และหนาประมาณ 4 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 150 – 170 กรัม คนทั่วไปทั้งชายและหญิงมีไต 2 ข้างเหมือนกัน มีโครงสร้างของไตเหมือนกัน มีน้อยรายที่มีไตเพียงข้างเดียวมาแต่กำเนิดในสภาวะปกติ ร่างกายไม่มีประสาทสัมผัสเพื่อรับสัญญาณความรู้สึกจากไต

น้ำปัสสาวะที่ขับออกจากไตจะผ่านมาทางที่ท่อไต (ureter) ท่อไตมีลักษณะเป็นหลอดกลวงๆมีเซลล์กล้ามเนื้อลายประกอบขึ้นเป็นผนัง ท่อไตนี้มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตรน้ำปัสสาวะจะไหลผ่านท่อไตลงไปรวมกันที่กระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder) กระเพาะปัสสาวะอยู่ที่บริเวณส่วนล่างของช่องท้อง บริเวณเหนือหัวเหน่า ผนังกระเพาะปัสสาวะประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ กระเพาะปัสสาวะมีลักษณะเหมือนถุงน้ำ ทำหน้าที่เก็บกักปัสสาวะในช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนที่จะขับถ่ายออกจากร่างกาย กระเพาะปัสสาวะสามารถเก็บกักปัสสาวะเอาไว้ได้มากที่สุดถึง 400–500 ซีซี (มิลลิลิตร) เมื่อมีปัสสาวะคั่งในกระเพาะปัสสาวะมากขึ้นจะทำให้กระเพาะปัสสาวะโป่งพองออก มีการกระตุ้นประสาททำให้เกิดความรู้สึก “ปวดปัสสาวะ” ขึ้น

ปัสสาวะจะไหลออกจากกระเพาะปัสสาวะออกไปทางท่อปัสสาวะ (urethra) ผู้หญิงมีท่อปัสสาวะขนาดสั้นกว่า มาเปิดออกที่บริเวณส่วนบนของช่องคลอด ส่วนผู้ชายมีท่อปัสสาวะขนาดยาวกว่า เพราะมาเปิดออกที่ส่วนปลายของอวัยวะเพศ




ภาพที่ 1 โครงสร้างของไตและระบบปัสสาวะ

ที่มา : Ross and Wilson (2014)

2) หน่วยไต

หน่วยไต (nephron) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ (function unit) ของไต ไตแต่ละข้างประกอบด้วย หน่วยไตประมาณ 1-1.5 ล้านหน่วย หน่วยไตประกอบด้วย

1. แคปซูลของไต renal corpuscle เป็นส่วนต้นของหน่วยไต เห็นเป็นกระเปาะพองประกอบด้วย

1.1. แคปซูลของโบวแมน (bowman's capsule) เป็นส่วนต้นของหลอดไตภายในประกอบด้วย แขนงหลอดเลือดฝอยมากมาย

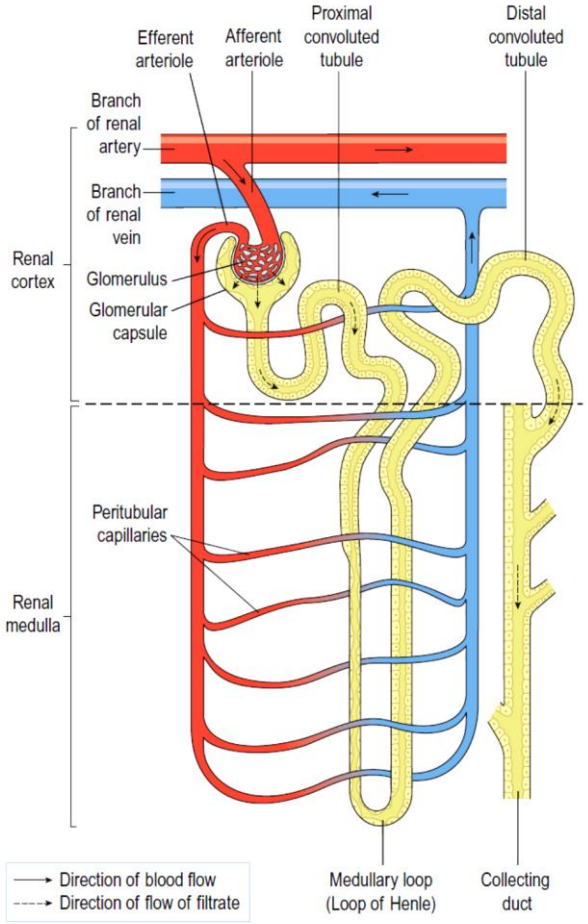
1.2. โกลเมอรูลัส (glomerulus) เป็นกลุ่มของหลอดเลือดฝอยในแคปซูลของโบวแมน ซึ่งแยกแขนงมาจากหลอดเลือดแดงเล็กขาเข้า (afferent arteriole) แล้วกลับมารวมกันเป็นหลอดเลือดแดงเล็กขาออก (efferent arteriole) โกลเมอรูลัสประกอบด้วยชั้นของเซลล์ 3 ชั้น ชั้นแรกเป็นเซลล์บุผิว หลอดเลือดฝอย ชั้นกลางเป็นเนื้อเยื่อฐานของโกลเมอรูลัส และเนื้อเยื่อฐานของโบวแมน ชั้นนอกสุด เป็นเซลล์บุผิวแคปซูลของโบวแมน

2. หลอดไตส่วนต้น (proximal tubule) เป็นส่วนที่ต่อมาจากแคปซูลของโบวแมน มีลักษณะคดเคี้ยว ทำหน้าที่ดูดกลับสารต่างๆ เช่น กรดอะมิโน กลูโคส โปแตสเซียม น้ำ โซเดียม คลอไรด์ ฟอสเฟส ไบคาร์บอเนต และสารอินทรีย์อื่นๆ จะถูกดูดกลับเข้าหลอดเลือดในบริเวณนี้เกือบหมด และขับ ไฮโดรเจน

3. หลอดไตส่วนโค้งกลับ (Henle's loop) เป็นท่อเล็กๆ ที่ต่อจากหลอดไตส่วนต้นทอดโค้งเป็นห่วง แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทอดลง (descending loop) และส่วนที่วกขึ้น (ascending loop) ส่วนนี้จะดูดกลับสารต่างๆ ได้แก่ น้ำ โซเดียม คลอไรด์และยูเรีย การดูดกลับน้ำขึ้นอยู่กับแรงดันออสโมลาลิตี้ ระหว่างภายในและภายนอกหลอดไต ส่วนที่วกขึ้นจะไม่ให้น้ำผ่านออก จะดูดกลับน้ำจนกว่าจะมี ออสโมลาลิตี้เท่ากับใน interstitial fluid หลอดไตส่วนนี้จะดูดกลับสารต่างๆ ได้แก่ น้ำ โซเดียม คลอไรด์ และยูเรีย

4. หลอดไตส่วนปลาย (distal tubule) จะมีเซลล์ที่มีลักษณะเบียดแน่น สัมผัสกับหลอดเลือดแดงเล็กขาเข้า ทำหน้าที่ในการหลั่งเรนิน หลอดไตส่วนนี้มีการดูดกลับน้ำได้ดีเนื่องจากมีการตอบสนองต่อฤทธิ์ ของฮอร์โมนแอนตีไดยูริติค (antidiuretic hormone: ADH) หลอดไตส่วนนี้สามารถดูดกลับ และหลั่งโปแตสเซียมได้มาก

5. หลอดไตรวม (collecting tubule) เป็นส่วนปลายของหลอดไต สามารถดูดกลับสารหลายชนิด เช่น โซเดียมโปแตสเซียม คลอไรด์ ยูเรีย รวมทั้งน้ำ เพื่อช่วยควบคุมปริมาตรสารน้ำและสามารถ หลั่งสารที่ช่วยในการรักษาสมดุลกรดด่างของร่างกาย




ภาพที่ 2 การทำงานของหน่วยกรองในไต

ที่มา : Ross and Wilson (2014)

3) การทำงานของไตอาศัยกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญ 3 ขั้นตอนคือ

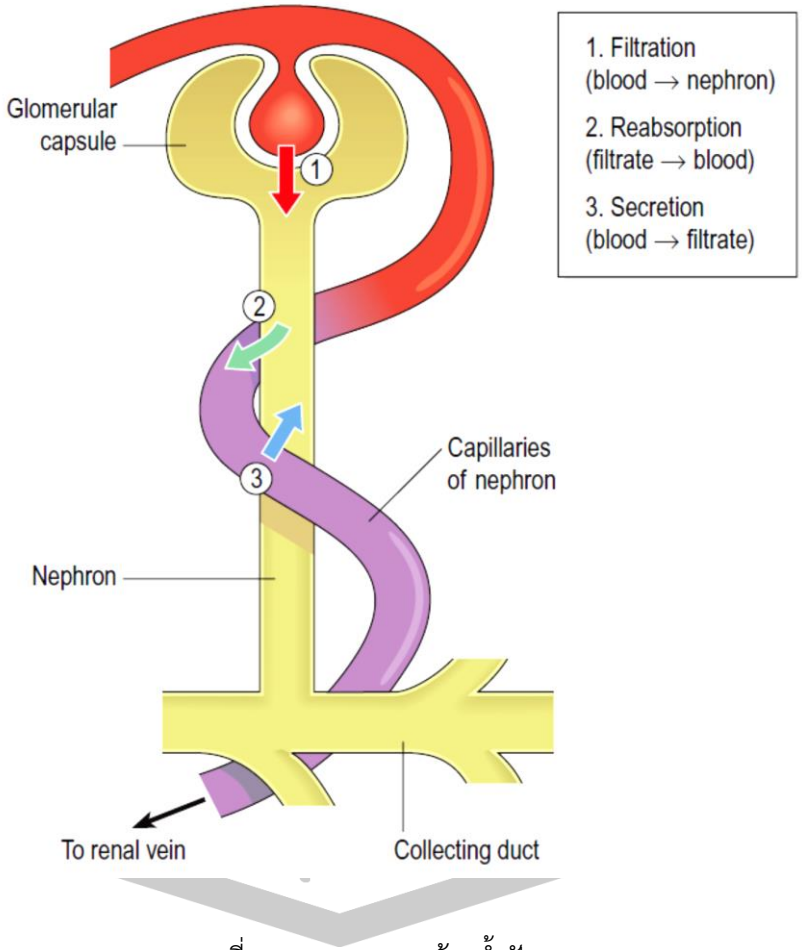
1. การกรองชนิดอัลตราผ่านโกลเมอรูลัส (glomerular ultrafiltration) เป็นขั้นตอนแรกของการผลิตปัสสาวะ มีการกรองสารน้ำออกจากพลาสมาบริเวณโกลเมอรูลัส ลงไปสู่แคปซูลของโบวแมน สารน้ำที่กรองได้มักมีความเข้มข้นของตัวละลายต่างๆ และออสโมลาลิตี้ เท่ากับพลาสมา แต่มีความแตกต่างกันที่ตัวละลายประจุลบ เนื่องจากโปรตีนที่มีประจุลบจะผ่านออกได้น้อยหรือไม่ได้เลย ทำให้อิเล็กโทรไลต์ที่มีประจุลบถูกกรองออกมาได้มากกว่าเพื่อปรับสมดุลของประจุสารน้ำและพลาสม่าที่กรองได้ ส่วนหลอดเลือดแดงเล็กขาออกจะมีความเข้มข้นของโปรตีนมากขึ้น ปกติในปัสสาวะจะมีโปรตีนออกมาประมาณ 40-80 มก.และมีอัลบูมินประมาณ 10 มก.

อัตราการกรองของโกลเมอรูลัส (glomerular filtration rate: GFR ) สามารถวัดได้จากปริมาตรของสารน้ำ ที่ผ่านกระบวนการกรองออกมาจากไตทั้งสองข้างในหนึ่งหน่วยเวลา

อัตราการกรองของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน แต่มักคงที่ในบุคคลนั้นๆ ผู้ชายมีค่าเฉลี่ยประมาณ 110 - 140 มล/นาที/พื้นที่ผิว 1.73 เมตร$^2$ ผู้หญิงประมาณ 95-125 มล/นาที/พื้นที่ผิว 1.73 เมตร$^2$ โดยที่ร้อยละ 99 ของสารน้ำ ที่กรองออกมาจะถูกดูดกลับเข้าไปในระบบไหลเวียนได้ใหม่ อัตราการกรองจะเปลี่ยนแปลงตามอายุและพื้นที่ผิวของร่างกาย

2. การดูดกลับของสารโดยหลอดไตฝอย (tubular reabsorption) เป็นกระบวนการดูดกลับสารบางตัวที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้แก่ กลูโคส โซเดียม น้ า ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่หลอดไตส่วนต้นมากที่สุด

3. การคัดหลั่งสารโดยหลอดไตฝอย (tubular secretion) เป็นกระบวนการขนถ่ายสารจากเลือดเข้าไปยังหลอดไต ขบวนการนี้เป็นการเลือกขับสาร เฉพาะบางตัวเท่านั้น โดยขับสารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายหรือถ้ามีมากจะเป็นโทษ ได้แก่ ไฮโดรเจนอิออน ยูเรต ครีตินิน




ภาพที่ 3 กระบวนการสร้างน้ำปัสสาวะ

ที่มา : Ross and Wilson (2014)

4) พยาธิสรีรวิทยา

เกิดจากการเสื่อมของไต และการถูกทำลายของหน่วยไต มีผลให้อัตราการกรองทั้งหมดลดลง และการขับถ่ายของเสียลดลง ปริมาณครีตินิน และยูเรียไนโตรเจน ในเลือดสูงขึ้น หน่วยไตที่เหลืออยู่จะเจริญมากผิดปกติเพื่อกรองของเสียที่มีมากขึ้น ผลที่เกิดทำให้ไตเสียความสามารถในการปรับ ความเข้มข้นปัสสาวะ ปัสสาวะถูกขับออกไปอย่างต่อเนื่อง หน่วยไตไม่สามารถดูดกลับเกลือแร่ต่างๆ ได้ ทำให้สูญเสียเกลือแร่ออกจากร่างกาย จากการที่ไตถูกทำลายมากขึ้นและการเสื่อมหน้าที่ของหน่วยไต ทำให้อัตราการกรองของไตลดลง ร่างกายจึงไม่สามารถขจัดน้ำ เกลือ ของเสียต่างๆ ผ่านไตได้ เมื่ออัตราการกรองของไตน้อยกว่า 10-20 มล./นาที ส่งผลให้เกิดการคั่งของยูเรียในร่างกายเป็นสาเหตุให้ผู้ป่วยเสียชีวิตในที่สุด ดังนั้น เมื่อเข้าสู่ระยะดังกล่าวผู้ป่วยจึงควรได้รับการรักษาด้วยการบำบัดทดแทนไต

5) หน้าที่ของไต

อาจจำแนกหน้าที่ของไตออกได้เป็น 2 ส่วนคือ หน้าที่หลักและหน้าที่เสริมอื่นๆ หน้าที่หลักมี 2 ประการใหญ่คือ

1. ทำหน้าที่กำจัดของเสียออกจากร่างกาย

ไตมีหน้าที่ทำให้เลือดและอวัยวะต่างๆ มีความบริสุทธิ์สะอาด ปราศจากของเสียมักหมม ซึ่งหน้าที่นี้เป็นหน้าที่ที่สำคัญที่สุดของไต อาหารที่เรารับประทานในแต่ละวันประกอบด้วยอาหารหลายหมู่ (ได้แก่ หมู่แป้ง และน้ำตาล, หมู่เนื้อสัตว์, หมู่ไขมัน, หมู่ผักและผลไม้, หมู่เกลือแร่และวิตามิน) และหากจะแบ่งลักษณะอาหารตามชนิดของ “สารอาหาร” ที่เป็นองค์ประกอบ อาหารจะประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญ คือ สารอาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรท กลุ่มไขมัน และกลุ่มโปรตีน สารอาหารกลุ่มโปรตีนมีความสำคัญต่อร่างกาย เนื่องจากร่างกายจะใช้สารโปรตีนไปช่วยให้ร่างกายเติบโต (เช่น จากเด็กโตจนเป็นผู้ใหญ่) เป็นต้น และซ่อมแซมเซลล์ร่างกายที่สึกหรอ (เช่น เซลล์ผิวหนังที่หลุดลอดออกทุกวันเป็นขี้ไคล เป็นต้น) ในช่วงจังหวะที่ร่างกายนำสารโปรตีนไปใช้ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว หรือนำสารโปรตีนไปใช้เผาผลาญเพื่อให้เกิดพลังงานนั้น จะมีสารโปรตีนอีกส่วนหนึ่ง (ที่ประกอบขึ้นเป็นเซลล์ของร่างกาย) ถูกย่อยสลายออกมาเป็นของเสียเกิดขึ้นตามด้วย เช่น สารยูเรีย (urea) สารครีอะตินีน (creatinine) และสารประกอบอื่นๆ อีกมากมาย สารเหล่านี้หากร่างกายสะสมไว้เป็นจำนวนมาก จะทำให้เกิดผลเสียของการทำงานของอวัยวะต่างๆ ได้ จึงจำเป็นที่ไตจะต้องทำหน้าที่ช่วยกรองของเสียเหล่านี้ออกจากกระแสเลือด และขับออกไปทางปัสสาวะในที่สุด แพทย์จึงใช้วัดปริมาณสารยูเรีย (urea) (หรือยูเรีย-ไนโตรเจน,urea-nitrogen) และสารครีอะตินีน (creatinine) เป็นเครื่องบ่งชี้ทางอ้อมถึงสภาพการทำงานของไต กล่าวคือ ถ้าระดับสารยูเรีย-ไนโตรเจน หรือสารครีอะตินีนสูงขึ้นในเลือดแสดงว่าไตทำงานบกพร่อง

2. ทำหน้าที่กำจัดปริมาณน้ำส่วนเกินออกจากร่างกาย

ไตทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย ให้อยู่ในปริมาณปกติ หากจะถามว่า คำว่า “ปกติ” ของแต่ละคนนั้นหมายถึงอย่างไร? คำตอบเรื่องนี้มีความสลับซับซ้อนมาก เพราะธรรมชาติได้สร้างอวัยวะต่างๆ ให้มาทำงานร่วมกันอย่างน่าอัศจรรย์ เพื่อช่วยกันควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่ของร่างกายให้มีพอดีอยู่ในช่วงหนึ่งเท่านั้น หากมีน้ำเข้าไปในร่างกายมากเกินความพอดีนี้ ก็จะมีกลไกต่างๆ เริ่มทำงานเพื่อขับน้ำส่วนเกินพอดีออกตามร่างกายในรูปของน้ำปัสสาวะ ในทำนองคล้ายกัน หากร่างกายมีน้ำและเกลือแร่ของร่างกายต่ำกว่าเกณฑ์ความพอดีก็จะมีกลไกอีกหลายประการถูกกระตุ้นเพื่อเก็บกักน้ำและเกลือแร่ เอาไปสะสมไว้ในร่างกายจนกว่าจะมีประมาณน้ำและเกลือแร่เพิ่มถึงระดับความ “พอดี” อีกครั้ง เมื่อไตทำงานบกพร่อง ไตจะไม่สามารถขจัดน้ำส่วนเกินออกมาเป็นน้ำปัสสาวะได้ จะทำให้มีน้ำคั่งในร่างกาย และทำให้เกิดอาการบวมในที่สุด

3. ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของเกลือแร่ในร่างกาย

ไตทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของสารเกลือแร่หลายชนิดทั้งทางตรงหรือทางอ้อม โดยตรง ได้แก่ เกลือโซเดียม (sodium) เกลือโพแทสเซียม (potassium) เกลือแคลเซียม (calcium) เกลือฟอสฟอรัส (phosphorus) เกลือแมกนีเซียม (magnesium) และไตยังมีส่วนสำคัญในการควบคุมสมดุลกรด-ด่างของร่างกาย หากไตทำงานบกพร่อง จะมีผลทำให้สมดุลของเกลือแร่หรือสมดุลของกรด-ด่างนี้เสียไป ซึ่งจะไปมีผลกระทบต่อระบบอวัยวะต่างๆ ได้ เช่น ถ้าระดับโซเดียมสูง หรือต่ำเกินในเลือดจะทำให้เกิดอาการมึนงงหรือหมดสติไป หากระดับโพแทสเซียมสูงเกินในเลือด จะทำให้เกิดอาการเต้นของหัวใจช้าลง เป็นต้น

4. ทำหน้าที่ควบคุมความดันโลหิต

ไตทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความดันโลหิตอยู่ 2 ด้าน ด้านแรก คือ การควบคุมปริมาณน้ำและเกลือแร่ของร่างกายให้มีความ “พอดี” ตามที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2 ด้านที่สอง คือ ไตสร้างฮอร์โมนบางชนิดซึ่งมีผลต่อการหดตัว/หรือคลายตัว ของหลอดเลือดต่างๆ ทั่วร่างกาย คำว่า “ฮอร์โมน” ไม่ได้มีความหมายเฉพาะฮอร์โมนเพศชายหรือเพศหญิง ที่พบในกลุ่มวัยรุ่นเท่านั้น ทางการแพทย์ใช้คำว่า “ฮอร์โมน” สำหรับสารที่อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายผลิตขึ้น แล้วไปออกฤทธิ์ที่ส่วนอื่นๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดผลอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างพร้อมกัน

ฮอร์โมนที่ไตสร้างขึ้นได้แก่ กลุ่มฮอร์โมนเรนนิน-แองจิโอเทนซิน (rennin-angiotensin system) กลุ่มฮอร์โมนโปรสตาแกลนดิน (prostaglandin) พบว่าฮอร์โมน angiotensin สามารถไปกระตุ้นต่อมหมวกไตอีกทางหนึ่งให้สร้างฮอร์โมนอีกชนิดหนึ่ง ขึ้นมาคือ ฮอร์โมนอัลโดสเตอโรน (aldosterone) ซึ่งจะมาออกฤทธิ์กระตุ้นให้ไตดูดซับเกลือโซเดียมที่กรองผ่านไตออกไปแล้ว ให้กลับเข้าสู่การไหลเวียนเลือดเพื่อนำไปใช้ใหม่

บทบาทของไตทั้ง 2 ด้านนี้ ทำให้ร่างกายสามารถควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ให้สูงไปหรือต่ำไป เมื่อไตทำงานบกพร่อง โดยเฉพาะในกรณีผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง จะทำให้การทำงานของไตในด้านใดด้านหนึ่ง หรือทั้ง 2 ด้านดังกล่าวบกพร่องตาม ทำให้ร่างกายเสียสมดุลในการควบคุมน้ำและเกลือแร่ และเกิดปัญหาโรคความดันโหลิตสูงตามมาได้

5. ทำหน้าที่กระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง

นอกจากฮอร์โมนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 4 ข้างต้น ไตยังมีหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การสร้างฮอร์โมนอิ-ริ-โธร-พอย-ติน (erythropoietin) น่าสนใจมากที่พบว่าหลังจากไตผลิตฮอร์โมนนี้ออกมาแล้ว ไตจะส่งฮอร์โมนอิริโธรพอยตินไปตามกระแสเลือด กระจายไปออกฤทธิ์ที่ไขกระดูก ทำให้เซลล์ต้นกำเนิดของเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูกเจริญแบ่งตัวมากขึ้น ทำให้มีการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูกเพิ่มขึ้น ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ไตทำงานน้อยลง การสร้างฮอร์โมนอิริโธรพอยตินจะลดลงตาม ทำให้เซลล์ต้นกำเนิดที่ไขกระดูกแบ่งตัวเจริญเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงลดลง จึงเกิดภาวะโลหิตจางตามมาและเป็นสาเหตุที่อธิบายได้ว่า เหตุใดผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย มักเกิดภาวะโลหิตจางตามมา และไม่สามารถแก้ไขภาวะโลหิตจางนี้ได้ด้วยการใช้ยาบำรุงธาตุเหล็ก หรือวิตามิน หรืออาหารเสริมอื่นได้

6. ทำหน้าที่ช่วยรักษากระดูกให้แข็งแรง

วิตามิน D ทำหน้าที่เปลี่ยนสารต้นแบบของวิตามิน D (Vitamin D หรือ Cholecalciferol) ให้กลายเป็นวิตามิน D ที่ออกฤทธิ์ได้สมบูรณ์แบบ (active form ของวิตามินดี) วิตามิน D นี้ช่วยกระตุ้นเซลล์ผนังลำไส้ ให้ดูดซึมธาตุแคลเซียมและฟอสเฟตจากอาหารเข้าสู่กระแสเลือด เพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงและการเจริญของกระดูกและฟัน ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ไตทำงานบกพร่องจะสร้างวิตามิน D ได้ลดลง จะทำให้กระดูกไม่แข็งแรงอาจหักง่าย หากผู้ป่วยเป็นเด็กจะทำให้เป็นโรคขาดวิตามิน D ทำให้ร่างกายไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร กลายเป็นคนเตี้ยหรือแคระได้

2.1.3 การวินิจฉัยโรคไตเรื้อรังและการแบ่งระยะของโรคไตเรื้อรัง

1) การวินิจฉัยโรคไตเรื้อรัง

ปกติผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะต้นมักไม่มีอาการ อาจตรวจพบโรคนี้ได้โดยบังเอิญในช่วงการตรวจร่างกายประจำปี หรือในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง

1. การตรวจคัดกรองอย่างง่ายๆ สำหรับโรคไตเรื้อรัง มี 3 ประการคือ

1.1 ตรวจวัดความดันโลหิตเป็นระยะ

1.2 ตรวจปัสสาวะด้วยแถบสีจุ่ม (dip-stick test) เป็นระยะเพื่อค้นหาโปรตีนทั่วไป หรือโปรตีนอัลบูมิน (albumin) ที่รั่วทางปัสสาวะในโรคไตเรื้อรังระยะแรก (จากโรคเบาหวานหรือไม่ก็ตาม) จะตรวจพบโปรตีนหรืออัลบูมินเพิ่มขึ้นในปัสสาวะ อย่างไรก็ตามภาวะบางอย่างสามารถ

ทำให้มีโปรตีนรั่วทางปัสสาวะได้เช่นกัน เช่น ไข้ ออกกำลังกายหนัก เป็นต้น จึงต้องแปรผลการตรวจหาปริมาณโปรตีนในปัสสาวะด้วยความระมัดระวัง

1.3 ตรวจวัดระดับครีอะตินีนในเลือดและคำนวณค่า GFR การตรวจหาระดับครีอะตินีนในเลือดทำได้ไม่ยาก เมื่อไตทำงานเสื่อมลง ระดับสารครีอะตินีนจะสูงขึ้นในเลือด เมื่อนำค่าดังกล่าวมาคำนวณร่วมกับเพศและอายุในสภาพที่เป็นสูตรสำเร็จสามารถคำนวณค่าอัตราการกรองของเสียของไต (glomerular filtration rate หรือ GFR) ได้ แพทย์สามารถใช้ค่า GFR ที่คำนวณได้นี้ในการติดตามการทำงานของไตเป็นระยะ และใช้ในการจัดแบ่งระยะของโรคไตเรื้อรังได้

2. การตรวจอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่

2.1 การวัดระดับฮีโมโกลบินในเลือด ในกรณีผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่มีความรุนแรงมาก มักพบระดับฮีโมโกลบินในเลือดต่ำลง (แสดงว่ามีโลหิตจาง) ซึ่งเกิดจากมีการสร้างฮอร์โมนกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงลดลง

2.2 การตรวจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงอัลตราซาวด์ (ultrasound) เพื่อวัดขนาดไตเป็นการตรวจที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมักมีขนาดไตเล็กลง ยกเว้น โรคไตเรื้อรังที่มีสาเหตุจากโรคบางโรคที่ไตอาจไม่เล็กลง เช่น โรคไตจากเบาหวานระยะเริ่มแรก เป็นต้น นอกจากนี้การตรวจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงอัลตราซาวด์ของไตและระบบทางเดินปัสสาวะยังช่วยในการวินิจฉัยโรคนิ่วหรือโรคทางเดินปัสสาวะอุดตันได้

2.3 การตรวจอื่นๆ ที่อาจเป็นเหตุหรือเป็นผลของโรคไตวาย เช่น การตรวจระดับน้ำตาล หรือไขมันในเลือด ความสมดุลกรดด่าง เกลือแร่ อิเล็คโตรไลท์ ตรวจโรคกระดูก ตรวจหัวใจ เป็นต้น

2) การแบ่งระยะของโรคไตเรื้อรัง (Prasert Thanakitcharu, 2015)

1. แบ่งระยะตามระดับของ eGFR แบ่งออกเป็น 5 ระยะ ดังนี้

**โรคไตเรื้อรังระยะที่ 1** (ไตเหลือทำงานได้มากกว่าร้อยละ 90)

เป็นระยะแรกสุดของโรคไตเรื้อรังที่เนื้อไตยังไม่ถูกทำลาย ผลการตรวจระดับครีอะตินีน (creatinine) ในเลือดยังเป็นปกติ อาจพบผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะนี้ได้โดยบังเอิญ เช่น พบในช่วงการตรวจร่างกายประจำปี เป็นต้น โดยตรวจพบมีปริมาณโปรตีนทั่วไป หรือโปรตีนอัลบูมิน (albumin) เพิ่มขึ้นในปัสสาวะหรือเมื่อตรวจด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงอัลตราซาวด์ หรือเอกซ์เรย์คอมพิวเตอร์พบว่า มีความผิดปกติทางโครงสร้างของไต หรือมีประวัติในครอบครัวเป็นโรคถุงน้ำที่ไต (polycystic kidney disease)

**โรคไตเรื้อรังระยะที่ 2** (ไตเหลือทำงานได้ร้อยละ 60–89)

ยังถือเป็นระยะที่มีไตเสื่อมเล็กน้อย (แม้ว่าค่าการทำงานของไตอาจลดลงไปแล้วถึง 40% หรือมากกว่าก็ตาม) ผู้ป่วยมักยังไม่มีอาการ หรือบางคนอาจจะมีปัสสาวะบ่อยตอนกลางคืน

ความดันโลหิตสูงขึ้น หากตรวจปัสสาวะผู้ป่วยระยะนี้ อาจพบความผิดปกติบางประการที่สำคัญ คือ พบมีปริมาณโปรตีนทั่วไปหรือโปรตีนอัลบูมินเพิ่มขึ้นในปัสสาวะ และระดับครีอะตินีนสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยในเลือด

**โรคไตเรื้อรังระยะที่ 3** (ไตเหลือทำงานได้ร้อยละ 30–59)

เป็นระยะไตเสื่อมปานกลาง ผู้ป่วยอาจยังไม่มีอาการก็ได้ หรือมีอาการบางอย่างเกิดขึ้นก็ได้หากตรวจปัสสาวะมักพบความผิดในปัสสาวะดังกล่าวข้างตน และจะพบระดับครีอะตินีนสูงขึ้นในเลือด

**โรคไตเรื้อรังระยะที่ 4** (ไตเหลือทำงานได้ร้อยละ 15–29)

เป็นระยะที่การทำงานของไตเสื่อมมากแล้ว คือ เหลือเพียงร้อยละ 15–30 เท่านั้น ป่วยอาจมีอาการได้หลายประการ ตั้งแต่อาการเล็กน้อย เช่น เบื่ออาหาร เพลีย จนถึงอาการที่รุนแรงมาก ทั้งนี้ขึ้นกับโรคเก่าที่เป็นสาเหตุของโรคไตเรื้อรังและโรคร่วมที่ผู้ป่วยมี

**โรคไตเรื้อรังระยะที่ 5** (ไตเหลือทำงานได้น้อยกว่าร้อยละ 15)

เรียกอีกชื่อว่า โรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย (end-stage renal disease - ESRD) เป็นระยะที่การทำงานของไตเสื่อมมากที่สุด ผู้ป่วยอาจมีอาการได้หลากหลาย มีโรคแทรกที่มีความรุนแรงต่างกันตั้งแต่รุนแรงปานกลางจนกระทั่งรุนแรงมาก ผู้ป่วยมักต้องการยาหลายชนิดและจำนวนมาก เมื่อผู้ป่วยมีอาการรุนแรงมาก จำเป็นต้องรักษาด้วยการล้างไตหรือฟอกเลือด หรือปลูกถ่าย

**ตารางที่ 1** ระยะของโรคไตเรื้อรัง ตาม GFR categories (KDIGO 2012)

| ระยะของโรคไตเรื้อรัง | eGFR (มล./นาที/1.73 ตารางเมตร) | คำนิยาม |
|---|---|---|
| ระยะที่ 1 | > 90 | ปกติหรือสูง |
| ระยะที่ 2 | 60-89 | ลดลงเล็กน้อย |
| ระยะที่ 3a | 45-59 | ลดลงเล็กน้อยถึงปานกลาง |
| ระยะที่ 3b | 30-44 | ลดลงปานกลางถึงมาก |
| ระยะที่ 4 | 15-29 | 15-29 ลดลงมาก |
| ระยะที่ 5 | < 15 | ไตวายระยะสุดท้าย |

หมายเหตุ (1) ถ้าไม่มีหลักฐานของภาวะไตผิดปกติ ระยะที่ 1 และ 2 จะไม่เข้าเกณฑ์การวินิจฉัยโรคไตเรื้อรัง (2) การรายงานผลการคำนวนค่า eGFR หากมีทศนิยมให้ปัดตัวเลขเป็นจำนวนเต็มก่อนแล้วจึงบอกระยะของโรคไตเรื้อรัง

**ตารางที่ 2** แสดงสมการ CKD-EPI จำแนกตามเพศและระดับครีอะตินีนในเลือด

| เพศ | ระดับครีอะตินินในเลือด(มก./ดล.) | สมการ |
|---|---|---|
| หญิง | ≤ 0.7 | $eGFR = 144 \times (SCr/0.7)^{-0.329} \times (0.993)^{Age}$ |
| | > 0.7 | $eGFR = 144 \times (SCr/0.7)^{-1.209} \times (0.993)^{Age}$ |
| ชาย | ≤ 0.7 | $eGFR = 141 \times (SCr/0.9)^{-0.411} \times (0.993)^{Age}$ |
| | > 0.7 | $eGFR = 141 \times (SCr/0.9)^{-1.209} \times (0.993)^{Age}$ |

2. แบ่งระยะของโรคไตตามสาเหตุ ระดับ eGFR และปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ

**ตารางที่ 3** การจำแนกความรุนแรงของ CKD ตาม albuminuria categories (KDIGO 2012)

| Category | AER | ACR approximate equivalent) | (mg/24 hours) mg/g |
|---|---|---|---|
| | (mg/24 hours) | mg/g | |
| A1 | < 30 | < 30 | Normal to mildly increase |
| A2 | 30 - 300 | 30 - 300 | Moderately increase |
| A3 | > 300 | > 300 | Severely increased |

<u>หมายเหตุ</u> (1) ระยะ A3 หมายรวมถึงผู้ป่วย nephrotic syndrome (AER มากกว่า 2,200/24h [หรือ ACR มากกว่า 2,200mg/g; หรือมากกว่า 220 mg/mmol]) (2) ถ้าวัดอัลบูมินในปัสสาวะไม่ได้ ให้ใช้แถบสีจุ่ม (urine albumin strip) ทดแทนได้

3. ควรแบ่งสาเหตุ และชนิดของโรคไตตามโรคร่วม (systemic diseases) โรคทางพันธุกรรม โรคที่เกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม และโครงสร้างทางกายวิภาคของไต หรือพยาธิสภาพ (Not Graded)

2.1.4 สาเหตุของโรคไตเรื้อรัง

สาเหตุของโรคไตเรื้อรังนั้น แต่เดิมพบว่ามีสาเหตุจากโรคหลอดเลือดฝอยไตอักเสบเรื้อรัง (Chronic glomerulonephritis) มากที่สุด ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่เข้าสู่โรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายมีสาเหตุจากโรคเบาหวาน (Diabetic kidney disease) มากที่สุด รองลงมาเป็นโรคไตจากความดันโลหิตสูง (Hypertensive nephrosclerosis) และ Chronic glomerulonephritis นอกจากนี้ยังมีสาเหตุอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่มักทำให้เกิดโรคกับไตทั้ง 2 ข้างพร้อมๆ กัน ได้แก่ โรคนิ่วในไต (Renal

stone disease หรือ Nephrolithiasis) โรคไตอักเสบเรื้อรังจากการติดเชื้อ (Chronic pyelonephritis) โรคไตจากเก๊าต์ (Gouty nephropathy) โรคไตจากการกินยาแก้ปวดต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ (Chronic analgesic nephropathy) โรคถุงน้ำในไตที่ถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ เช่น Autosomal dominant polycystic kidney disease (ADPKD) นอกจากนี้ยังอาจแบ่งโรคไตเรื้อรังออกได้เป็น กลุ่มโรคไตเรื้อรังจากเบาหวาน (Diabetic kidney disease หรือ Diabetic nephropathy) และโรคไตเรื้อรังที่ไม่ได้เกิดจากโรคเบาหวาน (Non-diabetic CKD) ดังกล่าวแล้ว แต่ในทางปฏิบัติบ่อยครั้งที่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังอาจไม่เคยทราบว่าตัวเองมีโรคไตมาก่อน แพทย์ต้องอาศัยลักษณะทางคลินิกบางอย่างมาช่วยวินิจฉัยแยกโรคอย่างกว้างๆ ให้ได้ว่าน่าจะเป็นกลุ่ม Chronic glomerular disease หรือ Chronic tubulointerstitial disease ซึ่งมีลักษณะทางคลินิกที่พอแยกแยะจากกันได้ (Kidney International Supplements, 2017)

2.1.5 อาการและอาการแสดงของโรคไตเรื้อรัง

ลักษณะทางคลินิกของโรคไตเรื้อรัง

ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมักจะเป็นโรคที่ไม่แสดงอาการในระยะแรกและไม่มีความผิดปกติ อาจมีการตรวจพบโรคไตโดยบังเอิญโดยทำการตรวจปัสสาวะหรือการตรวจเลือด แต่เมื่อการดำเนินของโรคมากขึ้น ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังจะสังเกตว่ามีสุขภาพที่อ่อนแอลง รับประทานอาการได้น้อย รสชาติอาหารเปลี่ยนไป มีอาการซีด เหนื่อยง่าย ซึม เป็นต้น ซึ่งผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังจะมาพบแพทย์ด้วยอาการอ่อนเพลีย มึนงง นอนไม่หลับ คันตามร่างกาย เบื่ออาหาร คลื่นไส้อาเจียน น้ำหนักลด ปลายมือปลายเท้าชา ปวดแสบปวดร้อนบริเวณเท้า เป็นต้น (ประเสริฐ ธนกิจจารุ, 2558)

อาการแสดงสำคัญที่บ่งบอกถึงการมีโรคไต

1) การเปลี่ยนแปลงการขับถ่ายปัสสาวะ เช่น ปัสสาวะบ่อยตอนกลางคืน (nocturia) หรือในเวลากลางวันปัสสาวะออกน้อยลง เป็นต้น อาการปัสสาวะตอนกลางคืนเป็นอาการในระยะแรกๆ ที่สังเกตเห็นได้ แต่ในระยะที่เป็นมากแล้วปัสสาวะจะลดลงและส่งเสริมให้เกิดอาการบวมมากขึ้น

2) มีอาการแสบร้อนเวลาถ่ายปัสสาวะ ปัสสาวะขัด (dysuria) ซึ่งบ่งบอกถึงภาวะ urinary tract infection หรือปัสสาวะสะดุด หรือมีเศษนิ่วปนออกมา ซึ่งบ่งบอกถึงการมี Nephrolithiasis หรือ bladder stone

3) ปัสสาวะปนเลือด ปัสสาวะมีสีน้ำล้างเนื้อ (hematuria) ซึ่งอาจเกิดจาก glomerular หรือ nonglomerular hematuria หรืออาการปัสสาวะเป็นฟอง (foamy urine) ซึ่งอาจบ่งบอกถึงภาวะ proteinuria

4) การบวมของใบหน้า เท้า และท้อง

5) อาการปวดเอวหรือหลังด้านข้าง

6) ความดันโลหิตสูง (hypertension)

7) อาการซีดหรือโลหิจาง

8) คลื่นไส้อาเจียน (nausea/vomiting) หรือเบื่ออาหาร (anorexia)

2.1.6 การดูแลและรักษาผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

ผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยเบื้องต้นว่าไตเริ่มทำหน้าที่น้อยลง เริ่มขจัดของเสียลดลง จะโดยสาเหตุจากโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงหรือสาเหตุอื่น หลักการสำคัญในการชะลอการเสื่อมของไต (โรงพยาบาลสถาบันไตภูมิราชนครินทร์, 2556)

1) ความดันโลหิต ควรจะได้รับการวัดความดันโลหิตที่สม่ำเสมอ จะได้ควบคุมให้อยู่ในระดับปกติหรือใกล้เคียงปกติคือ ระดับต่ำกว่า 130/80 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งมีผลต่อหน้าที่ไต ถ้าความดันโลหิตดีตลอดเวลาก็จะช่วยให้ไตทำหน้าที่ดีตรงกันข้าม ถ้าความดันโลหิตสูงๆ ต่ำๆ ไม่คงที่ ส่งผลต่อไตอย่างมาก ทำให้ไตเสื่อมเร็วกว่าปกติ ส่วนความดันโลหิตควรอยู่ในระดับใดแพทย์ที่ดูแลจะเป็นผู้กำหนด เพราะอาจแตกต่างกันได้ตามโรคที่เป็นตรงช่วงนั้น ที่สำคัญคืออย่าละเลยไม่รับประทานยาลดความดันโลหิตเพราะคิดว่าสบายดีแล้ว ซึ่งไม่ถูกต้องและมีผลเสียต่อไตเป็นอย่างมาก การเลือกใช้ยาควรอยู่ในดุลพินิจของแพทย์ผู้รักษา อาจไม่เหมือนผู้อื่นที่เป็นโรคไตเช่นกัน ขนาดและชนิดของยาก็ย่อมต่างกันไปด้วย

2) การควบคุมระดับน้ำตาล เฉพาะผู้ที่เป็นเบาหวาน และไตเริ่มเสื่อมจากเบาหวาน ควรต้องระวังระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติเพื่อป้องกันการทำลายไต รวมทั้งการทำลายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง หัวใจ และที่ตา การเลือกใช้ยารักษาเบาหวานที่เหมาะสม อาจเป็นยาฉีดหรือยารับประทาน ส่วนขนาดจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสมของผู้ป่วยแต่ละรายแต่ละช่วงของโรคที่เป็น

3) การควบคุมอาหาร มีความจำเป็นต่อการชะลอการเสื่อมของไตอย่างมาก แบ่งเป็น

**อาหารโปรตีน** ในผู้ป่วยที่ไตมีการทำหน้าที่น้อยลง มีการคั่งของสารยูเรีย ไนโตรเจน และของเสียอื่นๆ จำเป็นต้องลดอาหารประเภทโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์เครื่องในสัตว์ เพื่อไม่ให้ระดับของเสียเพิ่มขึ้นรวดเร็ว เนื้อสัตว์ที่ย่อยง่ายและมีคุณค่าทางอาหารสูง คือ เนื้อปลา และโปรตีนจากไข่ขาว แต่ผู้ป่วยที่เป็นโรคไตยังสามารถรับประทานอาหารประเภทเนื้อไก่และเนื้อหมูได้เพียงแต่ปริมาณลดลง อย่าอดอาหารจนเกิดภาวะขาดอาหารเพราะจะทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้ง่ายซึ่งเป็นผลเสียมากกว่าผลดี

**อาหารเค็ม** สำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง และอาการบวม ควรหลีกเลี่ยงอาหารเค็มทุกชนิด รวมทั้งอาหารหมักดอง ซอสต่างๆ ซุปก้อน ผงชูรส เต้าเจี้ยว ซีอิ๊วน้ำปลา และอาหาร

สำเร็จรูป ขนมขบเคี้ยว ซึ่งจะมีเครื่องปรุง ที่มีรสเค็มทำให้อาการบวมไม่ลดลงและควบคุมความ ดันโลหิตยาก

**น้ำดื่ม** โดยทั่วไปสามารถดื่มน้ำได้ตามความต้องการไม่มากและไม่น้อย โดยดูน้ำหนักตัว ถ้าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกับอาการบวม ก็ควรลดปริมาณน้ำดื่ม โดยปรึกษาแพทย์ร่วมด้วย

**อาหารไขมัน** สามารถรับประทานได้พอประมาณโดยดูระดับไขมันในเลือด ทั้งโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์เป็นหลัก หากควบคุมอาหารประเภทไขมันอย่างเต็มที่แล้วยังมีระดับไขมันสูง อาจต้องใช้ยาลดไขมันภายใต้การดูแลของแพทย์ประจำ อาหารประเภทไขมันที่ควรหลีกเลี่ยงได้แก่ กะทิเนื้อติดมัน ของทอด ไข่แดง ปลาหมึก อาหารทะเล เป็นต้น ซึ่งถ้าไขมันในเลือดสูงมาก ทำให้เกิดหลอดเลือดแดงแข็งตัว และเป็นผลเสียต่อไต

4) การสูบบุหรี่ ปัจจุบันมีการพิสูจน์แล้วว่า ผู้ที่สูบบุหรี่มีหน้าที่ไตเสื่อมเร็วกว่าผู้ไม่สูบบุหรี่ ดังนั้น ผู้ที่หน้าที่ไตไม่ค่อยดีจึงควรงดสูบบุหรี่

5) การใช้ยาที่เป็นผลเสียต่อไต ผู้ที่เป็นโรคไตต้องระวังการใช้ยาเพราะยาบางชนิดทำให้ไตเสื่อมเร็ว หรือเป็นผลเสียต่อไต หากใช้ขนาดสูงหรือนานเกินไป เช่น ยาแก้ปวดข้อ ปวดหลัง ทั้งชนิดรับประทานและแบบฉีด รวมทั้งยาสมุนไพร ยาจากรากไม้ที่ผู้ป่วยโรคไตไม่สามารถขับออกได้ เช่น คนปกติได้แก่ สารโพแทสเซียม ซึ่งจะมีมากในรากไม้ผลไม้สมุนไพร พืช ผู้ป่วยที่มีระดับโพแทสเซียมสูงอยู่แล้ว อาจเกิดอันตราย ทำให้หัวใจเต้นผิดปกตินอกจากยาแก้ปวดต่างๆ เหล่านี้ยาขับปัสสาวะบางชนิดที่ลดการขับโพแทสเซียมทางไตก็ต้องระวังเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะผู้ที่เป็นไตวายเรื้อรังค่อนข้างมากแล้ว ตัวอย่างสารอาหารที่มีโพแทสเซียมสูง ได้แก่ผลไม้ต่างๆ เช่น ขนุน ทุเรียน ลำไย แต่ผู้ที่ระดับโพแทสเซียมในเลือดปกติหรือต่ำก็ยังคงรับประทานผลไม้ได้

6) ภาวะซีด มีรายงานการศึกษาพบว่า ถ้ารักษาภาวะซีดให้ดีจะทำให้ไตเสื่อมช้าลงได้จึงควรดูแลรักษาภาวะนี้ไว้ด้วยเสมอโดยต้องหาสาเหตุและรักษาต้นเหตุไปพร้อมกัน

7) ภาวะฟอสเฟตในเลือด ผู้ป่วยโรคไตส่วนใหญ่มักมีระดับฟอสเฟตในเลือดสูง เนื่องจากการขับทางไตลดลง สารฟอสเฟตมีมากในถั่วทุกประเภท นม โยเกิร์ต เค้กและพาย น้ำเต้าหู้โกโก้ กาแฟ พิซซ่า ช็อกโกแลต น้ำอัดลมที่มีสีดำ และเนยแข็ง ถ้าลดปริมาณอาหารแล้วยังมีระดับสูง แพทย์จะให้ยาที่ขับสารนี้ออกทางอุจจาระได้เพื่อปรับระดับฟอสเฟตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

8) ภาวะติดเชื้อ ในระบบต่างๆ ของร่างกายมีผลกระทบต่อไตได้ทั้งสิ้น โดยเฉพาะการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ ควรได้รับการดูแลรักษาอย่างทันทีและเหมาะสม เพื่อให้หน้าที่ที่ไตอยู่ในระดับที่ทำงานได้ไม่เสื่อมลงเร็ว ถ้ามีอาการไข้หรือปัสสาวะผิด ปกติควรปรึกษาแพทย์เพื่อทำการตรวจ จะได้วินิจฉัยโรคและ ให้การรักษาที่เหมาะสมต่อไป

9) การใช้ยาขับปัสสาวะ ยาทุกชนิดมีทั้งคุณและโทษ จำเป็นต้องใช้อย่างเหมาะสม และมีข้อบ่งชี้ที่ถูกต้อง บางระยะยาขับปัสสาวะ มีประโยชน์และจำเป็นบางครั้งปัสสาวะออกมากเกินไปก็

เป็นผลเสียเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำและเกลือ จนกระทบการทำงานของไต ดังนั้น การเฝ้าดูแลอาการของตนเอง ติดตามการรักษาที่สม่ำเสมอจะป้องกันเหตุการณ์ต่างๆ เหล่านี้ได้

10) การออกกำลังกาย ผู้เป็นโรคไตสามารถออกกำลังกายได้ ตามความเหมาะสมแต่ต้องไม่รุนแรง และไม่เหนื่อยจนเกินไป เช่น การเดิน การบริหารร่างกายชนิดอยู่กับที่ ซึ่งการออกกำลังกายจะช่วยทำให้การไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น สุขภาพโดยทั่วไปแข็งแรงกว่าเดิม ทั้งนี้ต้องดูสภาพหัวใจประกอบ โดยปรึกษาแพทย์ประจำตัวท่านเสียก่อน

2.1.7 การตรวจค่าการทำงานของไต

การตรวจการทำงานของไต (Renal Function Test) มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามประเมินผลการรักษา และประเมินการทำงานของเนื้อไตที่เหลือ การตรวจการทำงานของไตที่แสดงถึงการทำงานของไตที่ผิดปกติ ได้แก่

1) eGFR

การวัดค่าอัตราการกรองของไตหรืออัตราการกรองของเสียของไต (Estimated glomerular filtration rate : eGFR) คือ อัตราการกรองของเลือดที่ผ่านไตออกมาเป็นน้ำปัสสาวะ และใช้เป็นค่าวัดการทำงานของไต ประมาณจากการคำนวณตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ระดับค่าครีเอตินีนในเลือด เพศและอายุของผู้ป่วย โดยใช้สูตร CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration equation)

2) BUN

การวัดค่าระดับยูเรียไนโตรเจน ยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของการสลายโปรตีนในการสลายจะเกิดสารแอมโมเนียโดยตับจะนำแอมโมเนียไปสังเคราะห์เป็นยูเรีย และขับออกจากร่างกายจะขับออกทางไตร้อยละ 90 จะขับออกทางเหงื่อ อุจจาระร้อยละ 10 และบางส่วนจะมีการสลาย โดยแบคทีเรียในลำไส้ อัตราการผลิตยูเรียในร่างกายเกิดขึ้นประมาณ 25-35 กรัมต่อวัน ค่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณอาหารโปรตีนที่ได้รับเข้าไป และสมรรถภาพการทำงานของตับ การวัดค่าระดับยูเรียไนโตรเจนในร่างกายสามารถทำได้โดยการตรวจหาระดับยูเรียไนโตรเจนในเลือด ค่าอ้างอิงของระดับ BUN ใน Serum, Plasma คือ 7-20 mg/dl

3) BUN/Creatinine Ratio

การคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่า BUN (Blood Urea Nitrogen) ต่อ ค่า Creatinine (คำนวณจากค่า BUN หารด้วยค่า Creatinine) ซึ่งได้จากผลการตรวจเลือดในวาระเดียวกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณอัตราส่วนนี้สามารถช่วยในการวินิจฉัยโรคหรือบ่งชี้โรคเกี่ยวกับไตได้ดีพอสมควรอัตราส่วนปกติทั่วไปของค่า BUN ต่อ Creatinine คือ 10-20 : 1

4) Creatinine

การวัดค่าระดับครีเอตินิน ครีเอตินินเกิดจากการสลายของครีเอตีน (creatine) และครีเอตีนฟอสเฟตทั้งหมดในร่างกายและถูกขับออกทั้งหมดทางไต ปริมาณที่เกิดขึ้นจะคงที่คนที่มีกล้ามเนื้อมากจะมีระดับครีเอตีนสูงกวาคนที่มีกล้ามเนื้อน้อย ในผู้ชายจะมีค่าสูงกว่าผู้หญิงเล็กน้อย ค่าระดับครีเอตินินในเลือดจะมีค่าคงที่มากกว่าสารอื่นๆ ที่ถูกขับออกทางไต ดังนั้นจึงใช้ค่าครีเอตินินในการประเมินการทำงานของไต ค่าปกติทั่วไปของ Creatinine ในผู้ชาย คือ 0.6–1.2 mg/dL ในผู้หญิง คือ 0.5–1.1 mg/dL

5) Creatinine clearance

การวัดค่า Creatinine clearance (Ccr) เป็นการวัดอัตราส่วนของสารครีเอตินินที่ขับออกจากร่างกายโดยผานการกรองของโกลมอรูลัส มีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาที สามารถประเมินการทำงานของไตได้ตั้งแต่ไตเริ่มเสื่อมหน้าที่ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น การคำนวณหาค่า Ccr ได้จาก Crockorft–Gault Equation (Crockorft & Gault, 1976) ค่าปกติของ Ccr คือ 90–120 มิลลิลิตรต่อนาที

$$Ccr = \frac{(140 - \text{อายุ}) \times \text{น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)} \times (0.85 \text{ ถ้าเป็นผู้หญิง})}{72 \times \text{ซีรั่มครีเอตินิน (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)}}$$

6) Albuminuria

เป็นการตรวจโดยใช้แผ่นทดสอบสำเร็จรูป (Urine dipstick for protein) โดยในแผ่นทดสอบสำเร็จรูปนี้จะมีสารเคมีเคลือบอยู่ ซึ่งจะมีความไวต่อการตรวจพบโปรตีนชนิดอัลบูมินมากที่สุด (ถ้ามีโปรตีนแถบทดสอบจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเหลืองอมเขียวหรือสีเขียวจนถึงสีน้ำเงิน) อย่างไรก็ตาม การตรวจโดยใช้แผ่นทดสอบนี้ก็มีปัจจัยที่อาจทำให้เกิดผลบวกปลอมและผลลบปลอมได้หลายประการ เช่น ในกรณีที่ปัสสาวะมีความเข้มข้นสูง ปัสสาวะเป็นเลือด ปัสสาวะเป็นด่าง การรายงานผลจะรายงานเป็น Negative (0 mg/dL), Trace (15-30 mg/dL), 1+ (30-100 mg/dL), 2+ (100-300 mg/dL), 3+ (300-1,000 mg/dL) และ 4+ (มากกว่า 1,000 mg/dL) ซึ่งหมายถึง ตรวจไม่พบโปรตีน พบในปริมาณน้อย ๆ ไปจนถึงปริมาณมากตามลำดับ

สรุปได้ว่าโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 หมายถึง ภาวะที่มีความผิดปกติของไตติดต่อกันเป็นเวลานานเกิน 3 เดือน และมีความผิดปกติของไตในเชิงปริมาณวัดจากค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) ระหว่าง 60-90 มล./นาที/1.73 ตารางเมตรผิวกาย โดยการตรวจเลือดและปัสสาวะทางห้องปฏิบัติการ

**2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการออกกำลังกาย**

2.2.1 ความหมายของการออกกำลังกาย

วนิดา ดุรงค์ฤทธิชัย และคณะ (2553) ได้ให้ความหมายว่า การออกกำลังกาย หมายถึง การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายที่มีวางแผนหรือมีการเตรียมตัว โดยจะมีการเคลื่อนไหวร่างกายในรูปแบบซ้าๆ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งสอดคล้องกับกองออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ (2553) ได้อธิบายว่า การออกกำลังกายเป็นการทำกิจกรรมเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพอย่างใดอย่างหนึ่งทำให้มีพลังงานเพิ่มขึ้นจากภาวะปกติขณะพักเป็นกิจกรรมที่ค่อนข้างหนัก เช่น เดิน วิ่ง ปั่นจักรยาน ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมากกว่าการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันปกติพร้อมกับการใช้แรงโดยมีการใช้กิจกรรมต่างๆ เป็นสื่อเพื่อให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงตามที่ต้องการและส่งเสริมให้ร่างกายมีสุขภาพที่สมบูรณ์แข็งแรง

2.2.2 รูปแบบกิจกรรมการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายที่มีผลต่อสุขภาพดีจะต้องมีความถูกต้องเหมาะสมและเพียงพอ ซึ่งมหาวิทยาลัยกีฬาเวชศาสตร์ของสหรัฐ (American College of Sports Medicine) ได้กำหนดหลัก “FITT” ประกอบด้วย (ศิริพร ขัมภลิขิตและจุฬาลักษณ์ บารมี, 2555)

1) ความถี่ของการออกกำลังกาย (Frequency) หมายถึง จำนวนครั้งของการออกกำลังกายที่จะส่งผลในการเพิ่มสมรรถภาพความถี่ทางกายและเพิ่มความต้านทานของปอดและหัวใจในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งควรปฏิบัติเป็นประจำสม่ำเสมอ 3-5 วันต่อสัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายต้องขึ้นอยู่กับระยะเวลาและระดับความหนักของกิจกรรม

2) ความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity) หมายถึง การกำหนดขนาดของการออกกำลังกาย ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล เกณฑ์กาหนดที่ดีคือ การกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจโดยให้การเต้นของหัวใจประมาณร้อยละ 60-80 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเท่ากับ 220 ลบด้วยอายุเป็นปี) การออกกำลังกายแต่ละครั้งควรมีความแรงมากกว่าร้อยละ 50-60 แต่ไม่ควรเกินร้อยละ 75-85 ของความสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยสามารถแบ่งความแรงของการออกกำลังกายเป็น 3 ระดับคือ

1. ระดับต่ำ (Low intensity) เป็นการออกกำลังกายที่หัวใจเต้นประมาณร้อยละ 50-65 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

2. ระดับปานกลาง (Moderate intensity) เป็นการออกกำลังกายที่หัวใจเต้นประมาณร้อยละ 66-85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

3. ระดับสูง (High intensity) เป็นการออกกำลังกายที่หัวใจเต้นมากกว่าร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

3) ระยะเวลาหรือความนานของการออกกำลังกาย (Time) หมายถึง ช่วงเวลาของการออกกำลังกายในแต่ละประเภทโดยทั่วไปควรต่อเนื่อง 20-60 นาที ขึ้นอยู่กับความหนักของกิจกรรม ระยะเวลาการออกกำลังกาย แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ

1. ระยะอบอุ่นร่างกาย (Warm up phase) เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกายเพื่อยืดกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้อย่ามีประสิทธิภาพ การหายใจและการไหลเวียนเลือดกลับสู่ภาวะปกติ ระยะนี้ใช้เวลา 5-10 นาที เช่น การเดินช้าๆ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณแขน ขา

2. ระยะออกกำลังกาย (Exercise phase) เป็นช่วงออกกำลังกาย เพื่อเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและออกกำลังกายแบบแอโรบิค ระยะนี้ใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที

3. ระยะผ่อนคลายร่างกาย (Cool down phase) เป็นช่วงหลังจากการออกกำลังกายอย่างเต็มที่แล้ว โดยการออกกำลังกายจะเบาและช้าลงเรื่อยๆ ซึ่งเป็นการผ่อนคลายด้วยการเดิน กายบริหาร หรือการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เพื่อปรับอุณหภูมิให้กลับสู่ภาวะปกติและลดการบาดเจ็บ ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที

4) ประเภทของการออกกำลังกาย (Type)

การออกกำลังกายมีหลายประเภท และการออกกำลังกายที่ดีควรมีการผสมผสานแต่ละประเภทให้มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอด โดยทั่วไปชนิดของการออกกำลังกายแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การออกกำลังกายเพื่อให้กล้ามเนื้อแข็งแรงและทนทาน แบ่งเป็น 2 ชนิด

1.1 การออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค (Isotonic exercise) เป็นการออกกำลังกายที่มีการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อและขยับข้อต่อ เคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายด้วยตนเอง เช่น ยกน้ำหนัก ขี่จักรยาน เป็นต้น

1.2 การออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก (Isometric exercise) เป็นการออกกำลังกายโดยการหดเกร็งของกล้ามเนื้อโดยไม่เคลื่อนไหวข้อต่อ เพื่อเพิ่มความตึงตัวของกล้ามเนื้อ เช่น การบีบมือ การดันกำแพง เป็นต้น

2. การออกกำลังกายเพื่อสมรรถภาพของปอดและหัวใจ แบ่งเป็น 2 ชนิด

2.1 การออกกำลังกายโดยใช้ออกซิเจน (Aerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายที่ทำให้ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น ประกอบไปด้วยกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับความยืดหยุ่น เพิ่มความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปอด การ

ไหลเวียนโลหิต เกิดความทนทานของกล้ามเนื้อ การทรงตัวที่ดี กิจกรรมชนิด ได้แก่ การเดิน การวิ่งเหยาะๆ และการว่ายน้ำ เป็นต้น

2.2 การออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic exercise) เป็นการออกกำลังกายโดยใช้พลังงานจากสาร ATP ที่สะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ เป็นการออกกำลังกายเบาๆ หรือการออกกำลังกายที่หนักในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น การวิ่งเร็ว การทุ่มน้ำหนัก เป็นต้น

3. การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและผ่อนคลาย เป็นการออกกำลังกายที่กระทำช้าๆ คล้ายการยืดกล้ามเนื้อและเอ็น เพื่อการเคลื่อนไหวข้อต่างๆ เช่น การทำโยคะ ไทชิ เป็นต้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การออกกำลังกายที่เหมาะสมนั้นควรคำถึงถึงความถี่ ความแรง ระยะเวลา และประเภทของการออกกำลังกายด้วย เนื่องจากแต่ละบุคคลมีการออกกำลังกายในแต่ละประเภทมีรูปแบบที่แตกต่างกันจึงมีวิธีการและข้อปฏิบัติในการออกกำลังกายที่แตกต่างกันด้วยทั้งนี้เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและอันตรายที่จะเกิดจากการออกกำลังกายด้วย

2.2.3 สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย

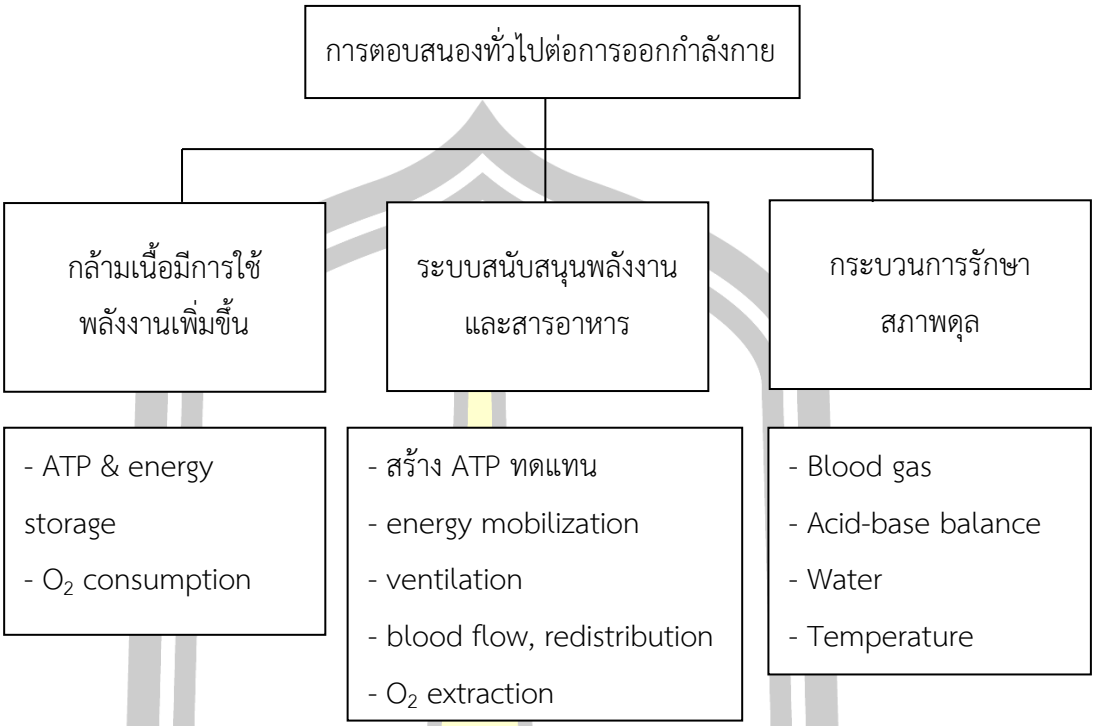
การศึกษาทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบหรืออวัยวะต่างๆ ระหว่างการออกกำลังกาย ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายแบบสมัครเล่นที่ออกกำลังกายเพียงครั้งเดียวหรือการออกกำลังกายที่มีการฝึกซ้อมร่างกายอย่างเป็นระบบในนักกีฬา เพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำประโยชน์ที่ได้จากการออกกำลังกายมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านการแพทย์และกีฬา (นฤมล ลีลายุวัฒน์, 2553)

1) การตอบสนองทั่วไปต่อการออกกำลังกายและการทำงานของระบบที่เกี่ยวข้องระหว่างออกกำลังกายจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น 3 ส่วนคือ (ภาพที่ 4)

1. กล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน มีความต้องการใช้พลังงานและสารอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมาก

2. ระบบสนับสนุน ต้องจ่ายสารอาหารและออกซิเจนให้แก่กล้ามเนื้อย่างพอเพียงและต่อเนื่อง

3. ต้องมีกระบวนการเพื่อรักษาสภาพดุลของร่างกาย (homeostasis) ไม่ให้เบี่ยงเบนไปจากภาวะปกติมากนัก




ภาพที่ 4 การตอบสนองทั่วไปต่อการออกกำลังกาย

ที่มา : กรมพลศึกษา (2559)

ระบบที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายจะประกอบด้วย ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ ระบบการหายใจ ระบบหัวใจหลอดเลือด ฮอร์โมนและต่อมไร้ท่อ การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย

1. ระบบประสาท เป็นตัวหลักในการเริ่มต้นการออกกำลังกาย ทำหน้าที่ 2 อย่างคือ

1.1 การควบคุม แบ่งเป็น 2 ชนิด

1.1.1 การควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary) โดยการสั่งงานตรงจากสมองใหญ่ (cerebrum) ผ่านมาทาง motor unit ของไขสันหลัง

1.1.2 การควบคุมในส่วนที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ (involuntary) จะทำงานในรูปของการตอบสนองแบบอัตโนมัติ (reflex) ซึ่งเกิดได้หลายระดับ ตั้งแต่ไขสันหลัง ก้านสมอง และเซลล์ประสาทในส่วนของ cerebral cortex

1.2 การประสานงาน ระบบประสาทจะทำหน้าที่ประสานข้อมูลจากตัวรับสัญญาณ (receptor) ที่อยู่ภายกล้ามเนื้อ ข้อต่อ ระบบสัมผัสต่างๆ เช่น ตา หู รวมทั้งอวัยวะภายในเพื่อปรับแต่งการทำงานของแต่ละระบบให้สอดคล้องกัน ทั้งก่อน ขณะ และหลังการออกกำลังกาย โดยทำงานผ่านระบบประสาทปกติ (somatic nervous system) และระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system)

2. ระบบกล้ามเนื้อ

2.1 ชนิดของไยกล้ามเนื้อ จากคุณสมบัติในการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อ ทำให้แบ่งเซลล์กล้ามเนื้อออกเป็น 3 ชนิดคือ

2.1.1 Type I (slow twitch fiber)–aerobic (endurance): สีแดง ไยกล้ามเนื้อเล็ก หดตัวช้า จำนวน mitochondria และหลอดเลือดฝอยมาก มี oxidative enzyme เพื่อใช้ในการสันดาปสูง มีปริมาณไกโคเจนสะสมภายในกล้ามเนื้อน้อย

2.1.2 Type II b (fast twitch fiber)–anaerobic (power): สีซีด ไยกล้ามเนื้ออ้วน หดตัวเร็ว มีเอนไซม์ย่อยสลายไกลโคเจนมาก และมีปริมาณไกลโคเจนสะสมในกล้ามเนื้อมาก

2.1.3 Type II a (intermediate) อัตราส่วนของชนิดไยกล้ามเนื้อจะขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรมและการฝึก

2.2 คุณสมบัติของเซลล์กล้ามเนื้อ

2.2.1 ถูกกระตุ้นได้ (excitability) กล้ามเนื้อจะหดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้นจาก

- สารสื่อประสาท (neurotransmitters): สาร acetylcholine (Ach)
- กระแสไฟฟ้า (electrical stimuli): เมื่อถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะกระตุกคล้ายไฟดูด
- ฮอร์โมน (hormonal stimuli): oxytocin ออกฤทธิ์กระตุ้นกล้ามเนื้อเรียบ ทำให้มดลูกบีบตัวเมื่อใกล้คลอด

2.2.2 หดตัวได้ (contractility) ทำให้ความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อหดสั้นลงหรือทำให้เซลล์กล้ามเนื้อตึงตัว

2.2.3 ยืดได้ (extensibility) เซลล์กล้ามเนื้อสามารถยืดตัวออกได้โดยไม่ทำให้เซลล์ได้รับบาดเจ็บ

2.2.4 มีความยืดหยุ่น (elasticity) เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดและปล่อยออกจะหดตัวกลับมาอยู่ในสภาพเดิมได้

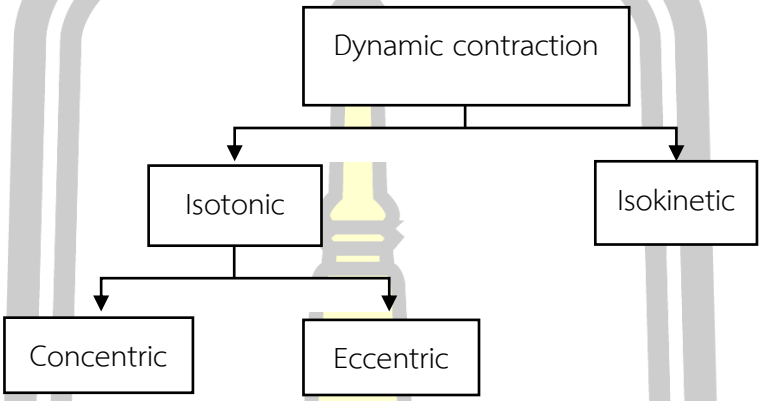
2.3 การหดตัวของกล้ามเนื้อ การหดตัวของกล้ามเนื้อมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

2.3.1 Static contraction หรือ isometric contraction เป็นการหดตัวต้านแรงที่ทำให้กล้ามเนื้อตึงตัว แต่ความยาวไม่เปลี่ยนแปลง เช่น การงัดข้อ

2.3.2 Dynamic contraction เป็นการหดตัวที่ทำให้กล้ามเนื้อสั้นลง แต่ความตึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนัก แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

- Isotonic contraction คือ ความตึงของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไปบ้างตามพิกัดการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวในทิศทางต้านแรงดึงดูดของโลก เช่น ขณะทำ range of motion exercise เพื่อคงพิกัดการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

- Isokinetic contraction คือ ความตึงของกล้ามเนื้อคงที่ตลอดการเคลื่อนไหว เช่น ขณะนั่งแกว่งขาในน้ำ เป็นต้น




ภาพที่ 5 การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ dynamic

ที่มา : กรมพลศึกษา (2559)

2.4 ความแข็งแรง (strength), กำลัง (power), ความทนทาน (endurance) และสมรรถนะ (performance)

2.4.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการตึงหรือหดตัวเพื่อต้านแรง เช่น การยกน้ำหนัก

2.4.2 กำลังหรือพลัง (power) หมายถึง ความแข็งแรง (strength) รวมกับความเร็ว (speed) เช่น การทุ่มน้ำหนัก

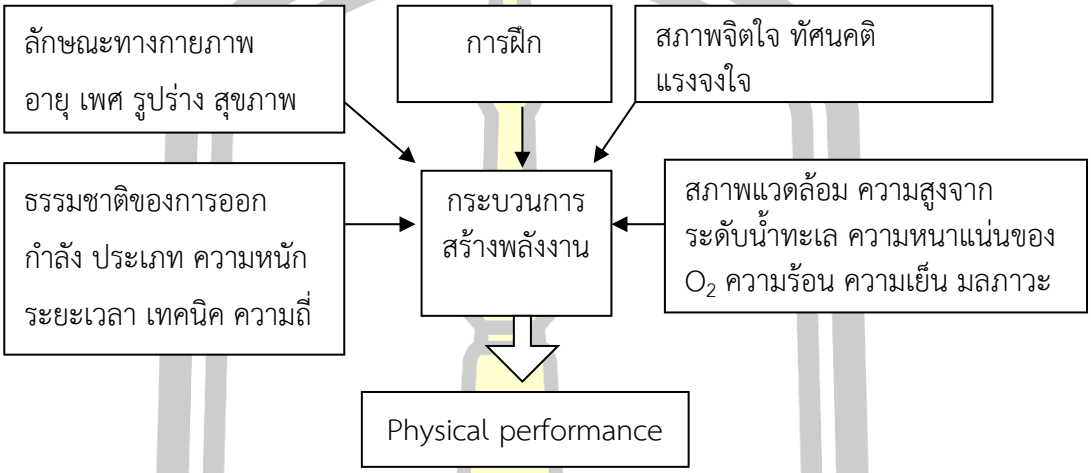
2.4.3 ความทนทาน (endurance) แบ่งเป็น 2 ชนิด

- Muscle endurance หมายถึง ความทนทานของกล้ามเนื้อ สามารถหดตัวซ้ำๆ หรือนานๆ ต้านความล้า ขึ้นกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังงานที่สะสมในกล้ามเนื้อและจำนวนหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อ

- General endurance หมายถึง ความทนทานหรือความสมบูรณ์ของระบบพลังงานทั้งหมด หัวใจ หลอดเลือด ปอด การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย

2.4.4 สมรรถภาพทางกาย (physical performance) เป็นการวัดการความสามารถในการปฏิบัติงานของกล้ามเนื้อหลายๆ ลักษณะร่วมกัน เช่น ความแข็งแรง (strength),

พลัง (power), ความเร็ว (speed), ความทนทาน (endurance), ความแคล่วคล่องว่องไว (agility), ความยืดหยุ่น (flexibility), และการประสานงาน (coordination) เป็นต้น ซึ่งสมรรถนะทางกายภาพของคนแต่ละคน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังต่อไปนี้




ภาพที่ 6 ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกาย (physical performance)

ที่มา : กรมพลศึกษา (2559)

2.5 หน้าที่หลักของกล้ามเนื้อ

2.5.1 ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหว (motion) ในตำแหน่งต่างๆ ขึ้นกับชนิดของกล้ามเนื้อ เช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย (skeletal muscle) ทำให้มีการเคลื่อนไหวของระบบโครงร่าง การหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) ทำให้เกิดการไหลเวียนของโลหิต และการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle) ทำให้มีการบีบตัวของอวัยวะภายใน เช่น มดลูก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ และกระเพาะปัสสาวะ เป็นต้น

2.5.2 คงสภาพรูปทรงของร่างกาย (posture) ให้อยู่ในท่าตรงต้านแรงโน้มถ่วงของโลกได้

2.5.3 ทำหน้าที่ผลิตความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกาย (heat production) ระหว่างที่กล้ามเนื้อหดตัวจะผลิตความร้อนออกมาจำนวนมาก ตัวจะสั่นเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศที่หนาวเย็นทำให้ร่างกายอบอุ่น

2.6 กลไกการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ

การหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเกิดขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

2.6.1 กระแสประสาท (nerve impulse หรือ action potential) ที่ส่งลงมายังปลายประสาท (axon terminal) จะกระตุ้นให้มีแคลเซียมพรั่งพรู (influx) เข้าไปในปลายประสาท

2.6.2 แคลเซียมที่พรั่งพรูเข้าไปจะกระตุ้นให้ปลายประสาทปลดปล่อยสาร ACh ออกมาภายนอก

2.6.3 สาร ACh กระจายตัวอยู่ที่รอยจ่อระหว่างปลายประสาทกับเซลล์กล้ามเนื้อ (synaptic cleft)

2.6.4 Ach จะจับกับ ACh receptor ที่อยู่บนผนังเซลล์กล้ามเนื้อ (sarcolemma)

2.6.5 เมื่อ ACh จับกับ receptor จะทำให้ช่องทางของโซเดียม (sodium channels) ที่ผนังเซลล์กล้ามเนื้อเปิดออก โซเดียมซึ่งมีอยู่ปริมาณมากภายนอกเซลล์จะทะลักเข้ามาในเซลล์กล้ามเนื้อ

2.6.6 โซเดียมที่ทะลักเข้ามาในเซลล์จะทำให้ความเป็นประจุที่อยู่ทางด้านในของผนังเซลล์กล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงจากขั้วลบ (negative charge) ไปขั้วบวก (positive charge) อย่างรวดเร็ว เรียกว่าทำให้เกิด depolarization ของเซลล์กล้ามเนื้อ

2.6.7 กระบวนการ depolarization ที่เกิดขึ้นครั้งแรกจะอยู่ในตำแหน่งที่ผนังเซลล์กล้ามเนื้อจ่อติดกับปลายประสาท จากนั้นจะแผ่ขยายอย่างรวดเร็วไปทำให้เกิด depolarization ของบริเวณข้างเคียง (propagation) คล้ายกับลูกคลื่นหรือการล้มทับกันของตัวโดมิโน แต่เมื่อกระบวนการ depolarization ได้กระจายพ้นออกไปแล้ว ผนังเซลล์กล้ามเนื้อจะปรับเปลี่ยนความเป็นขั้วให้คืนสภาพเดิมอีกครั้ง เรียกว่ากระบวนการนี้ว่า repolarization

2.6.8 ระหว่างที่กระแสประสาททำให้เกิด depolarization ของ sarcolemma กระแสประสาทอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านผนังเซลล์กล้ามเนื้อเข้ามาในเซลล์โดยผ่านมาทาง T tubules

2.6.9 กระแสประสาทที่ผ่านเข้าเซลล์มาทาง T tubules จะกระตุ้นให้ sarcoplasmic reticulum (คือ endoplasmic reticulum ของเซลล์กล้ามเนื้อ) ปลดปล่อยแคลเซียมเข้ามาใน sarcoplasm (cytoplasm ของเซลล์กล้ามเนื้อ)

2.6.10 แคลเซียมจะเข้าไปจับกับสาร troponin ที่อยู่บน microfilament ลากสาร tropomyosin ออกจากตำแหน่งปกติ ทำให้ส่วนที่เป็น myosin-binding sites ที่อยู่บน actin เผยออก

2.6.11 ระหว่างนี้ เอนไซม์ ATPase จะย่อย ATP ให้กลายเป็น ADP + Pi เพิ่มพลังให้แก่ myosin head หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า cross-bridge ให้เข้าจับกับ myosin-binding sites ที่อยู่บน actin (ซึ่งถูกเผยออก)

2.6.12 ช่วงนี้จะทำให้มีการหดตัวอย่างรุนแรง (power stroke) ระหว่างนี้ ADP and P จะถูกระบายออกมาจาก myosin head

2.6.13 จากนั้น ATP ก็จะเข้าจับกับ myosin head อีก และมีผลทำให้ myosin ปล่อยตัวจาก actin (ในคนตาย กล้ามเนื้อจะเกิด rigor mortis เนื่องจากขาดการสร้าง ATP ขึ้นมาใหม่ ทำให้เกิด cross-bridges ค้าง กล้ามเนื้อจะหดตัวโดยไม่สามารถคลายออกได้)

2.6.14 เมื่อ ATP ถูกย่อยสลายเป็น ADP + Pi ก็จะทำให้ myosin head เกิดการเตรียมพร้อมขึ้นอีกครั้งที่จะเข้าจับกับ actin อีกเมื่อได้รับคำสั่ง

2.6.15 การเข้าจับและปล่อยออกของ cross-bridges ที่เกิดซ้ำไปซ้ำมาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ 2 ลักษณะคือ อาจทำให้เซลล์กล้ามเนื้อหดสั้นลงโดยความตึงของเซลล์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (isotonic contraction) หรือทำให้เซลล์กล้ามเนื้อตึงอย่างมากโดยไม่หดสั้น (isometric contraction) ก็ได้

2.6.16 เอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ที่ถูกปลดปล่อยออกมาบริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างปลายประสาทกับเซลล์กล้ามเนื้อ จะเข้าย่อยสลาย Ach เป็นการหยุดกระแสประสาทที่ส่งไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ แคลเซียมจะถูกดึงกลับเข้าไปใน sarcoplasmic reticulum และ myosin cross-bridges จะคลายโดยการช่วยเหลือของ ATP อีกส่วนหนึ่งจากนั้นเซลล์กล้ามเนื้อจะเข้าสู่ระยะพัก (resting state) อีกครั้ง

7. แหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อ

การทำงานของกล้ามเนื้อ พลังงานที่ใช้จะได้จากกระบวนการทางเมตาบอลิก 3 ส่วนด้วยกัน คือ (ภาพที่ 7)

1. Phosphagen system ใช้ใน 10-15 วินาทีแรก

2. Glycogen lactic acid system ใช้ได้ต่ออีก 30-40 วินาที

3. Aerobic system ทำให้ได้พลังงานมากมายและเพียงพอต่อการทำงานของกล้ามเนื้อเท่าที่ต้องการ ข้อจำกัดจะขึ้นอยู่กับสมรรถนะของระบบขนส่งออกซิเจนและสารอาหารมาสู่กล้ามเนื้อ ในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาส่วนใหญ่จะเป็นการใช้พลังงานแบบผสมผสาน และกลับไปกลับมาได้ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทกีฬา ความหนัก และระยะเวลาที่เล่น

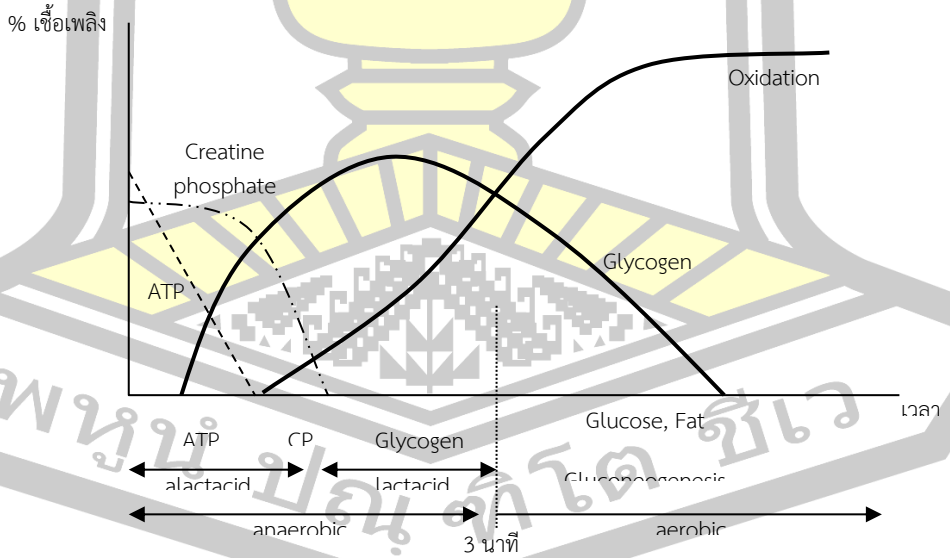
ในการหดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัยพลังงานจากสาร ATP ถ้ากล้ามเนื้อต้องทำงานในช่วงสั้นๆ เพียงแวบเดียวหรือแค่กระพริบตาไม่เกิน 5–6 วินาที กล้ามเนื้อจะใช้สาร ATP ที่สะสมอยู่ในเซลล์ แต่ถ้าทำงานนานขึ้นจะต้องสร้าง ATP เพิ่มเติมจากแหล่งเชื้อเพลิงที่อยู่ใกล้ตัวที่สุด

คือ creatine phosphate (ในส่วนของ phosphagen system) การสลาย creatine phosphate จะทำให้ได้ ATP ใช้ต่ออีกระยะหนึ่ง (10-15 วินาที) ถ้ากล้ามเนื้อต้องออกแรงนานกว่านี้ต้องสร้าง ATP จากกลูโคสแทน

การสร้าง ATP จากการสลายกลูโคสทำได้ 2 วิธีคือ

1. การสลายกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) หรือที่เรียกว่า glycogen lactic acid system การสลาย glucose เพื่อเป็นพลังงานโดยวิธีการนี้ทำได้เร็ว เพราะไม่ต้องรอออกซิเจน สามารถใช้ต่อจาก phosphagen system ได้ แต่จะใช้ได้ไม่นานโดยเฉพาะถ้ากล้ามเนื้อต้องออกแรงเต็มที่ประมาณ 30-40 วินาที โดยวิธีการนี้การสลายกลูโคส 1 โมเลกุลจะได้เป็น pyruvic acid 2 โมเลกุล และเนื้องจากไม่มีออกซิเจน pyruvic acid จะเปลี่ยนเป็นกรดแลกติกซึ่งทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการอ่อนล้าได้ถ้ามีกรดแลกติกคั่งอยู่มากๆ ดังนั้น เมื่อถึงจุดๆนี้ร่างกายจะต้องเปลี่ยนไปใช้ระบบการสลายพลังงานแบบใช้ออกซิเจนแทน

2. การสลายกลูโคสแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration) ใช้กับการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องใช้ระยะเวลานาน เช่น การวิ่งระยะยาวหรือการวิ่งมาราธอน กระบวนการสันดาปกลูโคสโดยใช้ออกซิเจนจะทำให้ได้ ATP จำนวนมหาศาล พอที่จะทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้นานตามวัตถุประสงค์ ออกซิเจนจะช่วยสันดาป pyruvic acid ที่ได้จากการสลายกลูโคสไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และสารพลังงาน ATP โดยผ่านทาง citric acid cycle ช่วยลดการคั่งของกรดแลกติก หรือสามารถกำจัดกรดแลกติกในกล้ามเนื้อให้หมดไปได้




ภาพที่ 7 แหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อ ระหว่างออกกำลังกาย กล้ามเนื้อจะสร้าง ATP ขึ้นจากแหล่งพลังงานหลายแห่งด้วยกันขึ้นกับระยะเวลาในการออกกำลังกาย

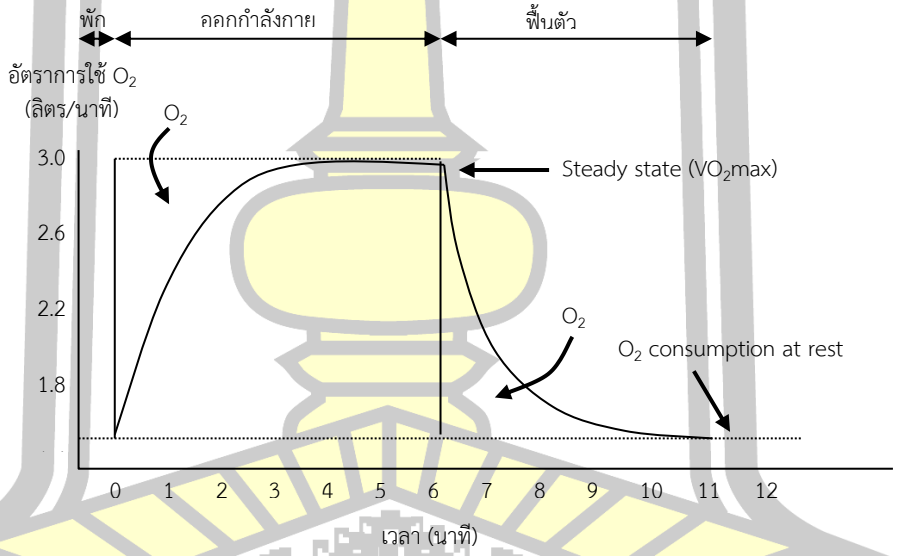
ที่มา : Power & Howley (2001)

8. อัตราการใช้ออกซิเจน ($O_2$ consumption)

อัตราการใช้ออกซิเจนคือ ปริมาณของออกซิเจนร่างกายต้องการใช้ต่อ 1 นาที โดยปกติในท่านั่งร่างกายจะมีอัตราการใช้ออกซิเจนประมาณ 200-300 มล./นาที (หรือ 3.5 มล./กก./นาที) ซึ่งเรียกอัตราการใช้ออกซิเจนที่ระดับนี้ว่า 1 MET (metabolic equivalent)

ในคนทั่วไปอัตราการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มได้ 3 เท่าเมื่อให้ออกกำลังกายเบาๆหรือเพิ่มได้ 8-12 เท่าเมื่อออกกำลังกายหนัก (2-3 ลิตร/นาที) แต่ถ้าเป็นนักกีฬาสมรรถนะในการใช้ออกซิเจนจะสูงกว่าคนปกติมาก ระหว่างออกกำลังกายหนักอาจเพิ่มได้ถึง 16-20 เท่า (4-5 ลิตร/นาที)

อัตราการใช้ออกซิเจนจะแปรตามความหนักเบาของการออกกำลังกาย (ภาพที่ 8) โดยจะค่อยๆเพิ่มขึ้นใน 2-3 นาทีแรกจนถึงระดับคงที่ (steady state) ที่จุดนี้อัตราการจ่ายออกซิเจนจากเลือดจะเท่ากับอัตราความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อ ($O_2$ supply = $O_2$demand) เมื่อหยุดออกกำลังกาย อัตราการใช้ออกซิเจนจะค่อยๆ ลดลงสู่ระดับปกติอีกครั้ง




ภาพที่ 8 อัตราการใช้ออกซิเจนจะแปรตามความหนักเบาของการออกกำลังกาย การใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ใน 1-2 นาทีแรก และคงที่อยู่ที่ Steady state ที่จุดนี้ระบบสนับสนุนจะจ่ายออกซิเจนได้เท่ากับที่กล้ามเนื้อต้องการใช้เพื่อสร้างพลังงาน

ที่มา : Power & Howley (2001)

9. Maximum aerobic capacity

จุดที่เนื้อเยื่อร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนได้อย่างเต็มที่เรียกว่า Maximum $O_2$ consumption ($VO_2max$) แสดงถึงสมรรถนะสูงสุดในการออกกำลังกายโดยใช้พลังงานแบบ aerobic เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า maximum aerobic power หรือ maximum exercise capacity

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2$ max) = ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถใช้ได้ในเวลา 1 นาที

= (max CO) x (max a-v $O_2$ difference)

เมื่อเริ่มออกกำลังกายความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มทันที แต่ร่างกายยังจ่ายออกซิเจนให้กล้ามเนื้อไม่ทัน เพราะต้องใช้เวลาในการปรับตัวประมาณ 2-3 นาที ระยะนี้จะขาดแคลนออกซิเจนชั่วคราวเรียกว่า $O_2$ deficit กล้ามเนื้อต้องยืมออกซิเจนจากแหล่งสะสมอื่นๆ มาใช้ก่อน ซึ่งตามปกติร่างกายจะมีออกซิเจนสะสมอยู่ประมาณ 2 ลิตร โดย 500 มล.จะอยู่ในปอด, 25 มล.ละลายอยู่ในของเหลวของร่างกาย, 1 ลิตรเกาะอยู่กับเม็ดเลือดแดง (hemoglobin) และอีก 300 มล.เกาะอยู่กับสาร myoglobin ภายในเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งจะต้องชดใช้คืนภายหลังหยุดออกกำลังกาย

**การฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย**

**Oxygen debt**

ขณะออกกำลังกายเบาๆ หลอดเลือดในกล้ามเนื้อจะขยายตัว ปริมาณเลือดไหลเวียนมายังกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจะช่วยลำเลียงออกซิเจนให้แก่กล้ามเนื้อได้เพียงพอแก่ความต้องการของกล้ามเนื้อ แต่ถ้าต้องออกแรงเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ได้รับอาจเพิ่มขึ้นไม่เพียงพอตามความต้องการได้ เพื่อให้ได้ ATP มาใช้ให้ทันตามความต้องการร่างกายอาจต้องหันกลับมาใช้กระบวนการสร้าง ATP จากไกลโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจนแทนชั่วคราว ทำให้เกิดการคั่งของกรดแลกติกในกล้ามเนื้อ แม้ว่าร้อยละ 80 ของกรดแลกติกที่เกิดขึ้นจะถูกลำเลียงไปยังตับเพื่อเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสหรือไกลโคเจน แต่ก็ยังมีบางส่วนที่ตกค้างและคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อและล้า แต่ในที่สุดเมื่อร่างกายสามารถปรับตัวและลำเลียงออกซิเจนได้เพียงพอแก่ความต้องการ กรดแลกติกจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อหยุดออกกำลังกายร่างกายยังต้องการใช้ออกซิเจนต่ออีกระยะหนึ่งเพื่อนำไปใช้กำจัดกรดแลกติกที่ตกค้างอยู่ สร้าง ATP, creatine phosphate และไกลโคเจนคืนแหล่งสะสมเดิม และนำออกซิเจนไปคืนแหล่งสะสมต่างๆ ที่ขอยืมมาใช้ชั่วคราวก่อน เช่น ออกซิเจนที่เกาะอยู่กับเม็ดเลือดแดง (hemoglobin), เซลล์กล้ามเนื้อ (myoglobin), ถุงลมปอด และออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารน้ำของร่างกาย (body fluids) ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ภายหลังหยุดออกกำลังกายนี้เรียกว่า oxygen debt หรือการใช้หนี้ออกซิเจน ซึ่งจะต้องทำงานชดใช้หนี้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกาย ในทางปฏิบัติจึงเห็นว่าเมื่อนักกีฬาหยุดออกกำลังกายจะยังคงหายใจแรงอยู่อีกระยะหนึ่งเพื่อใช้หนี้ออกซิเจนดังกล่าว นักกีฬาที่ได้รับการฝึกฝนมาอย่างดีจะสามารถใช้ออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพระหว่างออกกำลังกาย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximum oxygen uptake) ของนักกีฬาอาจสูงเป็น 2 เท่าของคนทั่วไป เมื่อต้องออกแรงเพิ่มขึ้นระหว่างออกกำลังกายอาจใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยแหล่งพลังงาน

สะสมอื่นๆ เช่น glycogen lactic acid system ทำให้มีการคั่งของกรดแลกติกน้อยกว่า เมื่อหยุดออกกำลังกายจึงไม่ค่อยมีอาการหอบเหนื่อยเหมือนคนทั่วไป

. **การฟื้นตัวของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย**

ภายหลังออกกำลังกาย ร่างกายจะต้องสร้างไกลโคเจนคืนให้แก่กล้ามเนื้อ ซึ่งต้องใช้เวลาหลายวันขึ้นกับว่าไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อจะถูกใช้ไปหมดระหว่างออกำลังกายอย่างหนักหรือไม่ อาหารที่รับประทานภายหลังออกกำลังกายจะมีผลต่อการฟื้นตัวของแหล่งสะสมเชื้อเพลิงภายในกล้ามเนื้อได้ ดังนั้น ภายหลังการออกกำลังกายถ้าให้นักกีฬากินอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรทจะเพิ่มปริมาณและอัตราเร็วในการสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการรับประทานอาหารประเภทไขมันหรือโปรตีน

**การใช้แหล่งเชื้อเพลิง**

1. ขณะพัก ร่างกายจะใช้ ATP ที่ได้จากการสลายไขมัน (free fatty acid) และคาร์โบไฮเดรท (glycogen หรือ glucose) ในอัตราส่วนพอๆกัน

2. ขณะออกกำลังกาย สัดส่วนของการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะขึ้นกับความหนัก ระยะเวลา และปริมาณเชื้อเพลิงสะสม

- การออกกำลังเบาๆ สั้นๆ เช่น เดิน วิ่งเหยาะๆ ร่างกายจะใช้ไขมันเป็นพลังงานหลักเป็นส่วนใหญ่ เพราะกล้ามเนื้อที่ทำงานในลักษณะนี้จะเป็นชนิด type I ที่มี aerobic capacity

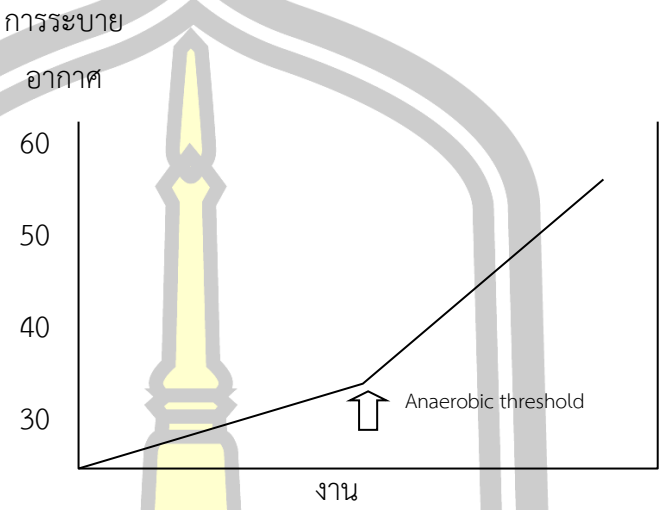
- ถ้าให้วิ่งเร็วขึ้นร่างกายจะเพิ่มอัตราการสลายไขมันเพื่อเป็นพลังงานเพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงจุดๆหนึ่งกระบวนการสลายไขมันให้เป็นพลังงานจะมีข้อจำกัดไม่สามารถเพิ่มได้อีก จำเป็นต้องใช้พลังงานจากการสันดาปกลูโคสที่มากับกระแสเลือดเพิ่มขึ้น

- ถ้าออกกำลังกายหนักมากเป็นเวลานาน ในระยะ 2-3 นาทีแรกร่างกายจะใช้คาร์โบไฮเดรทเป็นหลัก จากนั้นจะใช้ไขมันพร้อมกับการใช้กลูโคสในกระแสเลือด อย่างไรก็ตามพลังงานที่ได้จากการสันดาปกรดไขมันและกลูโคสที่มาจากกระแสเลือดจะยังไม่พอกับความต้องการของกล้ามเนื้อ ร่างกายจึงจำเป็นต้องสลายไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อออกใช้ด้วย และนักกีฬาจะรู้สึกล้าเมื่อไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะถูกใช้ไปจนหมด

**การใช้แหล่งเชื้อเพลิงในคนที่ขาดาการออกกำลังกาย**

คนที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอจะมีสภาพร่างกายที่สมบูรณ์และพร้อมหรือที่มักเรียกทับศัพท์ว่ามีความฟิต ความฟิตหมายถึงสภาพร่างกายที่สมบูรณ์ มีการทำงานของระบบหัวใจหลอดเลือดและปอดแข็งแรง สามารถลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนไปให้กล้ามเนื้อได้อย่างพอเพียง และกล้ามเนื้อมีความสามารถสร้าง ATP จากกระบวนการ aerobic ได้มากตามความ

ต้องการ ในกล้ามเนื้อจะมีหลอดเลือดฝอยหล่อเลี้ยงมาก จำนวน mitochondria และเอนไซม์ที่จำเป็นในการสันดาปสารอาหารโดยใช้ออกซิเจนมีจำนวนมาก




ภาพที่ 9 การระบายอากาศของระบบหายใจจะเพิ่มอย่างเป็นสัดส่วนกับความต้องการทางเมตาบอลิก แต่จะเพิ่มขึ้นเร็วมากเมื่อความต้องการทางเมตาบอลิกนั้นเข้าสู่ anaerobic threshold ระยะนี้นักกีฬาจะหอบลึกและเร็ว

ที่มา : Fox & Mathews (1985)

สำหรับคนที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย จำนวนหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อจะน้อยกว่า เซลล์มีจำนวน mitochondria และเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการ aerobic น้อยกว่า จึงขาดประสิทธิภาพของกระบวนการ aerobic ในการผลิต ATP ไม่สามารถผลิต ATP ได้มากตามความต้องการได้ จึงต้องสร้าง ATP ทดแทนโดยใช้กระบวนการย่อยสลายไกลโคเจนแบบ anaerobic แทน ทำให้กรดแลกติกภายในกล้ามเนื้อคั่งและเกิดอาการอ่อนล้าง่าย

3. ระบบหายใจ

การเปลี่ยนแปลงในระบบการหายใจเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อระดับเมทาบอลิซึมที่เพิ่มขึ้น อัตราการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น และอัตราการขับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

1. เพิ่มการระบายอากาศ (ventilation) ระบบสำรองของการหายใจของคนเรานั้นมีเหลือเฟือในภาวะปกติปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกจะเท่ากับ 5-6 ลิตร/นาที ขณะออกกำลังกายปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกจะเพิ่มได้มากถึง 100-150 ลิตร/นาที สังเกตได้จากการหายใจที่ลึกและเร็วปริมาตรอากาศต่อการหายใจ 1 ครั้ง (ความลึกของการหายใจ) จะเพิ่มขึ้นได้ถึง 6 เท่าของปกติ และอัตราเร็วของหายใจต่อ 1 นาที อาจเพิ่มขึ้นได้ 6 เท่าของปกติ ถ้าออกกำลังกายเบาๆหรือปานกลางนักกีฬาจะหายใจแรงกว่าปกติแต่ไม่ค่อยเร็วมากนัก ถ้าให้ออกกำลังกายหนักขึ้น จะหายใจ

จะแรงขึ้นอีกได้ทั้งนี้ขึ้นกับความจุปอดของแต่ละคน แต่ถ้าหายใจแรงเต็มที่แล้วการระบายอากาศยังไม่พอเพียงจะต้องหายใจเร็วขึ้น ระยะนี้จะสังเกตว่านักกีฬาหายใจหอบเร็ว โดยปกติการระบายอากาศจะเพิ่มอย่างเป็นสัดส่วนกับความต้องการทางเมตาบอลิก (ภาพที่ 9) แต่จะเพิ่มขึ้นเร็วมากเมื่อความต้องการทางเมตาบอลิกนั้นเข้าสู่ anaerobic threshold นั่นคืออัตราการระบายอากาศจะมากกว่าอัตราการที่ร่างกายใช้ออกซิเจนต่อ 1 นาที

2. ปริมาณเลือดที่สูบฉีดไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซ (lung perfusion) เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการสูบฉีดโลหิตจากหัวใจเพิ่มขึ้น (cardiac output เพิ่ม)

3. การแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านผนังถุงลมปอดและผนังหลอดเลือดฝอย (diffusion) เพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้นจากการที่มีเลือดสูบฉีดไปยังปอดที่เพิ่มขึ้น

4. การขนส่งก๊าซ (gas transport) ซึ่งไม่เกี่ยวกับการทำงานของปอดโดยตรง ระหว่างออกกำลังกายเม็ดเลือดแดงจะปลดปล่อยออกซิเจนให้แก่กล้ามเนื้อที่ออกกำลังกายง่ายขึ้น (มีการ shift ของ oxygen dissociation curve ไปทางขวา) เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความเป็นกรด (H+) ที่เซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น

4. ระบบหัวใจและหลอดเลือด

ระหว่างการออกกำลังกาย มีการเปลี่ยนแปลงใหญ่ๆ เกิดขึ้น 2 ประการคือ ปริมาณการสูบฉีดเลือดจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) เพิ่มขึ้น และมีการปรับแต่งการกระจายเลือดไปสู่อวัยวะต่างๆ (redistribution of blood flow) เพื่อลำเลียงและจ่ายสารอาหารและออกซิเจนไปสู่เซลล์กล้ามเนื้อได้เพียงพอแก่ความต้องการ คนแต่ละคนจะมีการการปรับตัวของระบบหัวใจและหลอดเลือดไม่เหมือนกันจะแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิด ความหนัก ความนานของการออกกำลังกาย อายุ เพศ และระดับความสมบูรณ์ทางร่างกายของคนๆนั้น

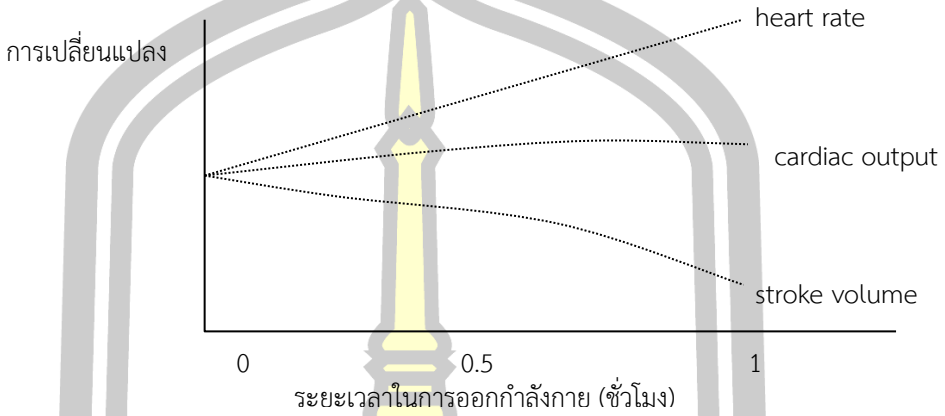
1. ปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output, CO) โดยปกติปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจ (CO) ขณะพัก จะมีค่าประมาณ 4-6 ลิตร/นาที ระหว่างออกกำลังกาย CO อาจเพิ่มเป็น 20 ลิตร/นาที ถ้าเป็นนักกีฬาอาจเพิ่มได้ถึง 30 ลิตร/นาที CO จะเปลี่ยนแปลงตามอายุ เพศ รูปร่าง และอิริยาบถ

ปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจใน 1 นาที = ปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจใน 1 ครัง x อัตราการเต้นของหัวใจ

Cardiac output (CO) = stroke volume (SV) x heart rate (HR)

การเพิ่มของ CO จะเป็นสัดส่วนกับความหนักของการออกกำลังกายหรืออีกนัยหนึ่งคือ แปรตามอัตราการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย โดยมีขีดจำกัดอยู่ที่ค่าสูงสุดคือ Maximum CO ไม่สามารถเพิ่มได้มากกว่านี้เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจที่เร็วขึ้นจะทำให้การสูบ

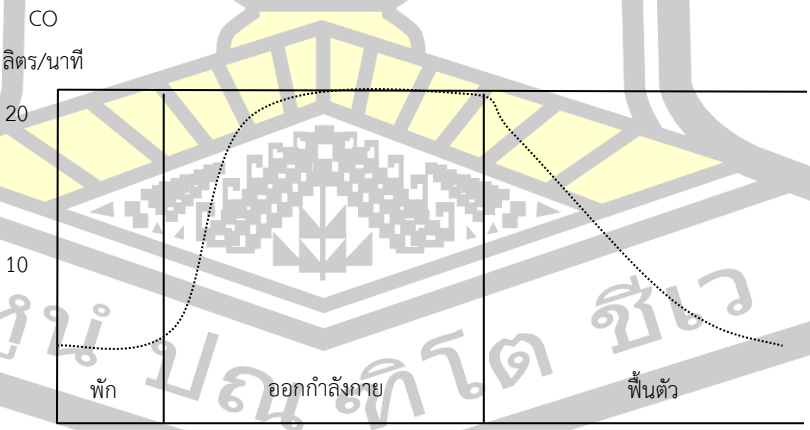
ฉีดเลือดออกจากหัวใจแต่ละครั้ง (SV) ลดลง เนื่องจากเวนตริคัลจะมีเวลาขยายเพื่อรับเลือดแดงจากเอเตรียมสั้นลง (diastolic filling time ลดลง)




ภาพที่ 10 อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate), ปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) และปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจเมื่อบีบตัว 1 ครั้ง (stroke volume)

ที่มา : Fox & Mathews (1985)

การฟื้นตัวของ CO ภายหลังออกกำลังกาย จะคล้ายกับอัตราการใช้ออกซิเจนภายหลังออกกำลังกาย ($O_2$dept) คือ มีระยะเวลาที่หัวใจยังต้องทำงานต่อเพื่อชดเชยพลังงานสำรองที่หยิบยืมไปใช้ก่อนระหว่างการออกกำลังกาย (ภาพที่ 11)




ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของ cardiac output (CO) ก่อน ขณะ และภายหลังการออกกำลังกาย จะมีลักษณะคล้ายกันกับอัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างการออกกำลังกาย เมื่อหยุดออกกำลังกาย CO ยังเพิ่มขึ้นต่อไปอีกระยะหนึ่งเพื่อชดเชยพลังงานสำรองที่ใช้ไปล่วงหน้าระหว่างการออกกำลังกาย

ที่มา : Power & Howley (2001)

2. ปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจต่อครั้ง (Stroke volume, SV)

ระหว่างออกกำลังกาย SV จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากกล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวดีขึ้น เป็นผลจากการทำงานของระบบ sympathetic และการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน epinephrine และ thyroxine

ในท่านั่งหรือท่ายืน SV จะมีปริมาณน้อยกว่าท่านอนหงายเนื่องจากเลือดไหลกลับสู่หัวใจได้น้อย พบว่า SV ขณะพักในท่านอนจะมีค่าใกล้เคียงกับ maximum SV ดังนั้นในการออกกำลังกายท่านอนหงาย SV จะไม่เพิ่มเท่าใดนัก แต่ถ้าเป็นการออกกำลังกายในท่ายืน SV จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะเลือดดำไหลเวียนกลับสู่หัวใจได้มากขึ้น (เพิ่ม venous return) จากแรงบีบนวดของกล้ามเนื้อ (muscle pumping) และจากการหายใจเข้าออกลึกๆที่ทำให้ความดันในทรวงอกลดลง (respiratory pumping) SV อาจเพิ่มได้จนถึงระดับสูงสุด 180-190 มล./ครั้ง ภายหลังจากออกกำลังกายเพียง 5-10 นาที จากนั้นจะคงที่ แต่ถ้าออกกำลังกายนานหลายชั่วโมง SV อาจลดลงไปร้อยละ 10-20 เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มมากขึ้น แต่ไม่ทำให้ CO ลดลง พบว่า CO ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการออกกำลังกายนั้นส่วนใหญ่เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของ HR มากกว่า SV

3. อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate, HR)

HR เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของระบบหัวใจและหลอดเลือด บ่งบอกถึงความหนักในการออกกำลังกายและผลลัพธ์ของการฝึกฝนร่างกาย ขณะพัก HR ของคนทั่วไปจะมีค่าประมาณ 75 ครั้ง/นาที หัวใจของนักกีฬาจะเต้นช้ากว่าคนปกติ HR จะอยู่ที่ 53 ครั้ง/นาที โดยปกติ HR จะขึ้นกับเพศและอายุ เราสามารถประมาณค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum HR) ได้จากอายุ เพศหญิงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าเพศชายเล็กน้อย

**อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum HR) = 220 – อายุ (ปี)**

นอกจากนี้ HR ยังขึ้นอยู่กับชนิดของการออกกำลังกายด้วย ถ้าออกกำลังกายหนักขึ้นเรื่อยๆ อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มเป็นสัดส่วนกับความหนักของการออกกำลังกาย และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนได้ CO ที่ต้องการ ถ้าออกกำลังกายด้วยความหนักเท่าๆ กันตลอด อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นเฉพาะระยะแรกเท่านั้น จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงสู่ระดับคงที่ เมื่อหยุดออกกำลังกาย HR จะลดลงอย่างช้าๆ และอาจลดต่ำกว่า HR ขณะพักได้ พบว่าอัตราเร็วในการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจจะเป็นสัดส่วนกับความหนักในการออกกำลังกาย

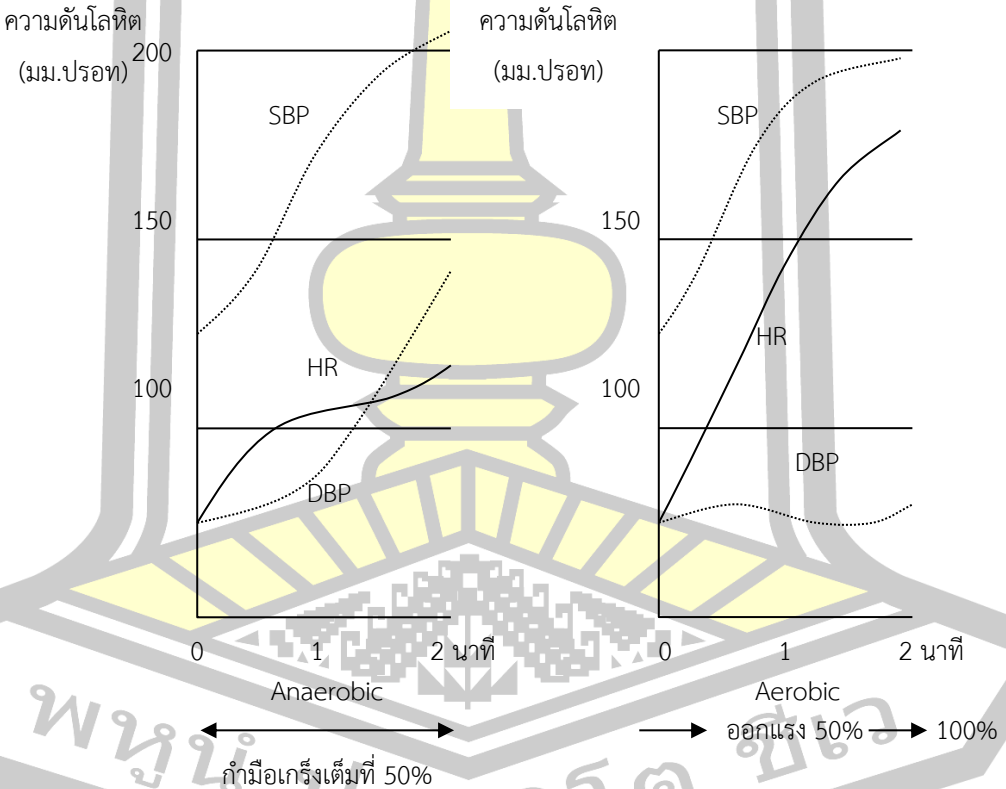
4. ความดันโลหิต (Blood pressure, BP)

BP เป็นผลลัพธ์ระหว่าง CO กับแรงต้านทานของหลอดเลือดส่วนปลายทั้งหมด (total peripheral resistance; TPR) ระหว่างออกกำลังกาย BP ความดันที่เพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่เป็นค่าความดันขณะหัวใจบีบตัว (systolic) แต่มักจะไม่เพิ่มมากกว่า 180 มิลลิเมตรปรอท ส่วนความดัน

ขณะหัวใจคลายตัว (diastolic) มักจะไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงและอาจลดลงได้เล็กน้อยขณะออกกำลังกายเบาๆ การเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตจะขึ้นอยู่กับชนิดองการออกกำลังกาย

4.1 ในการออกกำลังกายชนิด Aerobic CO จะเพิ่มขึ้นทำให้ความดันขณะหัวใจบีบตัว (systolic) เพิ่มขึ้น แต่หลอดเลือดภายในกล้ามเนื้อที่ออกกำลังจะขยายตัวทำให้ TPR ลดลง ทำให้ดันขณะหัวใจคลายตัว (diastolic) จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย

4.2 ในการออกกำลังกายชนิด Anaerobic ขณะออกแรงจะทำให้เกิดแรงเบ่ง (valsalva's maneuver) ความดันในช่องทรวงอกสูงขึ้นจาก 80 มม.ปรอท เป็น 200 มม.ปรอท ความดันขณะหัวใจบีบตัว (systolic) จะสูงขึ้นอย่างมากเพื่อเอาชนะแรงต้านภายนอก และขณะที่มีการหดเกร็งของกล้ามเนื้อนานๆ จะทำให้มีแรงกดต่อหลอดเลือด ทำให้ค่า TPR สูงขึ้น ทำให้ความดันขณะหัวใจคลายตัว (diastolic) เพิ่มขึ้น การออกกำลังกายชนิดนี้จึงมีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยที่มีโรคหัวใจหรือหลอดเลือดอยู่เดิม




ภาพที่ 12 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันขณะหัวใจบีบตัว (SBP), ความดันขณะหัวใจคลายตัว (DBP) และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) ระหว่างการออกกำลังกายชนิด anaerobic และ aerobic ในการออกกำลังกาย

ที่มา : Power & Howley (2001)

5. การปรับแต่งกระจายของเลือดไปสู่อวัยวะต่างๆ (redistribution of blood flow)

ระหว่างออกกำลังกาย ร่างกายจะมีการโยกย้ายเลือดจากอวัยวะที่ไม่ต้องทำงานไปยังอวัยวะที่ทำงานมาก โดยระบบ sympathetic จะทำให้หลอดเลือดในอวัยวะที่ทำงานน้อยหดตัว เช่นในระบบทางเดินอาหารและไต ทำให้มีเลือดไหลเวียนไปยังอวัยวะที่ต้องทำงานหนักเพิ่มขึ้น เช่น ที่กล้ามเนื้อ หัวใจและปอด หลอดเลือดภายในอวัยวะเหล่านี้จะขยายตัวรับเลือดได้มากขึ้นเนื่องจากผลของ metabolites และ paracrine ที่หลั่งออกมาในบริเวณนั้นหลายชนิด เช่น nitric oxide, histamine, และ prostacyclin ร่วมกับการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างเป็นจังหวะ ระหว่างออกกำลังกายอัตราการเลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้น 8-10 เท่า แต่ถ้าเป็นการออกกำลังกายแบบ anaerobic ที่ต้องเกร็งกล้ามเนื้อ การไหลเวียนเลือดจะจำกัดลงร้อยละ 20 และถ้าให้เกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่อาจอุดกั้นการไหลเวียนเลือดภายในกล้ามเนื้อได้อย่างสมบูรณ์

การไหลเวียนของเลือดไปยังผิวหนัง เมื่อเริ่มออกกำลังกาย อัตราการไหลเวียนของเลือดที่ผิวหนังจะลดลงเล็กน้อย แต่จากนั้นจะเพิ่มขึ้นเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย โดยเฉพาะระหว่างที่ออกกำลังกายแบบ aerobic ทั้งนี้เป็นผลจากการทำงานของ hypothalamus ซึ่งเป็นศูนย์ควบคุมอุณหภูมิร่างกาย ถ้าออกกำลังกายท่ามกลางอากาศที่ร้อน hypothalamus จะส่งกระแสประสาทมายังหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง ทำให้กล้ามเนื้อที่ผนังหลอดเลือดคลายตัว อัตราการไหลเวียนเลือดไปยังผิวหนังจึงเพิ่มขึ้น แต่ถ้าออกกำลังกายหนักและยาวนานขึ้นอาจต้องโยกย้ายเลือดจากผิวหนังไปยังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้อัตราการไหลแวียนเลือดที่ผิวหนังลดลงได้

ระหว่างออกกำลังกายอัตราการไหลเวียนเลือดไปยังสมองจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจากมีระบบการควบคุมอัตโนมัติ (autoregulation) คอยป้องกันอยู่

6. การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและต่อมไร้ท่อ

ยังไม่ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและต่อมไร้ท่อมีบทบาทจำเพาะอย่างไรต่อการออกกำลังกาย แต่ช่วยสนับสนุนให้มีการปรับแต่งการใช้เชื้อเพลิงตามที่ร่างกายต้องการ มีผลต่อระบบไหลเวียนโลหิต ช่วยให้ร่างกายสามารถสวนน้ำและเกลือแร่ให้อยู่ในสภาพดุล และเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (muscle hypertrophy) ในรายที่ออกกำลังกายหนัก

การกระตุ้นระบบประสาท sympathetic จะทำให้มีการหลั่งฮอร์โมน epinephrine, norepinephrine, ACTH, cortisol, และ growth hormone เพิ่มขึ้นทั้งหมดจะช่วยให้มีการเคลื่อนย้ายเชื้อเพลิงออกจากแหล่งสะสมโดยเฉพาะไกลโคเจนและกรดไขมัน และเร่งการสร้างกลูโคสเพื่อจ่ายให้กับกล้ามเนื้อระหว่างออกกำลังกาย

โดยปกติฮอร์โมน insulin จะช่วยนำกลูโคสเข้าเซลล์ไปใช้สันดาปเป็นพลังงาน ผลของการกระตุ้นระบบ sympathetic ที่ตับอ่อนจะทำให้ระดับ insulin ลดลง และเพิ่มระดับ

glucagon ซึ่ง glucagon จะช่วยเสริมฤทธิ์กับ epinephrine และ cortisol ทำให้มีการเคลื่อนย้ายเชื้อเพลิงออกจากแหล่งสะสมมากขึ้น อย่างไรก็ตามระดับ insulin ที่ลดลงจะไม่มีผลต่อการใช้กลูโคสของเซลล์กล้ามเนื้อแต่อย่างใด เนื่องจากมีกระบวนการชดเชยที่ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อสามารถนำกลูโคสเข้าไปใช้ในเซลล์ได้ง่ายขึ้น เช่น ปริมาณเลือดหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นทันทีที่มีการออกกำลังกาย (acute exercise) ค่าความแตกต่างระหว่างระดับกลูโคสในหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำที่แตกต่างกันมาก และจำนวน insulin receptor ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการออกกำลังกาย ทั้งหมดจะช่วยให้เซลล์กล้ามเนื้อสามารถนำกลูโคสเข้าเซลล์ได้ดีขึ้นแม้ระดับ insulin ในเลือดจะลดลงก็ตาม

ในการออกกำลังกายอย่างหนักและต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานเกิน 1 ชั่วโมง กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (hypertrophy) และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจาก anabolic effect ของ growth hormone และฮอร์โมนเพศ ระดับฮอร์โมน T4 อิสระ ที่สูงขึ้นระหว่างการออกกำลังกายมีส่วนในการเคลื่อนย้ายเชื้อเพลิงจากแหล่งสะสมอยู่บ้าง และมีผลต่อกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้สามารถออกกำลังกายหนักและนานได้ เพื่อรักษาสภาพดุลของสารน้ำและเกลือแร่ ระหว่างออกกำลังกายท่ามกลางอากาศร้อน ร่างกายจะหลั่ง anti-diuretic hormone (ADH) จากต่อมใต้สมอง และหลั่ง aldosterone จากต่อมหมวกไต เพื่อทำหน้าที่สงวนน้ำและเกลือโซเดียม

**การควบคุมอุณภมิร่างกาย**

พลังงานจากกระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นระหว่างการออกกำลังกายจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ และการหดตัวของกล้ามเนื้อ พบว่าการออกกำลังกายจะทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นได้ถึง 39-40°C โดยขึ้นอยู่กับกับอัตราการใช้พลังงานหรือระดับงานที่ทำ

ประโยชน์ของอุณหภูมิร่างกายที่เพิ่มสูงขึ้น

1. เพิ่มการระบายความร้อนออกจากร่ายกายโดยการแผ่รังสี และการพาโดยไม่ต้องอาศัยเหงื่อ

2. เพิ่มความเร็วของปฏิกิริยาเคมี

3. เพิ่มประสิทธิภาพในการปลดปล่อยออกซิเจนจากเม็ดเลือดแดงไปสู่เนื้อเยื่อได้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม ความร้อนไม่ได้เป็นประโยชน์ต่อนักกีฬาเสมอไป อาจก่อให้เกิดโทษได้โดยเฉพาะถ้าอุณหภูมิร่างกายสูงขึ้นมากโดยไม่สามารถระบายความร้อนได้ทัน นักกีฬาที่จะออกกำลังกายท่ามกลางอากาศร้อนได้ทนจะต้องมีการปรับตัวเพื่อให้เกิดความเคยชิน และต้องมีการพัฒนามากลไกในการหลั่งเหงื่อเป็นอย่างดี

**ผลของการอบอุ่นร่างกาย (Warm up)**

ผลของการอบอุ่นร่างกายต่อสมรรถนะในการออกกำลังกายเป็นอย่างไรนั้นไม่ทราบ แต่พบว่าการอบอุ่นร่างกายก่อนเล่นกีฬาหรือออกำลังกายก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายหลายอย่าง ดังนี้

1. เพิ่มปริมาณเลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อ
2. ผ่อนคลายความตึงของกล้ามเนื้อ เป็นการเตรียมพร้อมกล้ามเนื้อเพื่อลดการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นระหว่างออกกำลังกาย
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการปลดปล่อยออกซิเจนจากเม็ดเลือดแดงให้กับเนื้อเยื่อที่ต้องการใช้พลังงาน
4. เพิ่มการกำซาบ (diffusion) ของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านผนังหลอดเลือด
5. ทำให้กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังหลอดเลือดคลายตัว ลดความหนืดของเลือด ลดแรงต้านทานของหลอดเลือด ทำให้เลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น

**ผลของการฝึก (Training effects)**

การออกกำลังกายเพียงชั่วครั้งชั่วคราวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในระยะสั้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะไม่ถาวรและจะกลับคืนสู่สภาพปกติเมื่อหยุดออกกำลังกาย แต่ถ้าออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ และต่อเนื่องเพียงพอจะทำให้ระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกายมีการปรับตัวในระยะยาว เรียกว่าเกิดผลของการฝึก (training effects) ผลของการฝึกจะเพิ่มประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โดยเพิ่มสมรรถนะสำรอง (reserve capacity) และลดความสูญเปล่าต่างๆ

ผลของการฝึกจะแตกต่างกันไปในแต่ละคน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดทางพันธุกรรม เพศ อายุ ชนิดของโปรแกรมการฝึก (เช่น ฝึกความแข็งแรง หรือฝึกความทนทาน) ความหนักเบา และความถี่ของการฝึก

การฝึกร่างกายโดยให้เกร็งกล้ามเนื้อต้านแรงในระยะเวลาสั้นๆ ไม่เกิน 1-2 นาที (anaerobic training) จะทำให้ใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวเร็ว (type II) มีขนาดใหญ่ขึ้น เพิ่มการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนเมตาบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) และมีผลทำให้กล้ามเนื้อหัวใจห้องซ้ายล่างหนาตัวขึ้นด้วย

การฝึกความทนทาน (endurance หรือ aerobic training) ทำได้โดยให้ออกกำลังกายหนักปานกลางถึงหนักมาก (โดยดูจากอัตราการเต้นของหัวใจ ให้เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 60-90 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) ออกกำลังกายต่อเนื่องนาน 20 นาที 3-5 วันต่อสัปดาห์ ผลของการฝึกชนิดนี้จะช่วยเพิ่มสมรรถนะในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2max$), เพิ่มปริมาณเลือดที่สูบฉีด

จากหัวใจใน 1 นาที (CO) และเพิ่มปริมาณเลือดที่สูบฉีดจากหัวใจต่อการบีบตัว 1 ครั้ง (SV) และมีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณของเอนไซม์ที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการ oxydation เพิ่มการสะสมไกลโคเจนและ myoglobin ในกล้ามเนื้อ เพิ่มจำนวน mitochondria ในเซลล์กล้ามเนื้อ และเพิ่มปริมาณหลอดเลือดฝอยในมันกล้ามเนื้อได้ นอกจากนี้ยังอาจทำให้ anaerobic threshold ของนักกีฬาที่มีการฝึกชนิดนี้เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงที่ถาวรถ้าปราศจากการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ สมรรถนะต่างๆจะลดลงถ้าหยุดฝึกเพียง 2 สัปดาห์ แต่จะสามารถกลับคืนมาได้ถ้าเริ่มทำการฝึกใหม่ ด้วยเหตุนี้นักกีฬาควรจะเริ่มเข้าโปรแกรมการฝึกซ้อมร่างกายเพื่อคืนสภาพ (reconditioning program) เป็นเวลาหลายเดือนก่อนเริ่มฤดูการแข่งขัน

2.2.4 ประโยชน์ของการออกกำลังกายที่มีผลทางด้านร่างกาย

1. ระบบหัวใจและการไหลเวียนเลือด การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอเป็นการเพิ่มปริมาณของเลือดให้ร่างกาย ช่วยปรับปรุงให้หลอดเลือดทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เปราะมีความยืดหยุ่นดี เพิ่มปริมาณการนำออกซิเจนในเส้นเลือด เพิ่มประสิทธิภาพการสูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ การแลกเปลี่ยนก๊าซในหลอดเลือดแดง เพิ่มความจุของหลอดเลือด ดังนั้นผลของการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจึงเป็นกลไกในการป้องกันโรคหัวใจ และช่วยทำให้โคเลสเตอรอลชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำลดลง ซึ่งไขมันชนิด LDL (Low Density Lipoprotein) นี้จะเป็นตัวสำคัญที่จะเกาะตามผนังหลอดเลือดทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือด และช่วยทำให้โคเลสเตอรอลชนิดที่มีความหนาแน่นสูงเพิ่มขึ้น ซึ่ง HDL (High Density Lipoprotein) มีจำนวนสูงขึ้นโอกาสที่จะเป็นโรคหัวใจและทำให้หัวใจขาดเลือดจึงน้อยลง นอกจากนี้การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องยังช่วยลดน้ำหนักตัว ลดไขมันที่ สะสมในร่างกายมีผลทำให้ความดันโลหิตลดลง ลดอัตราการเต้นของหัวใจขณะหยุดพักหลังออกกำลังกาย

2. ระบบหายใจ การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอทำให้ทรวงอกขยายใหญ่ กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หายใจมีความแข็งแรงทำงานได้ดีขึ้นทำให้ปริมาณอากาศที่หายใจเข้าหรือหายใจออกแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น และเพิ่มปริมาตรอากาศที่หายใจออกเต็มที่ภายหลังหายใจเข้าเต็มที่ถึงร้อยละ 20 ทำให้อัตราการหายใจช้าลงความลึกของการหายใจเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ปริมาตรการไหลเวียนเลือดเข้าสู่ปอดได้ดีขึ้น มีการใช้ออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มความทนทานและความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมการออกกำลังกาย และกิจกรรมการทำงานต่างๆ ในชีวิตประจำวัน

3. ระบบภูมิคุ้มกันและสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลที่ผิดปกติได้

และเพิ่มการไหลเวียนของเม็ดเลือดขาวชนิดโคไซด์ ลดปัจจัยเสี่ยงการเป็นมะเร็งเต้านม มะเร็งทางระบบอวัยวะสืบพันธุ์ ช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้

4. ระบบต่อมไร้ท่อและการเผาผลาญอาหาร การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะกระตุ้นให้ต่อมหมวกไตมีการหลั่งฮอร์โมนอีปิเนฟรีน และนออีปิเนฟรีนมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสรีรภาพ คือ หัวใจจะเต้นถี่และแรงขึ้น เลือดไปสู่ทางลัดที่ต้องการเลือดมาเลี้ยงมากๆ เช่น กล้ามเนื้อหัวใจ การสลายตัวของไกลโคเจนเพิ่มขึ้นในตับ และในกล้ามเนื้อลายมีการละลายไขมัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้ร่างกายมีพลังงานเพิ่มขึ้นให้สมดุลกับพลังงานที่ต้องใช้ในการออกกำลังกาย เพิ่มการเผาผลาญอาหาร และหลั่งแคลทีโคลามีน และกลูคากอนเพิ่มขึ้น ลดระดับอินซูลินในกระแสเลือด ซึ่งมีผลต่อการลดภาวะเสี่ยงของโรคเบาหวาน

5) ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอทำให้กระดูก กระดูกอ่อนและข้อต่างๆ แข็งแรงขึ้น ได้แก่ กล้ามเนื้อ เอ็นจะมีความสามารถในการยืดและหดตัวได้ดี ข้อต่อจะสามารถเคลื่อนไหวได้ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว หรือเคลื่อนไหวได้มากกว่าปกติ เมื่อองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยในการเคลื่อนไหวนี้แข็งแรง อัตราที่บาดเจ็บจากการออกกำลังกายหรืออุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันก็ลดน้อยลงและกลับจะทำให้สมรรถภาพทางกายในทุกๆด้านดีขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ กล้ามเนื้อแข็งแรงและพลังงานดีขึ้น มีการสะสมสารต่าง ๆ เพิ่มขึ้น หลอดเลือดฝอยมีการกระจายในกล้ามเนื้อมาก ทำให้กล้ามเนื้อสามารถรับออกซิเจนได้มากขึ้น และขณะที่พักกล้ามเนื้อจะทำงานอย่างประหยัด ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรง นอกจากนี้ การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะสามารถช่วยป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุนได้ชะลอความเสื่อมของกระดูก

6. ระบบประสาท การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอทำให้การทำงานของสมองมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น มีการสั่งงานให้กล้ามเนื้อต่างๆ ทำงานประสานกันได้ดี และยังทำให้อวัยวะต่างๆ ที่ควบคุมด้วยประสาทอัตโนมัติทำงานได้ดี เพราะการออกกำลังกายจะไปกระตุ้นให้ต่อมแอลดรีนั่ลหลั่งสารนอร์แอดดรีนาลีน และแอดดรีนาลีนออกมาสารนี้จะไปกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติอีกต่อหนึ่งส่งผลให้เหงื่อออกมาทำให้อุณหภูมิของร่างกายลดลง เพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจส่งผลให้เพิ่มปริมาณออกซิเจนในส่วนต่างๆของร่างกาย เพิ่มการถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์ เพิ่มการถ่ายเทของเสียจากการเผาผลาญ และเพิ่มอาหารให้แก่กล้ามเนื้อ

7. ระบบทางเดินอาหาร การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดอาการท้องผูก เพราะขณะที่มีการออกกำลังกายอาหารจะผ่านทางเดินลำไส้ค่อนข้างเร็ว และทำให้ร่างกายมีการปล่อยสารแมกนีเซียมออกมาในลำไส้ ซึ่งแมกนีเซียมมีฤทธิ์ช่วยเป็นยาระบาย และการออกกำลังกายยังลดความเสี่ยงที่ทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร เพราะว่าในขณะที่ยังออกกำลังกายไม่เต็มที่นั้นจะช่วยลดการหลั่งกรดของกระเพาะอาหารทั้งยังลดการเกิดนิ่วในถุงน้ำดีที่เกิดจากโคเลสเตอรอล

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ประโยชน์ของการออกกำลังส่งผลต่อทุกระบบในร่างกาย ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการออกกำลังกายนั้น และควรออกกำลังกายเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ

**2.3 การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง**

2.3.1 การออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

ในปัจจุบัน Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (K/DOQI) guideline ถือว่าการออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์มากมายพิสูจน์ให้เห็นถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายในผู้ป่วยกลุ่มนี้ แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายของแพทย์ให้กับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังยังมีอัตราที่ต่ำ จากการสำรวจในอายุรแพทย์โรคไต 505 รายราย มีเพียงร้อยละ 38 ที่สั่งการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเกือบทุกครั้ง และสาเหตุสำคัญที่อายุรแพทย์โรคไตให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายมีอัตราที่น้อยนั้น เกิดจากการขาดความมั่นใจในการให้คำแนะนำเรื่องการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง และความรู้ทางด้านการออกกำลังกายและการสั่งการออกกำลังกายของแพทย์ที่ได้รับขณะเรียนในโรงเรียนแพทย์มักไม่พอเพียงบทความนี้จะกล่าวถึงความสามารถทางกายภาพที่ลดลงในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ประโยชน์ของการออกกำลังกาย การประเมินผู้ป่วยก่อนออกกำลังกาย และวิธีการสั่งการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง โดยจะสอดแทรกความรู้พื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาร่วมไปด้วย (เมษัณฑ์ ปรมาธิกุล และอรรถพล ศรีวัฒนะ, ม.ป.ป.)

ตามแนวทางการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง แบ่งการออกกำลังกายเป็น 2 แบบคือ ไม่ได้รับการฟอกไตและได้รับการฟอกไต ซึ่งในกลุ่มไม่ได้รับการฟอกไตจะสามารถออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระดับพื้นฐานถึงระดับปานกลางหรือเทียบได้กับระดับ 40% หรือ 60% ของความสามารถในการออกกำลังกาย ($VO_2max$) ในระยะเวลาประมาณ 30-45 นาทีต่อวัน (หรือผู้ป่วยสามารถออกกำลังกายได้) โดยการออกกำลังกายนี้สามารถกระทำได้ในจำนวน 3-5 วันต่อสัปดาห์ ให้มีรูปแบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีแรงกระแทกต่ำ เช่น การเดิน การวิ่งช้าๆ การก้าวขึ้นลงบันได ได้แก่ การวิ่งบนลู่วิ่ง การทำสวน การเต้นรำเข้าจังหวะ การปั่นจักรยาน โดยการฝึกออกกำลังกายแอโรบิกนั้นจะสามารถเพิ่มเวลาการออกกำลังกายได้ตามความเหมาะสมของผู้ป่วยแต่ละราย (Smart et al., 2013; Kirkman, Lennon-Edwards, & Edwards, 2014; Milam, 2016) ส่วนการออกกำลังกายที่เหมาะสมในผู้ที่เป็นโรคไตเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมคือ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยการปั่นจักรยานชนิดอยู่กับที่ในขณะฟอกเลือดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย และในวันที่ไม่ได้รับการฟอกเลือดหรือในช่วง 1-2 ชั่วโมงแรกของการฟอกเลือด (ACSM, 2010) ให้ออกกำลังกายแบบแอโรบิก แบบเพิ่มแรงต้าน และ

แบบเพิ่มความยืดหยุ่น ความถี่ 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ มีความหนักอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางโดยประเมินจากระดับการรับรู้ความเหนื่อยของบอร์กอยู่ในช่วง 11-14 และใช้เวลาอย่างน้อย 20-60 นาที ดังภาพที่ 13 และ 14

Guidelines for aerobic and resistance exercise prescriptions in ESKD patients undertaking (non-nocturnal) haemodialysis.

| | ESKD inter-dialysis | ESKD intra-dialysis | Non-dialysis |
|---|---|---|---|
| Aerobic | | | |
| Session duration | Build up to 30–45 min | Build up to 30–45 min | Build up to 30–45 min |
| Session timing | Non-dialysis days | During first 2 h of dialysis | According to patient needs |
| Intensity (% max. HR) or RPE (6–20 point scale) | 55–70% max HR, RPE 11–13 Moderate (preferably >60% max HR) | 55–70% max HR, RPE 11–13 moderate (preferably >60% max HR) | 55–90% max HR, RPE 11–16 moderate to vigorous (60–90% max HR) |
| Weekly duration | Up to 180 min | Up to 180 min | Up to 180 min |
| Modality | Walking/cycling/other | Cycling while seated using arm or leg ergometer | Walking/jogging/cycling/other |
| Resistance* | | | |
| Initial frequency per week | Two non-consecutive days | Two non-consecutive days | Two non-consecutive days |
| Different muscle groups/exercises | 8–12 exercises prioritizing major muscle groups | Up to 12, as many as practical in dialysis session | 8–12 exercises (major muscles) |
| Initial volume | 1 set to fatigue, 12–15 reps or 60–70% Repetition Maximum | 1 set to fatigue, 12–15 reps or 60–70% Repetition Maximum | 1 set to fatigue, 10–15 reps or 60–70% repetition maximum |
| Timing | Non-dialysis days | Before or during dialysis | As comfortable |
| Modality | Weight-bearing activity, thera-bands, weight cuffs, light dumbbells, weight machines | Weight-bearing activity, thera-bands, weight cuffs, light dumbbells – as practical in dialysis | Weight-bearing activity, thera-bands, machine and free weights. |
| Indications | Cachexia, poor bone density, low BMI or lean body mass | Cachexia, poor bone density, low BMI or lean body mass | Cachexia, poor bone density, low BMI or lean body mass |
| Flexibility | 5–7 days per week for a duration of about 10 min per session. Where possible combine with aerobic or resistance exercise session and include balance exercises for those at risk of falls. | | |

*Both resistance and aerobic activity should be completed (although not necessarily in the same session); recommendations assume no contraindications to exercise.
*Abbreviations*: Reps, repetitions; BMI, body mass index; RPE, rate of perceived exertion; HR, heart rate.

ภาพที่ 13 แนวทางการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

ที่มา : Smart et al (2013)

**Exercise Recommendations**

| Type | Frequency | Intensity | Duration |
|---|---|---|---|
| Aerobic exercise involves rhythmic activity of large muscle groups that can be continuously maintained. Examples include walking, jogging, cycling, rowing, and swimming.<br>Goal: increase physical fitness; reduce cardiovascular risk | ≥5 d/wk | Moderate to hard (RPE 12-15; noticeable increases in heart rate and breathing) | ≥30 min |
| Resistance exercises use weight or resistance using free weights, weight machines, resistance bands, medicine balls, or your own body weight.<br>Goal: increase muscle mass and muscle strength | 2-3 d/wk (nonconsecutive days) | Moderate to hard (RPE 12-15; 60%-80% one repetition maximum) | 8 to 10 exercises targeting upper and lower body large muscle groups, 10 to 15 repetitions |
| Flexibility exercises can be static (eg, bending over to touch your toes with out bending your knees) or dynamic (eg, high knees or back kicks).<br>Goal: increase range of motion; reduce exercise-related injury risk | ≥2 d/wk (perform on the same days as aerobic or resistance exercises) | | 10 min targeting major muscle groups. Hold each static stretch for 10 to 30 s. Repeat each stretch 3 to 4 times |
| Balance exercises include walking backwards, heel toe walking in a straight line, or standing on one leg at a time.<br>Goal: fall prevention | ≥3 d/wk | | |

Based on American Heart Association and American College of Sports Medicine recommendations for physical activity in older adults.[7]

ภาพที่ 14 คำแนะนำการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

ที่มา : Kirkman et al (2014)

2.3.2 ประโยชน์ของการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง

1. สมรรถภาพทางกายดีขึ้น โดยปกติการวัดสมรรถภาพทางกาย จะวัดโดยการตรวจสมรรถภาพทางกายด้วยลู่วิ่งหรือจักรยาน และดูค่าความสามารถสูงสุดของร่างกายในการนำออกซิเจนไปใช้ (Maximum Ventilatory Oxygen Consumption: $VO_2$max หน่วยเป็น $mlO_2$/kg/min) จากการศึกษาในคนปกติพบว่า ค่า $VO_2$max ที่เพิ่มขึ้น 3.5 $mlO_2$/kg/min หรือ 1 METs จะลดอัตราการตายจากโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ประมาณร้อยละ10 จากการศึกษาของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง/ไตวาย พบว่าค่า $VO_2$max จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20-30 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนที่จะเริ่มออกกำลังกาย คล้ายกับคนสุขภาพดีทั่วไป (Gould, Graham-brown, Watson, Viana, & Smith, 2014)

2. ปริมาณความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมักมีภาวะโลหิตจางร่วมด้วย สาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องจากการสร้างเม็ดเลือดแดงลดลงและการทำลายเพิ่มขึ้นจากภาวะของเสียต่างๆที่คั่งในร่างกาย จากการศึกษาบางการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายจะเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบินได้ร้อยละ 16-34 และเพิ่มปริมาณฮีมาโตคริตได้ ร้อยละ 27-37 โดยเป็นผลจากการเพิ่มปริมาณและอายุขัยของเม็ดเลือดแดง โดยปริมาณพลาสม่าไม่เปลี่ยนแปลง

3. ความดันโลหิตลดลง ในคนปกติการออกกำลังกายจะช่วยลดความดันโลหิตได้ทั้งความดันซิสโตลิกและไดแอสโตลิกประมาณ 3/3 มิลลิเมตรปรอท จากการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ความดันโลหิตอาจจะลดลงได้มากถึง 31/19 มิลลิเมตรปรอท จากการออกกำลังกายประมาณ 14 เดือน

4. ระดับไขมันในเลือด โดยส่วนใหญ่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมักจะมีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงและระดับเอชดีแอลต่ำ (HDL, High density lipoprotein) จากการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายจะช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ และระดับวีแอลดีแอล (VLDL, Very low density lipoprotein) ได้และระดับเอชดีแอลอาจจะเพิ่มขึ้น

5. ระดับน้ำตาลในเลือด มีการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยเบาหวานที่เป็นโรคไตเรื้อรัง

6. ควบคุมน้ำหนัก

7. เพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มมวลของกล้ามเนื้อ ทำให้ทำกิจวัตรประจำวันต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

2.3.3 การสั่งการรักษาด้วยการออกกำลังกาย

การกำหนดแนวทางวิธีดำเนินการในการออกกำลังกายและการทดสอบสำหรับแต่ละบุคคล (Exercise Testing and Prescription for Individual) (American College of Sports Medicine., 2013)

Exercise Prescription หมายถึง การกำหนดแนวทางหรือวิธีดำเนินการออกกำลังกายที่จะแนะนำให้แก่บุคคลที่เข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกายได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องเหมาะสม โดยมีหลักเกณฑ์ในการแนะนำอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาวะร่างกายของแต่ละบุคคล และมีการกำหนดหรือระบุชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย ความหนักของงาน ระยะเวลา ความบ่อยหรือความถี่ และความก้าวหน้าของกิจกรรมการออกกำลังกาย

1) จุดมุ่งหมายของ Exercise Prescription

จุดมุ่งหมายของการกำหนดแนวทางหรือวิธีการดำเนินการออกกำลังกายนั้น จะต้องคำนึงถึงความสนใจ ความต้องการ และพื้นฐานทางสภาวะสุขภาพของแต่ละบุคคลมีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เป็นการเพิ่มพูนหรือเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย

2. เป็นการสร้างเสริมสุขภาพ และลดอัตราการเสี่ยงต่อโรคที่จะเกิดขึ้นในอนาคต หรือป้องกันการกลับคืนมาของโรค

3. เป็นการประกันความปลอดภัยแก่บุคคลนั้นในขณะที่ออกกำลังกาย (American College of Sports Medicine, 1995)

การกำหนดแนวทางหรือวิธีการดำเนินการออกกำลังกาย จะถูกกำหนดเป็นโปรแกรมการออกกำลังกายที่ชัดเจน สามารถที่ปฏิบัติได้ง่ายและโปรแกรมการออกกำลังกายที่ดีนั้นควรจะเป็นลักษณะที่เรียกว่า Well-rounded exercise program ซึ่งจะประกอบด้วย

3.1 กิจกรรมการออกกำลังกายที่เป็นแบบแอโรบิก ทั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและรักษาสภาพของสมรรถภาพทางกายด้านระบบไหลเวียนเลือด และการหายใจ (Cardiorespriatory fitness)

3.2 ควรจะมีการกำหนดแนวทางการออกกำลังกายสำหรับการควบคุมน้ำหนัก (Weight control) ที่เหมาะสม

3.3 จะต้องมีกิจกรรมที่ฝึกความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (Strength and muscular endurance activity)

3.4 ควรจะต้องมีกิจกรรมที่ฝึกความอ่อนตัว (Flexibility)

การกำหนดแนวทางวิธีดำเนินการในการออกกำลังกายสำหรับการพัฒนาและรักษาสภาพสมรรถภาพทางกายด้านระบบไหลเวียนโลหิต และหายใจ (Exercise prescription for cardio respiratory fitness) (Blair et al., 2013)

สิ่งที่สำคัญที่จะต้องคำนึงถึงและเป็นหลักการในการกำหนดแนวทาง วิธีดำเนินการในการออกกำลังกาย สำหรับการพัฒนา และรักษาสภาพสมรรถภาพทางกายด้านระบบไหลเวียนเลือดและหายใจ ดังนี้

1. ความหนักของงาน (Intensity)

การกำหนดหรือประมาณความหนักของงาน สำหรับการออกกำลังกายวิธีการที่นิยมและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป สามารถกำหนดได้ 3 วิธีคือ

1. กำหนดความหนักของงานจากปริมาณการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (Oxygen consumption: $VO_2$ หรือ metabolic equivalent: METs) มีหน่วยการวัดเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

METs หมายถึง อัตราความสามารถในการใช้ออกซิเจนในสภาวะพัก (Resting metabolic rate) 1 METs มีค่าเท่ากับ 3.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

2. กำหนดความหนักของงานจากอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) มีหน่วยการวัดเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

3. กำหนดความหนักของงานจากอัตราการรับรู้ ที่เราเรียกว่า Rating of Perceived Exertion (RPE) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Borg Scale

**การกำหนดความหนักของงานจากปริมาณการใช้ออกซิเจน**

โดยทั่วไปแล้วบุคคลที่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ดีมีประสิทธิภาพหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับขบวนการทางสรีรวิทยาของแต่ละบุคคล ดังนี้

1. ความสามารถในการระบายอากาศ
2. การฟุ้งกระจายของออกซิเจนจากถุงลมปอดเข้าไปสู่หลอดเลือด
3. ความสามารถในการทำงานของหัวใจ
4. การไหลเวียนของเลือดไปสู่กล้ามเนื้อ
5. ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะนำเอาออกซิเจนจากเลือดไปใช้ให้เป็นประโยชน์

ดังนั้น บุคคลที่มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนได้ดีนั้น จะมีการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่สูง และจะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen consumption: $VO_2$ max) สูงด้วย

การกำหนดความหนักของงานที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 50-85 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคล (50-85% $^{o}VO_2$ max)

ในการกำหนดความหนักของงานสำหรับแต่ละบุคคล โดยทั่วไปแล้วสำหรับวัยผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดีจะกำหนดความหนักของงานประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (60-70% $^{o}VO_2$ max) และบุคคลที่มีความสามารถของร่างกายต่ำ (low functional capacity) จะกำหนดความหนักของงานประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (<40-60% $^{o}VO_2$max) สำหรับบุคคลที่มีความผิดปกติ เช่น บุคคลที่มีปัญหา

เกี่ยวกับกระดูก ความอ้วน ควรเลือกความหนักของงานในระดับต่ำ (ต่ำกว่า 40% $^{o}VO_2max$) และสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่ใช่นักกีฬาควรจะเลือกความหนักของงานโดยเฉลี่ยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (70% $^{o}VO_2max$)

การแบ่งระดับความหนักของงาน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ

ระดับที่ 1 ระดับความหนักของงานต่ำ (Low exercise intensity) จะมีระดับความหนักของงานต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (<40% $^{o}VO_2$ max)

ระดับที่ 2 ระดับความหนักของงานปานกลาง (Moderate exercise intensity) จะมีระดับความหนักของงานระหว่าง 40-60 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (40-60% $^{o}VO_2$ max)

ระดับที่ 3 ระดับความหนักของงานสูง (Vigorous or High exercise intensity) จะมีระดับความหนักของงานมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (>60% $^{o}VO_2$ max)

**การกำหนดความหนักของงานจากอัตราการเต้นของหัวใจ**

การกำหนดความหนักของงานจากอัตราการเต้นของหัวใจ ก่อนอื่นจะต้องทราบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของแต่ละบุคคลเสียก่อน การหาอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal heart rate) สามารถหาได้หลายวิธีคือ

1. จากการทดสอบด้วยวิธีการออกกำลังกาย (Graded Exercise Testing: GXT)
2. จากการวิ่ง 12 นาทีหรือ 1.5 ไมล์
3. จากสูตร 220-อายุ
4. จากตารางที่กำหนดให้ โดยแบ่งแยกตามเพศและอายุ

ในการหาอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในแต่ละวิธีที่กล่าวมานี้ วิธีที่ง่ายสะดวกและเป็นที่นิยมใช้กันคือ วิธีที่ 3 จากสูตร 220-อายุ และในวิธีที่ 2 จากการวิ่ง 12 นาที หรือ 1.5 ไมล์ ไม่ควรจะนำไปใช้กับผู้ที่เริ่มต้นออกกำลังกาย หรือผู้ที่มีอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจโคโรนารี่สูง ส่วนวิธีที่ 1 จากการทดสอบด้วยวิธีการออกกำลังกายนั้นค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน แต่ก็ให้ค่าที่แม่นยำกว่าทุกๆ วิธี และวิธีที่ 4 เป็นวิธีโดยประมาณเท่านั้น ความแม่นยำในการวัดน้อยกว่าวิธีอื่นๆ

**การกำหนดความหนักของงานจากอัตราการรับรู้**

วิธีการนี้เป็นการหาอัตราการรับรู้ของความหนักของงานได้รับการพัฒนาโดย กันเนอร์ บอร์ก (Gunnar Borg) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านจิตวิทยาแห่งมหาวิทยาลัยของกรุงสต๊อกโฮม ประเทศสวีเดน โดยค้นพบว่า ความหนักของงานในการออกกำลังกาย ซึ่งสามารถจะบอกได้ด้วย

อัตราการเต้นของหัวใจนั้น สามารถที่จะบันทึกได้โดยบ่งบอกถึงความรู้สึกหรือบอกถึงการรับรู้ของความหนักงาน หรือสามารถตอบสนองกับการรับรู้ความหนักของงานที่กระทำอยู่นั้นได้ ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า Ratings of Perceived Exertion: RPE) ได้กำหนดระดับความหนักของงานตามอัตราการรับรู้ไว้ครั้งแรกมี 15 ระดับ และมีช่วงของคะแนนจาก 6 ถึง 20 ต่อมาได้เปลี่ยนแปลงอัตราการรับรู้เป็น 0-10 ดังนี้

**ตารางที่ 4** ระดับความหนักของงานตามอัตราการรับรู้

| The original RPE scale | | การรับรู้ | | New RPE scale |
|---|---|---|---|---|
| 6 | no exercise | ไม่มีการรับรู้อะไรเลย | 0 | Nothing at all |
| 7 | very, very light | เบามาก ๆ | 0.5 | very, very weak |
| 8 | | | 1 | very weak |
| 9 | very light | เบามาก | 2 | weak light |
| 10 | | | 3 | moderate |
| 11 | airly light | เบา | 4 | somewhat strong |
| 12 | | | 5 | strong (heavy) |
| 13 | somewhat hard | บางครั้งก็หนัก | 6 | |
| 14 | | | 7 | very strong |
| 15 | hard | หนัก | 8 | |
| 16 | | | 9 | |
| 17 | very hard | หนักมาก (เกือบจะสูงสุด) | 10 | very, very strong |
| 18 | | | | (almost max) |
| 19 | very, very hard | | | maximal |
| 20 | maximal exercise | | | |

ที่มา : Pollock & Wilmore (1990)

ความสัมพันธ์ของอัตราการรับรู้ (RPE scale) นี้มีความสัมพันธ์กับความเมื่อยล้า นอกจากนี้ก็ยังมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางสรีรวิทยาคือ อัตราการเต้นของหัวใจ ระดับของกรดแลคติคในเลือด ความสามารถในการใช้ออกซิเจน และความสามารถในการระบายอากาศ

การใช้อัตราการรับรู้ในการกำหนดความหนักของงานนี้ จะนิยมใช้ควบคู่กับวิธีการกำหนดความหนักของงานจากอัตราการเต้นของหัวใจและจากปริมาณการใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ โพลล็อค, ฟอสเตอร์, โรด และ วิเบิล (Pollock, Foster, Rod and Wible, 1982, quoted in Pollock and Wilmore, 1990) ได้พบว่าวัยหนุ่มสาวที่มีสุขภาพดี อัตราการรับรู้สูงสุดจะเป็น 19 วัยกลางคนที่มีสุขภาพดีจะเป็น 18 และผู้ที่เป็นโรคหัวใจจะเป็น 17 ส่วน อัตราการรับรู้จากการใช้การกำหนดระดับความหนักงานเป็น 15 ระดับ นั้นพบว่า อัตราการรับรู้ที่ระดับ 12-13 จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจที่ 60 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการรับรู้ที่ระดับ 16 จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจที่ 85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (American College of Sports Medicine, 1991)

**ตารางที่ 5** การจำแนกความหนักของงานในการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลา 30-60 นาที

| **ความสัมพันธ์ของความหนักของงาน** | | **การจำแนก** | |
|---|---|---|---|
| **$HR_{max}$** | **$VO_2max$ หรือ $HR_{max}$ reserve** | **RPE** | **ความหนักของงาน** |
| น้อยกว่า 35% | น้อยกว่า 30% | น้อยกว่า 10 | เบามาก |
| 35-59% | 30-49% | 10 – 11 | เบา |
| 60-79% | 50-74% | 12 – 13 | ปานกลาง |
| 80-89% | 75-84% | 14 – 16 | หนัก |
| มากกว่าหรือ | มากกว่าหรือ | มากกว่า 16 | หนักมาก |
| เท่ากับ 90% | เท่ากับ 85% | | |

ที่มา : Pollock & Wilmore (1990)

2. ระยะเวลา (Duration)

ระยะเวลาของการออกกำลังกาย ควรจะใช้ระยะเวลาประมาณ 15-30 นาที ทั้งนี้จะไม่รวมระยะเวลาสำหรับช่วงการอบอุ่นร่างกาย และช่วงผ่อนคลาย แต่โดยทั่วๆไปแล้วจะใช้ระยะเวลาของการออกกำลังกายประมาณ 20-30 นาที และการออกกำลังกายจะเป็นลักษณะที่ต่อเนื่องกัน หรือไม่ต่อเนื่องก็ได้ ทั้งนี้กิจกรรมที่ออกกำลังกายนี้จะต้องเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิค กล่าวคือ จะต้องเป็นการออกกำลังกายที่ร่างกายมีการใช้พลังงานในการทำงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจน นอกจากนี้การออกกำลังกายที่ใช้เวลาเพียง 5-10 นาที นั้นจะต้องใช้ความหนักของงานสูงมากกว่า 90% $VO_2$ max จึงจะเกิดการพัฒนาได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม

การใช้ความหนักของงานสูงและใช้ระยะเวลาสั้นนั้น บางครั้งอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับบุคคลทั่วๆ ไป และอาจจะทำให้เกิดการบาดเจ็บของกระดูก กล้ามเนื้อ และข้อต่อได้ง่ายกว่าการใช้ความหนักของงานที่ต่ำหรือปานกลาง แต่ใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายนานมากขึ้น

สำหรับบุคคลที่มีขีดจำกัดของร่างกายคือ มีอาการแสดงออกที่บ่งบอกถึงอาการของโรค (Symptomatic) และบุคคลที่ไม่ปรากฏอาการ (Asymptomatic) แต่มีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคการออกกำลังกายเป็นระยะเวลาประมาณ 20-30 นาที และมีความหนักของงานระดับปานกลาง คือ ประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (40-60% $^{O}VO_2$ max) จะมีความเหมาะสมมากโดยเฉพาะในระหว่างสัปดาห์แรกของการออกกำลังกาย นอกจากนี้การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระยะเวลา และระดับความหนักของงานนั้นจะต้องคำนึงถึงพื้นฐานความสามารถในการทำงานของร่างกาย (Function capacity) ของแต่ละคน ตลอดจนสภาวะสุขภาพเป้าหมาย เช่น ต้องการลดน้ำหนัก และผลของการตอบสนองที่เฉพาะเจาะจง ของกิจกรรมการออกกำลังกายนั้นๆ โดยปกติแล้วระยะเวลาในการออกกำลังกาย อาจจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยจาก 20 นาทีถึง 45 นาที ได้ในระหว่างระยะเริ่มต้น (The initial stage) ของโปรแกรมการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตามควรจะเพิ่มระยะเวลาก่อนที่จะเพิ่มความหนักของงาน

3. ความบ่อย (Frequency)

ความบ่อยหรือความถี่ของการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับความหนักของงานและระยะเวลาของการออกกำลังกายด้วย ความบ่อยของการออกกำลังกายที่เหมาะสมประมาณ 3–5 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับความต้องการ ความสนใจ และความสามารถในการทำงานของร่างกาย

4. ชนิดของกิจกรรมการออกกำลังกาย (Mode of physical activity)

กิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกาย ต้องเป็นกิจกรรมที่มีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ (Large muscle group) และเป็นกิจกรรมการออกกำลังกายที่เป็นลักษณะแบบแอโรบิค เช่น การเดิน การวิ่งเหยาะๆ ว่ายน้ำ กระโดดเชือก กรรเชียงเรือ ปั่นจักรยาน เต้นรำ แอโรบิก เป็นต้น ทั้งนี้ ต้องใช้เวลาในการประกอบกิจกรรมนานๆ จึงจะเกิดประโยชน์

หลักในการสั่งการรักษาด้วยการออกกำลังกายจะคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้ (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2551)

1) มีข้อห้ามในการออกกำลังกายหรือไม่

2) มีข้อระวังเพิ่มเติมหรือไม่ เนื่องจากผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบมักมีโรคประจำตัวหลายโรคซึ่งอาจจะมีผลต่อการสั่งการรักษาด้วยการออกกำลังกาย เช่น ผู้ป่วยเบาหวานที่มีระดับน้ำตาลสูงกว่า 300 mg/100ml ไม่ควรออกกำลังกาย หรือถ้าผู้ป่วยน้ำหนักเกินมีอาการปวดเข่าไม่ควรออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักที่เข่า เป็นต้น

3) สั่งการรักษาด้วยการออกกำลังกาย ซึ่งประกอบด้วย

1. ประเภทการออกกำลังกาย ผู้ป่วยโรคไตสามารถออกกำลังกายได้เหมือนคนทั่วไป (ยกเว้นการว่ายน้ำในผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องซึ่งอาจจะมีปัญหาด้านการติดเชื้อได้) แต่ต้องระวังการออกกำลังกายที่จะมีผลต่อการลดการไหลของเลือดในตำแหน่งของหลอดเลือดที่ใช้ล้างไตโดยตรง (เช่น วางน้ำหนักตรงตำแหน่งหลอดเลือด) การงดออกกำลังในส่วนของแขนหรือขาที่มีการเจาะหลอดเลือดที่ใช้ล้างไตอาจจะเป็นข้อห้ามในระยะแรกของการทำผ่าตัดหลอดเลือด (6-8 สัปดาห์) แต่หลังจากนั้นการออกกำลังกายในส่วนของร่างกายดังกล่าวสามารถทำได้ และจะช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิตและความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออีกด้วย

2. การเลือกเวลาและสถานที่ในการออกกำลังกายผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ได้รับคำแนะนำในการออกกำลังกายอย่างถูกต้องแล้วสามารถออกกำลังกายที่บ้านได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการออกกำลังกายแบบเบาจาก American College of Sports Medicine แนะนำว่าผู้ป่วยโรคไตเป็นกลุ่มที่จัดอยู่ในความเสี่ยงสูง ที่ควรจะมีการตรวจประเมินโดยแพทย์ก่อนเริ่มออกกำลังกายในระดับปานกลางหรือหนัก และควรได้รับการดูแลจากบุคลากรที่เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายและ/หรือบุคลากรทางการแพทย์ในขณะที่ออกกำลังกาย ส่วนมูลนิธิโรคไตประเทศสหรัฐอเมริกา (National Kidney Foundation) แนะนำว่าผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ต้องล้างไตทุกรายควรออกกำลังกายหรือมีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น โดยต้องพิจารณาว่าผู้ป่วยรายใดเหมาะสมที่จะออกกำลังกาย โดยมีบุคลากรทางการแพทย์ที่เชี่ยวชาญเฉพาะด้านดูแลเป็นพิเศษ เช่น ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มีโรคหัวใจควรได้รับการดูแลจากบุคลากรฟื้นฟูหัวใจ เป็นต้น ถ้าไม่มีข้อจำกัดทางหัวใจอาจจะส่งต่อให้เข้าร่วมโปรแกรมฟื้นฟูสมรรถภาพทั่วไปได้

สรุปได้ว่า ผู้ป่วยโรคไตมีระยะของโรคที่แตกต่างกันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1–2 สามารถออกกำลังกายได้ปกติ แต่ผู้ป่วยระยะที่ 3–4 ควรสอนให้ออกกำลังเป็นเฉพาะบุคคล ส่วนผู้ป่วยระยะที่ 5 ควรดูกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยเป็นสำคัญ และมีญาติในการดูแลระหว่างออกกำลังกาย ฉะนั้นการประเมินสมรรถภาพทางด้านหัวใจและปอด การประเมินโรคที่เกี่ยวข้อง เช่น เบาหวานและความดันโลหิตสูง การประเมินยาที่ผู้ป่วยรับประทานอยู่ การประเมินความสามารถทางกายภาพจึงมีความสำคัญในการที่แพทย์จะสั่งการออกกำลังกายได้อย่างถูกต้อง

**2.4 สมรรถภาพทางกาย**

2.4.1 ความหมายของสมรรถภาพทางกาย

ความสามารถในการปฏิบัติภารกิจประจำ ด้วยความกระฉับกระเฉงและตื่นตัวโดยไม่รู้สึกเหนื่อยล้าเกินไปและยังมีพลังงานพอที่จะปฏิบัติกิจกรรมในเวลาว่างเพื่อการพักผ่อนและเผชิญกับภาวะฉุกเฉินที่ไม่คาดฝัน หรือ ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายระดับปานกลางถึงหนักโดย

ไม่รู้สึกเหนื่อยล้าเกินไปและคงคยามสามารถนี้ไปชั่วชีวิต (American College of Sports Medicine, 2002)

2.4.2 องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย

องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายสามารถที่จะจำแนกสมรรถภาพในแง่เป้าหมายได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1) เป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพหรือสมรรถภาพทางกายทั่วไป (Health-related Fitness) หรือองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่มีความสัมพันธ์กับสุขภาพ (Health-related Components of Physical Fitness) ได้แก่

1. สมรรถภาพในการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ (Cardiovascular Fitness) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของร่างกายอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะหัวใจ ปอด หลอดเลือด ซึ่งทำหน้าที่นำเอาออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่แต่ละบุคคลจะมีความในการใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption) ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับขบวนการทางสรีรวิทยาของแต่ละบุคคล ดังนี้

1.1 ความสามารถในการระบายอากาศ (Pulmonary ventilation)

1.2 การแพร่กระจายของออกซิเจนจากถุงลมปอดไปสู่หลอดเลือด (Diffusion of oxygen from lung to pulmonary capillary blood)

1.3 ความสามารถในการทำงานของหัวใจ (Cardiac Performance)

1.4 การไหลเวียนของเลือดไปสู่กล้ามเนื้อ (Redistribution of blood flow to skeletal muscle vascular beds)

1.5 ความสามารถของกล้ามเนื้อ ในการดึงเอาออกซิเจนจากเลือดไปใช้ให้เป็นประโยชน์ (Utilization of oxygen and extraction from arterial blood by contracting skeletal muscle)

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular Endurance) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อที่กระทำซ้ำๆ กัน ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นเวลานานเพียงพอที่จะทำให้ กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า

4. ส่วนประกอบของร่างกาย (Body Composition) หมายถึง ส่วนประกอบที่เป็นร่างกายซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นสองส่วนที่เรียกว่า มวลของไขมัน (Fat mass) และส่วนที่เรียกว่า มวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Fat-free mass)

5. ความอ่อนตัวของร่างกาย (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวตลอดช่วงของการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการยืดขยายของข้อต่อ อุณหภูมิของกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และมีความเกี่ยวข้องกับเอ็นยึดข้อ (Ligaments) และเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendons) ของข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย

2) เป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการกระทำหรือสมรรถภาพทางกายเฉพาะ (Performance-related Fitness) หรือองค์ประกอบสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับทักษะ (Skill-related Components of Physical Fitness) นอกจากสมรรถภาพทางกายทั่วไปหรือสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพจะรวมไปถึงองค์ประกอบอื่นๆ อีก ได้แก่

1. ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการควบคุมร่างกายในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว และมีเป้าหมาย

2. พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด ซึ่งกระทำในระยะเวลาที่สั้น และไม่เกิดความเมื่อยล้า

3. ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหว หรือเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในระยะเวลาที่สั้นที่สุด

4. การทรงตัว (Balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาความสมดุลของร่างกาย หรือควบคุมท่าทางของร่างกายทั้งในขณะอยู่นิ่งหรือขณะเคลื่อนที่

5. เวลาปฏิกิริยา (Reaction time) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ

6. การประสานสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular Coordination) หมายถึง ความสามารถในการทำงานร่วมกันของระบบประสาทกับกล้ามเนื้อ ในการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ สามารถทดสอบได้โดยการวัดปฏิกิริยาตอบสนอง ถ้าเวลาปฏิกิริยาตอบสนองสั้น แสดงว่าการทำงานร่วมกันระหว่างระบบประสาทกับกล้ามเนื้อดีมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ สมรรถภาพในทางของสรีรวิทยา (Physiology of Fitness Aspect) จะสามารถแบ่งองค์ประกอบของสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายได้เป็น 3 แบบ คือ

1. สมรรถภาพการทำงานของร่างกายแบบแอโรบิค (Aerobic Fitness) หรือสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ (Cardiovascular Fitness) หรือสมรรถภาพของระบบหัวใจและหายใจ (Cardiorespiratory Fitness)

2. สมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscular Fitness)

3. สมรรถภาพการทำงานของร่างกายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic Fitness)

2.4.3 ประโยชน์ของการทดสอบและประเมินความสมบูรณ์ของร่างกาย

1) เพื่อการวินิจฉัย (Diagnosis) ผลของการทดสอบ และประเมินสามารถนำไปวินิจฉัยว่าบุคคลแต่ละคนมีความบกพร่องของความสมบูรณ์ของร่างกาย และสมรรถภาพทางกายด้านใด เพื่อจะได้นำไปเป็นข้อมูลในการจัดโปรแกรมการฝึก เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายให้ดีขึ้นต่อไป

2) เพื่อเปรียบเทียบ (Assessment) การทดสอบสมรรถภาพทางกายแต่ละครั้ง สามารถนำผลการทดสอบมาใช้เป็นสิ่งเปรียบเทียบถึงความก้าวหน้าของการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนดและยังสามารถใช้เป็นสิ่งเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม หรือบุคคลได้เป็นอย่างดี

3) เพื่อการเป็นข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เมื่อมีการทดสอบสมรรถภาพทางกายแล้ว ผลการทดสอบจะเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ดี เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงโปรแกรมการฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายให้เหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

4) การแบ่งกลุ่ม (Classification) ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย สามารถนำมาใช้ในการแบ่งระดับสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล เพื่อจะได้นำไปจัดกลุ่มที่เหมาะสม และได้รับการฝึกตามโปรแกรมที่เหมาะกับระดับสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล

5) เพื่อการเป็นแรงจูงใจ (Motivation) ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายแต่ละครั้งจะบ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานสูงสุดของร่างกายในแต่ละด้าน ดังนั้น ในขณะที่ทำการทดสอบผู้ที่เข้ารับการทดสอบจะต้องตั้งใจ และพยายามอย่างเต็มที่ ซึ่งแบบทดสอบสมรรถภาพทางกายจึงเป็นสิ่งจูงใจต่อผู้เข้ารับการทดสอบที่จะได้แสดงออกถึงความสามารถของตนเองเพื่อนำไปสู่เป้าหมายสูงสุดที่ตนเองได้กำหนดไว้

2.4.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการปฏิบัติตนของผู้เข้ารับการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกาย

1) การรับประทานอาหารประจำวันให้ปฏิบัติตามปกติ ไม่ควรเปลี่ยนแปลง

2) ควรรับประทานอาหารก่อนการทดสอบอย่างน้อย 2-3 ชั่วโมง

3) งดการออกกำลังกายอย่างหนักก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

4) พักผ่อนให้เพียงพอ โดยเฉพาะการนอนหลับก่อนวันที่เข้ารับการทดสอบ อย่างน้อย 8 ชั่งโมง

5) เครื่องดื่มบำรุงกำลังต่างๆ จะต้องไม่เข้าสู่ร่างกาย อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

6) หลีกเลี่ยงการใช้ความคิดหนัก หรือพยายามอย่าให้เกิดความเครียด

7) งดยาที่ออกฤทธิ์อยู่นาน

8) ห้ามกินยาหรือสิ่งกระตุ้นใดๆ เช่น กาแฟ ชา บุหรี่ สุรา หรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ก่อนทำการทดสอบ

9) การแต่งกายของผู้เข้ารับการทดสอบ ควรสวมเสื้อผ้าที่หลวมสบายๆ ไม่หนา หรือบางจนเกินไป และสามารถระบายอากาศได้ดี สวมใส่ชุดกีฬาให้พร้อม รองเท้า ถุงเท้าให้เรียบร้อย

10) สถานที่ทำการทดสอบควรเป็นสถานที่ที่มีการถ่ายเทของอากาศได้ดี มีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 21-23 องศาเซลเซียส (70-74 องศาฟาเรนไฮต์) หรือน้อยกว่า และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์หรือน้อยกว่า

11) ต้องตั้งใจทำการทดสอบอย่างเต็มความสามารถ

12) ถ้ารู้สึกว่าไม่สบาย หรือมีอาการบาดเจ็บ หรือมีสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่มากระทบกระเทือนต่อการทดสอบจะต้องแจ้งให้ผู้ที่ทดสอบทราบ หรือหยุดกรณีที่ทำการทดสอบด้วยตนเอง

2.4.5 ประเภทการทดสอบสมรรถภาพ

1) ทดสอบการเดิน 6 นาที (6-minute walk test)

เป็นการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถภาพของระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบโลหิตระบบประสาทและจิตใจ และระบบกล้ามเนื้อ หรือเป็นการทดสอบเพื่อประเมินความสามารถในการทำกิจกรรม (function capacity) ของผู้ป่วย ซึ่งเป็นการทดสอบจากการทำกิจกรรมจริงๆ โดยให้ผู้ป่วยเดินเร็วๆ ในบริเวณที่กำหนด เป็นเวลา 6 นาที ระยะทางที่ผู้ป่วยเดินได้ใน 6 นาทีเรียกว่า Six Minute Walk Distance (6MWD) ก่อนและหลังการทดสอบ จะประเมินความเหนื่อยและสัญญาณชีพ และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือดเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง (ATS, 2002)

ข้อบ่งชี้ในการทำ 6MWT ได้กำหนดข้อบ่งชี้ ดังนี้ (อโนมา ศรีแสง, 2561)

1. ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการรักษา (pre-post treatment comparisons) ในผู้ป่วยดังนี้ หลังผ่าตัด Lung transplantation, หลังผ่าตัด Lung resection, หลังผ่าตัด Lung volume reduction surgery, ผู้ป่วยที่ฟื้นฟูสมรรถภาพปอด (Pulmonary rehabilitation), COPD, Pulmonary hypertension, Heart failure

2. เพื่อวัดระดับสมรรถภาพ (functional status) ในผู้ป่วยที่เป็นโรคต่างๆ ดังนี้ COPD, Cystic fibrosis, Heart failure, Peripheral vascular disease, Fibromyalgia, ผู้ป่วยสูงอายุ

3. เพื่อพยากรณ์ความเจ็บป่วย (morbidity) และการเสียชีวิต (mortality) ในผู้ปู่วยที่เป็นโรคต่างๆ ดังนี้ Herat Failure, COPD, Primary Pulmonary hypertension, CKD (Barril, Nogueira, & Alvarez, 2018)

ข้อห้ามและข้อควรระวังในการทำ 6MWT

1. ผู้ป่วยที่มีภาวะ Unstable angina หรือมีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตายในช่วงเวลา 1 เดือนก่อนทำการทดสอบ

2. ผู้ป่วยที่มีชีพจรขณะพักมากกว่า 120 ครั้งต่อนาที

3. ผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตช่วงหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) มากกว่า 180 มิลลิเมตรปรอท

4. ผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตช่วงหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) มากกว่า 100 มิลลิเมตรปรอท

2) ทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-second chair stand test) (กรมพลศึกษา, 2559)

วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อประเมินความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เก้าอี้ที่มีพนักพิง สูง 17 นิ้ว (43.18 เซนติเมตร)

2. นาฬิกาจับเวลา 1/100 วินาทีเป็นการประเมินความแข็งแรงกลามเนื้อรางกายส่วนลาง (lower body strength)

วิธีการปฏิบัติ

1. จัดเก้าอี้สำหรับการทดสอบยืน-นั่ง ให้ติดผนังที่เรียบและมีความทนทาน เพื่อป้องกันการเลื่อนไหลของเก้าอี้

2. ให้ผู้รับการทดสอบนั่งบริเวณตรงกลางของเก้าอี้ (ไม่ชิดพนักพิง เพื่อให้สะดวกต่อการลุกขึ้นยืน) เท้าวางสัมผัสพื้นห่างกันประมาณช่วงไหล่ของผู้รับการทดสอบ เข่าทั้งสองข้างวางห่างกันเล็กน้อยและให้ชี้ตรงไปข้างหน้าขนานกับแนวลำตัว หลังตรง แขนไขว้ประสานบริเวณอก มือทั้งสองข้างแตะไหลไว้

3. เมื่อได้ยินสัญญาณ“เริ่ม” ให้ผู้รับการทดสอบลุกขึ้นจากเก้าอี้ ยืนตรง ขาเหยียดตึง แล้วกลับลงนั่งในท่าเริ่มต้น นับ 1 ครั้ง ปฏิบัติต่อเนื่องกันจนครบ 30 วินาที โดยปฏิบัติให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด

การประเมินผล : นับจำนวนครั้งในการลุกนั่งจากเก้าอี้ ภายในเวลา 0 วินาที โดยเทียบกับเกณฑ์

สรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างปกติสุขของแต่ละบุคคล โดยการทดสอบสมรรถภาพของระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบกล้ามเนื้อหรือเป็นการทดสอบความสามารถในการทำกิจกรรม (function capacity)

**2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

Toyama et al (2010) ได้ศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มการทำงานของไตโดยการปรับเปลี่ยนการเผาผลาญไขมันในผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือดและโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-5 โดยทำการศึกษาจำนวน 29 คน แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย (ออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยปั่นจักรยานที่โรงพยาบาล 30 นาที และออกกำลังกายที่บ้านโดยการเดิน 30 นาที ระดับความเหนื่อย (RPE) = 12-13 ระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์) และกลุ่มที่ไม่ได้รับกายออกกำลังกาย พบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายช่วยทำให้เพิ่มอัตราการกรองไต (eGFR) และการเปลี่ยนแปลง eGFR มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญและการเปลี่ยนแปลงของ AT-$\dot{V}O_2$, HDL-C และมีการเปลี่ยนแปลงระดับไตรกลีเซอไรด์ (Toyama, Sugiyama, Oka, Sumida, & Ogawa, 2010)

Kirsten L et al (2012) ให้คำแนะนำกิจกรรมการออกกำลังกายเพื่อเป็นแนวปฏิบัติสำหรับผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 3-5 มีผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 32 คน โดยกิจกรรมออกกำลังกายแบบแอโรบิกแรงกระแทกต่ำ สามารถทำได้ในระยะเวลาไม่เกิน 30 นาทีต่อครั้ง และสามารถทำได้ทุกๆวัน กิจกรรมออกกำลังกายแบบสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถทำได้ไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (ห้ามทำกิจกรรมติดต่อกัน) และกิจกรรมออกกำลังกายแบบคลายกล้ามเนื้อสามารถทำได้ไม่เกิน 2 ครั้งๆ ละไม่เกิน 10 นาทีต่อสัปดาห์ (Johansen & Painter, 2012)

Rossi et al (2014) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพไตในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายและไม่ได้รับการออกกำลังกาย โปรแกรมการออกกำลังกายประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (ปั่นจักรยานหรือวิ่งบนลู่วิ่ง ระยะเวลา 30 นาที/ครั้ง) การออกกำลังแบบมีแรงต้าน (ออกกำลังกายในท่างอและเหยียดข้อศอกและข้อเขา ทำ 8-10 ครั้ง จำนวน 1-2 เซต, 2 ครั้ง/สัปดาห์) และการออกกำลังแบบยืดเหยียด ซึ่งทำการออกกำลังกาย 2 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายทำให้สมรรถภาพทางกายดีขึ้นและคุณภาพชีวิตดีขึ้น (Rossi, Burris, Lucas, Crocker, & Wasserman, 2014)

Baria et al (2014) ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อไขมันภายในของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ที่มีน้ำหนักเกิน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบ Centre-based และ home-based มีผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 27 คน ซึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายประกอบด้วย การอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายร่างกายโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้เวลา 5 นาที ทำการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นเวลา 30 นาที ทุก 4 สัปดาห์มีการเพิ่มระยะเวลา 10 นาที ระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ผลพบว่าในกลุ่ม

Centre-based ค่าการทำงานของไต (eGFR) เพิ่มขึ้น 3.6±4.6 มล./นาที/1.73 ตารางเมตร ความยาวรอบเอวและไขมันลดลง มีประสิทธิภาพในการลดไขมันในอวัยวะภายใน แต่ในกลุ่ม home-based ไม่พบการเปลี่ยนแปลง (Baria et al., 2014)

Aoike et al (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่บ้านต่อสมรรถภาพทางกายของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ที่มีน้ำหนักเกินปกติ มีผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 29 คน โดยการทำวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มออกกำลังที่บ้านเป็นการออกกำลังแบบแอโรบิก จำนวน 14 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน มีค่าเฉลี่ยการทำงานของไต 28.4 มล./นาที/1.73 ตารางเมตร โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับด้านสมรรถภาพทางกายและค่าการทำงานของไตทางห้องปฏิบัติการ โดยให้ออกกำลังกายด้วยการเดิน ครั้งละ 30 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ กำหนดให้มีการเพิ่มระยะเวลา 10 นาทีทุก 4 สัปดาห์ จนถึง 8 สัปดาห์ ระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ พบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับ VT ลดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันขณะหัวใจคลายตัวลดลง ค่าการทำงานของไต (GFR) และ $VO_2$ ดีขึ้น (Takashi et al., 2015)

Greenwood et al (2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกฝนออกกำลังกายต่อค่าการทำงานของไต (eGFR) หลอดเลือดและสมรรถภาพหลอดเลือดและหัวใจในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 มีผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 20 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มฟื้นฟูสภาพของไตกลุ่มนี้จะได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (ปั่นจักรยาน, ระดับความหนักที่ 80% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองหรือ RPE=11, ทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์, 20 นาที 2 ครั้ง และ 40 นาที 1 ครั้ง) และการออกกำลังกายแบบแรงต้านในกล้ามเนื้อแขนและขา (80% ของน้ำหนักสูงสุดหนึ่งครั้ง (1RM), 10 ครั้ง จำนวน 1-2 เซต และเพิ่มความหนักเป็น 3 เซตเมื่อไม่มีอาการเหนื่อย, ทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์) และอีกกลุ่มจะได้รับการดูแลแบบปกติ ซึ่งระยะเวลาในการศึกษาครั้งนี้ทั้งหมด 12 เดือน พบว่าค่าเฉลี่ยการทำงานของไตดีขึ้นหลังจากออกกำลังกาย แต่ระหว่างกลุ่มค่าทำงานของไตไม่มีความแตกต่าง ค่าความยาวรอบเอว,ค่า PWV และค่า $VO_2$peak เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Greenwood et al., 2015)

Van Craenenbroeck et al (2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกฝนออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระดับปานกลางต่อการทำงานของเยื่อบุและความแข็งของเส้นเลือดในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยไม่มีโรคทางระบบหลอดเลือดและหัวใจ มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 48 คน โดยกลุ่มทดลองจะได้รับโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่บ้านประกอบด้วยการปั่นจักรยาน 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 10 นาที โดยกำหนดอัตราการเต้นหัวใจเป้าหมาย (target heart rate) เป็น 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจที่ทำได้ (จาการทดสอบการออกกำลังแบบไม่ใช้ออกซิเจน) เป็นระยะเวลา 3 เดือน และอีกกลุ่มได้รับการรักษาตามมาตรฐานทั่วไป พบว่า กลุ่มที่รับการฝึกออกกำลังกายค่า $VO_2$

และคุณภาพชีวิตดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่เห็นความแตกต่างของการทำงานหลอดเลือดหรือการแข็งตัวของหลอดเลือด (Craenenbroeck et al., 2015)

Youssef & Philips (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแรงต้านในผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ที่ได้รับการฟอก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 30 คน (ออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยการออกกำลังกายเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวในท่าหมุนข้อมือ กระดกข้อมือขึ้น-ลง งอและเหยียดข้อศอก หมุนข้อเท้า กระดกข้อเท้าขึ้น-ลง จำนวนท่าละ 20 ครั้ง ทำ 15 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์; ออกกำลังกายแบบแรงต้านในกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ทำ 8-10 ครั้ง จำนวน 1-2 เซต, มากกว่า 2 ครั้ง/สัปดาห์) ซึ่งใช้ระยะเวลาทั้งหมด 3 เดือน ผลการศึกษาพบว่า ค่า urea, ค่า creatinine, ระดับน้ำตาลในเลือด และความดันโลหิตลดลง นอกจากนี้ ยังพบว่า physical performance เพิ่มขึ้น (Youssef & Philips, 2016)

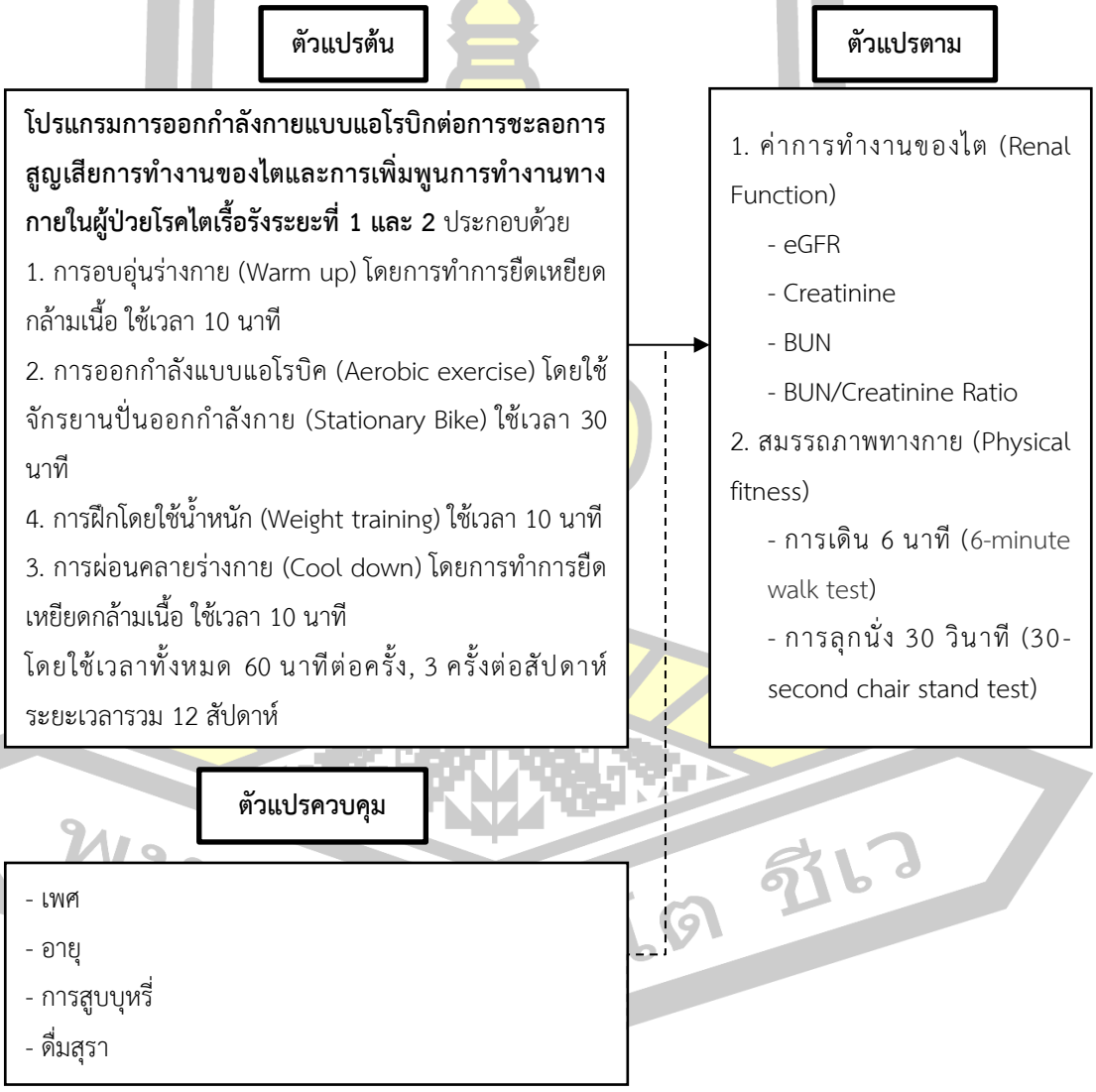
Watson et al (2018) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังแบบแอโรบิกและแบบแรงต้านเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกอย่างเดียวในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3b-5 ซึ่งรูปแบบการออกกำลังกายโดยวิ่งบนลู่วิ่ง, ปั่นจักรยาน หรือโรวิง ทำ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 30 นาที ออกกำลังกายระดับปานกลางหรือ 70–80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด พบว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับออกกำลังกายแบบแรงต้านส่งผลให้ความแข็งแรงของกำลังขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และระยะทางในการเดินเพิ่มมากขึ้น (Watson et al., 2018)

สรุปจากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบในการวิจัยขึ้น เพื่อเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

## 2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบในการวิจัยขึ้นเพื่อเป็นแนวการกำหนดรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ให้เหมาะสมแก่ผู้ป่วย จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงจัดโปรแกรมเพื่อให้สอดคล้องกับโปรแกรมการออกกำลังกายดังกล่าว อ้างอิงจากงานวิจัยของ Rossi และคณะ ที่ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพไตในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายและไม่ได้รับการออกกำลังกาย ระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ ดังนี้




ภาพที่ 15 กรอบแนวคิดในการวิจัย

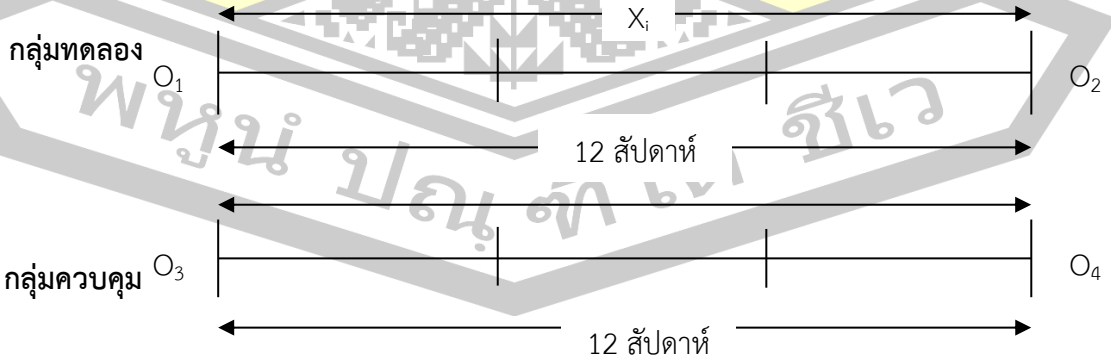
# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ซึ่งมีขั้นตอนและแนวทางในการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3.3 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.5 ขั้นตอนดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้
3.7 จริยธรรมในการวิจัย

## 3.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มควบคุม (Control group) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรก่อนและหลังการทดลอง (Two–group pretest-posttest design) ซึ่งในกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ในการศึกษาวิจัยใช้ระยะเวลา 12 สัปดาห์ มีรูปแบบการวิจัยดังนี้




ภาพที่ 16 รูปแบบการศึกษาวิจัย

โดยกำหนดให้

$O_1$, $O_3$ หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการเข้าร่วมการวิจัยทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ โรคประจำตัว ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย และการทำงานของไตจากผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ

$O_2$, $O_4$ หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการเข้าร่วมการวิจัยทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ โรคประจำตัว ผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย และการทำงานของไตจากผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ

$X_i$ หมายถึง โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การอบอุ่นร่างกาย (Warm up) โดยการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้เวลา 10 นาที 2) การออกกำลังแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) โดยใช้จักรยานปั่นออกกำลังกาย (Stationary Bike) ใช้เวลา 30 นาที 3) การฝึกโดยใช้น้ำหนัก (Weight training) ใช้เวลา 10 นาที 4) การผ่อนคลายร่างกาย (Cool down) โดยการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้เวลา 10 นาที โดยใช้เวลาทั้งหมด 60 นาทีต่อครั้ง, 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลารวมทั้งหมดจำนวน 12 สัปดาห์

**3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ในเขตรับผิดชอบของโรงพยาบาลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 328 คน

3.2.1 เกณฑ์การคัดเลือกเข้าทำการวิจัย (Inclusion criteria)

1) มีโรคประจำตัวเป็นโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

2) มีอายุ 18 ปีขึ้นไป

3) สามารถเข้าใจคำสั่งและสื่อสารได้รู้เรื่อง

4) มีความสมัครใจและให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมโครงการ

3.2.2 เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1) มีโรคประจำตัวเป็นโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3, 4 และ 5

2) มีโรคประจำตัวเป็นโรคทางระบบหลอดเลือดหัวใจและสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง

3) มีความผิดปกติทางด้านระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการเดิน เช่น มีภาวะกระดูกสันคดหรือกระดูกสันหลังค่อม มีภาวะกระดูกหักหรือเคยเข้ารับการผ่าตัดเกี่ยวกับกระดูก ตัดขาและไม่มีขาเทียม เป็นต้น

4) ผู้ป่วยที่เป็นอาสาสมัครที่กำลังอยู่ในโครงการวิจัยเชิงทดลอง

5) ผู้ป่วยที่ขาดนัดติดตามการรักษาในวันที่เก็บข้อมูลและไม่สามารถติดตามตัวให้มารักษาต่อเนื่องได้

6) ภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงจากโรคเบาหวานหรือโรคความดันโลหิตสูง เช่น ไม่สามารถควบคุมความดันโลหิตได้ (Uncontrolled Hypertension) ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ เป็นต้น

3.2.3 เกณฑ์ถอนตัวระหว่างการวิจัย (Withdrawal criteria)

1) ผู้ที่มีความประสงค์ขอหยุดดำเนินการตามขั้นตอนวิจัย

2) ผู้ที่ไม่สามารถทำการฝึกได้ครบตามจำนวนโปรแกรมการฝึก

3.2.4 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง

การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

1) นำข้อมูลผลการตรวจการทำงานของไตทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยในคลินิกโรคเรื้อรัง (NCD clinic) ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ตามเกณฑ์จากสมาคมโรคไตเรื้อรังแห่งประเทศไทยปี พ.ศ.2558 โดยแบ่งระยะตามระดับของ eGFR ดังนี้ ระยะที่ 1 คือ มีค่า eGFR มากกว่าหรือเท่ากับ 90 ml/min/1.73 $m^2$ และระยะที่ 2 คือ มีค่า eGFR อยู่ระหว่าง 60-89 ml/min/1.73$m^2$

2) จากผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ทำการคัดเลือกผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาทำการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยจับสลากจากรายชื่อ มาจำนวน 21 คน ดังแสดงต่อไปนี้

3) หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการสุ่ม Intervensions ให้กลุ่มทดลอง

**3.3 การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง**

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G* Power (Faul, Erdfelder, Buchner & Lang, 2009) ซึ่งใช้หลักการของโคเฮน (Cohen, 1988) ตามสูตรการคำนวณของกลาส (Glass, 1976) การศึกษาครั้งนี้อ้างอิงจากงานวิจัยของธัญญารัตน์ บุญโทย และคณะ (2559) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคกับเก้าอี้ต่อความเหนื่อยล้าและความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในผู้ที่เป็นโรคไตเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมโดยเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่เป็นโรคไตเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ณ หน่วยไตเทียมโรงพยาบาลค่ายกาวิละและโรงพยาบาลเทพปัญญา จังหวัดเชียงใหม่ (ธัญญารัตน์ บุญโทย, นิตยา ภิญโญคำ, 2559) ซึ่งเป็นงานวิจัยกึ่งทดลองแบบสองกลุ่มวัดก่อนและหลังการทดลอง โดยนำค่าที่เกิดจากการทดลองมากำหนดขนาดตัวอย่าง คือ ค่าเฉลี่ยระยะทางเป็นเมตรที่สามารถเดินบนพื้นราบได้ในเวลา 6 นาทีของกลุ่ม

ทดลอง = 393.24 กลุ่มควบคุม = 310.82 และค่า SD กลุ่มทดลอง = 32.39 กลุ่มควบคุม = 28.90 คำนวณขนาดอิทธิพล ดังนี้

สูตรคำนวณขนาดอิทธิพล $d = \frac{\overline{X}_E - \overline{X}_C}{SD_C}$

$= \frac{393.24 - 310.82}{28.90}$

$= 2.85$

d = ขนาดอิทธิพล

$\overline{X}_E$ = ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\overline{X}_C$ = ค่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

$SD_C$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

**การแปลผลค่า delta**

Small = 0.2

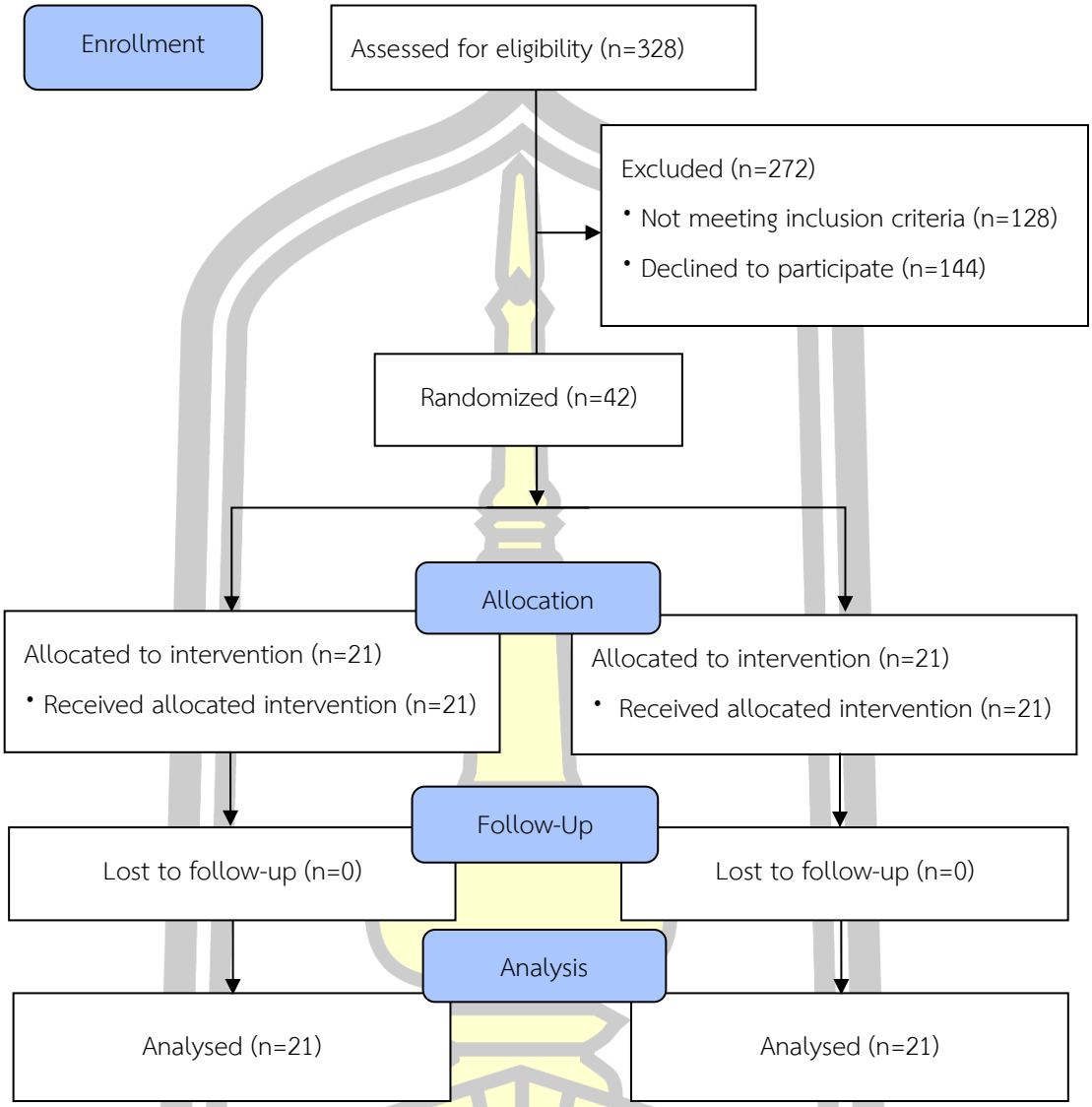
Medium = 0.5

Large = 0.8

(Cohen, 1988)

จากการคำนวณค่าที่ได้มีค่ามากกว่า 0.80 ประมาณค่าขนาดอิทธิพลขนาดใหญ่ จึงใช้ค่าขนาดอิทธิ (Effect size) เท่ากับ 0.80 กำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.8 ระดับความเชื่อมั่น ($\alpha$) ที่ 0.05 วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม G* Power ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 20 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (drop out) ของตัวอย่างระหว่างการทดลอง ได้เพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 5 เป็นกลุ่มละ 1 คน รวมเป็นกลุ่มละ 21 คน รวมเป็น 42 คน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว




ภาพที่ 17 CONSORT 2010 Flow Diagram

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

โดยมีเครื่องมือที่ใชในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประกอบดวย เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1) เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบบันทึกข้อมูลทั่วไปที่สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์วิจัย ใช้กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ดังต่อไปนี้

**ส่วนที่ 1** ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ น้ำหนัก ส่วนสูง โรคประจำตัว ยาที่รับประทาน ประวัติการสูบบุหรี่และดื่มสุรา

**ส่วนที่ 2** แบบบันทึกค่าการทำงานของไตจากผลทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ eGFR, Creatinine, BUN และ BUN/Creatinine Ratio โดยนักเทคนิคการแพทย์เป็นผู้เก็บตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัย

**ส่วนที่ 3** การทดสอบสมรรถภาพทางกาย ได้แก่ ทดสอบการเดิน 6 นาที (6-minute walk test) และทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-second chair stand test)

2) แบบบันทึกค่าตัวแปรที่ได้จากการออกกำลังกาย

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) จักรยานออกกำลังกาย

ภาพที่ 18 จักรยานออกกำลังกาย (Recumbent Bike)
ยี่ห้อ 360 ONGSAFITNESS รุ่น K8716R

2) ชุดถุงทรายขนาด 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 Kg

ภาพที่ 19 ชุดถุงทรายขนาด 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 Kg

3) อุปกรณ์ในการวัดสัญญาณชีพ และเครื่องวัดความอิ่มตัวออกซิเจนในเลือด

4) แบบประมินระดับความเหนื่อย (Borg scale)

5) นาฬิกาจับเวลา

ภาพที่ 20 นาฬิกาจับเวลาดิจิตอล

**3.5 ขั้นตอนดำเนินการและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**3.5.1 ขั้นเตรียมการ**

1) ยื่นหนังสือขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

2) ทำหนังสือราชการจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ถึงหัวหน้าหน่วยงานราชการในพื้นที่ คือ โรงพยาบาลร่องคำ และผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อขอความร่วมมือในการดำเนินงานการวิจัย

3) เข้าพบและชี้แจงหัวหน้าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ รายละเอียดและวิธีการในการดำเนินงาน ประชาสัมพันธ์แก่กลุ่มเป้าหมายได้รับทราบ และแจ้งถึงวิธีการสุ่มเลือกประชากรในพื้นที่

4) ชี้แจงและขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการตอบแบบสอบถามก่อนการทดลองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5) เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง (Pre-test)

**3.5.2 ขั้นดำเนินการวิจัย**

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม–ธันวาคม 2562 จำนวน 3 เดือน ซึ่งสถานที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ ห้องกายภาพบำบัด โรงพยาบาลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ดังนี้

1) ชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการ ข้อตกลง รายละเอียดของกิจกรรม วิธีดำเนินการและประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมกิจกรรมตามโปรแกรม

2) ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะได้รับใบแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมงานวิจัยเพื่ออ่านทำความเข้าใจถึงรูปแบบการศึกษาก่อนจะเซ็นยินยอมรับการเข้าร่วมงานวิจัย

3) ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง เพื่อคำนวณค่า BMI (Body mass index) ทำแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปและทดสอบสมรรถภาพทางกาย ได้แก่ ทดสอบการเดิน 6 นาที (6-minute walk test) และทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-second chair stand test) ซึ่งการทดสอบสมรรถภาพทางกายจะมีช่วงพักระหว่างการทดสอบ 10 นาที โดยมีนักกายภาพบำบัดเป็นควบคุมและดูแลการทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นตอนการทดสอบการเดิน 6 นาที (6-minute walk test)</u>

1. แจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบความหมายของการทดสอบวัตถุประสงค์ และอธิบายวิธีการและขั้นตอนการทดสอบ โดยแนะนำให้ผู้ป่วยเดินให้เร็วเท่าที่จะเร็วได้ตั้งแต่จุดเริ่มต้น

จนถึงจุดสิ้นสุด แล้ววนรอบกรวยจราจร กลับมายังจุดเริ่มต้น เดินวนไปวนมาจนครบ 6 นาที ดังภาพที่ 21

2. เตรียมความพร้อมของผู้เข้าร่วมวิจัยดังนี้

- ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่เสื้อผ้าสบายๆ พอดี ไม่คับหรือหลวมจนเกินไป สวมรองเท้าที่กระชับ อาจเป็นรองเท้าสำหรับวิ่งหรือเดิน หรือรองเท้าที่ไม่หลุดง่าย

- หากผู้เข้าร่วมวิจัยมียาที่รับประทานเป็นประจำดูแลให้ผู้ป่วยรับประทานยาได้ตามปกติหรือในกรณีที่ผู้ป่วยเป็นโรคประจำตัว

- ไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับประทานอาหารก่อนทำการทดสอบ 2 ชั่วโมง

- ไม่ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมที่เหนื่อยมากก่อนทำการทดสอบ 2 ชั่วโมง และให้นั่งพักก่อนการทดสอบเป็นเวลา 10 นาที ไม่ต้องอบอุ่นร่างกาย

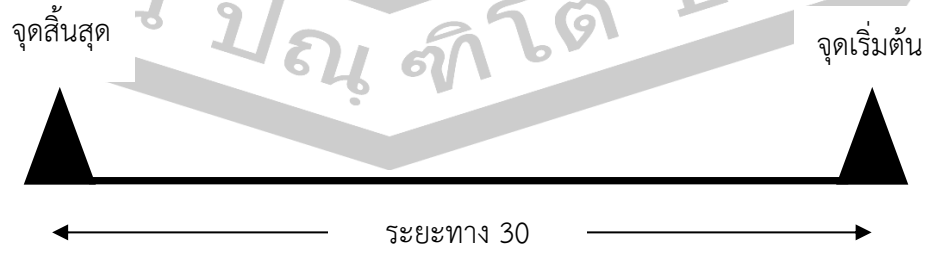
3. ประเมินผู้เข้าร่วมวิจัยว่ามีข้อห้าม ประเมินสภาพร่างกายและสภาพจิตใจ โดยทำวัดสัญญาณชีพ และวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในหลอดเลือดแดง และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินความเหนื่อยของตัวเองโดยใช้ Borg scale

4. ผู้วิจัยให้สัญญาณการเริ่มทดสอบโดยจะมีผู้วิจัยเป็นผู้จับเวลาและเป็นผู้นับจำนวนรอบที่ผู้ป่วยเดินได้ หากผู้เข้าร่วมวิจัยเดินแล้วเหนื่อยต้องการนั่งพักสามารถทำได้แต่ต้องรวมระยะเวลาภายใน 6 นาทีนี้ด้วย

5. เมื่อครบ 6 นาที แจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดเดินแล้วนำเก้าอี้ให้ผนั่งพัก ณ จุดนั้น และวัดสัญญาณชีพ ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจน และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยประเมินความเหนื่อยของตัวเองโดยใช้ Borg scale อีกครั้งเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงทันที

6. ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยุติการทดสอบได้หากมีอาการต่อไปนี้ มีอาการเจ็บแน่นหน้าอก (chest pain) เหนื่อยมากนั่งพักแล้วไม่ดีขึ้น เดินเซเหมือนจะล้ม ขาเป็นตะคริว หน้าตาซีดเผือด เหมือนจะเป็นลม เหงื่อแตก ตัวเย็น

7. บันทึกในแบบบันทึกว่าผู้เข้าร่วมวิจัยเดินได้กี่เมตรและในกรณีที่ผู้ป่วยหยุดการทดสอบทั้งๆ ที่ยังไม่หมดเวลาให้บันทึกสาเหตุของการหยุด




ภาพที่ 21 ระยะทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดเป็นระยะทาง 30 เมตร

ขั้นตอนทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-second chair stand test) (Shirley Ryan, 2013)

1. แจ้งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบความหมายของการทดสอบวัตถุประสงค์ อธิบายวิธีการและขั้นตอนการทดสอบ

2. จัดเก้าอี้สำหรับทดสอบการลุก-นั่ง ให้ติดผนัง ที่เรียบและมีความทนทานเพื่อป้องกันการเลื่อนไหลของเก้าอี้

3. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบริเวณตรงกลางของเก้าอี้ (ไม่ชิดพนักพิงเพื่อให้สะดวกต่อการลุกขึ้นยืน) เท้าวางสัมผัสพื้นห่างกันประมาณช่วงไหล่ของผู้เข้าร่วมวิจัย เข่าทั้งสองข้างว่างห่างกันเล็กน้อยและให้ชี้ตรงไปข้างหน้าขนานกับแนวลำตัวหลังตรง แขนไขว้ประสานบริเวณอก มือทั้งสองข้างแตะไหล่ไว้

4. เมื่อได้ยินสัญญาณ “เริ่ม” ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยลุกขึ้นจากเก้าอี้ยืนตรง ขาเหยียดตึง แล้วกลับลง นั่งในท่าเริ่มต้น นับเป็น 1 ครั้ง ปฏิบัติต่อเนื่องกันจนครบ 30 วินาที โดยปฏิบัติให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุด

5. บันทึกในแบบบันทึกว่าผู้เข้าร่วมวิจัยทำได้กี่ครั้ง และในกรณีที่ผู้เข้าร่วมวิจัยหยุดการทดสอบทั้งๆ ที่ยังไม่หมดเวลาให้บันทึกสาเหตุของการหยุด

**3.4.3 โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2**

| **ชนิด (Type)** | **ความถี่ (Frequency)** | **ความหนัก (Intensity)** | **ระยะเวลา (Time)** |
|---|---|---|---|
| การอบอุ่นร่างกาย | การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ | - | 10 นาที |
| การปั่นจักรยาน | 30 นาที | 60-65% of MHR /RPE = 12-13 | 30 นาที |
| การออกกำลังกายแบบแรงต้าน | 10-15 ครั้ง *1-3 เซต | RPE = 12-13 | 10 นาที |
| การผ่อนคลายร่างกาย | การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ | - | 10 นาที |

โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 60 นาทีต่อครั้ง, 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในระหว่างโปรแกรมการออกกำลังกายกำหนดช่วงพักระหว่างโปรแกรมการออกกำลังกาย 5 นาที มีขั้นตอนการออกกำลังกายดังนี้

1. การอบอุ่นร่างกาย (Warm up) โดยการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

**ท่าที่ 1** ท่ายืดกล้ามเนื้อหัวไหล่

เริ่มจากยืนตรงกางขาเล็กน้อย ยกแขนขึ้นปลายมือชี้ไปทางหัวไหล่อีกด้าน มืออีกด้านจับข้อศอกช่วยดันแขนในแนบลำตัว ทำค้างไว้ 20-30 วินาที ทำ 1-2 ครั้ง

ภาพที่ 22 ท่ายืดกล้ามเนื้อหัวไหล่

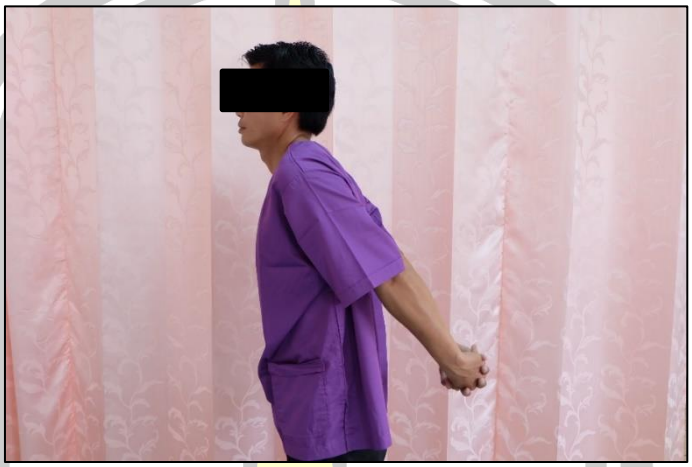
**ท่าที่ 2** ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังแขน

เริ่มจาก ยืนตรงกางขาเล็กน้อย ชูแขนขึ้นเหนือศีรษะ ใช้มือข้างหนึ่งอ้อมไปแตะที่หลังมืออีกข้างช่วยจับข้อศอกดันให้แขนลงไปด้านล่าง ทำค้างไว้ 20-30 วินาที ทำ 1-2 ครั้ง

ภาพที่ 23 ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังแขน

**ท่าที่ 3** ท่ายืดกล้ามเนื้อหน้าอก

เริ่มจาก ยืนตรงกางขาเล็กน้อย จับมือประสานกันทางด้านหลัง แล้วดึงแขนไปทางด้านหลัง พร้อมยืดหน้าอก ทำค้างไว้ 20-30 วินาที ทำ 1-2 ครั้ง



ภาพที่ 24 ท่ายืดกล้ามเนื้อหน้าอก

**ท่าที่ 4** ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังช่วงบน

เริ่มจาก ยืนตรงกางขาเล็กน้อย ยกแขน เอามือไขว้จับหัวไหล่อีกด้าน ก้มหน้าลงสายตามองลงด้านล่าง ดึงหัวไหล่เข้าหากัน กดแขนแนบหน้าอก ทำค้างไว้ 20-30 วินาที ทำ 1-2 ครั้ง

ภาพที่ 25 ท่ายืดกล้ามเนื้อหลังช่วงบน

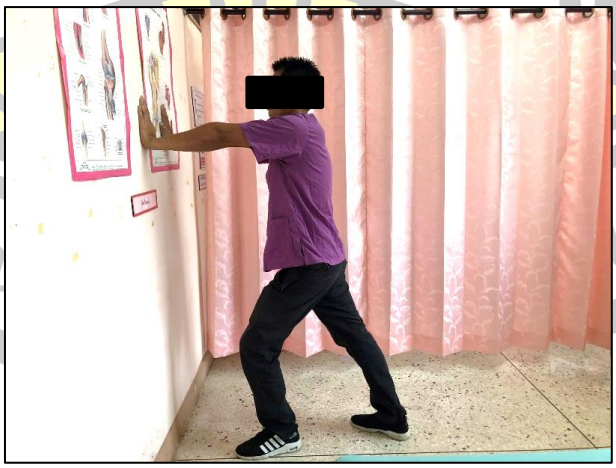
**ท่าที่ 5** ท่ายืดกล้ามเนื้อหน้าขา

เริ่มจาก ยืนตรงกางขาเล็กน้อย ยกขาขึ้นเอามือจับที่ข้อเท้า ดึงไปทางด้านหลังให้ขาแนบลำตัว หัวเข่าชี้ลงที่พื้น กางแขนอีกด้านออก เพื่อช่วยพยุงตัว ทำค้างไว้ 20-30 วินาที ทำ 1-2 ครั้ง

ภาพที่ 26 ท่ายืดกล้ามเนื้อหน้าขา

**ท่าที่ 6** ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง-ต้นขาด้านหลัง

เริ่มจาก ยืนตรงกางขาเล็กน้อย ก้าวขาออกมาทางด้านหน้า เปิดปลายเท้า ส้นเท้าแตะลงที่พื้น เหยียดขาตรง ค้อมหลังลง เอามือประสานแถวหน้าขา มองตรง หลังตรง ทำค้างไว้ 20-30 วินาที ทำ 1-2 ครั้ง



ภาพที่ 27 ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง-ต้นขาด้านหลัง

2. การออกกำลังแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) โดยใช้จักรยานปั่นออกกำลังกาย

ปรับความสูงของเบาะนั่งที่เหมาะสม นั่งบนเบาะเท้าข้างที่วางบนบันไดที่ต่ำเข่าจะงอเล็กน้อยประมาณ 150-160 องศา ไม่เหยียดตึงเกินไปเพราะอาจทำให้ปวดบริเวณด้านหลังขาหรือเข่า ปรับความสูงของมือจับให้พอดี โดยให้ตรงตำแหน่งกับข้อศอกงอเล็กน้อย ระยะห่างพอดี หลังจากนั้นเริ่มออกกำลังกายโดยปั่นจักรยาน เป็นระยะเวลาทั้งหมด 30 นาที อย่างต่อเนื่อง โดยมีผู้วิจัยเป็นดูแล

ภาพที่ 28 การออกกำลังโดยใช้จักรยานปั่นออกกำลังกาย (Stationary Bike)

3. การออกกำลังกายแบบแรงต้าน (Weight training)

**<u>ส่วนแขน</u>** เริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเก้าอี้ที่มั่นคง ให้แขนทั้งสองข้างวางข้างลำตัวหลังจากนั้นให้งอและเหยียดข้อศอก จำนวน 10 ครั้งต่อเซต ทำจำนวน 3 เซต และให้เพิ่มเป็น 15 ครั้ง เมื่อไม่อาการหอบเหนื่อย ผู้ป่วยสามารถเพิ่มน้ำหนักในการออกกำลังกายโดยใช้ถุงทราย เพิ่มน้ำหนักที่ละ 0.5 kg โดยมีผู้วิจัยประเมินน้ำหนักที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ภาพที่ 29 ท่างอและเหยียดศอก

**<u>ส่วนขา</u>** เริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเก้าอี้ที่มั่นคงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเหยียดและงอข้อเข่า จำนวน 10 ครั้งต่อเซต ทำจำนวน 3 เซต และให้เพิ่มเป็น 15 ครั้ง เมื่อไม่อาการหอบเหนื่อย ผู้ป่วยสามารถเพิ่มน้ำหนักในการออกกำลังกายโดยใช้ถุงทราย เพิ่มน้ำหนักที่ละ 0.5 kg โดยมีผู้วิจัยประเมินน้ำหนักที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ภาพที่ 30 ท่างอและเหยียดเข่า

4. การผ่อนคลายร่างกาย (Cool down) โดยการทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ให้ทำตามข้อ 1.

**3.4.4 ขั้นประเมินผลหลังดำเนินการวิจัย**

1) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังสิ้นสุดการดำเนินการครบ 12 สัปดาห์ (Post-test) โดยใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันกับก่อนการทดลอง ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายและตรวจค่าการทำงานของไตจากทางห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินผลการเปลี่ยนแปลงทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้**

ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ดังนี้

3.6.1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป โดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่ากลาง ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุด – สูงสุด และเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Chi-Square test, Fisher's exact test และ Independent t-test

3.6.2 ข้อมูลตัวแปรที่ศึกษา ทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk Test (ภาคผนวก ค) ก่อนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าการทำงานของไตจากผลทางห้องปฏิบัติการและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนได้รับโปรแกรม โดยใช้สถิติ Independent t-test

3.6.3 เปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ก่อนและหลังของกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Paired t-test

3.6.4 เปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ภายหลังได้รับโปรแกรม โดยใช้สถิติ ANCOVA

3.6.5 เปรียบเทียบกลุ่มที่ eGFR ที่เปลี่ยนแปลงต่อเพศ อายุ ระดับน้ำตาลในเลือด และความดันโลหิตของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ภายหลังได้รับโปรแกรม โดยใช้สถิติ Binary logistic regression

**3.7 จริยธรรมในการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ตามเงื่อนไขของมหาวิทยาลัยมหาสารคามอย่างเคร่งครัด โดยพิจารณาตามเงื่อนไขต่างๆ ดังนี้

3.7.1 หลักความเคารพในตัวบุคคลคือ เคารพในการตัดสินใจของกลุ่มตัวอย่าง ต้องยินยอมในการให้ข้อมูล ยินยอมในการเข้าร่วมกิจกรรม การบันทึกภาพถ่าย วีดีโอ โดยความสมัครใจ

3.7.2 ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย อธิบาย และทำความเข้าใจในรายละเอียดของการดำเนินกิจกรรมและบอกถึงประโยชน์ที่จะได้รับและนำผลการวิจัยให้กลุ่มที่เข้าร่วมได้ทราบ

3.7.3 หลักของผลประโยชน์หรือไม่ก่อให้เกิดอันตรายและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายเดือดร้อนทางด้านร่างกายและจิตใจแก่กลุ่มตัวอย่าง และไม่ขัดต่อกฎหมายและศีลธรรม

3.7.4 ผู้วิจัยมีการรักษาและเก็บข้อมูลที่ได้เป็นความลับ โดยเขียนและเผยแพร่ข้อมูลในภาพรวมและนำเสนอตามความเป็นจริง

3.7.5 ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตามเลขที่การรับรอง 050/2562 เมื่อวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2562

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มควบคุม (Control group) ในกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางประชากร

4.2 ผลการศึกษาการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

## 4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางประชากร

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1, 2 ที่เข้ามารับบริการในโรงพยาบาลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ทำการเลือกตามเกณฑ์คัดเข้าและสุ่มเลือกอย่างง่าย จำนวน 42 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 21 คน

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจำนวน 18 คน ร้อยละ 85.70 เป็นเพศชาย จำนวน 3 คน ร้อยละ 14.30 และกลุ่มควบคุมเป็นเพศหญิง จำนวน 17 คน ร้อยละ 81.00 เป็นเพศชาย จำนวน 4 คน ร้อยละ 19.00 อายุเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันคือ 61.33 ปี (SD = 8.82) และ 60.10 ปี (SD = 7.80) สถานภาพสมรสพบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีสถานะภาพสมรสเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 76.19 กลุ่มทดลองมีโรคประจำตัวเป็นความดันโลหิตสูง จำนวน 9 คน ร้อยละ 42.90 โรคเบาหวาน จำนวน 8 คน ร้อยละ 38.10 และโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง จำนวน 4 คน ร้อยละ 19.00 ส่วนกลุ่มควบคุมมีโรคประจำตัวเป็นความดันโลหิตสูง จำนวน 7 คน ร้อยละ 33.30 โรคเบาหวาน จำนวน 9 คน ร้อยละ 42.90 และโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง จำนวน 5 คน ร้อยละ 23.80 ทั้งสองกลุ่มไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มสุราคิดเป็นร้อยละ 100 ยาที่รับประทานของทั้งสองกลุ่มพบว่ากลุ่มทดลองใช้ยาความดันหรือเบาหวาน 1 ตัว จำนวน 5 คน ร้อยละ 23.80 ยาความดันหรือเบาหวาน 2 ตัว จำนวน 5 คน ร้อยละ 23.80 และใช้ยาความดันหรือเบาหวาน 3 ตัวขึ้นไป จำนวน 11 คน ร้อยละ 52.40 ส่วนกลุ่มควบคุมใช้ยาความดันหรือเบาหวาน 1 ตัว จำนวน 2 คน ร้อยละ 9.50 ยาความดันหรือเบาหวาน 2 ตัว จำนวน 7 คน ร้อยละ 33.30 และใช้ยาความดันหรือเบาหวาน 3 ตัวขึ้นไป จำนวน 12 คน ร้อยละ 57.20 ส่วนระดับน้ำตาลในเลือดพบว่า

ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีระดับน้ำตาลในเลือด <130 mg% จำนวน 14 คน ร้อยละ 33.30 และระดับน้ำตาลในเลือดระหว่าง 131-180 mg% จำนวน 7 คน ร้อยละ 16.70 ค่าความดันโลหิต พบว่าทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความดันโลหิตปกติ จำนวน 2 คน ร้อยละ 9.50 และความดันโลหิตสูง จำนวน 19 คน ร้อยละ 90.50 เท่ากัน ดัชนีมวลกายทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันคือ 24.79 ปี (SD = 8.82) และ 23.09 ปี (SD = 2.43) ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยสถิติไคสแควร์ (Chi–Square test) ในเรื่อง สถานภาพสมรส โรคประจำตัว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยสถิติ Fisher's Exact test ในเรื่อง เพศ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 6 และเมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ในเรื่อง อายุ ดัชนีมวลกาย และระดับน้ำตาลในเลือด ด้วยสถิติ Independent t–test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 6** จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Chi-Square test และ Fisher's exact test

| ข้อมูลทั่วไป | กลุ่มควบคุม (n=21) | | กลุ่มทดลอง (n=21) | | $\chi^2$ | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวน | ร้อยละ | จำนวน | ร้อยละ | | |
| **เพศ** | | | | | | 1.000[a] |
| หญิง | 18 | 85.70 | 17 | 81.00 | | |
| ชาย | 3 | 14.30 | 4 | 19.00 | | |
| **สถานภาพสมรส** | | | | | | 1.000[a] |
| โสด/หม้าย/หย่า/แยกกันอยู่ | 6 | 14.29 | 6 | 14.29 | | |
| สมรส | 15 | 76.19 | 15 | 76.19 | | |
| **โรคประจำตัว** | | | | | 6.883[b] | .142 |
| ความดันโลหิตสูง | 9 | 42.90 | 7 | 33.30 | | |
| เบาหวาน | 8 | 38.10 | 9 | 42.90 | | |
| เบาหวานและความดันโลหิตสูง | 4 | 19.00 | 5 | 23.80 | | |

**ตารางที่ 6** จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ Chi-Square test และ Fisher's exact test

| ข้อมูลทั่วไป | กลุ่มควบคุม (n=21) | | กลุ่มทดลอง (n=21) | | $\chi 2$ | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวน | ร้อยละ | จำนวน | ร้อยละ | | |
| **ยาที่รับประทานประจำ** | | | | | 3.245[b] | .518 |
| ยาความดันหรือเบาหวาน 1 ตัว | 5 | 23.80 | 2 | 9.50 | | |
| ยาความดันหรือเบาหวาน 2 ตัว | 5 | 23.80 | 7 | 33.30 | | |
| ยาความดันหรือเบาหวาน 3 ตัว ขึ้นไป | 11 | 52.40 | 12 | 57.20 | | |
| **ประวัติการสูบบุหรี่** | | | | | | |
| สูบ | - | - | - | - | | |
| ไม่สูบ | 21 | 100 | 21 | 100 | | |
| **ประวัติการดื่มสุรา** | | | | | | |
| ดื่ม | - | - | - | - | | |
| ไม่ดื่ม | 21 | 100 | 21 | 100 | | |

หมายเหตุ [a] = ค่า p ใช้สถิติ Fisher's exact test

[b] = ค่า $\chi 2$ ใช้สถิติ Chi-Square test

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**ตารางที่ 7** เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแสดงค่าที ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Independent t-test

| ข้อมูลทั่วไป | กลุ่มควบคุม (n=21) | | กลุ่มทดลอง (n=21) | | *t*-value | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | จำนวน | ร้อยละ | จำนวน | ร้อยละ | | |
| **อายุ** | | | | | .482 | .633 |
| 41 – 50 ปี | 1 | 4.76 | 0 | 0 | | |
| 51 – 60 ปี | 8 | 38.10 | 12 | 57.14 | | |
| 61 – 70 ปี | 8 | 38.10 | 6 | 28.57 | | |
| 71 – 80 ปี | 4 | 19.04 | 3 | 14.29 | | |
| (อายุต่ำสุด, อายุสูงสุด) | (49, 78) | | (51, 78) | | | |
| Mean (SD) | 61.33 (8.82) | | 60.10 (7.80) | | | |
| **ดัชนีมวลกาย** | | | | | 1.611 | .117 |
| 18.5-22.9 กก./ม$^2$ | 8 | 38.10 | 11 | 52.40 | | |
| มากกว่า 23.0 กก./ม$^2$ | 13 | 61.90 | 10 | 47.60 | | |
| (ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด) | (17.90, 32.69) | | (18.73, 28.89) | | | |
| **ระดับน้ำตาลในเลือด** | | | | | -.288 | .774 |
| <130 mg% | 14 | 33.30 | 14 | 33.30 | | |
| 131-180 mg% | 7 | 16.70 | 7 | 16.70 | | |
| (ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด) | (110, 149) | | (102, 153) | | | |
| **ความดันโลหิต** | | | | | | |
| ความดันโลหิตปกติ | 2 | 9.50 | 2 | 9.50 | | |
| ความดันโลหิตสูง | 19 | 90.50 | 19 | 90.50 | | |

**4.2 ผลการศึกษาการทดสอบสมมติฐานการวิจัย**

ก่อนทดสอบสมมติฐาน กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองได้รับการประเมินการแจกแจงแบบโค้งปกติ โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50 พบว่าตัวแปรที่ศึกษามีการกระจายแบบเป็นปกติ (ภาคผนวก ค) ผลการศึกษาข้อมูลตัวแปรที่ศึกษาครั้งนี้นำเสนอโดยแบ่งเป็น 5 ส่วน ตามลำดับดังนี้

**ส่วนที่ 1 เปรียบเทียบค่าการทำงานของไตระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลอง**

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย eGFR ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (M = 89.9, SD = 14.4 vs M = 89.2, SD = 13.6) กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย Creatinine ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (M = 0.75, SD = 0.20 vs M = 0.73, SD = 0.11) กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย BUN ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (M = 3.9, SD =0.8 vs M =3.8, SD =0.8) กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (M = 15.1, SD = 4.0 vs M = 14.7, SD = 3.2) ดังตารางที่ 8

**ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบค่าการทำงานของไตของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง 12 สัปดาห์**

ผลการศึกษาพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย eGFR เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ย Creatinine ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมพบว่ามีค่าเฉลี่ย eGFR ค่าเฉลี่ย Creatinine ค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตาราง 8

**ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบค่าการทำงานของไตระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง 12 สัปดาห์**

ผลการศึกษาพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย eGFR เพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ย Serum creatinine ลดลงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** เปรียบเทียบค่าการทำงานของไต ก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองและเปรียบเทียบค่าการทำงานของไตระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

| Variable | Group | Point of measurement | Mean±SD | 95% CI [lower-upper] | *t*-value | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| eGFR ($ml \cdot min^{-1} \cdot 1.73\ m^{-2}$) | Control | Baseline | 89.9±14.4 | [83.3-96.4] | | |
| | | 12-week | 89.7±13.4 | [83.6-95.8] | 0.310 | .380[b] |
| | AEP | Baseline | 89.2±13.6 | [83.0-95.4] | 0.163 | .871[a] |
| | | 12-week | 93.2±13.0 | [87.2-99.1] | -2.335 | .015[b] |
| Serum creatinine ($mmol \cdot L^{-1}$) | Control | Baseline | 66.1±12.9 | [60.2-72.0] | | |
| | | 12-week | 64.9±12.3 | [59.3-70.5] | 1.654 | .057[b] |
| | AEP | Baseline | 64.2±9.6 | [59.9-68.6] | 0.539 | .066[a] |
| | | 12-week | 60.9±11.5 | [55.7-66.1] | 1.847 | .040[b] |
| BUN ($mmol \cdot L^{-1}$) | Control | Baseline | 3.9±0.8 | [3.5-4.3] | | |
| | | 12-week | 4.1±0.6 | [3.8-4.4] | -1.401 | .088[b] |
| | AEP | Baseline | 3.8±0.8 | [3.4-4.1] | 0.581 | .565[a] |
| | | 12-week | 3.8±0.7 | [3.5-4.2] | 0.351 | .365[b] |
| BUN/creatinine ratio | Control | Baseline | 15.1±4.0 | [13.3-16.9] | | |
| | | 12-week | 16.1±2.8 | [14.8-17.4] | -1.587 | .064[b] |
| | AEP | Baseline | 14.7±3.2 | [13.3-16.1] | -0.782 | .439[a] |
| | | 12-week | 15.8±2.6 | [14.6-17.0] | -1.305 | .103[b] |

Note. AEP, aerobic exercise program; eGFR, estimated glomerular filtration rate; BUN, blood urea nitrogen; [a]Compaired to control baseline; [b]Compaired to respective baseline.

**ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลอง และเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง**

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยทดสอบการสอบเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทาง (M = 54.9, SD = 12.8 vs M = 54.7, SD = 19.5) และกลุ่มควบคุมมีค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (M = 9.0, SD = 3.0 vs M = 9.5, SD = 3.6) ดังตารางที่ 10

เมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง ($P < 0.01$) และค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง ($P < 0.01$) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง ($P > 0.05$) และค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง ($P > 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

**ตารางที่ 9** เปรียบเทียบค่าสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ก่อนการทดลอง และเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง

| Variable | Group | Point of measurement | Mean (SD) | 95% CI [lower-upper] | *t*-value | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| % predicted 6MWT (%) | Control | Baseline | 54.9±12.8 | [49.1-60.7] | | |
| | | 12-week | 54.4±13.0 | [48.5-60.3] | 1.395 | .089[b] |
| | AEP | Baseline | 54.7±19.5 | [54.7-45.9] | 0.32 | .974[a] |
| | | 12-week | 61.4±20.7 | [52.0-70.9] | -4.592 | .000[b] |
| 30-s CST (no. of cycle) | Control | Baseline | 9.0±3.0 | [7.7-10.4] | | |
| | | 12-week | 8.9±2.8 | [7.6-10.2] | 0.548 | .295[b] |
| | AEP | Baseline | 9.5±3.6 | [7.9-11.2] | -0.467 | .643[a] |
| | | 12-week | 12.3±4.4 | [10.3-14.3] | -3.702 | .001[b] |

Note. 6MWT, 6-minute walk test; 30-s CST, 30-second chair stand test; [a]Compaired to control baseline; [b]Compaired to respective baseline.

**ส่วนที่ 5 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคทวิ (Binary logistic regression) เพื่อการทำนายตัวแปรอิสระของ GFR, serum creatinine, % predicted 6MWT และ 30-s CST**

ผลการศึกษาพบว่า เพศคาดการณ์ความน่าจะเป็นของผู้ป่วยที่จะมี eGFR เพิ่มขึ้น (Wald = 4.834, 95% CI: 1.275-69.273, p = .028) ผู้ป่วยเพศหญิงมีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลง eGFR ในเชิงบวกมากกว่าผู้ป่วยชาย (Exp (B) = 9.400) นอกจากนี้ได้คาดการณ์ระดับน้ำตาลในเลือดโอกาสของผู้ป่วยที่จะเพิ่มขึ้นใน % Predicted 6MWT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(Wald = 5.468, 95% CI: 1.369 ถึง 35.539, p = .019) ผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลในเลือดที่ลดลงมีโอกาสประมาณ 7 เท่าที่จะมีการเปลี่ยนแปลง % Predicted 6MWT เป็นบวกมากกว่าผู้ที่มีระดับน้ำตาลในเลือดที่ไม่เปลี่ยนแปลง (Exp (B) = 6.976) ดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคทวิ (Binary logistic regression) เพื่อการทำนายตัวแปรอิสระของ GFR, serum creatinine, % predicted 6MWT และ 30-s CST

| Dependent variable | Covariate | B | Wald | Exp(B) | 95% CI [lower-upper] | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| eGFR | Gender | 2.241 | 4.834 | 9.400 | [1.275-69.273] | .028 |
| | Age | -0.080 | 0.012 | 0.923 | [0.221-3.861] | .913 |
| | Systolic blood pressure | 0.016 | 0.000 | 1.016 | [0.134-7.697] | .988 |
| | Diastolic blood pressure | 1.157 | 1.650 | 3.182 | [0.544-18.608] | .199 |
| | Fasting plasma glucose | -0.878 | 1.175 | 0.416 | [0.085-2.033] | .278 |
| Serum creatinine | Gender | 1.977 | 3.642 | 7.219 | [0.948-54.972] | .056 |
| | Age | 0.258 | 0.107 | 1.294 | [0.277-6.041] | .743 |
| | Systolic blood pressure | -1.162 | 0.769 | 0.380 | [0.023-4.199] | .380 |
| | Diastolic blood pressure | 0.977 | 0.971 | 0.324 | [0.380-18.555] | .324 |
| | Fasting plasma glucose | -1.587 | 2.657 | 0.204 | [0.030-1.379] | .103 |
| % Predicted 6MWT | Gender | 1.366 | 1.802 | 3.919 | [0.534-28.781] | .179 |
| | Age | -0.942 | 1.316 | 0.390 | [0.078-1.949] | .251 |
| | Systolic blood pressure | -0.984 | 0.579 | 0.374 | [0.030-4.709] | .447 |
| | Diastolic blood pressure | 1.239 | 1.393 | 3.452 | [0.441-27.014] | .238 |
| | Fasting plasma glucose | 1.943 | 5.468 | 6.976 | [1.369-35.539] | .019 |
| 30-s CST | Gender | 0.872 | 0.783 | 2.393 | [0.374-16.513] | .376 |
| | Age | 0.463 | 0.436 | 1.589 | [0.402-6.284] | .509 |
| | Systolic blood pressure | 0.633 | 0.375 | 1.883 | [0.249-14.261] | .540 |
| | Diastolic blood pressure | -0.235 | 0.067 | 0.791 | [0.134-4.669] | .795 |
| | Fasting plasma glucose | 1.481 | 3.656 | 4.399 | [0.963-20.089] | .056 |

# บทที่ 5
# สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยสรุปผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผล

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มควบคุม (Control group) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาเป็นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1, 2 ที่มารับบริการที่โรงพยาบาลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ทำการเลือกตามเกณฑ์คัดเข้าและสุ่มเลือกอย่างง่าย จำนวน 42 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 21 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 21 คน โดยกลุ่มทดลองจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับดูแลตามปกติ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ทดสอบสมรรถภาพทางกายและตรวจค่าการทำงานของไตทางห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่ากลาง ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุด-สูงสุด และสถิติอ้างอิง ได้แก่ Chi-Square test, Fisher's exact test, Paired t-test, Independent t-test, Analysis of Covariance (ANCOVA) และ Binary logistic regression ก่อนทดสอบสมมติฐานกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองได้รับการประเมินการแจกแจงแบบโค้งปกติ โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 85.70 และร้อยละ 81.00 อายุเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันคือ 61.33 ปี (SD = 8.82) และ 60.10 ปี (SD = 7.80) ตามลำดับ ทั้งสองกลุ่มมีสถานะภาพสมรสเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 76.19 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีโรคประจำตัวคล้ายกัน ทั้งสองกลุ่มไม่สูบบุหรี่และไม่ดื่มสุรา ยาที่รับประทานพบว่าทั้งสองกลุ่มใช้ยาเหมือนกัน ระดับน้ำตาลในเลือดพบว่าใกล้เคียงกัน ค่าความดันโลหิตพบว่าไม่แตกต่างกัน ดัชนีมวลกายทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกันคือ 24.79 ปี (SD = 8.82) และ 23.09 ปี (SD = 2.43) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในเรื่อง เพศ สถานภาพสมรส โรคประจำตัว อายุ ดัชนีมวลกาย ระดับน้ำตาลในเลือด และความดันโลหิต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย eGFR, ค่าเฉลี่ย Creatinine, ค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) และมีค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) ไม่แตกต่างกับกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย eGFR เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและค่าเฉลี่ย Creatinine ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมพบว่ามีค่าเฉลี่ย eGFR ค่าเฉลี่ย Creatinine ค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย eGFR เพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ย Serum creatinine ลดลงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าค่าเฉลี่ย BUN และค่าเฉลี่ย BUN/Creatinine Ratio ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) และค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) และค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) และค่าทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**5.2 อภิปรายผล**

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มการทำงานของไตและสมรรถภาพทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ได้ การเพิ่มขึ้นเหล่านี้เกี่ยวข้องกับเพศของผู้ป่วยและระดับน้ำตาลในเลือด จึงสรุปสิ่งที่ค้นพบได้ว่า 1) ระดับของการเพิ่มขึ้น eGFR และการลดลงระดับ serum creatinine ในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) ระดับทดสอบการเดิน 6 นาที (% predicted 6MWT) และการทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) ในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) ผู้ป่วยที่เป็นเพศหญิงและผู้ป่วยที่มีระดับน้ำตาลในเลือดลดลงมีแนวโน้มในเชิงบวกมากขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของค่า eGFR และค่า % predicted 6MWT ตามลำดับ

เนื่องจากผู้ป่วยเบาหวานและ/หรือความดันโลหิตสูงทั้งหมดที่มีโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 ร่วมด้วย จะถูกจัดการรับบริการจากคลินิกโรคเรื้อรัง (NCD clinic) ผู้ป่วยในกลุ่มนี้จึงมีแนวโน้มที่จะไม่ได้ใช้งานทางร่างกายมากกว่าประชากรที่มีสุขภาพดี ด้วยเหตุผลที่ว่ากำหนดออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระดับปานกลางเพื่อปรับปรุงการทำงานของร่างกาย (Emerah, Sayed, Abo El-Saoud, & Shehata, 2013) วิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (ACSM) และสมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา (ADA) แนะนำว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานควรได้รับการฝึกความทนทานและการฝึกด้วยการใช้น้ำหนักประมาณ 150 นาทีต่อสัปดาห์ (Emerah et al., 2013) ในทำนองเดียวกัน American Heart Association (AHA) แนะนำการออกกำลังกายที่สำหรับผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โดยการปั่นจักรยานอยู่กับที่จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้ระยะเวลาประมาณ 45 นาที กำหนดความหนักที่ 60% ถึง 80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดทั้งหมด 16 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าสามารถลดความดัน systolic และความดัน diastolic ขณะพักได้ถึง 12 และ 6.5 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ (Brook et al., 2013; Pitsavos et al., 2011) ดังนั้น โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยในกลุ่มโรคเรื้อรัง (NCD) และผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง(CKD) (Rossi et al., 2014) โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกนี้จะประกอบไปด้วย การอบอุ่นร่างกาย การฝึกความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด การฝึกด้วยน้ำหนักและการผ่อนคลายร่องกาย มีระยะเวลาทั้งหมด 180 นาทีต่อสัปดาห์ นอกจากนี้ยังเป็นโปรแกรมที่ปรับให้เหมาะกับความสามารถในการออกกำลังกายของแต่ละบุคคล การออกกำลังกายนี้ได้รับการควบคุมจากนักกายภาพบำบัด (Shimizu, Takaori, & Maeda, 2017)

ความเสียหายของหน่วยไตและการดำเนินของโรคไตเรื้อรังนั้นเกิดจากการอักเสบของเนื้อเยื่อไตและไตอักเสบบริเวณอินเตอร์สติเทียลของท่อไต (Sharaf El Din, Salem, & Abdulazim, 2016) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีการพบสารต้านการอักเสบหลายชนิดในการยับยั้งไซโตไคน์ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบและเพิ่มการทำงานของไต (Anders, Ninichuk, & Schlöndorff, 2006) ดังกล่าวข้างต้นในหนึ่งปีอัตราการกรองของไต (eGFR) ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1-2 จะลดลงอยู่ที่ประมาณ 3 $mL•min^{-1}•1.73\ m^{-2}$ (Polonia, Azevedo, Monte, Silva, & Bertoquini, 2017) กล่าวอีกอย่างหนึ่งการรักษาจะต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะรักษา 1 $mL•min^{-1}•1.73\ m^{-2}$ ต่อ 12 สัปดาห์ Toyama และคณะได้รายงานว่าการออกกำลังกายด้วยจักรยานใช้ระยะเวลา 30 นาที (1 ครั้งต่อสัปดาห์) และการเดิน 30 นาทีทุกวัน กำหนดระดับความเหนื่อยที่ 12-13 เป็นเวลา 12 สัปดาห์ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 ทำให้ค่า eGFR ดีขึ้นถึง 8.2 $mL•min^{-1}•1.73\ m^{-2}$ (Toyama et al., 2010) อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ meta-analysis แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์นั้นสามารถเพิ่มค่า eGFR ได้ถึง 2.6 $mL•min^{-1}•1.73\ m^{-2}$ ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-5 (Zhang et al., 2019) การศึกษาในปัจจุบันพบว่าการออกกำกายแบบแอโรบิกมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) มากกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้ (ประมาณ 4 $mL•min^{-1}•1.73\ m^{-2}$ หลังการฝึก 12 สัปดาห์) แต่อาจเป็นเพราะในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-5 หน่วยไตมีการเสียหายมากขึ้น ในการศึกษาเหล่านั้นกลไกของอัตราการกรองของไต (eGFR) ที่เพิ่มขึ้นจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในการศึกษาปัจจุบันยังไม่เป็นที่รู้จัก อย่างไรก็ตามอาจอธิบายได้ 2 วิธีคือ วิธีการไหลเวียนโลหิตต้านการอักเสบและการทำงานของไต เส้นทางที่เป็นไปได้ที่หนึ่งได้รับการสนับสนุนโดยการค้นพบก่อนหน้านี้โดย Viana และคณะ แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 4 โดยใช้เวลา 30 นาทีต่อครั้ง ซึ่งกำหนดระดับความเหนื่อย (RPE) ที่12-14 จำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมทั้งหมดเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ทำให้ลดระดับพลาสม่าของ pro-inflammatory cytokine interleukin-6 (IL-6) (Viana et al., 2014) นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบแอโรบิกยังช่วยลดระดับพลาสมาของ IL-6 และ tumor necrosis factor alpha (TNF-$\alpha$) ได้ในผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูง (Oberbach et al., 2008; Lima et al., 2015) นอกจากนี้ความผิดปกติของหลอดเลือดไตยังเป็นสาเหตุของการดำเนินของโรคไตเรื้อรังอีกด้วย (Martens & Edwards, 2011) การมีภาวะเครียดออกซิเดชั่นจะเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ nitric oxide synthase (eNOS) ซึ่งจะช่วยลดการขยายหลอดเลือดทำให้ดูดซึมไนตริกออกไซด์ (NO) ได้ (Martens, Kirkman, & Edwards, 2016) ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกได้รับการยืนยันโดยค้นพบว่าการออกกำลังกายทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ endothelial ไม่ขึ้นอยู่กับการทำงานของร่างกาย (Moraes et al., 2020) การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การลดลงของอัตราการกรองของไต (eGFR) มีความสัมพันธ์กับการเกิดปฏิกิริยาที่ endothelial ลดลงในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3 (Linden et al., 2008) แม้ว่า

Angiotensin-converting enzyme inhibitors (ACEI) และ angiotensin receptor blockers (ARBs) อาจเพิ่มค่าอัตราการกรองของไต (eGFR) ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง แต่เราไม่ได้สังเกตผลดังกล่าวในกลุ่มควบคุม (Schlueter & Batlle, 1989; Chiu et al., 2018) ดังนั้นอาจคาดการณ์ได้ว่าการเพิ่มขึ้นอัตราการกรองของไต (eGFR) ในกลุ่มทดลองอาจเกิดจากฤทธิ์ต้านการอักเสบและการไหลเวียนโลหิตของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าผู้หญิงมีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการกรองของไต (eGFR) ไปในทางบวกมากกว่าผู้ป่วยเพศชายถึง 9 เท่าซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาจำนวนมาก Neugarten และคณะ แสดงให้เห็นว่าอัตราการกรองของไต (eGFR) ลดลงในผู้ป่วยเพศชายมากกว่าเพศหญิง (J Neugarten, Acharya, & Silbiger, 2000) และมีการอธิบายว่าความแตกต่างทางเพศนั้นเกิดจากฮอร์โมนเพศและความแตกต่างของวิถีชีวิต (Joel Neugarten & Golestaneh, 2019) ฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นสื่อกลางในการป้องกันการเกิดโรคไตวายเรื้อรังซึ่งเกี่ยวข้องกับการบาดเจ็บของไตทำให้การลดการสังเคราะห์คอลลาเจนชนิดที่ 1 (J Neugarten, Medve, Lei, & Silbiger, 1999) ในผู้ป่วยเพศชายมีแนวโน้มที่จะสูบบุหรี่, ความดันโลหิตสูงที่ควบคุมไม่ได้และมีการรับประทานอาหารที่ให้พลังงานสูงกว่าในเพศหญิง (Cobo et al., 2016) ในการศึกษานี้ผู้ป่วยมีอายุ ≥49 ปี ดังนั้น ปัจจัยการดำเนินชีวิตจึงมีแนวโน้มที่จะมีความเกี่ยวข้องด้วย

Creatinine เป็นโมเลกุลเฉื่อยที่ผลิตจากกระบวนการสลาย (Catabolism) ของกล้ามเนื้อได้เป็น creatine และขับออกโดยทางไต; เซรั่มครีเอตินจึงสามารถบ่งบอกการทำงานของไตได้ (Jiang et al., 2017) การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายที่น้อยลงในเพศหญิงนั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับ serum creatinine มากกว่า ซึ่งทำการศึกษาระยะเวลา 7 ปี (Kronborg et al., 2008) การศึกษาในครั้งนี้พบว่ากลุ่มทดลอง serum creatinine ลดลงนั้นมีความแตกต่างระหว่างเพศ ในความเป็นจริงการเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกายอาจเพิ่มระดับ serum creatinine ดังนั้นมวลกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นอาจส่งผลในเชิงบวกของการออกกำลังกายต่อการทำงานของไต เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงในค่า serum creatinine นี้อาจจะได้รับผลที่ดีมากกว่าที่ตรวจพบ (Vanden Wyngaert et al., 2018) โดยทั่วไปแล้วระดับของ serum creatinine จะแสดงร่วมกับ BUN ซึ่งเป็นเครื่องหมายอีกตัวหนึ่งในการทำนายการดำเนินของโรคไตวายเรื้อรัง (Seki et al., 2019) อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในอัตราส่วน BUN/creatinine หลังจากการทดลองในกลุ่มทดลอง

6MWT เป็นเครื่องมือในการทำนายความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดซึ่งจะลดลงอย่างมากในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง (Mänttäri et al., 2018; Padilla et al., 2008) การศึกษาในครั้งนี้พบผลในเชิงบวกของ % predicted 6MWT หลังจากกลุ่มทดลองในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1-2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกระยะเวลา 12 สัปดาห์ทำให้

ระยะทางในการเดิน 6 นาที ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 เพิ่มขึ้น แต่ไม่เปลี่ยนแปลงในผู้ป่วยที่ล้างไตด้วย (Heiwe, Tollbäck, & Clyne, 2001; Koh, Fassett, Sharman, Coombes, & Williams, 2010; Rossi et al., 2014) สังเกตได้จาก % predicted 6MWT ในการศึกษาปัจจุบันมีความสัมพันธ์กับการลดลงของระดับน้ำตาลในเลือด (FPG) การศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการเดิน 6 นาที (6MWT) ผกผันกับระดับน้ำตาลในเลือดด้วย (Awotidebe et al., 2014) ระยะทางในการเดิน 6 นาที (6MWT) ลดลงในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 แสดงให้เห็นว่านั้นเป็นผลกระทบในเชิงลบของระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงต่อความสามารถในการออกกำลังกาย มีการศึกษาจำนวนมากได้รายงานว่าความสามารถของร่างกายในการนำออกซิเจนมาใช้สูงสุด (peak $VO_2$) และความสามารถในการออกกำลังกายในผู้ป่วยเบาหวานมีการลดลงด้วย (Reusch, Bridenstine, & Regensteiner, 2013) Bennett และคณะ ได้มีการอธิบายเพิ่มเติมว่าความผิดปกติของหลอดเลือดทำให้เกิดความผิดปกติของการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อในขณะที่ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ออกกำลังกายด้วย (Bauer, Reusch, Levi, & Regensteiner, 2007) ซึ่งความผิดปกตินี้จะดีขึ้นเมื่อได้รับฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกในระยะเวลา 12 สัปดาห์ (Brandenburg et al., 1999) นอกจากนั้นระดับของ Glucose transporter 4 (GLUT4) ยังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการตรวจตัวอย่างชิ้นเนื้อจากกล้ามเนื้อของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 (Gaster, Staehr, Beck-Nielsen, Schrøder, & Handberg, 2001) นอกจากการบกพร่องของ muscle oxygenation และการารนำกลูโคสเข้ากล้ามเนื้อ, สมรรถนะของระบบการทำงานหัวใจและปอดที่ลดลงอาจเป็นสาเหตุของการลดลงของ % predicted 6MWT จากการศึกษาในครั้งนี้ด้วย

ทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาที (30-s CST) เป็นการทดสอบความอดทนของกล้ามเนื้อแขนขาส่วนล่าง (Jones, Rikli, & Beam, 1999) Hsiao และคณะ พบว่าจำนวนการทดสอบลุก-นั่ง 30 วินาที ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของ eGFR ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1-5 (Hsiao et al., 2016) อย่างไรก็ตามมีบางการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายในรูปแบบต่างๆ สามารถเพิ่มผลลัพธ์การลุก-นั่ง 30 วินาทีได้ การศึกษาของ Rossi และคณะ แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ใช้เวลา 12 สัปดาห์ ทำให้เพิ่มความสามารถของการทดสอบลุก-นั่ง 30 วินาที ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 3-4 ได้ (Rossi et al., 2014) นอกจากนี้ Bennett และคณะ พบว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแรงต้านของกล้ามเนื้อขา (1 ชั่วโมง/ครั้ง, 1 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 48 สัปดาห์) ในผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังซึ่งทำในระหว่างทำการฟอกเลือดทำให้เพิ่มความสามารถในการทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาทีได้ (Bennett et al., 2016) การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 2-4 ได้รายงานผลในเชิงบวกเกี่ยวกับการทดสอบการลุก-นั่ง 30 วินาทีนั้นด้วยเช่นกัน (Barcellos et al., 2018)

ผลของการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบโรบิกจะช่วยส่งเสริมทั้งการทำงานของไตและสมรรถภาพทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 การออกกำลังกายอาจมีประโยชน์ในการป้องกันการเสื่อมของไตและสมรรถภาพทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังเริ่มต้นด้วย

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

5.3.1 ควรมีระยะในการศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2 มากกว่านี้เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง

5.3.2 ควรมีการศึกษาองค์ประกอบการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งต่อไป

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กรมพลศึกษา. (2559). *คู่มือแบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสรรถภาพทางกายสำหรับประชาชนไทย อายุ 19-59 ปี* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

ธัญญารัตน์ บุญโทย, นิตยา ภิญโญคำ, และจิราภรณ์ เตชะอุดมเดช. (2559). ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคกับเก้าอี้ต่อความเหนื่อยล้าและความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในผู้ที่เป็นโรคไตเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม. *Nursing Journal*, 43(3), 35–45.

ประเสริฐ ธนกิจจารุ, สกานต์ บุญนาค, และวรางคณา พิชัยวงศ์. (2558). *โรคไตเรื้อรัง (Chronic Kidney Disease: CKD)*. นนทบุรี: กรมการแพทย์.

เมษัณฑ์ ปรมาธิกุล, และอรรถพล ศรีวัฒนะ (บ.ก.). *การออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง (Exercise in Patients with Chronic Kidney Disease)*.

โรงพยาบาลสถาบันไตภูมิราชนครินทร์. (2556). *ความรู้เรื่องโรคไตสำหรับประชาชน*. ธีรพร เลิศรัฐ (บ.ก.). นนทบุรี: บริษัท เฮลธ์ เวิร์ค จำกัด.

อรุณ ศรีแสง. (2561). *การประเมินสมรรถภาพของหัวใจและปอดด้วยการทดสอบการเดิน 6 นาที*, *1*, 57–64.

สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ. (2551). *แนวทางเวชปฏิบัติการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้สูงอายุโรคหัวใจและหลอดเลือด.* กรุงเทพฯ: สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ

สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย. (2558). คำแนะนำสำหรับการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังก่อนการบำบัดทดแทนไต พ.ศ. 2558. กรุงเทพฯ: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

สำนักข่าว Hfocus. (2561). คนไทยป่วยโรคไตเรื้อรัง 8 ล้านคน. สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561, https://www.hfocus.org/content/2018/03/15633.

Anders, H.-J., Ninichuk, V., & Schlöndorff, D. (2006). Progression of kidney disease: blocking leukocyte recruitment with chemokine receptor CCR1 antagonists. *Kidney International*, *69*(1), 29–32. https://doi.org/10.1038/sj.ki.5000053

ATS. (2002). Guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *166*(1), 111–117. https://doi.org/10.1164/rccm.166/1/111

Awotidebe, T. O., Adedoyin, R. A., Yusuf, A. O., Mbada, C. E., Opiyo, R., & Maseko, F. C. (2014). Comparative functional exercise capacity of patients with type 2-diabetes and healthy controls: a case control study. *The Pan African Medical Journal*, *19*, 257. https://doi.org/10.11604/pamj.2014.19.257.4798

Barcellos, F. C., Del Vecchio, F. B., Reges, A., Mielke, G., Santos, I. S., Umpierre, D., … Hallal, P. C. (2018). Exercise in patients with hypertension and chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *Journal of Human Hypertension*, *32*(6), 397–407. https://doi.org/10.1038/s41371-018-0055-0

Baria, F., Kamimura, M. A., Aoike, D. T., Ammirati, A., Leister, M., Mello, M. T. De, & Cuppari, L. (2014). Randomized controlled trial to evaluate the impact of aerobic exercise on visceral fat in overweight chronic kidney disease patients. *Nephrol Dial Transplant*, *29*(January), 857–864. https://doi.org/10.1093/ndt/gft529

Barril, G., Nogueira, A., & Alvarez, G. (2018). Annals of Nutritional Disorders & Therapy Evaluation of Functional Capacity through the 6 Minutes Walking Test (6MW) in Patients with CKD, *5*(1), 5–7.

Bauer, T. A., Reusch, J. E. B., Levi, M., & Regensteiner, J. G. (2007). Skeletal muscle deoxygenation after the onset of moderate exercise suggests slowed microvascular blood flow kinetics in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *30*(11), 2880–2885. https://doi.org/10.2337/dc07-0843

Bennett, P. N., Fraser, S., Barnard, R., Haines, T., Ockerby, C., Street, M., … Daly, R. (2016). Effects of an intradialytic resistance training programme on physical function: a prospective stepped-wedge randomized controlled trial. *Nephrology, Dialysis, Transplantation: Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association -European Renal Association*, *31*(8), 1302–1309. https://doi.org/10.1093/ndt/gfv416

Blair, S., Durstine, L., Eddy, D., Hanson, P., Painter, P., Smith, K., & Wolfe, L. (2013). *ACSM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. *Medicine & Science in Sports & Exercise* (NINTH EDIT, Vol. 23). American College of Sports Medicine. https://doi.org/10.1249/00005768-199110000-00024

Brandenburg, S. L., Reusch, J. E., Bauer, T. A., Jeffers, B. W., Hiatt, W. R., & Regensteiner, J. G. (1999).Effects of exercise training on oxygen uptake kinetic responses in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *22*(10), 1640–1646. https://doi.org/10.2337/diacare.22.10.1640

Brook, R. D., Appel, L. J., Rubenfire, M., Ogedegbe, G., Bisognano, J. D., Elliott, W. J., … Rajagopalan, S. (2013). Beyond medications and diet: alternative approaches to lowering blood pressure: a scientific statement from the american heart association. *Hypertension ( Dallas, Tex. : 1979)*, *61*( 6) , 1360–1383. https://doi.org/10.1161/HYP.0b013e318293645f

Chiu, M. H., Miller, R. J. H., Barry, R., Li, B., Har, B. J., Wilton, S. B., … James, M. T. (2018). Kidney Function, ACE-Inhibitor/ Angiotensin Receptor Blocker Use, and Survival Following Hospitalization for Heart Failure: A Cohort Study. *Canadian Journal of Kidney Health and Disease*, *5*, 2054358118804838–2054358118804838. https://doi.org/10.1177/2054358118804838

Cobo, G., Hecking, M., Port, F. K., Exner, I., Lindholm, B., Stenvinkel, P., & Carrero, J. J. (2016). Sex and gender differences in chronic kidney disease: progression to end-stage renal disease and haemodialysis. *Clinical Science (London, England: 1979)*, *130*(14), 1147–1163. https://doi.org/10.1042/CS20160047

Craenenbroeck, A. H. Van, Craenenbroeck, E. M. Van, Ackeren, K. Van, Vrints, C. J., Conraads, V. M., Verpooten, G. A., … Couttenye, M. M. (2015). Effect of Moderate Aerobic Exercise Training on Endothelial Function and Arterial Stiffness in CKD Stages 3-4: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2015.03.015

Emerah, A., Sayed, E., Abo El-Saoud, A., & Shehata, O. (2013). Evaluation of the effect of exercise training program on work capacity, functional mobility, and quality of life in hemodialysis patients. *Egyptian Rheumatology and Rehabilitation*, *40*(4), 181. https://doi.org/10.4103/1110-161x.123794

Gaster, M., Staehr, P., Beck-Nielsen, H., Schrøder, H. D., & Handberg, A. (2001). GLUT4 is reduced in slow muscle fibers of type 2 diabetic patients: is insulin resistance in type 2 diabetes a slow, type 1 fiber disease *Diabetes*, *50*( 6), 1324–1329. https://doi.org/10.2337/diabetes.50.6.1324

Gould, D. W., Graham-brown, M. P. M., Watson, E. L., Viana, J. L., & Smith, A. C. (2014). Physiological benefits of exercise in pre-dialysis chronic kidney disease Correspondence: ABSTRACT: *Asian Pacific Society of Nephrology*, *19*, 519–527. https://doi.org/10.1111/nep.12285

Greenwood, S. A., Koufaki, P., Mercer, T. H., MacLaughlin, H. L., Rush, R., Lindup, H., … Cairns, H. S. (2015). Effect of Exercise Training on Estimated GFR, Vascular Health, and Cardiorespiratory Fitness in Patients With CKD: A Pilot Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*, *65*( 3) , 425–434. https://doi.org/10.1053/J.AJKD.2014.07.015

Heiwe, S., Tollbäck, A., & Clyne, N. (2001). Twelve weeks of exercise training increases muscle function and walking capacity in elderly predialysis patients and healthy subjects. *Nephron*, *88*(1), 48–56. https://doi.org/10.1159/000045959

Hsiao, S.-M., Tsai, Y.-C., Chen, H.-M., Lin, M.-Y., Chiu, Y.-W., Chen, T.-H., … Kuo, M.-C. (2016). Association of Fluid Status and Body Composition with Physical Function in Patients with Chronic Kidney Disease. *PloS One*, *11*( 10) , e0165400. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165400

Jiang, H., Li, J., Yu, K., Yang, H., Min, X., Chen, H., & Wu, T. (2017). Associations of estimated glomerular filtration rate and blood urea nitrogen with incident coronary heart disease: the Dongfeng-Tongji Cohort Study. *Scientific Reports*, *7*(1), 9987. https://doi.org/10.1038/s41598-017-09591-6

Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *70*(2), 113–119. https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608028

Kidney International Supplements. (2017). *KDIGO 2017 Clinical Practice Guideline Update for the Diagnosis , Evaluation , Prevention , and Treatment of Chronic Kidney Disease – Mineral and Bone Disorder ( CKD-MBD ) TREATMENT OF CHRONIC KIDNEY DISEASE – MINERAL AND* ( Vol. 7) . Kidney International Supplements.

Kirkman, D. L., Lennon-Edwards, S., & Edwards, D. G. (2014). The importance of exercise for chronic kidney disease patients. *Journal of Renal Nutrition*, *24*(6), e51–e53. https://doi.org/10.1053/j.jrn.2014.07.012

Koh, K. P., Fassett, R. G., Sharman, J. E., Coombes, J. S., & Williams, A. D. (2010). Effect of intradialytic versus home-based aerobic exercise training on physical function and vascular parameters in hemodialysis patients: a randomized pilot study. *American Journal of Kidney Diseases: The Official Journal of the National Kidney Foundation*, *55*(1), 88–99. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2009.09.025

Kronborg, J., Solbu, M., Njølstad, I., Toft, I., Eriksen, B. O., & Jenssen, T. (2008). Predictors of change in estimated GFR: a population-based 7-year follow-up from the Tromso study. *Nephrology, Dialysis, Transplantation: Official Publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*, *23*(9), 2818–2826. https://doi.org/10.1093/ndt/gfn148

Mänttäri, A., Suni, J., Sievänen, H., Husu, P., Vähä-Ypyä, H., Valkeinen, H., … Vasankari, T. (2018). Six-minute walk test: a tool for predicting maximal aerobic power (VO2 max) in healthy adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *38*(6), 1038–1045. https://doi.org/10.1111/cpf.12525

Milam, R. H. (2016). Exercise guidelines for chronic kidney disease patients. *Journal of Renal Nutrition*, *26*(4), e23–e25. https://doi.org/10.1053/j.jrn.2016.03.001

Marquis Hawkins (2010). The relationship between physical activity and kidney function/ chronic kidney disease. The Graduate Faculty of Graduate School of Public Health in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of Pittsburgh, 94-95.

Neugarten, J, Acharya, A., & Silbiger, S. R. (2000). Effect of gender on the progression of nondiabetic renal disease: a meta-analysis. *Journal of the American Society of Nephrology: JASN*, *11*(2), 319–329.

Neugarten, J, Medve, I., Lei, J., & Silbiger, S. R. (1999). Estradiol suppresses mesangial cell type I collagen synthesis via activation of the MAP kinase cascade. *The American Journal of Physiology*, *277*(6), F875-81. https://doi.org/10.1152/ajprenal.1999.277.6.F875

Neugarten, Joel, & Golestaneh, L. (2019). Influence of Sex on the Progression of Chronic Kidney Disease. *Mayo Clinic Proceedings*, *94*(7), 1339–1356. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2018.12.024

Padilla, J., Krasnoff, J., Da Silva, M., Hsu, C.-Y., Frassetto, L., Johansen, K. L., & Painter, P. (2008). Physical functioning in patients with chronic kidney disease. *Journal of Nephrology*, *21*(4), 550–559.

Pitsavos, C., Chrysohoou, C., Koutroumbi, M., Aggeli, C., Kourlaba, G., Panagiotakos, D., ... Stefanadis, C. (2011). The impact of moderate aerobic physical training on left ventricular mass, exercise capacity and blood pressure response during treadmill testing in borderline and mildly hypertensive males. *Hellenic Journal of Cardiology: HJC = Hellenike Kardiologike Epitheorese*, *52*(1), 6–14.

Polonia, J., Azevedo, A., Monte, M., Silva, J. A., & Bertoquini, S. (2017). Annual deterioration of renal function in hypertensive patients with and without diabetes *Vascular Health and Risk Management*, *13*, 231–237. https://doi.org/10.2147/VHRM.S135253

Pollock, M.L. and Wilmore, J.H. (1990) Exercise in health and disease; evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. 2nd Edition, WB Saunders Company, Philadelphia.

Prasert Thanakitcharu. (2015). Current Situation of Chronic Kidney Disease in Thailand. *Journal of Medicine and Health Science*, *40*(5), 5–18.

Reusch, J. E. B., Bridenstine, M., & Regensteiner, J. G. (2013). Type 2 diabetes mellitus and exercise impairment. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, *14*(1), 77–86. https://doi.org/10.1007/s11154-012-9234-4

Rossi, A. P., Burris, D. D., Lucas, F. L., Crocker, G. A., & Wasserman, J. C. (2014). Article Effects of a Renal Rehabilitation Exercise Program in Patients with CKD: A Randomized, Controlled Trial. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, *9*(December), 2052–2058. https://doi.org/10.2215/CJN.11791113

Schlueter, W. A., & Batlle, D. C. (1989). Renal effects of antihypertensive drugs. *Drugs*, *37*(6), 900-925. https://doi.org/10.2165/00003495-198937060-00005

Seki, M., Nakayama, M., Sakoh, T., Yoshitomi, R., Fukui, A., Katafuchi, E., ... Kitazono, T. (2019). Blood urea nitrogen is independently associated with renal outcomes in Japanese patients with stage 3-5 chronic kidney disease: a prospective observational study. *BMC Nephrology*, *20*(1), 115. https://doi.org/10.1186/s12882-019-1306-1

Sharaf El Din, U. A. A., Salem, M. M., & Abdulazim, D. O. (2016). Stop chronic kidney disease progression: Time is approaching. *World Journal of Nephrology*, *5*(3), 258–273. https://doi.org/10.5527/wjn.v5.i3.258

Shimizu, Y., Takaori, K., & Maeda, S. (2017, December). Exercise-induced acute renal failure in a trainee cyclist without hypouricemia: Successful athletic career post-treatment. *Journal of General and Family Medicine*. https://doi.org/10.1002/jgf2.108

Shirley Ryan.(2013).30 Seconds Sit To Stand Test. Retrieved May 17, 2019, from https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/30-second-sit-stand-test

Smart, N. A., Williams, A. D., Levinger, I., Selig, S., Howden, E., Coombes, J. S., & Fassett, R. G. (2013). Journal of Science and Medicine in Sport Exercise & Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise and chronic kidney disease. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*( 5) , 406–411. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.01.005

Takashi, D., Flavia, A., Ayako, M., Adriano, K., Túlio, M., & Lilian, D. M. (2015). Impact of home-based aerobic exercise on the physical capacity of overweight patients with chronic kidney disease. *International Urology and Nephrology*, *47*(December), 359–367. https://doi.org/10.1007/s11255-014-0894-8

Toyama, K., Sugiyama, S., Oka, H., Sumida, H., & Ogawa, H.(2010).Exercise therapy correlates with improving renal function through modifying lipid metabolism in patients with cardiovascular disease and chronic kidney disease. *Journal of Cardiology*, *56*(2), 142–146. https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2010.06.007

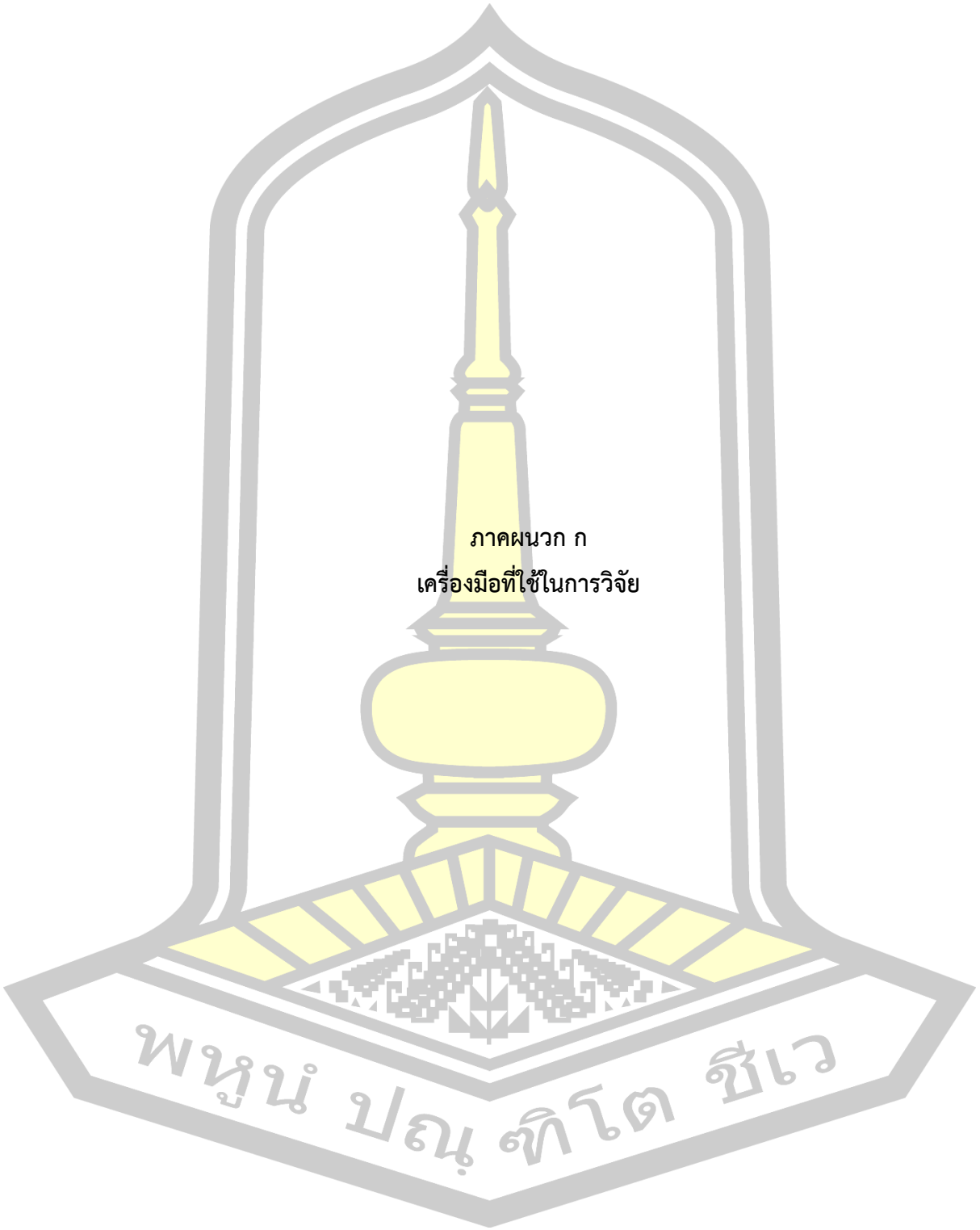
Vanden Wyngaert, K., Van Craenenbroeck, A. H., Van Biesen, W., Dhondt, A., Tanghe, A., Van Ginckel, A., ... Calders, P. (2018). The effects of aerobic exercise on eGFR, blood pressure and VO2peak in patients with chronic kidney disease stages 3-4: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, *13*(9), e0203662. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203662

Watson, X. E. L., Gould, D. W., Wilkinson, T. J., Xenophontos, S., Clarke, A. L., Vogt, B. P., ... Twelve-week, S. A. C. (2018). Twelve-week combined resistance and aerobic training confers greater benefits than aerobic training alone in nondialysis CKD. *Am J Physiol Renal Physiol*, 1188–1196. https://doi.org/10.1152/ajprenal.00012.2018

Youssef, M. K., & Philips, M. V. (2016). Effect of exercise in patients with diabetic kidney disease. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, *23*(10), 472–479. https://doi.org/10.12968/ijtr.2016.23.10.472

Zhang, L., Wang, Y., Xiong, L., Luo, Y., Huang, Z., & Yi, B. (2019). Exercise therapy improves eGFR, and reduces blood pressure and BMI in non-dialysis CKD patients: Evidence from a meta-analysis.*BMC Nephrology*, *20*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s12882-019-1586-5

# ภาคผนวก



# ภาคผนวก ก
# เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

| สำหรับผู้วิจัย |
|---|
| ID [ ] |
| [ ] กลุ่มทดลอง |
| [ ] กลุ่มควบคุม |

**แบบสอบถามการวิจัย**

**เรื่อง** ผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการชะลอการสูญเสียการทำงานของไตและการเพิ่มพูนการทำงานทางกายในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 และ 2

**คำชี้แจง** ข้าพเจ้านางสาวนิตยา อายุยืน นิสิตปริญญาโท สาขาการจัดการระบบสุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังทำการศึกษาวิจัย ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งในการตอบแบบสอบถามแต่ละส่วนขอให้ท่านอ่านแบบสอบถามให้เข้าใจ ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บไว้เป็นความลับจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วนดังต่อไปนี้

| **ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป** | **สำหรับผู้วิจัย** |
|---|---|
| 1) ชื่อ-นามสกุล..... | |
| 2) เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง | Sex ( ) |
| 3) อายุ.....ปี | Age ( ) |
| 4) สถานภาพ | |
| ☐ โสด ☐ สมรส ☐ หม้าย/หย่า ☐ แยกกันอยู่ | Status ( ) |
| ☐ อื่นๆ..... | |
| 5) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ | |
| ☐ มีโรคประจำตัว โปรดระบุ..... ☐ ไม่มี | CKD ( ) |
| ☐ โรคไตเรื้อรังระยะที่ 1 | |
| ☐ โรคไตเรื้อรังระยะที่ 2 | |
| 6) ยาที่รับประทานประจำ..... | |
| 7) ท่านสูบบุหรี่หรือไม่ | |
| ☐ สูบบุหรี่ ☐ ไม่สูบบุหรี่ | Tobac ( ) |
| 8) ท่านดื่มสุราหรือไม่ | |
| ☐ ดื่ม ☐ ไม่ดื่ม | Alcoh ( ) |

**<u>สำหรับผู้วิจัย</u>**

9) น้ำหนัก.....กิโลกรัม Weight ( )

10) ส่วนสูง.....เซนติเมตร Height ( )

11) BMI.....กิโลกรัม/เมตร$^2$ BMI ( )

**ส่วนที่ 2 ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ**

ค่า Creatinine = Cr ( )

ค่า eGFR = GFR ( )

ค่า BUN = BUN ( )

ค่า BUN / Creatinine Ratio = BUN/Cr ( )

**ส่วนที่ 3 การทดสอบสมรรถภาพทางร่างกาย**

1) 6-minute walk test (6MWT) 6MWT ( )

ระยะทาง.....เมตร

2) 30-second chair stand test STST ( )

จำนวน.....ครั้ง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

## แบบบันทึกค่าตัวแปรที่ได้จากการออกกำลังกาย

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

HRmax:.....HRexcercise:..... HRrest.....

ปัญหาจากการออกกำลังกายครั้งล่าสุด.....

.....

น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม

Resting BP:.....

Recovery BP:.....

| Training week | Date | Session | Pre-exercise | | | Post-exercise | | | Signs/ symptoms |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | BP | HR | RPE | BP | HR | RPE | |
| 1 | | 1 | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | | |
| 2 | | 4 | | | | | | | |
| | | 5 | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | |
| 3 | | 7 | | | | | | | |
| | | 8 | | | | | | | |
| | | 9 | | | | | | | |
| 4 | | 10 | | | | | | | |
| | | 11 | | | | | | | |
| | | 12 | | | | | | | |

พหุน ปณ ศโต ชีเว

| Training week | Date | Session | Pre-exercise | | | Post-exercise | | | Signs/ symptoms |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | BP | HR | RPE | BP | HR | RPE | |
| 5 | | 13 | | | | | | | |
| | | 14 | | | | | | | |
| | | 15 | | | | | | | |
| 6 | | 16 | | | | | | | |
| | | 17 | | | | | | | |
| | | 18 | | | | | | | |
| 7 | | 19 | | | | | | | |
| | | 20 | | | | | | | |
| | | 21 | | | | | | | |
| 8 | | 22 | | | | | | | |
| | | 23 | | | | | | | |
| | | 24 | | | | | | | |

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

| Training week | Date | Session | Pre-exercise | | | Post-exercise | | | Signs/ symptoms |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | BP | HR | RPE | BP | HR | RPE | |
| 9 | | 25 | | | | | | | |
| | | 26 | | | | | | | |
| | | 27 | | | | | | | |
| 10 | | 28 | | | | | | | |
| | | 29 | | | | | | | |
| | | 30 | | | | | | | |
| 11 | | 31 | | | | | | | |
| | | 32 | | | | | | | |
| | | 33 | | | | | | | |
| 12 | | 34 | | | | | | | |
| | | 35 | | | | | | | |
| | | 36 | | | | | | | |

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

## การตรวจทางห้องปฏิบัติการ

1. ค่า eGFR

การตรวจหาค่า ใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์โดย Enzymatic method ซึ่งประมาณจากการคำนวณตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ระดับค่าครีเอตินีนในเลือด เพศและอายุของผู้ป่วย โดยใช้สูตร CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration equation) โดยค่าปกติอยู่ที่ประมาณ 100 มล./นาที

วิธีการตรวจ

1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใส่ลงในหลอดเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA ปริมาตร 3 ไมโครลิตร เพื่อตรวจค่า eGFR

2) ตรวจวิเคราะห์ค่าการทำงานของไต คือ eGFR โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติ ยี่ห้อ sysmex รุ่น BX-3010

2. ค่า Creatinine

การตรวจหา Creatinine เป็นการตรวจโดยวิธี Colorimatic End point ที่ wavelength 546 nm. โดยใช้วิธี Peroxidase enzyme method ค่าปกติทั่วไปของ Creatinine ในผู้ชาย คือ 0.67–1.17 mg/dl ในผู้หญิง คือ 0.51–0.95 mg/dl

วิธีการตรวจ

1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใส่ลงในหลอดเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA ปริมาตร 3 ไมโครลิตรเพื่อตรวจค่า Creatinine

2) ตรวจวิเคราะห์ค่าการทำงานของไตคือ ค่า Creatinine โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติ ยี่ห้อ sysmex รุ่น BX-3010

3. ค่า BUN

การตรวจหา BUN เป็นการตรวจโดยวิธี Enzymatic Kinectic ที่ wavelength 340 nm. โดยใช้วิธี GIDH-method ค่าอ้างอิงของระดับ BUN ในเลือดคือ 7.94 - 20.1 mg/dl

วิธีการตรวจ

1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใส่ลงในหลอดเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA ปริมาตร 3 ไมโครลิตรเพื่อตรวจค่า BUN

2) ตรวจวิเคราะห์ค่าการทำงานของไต คือ BUN โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติ ยี่ห้อ sysmex รุ่น BX-3010

4. ค่า BUN/Creatinine Ratio

การคำนวณอัตราส่วนระหว่างค่า BUN (Blood Urea Nitrogen) ต่อ ค่า Creatinine (คำนวณจากค่า BUN หารด้วยค่า Creatinine) ซึ่งได้จากผลการตรวจเลือดในวาระเดียวกันอัตราส่วนปกติทั่วไปของค่า BUN ต่อ Creatinine คือ 10-20

วิธีการตรวจ

1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำใส่ลงในหลอดเลือดที่มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA ปริมาตร 3 ไมโครลิตรเพื่อตรวจค่า BUN/Creatinine Ratio

2) ตรวจวิเคราะห์ค่าการทำงานของไต คือ ค่า BUN/Creatinine Ratio โดยใช้เครื่องตรวจวิเคราะห์อัตโนมัติ ยี่ห้อ sysmex รุ่น BX-3010

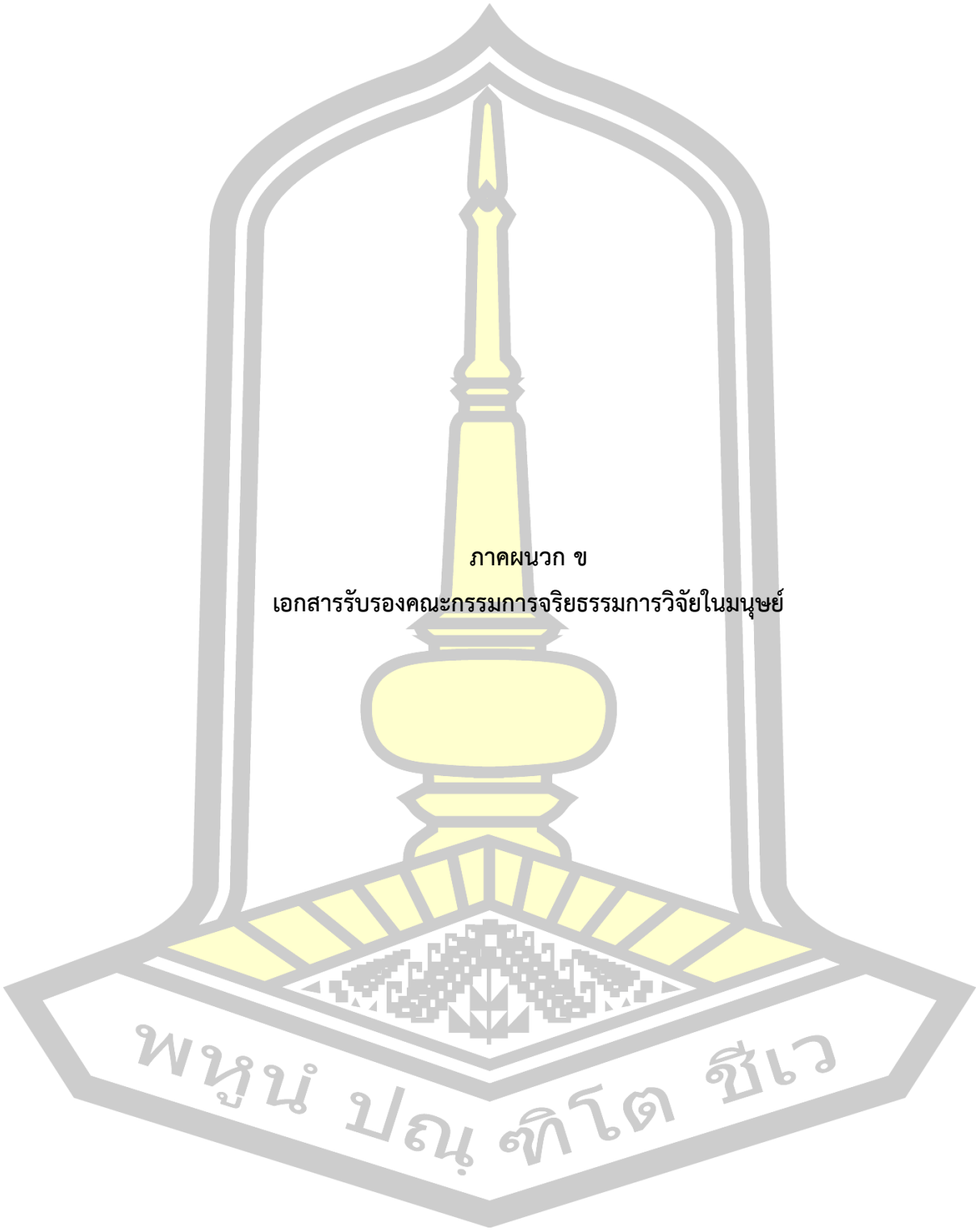
## แบบวัดระดับความรู้สึกเหนื่อย

(Borg Rating of Perceived Exertion scale, RPE)

| ตารางระดับความรู้สึกเหนื่อย | |
|---|---|
| 6 | |
| 7 | รู้สึกสบาย |
| 8 | |
| 9 | ไม่เหนื่อย |
| 10 | |
| 11 | เริ่มรู้สึกเหนื่อย |
| 12 | |
| 13 | ค่อนข้างเหนื่อย |
| 14 | |
| 15 | เหนื่อย |
| 16 | |
| 17 | เหนื่อยมาก |
| 18 | |
| 19 | เหนื่อยมากที่สุด |
| 20 | |

ดัดแปลงจาก Borg (1982)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



**ภาคผนวก ข**

**เอกสารรับรองคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์**

**คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**

**เอกสารรับรองโครงการวิจัย**

**เลขที่การรับรอง :** 050/2562

**ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย)** ผลของโปรแกรมออกกำลังกายฟื้นฟูไตในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1, 2

**ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ)** : Effects of a renal rehabilitation exercise program in chronic kidney disease patients stage 1 and 2.

**ผู้วิจัย** : นางสาวนิตยา อายุยืน

**หน่วยงานที่รับผิดชอบ** : คณะสาธารณสุขศาสตร์

**สถานที่ทำการวิจัย** : จังหวัดกาฬสินธุ์

**ประเภทการพิจารณาแบบ** : แบบเร่งรัด

**วันที่รับรอง :** 25 เมษายน 2562 **วันหมดอายุ :** 24 เมษายน 2563

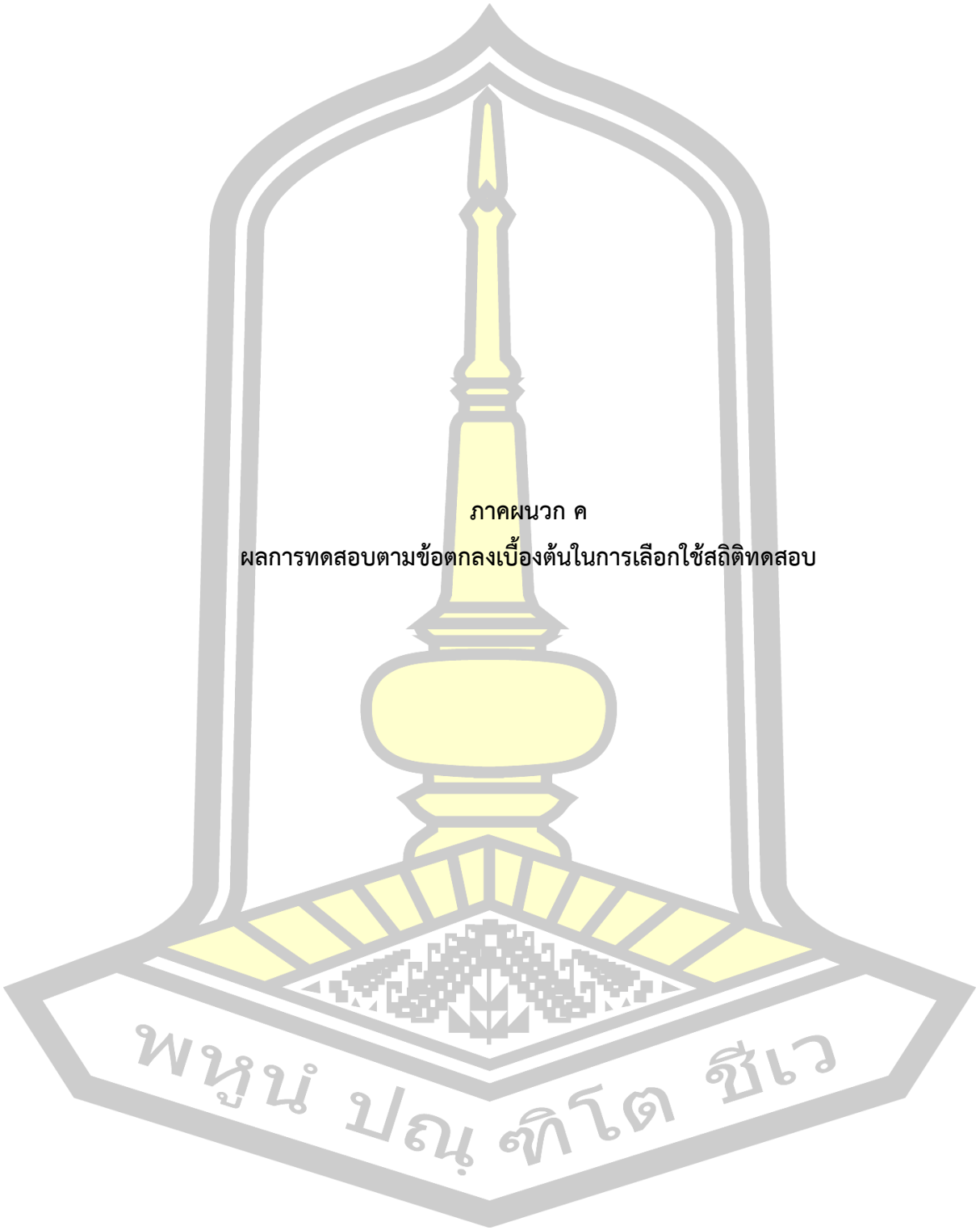
ข้อเสนอการวิจัยนี้ ได้รับการพิจารณาและให้ความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามแล้ว และอนุมัติในด้านจริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องข้างต้นได้ บนพื้นฐานของโครงร่างงานวิจัยที่คณะกรรมการฯ ได้รับและพิจารณา เมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้วให้ผู้วิจัยส่งแบบฟอร์มการปิดโครงการและรายงานผลการดำเนินงานมายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หรือหากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจักต้องยื่นขอรับการพิจารณาใหม่

.....

(รองศาสตราจารย์เทียบศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)



# ภาคผนวก ค
## ผลการทดสอบตามข้อตกลงเบื้องต้นในการเลือกใช้สถิติทดสอบ

**ทดสอบการแจกแจงแบบโค้งปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk Test**

ก่อนการทดสอบสมมติฐาน ได้ทำการทดสอบการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normality) โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test (เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่าง < 50) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548) พบว่าตัวแปรที่ศึกษามีการกระจายแบบปกติ

**กลุ่มควบคุม**

**Tests of Normality**

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| pre | .159 | 21 | .175 | .951 | 21 | .354 |
| post | .146 | 21 | .200* | .930 | 21 | .135 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

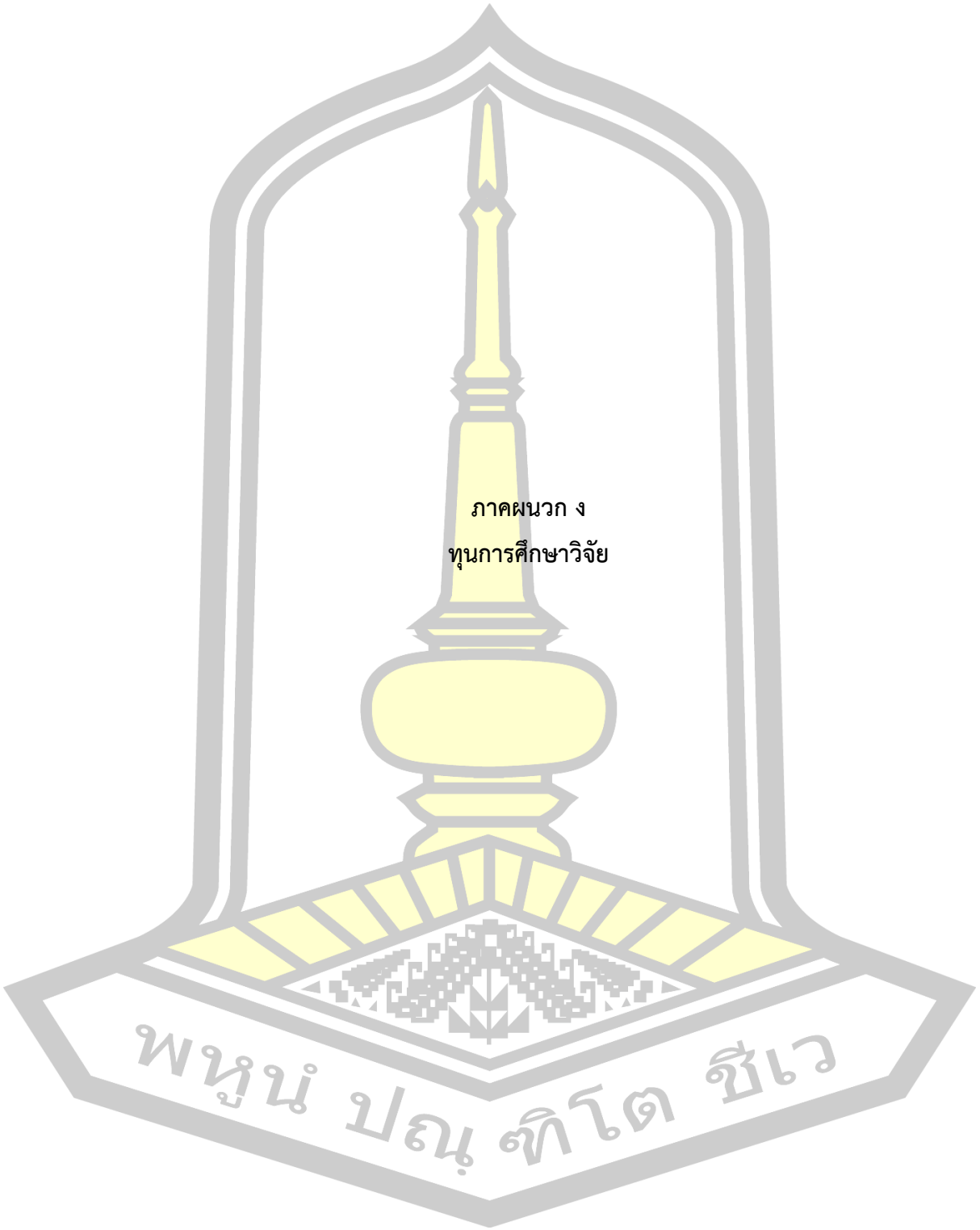
**กลุ่มทดลอง**

**Tests of Normality**

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| pre | .128 | 21 | .200* | .938 | 21 | .195 |
| post | .135 | 21 | .200* | .944 | 21 | .263 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction




**ภาคผนวก ง**

**ทุนการศึกษาวิจัย**

1106 /2562

ประกาศมหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เรื่อง ผลการพิจารณาทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท)
เงินอุดหนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ของมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ครั้งที่ 1 (เพิ่มเติม)

---

ตามที่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้ประกาศหลักเกณฑ์การให้ทุนอุดหนุนวิจัย สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เพื่อเป็นการส่งเสริมและสนับสนุนให้นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้ทำวิจัยเพื่อใช้เป็นข้อมูลเชียนวิทยานิพนธ์ และตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการ ที่มีคุณภาพอันจะนำไปสู่การเผยแพร่องค์ความรู้ใหม่ อาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2537 มาตรา 11 และระเบียบมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ว่าด้วยการบริหารงานวิจัย พ.ศ. 2561

บัดนี้ ได้ดำเนินการพิจารณาข้อเสนอโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และได้มีมติเห็นชอบจากคณะกรรมการบริหารงานวิจัยมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในคราวประชุม ครั้งที่ 12/2562 เมื่อวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2562 จึงขอประกาศผลการพิจารณาให้ทราบโดยทั่วกัน ดังนี้

| ที่ | ชื่อโครงการ | หัวหน้าโครงการ | นิสิตผู้ร่วมวิจัย | คณะ/หน่วยงาน | งบประมาณที่อนุมัติ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ผลของโปรแกรมออกกำลังกายฟื้นฟูใจในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1,2 | อ.ดร.ภู้เกียรติ ทุดปอ | นางสาวนิตยา อายุยืน | คณะสาธารณสุขศาสตร์ | 20,000 |
| 2 | การพัฒนาโปรแกรมเสริมสร้างภาวะผู้นำการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนเอกชน สังกัดสำนักงานศึกษาธิการภาค 11 | รศ.ดร.พชรวิทย์ จันทร์สิริสิร | น.ส.ชนิกานต์ พัฒนิบูลย์ | คณะศึกษาศาสตร์ | 15,000 |
| 3 | การตรวจวัดปริมาณสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากขาบ้อย | รศ.ดร.ประสงค์ สีหานาม | น.ส.ปนัดดา เสนารัตน์ | คณะวิทยาศาสตร์ | 20,000 |
| 4 | ฤทธิ์ต้านเบาหวานและฤทธิ์เอสโตรเจนิกของสารสกัดหัวมันเสา Dioscorea alata L. ในหนูถีบรังไข่ที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวานชนิดที่ 2 | ผศ.ดร.วิลาวัณย์ พร้อมพรม | น.ส.ชนากร คุณวงศ์ | คณะวิทยาศาสตร์ | 20,000 |
| 5 | รูปแบบและแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพของวัดสามระดับ | ผศ.ดร.สุนันทา เลาวัณย์ศิริ | พระอนุชิต นางาม อัคยุตโต | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ | 20,000 |

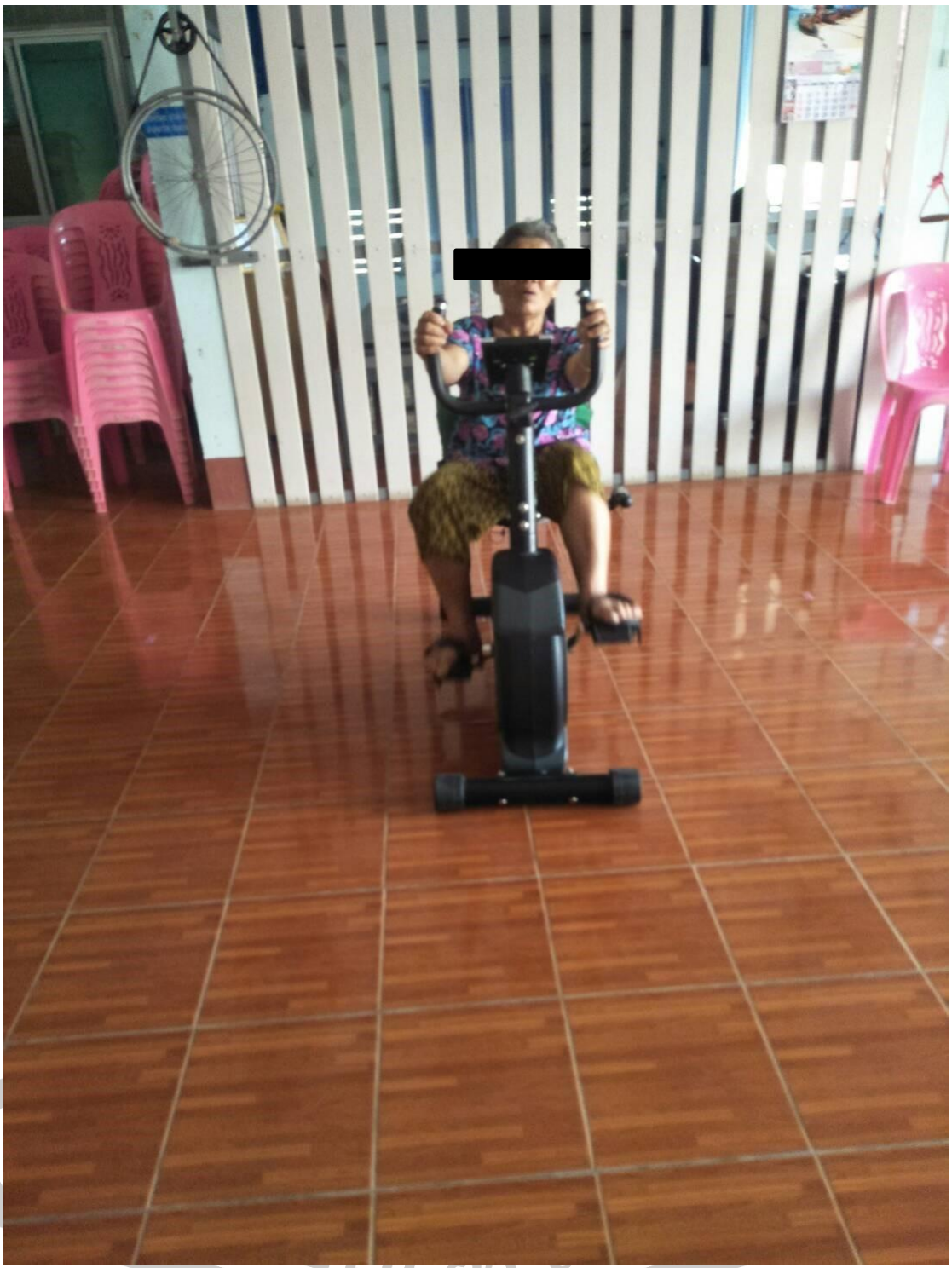
**หมายเหตุ** 1. ให้หัวหน้าโครงการวิจัย ดำเนินการทำสัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัย พร้อมทั้งยื่นเอกสารประกอบการเบิกเงินงวดที่ 1 ดังนี้

1.1 สัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัย จำนวน 3 ชุด **(ฉบับจริงเท่านั้น)**
1.2 ข้อเสนอโครงการวิจัยตามแบบ "มมส-โท-01" จำนวน 2 ฉบับ **(ฉบับจริงเท่านั้น)**
1.3 ใบสำคัญรับเงิน จำนวน 2 ชุด **(ฉบับจริงเท่านั้น)**
1.4 บันทึกข้อความขออนุมัติเบิกเงิน งวดที่ 1 จำนวน 1 ฉบับ **(ฉบับจริงเท่านั้น)**

ปณ ปณ ศิโต

**ภาคผนวก จ**

**ภาพกิจกรรม**



# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ** | นางสาวนิตยา อายุยืน |
| **วันเกิด** | วันที่ 30 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2536 |
| **สถานที่เกิด** | อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด |
| **สถานที่อยู่ปัจจุบัน** | บ้านเลขที่ 23 หมู่ 8 ตำบลบัวคำ อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45230 |
| **ตำแหน่งหน้าที่การงาน** | นักกายภาพบำบัด |
| **สถานที่ทำงานปัจจุบัน** | โรงพยาบาลร่องคำ |
| **ประวัติการศึกษา** | พ.ศ. 2557 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์<br>พ.ศ. 2563 ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (ส.ม.) สาขาการจัดการระบบสุขภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| **ทุนวิจัย** | ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 |

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว