



ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived
neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

THE EFFECTS OF WALKING EXERCISE TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION
ON BRAIN-DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR LEVELS, GAIT, AND SEVERITY IN
PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE

เกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภากรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน



เกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภากรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECTS OF WALKING EXERCISE TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION
ON BRAIN-DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR LEVELS, GAIT, AND SEVERITY IN
PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY
(Sport and Exercise Science)

Faculty of Physical Education, Srinakharinwirot University

2024

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

ของ

เกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภากรณ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิฑิต มิตรานันท์)	 ประธาน (รองศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์เกียรติ เทียนทอง)
..... ที่ปรึกษาร่วม (อาจารย์ นายแพทย์วิศัลย์ ธีระตันติกานนท์)	 กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัษฎริยะ เอนก)
..... ที่ปรึกษาร่วม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทราภรณ์ หันตุลา)	

ชื่อเรื่อง	ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน
ผู้วิจัย	เกษศิริพันธ์ กิตติพงษ์ภากรณ์
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2567
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิฑิต มิตรานันท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ นายแพทย์ วิชาญ ธีระตันติกานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทราภรณ์ หันตุลา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood Flow Restriction; BFR) ที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลฉับพลันของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับ BFR ที่มีต่อ Blood lactate และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลระยะยาวของการฝึกต่อเนื่อง 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยพาร์กินสัน อายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มเดินปกติ (WALK) และกลุ่มเดินร่วมกับ BFR (WBFR) ผลการทดลองที่ 1 พบว่ากลุ่ม WBFR และ WALK มีระดับ Blood lactate เพิ่มขึ้น โดยกลุ่ม WBFR มีค่าสูงที่สุด (4.6 ± 1.84 mmol/L) ผลการทดลองที่ 2 พบว่ากลุ่ม WBFR มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญหลายตัวแปร ดังนี้คือ ระดับ BDNF เพิ่มขึ้น ($p=0.031$), ค่า FMD ลดลง ($p=0.005$), ความเร็วในการเดิน (10MWT) ดีขึ้น ($p=0.007$), การทรงตัว (TUGT) ดีขึ้น ($p=0.004$), คะแนน UPDRS ลดลง ($p<0.001$), น้ำหนักลดลง ($p=0.024$), ไขมันในร่างกายลดลง ($p=0.010$), ดัชนีมวลกายลดลง ($p=0.024$), มวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ($p=0.009$), อัตราการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้น ($p=0.017$), ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวลดลง ($p=0.048$), และค่า baPWV ไม่เปลี่ยนแปลงถึงระดับนัยสำคัญแต่มีแนวโน้มลดลง ผลของกลุ่ม WALK แม้มีการเปลี่ยนแปลงบางตัวแปร เช่น ค่า baPWV และ UPDRS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เทียบเท่ากับกลุ่ม WBFR ผลของกลุ่ม CON มีแนวโน้มของคุณภาพชีวิตที่แย่ลง การวิเคราะห์รายคู่ยืนยันว่ากลุ่ม WBFR มีระดับ BDNF สูงกว่า CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) และค่า FMD สูงกว่าทั้งกลุ่ม WALK ($p=0.048$) และ CON ($p=0.037$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวโดยสรุป การฝึกเดินร่วมกับ BFR ส่งผลเชิงบวกต่อการปรับปรุงระบบประสาทหลอดเลือด การเดิน และความรุนแรงของโรคได้อย่างครอบคลุมมากกว่าการเดินปกติ จึงเป็นแนวทางในการฟื้นฟูที่มีศักยภาพและอาจนำไปประยุกต์ใช้ในการรักษาผู้ป่วยพาร์กินสันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : โรคพาร์กินสัน / การจำกัดการไหลเวียนเลือด / Brain-derived neurotrophic factor / การเดิน / ความรุนแรงของโรค

Title	THE EFFECTS OF WALKING EXERCISE TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION ON BRAIN-DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR LEVELS, GAIT, AND SEVERITY IN PATIENTS WITH PARKINSON'S DISEASE
Author	KETSIRIN KITTIPONGPHAKORN
Degree	DOCTOR OF PHILOSOPHY
Academic Year	2024
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Witid Mitranun
Co Advisor	Dr. Wisan Teeratanthakorn
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Soontaraporn Huntula

This study investigated the effects of walking exercise with blood flow restriction (BFR) on brain-derived neurotrophic factor (BDNF) levels, gait performance, and disease severity in patients with Parkinson's disease. The research consisted of two studies: one examined the acute effects of BFR walking on blood lactate, and the other evaluated the chronic effects of an eight-week, twice-weekly walking program. A total of 24 Parkinson's patients aged 50 years and older were randomly assigned to control (CON), regular walking (WALK), and walking with BFR (WBFR) groups. In the acute study, both WALK and WBFR groups showed elevated lactate levels, with WBFR showing the highest increase (4.6 ± 1.84 mmol/L). In the chronic study, WBFR resulted in significant improvements in BDNF ($p = 0.031$), flow-mediated dilation (FMD) ($p = 0.005$), gait speed (10MWT) ($p = 0.007$), balance (TUGT) ($p = 0.004$), and disease severity (UPDRS) ($p < 0.001$), along with reduced body weight ($p = 0.024$), body fat percentage ($p = 0.010$), and BMI ($p = 0.024$), as well as increased muscle mass ($p = 0.009$) and basal metabolic rate ($p = 0.017$). Systolic blood pressure decreased ($p = 0.048$), and baPWV showed a non-significant downward trend. The WALK group showed moderate improvements in baPWV and UPDRS, while the CON group declined in quality-of-life indicators. Pairwise comparisons revealed WBFR had significantly higher BDNF than CON ($p = 0.001$) and better FMD than both WALK ($p = 0.048$) and CON ($p = 0.037$). In conclusion, walking with BFR produced superior, multidimensional benefits in neuroplasticity, vascular function, and motor outcomes, supporting its role as an effective rehabilitation strategy for Parkinson's patients.

Keyword : Parkinson's disease / Blood flow restriction / Brain-derived neurotrophic factor / Gait / Severity

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน” สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากบุคคลและองค์กรหลายฝ่าย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

อันดับแรก ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ได้แก่ ผศ.ดร.วิฑิต มิตรานันท์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ได้แก่ อ.นพ.วิศัลย์ ธีระตันติกานนท์ และ ผศ.ดร.สุนทราภรณ์ หันตุลา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทาง ให้ความรู้ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่และเสียสละเวลาอันมีค่าในการชี้แนะแนวทางและขั้นตอนที่เหมาะสมในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ถูกต้องและมีคุณค่าทางวิชาการ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อภิรักษ์เกียรติ เทียนทอง และ ผศ.ดร.อัษฎริยะ อเนก ที่ได้กรุณาสละเวลาและให้เกียรติในการเป็นประธานและคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ รวมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะ คำชี้แนะและวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ อันนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาและโครงสร้างของปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการจริยธรรม แพทย์ และบุคลากรทางการแพทย์ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยราชสีห์มา ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงให้ข้อมูลและข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ ขอขอบคุณ น.ส.อรวิรุ ฤทธิศ พยาบาลวิชาชีพ และ น.ส.ณัฐนิชา ต่อดัน ผู้ช่วยพยาบาล รวมไปถึงอาสาสมัครที่เป็นผู้ป่วยโรคพาร์กินสันทุกท่านที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรราชสีห์มา โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ มาโดยตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอแสดงความขอบคุณ อาจารย์กนกวรรณ รัชมียงทอง ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเป็นผู้ช่วยการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นพ.วิฑูร มิตรานันท์, นพ.สกลวัฒน์ เจริญภักดี และ ผศ.ภาคภูมิ พิลังก ที่ได้เสียสละเวลาและให้เกียรติเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ได้แก่ ศ.ดร.สาลี สุภาพรณ, ผศ.ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ, อ.ดร.นุชรี เสนาคำ, อ.ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์, รศ.ดร.สนธยา สีละมาต, ผศ.ดร.พิชญาวีร์ ภาณุราชต์ฐนนท์, และ รศ.ดร.สุภาพรณ ศิลาเลิศเดชกุล ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันทรงคุณค่าตลอดระยะเวลาในการศึกษา นับตั้งแต่การสอบโครงร่างปริญญานิพนธ์ที่เป็นแรงบันดาลใจและรากฐานสำคัญในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงขอขอบพระคุณ อ.ดร.วาทัญญู คำรส และ อ.ดร.ธงทอง ทองสุภาพ ที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และสนับสนุนความรู้ใหม่ ๆ แก่ผู้วิจัย และขอแสดงความขอบคุณ น.ส.คณิดา คุ่มสิงสัน นักวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ได้อำนวยความสะดวกและประสานงานด้านเครื่องมือและอุปกรณ์บางส่วนที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ กระทรวงวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ที่ได้มอบทุนพัฒนาบุคลากรและโอกาสในการศึกษาต่อระดับปริญญาเอกในครั้งนี้ รวมไปถึง นายพรสมัคร ภูมิเขต เจ้าหน้าที่งานบริการการศึกษา คณะพลศึกษา ที่ได้อำนวยความสะดวกและประสานงานด้านเอกสารของผู้วิจัย ซึ่งเป็นนักเรียนทุนกระทรวงวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ นายอัศววัฒน์ กิตติพงษ์ภากรณ์ และนางสุนีรัตน์ กิตติพงษ์ภากรณ์ บิดาและมารดาของผู้วิจัย รวมไปถึง นายศิวกร อัศวเมฆ ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งกำลังใจ กำลังกาย และกำลังทรัพย์อย่างไม่เคยขาด ทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจและความมุ่งมั่นในการศึกษาเล่าเรียนและจัดทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ นายธิดวัฒน์ น้อยคำเมือง ผู้เป็นเพื่อนร่วมชั้นตั้งแต่ระดับปริญญาตรีที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทุกครั้งที่มีโอกาส รวมถึงเพื่อนร่วมชั้นระดับปริญญาเอกทุกท่านที่ได้เกื้อกูล แบ่งปันความรู้ และเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีอุปการะคุณทุกท่าน บิดรมารดา ครูบาอาจารย์ ญาติพี่น้อง และกัลยาณมิตรทั้งหลายของผู้วิจัย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ขอแสดงความนับถือ

เกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภากรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
1. โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease).....	8
2. หลักการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน.....	16
3. ความสัมพันธ์ของการออกกำลังกาย สมอง และหลอดเลือด.....	19
4. การจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood flow restriction).....	26
5. หลอดเลือด (Blood vessel).....	31
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
7. กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual framework).....	39

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	40
1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	40
ประชากร	40
กลุ่มตัวอย่าง.....	40
ตัวแปรที่ศึกษา.....	42
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	43
การสร้างเครื่องมือวิจัย	45
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	49
การทดลองที่ 1.....	49
การทดลองที่ 2.....	50
3. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	52
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	54
การทดลองที่ 1.....	57
การทดลองที่ 2.....	61
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	70
1. สรุปผลการวิจัย	70
2. อภิปรายผลการวิจัย.....	72
3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....	83
บรรณานุกรม.....	86
ประวัติผู้เขียน.....	97
ภาคผนวก.....	98
ภาคผนวก ก แบบการตรวจสภาพจิตแบบย่อ (TMSE)	99
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยพาร์กินสัน (PDQ-8)	101

ภาคผนวก ค แบบประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน (UPDRS)	103
ภาคผนวก ง แบบประเมินปัจจัยเสี่ยง (Risk factor assessment).....	110
ภาคผนวก จ ใบบันทึกข้อมูล	113
ภาคผนวก ฉ ข้อตกลงการถ่ายโอนข้อมูลทางชีวภาพ (MTA)	115
ภาคผนวก ช แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (IOC)	117
ภาคผนวก ซ ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด.....	121
ภาคผนวก ฌ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการวิจัย	124
ภาคผนวก ญ ภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย	136
ภาคผนวก ภ หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์.....	142
ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานในวารสารต่างประเทศ (Q2)	145
ภาคผนวก กฐ การคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power	147

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลองค์ประกอบร่างกาย และข้อมูลตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง (n = 24)	54
ตาราง 2 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Test of normality) ด้านองค์ประกอบร่างกายของ	57
ตาราง 3 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Test of normality) ตัวแปรด้านคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย และด้านสรีรวิทยา ของกลุ่มตัวอย่าง	58
ตาราง 4 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร Blood lactate ก่อนและหลังการทดลองที่ 1 (ผลจับพัต) ภายในกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR	59
ตาราง 5 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระดับ Blood lactate ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม	59
ตาราง 6 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ยระดับ Blood lactate ของกลุ่มตัวอย่าง รายคู่	60
ตาราง 7 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ก่อนและหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ภายในกลุ่ม CON	61
ตาราง 8 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ก่อนและหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ภายในกลุ่ม WALK	62
ตาราง 9 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ก่อนและหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ภายในกลุ่ม WBFR	63
ตาราง 10 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ภายหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ระหว่างกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR	64
ตาราง 11 การวิเคราะห์ตัวแปร BDNF และ FMD เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม รายคู่	66

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 แสดงก้านสมองของคนปกติเทียบกับผู้ป่วยพาร์กินสัน	9
ภาพประกอบ 2 แสดงการดำเนินโรคพาร์กินสันจากพยาธิกำเนิดนำไปสู่อาการที่ผิดปกติ	11
ภาพประกอบ 3 แสดงกลไกปฏิสัมพันธ์ของแลคเตท และ BDNF หลังการออกกำลังกาย.....	23
ภาพประกอบ 4 แสดงกลไกของผลยับยั้งและผลระยะยาวของแลคเตทจากการออกกำลังกายที่มีต่อสุขภาพสมอง ด้านการไหลเวียนเลือด การส่งสัญญาณทางประสาท และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสมอง	24
ภาพประกอบ 5 (A) แสดงภาพของการฝึกพร้อมกับ BFR (B) ผลต่อหลอดเลือดที่เกิดจากเทคนิค BFR และ (C) กลไกระดับโมเลกุลโดยละเอียดที่เกิดจากการฝึก BFR.....	25
ภาพประกอบ 6 กลไกการทำงานของร่างกายกับการฝึก BFR	28
ภาพประกอบ 7 การตอบสนองทางสรีรวิทยาจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกพร้อมกับ BFR...	29
ภาพประกอบ 8 แสดงองค์ประกอบระบบจุลภาคของหลอดเลือด	32
ภาพประกอบ 9 การตรวจวัดการไหลของเลือดผ่านการขยายตัวของหลอดเลือด (FMD)	34
ภาพประกอบ 10 การตรวจวัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (baPWV)	36
ภาพประกอบ 11 ห้องฝึกเดินออกกำลังกาย	46
ภาพประกอบ 12 แสดงรูปแบบการทดลองที่ 1 ศึกษาผลระยะยับยั้ง	50
ภาพประกอบ 13 แสดงรูปแบบการทดลองที่ 2 ศึกษาผลระยะยาว	51
ภาพประกอบ 14 แสดงการเปรียบเทียบระดับ Blood lactate ก่อนและหลังการทดลอง	60
ภาพประกอบ 15 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของระดับ BDNF ก่อนและหลังการฝึก	67
ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ FMD ก่อนและหลังการฝึก	67
ภาพประกอบ 17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ UPDRS ก่อนและหลังการฝึก	68
ภาพประกอบ 18 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ PDQ-8 ก่อนและหลังการฝึก	68

ภาพประกอบ 19 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ FTSST ก่อนและหลังการฝึก.....	68
ภาพประกอบ 20 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ TUGT ก่อนและหลังการฝึก.....	69
ภาพประกอบ 21 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ baPWV ก่อนและหลังการฝึก	69
ภาพประกอบ 22 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ 10MWT ก่อนและหลังการฝึก.....	69
ภาพประกอบ 23 กลไกการฟื้นฟูอาการในโรคพาร์กินสันจากการฝึกเดินปกติ	81
ภาพประกอบ 24 กลไกการฟื้นฟูอาการในโรคพาร์กินสันจากการฝึกเดินร่วมกับ BFR	82



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้โรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของระบบประสาท เช่น โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease; PD) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โรคพาร์กินสันเป็นความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลางที่ส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติทางการเคลื่อนไหว (Motor symptoms) เช่น อาการสั่น เคลื่อนไหวช้า กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง และการทรงตัวผิดปกติ นอกจากนี้ยังมีอาการที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว (Non-motor symptoms) เช่น ความบกพร่องทางความคิด ซึมเศร้า และคุณภาพชีวิตที่ลดลง (Meesawang & Namprasert, 2021) พยาธิกำเนิดหลักของโรคนี้เกิดจากการเสื่อมของเซลล์สมองในบริเวณ substantia nigra pars compacta ที่ผลิตสารสื่อประสาทโดปามีน ซึ่งเมื่อระดับโดปามีนลดลง จะส่งผลโดยตรงต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย และสามารถประเมินความรุนแรงของโรคได้ด้วยแบบประเมิน Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถทางการเคลื่อนไหวและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย หนึ่งในปัญหาสำคัญของผู้ป่วยพาร์กินสันคือความบกพร่องในการเดินและการทรงตัว ซึ่งพบได้สูงถึง 46.3% และสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการหกล้มและคุณภาพชีวิตที่ลดลง (Bhidayasiri & Mari, 2020) การออกกำลังกายโดยเฉพาะการเดินแบบแอโรบิก เป็นทางเลือกที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายและระบบประสาทในผู้ป่วยพาร์กินสัน เนื่องจากกลไกการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) จะช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดทั่วร่างกาย รวมถึงสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนไหว เช่น Basal ganglia และ Motor cortex การเดินที่มีความต่อเนื่องกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อให้เกิดการปรับตัว (Neuroplasticity) และลดอาการเดินติด (Freezing of gait; FOG) ได้ (Belchior et al., 2017)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคนิคการออกกำลังกายแบบจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood Flow Restriction; BFR) ได้รับความสนใจอย่างมาก โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ที่มีข้อจำกัดด้านสมรรถภาพร่างกาย เทคนิคนี้ประกอบด้วย การออกกำลังกายที่ความหนักต่ำ (Low-load training) โดยใช้สายรัดหรือ Cuff พันที่ต้นแขนหรือต้นขา เพื่อจำกัดการไหลเวียนของเลือดแดงเข้าสู่กล้ามเนื้อและเลือดดำที่ไหลกลับหัวใจ ส่งผลให้เกิดภาวะ Hypoxia ในกล้ามเนื้อ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดความเครียดจากการเผาผลาญ (Metabolic stress) และมีการผลิตสารเมตาบอไลต์ (Metabolites) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายนั้นคือแลคเตทที่สูงขึ้น เพียงพอในการกระตุ้นการปรับตัวของ

ระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Patterson et al., 2019; Brandner et al., 2018)

Blood lactate เป็นหนึ่งในสารชีวเคมีที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายหลังการฝึกแบบ BFR และมีบทบาทเป็นโมเลกุลสัญญาณ (Signaling molecule) ที่สามารถข้ามผ่าน blood-brain barrier (BBB) เข้าสู่สมองผ่านตัวขนส่ง Monocarboxylate Transporters (MCT) โดยแลคเตทที่เข้าสู่สมองจะถูก Astrocyte นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับเซลล์ประสาท และกระตุ้นการหลั่งของ Neurotrophic factors โดยเฉพาะ Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมการอยู่รอดและการแตกแขนงของเซลล์ประสาท (Magistretti & Allaman, 2018; Dienel, 2017; Hashimoto et al., 2018) BDNF เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของกระบวนการสร้างความยืดหยุ่นของระบบประสาท (Neuroplasticity) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ และการควบคุมการเคลื่อนไหว งานวิจัยที่ผ่านมาบ่งชี้ว่า การออกกำลังกายสามารถกระตุ้นการหลั่ง BDNF ได้ทั้งแบบฉับพลันและแบบระยะยาว โดยพบว่าการเพิ่มขึ้นของ BDNF มีความสัมพันธ์กับระดับแลคเตทที่สูงขึ้นหลังการออกกำลังกาย (Muller et al., 2020) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาในผู้สูงอายุที่แสดงให้เห็นว่าการฝึกเดินร่วมกับ BFR สามารถกระตุ้นการทำงานของสมองส่วน Hippocampus ให้หลั่ง BDNF ได้มากกว่าการเดินแบบปกติ (Yamada et al., 2021)

อีกหนึ่งกลไกสำคัญที่ได้รับผลจากการฝึก BFR คือระบบหลอดเลือด โดยพบว่าการเพิ่มแรงเฉือนที่กระทำต่อผนังหลอดเลือด (Shear stress) จากภาวะขาดออกซิเจนของกล้ามเนื้อ (Hypoxia) ส่งผลให้เซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด (Endothelial cells) หลั่ง Nitric oxide (NO) ซึ่งช่วยในการขยายหลอดเลือดและเพิ่มความสามารถในการไหลเวียนของเลือดได้ดีขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถวัดได้จากค่า Flow-mediated dilatation (FMD) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำหน้าที่ของผนังหลอดเลือด (Endothelial function) และ brachial-ankle Pulse Wave Velocity (baPWV) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความแข็งของหลอดเลือดแดง (Chen et al., 2025; Sugawara et al., 2015) การปรับตัวของระบบหลอดเลือดนี้ไม่เพียงช่วยให้สมองได้รับเลือดมากขึ้น แต่ยังส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีข้อจำกัดด้านการเดินและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายด้วยการทดสอบ เช่น Five times sit-to-stand test (FTSST), Timed up and go test (TUGT) และ 10-meter walk test (10MWT) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการวัด Functional performance และความสามารถของการเดินทั้งในผู้สูงอายุและผู้ป่วยพาร์กินสัน (Mak et al., 2022)

จากการสืบค้นวรรณกรรมในอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่า มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายต่อผู้ป่วยพาร์กินสันในด้านใดด้านหนึ่ง เช่น ผลต่อ BDNF ผลต่อการเดิน หรือผลต่อมวลกล้ามเนื้อ แต่จนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่ผสมรวมกลไกต่าง ๆ เหล่านี้ อย่างเป็นระบบในงานวิจัยเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาที่เชื่อมโยงกลไกระดับชีวโมเลกุล การทำงานหลอดเลือด และสมรรถภาพร่างกายในผู้ป่วยพาร์กินสัน ช่องว่างนี้ทำให้เราไม่ทราบแน่ชัดว่ากลไกทางกายภาพและชีวภาพ ส่งผลเชื่อมโยงกันอย่างไรในการฟื้นฟูผู้ป่วยพาร์กินสัน ตัวอย่างเช่น ยังไม่มีข้อมูลชัดเจนว่าการที่ BDNF เพิ่มขึ้นจากการฝึก BFR จะสัมพันธ์กับความเร็ว การเดินที่ดีขึ้นมากน้อยเพียงใด หรือส่งผลต่อการปรับปรุงหลอดเลือด ไปจนถึงช่วยลดอาการของโรคพาร์กินสันได้หรือไม่ การศึกษานี้ผู้วิจัยจึงออกแบบมาเพื่อเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว ด้วยการวัดตัวแปรที่หลากหลายตั้งแต่ระดับโมเลกุลจนถึงระดับการทำงานของร่างกาย

ความใหม่ของงานวิจัยนี้ (Novelty) อยู่ที่การบูรณาการมิติด้านชีววิทยาและสมรรถภาพเข้าด้วยกัน โดยเป็นครั้งแรก ๆ ที่มีการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นทันที (เช่น แลคเตท) กับการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพระยะยาว (เช่น BDNF, FMD, baPWV, FTSST, TUGT, 10MWT, UPDRS, PDQ-8, และ Body composition) ในผู้ป่วยพาร์กินสันอย่างเป็นระบบ งานนี้มีความใหม่ในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ข้ามสาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์การกีฬา ชีวเคมี การออกกำลังกาย และประสาทวิทยาของโรคพาร์กินสัน เข้าไว้ด้วยกัน อันจะนำไปสู่ความเข้าใจเชิงลึกว่าเหตุใดการออกกำลังกายแบบ BFR จึงอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วย PD มากกว่าการดูแลเฉพาะอาการทางคลินิก ยิ่งไปกว่านั้น ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ชุดแรก ๆ ที่ชี้ให้เห็นว่าการออกกำลังกายสามารถกระตุ้นกระบวนการฟื้นฟูระบบประสาทและหลอดเลือดพร้อมกัน และผลดังกล่าวสะท้อนออกมาเป็นความก้าวหน้าด้านสมรรถภาพของผู้ป่วยอย่างไร การค้นพบนี้ไม่เพียงมีนัยสำคัญต่อการจัดการรักษาผู้ป่วยพาร์กินสัน (เช่น การออกแบบโปรแกรมฟื้นฟูที่เน้นทั้งการเพิ่ม BDNF และประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย) แต่ยังสร้างองค์ความรู้ใหม่ในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับตัวของร่างกายมนุษย์ต่อการออกกำลังกายในภาวะโรค ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางสู่วิธีการฟื้นฟูแบบบูรณาการที่มีประสิทธิภาพและเฉพาะเจาะจงสำหรับผู้ป่วยพาร์กินสันในอนาคต และเป็นต้นแบบให้งานวิจัยอื่น ๆ ศึกษาการเชื่อมโยงกลไกการออกกำลังกายกับโรคเรื้อรังที่เกิดจากความเสื่อมของระบบประสาทอื่น ๆ อย่างเป็นองค์รวมต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

การทดลองที่ 1

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลขับพลาสมาของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Blood lactate

การทดลองที่ 2

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะยาวของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

สมมติฐานการวิจัย

การทดลองที่ 1

ผลขับพลาสมาของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Blood lactate ก่อนและหลังการทดลอง แตกต่างกัน

การทดลองที่ 2

ผลระยะยาวของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ BDNF การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ แตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพศชายและเพศหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลมหาราชานครราชสีมา ประเภทผู้ป่วยนอก (Out-patient-department; OPD)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพศชายและเพศหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 24 คน ได้มาจากการคัดเลือกด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) จากรายชื่อผู้ป่วยตามเวชระเบียน (Medical record) จากนั้นแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

ขั้นตอนและวิธีการสุ่มตัวอย่าง

1. รวบรวมรายชื่อผู้ป่วยในความรุนแรงของโรคที่ระดับ 2-3 (Hoehn & Yahr stage)
2. กำหนดขนาดตัวอย่าง จากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.7 ค่า Effect size เท่ากับ 0.80 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.05 ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) 0.80 (Faul & Buchner, 2007) คำนวณตัวอย่างได้ 15 คน แต่ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนเป็น 24 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง (Drop out)
3. สุ่มหมายเลขเวชระเบียน (HN) โดยใช้โปรแกรม ทำการสุ่มอย่างง่าย
4. รวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยที่ถูกเลือกจากเวชระเบียน
5. จัดสรรตัวอย่างลงกลุ่ม (ตามเกณฑ์เพศและ Hoehn & Yahr stage) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ได้แก่ กลุ่มควบคุม (CON), กลุ่มเดินปกติ (WALK), และกลุ่มเดินร่วมกับ BFR (WBFR)

ตัวแปรที่ศึกษา

การทดลองที่ 1

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ได้แก่ การเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่ระดับแรงดัน 40% ของแรงดันปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดแดง (Arterial occlusion pressure; AOP) และการฝึกเดินออกกำลังกายแบบปกติ 30 นาที
2. ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่ Blood lactate

การทดลองที่ 2

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ได้แก่ การฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่ระดับแรงดัน 40% - 60% AOP (Kargaran et al., 2021) และการฝึกเดินออกกำลังกายแบบปกติ 30 นาที สัปดาห์ละ 2 วัน ต่อเนื่อง 8 สัปดาห์
2. ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่
 - 1) Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS)
 - 2) Thai Mental State Examination (TMSE)
 - 3) Parkinson's Disease Questionnaire-8 (PDQ-8)
 - 4) Body composition
 - 5) Functional performance
 - 6) Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)
 - 7) Flow-mediated dilatation (FMD)
 - 8) brachial ankle Pulse Wave Velocity (baPWV)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับกลไกแบบบูรณาการ

งานวิจัยนี้จะช่วยอธิบายกลไกความสัมพันธ์ระหว่างการฝึก BFR กับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรระดับชีวโมเลกุล หลอดเลือด และประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายในผู้ป่วยพาร์กินสันได้อย่างเป็นระบบ

2. พัฒนาแนวทางการฟื้นฟูสมรรถภาพที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

การฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับ BFR อาจเป็นทางเลือกใหม่ที่ปลอดภัยและเหมาะสมสำหรับผู้ป่วยพาร์กินสัน ที่อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการฝึกโดยไม่ต้องใช้ความหนักสูง

3. เพิ่มสมรรถภาพการเคลื่อนไหวและลดความเสี่ยงการหกล้ม

หากผลวิจัยยืนยันว่าการฝึกเดินร่วมกับ BFR ช่วยเพิ่มความเร็วในการเดิน การเคลื่อนไหวและทรงตัว รวมไปถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จะสามารถลดความเสี่ยงการหกล้มและเพิ่มความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้

4. เสริมสร้างแนวคิด Personalized rehabilitation

ผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโปรแกรมฝึก และสามารถปรับให้เหมาะกับระดับความรุนแรงของโรคหรือสภาพร่างกายของผู้ป่วยรายบุคคลได้ดียิ่งขึ้น

5. ต่อยอดงานวิจัยและสนับสนุนเชิงนโยบาย

ข้อมูลจากงานวิจัยนี้อาจนำไปใช้ต่อยอดในกลุ่มโรคที่เกิดจากความเสื่อมของระบบประสาทอื่น ๆ และช่วยในการวางแผนหรือกำหนดนโยบายด้านการฟื้นฟูที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในระดับชุมชนหรือคลินิก

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การเดิน (Walking) หมายถึง การเดินออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อเนื่องบนพื้นราบด้วยความเร็วที่มากกว่าปกติเล็กน้อยด้วยจังหวะสม่ำเสมอ โดยในงานวิจัยนี้จะวัดผลด้วย Timed up and go test (TUGT) และ 10-meter walk test (10MWT)

2. การจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood flow restriction) หมายถึง การฝึกที่มีการรัดกล้ามเนื้อบริเวณโคนต้นขาในตำแหน่ง Proximal thigh (ใต้เข่าหนีบ 2-5 ซม.) เพื่อปิดกั้นการไหลเวียนเลือดบางส่วน โดยใช้ระดับความหนักต่ำในการฝึก แต่สามารถกระตุ้นการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ของร่างกายได้ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับ ความหนักระดับสูงและมีความปลอดภัย

3. BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) หมายถึง โปรตีนขนาดเล็กในกลุ่ม Neurotrophic ทำหน้าที่ในการกระตุ้นเซลล์ประสาทในสมองให้เกิดการแตกแขนงกิ่งก้านสาขา

การเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทและปรับสมดุลการส่งสัญญาณในระบบสื่อสารประสาทต่าง ๆ รวมทั้งช่วยสร้างเซลล์ใหม่และปกป้องเซลล์ที่มีอยู่

4. ความรุนแรง (Severity) หมายถึง ระยะการดำเนินโรคของผู้ป่วยพาร์กินสัน แบ่งระดับความรุนแรงเป็น 1-5 จากเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมิน Modified Hoehn and Yahr Stage

5. ผู้ป่วยพาร์กินสัน (Patients with Parkinson's disease) หมายถึง ผู้ป่วยที่ตรวจพบว่าเป็นโรคพาร์กินสัน เพศชายและเพศหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป อยู่ในภาวะความรุนแรงของโรคที่ระดับ 2-3 ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครราชสีมา ประเภทผู้ป่วยนอก OPD



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและสรุปเนื้อหาที่สำคัญ โดยนำมาเรียบเรียงเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease; PD)
2. หลักการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน
3. ความสัมพันธ์ของการออกกำลังกาย สมอ และหลอดเลือด
4. การจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood flow restriction; BFR)
5. หลอดเลือด (Blood vessel)
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

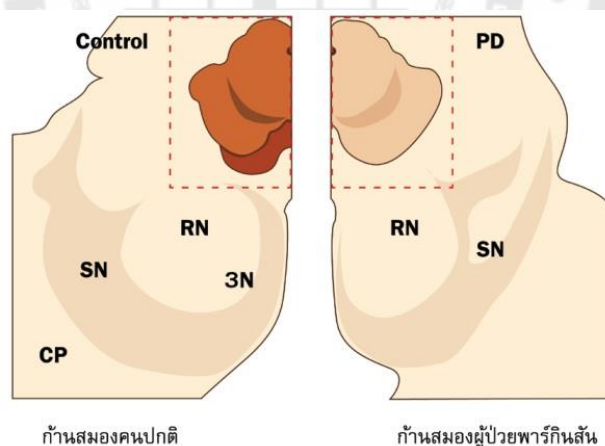
1. โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease)

โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease; PD) เป็นโรคที่เกิดจากการเสื่อมของระบบประสาท (Neurodegenerative disorders) ที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวและมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและการทำกิจกรรมของผู้ป่วย ซึ่งเป็นโรคที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ คณะอนุกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติและคณะทำงานเฉพาะกิจ (2562) กล่าวถึงการค้นพบในปี พ.ศ.2360 โดยนายแพทย์ชาวอังกฤษชื่อ James Parkinson ในบทความที่เรียกว่า Shaking palsy ส่งผลกระทบต่อ 1 ถึง 2% ในประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไป จากผลการศึกษาความชุกเพื่อคาดการณ์จำนวนผู้ป่วยในประเทศที่มีประชากรมากที่สุด 5 อันดับแรกของยุโรปตะวันตก และ 10 ประเทศที่มีประชากรมากที่สุดของโลก จำนวนผู้ป่วยโรคพาร์กินสันที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไปในประเทศเหล่านี้ อยู่ระหว่าง 4.1 ถึง 4.6 ล้านคนในปี พ.ศ. 2548 และจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเป็น 8.7 ถึง 9.3 ล้านคนภายในปี ค.ศ. 2030 (Dorsey et al., 2007) โรงพยาบาลจุฬารัตน์ ภูมิภาคประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยมีผู้ป่วยพาร์กินสันมากกว่า 70,000 คน คิดเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 100 คนของผู้สูงอายุหรือราว 242.57 คน ต่อประชากร 100,000 คน เกิดทั้งผู้ชายและผู้หญิงในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน (คณะอนุกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ และคณะทำงานเฉพาะกิจ, 2562)

สาเหตุของการเกิดโรคพาร์กินสัน

พยาธิกำเนิดของการเกิดโรคพาร์กินสันเกิดจากการสูญเสียเซลล์ประสาทที่สร้างสารสื่อประสาทโดปามีน (Dopamine) ในบริเวณสมองส่วนกลางที่เรียกว่า Substantia nigra pars compacta (SNc) ซึ่งเป็นศูนย์กลางสำคัญของระบบการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายผ่าน

เส้นทาง Nigrostriatal pathway จึงนำไปสู่ความผิดปกติของ Basal ganglia ส่งผลให้เกิดอาการลักษณะเฉพาะของโรค (Palasz et al., 2020) และเกิดอาการผิดปกติทางการเคลื่อนไหว (Motor symptoms) เช่น อาการสั่นขณะอยู่เฉย (Tremor-at-rest) เคลื่อนไหวช้า (Bradykinesia) และกล้ามเนื้อเกร็ง (Rigidity) และการเสียการทรงตัว (Postural instability) (Meesawang & Namprasert, 2021) มักเริ่มต้นจากข้างใดข้างหนึ่งก่อนที่จะมีอาการผิดปกติทั้งสองข้างของร่างกาย และเมื่อโรคดำเนินต่อไปผู้ป่วยมักจะมีการทรงตัวที่ผิดปกติเพิ่มขึ้น เช่น ตัวก้มโค้งมากขึ้น เป็นต้น (คณะกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ และคณะทำงานเฉพาะกิจ, 2562) และจากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่าผู้ป่วยพาร์กินสันจะใช้พลังงานน้อยกว่าผู้ที่มีสุขภาพดีถึง 29% ส่งผลทำให้โรคพัฒนาความรุนแรงมากขึ้นอีกด้วย ซึ่งปัญหาการเดินเป็นปัญหาสำคัญในโรคพาร์กินสันมากถึง 46.3% จากอาการผิดปกติทางการเคลื่อนไหวทั้งหมด (Paillard et al., 2015) และอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนตามมามากมาย ดังนั้นการฝึกเดินของผู้ป่วยพาร์กินสันจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง สอดคล้องกับ (Meesawang & Namprasert, 2021) ที่ว่าระดับของโดปามีนสามารถเพิ่มมากขึ้นได้จากการออกกำลังกาย โดยจะเพิ่มขึ้นเพียงแค่วันที่หลังจากเริ่มต้นและจะยังคงอยู่ไปอีกหลายชั่วโมง ฉะนั้นยิ่งฝึกฝนออกกำลังกายมากเท่าไรก็จะได้รับโดปามีนมากขึ้นด้วย



ภาพประกอบ 1 แสดงก้อนสมองของคนปกติเทียบกับผู้ป่วยพาร์กินสัน

ที่มา : คณะอนุกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติและคณะทำงานเฉพาะกิจ (2562)

อาการทางด้านการเคลื่อนไหว (Motor symptoms)

1. อาการสั่นขณะพัก (Resting tremor) มักเป็นอาการแรกที่ปรากฏขึ้น โดยทั่วไปจะเป็นข้างเดียวและเกิดขึ้นในขณะพัก ซึ่งเรียกว่า "Reemerging tremor" (Zafar & Yaddanapudi, 2023)

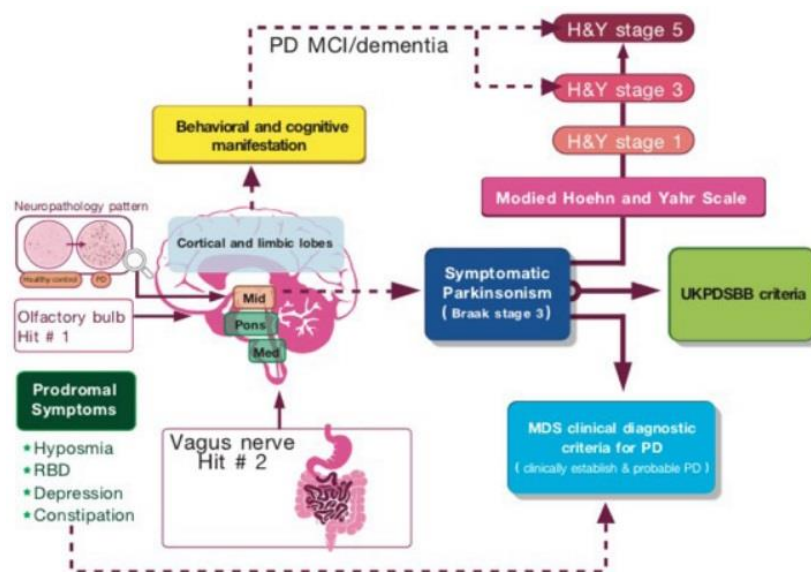
2. การเคลื่อนไหวร่างกายช้า (Bradykinesia) เป็นลักษณะสำคัญของโรค ผู้ป่วยจะสังเกตเห็นว่าใช้เวลานานขึ้นในการทำกิจกรรมง่ายๆ การเดินช้าลง และความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งคุกคามลดลง อาการนี้จะแย่ลงตามกาลเวลา โดยไม่ขึ้นกับสถานะการใช้ยา (Johansson et al., 2025)

3. อาการกล้ามเนื้อแข็งเกร็ง (Rigidity) ผู้ป่วยจะรู้สึกตัวแข็งทื่อ และอาจรู้สึกได้ถึงภาวะ "Lead pipe" และ "Cogwheel" Rigidity เมื่อตรวจร่างกาย

4. ปัญหาทางการทรงตัว (Postural instability) โดยทั่วไปเป็นอาการที่ปรากฏในระยะท้ายของโรค ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ผู้ป่วยอาจประสบปัญหาในการลุกจากเก้าอี้โดยไม่มีการพยุง เดินก้าวสั้นๆ ช้าๆ และมีแนวโน้มที่จะล้มได้ง่าย (Zafar & Yaddanapudi, 2023)

ตารางแสดงระยะการดำเนินโรค Modified Hoehn and Yahr Stage

ระยะที่	อาการความรุนแรงของโรค
ระยะที่ 1	มีอาการเคลื่อนไหวผิดปกติของร่างกายด้านเดียว
ระยะที่ 1.5	มีอาการเคลื่อนไหวผิดปกติของร่างกายด้านเดียวและเริ่มมีอาการแนวแกนกลางลำตัว
ระยะที่ 2	มีอาการเคลื่อนไหวผิดปกติของร่างกาย 2 ด้าน แต่ยังไม่มียาปัญหาการทรงตัว
ระยะที่ 2.5	มีอาการเคลื่อนไหวผิดปกติของร่างกาย 2 ด้าน เริ่มมีปัญาการทรงตัว โดยการตรวจ Pull test ที่ยังสามารถทรงตัวได้ปกติ
ระยะที่ 3	มีอาการเคลื่อนไหว ผิดปกติของร่างกาย 2 ด้าน เริ่มมีปัญาการทรงตัวมากขึ้นระดับน้อยถึงปานกลางแต่ยังสามารถช่วยเหลือตนเองได้
ระยะที่ 4	มีอาการเคลื่อนไหวผิดปกติของร่างกาย 2 ด้าน มีปัญาการทรงตัวมาก แต่ยังสามารถเดินหรือยืนได้ โดยไม่ต้องได้รับการช่วยเหลือ
ระยะที่ 5	นั่งรถเข็นหรือนอนติดเตียง



ภาพประกอบ 2 แสดงการดำเนินโรคพาร์กินสันจากพยาธิกำเนิดนำไปสู่อาการที่ผิดปกติ

ที่มา : คณะอนุกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ และคณะทำงานเฉพาะกิจเพื่อจัดทำคู่มือการใช้รักษาโรคพาร์กินสัน (2562)

อาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหว (Non-motor symptoms)

กลุ่มอาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวมีความหลากหลายของอาการและสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกช่วงระยะของโรค โดยบางอาการสามารถเกิดนำมาก่อนอาการเคลื่อนไหวผิดปกติอีกด้วย ซึ่งอาการนอกเหนือจากการเคลื่อนไหวสนับสนุนพยาธิกำเนิดของการเกิดโรคพาร์กินสันว่าเกิดจากการเสื่อมของเซลล์ประสาท ทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับโดปามีน ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและการดำรงชีวิตของผู้ป่วย เพิ่มภาระหรือความเครียดแก่ผู้ดูแล บางรายอาการนี้ก่อให้เกิดความทุกข์ทรมานแก่ผู้ป่วยและผู้ดูแลมากกว่าอาการทางด้านการเคลื่อนไหว แต่อย่างไรก็ตามอาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวในโรคพาร์กินสันนั้น สามารถเกิดจากสาเหตุของโรคทางกายอื่น ๆ ด้วย ส่วนอาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวที่เกิดจากโรคพาร์กินสันเองนั้น เมื่อการดำเนินโรคพาร์กินสันเป็นมากขึ้นอาการก็สามารถรุนแรงมากขึ้นอีกด้วย จากข้อมูลในอดีตพบว่าถึงแม้เป็นแพทย์ประสาทวิทยาเองก็ยังละเลยต่อกลุ่มอาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวถึงร้อยละ 50 แต่ในปัจจุบันเราได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกลุ่มอาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวมากขึ้น โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มอาการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ปัญหาอาการทางระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic dysfunctions)
 - 1.1) อาการคลื่นไส้ อาเจียน อาการท้องผูก และอาการกลืนลำบาก
 - 1.2) ปัสสาวะบ่อยตอนกลางคืน
 - 1.3) ภาวะกลั้นปัสสาวะไม่อยู่
 - 1.4) ภาวะเสื่อมสมรรถนะทางเพศ
 - 1.5) ปัญหาในการควบคุมความดันโลหิตเมื่อมีการเปลี่ยนท่า
 - 1.6) ภาวะเหงื่อออกมากกว่าปกติ
 - 1.7) ภาวะน้ำลายไหลยืด
2. ปัญหาเกี่ยวกับการนอนหลับ (Sleep problems)
 - 2.1) กลุ่มอาการฝันหรือละเมอผิดปกติในช่วง Rapid eye movement
 - 2.2) อาการนอนไม่หลับหรืออาการหลับแล้วตื่นเป็นช่วง ๆ
 - 2.3) ภาวะง่วงนอนมากในช่วงเวลากลางวัน
 - 2.4) อาการหลับอย่างกะทันหันโดยไม่มีการเตือน
 - 2.5) อาการขาอยู่ไม่สุขและกระตุกเป็นช่วงๆ
3. ปัญหาอาการทางจิตประสาท (Neuropsychiatric symptoms)
 - 3.1) ภาวะพุทธิปัญญาบกพร่อง (Cognitive impairment)
 - 3.2) ภาวะซึมเศร้า (Depression)
 - 3.3) ภาวะวิตกกังวล (Anxiety)
 - 3.4) ภาวะนิ่งเฉย (Apathy)
 - 3.5) ภาวะวิกลจริตและอาการประสาทหลอน (Psychosis and hallucinations)
4. อาการอื่นๆ
 - 4.1) ปัญหาการรับรู้กลิ่นที่ลดลงหรือการไม่ได้กลิ่น
 - 4.2) อาการปวดและความผิดปกติด้านประสาทรับความรู้สึก
 - 4.3) อาการเหนื่อย หดแรงแง เพื่อย เป็นต้น

ตารางแสดงอัตราการเกิดอาการที่นอกเหนือจากการเคลื่อนไหว (Non-motor symptoms)

อัตราการเกิด	(ร้อยละ)
ภาวะพุทธิปัญญบกพร่อง	85
ภาวะซึมเศร้า	50
ภาวะสับสน	50
ปัญหาในการควบคุมปัสสาวะ	40

ภาวะพุทธิปัญญบกพร่อง (Cognitive dysfunction)

ความบกพร่องทางความคิดเป็นอาการที่ไม่ใช่ทางการเคลื่อนไหวที่พบได้บ่อย ซึ่งมีตั้งแต่ระดับการรับรู้ปกติไปจนถึงภาวะบกพร่องทางความคิดเล็กน้อย (mild cognitive impairment, MCI) และภาวะสมองเสื่อม (dementia) (Khalil et al., 2024) อาการนี้สัมพันธ์กับการสะสมของ β -amyloid และ tau, ภาวะเครียดออกซิเดชัน, และการอักเสบของระบบประสาท

Gonpimai (2024) ได้แบ่งจำแนกปริธาน (Cognition) ออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1) ความใส่ใจเชิงซ้อน (Complex attention) คือ ความสามารถในการมีสมาธิ จดจ่ออยู่กับเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างต่อเนื่อง แม้มีสิ่งรบกวน

2) ความสามารถด้านการบริหารจัดการ (Executive function) คือ ความสามารถในการวางแผน ตัดสินใจ ความจำระยะสั้นเชิงปฏิบัติ การจัดลำดับกิจกรรม การควบคุมพฤติกรรม การยืดหยุ่นทางความคิด และความสามารถในการทำกิจกรรมหลายอย่างพร้อมกัน

3) การเรียนรู้และความจำ (Learning and memory) คือ ความสามารถในการเข้ารหัส เก็บ และเรียกคืนข้อมูล ทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว

4) การใช้ภาษา (Language) คือ ครอบคลุมความสามารถในการเข้าใจ พูด อ่าน เขียน และใช้ภาษาได้อย่างเหมาะสม

5) การรับรู้เชิงการเคลื่อนไหวและมิติ (Perceptual-Motor Function) คือ การรับรู้ตำแหน่ง การประสานงานระหว่างตาและมือ ความสามารถในการใช้วัตถุทำงานที่ต้องการการควบคุมอย่างละเอียด

6) การรู้คิดทางสังคม (Social Cognition) คือ ความสามารถในการเข้าใจอารมณ์ ความคิด ความตั้งใจของตนเองและผู้อื่น รวมถึงการแสดงออกอย่างเหมาะสมในสังคม (Gonpimai, 2024)

ภาวะด้านสุขภาพจิต (ภาวะซึมเศร้า, วิตกกังวล, เฉื่อยชา)

ภาวะซึมเศร้า, วิตกกังวล, และเฉื่อยชา เป็นอาการทางประสาทจิตเวชที่พบได้บ่อย ซึ่งเกิดขึ้นตั้งแต่ระยะก่อนมีอาการทางการเคลื่อนไหวไปจนถึงระยะท้ายของโรค ภาวะซึมเศร้าเป็นอาการที่พบบ่อยในผู้ป่วย PD แต่บ่อยครั้งถูกมองข้ามและได้รับการรักษาที่ไม่เพียงพอ 2 อาการทางสุขภาพจิตเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย การที่อาการทางสุขภาพจิต โดยเฉพาะภาวะซึมเศร้าและความวิตกกังวล มีผลกระทบเชิงลบมากที่สุดต่อคุณภาพชีวิต เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการคัดกรองและรักษา NMS เหล่านี้อย่างจริงจัง ซึ่งมักถูกมองข้ามไป (Gokcal et al., 2016)

ตารางแสดงคำนิยามอาการยาออกฤทธิ์ (“ON”) และยาหมดฤทธิ์ (“OFF”)

อาการ	นิยาม
อาการยาออกฤทธิ์ (“ON”)	อาการพาร์กินสัน เช่น สั่น แข็งเกร็ง ช้า หรืออาการนอกเหนือจากการเคลื่อนไหวหายไปหรือดีขึ้นหลังรับประทานยา 30 นาที ถึง 4 ชั่วโมง
อาการยาหมดฤทธิ์ (“OFF”)	อาการพาร์กินสัน เช่น สั่น แข็งเกร็ง หรืออาการนอกเหนือจากการเคลื่อนไหวกลับมา

ปัญหาการเดินและการทรงตัว

การเดิน (Gait) เป็นการเคลื่อนที่ของร่างกายด้วยขาทั้งสองข้างการเดินเป็นกลไกการเคลื่อนไหวที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยเป็นการเคลื่อนไหวที่มีรูปแบบซ้ำ ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นจังหวะจึงเรียกว่า วงจรการเดิน (Gait cycle) ซึ่งปัญหาการเดินเป็นปัญหาสำคัญในโรคพาร์กินสันมากถึง 46.3% จากอาการผิดปกติทางการเคลื่อนไหวทั้งหมด (Bhidayasiri & Mari, 2020)

การทรงตัว (Balance) คือความสามารถในการรักษาสสมดุลของร่างกายให้สามารถยืนได้มั่นคง โดยคนปกติจะมีท่าทางของร่างกายขณะยืน โดยเป็นการยืนตรงที่รับน้ำหนักของร่างกายด้วยขาทั้งสองข้าง และระยะห่างระหว่างเท้าทั้งสองข้างจะใกล้เคียงกับความกว้างของกระดูกเชิงกราน โดยการทรงตัวและท่าทางของร่างกายขณะยืนที่เหมาะสมต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างจุดศูนย์กลางมวล หรือ จุดรวมน้ำหนักของร่างกายทั้งหมดกับพื้นที่ฐานรองรับที่สมดุล

ปัญหาการเดิน การทรงตัว การเดินติด (Freezing of gait; FOG) และการหกล้ม เป็นปัญหาสำคัญในโรคพาร์กินสันที่ทำให้เกิดผลแทรกซ้อนตามมาหลากหลาย และส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยผู้ดูแลในระยะเริ่มของปัญหาการเดินการทรงตัว เมื่อโรคดำเนินไปมากขึ้นการเดินจะมีปัญหามากขึ้น โดยส่วนใหญ่ผู้ป่วยเริ่มมีปัญหาการทรงตัวเมื่อการดำเนินโรคเข้าสู่ระยะ Modified Hoehn & Yahr 2.5 เป็นต้นไป ผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการเดินก้าวสั้น ชอยเท้าถี่ รูปร่างค่อม สำหรับอาการเดินติดซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งช่วงยาออกฤทธิ์ยาหมดฤทธิ์และอาการเป็นมากขึ้น เมื่อผู้ป่วยเริ่มต้นออกเดิน การหมุนกลับตัวเดินผ่านที่แคบ เดินผ่านที่มีคนมากตื่นเต้น เครียด กังวล หรือการมีกิจกรรมอื่นพร้อมกับการเดิน เป็นต้น

แนวทางการรักษาอาการเดินติด ปัญหาการเดินและการทรงตัวในโรคพาร์กินสัน ในบางครั้งอาการเดินติดเกิดขึ้นเพียงช่วงสั้น ๆ และไม่เกิดปัญหากับผู้ป่วย อาจจะไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนการรักษา แต่ถ้าอาการเดินติดเป็นปัญหารบกวนการดำเนินชีวิต เสี่ยงคุณภาพชีวิต เช่น อับอายในที่สาธารณะ ก็เป็นปัจจัยที่ควรเริ่มการรักษา โดยการรักษาแบ่งได้ดังนี้

1. การให้ความรู้เกี่ยวกับอาการเดินติดและการป้องกันการหกล้ม ผู้ป่วยทุกคนควรได้รับการให้ความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริม ป้องกัน และแนวทางแก้ไขปัญหาการเดินตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของโรคพาร์กินสัน และทุกระยะการดำเนินโรค
2. การแนะนำการลงน้ำหนักให้เต็มเท้าข้างหนึ่งก่อนที่จะเริ่มก้าวทำอีกข้าง
3. หลีกเลี่ยงทางแคบ กลับตัวในมุมกว้าง หลีกเลี่ยงการเดินถอยหลัง
4. เพิ่มเส้นในบริเวณที่ผู้ป่วยเดินในบ้าน โดยเฉพาะที่มีปัญหาการเดินติด เพื่อให้ก้าวข้ามสำหรับหมุนตัว พื้นที่ทางเดินในบ้านควรกว้าง ไม่มีสิ่งของวางกีดขวาง มีแสงสว่างที่เพียงพอ
5. หลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมอื่นขณะเดิน
6. การออกกำลังกาย และกายภาพบำบัด เพื่อส่งเสริมการเดินและการทรงตัว ควรเริ่มตั้งแต่ระยะที่ผู้ป่วยยังไม่มีปัญหาการเดินและการทรงตัว

โดยการออกกำลังกายที่มีประโยชน์ในผู้ป่วยพาร์กินสัน แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มที่ใช้แรงต้าน
2. กลุ่มที่เพิ่มความอดทน
3. กลุ่มที่ส่งเสริมการทรงตัว

นอกจากการออกกำลังกายวิธีทั่วไปแล้วในโรคพาร์กินสัน ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายวิธีอื่น ๆ เช่น การเต้น การใช้ดนตรีหรือการรำไทเก๊ก ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมและลด

ปัญหาการเดิน และการทรงตัวอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้เกิดสมาธิเพิ่มขึ้น และที่สำคัญการออกกำลังกายทุกชนิดในผู้ป่วยพาร์กินสันต้องทำในขณะที่ยาออกฤทธิ์ดี

2. หลักการออกกำลังกายในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน

2.1 ประเภทของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายในโรคพาร์กินสันสามารถแบ่งได้หลายประเภท ได้แก่ การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) เช่น เดินเร็ว ปั่นจักรยาน หรือวิ่งเหยาะๆ ซึ่งช่วยเพิ่มความทนทานของหัวใจและหลอดเลือด การฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) เช่น ยกน้ำหนัก ยางยืด เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การฝึกการทรงตัว (Balance training) เพื่อปรับปรุงการทรงตัวและลดความเสี่ยงการหกล้ม และการฝึกแบบคู่ขนาน (Dual-task training) ซึ่งเน้นการทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวพร้อมกับงานด้านการรับรู้ (Cognitive task) เพื่อฝึกประสานงานระหว่างสมองและการเคลื่อนไหว

การออกกำลังกายทั้ง 4 ประเภทนี้ มีบทบาทเสริมกันในการฟื้นฟูผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยการออกกำลังกายแอโรบิกพบว่าสามารถปรับปรุงการทรงตัว ความเร็วการเดิน และสมรรถนะการเคลื่อนไหวได้อย่างมีนัยสำคัญ (Zhen et al., 2022) ในขณะที่การฝึกแรงต้านที่ความเข้มข้นสูงระยะสั้น ส่งผลต่อความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น และคะแนนความรุนแรงของอาการทางการเคลื่อนไหวลดลง (UPDRS III) (Zhou et al., 2022) การฝึกการทรงตัว ช่วยลดอาการทรงตัวไม่มั่นคงและลดความเสี่ยงในการล้ม ซึ่งมักผนวกอยู่ในโปรแกรมการฝึกอื่นๆ เช่น การเดินรำ ไทเก็ก หรือนอร์ดิกวอล์กกิ้ง ที่มีองค์ประกอบด้านการทรงตัว (Paterno et al., 2024) ส่วนในการฝึกแบบคู่ขนาน มีหลักการให้ผู้ป่วยฝึกเดินหรือเคลื่อนไหวพร้อมกับทำงานด้านการคิด (เช่น นับเลขหรือถือน้ำแก้ว) ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการแบ่งความสนใจ และลดปัญหาการเดินติดขัดเมื่อเจองานหลายอย่างพร้อมกัน ผลการวิจัยสนับสนุนว่าการฝึกแบบคู่ขนาน ช่วยเพิ่มความเร็วและก้าวขาในการเดิน รวมถึงเพิ่มสมรรถนะการทรงตัวแบบ Dynamic ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่พบอาการข้างเคียงร้ายแรง (García-López et al., 2023) การผสมผสานการฝึกหลายรูปแบบดังกล่าวช่วยเสริมประโยชน์ซึ่งกันและกัน ทำให้ผู้ป่วยพาร์กินสันได้รับประโยชน์ทั้งด้านสมรรถภาพหัวใจ กล้ามเนื้อ การทรงตัว และความสามารถในการทำกิจกรรมชีวิตประจำวัน

2.2 กลไกที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย (Neuroplasticity, BDNF, Mitochondrial function)

การออกกำลังกายมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นความสามารถของสมองในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการทำงาน หรือ Neuroplasticity โดยพบว่าการออกกำลังกายสามารถ

เหนี่ยวนำให้สมองเกิดการสร้างจุดเชื่อมต่อประสาทใหม่ และปรับปรุงการสื่อสารประสาทในวงจรการเคลื่อนไหวที่เสียไปในโรคพาร์กินสัน หนึ่งในกลไกหลักคือการเพิ่มขึ้นของโปรตีนที่ทำหน้าที่สำคัญในการสร้างและบำรุงเซลล์ประสาท Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) และโปรตีนส่งเสริมเซลล์ประสาทอื่นๆ ในกระแสเลือดและสมอง การวิจัยล่าสุดแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายช่วยเพิ่มระดับ BDNF ในผู้ป่วยพาร์กินสันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และสัมพันธ์กับการฟื้นฟูอาการทางเคลื่อนไหว (เช่น คะแนน UPDRS-III ที่ลดลง) BDNF ที่สูงขึ้นนี้เชื่อมโยงกับการเสริมสร้าง Neuroplasticity ในสมองของผู้ป่วย ซึ่งช่วยปกป้องเซลล์ประสาทโดปามีนไม่ให้เสื่อมลงเร็ว และส่งเสริมการงอกใหม่ของเซลล์หรือการสร้างเครือข่ายประสาทใหม่ ๆ (Kaagman et al., 2024) ยิ่งไปกว่านั้น หลักฐานยังบ่งชี้ว่าการฝึกที่มีความเข้มข้นสูงอาจเพิ่ม BDNF ได้มากกว่าการฝึกแบบความเข้มข้นต่ำ โดยปริมาณและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย มีผลเชิงบวกต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ BDNF (Paterno et al., 2024) นอกจากนี้ด้านปัจจัยประสาทแล้ว การออกกำลังกายยังกระตุ้น การทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial function) มีหลักฐานในระบบประสาทของโรคพาร์กินสัน ว่าความผิดปกติของไมโทคอนเดรียมีบทบาทต่อพยาธิสภาพของตัวโรค ซึ่งการออกกำลังกายสามารถปรับปรุงการสร้างพลังงานของไมโทคอนเดรีย ลดภาวะ Oxidative stress และปรับสมดุลการสร้างและสลายของไมโทคอนเดรียได้ (Mitochondrial biogenesis และ Mitophagy) (Jang et al., 2018) งานวิจัยในสัตว์ทดลองพบว่า การออกกำลังกายช่วยเพิ่มการหลั่งโปรตีนสำคัญที่ช่วยควบคุมการสร้างไมโทคอนเดรีย เช่น PGC-1 α และ NRF-1 และเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ในห่วงโซ่ทางเดินอิเล็กตรอน (เช่น Complex I) ในสมองส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (Ferreira et al., 2020) โดยภาพรวม กลไกเหล่านี้ส่งผลให้สมองเกิดการปรับตัว (Plasticity) ที่ดีขึ้น และช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ประสาทโดปามีน หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ชี้ชัดว่า ประโยชน์ของการออกกำลังกายในผู้ป่วย PD นั้นส่วนหนึ่งมาจากการปรับปรุงการทำงานของไมโทคอนเดรียและการกระตุ้นกลไก Neuroplasticity ที่กล่าวมาข้างต้น (Lai et al., 2019) ดังนั้น การออกกำลังกายจึงสามารถปรับสภาพสมองและชะลอการดำเนินโรคผ่านกลไกชีวภาพหลายระบบพร้อมกันอีกด้วย

2.3 ผลของการออกกำลังกายต่อสมรรถภาพทางคลินิก

การออกกำลังกายในผู้ป่วยพาร์กินสันส่งผลเชิงบวกต่อสมรรถภาพทางคลินิกหลายด้านอย่างมีนัยสำคัญ คะแนนความรุนแรงของโรค (Unified Parkinson's Disease Rating Scale; UPDRS) ส่วนที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว (UPDRS part III) มีแนวโน้มลดลงหลังการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะเมื่อฝึกแบบเข้มข้น งานวิเคราะห์ห่อภิมาณ (Meta-analysis) ระบุว่า

ผู้ป่วยที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีคะแนน UPDRS-III ดีขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยผู้ป่วยที่ฝึกเดินหรือแอโรบิก มีความเร็วในการเดิน (Gait velocity) เพิ่มขึ้น และความยาวก้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก หรือกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก (Zhen et al., 2022) นอกจากนี้ การฝึกแบบ Dual-task ยังช่วยปรับปรุงความสามารถในการเดินขณะทำงานอื่นพร้อมกัน ทำให้ความเร็วและรูปแบบการเดินภายใต้ภาวะการทำงานคู่ขนานดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการฝึกเดินแบบปกติ (García-López et al., 2023)

ดังนั้น การฝึกออกกำลังกายจึงมีความจำเป็นในการฟื้นฟูผู้ป่วยให้สามารถช่วยเหลือตัวเองให้ได้มากที่สุด โดยการฝึกออกกำลังกายในแต่ละระยะของการเกิดโรคมีจุดมุ่งหมายและแนวทางที่ต่างกัน ที่สำคัญควรทำหลังจากที่ยาออกฤทธิ์ดี (ON) จะทำให้ฝึกได้ง่ายขึ้น (Meesawang & Namprasert, 2021) การออกกำลังกายเป็นองค์ประกอบสำคัญในการดูแลผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนว่าการออกกำลังกายสามารถชะลอการเสื่อมของระบบประสาทและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยได้อย่างมีนัยสำคัญ สมาคมวิทยาศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ American College of Sports Medicine (ACSM) ร่วมกับมูลนิธิโรคพาร์กินสัน (Parkinson's foundation) ได้จัดทำแนวทางการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วย PD โดยครอบคลุมองค์ประกอบรอบด้าน ดังนี้ (DeSimone, 2024)

1. กิจกรรมแอโรบิก (Aerobic activity)

ความถี่: 3 วัน/สัปดาห์ อย่างน้อย 30 นาที/ครั้ง

ความหนัก: ระดับปานกลาง ถึงระดับหนัก

ตัวอย่าง: เดินเร็ว วิ่ง ปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ แอโรบิกคลาส เป็นต้น

ข้อควรระวัง: ควรได้รับการประเมินว่าเหมาะสมกับกิจกรรม เช่น บางคนอาจไม่เหมาะกับการเดินสายพาน (Treadmill)

2. การฝึกความแข็งแรง (Strength training)

ความถี่: 2-3 วัน/สัปดาห์ (ไม่ต่อเนื่องกัน)

เวลา: 30 นาที/ครั้ง

ท่า: ฝึกกล้ามเนื้อหลัก 10-15 ครั้ง/ชุด

ตัวอย่าง: การฝึกด้วยน้ำหนักตัว (Body weight) ยางยืด (Resistance bands) ดัมเบล เครื่องออกกำลังกาย เป็นต้น

ข้อควรระวัง: ควรได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ

3. การฝึกการทรงตัว ความคล่องแคล่ว และการทำงานหลายอย่าง (Balance, Agility, Multitasking)

ความถี่: 2-3 วัน/สัปดาห์

ตัวอย่างกิจกรรม: การฝึกก้าวหลายทิศทาง โยคะ ไทเก็ก เดินรำ ชกมวย เป็นต้น

ข้อควรระวัง: ควรมีที่เกาะหรือพยุง เช่น ผนัง รววจับ หรือมีคนคอยดูแล

4. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching)

ความถี่: 2-3 วัน/สัปดาห์ ใช้ฝึกร่วมกับการหายใจลึก ๆ หรือก่อนการออกกำลังกายทุกครั้ง

ข้อควรระวัง: ควรปรับตามสภาวะ เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อ เป็นต้น

5. โปรแกรมเฉพาะบุคคลและแบบกลุ่ม

โปรแกรมเฉพาะบุคคล (Tailored programs)

ต้องคำนึงถึงระดับความสามารถ อาการ ระยะของโรค และประสิทธิภาพการออกกำลังกายที่ต่างกันในแต่ละคน โดยแนะนำให้ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบโปรแกรม

6. โปรแกรมกลุ่ม (Group programs)

ควรเป็นโปรแกรมที่สนุกและสร้างแรงจูงใจมากขึ้น ช่วยสร้างความผูกพันแรงผลักดัน และความรับผิดชอบเช่น การเข้าคลาสเฉพาะกลุ่ม PD เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ของการออกกำลังกาย สมอง และหลอดเลือด

3.1 การออกกำลังกายแบบแอโรบิกต่อการทำงานของสมอง

ระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Aerobic energy system) ใช้ในกิจกรรมที่ออกแรงน้อยแต่นานหลายนาที่หรือหลายชั่วโมง เป็นการสันดาปไกลโคเจนและไขมันโดยใช้ออกซิเจนระบบนี้เป็นระบบที่ให้พลังงานได้เป็นระยะเวลานานตราบไต่ที่ยังมีสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ใช้ในการเผาผลาญเพียงพอ กระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนของปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์หลายขั้นตอน ดังนั้นพลังงานในระบบนี้จึงเกิดขึ้นได้ช้าที่สุดในจำนวนทั้งหมดของระบบการสร้างพลังงาน แต่จะสามารถสร้างเอทีพีเพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับการปฏิบัติกิจกรรมได้เป็นระยะเวลายาวนานกว่า ซึ่งสามารถใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความเข้มข้นต่ำได้นานตั้งแต่ 5 นาที ขึ้นไปจนถึงหลายชั่วโมง

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2011 ได้มีการศึกษาในสัตว์ทดลอง (หนู) โดย Cameron S. Mang และคณะ พบว่าหนูที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีระดับ BDNF เพิ่มขึ้นในหลายบริเวณ เช่น ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system; CNS) ได้แก่ Hippocampus,

Cerebellum, Cerebral cortex, และ Spinal cord เป็นต้น โดยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 10-60 นาที่ หลังการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และจะค่อย ๆ กลับสู่ระดับพื้นฐานอย่างเป็นระบบใน 1 ชั่วโมง แต่การศึกษาในมนุษย์นั้นโดยทั่วไปไม่สามารถวัดจาก CNS ได้ อย่างไรก็ตามสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกช่วยเพิ่มระดับ BDNF ได้ ทำให้เพิ่มความยืดหยุ่นของระบบประสาทในการฟื้นฟูสมรรถภาพด้านการเคลื่อนไหวหลังจากเกิดโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมอง (Cognitive function) ในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ เช่น การวางแผน การจัดการเวลา หน่วยความจำในการทำงาน และการทำงานหลายอย่างพร้อมกัน เป็นต้น โดยแนะนำให้ออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ระดับความหนักปานกลาง เช่น 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; MHR) ครั้งละ 30 นาที อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทำต่อเนื่อง 6 เดือน (Mang et al., 2013) สอดคล้องกับ Kluding and Billinger (2011) และคณะ ที่พบว่า การฝึกแบบผสมผสานระหว่างแอโรบิกและแรงต้าน (Combine aerobic and resistance training) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพัฒนา Cognitive function ของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โดยฝึกที่ระดับความหนักปานกลาง 2-3 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่อง 12 สัปดาห์ และหากฝึกต่อเนื่องถึง 6 เดือน จะช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานของสมองส่วนหน้า (Prefrontal cortex; PFC) ในด้านการบริหารจัดการ และความจำส่วนบุคคลในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเรื้อรังได้ (Kluding & Billinger, 2011)

3.2 ความสัมพันธ์ของโรคพาร์กินสัน, BDNF, ความยืดหยุ่นของระบบประสาท, และแลคเตท

Brain-derived neurotrophic factor หรือ BDNF เป็นโปรตีนที่สำคัญในกลุ่ม Neurotrophins ซึ่งมีบทบาทในการพัฒนาและคงอยู่ของระบบประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ และอารมณ์ เช่น Hippocampus, Frontal cortex, Dorsal striatum, Amygdala, Nucleus accumbens และ Ventral tegmental area (Lu et al., 2013) BDNF ส่งผลโดยตรงต่อการอยู่รอดของเซลล์ประสาท การเจริญเติบโตของแขนงเซลล์ประสาท และการสื่อสารระหว่างเซลล์ผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Synaptic plasticity ซึ่งเป็นพื้นฐานของความสามารถในการเรียนรู้และการปรับตัวของสมอง (Park & Poo, 2013)

ระดับของ BDNF ในสมองได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอก เช่น การออกกำลังกาย ความเครียดและภาวะทางจิตเวช การศึกษาของ Autry และ Monteggia (2012) ระบุว่า ความบกพร่องในระบบการทำงานของ BDNF อาจมีความเชื่อมโยงกับโรคทางระบบประสาทหลายชนิด เช่น โรคซึมเศร้า โรคจิตเภท และโรคอัลไซเมอร์ ซึ่งทั้งหมดนี้มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างและหน้าที่ของวงจรประสาทที่ BDNF ควบคุมอยู่ (Autry & Monteggia, 2012)

นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า BDNF มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนวงจรโดปามีนในระบบ Reward system ของสมอง ซึ่งเป็นระบบที่มีความสำคัญในบริบทของพฤติกรรมติดยาและอารมณ์ งานวิจัยของ Zeringue และ Constantine-Paton (2004) รายงานว่าความผิดปกติของ BDNF ส่งผลต่อการทำงานของโดปามีนใน Ventral tegmental area และ Nucleus accumbens ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับอาการผิดปกติทางอารมณ์และพฤติกรรม (Zeringue & Constantine-Paton, 2004)

จากการศึกษาของ Dombi และคณะ (2022) พบว่า ระดับของ BDNF ในผู้ป่วยโรคอารมณ์สองขั้วลดลงอย่างชัดเจนในช่วงที่เกิดภาวะซึมเศร้าหรือช่วงที่อารมณ์เปลี่ยนแปลงรุนแรง ในทางตรงกันข้าม ระดับ BDNF จะกลับมาใกล้เคียงปกติในช่วงที่ผู้ป่วยอยู่ในภาวะคงที่ สะท้อนให้เห็นว่า BDNF อาจทำหน้าที่เป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพที่ไวต่อภาวะของโรค (State-dependent biomarker) ซึ่งโรคอารมณ์สองขั้ว (Bipolar disorder) เป็นหนึ่งในกลุ่มโรคทางจิตเวชที่มีลักษณะเฉพาะคือการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์อย่างรุนแรง สลับระหว่างภาวะซึมเศร้า (Depression) และภาวะอารมณ์ดีเกินปกติ (Mania หรือ Hypomania) ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การดำเนินชีวิตในหลายด้าน ทั้งด้านสติปัญญา การทำงาน และความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ปัจจุบันมีหลักฐานทางชีวภาพมากมายที่แสดงถึงบทบาทของโปรตีน BDNF ต่อพยาธิกำเนิดของโรค ดังกล่าว (Dombi et al., 2022)

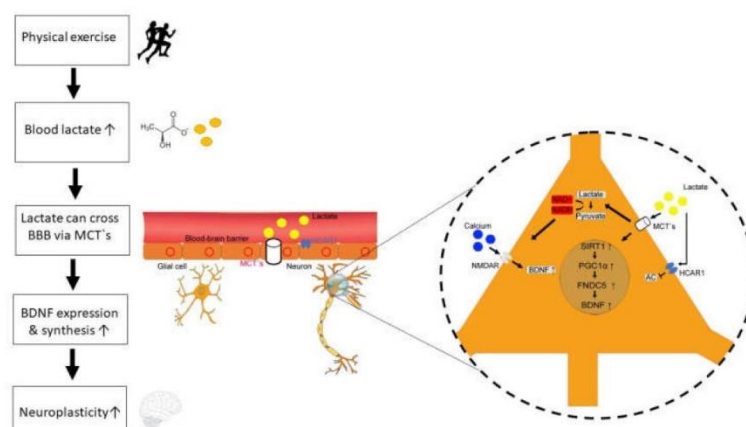
ข้อค้นพบเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงบทบาทที่สำคัญของ BDNF ไม่เพียงแต่ในด้านพยาธิสภาพของโรคอารมณ์สองขั้วเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงความสามารถในการใช้เป็นเป้าหมายในการบำบัดรักษาหรือพยากรณ์แนวโน้มของโรคในอนาคต มีการศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับระบบประสาทอย่างกว้างขวางในบริบทของโรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมของระบบประสาท (Neurodegenerative diseases) โดยการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า BDNF ช่วยป้องกันการตายของเซลล์ สนับสนุนการเพิ่มจำนวนและการเจริญเติบโตของเซลล์ประสาท เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ประสาทที่เสื่อมลงในโรคพาร์กินสัน การรักษาในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่การป้องกันการเสื่อมของระบบประสาท การประยุกต์ใช้ BDNF ได้กลายเป็นหนึ่งในแนวทางการรักษาในระยะเริ่มต้น ระยะกลาง และระยะท้ายของโรค แม้ว่าการศึกษาในสัตว์ทดลองจะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น แต่การศึกษาทางคลินิกในมนุษย์นั้นยังไม่ชัดเจน จากข้อมูลที่ผ่านมายังพบว่าการลดลงของระดับ BDNF ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน และจะเกิดขึ้นพร้อมกับการเสื่อมของเซลล์ประสาทโดปามีน (Dopaminergic neurons) ทำให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์สารโดปามีน (Dopamine synthesis) ซึ่งเป็นสาเหตุที่นำไปสู่ความผิดปกติด้านการเคลื่อนไหว (Movement disorders) การขาดความรู้ความเข้าใจ (Cognitive deficit) และความผิดปกติทางด้านจิตใจ (Mental disorders) (Palasz et al., 2020)

3.3 การผลิตพลังงานของเซลล์ประสาทที่เกิดจากแลคเตท

ในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและแบบแรงต้าน เมื่อร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดจะส่งผลให้เกิดความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากแลคเตทเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการของสมอง ระหว่างออกกำลังกายจะเกิดการแลกเปลี่ยนแลคเตทเกิดขึ้นจากเส้นใยกล้ามเนื้อผู้ผลิต (Glycolytic muscle fibers) ไปยังสมองผ่านตัวขนส่งโมโนคาร์บอกซิเลต (Monocarboxylate transporters; MCT) (Hashimoto et al., 2018) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า ระดับแลคเตทในหลอดเลือดแดง มีความสัมพันธ์กับการการดูดซึมแลคเตทของสมอง และจะเข้าสู่เซลล์ประสาทเพื่อช่วยในการสร้างพลังงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondrial energy production) มีงานวิจัยที่ศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิกความหนักต่ำในกลุ่มผู้ป่วย PD ด้วยการเดินสายพานความเร็ว 5 กม./ชม. ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Low intensity with BFR) โดยไม่ลดชั้น พบระดับ Blood lactate ที่สูงกว่าการเดินแบบปกติ (Yamada & Shibata, 2021)

ระดับความเข้มข้นของ Blood lactate

แลคเตทเป็นผลผลิตที่เกิดจากการสังเคราะห์พลังงานด้วยกระบวนการ Glycolysis แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic glycolysis) กระบวนการนี้เกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อ ในขณะที่เซลล์กล้ามเนื้อสังเคราะห์พลังงาน ATP ออกมา จะได้แลคเตทเป็นผลผลิตสุดท้าย จากนั้นแลคเตทจะแพร่เข้าสู่กระแสเลือด กลายเป็น Blood lactate และถูกส่งไปยังตับ แล้วจะถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการ Glycolysis แบบใช้ออกซิเจน เพื่อผลิตพลังงานต่อไป ในการออกกำลังกายแลคเตทจะเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่กล้ามเนื้อไม่สามารถกำจัดออกได้ทัน ทำให้เกิดการสะสมของแลคเตทในกล้ามเนื้อ และนำไปสู่การล้าของกล้ามเนื้อ การวัดระดับ Blood lactate จึงบ่งชี้ระดับความหนักของงานและระดับความเมื่อยล้า (Fatigue) ในขณะออกกำลังกายได้ โดยในการวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การวิเคราะห์จากเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย และการวัดระดับความเข้มข้นของแลคเตทโดยการเจาะเลือดมาวิเคราะห์ ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว สามารถทำได้ง่าย

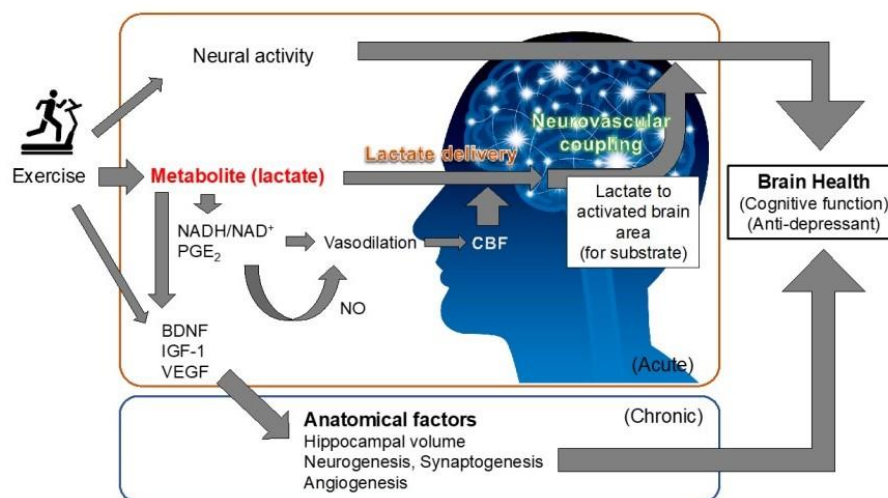


ภาพประกอบ 3 แสดงกลไกปฏิสัมพันธ์ของแลคเตท และ BDNF หลังการออกกำลังกาย

ที่มา : Muller et al. (2020)

3.4 BDNF ที่เกิดจากแลคเตท (Lactate-induced BDNF)

แลคเตทมีความสำคัญต่อการสร้างและปล่อย BDNF ในสมอง ซึ่ง BDNF เป็นสารหลักในการเชื่อมประสานกันระหว่างเซลล์ประสาทผ่านไซแนปส์ (Synaptic plasticity) และประสิทธิภาพของไซแนปส์จะเพิ่มขึ้นเมื่อกระตุ้นซ้ำ ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณของเยื่อหุ้มสมอง การสร้างเซลล์ประสาทและกิจกรรมของเซลล์ประสาท เช่น ศักยภาพระยะยาว (Long-term potentiation) และการรวมหน่วยความจำ (Consolidation of memory) เป็นต้น (Bergersen, 2015) ต่อมามีการศึกษาที่น่าสนใจของ Hashimoto และคณะ (2018) ที่ค้นพบข้อมูลพบว่า การออกกำลังกายด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือดทั้งแบบแอโรบิกและแบบแรงต้าน ช่วยเพิ่มแลคเตทมากกว่าการออกกำลังกายแบบเดียวกันแต่ไม่มีการจำกัดการไหลเวียนของเลือด และการเพิ่มขึ้นของแลคเตทนี้อาจนำไปสู่ระดับ BDNF ที่เพิ่มขึ้นในสมองและการเพิ่มกิจกรรมของเซลล์ประสาทในบางพื้นที่ของสมอง จึงอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของ Cognitive functions ได้ (Hashimoto et al., 2018) ซึ่งการจำกัดการไหลเวียนเลือดจะถูกอธิบายในหัวข้อถัดไป



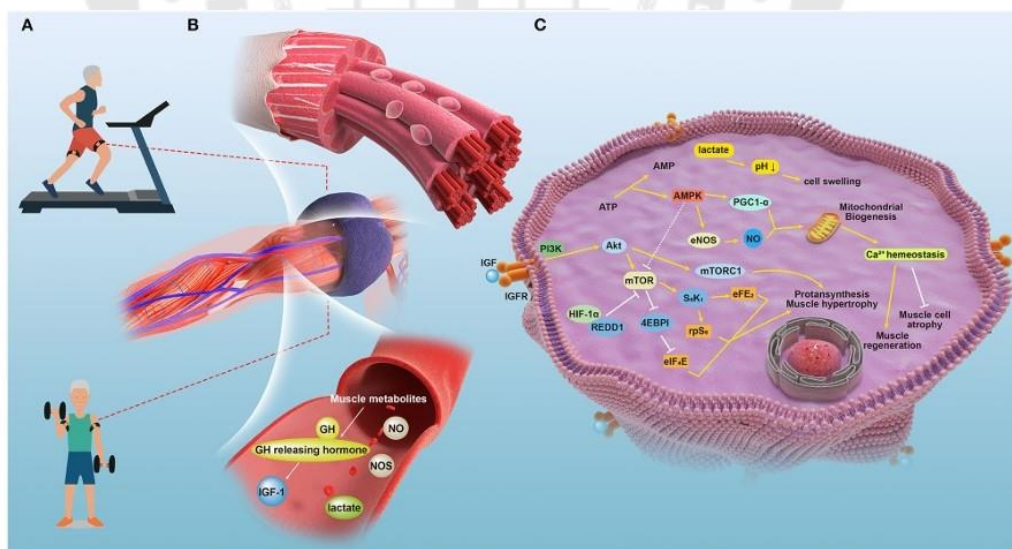
ภาพประกอบ 4 แสดงกลไกของผลฉับพลันและผลระยะยาวของแลคเตทจากการออกกำลังกายที่มีต่อสุขภาพสมอง ด้านการไหลเวียนเลือด การส่งสัญญาณทางประสาท และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสมอง

ที่มา: (Morland & Bergersen, 2021)

3.5 กลไกของแลคเตทที่มีผลต่อหลอดเลือด

แลคเตท (Lactate) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสในภาวะที่ร่างกายมีการใช้พลังงานอย่างเข้มข้น เช่น ระหว่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิกหรืออแรงต้าน (Resistance exercise) ไม่ได้เป็นเพียงของเสียที่ต้องกำจัด แต่กลับมีบทบาทสำคัญในฐานะ Molecular signaling หรือ Myokine ที่ส่งผลกระทบต่อระบบหลอดเลือด (Vascular system) อย่างมีนัยสำคัญ (Zhang et al., 2022; El Hayek et al., 2019) เมื่อร่างกายมีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ระดับของแลคเตทในเลือดจะเพิ่มขึ้น และสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่สมองโดยข้าม Blood-brain barrier (BBB) ได้ ซึ่งแลคเตทที่เข้าสู่สมองนี้สามารถส่งผลกระทบต่อหลอดเลือดโดยผ่านหลายเส้นทางกลไก กลไกหลักคือการกระตุ้นตัวรับ G-protein-coupled receptor 81 (GPR81) หรือ Hydroxycarboxylic acid receptor 1 (HCAR1) ที่อยู่บนผิวของเซลล์บุหลอดเลือด (Endothelial cells) ซึ่งเมื่อตัวรับนี้ถูกกระตุ้น จะเกิดสัญญาณชีวภาพที่ช่วยลดการอักเสบในผนังหลอดเลือด ขยายหลอดเลือด และเพิ่มความสมบูรณ์ของ Endothelial barrier (Zhang et al., 2022)

อีกหนึ่งกลไกสำคัญ คือการกระตุ้นการหลั่ง Nitric oxide (NO) จาก Endothelial cells ซึ่งมีผลทำให้หลอดเลือดคลายตัว เกิดการ vasodilation และส่งเสริมการไหลเวียนโลหิตที่ดีขึ้น ลดความดันในระบบและส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนออกซิเจน (El Hayek et al., 2019) นอกจากนี้แลคเตทยังมีบทบาทในการกระตุ้นการหลั่ง Vascular endothelial growth factor (VEGF) ซึ่งเป็นโมเลกุลสำคัญที่กระตุ้นการสร้างหลอดเลือดใหม่ (Angiogenesis) และเกี่ยวข้องกับการซ่อมแซมและเสริมสร้างโครงสร้างของหลอดเลือดในระยะยาว โดยเฉพาะในอวัยวะที่มีการใช้งานสูง เช่น สมอง หัวใจ และกล้ามเนื้อ (Zhang et al., 2022) ยิ่งไปกว่านั้น El Hayek et al. (2019) ได้แสดงให้เห็นว่าแลคเตทที่เข้าสู่สมองสามารถกระตุ้น SIRT1 ซึ่งเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม Epigenetic และมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ การอักเสบ และการเพิ่มระดับของ BDNF ที่มีความสัมพันธ์กับการฟื้นฟูเส้นเลือดฝอยและการเพิ่มความยืดหยุ่นของหลอดเลือดในสมอง ด้วยกลไกทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าแลคเตทไม่ได้เป็นเพียงผลผลิตของกล้ามเนื้อที่เหนื่อยล้า แต่ยังเป็นโมเลกุลชีวภาพที่มีศักยภาพในการปรับปรุงสุขภาพของหลอดเลือดทั้งในเชิงโครงสร้างและหน้าที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการออกกำลังกายและการป้องกันภาวะเสื่อมของระบบประสาทและหลอดเลือดในระยะยาว (Zhang et al., 2022; El Hayek et al., 2019)



ภาพประกอบ 5 (A) แสดงภาพของการฝึกวิ่งกับ BFR (B) ผลต่อหลอดเลือดที่เกิดจากเทคนิค BFR และ (C) กลไกระดับโมเลกุลโดยละเอียดที่เกิดจากการฝึก BFR

ที่มา: (Zhang et al., 2022)

4. การจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood flow restriction)

การจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood flow restriction) หรือ BFR มีต้นกำเนิดที่ประเทศญี่ปุ่น โดยโยชิอากิ ซาโต (Dr.Yoshiaki Sato) ในช่วงปลายทศวรรษ 1960 โดยใช้ชื่อว่า KAATSU เป็นเทคนิคการออกกำลังกายที่ใช้สายรัด รัศมีบริเวณโคนแขนหรือขาเพื่อจำกัดการไหลเวียนของเลือด โดยเฉพาะการจำกัดการไหลกลับของเลือดดำ (Venous return) และลดปริมาณเลือดแดง (Arterial inflow) ที่เข้าสู่กล้ามเนื้อในระหว่างการฝึก เป้าหมายคือการสร้างสภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) ในกล้ามเนื้อ (Yuan et al., 2023) ทำให้เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อขาดออกซิเจนส่งผลให้ระบบเผาผลาญพลังงานและระบบกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นมากยิ่งขึ้น จนเกิดการตอบสนองของระบบไหลเวียนเลือดเพิ่มมากขึ้น เกิดการปรับตัวของร่างกายเช่นเดียวกับการออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง สามารถสร้างสภาวะการขาดออกซิเจนเฉพาะที่บริเวณกล้ามเนื้อ (Localized hypoxia) อาจทำให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการเสริมสร้างในร่างกาย โดยกระตุ้นการตอบสนองของระบบการเผาผลาญพลังงาน ระบบต่อมไร้ท่อ การรวมของเซลล์ และการทำหน้าที่กระตุ้นการส่งสัญญาณตามการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน การฝึกจำกัดการไหลเวียนเลือดช่วยเพิ่มการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วในขณะออกกำลังกายได้ ซึ่งกระตุ้นการสร้างมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรง แม้จะใช้น้ำหนักเบาในการฝึก (Yuan et al., 2023) ผลที่เกิดจากการคลายแรงดันภายหลังการปิดกั้นนั้นทำให้การไหลเวียนโลหิตทั้งเลือดแดงและดำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ปริมาตรเลือดที่ปั๊มออกจากหัวใจแต่ละครั้ง (Stroke volume) ปริมาตรเลือดในหัวใจห้องล่างซ้ายก่อนหัวใจมีการบีบตัว ((End-diastolic volume; EDV) และเกิดแรงเฉือนที่กระทำต่อผนังหลอดเลือด หรือ Shear stress เพิ่มขึ้น จึงกระตุ้นให้เกิดการสร้างไนตริกออกไซด์ ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด (Formiga et al., 2020)

หลักการทางสรีรวิทยาของ BFR

1. ภาวะขาดออกซิเจนเฉพาะที่ (Localized hypoxia)

การใช้แรงดันบีบรัดหลอดเลือดในแขนหรือขาระหว่างออกกำลังกายจะ จำกัดการไหลเวียนของเลือดแดง (Arterial inflow) และปิดกั้นการไหลกลับของเลือดดำ (Venous outflow) ส่งผลให้เกิดสภาวะ Hypoxia หรือภาวะที่กล้ามเนื้อมีออกซิเจนต่ำ (Huang et al., 2025) ภาวะนี้เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์ HIF-1 α (Hypoxia-inducible factor-1 α) ซึ่งส่งผลต่อการสร้าง VEGF และการสร้างหลอดเลือดใหม่ (Angiogenesis) (Hsieh et al., 2014)

2. การเปลี่ยนแปลงของการเผาผลาญพลังงาน (Glycolysis $\rightarrow$ Lactate)

ภาวะ Hypoxia ทำให้กล้ามเนื้อเปลี่ยนมาใช้ในการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic glycolysis) มากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของแลคเตทภายในกล้ามเนื้อและในกระแส

เลือด (Huang et al., 2025) และแลคเตทที่เพิ่มขึ้นระหว่างการออกกำลังกายจะข้ามผ่านเข้าไปยังสมอง (Hippocampus) กระตุ้นโปรตีนซิริทูอิน 1 (SIRT1) ช่วยเพิ่มโปรตีนที่ร่วมกระตุ้นการทำงานของยีนที่ควบคุมการสร้างพลังงานในไมโทคอนเดรีย (PGC-1 α) ส่งผลให้ระดับโปรตีนเยื่อหุ้มเซลล์ (FNDC5) ที่มีบทบาทในการส่งสัญญาณจากกล้ามเนื้อไปยังสมอง (Muscle-brain crosstalk) เพิ่มขึ้น ซึ่ง FNDC5 เป็นตัวกระตุ้นการสร้าง BDNF ที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท (Synaptic plasticity), กระบวนการที่ทำให้การส่งสัญญาณระหว่างเซลล์ประสาทแข็งแรงขึ้นอย่างยาวนาน (Long-term potentiation; LTP) และกระบวนการที่สมองเปลี่ยนข้อมูลที่เพิ่งเรียนรู้หรือประสบมาจากการจำระยะสั้น ไปสู่ความจำระยะยาว (Consolidation) ซึ่งต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของสมองหลายส่วน เช่น Hippocampus และ Prefrontal cortex (El Hayek et al., 2019)

3. การกระตุ้นของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber recruitment)

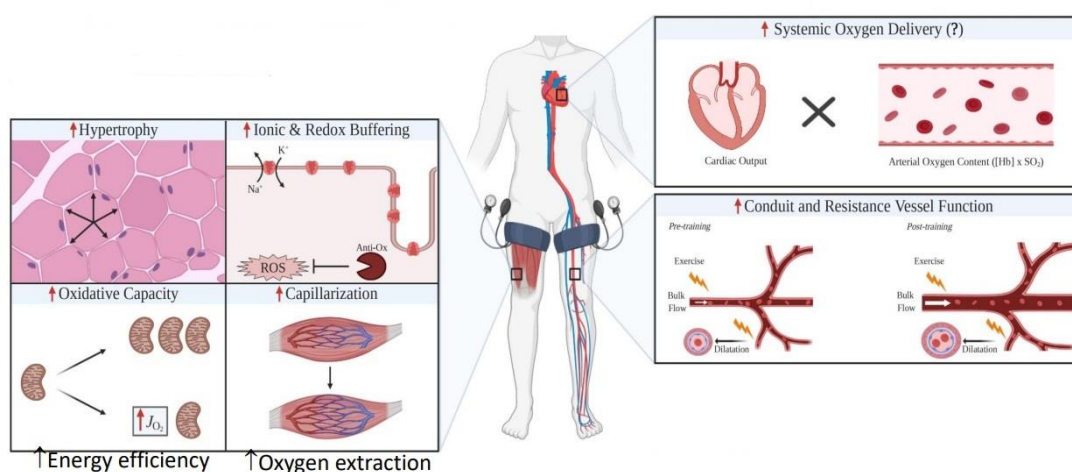
การฝึก BFR สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อคล้ายกับการฝึกหนักได้แม้ใช้ความหนักต่ำ (20–30% 1RM) แต่ยังสามารถกระตุ้นการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว หรือ Fast-twitch muscle fibers (Type II) เร็วกว่าการฝึกทั่วไป เนื่องจากภาวะขาดออกซิเจนใน Type I fibers ทำให้ต้องดึง Type II เข้ามาชดเชยเร็วยิ่งขึ้น (Huang et al., 2025)

4. การสื่อสารระดับเซลล์ (Shear stress และ Nitric oxide)

เมื่อมีการคลายแรงดันหลังการฝึก BFR จะเกิดการไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Reactive hyperemia) ซึ่งทำให้แรงเฉือน (Shear stress) ที่ผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้น กระตุ้นการหลั่ง Nitric Oxide (NO) จากเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด NO ทำหน้าที่เป็นตัวขยายหลอดเลือด (Vasodilator) และกระตุ้นเอนไซม์ eNOS (Endothelial nitric oxide synthase) ส่งเสริมสุขภาพของหลอดเลือดและการนำส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อ

5. การเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างกล้ามเนื้อ

BFRT ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นเส้นทาง mTOR ผ่านการเพิ่มระดับของ IGF-1 (Yuan et al., 2023) และการลดระดับของ myostatin ซึ่งเป็นปัจจัยที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ (Zhang et al., 2024)

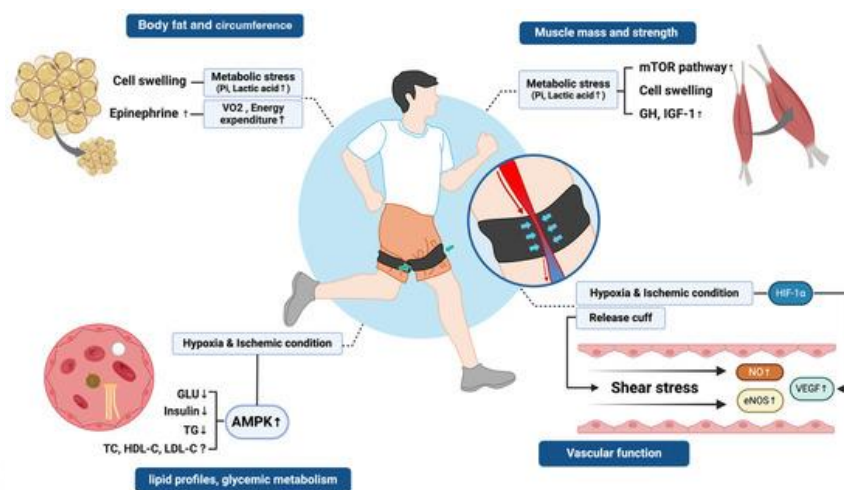


ภาพประกอบ 6 กลไกการทำงานของร่างกายกับการฝึก BFR

ที่มา : Pignanelli et al. (2021)

ข้อดีของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนเลือด คือช่วยลดความหนักของการฝึกลง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ที่มีข้อจำกัดในการฝึกออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูง โดยการฝึกแบบนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายของผู้ฝึก เป็นการฝึกที่กระตุ้นให้เกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยาและการพัฒนาของร่างกายมากขึ้นตามไปด้วย เช่น เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิต เพิ่มการสร้างกล้ามเนื้อ เพิ่มการผลิตฮอร์โมน (Bennett & Slattery, 2019; Cheunsiri, 2021) เพิ่มปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) การใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น (Da Silva-Grigoletto et al., 2020) การฝึกนี้มักจะทำรวมกับการฝึกด้วยแรงต้านหรือกิจกรรมแบบแอโรบิก ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต สามารถเพิ่มขนาดและความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อได้ (Patterson et al., 2019) สอดคล้องกับ Cheunsiri (2021) ที่ว่าเทคนิค BFR สามารถฝึกร่วมกับการฝึกแบบใช้แรงต้านและแบบแอโรบิกต่อเนื่อง และแบบสลับช่วงที่ความหนักต่ำ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกได้ โดยใช้ความหนัก ระยะเวลา และความถี่ในการฝึกน้อยกว่าการฝึกแบบดั้งเดิม โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการฝึกให้กับกลุ่มคนที่มีข้อจำกัดในการฝึกออกกำลังกายที่มีความหนักสูง เช่น ผู้สูงอายุ ผู้พิการ หรือผู้ป่วย รวมทั้งกลุ่มนักกีฬาที่ต้องการเพิ่มสมรรถภาพทางกีฬา (Cheunsiri, 2021) และจากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาของ Cho and Lee (2024) สรุปได้ว่า การ

ออกกำลังกายแบบแอโรบิกพร้อมกับ BFR เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่กระตุ้นการตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น การลดไขมันในร่างกาย การเพิ่มมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรง เป็นวิธีการออกกำลังกายทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุที่ไม่สามารถออกกำลังกายที่ความหนักสูงได้ (Cho & Lee, 2024)



ภาพประกอบ 7 การตอบสนองทางสรีรวิทยาจากการออกกำลังกายแบบแอโรบิกพร้อมกับ BFR
ที่มา : Cho and Lee (2024)

แรงดัน (Pressure) ที่ใช้ในการฝึก

ในปัจจุบัน วิธีการที่เป็นมาตรฐานในการกำหนดแรงดันที่ใช้ในการออกกำลังกายด้วยการจำกัดการไหลเวียนเลือดคือ การกำหนดเปอร์เซ็นต์การปิดกั้นการไหลเวียนของเลือดแดง (Arterial Occlusion Pressure; AOP) โดยใช้การอัลตราซาวด์หลอดเลือดด้วยเครื่องตรวจคลื่นเสียงความถี่สูงเพื่อตรวจวัดการไหลของเลือด (Doppler probe) โดยใช้ผ้าพันบีบรัดเฉพาะจุดที่ต้องการในสภาวะขณะพัก ณ เวลาหนึ่ง เพื่อปิดกั้นการไหลเวียนของเลือดที่จะไหลเวียนไปสู่แขนและขาในท่านอนหงาย และเพิ่มแรงดันดันให้สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จนปิดกั้นการไหลของเลือดแดงและไม่สามารถตรวจจับชีพจรได้ ถือได้ว่าจุดนั้นคือแรงดันที่ 100 เปอร์เซ็นต์ของการปิดกั้นการไหลเวียนของเลือดแดง (100% AOP) ซึ่งเป็นระดับแรงดันจากการบีบรัดเฉพาะบุคคล นำมาใช้คำนวณเพื่อกำหนดระดับของแรงดันการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Cheunsiri, 2021) การตั้งค่าและควบคุมแรงดันที่เป็นเปอร์เซ็นต์การปิดกั้นการไหลของเลือดแดง (% AOP) สามารถช่วยลดความเสี่ยงเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ที่อาจจะเกิดขึ้นโดยไม่ตั้งใจได้ ดังนั้นการตั้งค่าแรงดันของการ

ปีบริบูรณ์ในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกควรอยู่ระหว่าง 40 - 80% ของ AOP (Patterson et al., 2019) สอดคล้องกับอีกการศึกษาที่มีการแนะนำให้ใช้ที่แรงดันอยู่ในช่วง 40-80% AOP ซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายการออกกำลังกายในกลุ่มผู้สูงอายุ และลดความเสี่ยงที่ไม่พึงประสงค์ได้ (Kargar et al., 2021) ที่น่าสนใจคือ มีงานวิจัยที่ศึกษาการเดินลู่วิ่งร่วมกับ BFR พร้อมกับการทำภารกิจด้านการรับรู้ในกลุ่มผู้สูงอายุ ได้แนะนำวิธีการหาแรงดัน AOP โดยใช้สูตรในการคำนวณ AOP สำหรับร่างกายส่วนล่าง ซึ่งสามารถทำได้ง่าย สะดวก และเอื้ออำนวยกับบริบทของงานวิจัยโดยไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนอย่าง Doppler probe แต่ยังคงมีความแม่นยำและมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ (Kargar et al., 2021)

ความปลอดภัยของ BFR ในผู้สูงอายุหรือผู้ป่วย

การออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFR) ได้รับความสนใจมากขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ที่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพ เนื่องจากสามารถกระตุ้นการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อและหลอดเลือดได้แม้ใช้ความเข้มข้นของการฝึกในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับแรกคือความปลอดภัยในการใช้งาน มีงานวิจัยในผู้สูงอายุที่ใช้ BFR ร่วมกับการเดินแบบความเข้มข้นต่ำ พบว่าไม่มีเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรง เช่น ล้มเลือดหรือกล้ามเนื้อฉีกขาด แต่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความคล่องตัวอย่างชัดเจน Timed up and go test (TUGT), 6-minute walk test (6MWT) เป็นต้น (Hsieh et al., 2024) รายงานจากการวิเคราะห์และทบทวนวรรณกรรมของ Cahalin และคณะ (2022) ระบุว่า การเดินร่วมกับ BFR walking ช่วยเพิ่มผลลัพธ์ด้านการทำงาน เช่น TUG, 30-second chair stand และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา โดยไม่ส่งผลให้ระดับความดันเลือดหรืออัตราการเต้นของหัวใจสูงเกินขณะฝึก (Cahalin et al., 2022) งานวิจัยเฉพาะเรื่องระบบหลอดเลือดในผู้สูงอายุ ยืนยันว่า ฟังก์ชันหลอดเลือดยังคงปกติ หลังฝึก BFR walking ยาวนานหลายสัปดาห์ (Amorim et al., 2019)

งานที่น่าสนใจล่าสุด ที่ทำการศึกษาแบบทบทวน (A systematic review and network meta-analysis) โดย Ren และคณะ (2025) ได้สรุปผลจากการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษา 18 ฉบับ ที่ครอบคลุมผู้สูงอายุรวม 626 คน โดยเน้นเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบของ BFR ที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านแรงดัน ความถี่ และระยะเวลาการฝึก พบว่า การฝึกที่ใช้แรงดันต่ำ (Low pressure) และมีความถี่ไม่เกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ มีความปลอดภัยสูงต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด และสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจหรือความดันเลือดที่จะเป็นอันตราย ผลยังพบข้อมูลสนับสนุนการฝึก

เดินออกกำลังกายร่วมกับ BFR ซึ่งใช้อุปกรณ์รัดบริเวณต้นขาในขณะเดิน สามารถกระตุ้นให้เกิดการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อผ่านกลไกของการสะสมของเมแทบอไลต์ (Metabolite accumulation) และภาวะพร่องออกซิเจนเฉพาะที่ (Localized hypoxia) โดยไม่จำเป็นต้องใช้ความหนักสูง ทำให้เหมาะสมอย่างยิ่งกับผู้สูงอายุที่ไม่สามารถออกกำลังกายหนักได้

ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ข้างต้น การฝึกเดินร่วมกับ BFR ที่ใช้แรงดันในระดับต่ำความถี่ไม่เกิน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีการควบคุมจากผู้เชี่ยวชาญอย่างใกล้ชิด จึงถือเป็นแนวทางการออกกำลังกายที่มีความปลอดภัยสูงในผู้สูงอายุ และสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายและป้องกันการเสื่อมถอยของกล้ามเนื้อในวัยชราได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. หลอดเลือด (Blood vessel)

Wang และคณะ (2025) ได้สรุปโครงสร้างของผนังหลอดเลือดตามลำดับชั้นดังนี้

1. Tunica intima

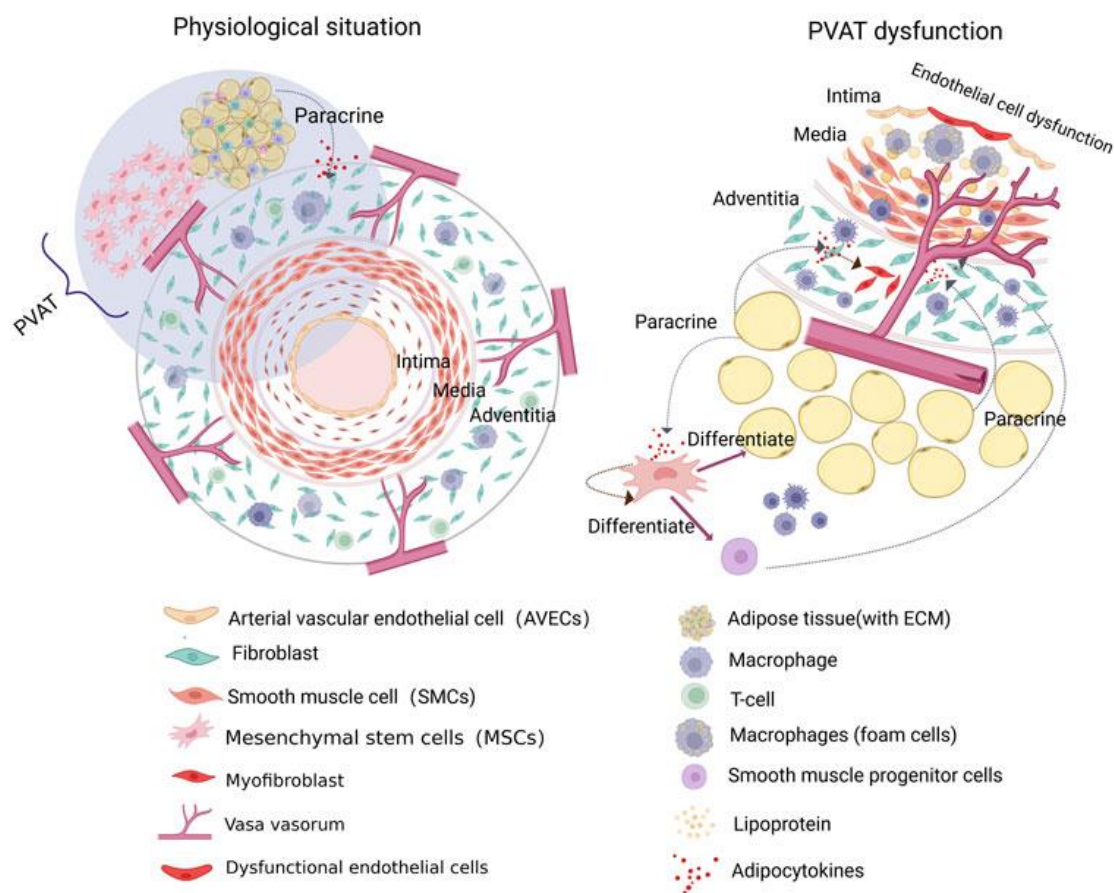
เป็นชั้นเยื่อบุผิวชั้นในสุด ประกอบด้วยชั้นเซลล์เยื่อแบบ Simple squamous endothelium รองด้วยชั้น Subendothelium ที่ประกอบด้วยสารยืดหยุ่น (Elastic fibers) และคอลลาเจน และมี Internal elastic lamina แยกผนังจากชั้น Media

2. Tunica media

เป็นชั้นกลาง ประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle cells) เรียงเป็นวงและแทรกด้วย Elastic fibers และ Collagen fibers และมี External elastic lamina คั่นระหว่าง Tunica media และ Tunica adventitia

3. Tunica adventitia (หรือ Tunica externa)

เป็นชั้นนอกสุดของผนังหลอดเลือดประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) ที่มีทั้ง Collagen fibers และ Elastic fibers ในชั้นนี้ยังพบเส้นเลือดเล็ก (Vasa vasorum) และเส้นประสาท (Nervi vasorum) ซึ่งช่วยเลี้ยงหลอดเลือดและการรับรู้ถึงความเครียดได้ (Wang et al., 2025)



ภาพประกอบ 8 แสดงองค์ประกอบระบบจุลภาคของหลอดเลือด

ที่มา: Wang et al. (2025)

เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือด (Endothelial cells) เป็นเซลล์ชั้นในสุดของหลอดเลือดวางเรียงตัวกันในแนวยาว มีความยาวเฉลี่ย 20-40 μm กว้าง 10-15 μm และหนา 0.1-0.5 μm เป็นเซลล์ที่สัมผัสโดยตรงกับเลือดที่ไหลเวียนอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดมีบทบาทหน้าที่การทำงาน ดังนี้

1. ควบคุมสมดุลการไหลเวียนของเลือด ควบคุมการหดและขยายตัวของหลอดเลือด ควบคุมการแข็งตัวของเลือด
2. ทำหน้าที่ปฏิสัมพันธ์กับเซลล์ที่ประกอบเป็นผนังหลอดเลือด
3. เป็นตัวกั้นระหว่างกล้ามเนื้อเรียบกับช่องว่างในหลอดเลือด ควบคุมการเคลื่อนย้ายเซลล์หรือสารต่าง ๆ ผ่านเข้าออกผนังหลอดเลือด

4. ยับยั้งการเกาะตัวกันของเกล็ดเลือดและการจับตัวของเม็ดเลือดขาวกับเซลล์เยื่อผนังหลอดเลือด

5. ควบคุมความตึงของเซลล์ผนังหลอดเลือด

6. ต้านการอักเสบ

7. สร้างหลอดเลือดใหม่

8. เพิ่มการเกิดกระบวนการสร้างเอนไซม์ที่กระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์ (Endothelial nitric oxide synthase; eNOS) โดยมากจากการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดที่ทำให้เกิดแรงเฉือน (Shear stress) กระแทกกับผนังหลอดเลือด ส่งผลให้หลอดเลือดมีการขยายตัวมากขึ้น (Cahill & Redmond, 2016)

บทบาทหน้าที่สำคัญของ Nitric oxide (NO)

1. ทำให้หลอดเลือดมีการขยายตัว (Vasodilator effects)
2. ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anti-oxidative effects)
3. ยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (Antiproliferative effects)
4. ยับยั้งการเกาะของเม็ดเลือดขาวบนเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Anti-adhesive effects)

การตรวจวัดการทำงานของหลอดเลือดแดงพอพลิเทียล (Popliteal artery)

หลอดเลือดแดงพอพลิเทียล (Popliteal artery) เป็นหลอดเลือดหลักที่อยู่บริเวณข้อพับเข่า มีบทบาทสำคัญในการลำเลียงเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อบริเวณน่องและเท้า การตรวจวัดการทำงานของหลอดเลือดแดงเส้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในทั้งด้านเวชศาสตร์ฟื้นฟู การกีฬา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการไหลเวียนโลหิตหรือความเสื่อมของระบบหลอดเลือด โดยเฉพาะในผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยโรคหลอดเลือดส่วนปลาย หนึ่งในวิธีที่ใช้กันแพร่หลายเพื่อประเมินสมรรถภาพของหลอดเลือดพอพลิเทียลคือ การวัด Flow-Mediated Dilation (FMD) ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถในการขยายตัวของหลอดเลือดจากการกระตุ้นด้วย Shear stress งานวิจัยของ (Akhter et al., 2025)

จากสูตร

$$\%FMD = \frac{D2 - D1}{D1} \times 100$$

กำหนดให้

FMD คือ ผลของการไหลของเลือดผ่านการขยายตัวของหลอดเลือด (%)

D1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลของเลือดขณะพัก (มิลลิเมตร)

D2 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดของหลอดเลือดภายหลังการปิดกั้นการไหลของเลือด (มิลลิเมตร)

แรงเฉือนที่กระทำต่อผนังหลอดเลือด (Shear stress) เป็นแรงที่เกิดจากความเร็วของการไหลของเลือดที่มากระทำต่อผนังหลอดเลือด ทำให้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดสร้าง NO ทำให้หลอดเลือดขยายตัวได้ดีขึ้น ซึ่ง Shear stress ส่งผลโดยตรงต่อค่า FMD หลังจากการปิดกั้นการไหลเวียนของเลือดเป็นเวลา 5 นาที เมื่อเริ่มคลายการปิดกั้นอัตราการไหลของเลือดเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดแรงเฉือนที่กระทำต่อเซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 15 วินาที ในขณะเดียวกันการขยายตัวของหลอดเลือดก็ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนขยายสูงสุดที่เวลาประมาณ 60 วินาที (Thijssen & Ghiadoni, 2019) การหาค่า FMD คำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลางของหลอดเลือดก่อนการทดสอบ (Baseline diameter) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดหลังจากการคลายการปิดกั้นเลือด (Maximum diameter) เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของหลอดเลือด (Relative change (%))



ภาพประกอบ 9 การตรวจวัดการไหลของเลือดผ่านการขยายตัวของหลอดเลือด (FMD)

การประเมินการทำงานของหลอดเลือดด้วยเครื่องอัลตราซาวด์นั้น จะให้ผู้เข้ารับการประเมินพักในท่านอนราบ ประมาณ 20 นาที เพื่อปรับความดันโลหิต แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ช่วง คือ

1) ช่วงของวัดค่าเริ่มต้น (Base line) เป็นการบันทึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดก่อนการปิดกั้นการไหลเวียนจะใช้คัพพีบรัดที่ปลายแขนแล้ววัดความดันโลหิตก่อนการทดสอบ และบันทึกภาพของหลอดเลือดประมาณ 30-60 วินาที

2) ช่วงของการบีบรัดหรือปิดกั้นการไหลเวียน (Cuff occlusion) โดยเพิ่มความดันของคัพพีให้ความดันโลหิตตัวบน (Systolic) สูงกว่าก่อนการทดสอบประมาณ 50 มิลลิเมตรปรอท แล้วค้างไว้ประมาณ 5 นาที ทำการบันทึกภาพของหลอดเลือดด้วยการอัลตราซาวด์ตลอดช่วง

3) ช่วงของการคลายการปิดกั้นการไหลเวียน (Post deflation) โดยปล่อยลมออกและบันทึกภาพหลอดเลือดต่ออีกประมาณ 3 นาที ช่วงนี้จะเกิดการไหลของเลือดที่เร็วขึ้น แรงที่กระทำต่อผนังหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น เป็นช่วงที่หลอดเลือดเกิดการขยายตัวมากที่สุด

การประเมินคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (brachial ankle pulse wave velocity; baPWV)

การประเมินคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (brachial ankle Pulse Wave Velocity; baPWV) เป็นวิธีการวัดความแข็งของหลอดเลือดที่เป็นมาตรฐานและความยืดหยุ่นของหลอดเลือด เป็นพารามิเตอร์ที่ประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดสมองและใช้ประเมินผู้ป่วยได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นที่นิยมกันในทวีปเอเชีย เป็นการวัดความยาวของหลอดเลือดระหว่างต้นแขนกับข้อเท้า และความแตกต่างของเวลาในการสับจิตเลือดของต้นแขนและข้อเท้า โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบอยู่ในท่านอนราบ เป็นการใช้คัพพีพันที่ต้นแขนและข้อเท้าทั้งสองข้างและประมวลค่าคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าถ้ามีค่า baPWV ต่ำ ถือว่าดี โดยคำนวณจากสมการ ดังนี้ (Cho & Baek, 2020)

$$\text{baPWV} = \frac{\text{Artery Length Difference}}{\text{Time Difference}} = (L_a - L_b) / \Delta T_{ba}$$

L_a = ความยาวของหลอดเลือดต้นแขน
 L_b = ความยาวของหลอดเลือดข้อเท้า
 ΔT_{ba} = ค่าความต่างของเวลาในการสับจิตเลือดของต้นและข้อเท้า



ภาพประกอบ 10 การตรวจวัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (baPWV)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kargaran et al. (2021) ได้ศึกษาผลของการฝึกเดินพร้อมกับการฝึก Cognitive functions (Dual-task training) ร่วมกับ BFR ที่ส่งผลต่อคุณภาพกล้ามเนื้อ (Muscle quality: MQ) การทำงานทางกายและสมอง รวมถึงสารชีวเคมีในเลือดของผู้สูงอายุเพศหญิง จำนวน 24 คน อายุเฉลี่ย 62.9 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม, กลุ่มฝึกแบบ Dual-task (DT) และกลุ่มฝึกแบบ DT ร่วมกับ BFR (DTBFR) ทำการฝึก 20 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่ความหนัก 45% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (HRR) ซึ่งกลุ่ม DTBFR จะมีการวัดขาด้วยแรงดันเริ่มต้น 50% AOP และเพิ่มขึ้นทุก 2 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม DTBFR มีระดับ BDNF สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มของการปรับตัวทางระบบประสาทในทางที่ดี นอกจากนี้ กลุ่ม DTBFR ยังมีพัฒนาการเด่นในด้านแรงกล้ามเนื้อขา จากการทดสอบเดิน 6 นาที การลุก-นั่ง 30 วินาที และการทดสอบ TUGT อีกทั้งยังพบการลดลงของมวลไขมัน โดยเฉพาะไขมันในช่องท้อง และดัชนีมวลกาย (BMI) อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านความรู้ความเข้าใจ พบว่าระดับ BDNF มีความสัมพันธ์เชิงบวกการประเมินภาวะสมองเสื่อม (MMSE) ซึ่งสนับสนุนบทบาทของ BDNF ในการส่งเสริมการทำงานของสมอง โดยเฉพาะความจำและการเรียนรู้ นอกจากนี้การฝึก DTBFR ยังมีผลต่อคุณภาพการนอนหลับและคุณภาพชีวิต (QOL) ในกลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่มีประวัติการออกกำลังกายมาก่อน โดยไม่ทำให้เกิดผลข้างเคียงที่รุนแรง

Chen et al. (2025) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแรงต้านร่วมกับ BFR โดยใช้สายรัดสองชนิด ได้แก่ สายรัดแบบแคบและยืดหยุ่น (Narrow-elastic; NE) กับสายรัดแบบกว้างและไม่ยืดหยุ่น (Wide-rigid; WR) ที่ส่งผลต่อการปรับตัวของระบบหลอดเลือด กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 26 คน อายุเฉลี่ย 24.2 ± 5.3 ปี โดยสุ่มให้แต่ละแขนได้รับการฝึก BFR ด้วยสายรัดชนิดต่างกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ทำการวัดผล FMD, baPWV, มวลกล้ามเนื้อ, และพลังของกล้ามเนื้อ ก่อนและหลังการฝึก รวมถึงตรวจวัดระดับการไหลย้อนกลับของกระแสเลือด (Retrograde shear stress)

ผลการศึกษาพบว่า แม้อาณัติกล้ามเนื้อทั้งสองแขนจะเพิ่มแรงได้ในระดับเท่าเทียมกัน แต่ FMD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในแขนที่ใช้ NE ในขณะที่แขนที่ใช้ WR กลับไม่พบการเปลี่ยนแปลง หรือมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า WR ทำให้เกิด Retrograde shear stress สูงกว่า NE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการเปลี่ยนแปลงของ FMD ($r = -0.42, p = .02$) แสดงให้เห็นว่าการไหลย้อนกลับของกระแสเลือดอาจส่งผลเชิงลบต่อการทำงานของหลอดเลือด

Belchior et al. (2017) ได้ทำการศึกษาผลของการเดินบนลู่วิ่ง (Treadmill training) ต่อการเดิน ความสมดุล BDNF และการลด Glutathione (GSH) ในผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยสุ่มผู้เข้าร่วมจำนวน 22 คน (Hoehn and Yahr 2-3 stage) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมที่ได้รับเพียงการรักษาทางยา และกลุ่มทดลองที่ฝึกเดินบนลู่วิ่ง 2 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า การเดินบนลู่วิ่งช่วยพัฒนาการทรงตัว (ลดการสั่นในแนวด้านข้างและหน้า-หลัง) และคุณภาพชีวิตด้านจิตใจในกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่าง BDNF และ GSH ภายหลังการฝึก แม้จะไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยตรง แต่ความสัมพันธ์ของ BDNF และ GSH อาจเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพชีวิต ช่วยปรับปรุงหรือลดความเสี่ยงของระบบประสาทในผู้ป่วยกลุ่มนี้

Bane et al. (2024) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกความต้านทานร่วมกับ BFR ที่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติและหลอดเลือดในผู้ป่วยพาร์กินสัน จำนวน 38 คน ถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ LIRT-BFR, HIRT และกลุ่มควบคุม (Control) โดยกลุ่มฝึกทั้งสองกลุ่ม เข้าร่วมโปรแกรมฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม LIRT-BFR มีการพัฒนาในหลายตัวแปรทางสรีรวิทยาอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ระดับ Homocysteine ลดลง อย่างชัดเจน (จาก 18.52 เป็น $11.34 \mu\text{mol/L}$, $p < 0.001$) ซึ่งถือเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญเนื่องจาก Homocysteine ที่สูงมีความเกี่ยวข้องกับภาวะสมองเสื่อมและความผิดปกติของหลอดเลือด ความดันโลหิตขณะนอนราบลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p =$

0.028) การไหลเวียนโลหิตส่วนปลายดีขึ้น ($p = 0.003$) ค่าความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจเพิ่มขึ้น สะท้อนถึงการฟื้นตัวของระบบประสาทอัตโนมัติ ($p = 0.041$) จึงบ่งชี้ให้เห็นว่า การศึกษานี้ส่งเสริมการนำ BFR มาใช้ในกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่สามารถฝึกแบบ ความหนักสูงได้อย่างปลอดภัย

Kargaran และคณะ (2024) ได้ศึกษาผลของการฝึกแรงต้านแบบความหนักต่ำร่วมกับ BFR ต่อการทำงานของเซลล์บุผนังหลอดเลือด (Vascular endothelial function) ในผู้สูงอายุ สุขภาพดี จำนวน 28 คน อายุเฉลี่ย 66 ปี ได้รับการแบ่งกลุ่มแบบสุ่มเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกแรงต้านแบบ BFR, กลุ่มฝึกแรงต้านแบบปกติ (Non-BFR), และกลุ่มควบคุม โดยกลุ่ม BFR ทำการฝึกด้วยแรงต้านต่ำ (20% 1-RM) โดยรัดต้นขาด้วย Cuff ความกว้าง 5 ซม. ที่ระดับ 60% AOP ขณะฝึกกล้ามเนื้อขาสัปดาห์ละ 2 ครั้ง นาน 8 สัปดาห์

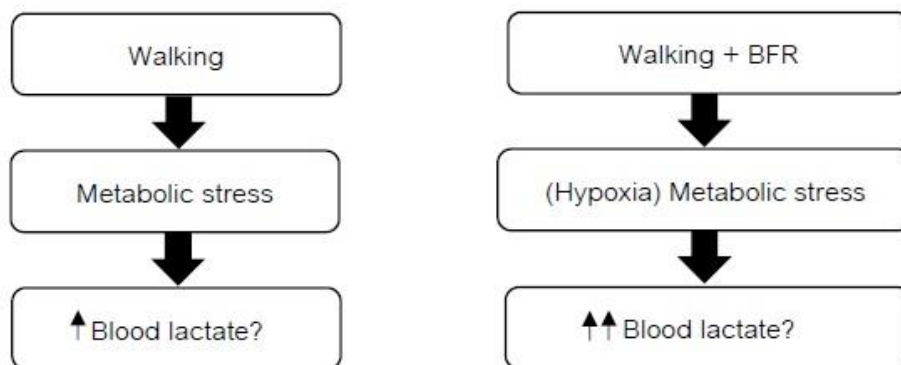
ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม BFR มีการขยายหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้น (FMD) อย่างมีนัยสำคัญ หลังการฝึก เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Non-BFR ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ตัวชี้วัดอื่น เช่น ความดันโลหิตเฉลี่ย Resting blood pressure และความสามารถทางกาย ยังไม่พบความแตกต่างเด่นชัด ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า การฝึกแรงต้านด้วย BFR แม้ใช้ความหนักต่ำ แต่สามารถกระตุ้นการทำงานของเยื่อผนังหลอดเลือดได้ดีในผู้สูงอายุ และอาจมีส่วนช่วยในการชะลอการเสื่อมของระบบหลอดเลือดตามวัย โดยไม่ต้องใช้แรงต้านสูงซึ่งอาจเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือภาวะแทรกซ้อน

Fukuta (2024) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อแบบจำกัดการไหลเวียนเลือด (Muscle blood flow restriction training; MBFRT) เปรียบเทียบกับการฝึกแบบปกติ (Normal training; NT) ต่อระดับ Blood lactate ของผู้ใหญ่สุขภาพดี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า MBFRT แม้จะเป็นการออกกำลังกายที่ใช้แรงต่ำ แต่สามารถกระตุ้นการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type II fibers) ได้ในระยะเวลาสั้น ผ่านกลไกการเกิดภาวะ Hypoxia ภายในกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นทันทีเมื่อมีการใช้สายรัดบริเวณต้นขา ผู้เข้าร่วมจำนวน 10 คน ได้รับการฝึก Half-squat โดยใช้น้ำหนักตัวในสองเงื่อนไข คือ MBFRT และ NT ห่างกันสองสัปดาห์ โดยวัดระดับ Blood lactate ก่อนการฝึก หลังการฝึก 1 นาที และ 5 นาที รวมถึงวัดค่าความเหนื่อยล้าด้วย Borg scale

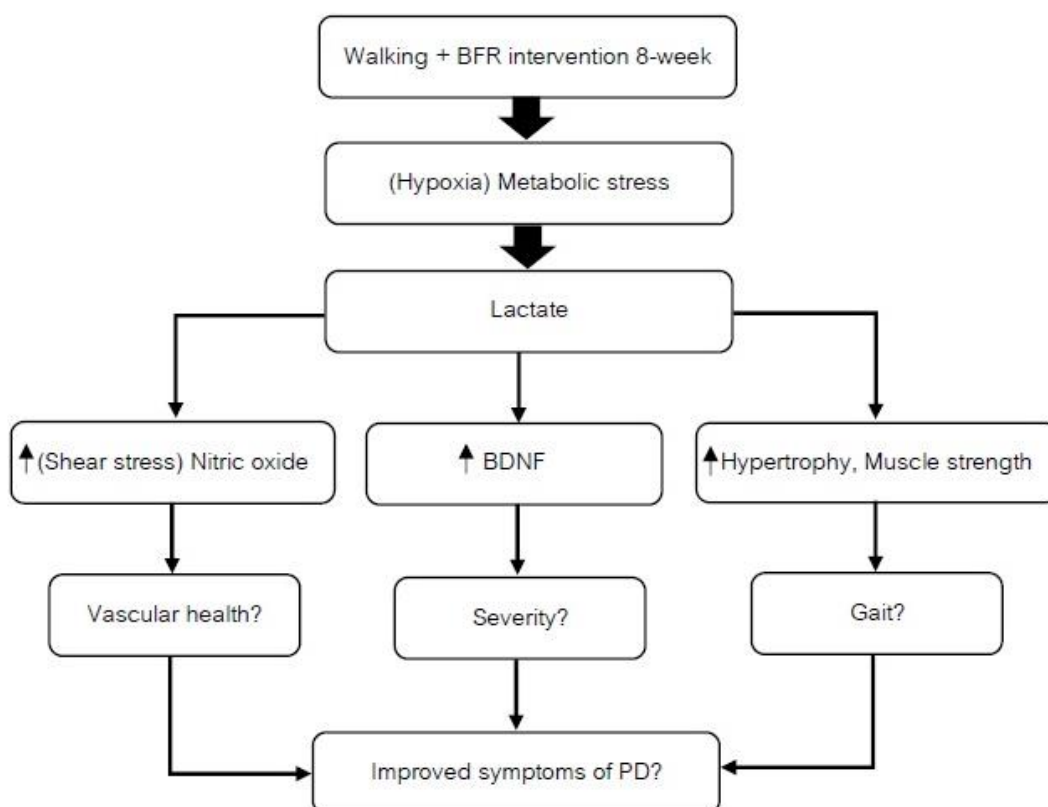
ผลการศึกษาพบว่า ระดับ Blood lactate ในกลุ่ม MBFRT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการฝึก และยังคงสูงอยู่แม้ผ่านไป 5 นาที ในขณะที่กลุ่ม NT มีการเพิ่มขึ้นของ Blood lactate หลังฝึกเพียงเล็กน้อย และลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 5 นาที อีกทั้งค่า Borg scale ในกลุ่ม MBFRT ยังสูงกว่ากลุ่ม NT อย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงระดับความเหนื่อยล้าที่มากกว่า

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย (Conceptual framework)

การทดลองที่ 1



การทดลองที่ 2



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) แบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized Controlled Trial; RCT) โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลฉับพลันของการฝึกเดินร่วมกับ BFR และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลระยะยาวของการฝึกเดินร่วมกับ BFR เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพศชายและเพศหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลมหาราชานครราชสีมา ประเภทผู้ป่วยนอก (Out-patient-department; OPD)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพศชายและเพศหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 24 คน ได้มาจากการคัดเลือกด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) จากรายชื่อผู้ป่วยตามเวชระเบียน (Medical record) จากนั้นแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน โดยมีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

ขั้นตอนและวิธีการสุ่มตัวอย่าง

1. รวบรวมรายชื่อผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะความรุนแรงของโรคที่ระดับ 2-3 (Hoehn & Yahr stage)
2. กำหนดขนาดตัวอย่าง โดยวิธีการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.9.7 ค่า Effect size เท่ากับ 0.80 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.05 ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test) 0.80 (Faul & Buchner, 2007) คำนวณขนาดตัวอย่างได้ 15 คน แต่ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนเป็น 24 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่าง (Drop out)
3. สุ่มหมายเลขเวชระเบียน (HN) โดยใช้โปรแกรม ทำการสุ่มอย่างง่าย
4. รวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยที่ถูกเลือกจากเวชระเบียน

5. จัดสรรตัวอย่างลงกลุ่ม (ตามเกณฑ์เพศและ Hoehn & Yahr stage) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ดังนี้

กลุ่ม	คำอธิบาย
CON	กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก ใช้ชีวิตประจำวันหรือปฏิบัติตามกิจกรรมตามปกติที่คุ้นเคยเป็นประจำ เช่น การรับประทานอาหาร การพักผ่อน และสามารถออกกำลังกายได้ตามปกติ
WALK	กลุ่มฝึกเดินออกกำลังกายปกติโดยไม่ร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด
WBFR	กลุ่มฝึกเดินออกกำลังกายโดยร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด

เกณฑ์การคัดเลือก

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria)

1. ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน เพศชายและเพศหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป อยู่ในภาวะความรุนแรงของโรคที่ระดับ 2-3 (Hoehn & Yahr stage)
2. สามารถเดินได้เองแบบไม่มีผู้ช่วยอย่างน้อย 10 เมตรขึ้นไป
3. ไม่มีโรคประจำตัวอย่างอื่นร่วมด้วย ได้แก่ โรคหัวใจ ภาวะลิ้มเลือดอุดตัน
4. ไม่ได้รับการฝึกออกกำลังกายอย่างเป็นระบบในช่วง 6 เดือน ก่อนการเข้าร่วม
5. ได้รับการประเมินความเสี่ยง (Risk factor assessment) และการอนุญาตจากแพทย์เจ้าของไข้
6. ไม่มีอาการแตกหักของสะโพก กระดูกเชิงกราน โคนขา หรือการผ่าตัดใหญ่ในช่วง 6 เดือน ก่อนการเข้าร่วม
7. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก รูปแบบการตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ในโครงการวิจัย

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

1. มีผลการประเมินจากแบบการตรวจสภาพจิตแบบย่อ (TMSE) <24 คะแนน
2. มีผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ลูก-นั่ง 5 ครั้ง (FTSST) >15 วินาที
3. ตรวจพบโรคโรคหัวใจหรือภาวะลิ้มเลือดอุดตันแทรกซ้อนในระหว่างที่เข้าร่วม
4. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ไม่สามารถเข้าร่วมต่อได้ เช่น อุบัติเหตุหรือเจ็บป่วยรุนแรง
5. ไม่ประสงค์เข้าร่วมการวิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา

การทดลองที่ 1

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ได้แก่ การเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่ระดับแรงดัน 40% AOP และการเดินออกกำลังกายแบบปกติ เป็นเวลา 30 นาที

2. ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่ Blood lactate

การทดลองที่ 2

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ได้แก่ การฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่ระดับแรงดัน 40% - 60% AOP (Kargaran et al., 2021) และการเดินออกกำลังกายแบบปกติ เป็นเวลา 30 นาที สัปดาห์ละ 2 วัน ต่อเนื่อง 8 สัปดาห์

2. ตัวแปรตาม (Dependent variable) ได้แก่

2.1 ตัวแปรด้านคุณภาพ

- (1) Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS)
- (2) Thai Mental State Examination (TMSE)
- (3) Parkinson's Disease Questionnaire-8 (PDQ-8)

2.2 ตัวแปรด้านองค์ประกอบร่างกาย

- (1) น้ำหนัก (กิโลกรัม)
- (2) ไขมันในร่างกาย (%)
- (3) ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)
- (4) มวลกล้ามเนื้อ (%)
- (5) อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)
- (6) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)
- (7) ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)
- (8) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)

2.3 ตัวแปรด้านประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย

- (1) Five times sit-to-stand test (FTSST)
- (2) Timed up and go test (TUGT)
- (3) 10-meter walk test (10MWT)

2.4 ตัวแปรด้านสรีรวิทยา

- (1) Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)

(2) Flow-mediated dilatation (FMD)

(3) brachial ankle Pulse Wave Velocity (baPWV)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรด้านคุณภาพ

1. แบบประเมินคุณภาพชีวิตผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (PDQ-8)
2. แบบประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน (UPDRS)
3. แบบการตรวจสภาพจิตแบบย่อ (TMSE)

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรด้านสรีรวิทยา

1. ชุดอุปกรณ์การฝึกจำกัดการไหลเวียนเลือด ยี่ห้อ B Strong ประกอบด้วยสายรัด 4 ขนาด กว้าง 5-6 ซม. X ยาว 44.50–99.00 ซม. จำนวน 8 ชุด (Utah, USA)
2. เครื่องวัดคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้า (baPWV) ยี่ห้อ Omron รุ่น VP-1000plus จำนวน 1 เครื่อง (Kyoto, Japan)
3. เครื่องอัลตราซาวด์ Ultrasound echo รุ่น Ge Vivid-i จำนวน 1 เครื่อง (Boston, USA)
4. เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Omron รุ่น HEM-7143T1 จำนวน 1 เครื่อง (Kyoto, Japan)
5. เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกายแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Omron รุ่น HBF-375 จำนวน 1 เครื่อง (Kyoto, Japan)
6. นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เครื่อง
7. สายวัด จำนวน 2 เส้น
8. กรวย จำนวน 5 อัน

เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวแปรด้านสารชีวเคมีในเลือด

1. อุปกรณ์เจาะเลือด ได้แก่ เข็มเจาะเลือด ไชริงค์ สำลี หมอนรอง สายรัด
2. ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณ Blood lactate ปลายนิ้ว ยี่ห้อ Lactate plus จำนวน 1 เครื่อง พร้อมแผ่นทดสอบ (MA, USA)
3. เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง ยี่ห้อ Wincom รุ่น CTF-TL4S (Hunan, China)
4. กระติกขนส่งตัวอย่างเลือด (Blood transport box)
5. ตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำพิเศษ -80°C (Ultra-low temperature freezer) ยี่ห้อ PHCbi จำนวน 1 เครื่อง (Tokyo, Japan)

6. ชุดตรวจวัดระดับ Serum BDNF (Human BDNF elisa kit) ยี่ห้อ Boster 96T Lot No.36191091213P0322 จำนวน 2 ชุด (CA, USA)

7. เครื่องตรวจวิเคราะห์ขนาดเซลล์ด้วยแสงเลเซอร์ (Flow cytometer) ยี่ห้อ Bio Tek Synergy รุ่น H1 ซอฟต์แวร์ Gen5 จำนวน 1 เครื่อง (CA, USA)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ผู้วิจัยดำเนินการขอจริยธรรมตามขั้นตอนไปยังคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จนได้รับหมายเลขรับรองและหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย (หมายเลขรับรอง SWUEC-661017)

2. ติดต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาลมหาราชานครราชสีมา เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนในการทำวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ รวมทั้งขอความร่วมมือจากแพทย์ผู้รักษา การประชาสัมพันธ์โครงการวิจัย และดำเนินการขอจริยธรรมตามขั้นตอนไปยังคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ โรงพยาบาลมหาราชานครราชสีมา จนได้รับหมายเลขรับรองและหนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัย (ใบรับรองเลขที่ 073/2024)

3. ผู้วิจัยเข้าแนะนำตัวกับแพทย์ผู้รักษา พร้อมชี้แจงให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย และขอความอนุเคราะห์จากฝ่ายเวชระเบียนและแพทย์ผู้รักษาในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า ประเมินความเสี่ยงและอนุญาตให้อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย เมื่อได้ข้อมูลแล้วผู้วิจัยทำการติดต่อขอความร่วมมือผู้ป่วยที่มีคุณสมบัติในการเป็นกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย รวมทั้งนัดหมายวัน เวลา สถานที่ ในการขอความยินยอมจากอาสาสมัครที่สมัครใจและยินดีลงนามเข้าร่วมการวิจัย

4. ผู้วิจัยจะทำการขอความยินยอมจากผู้ป่วยโดยตรง โดยใช้สถานที่ที่เหมาะสม มีความเป็นส่วนตัว มีความสะดวกต่ออาสาสมัคร และไม่อยู่ภายใต้การกดดัน พร้อมทั้งอธิบายเกี่ยวกับการวิจัยด้วยวิธีที่อาสาสมัครจะเข้าใจได้ เปิดโอกาสให้อาสาสมัครซักถามจนกว่าจะได้รับคำตอบเป็นที่พอใจ ให้ความรู้ในการอ่านและทำความเข้าใจข้อมูลในเอกสารให้ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างถี่ถ้วน และได้รับเวลาเพียงพอในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมการวิจัยหรือไม่ อย่างอิสระ แจ้งอาสาสมัครให้รับทราบสิทธิอย่างชัดเจนว่าสามารถถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยจะไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาหรือสิทธิที่อาสาสมัครพึงมี

5. ติดต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เพื่อขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย หลังจากได้รับการอนุมัติแล้วจึงดำเนินการจัดเตรียมสถานที่เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ และดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป

คำชี้แจงก่อนการเข้าร่วมการวิจัย

ข้อปฏิบัติในการเตรียมตัวก่อนการทดลอง

- (1) ก่อนถึงวันนัดหมายเจาะเลือด งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ดื่มน้ำเปล่าได้
- (2) รับประทานยาประจำตัวตามปกติและเตรียมยาหลังอาหารมาด้วย (ถ้ามี)
- (3) พักผ่อนให้เพียงพอ งดดื่มสุราหรือคาเฟอีน
- (4) สวมรองเท้า ชุดกีฬา หรือเสื้อผ้าที่เหมาะสมในการออกกำลังกาย
- (5) เข้าห้องน้ำ ทำภารกิจส่วนตัวให้เรียบร้อยก่อนเข้ารับการทดลอง
- (6) หลังการทดลองเสร็จสิ้น สามารถรับประทานอาหารที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ได้ที่ทันที และรับประทานยาหลังอาหาร (ถ้ามี)

ข้อปฏิบัติระหว่างทำการทดลอง

- (1) ทำการทดลองช่วงที่ยาออกฤทธิ์ คือ หลังรับประทานยา 30 นาที ถึง 4 ชั่วโมง
- (2) ให้ความร่วมมือในการฝึกอย่างมุ่งมั่นตามกำลังความสามารถ
- (3) หากรู้สึกถึงความผิดปกติหรืออาการที่อาจส่งผลกระทบต่อร่างกาย ให้แจ้งผู้วิจัยทันที

ข้อปฏิบัติหลังการทดลอง

- (1) ไม่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายอื่นเพิ่มเติม
- (2) อาจมีอาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดจากการค้างของกรดแลคติกในช่วงออกกำลังกาย อาการจะบรรเทาหลังจากที่ฝึกเสร็จหรือมีเลือดกลับมาเลี้ยง

การสร้างเครื่องมือวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับ BFR ในผู้ป่วยพาร์กินสัน ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมการฝึกโดยได้รับคำแนะนำและการปรับปรุงแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นได้ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Content validity) โดยผู้วิจัยได้นำแบบประเมินและโปรแกรมการฝึกเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence; IOC)

จากสูตร
โดยที่

$$IOC = \sum R / n$$

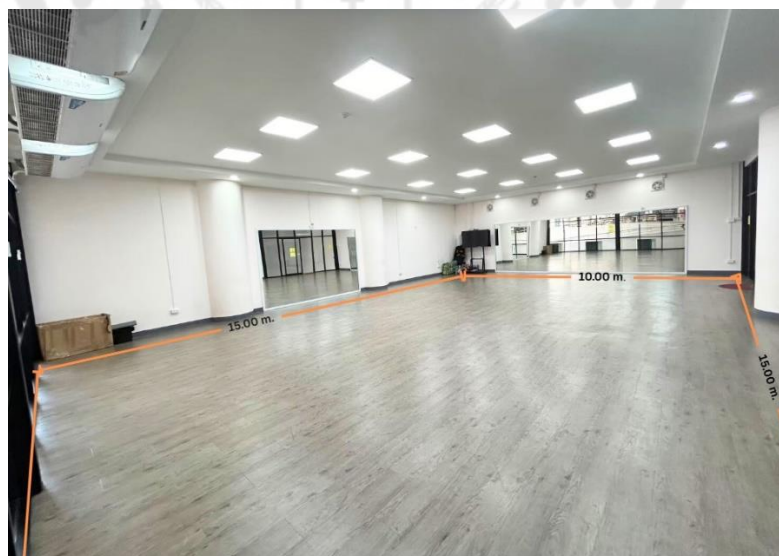
IOC	คือ	ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับเครื่องมือ
$\sum R$	คือ	ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
n	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จากการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.93 คะแนน จากนั้นจึงนำโปรแกรมการฝึกไปใช้ในการทดลองต่อไป

โปรแกรมการฝึกเดินออกกำลังกาย

สถานที่และรูปแบบการฝึก

กลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มฝึกเดินปกติ (WALK) และกลุ่มฝึกเดินร่วมกับอุปกรณ์ BFR (WBFR) ทำการฝึกเดินออกกำลังกายในห้องปิดของหลักสูตรวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ขนาดห้อง 15.00 × 10.00 เมตร (รวมระยะทางของเส้นรอบวง 50 เมตร) พื้นที่โล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง พื้นเรียบ ไม่มีสิ่ง มีแสงสว่างเพียงพอ ควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25°C และมีระบบระบายอากาศ โดยจะเดินไปตามเส้นรอบวงของห้อง 2 รอบ ย้อนกลับอีก 2 รอบ และจะทำซ้ำตามเวลาที่กำหนด ทำการฝึก 2 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์



ภาพประกอบ 11 ห้องฝึกเดินออกกำลังกาย

การกำหนดแรงดันที่เหมาะสมของแต่ละบุคคล (Personalized pressure)

ผู้วิจัยทำการคำนวณหาค่าแรงดันที่เหมาะสมในการฝึกของกลุ่ม WBFR ทุกคน โดยคำนวณจากค่าแรงดันปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดแดง (Arterial occlusion pressure; AOP) มีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจร่างกายและการไหลเวียนของหลอดเลือด โดยการคลำหลอดเลือดแดงบริเวณใต้ข้อพับขา ตรวจภาวะบวมบริเวณหลังเท้าและอาการปวดขา เมื่อเห็นว่าปลอดภัยจึงสวมสายรัดที่โคนขาทั้ง 2 ข้าง ในตำแหน่ง Proximal thigh (ใต้ขาหนีบ 2-5 ซม.)

2. คำนวณหาค่าระดับแรงดัน 40-60%AOP โดยใช้สูตร Lower body arterial occlusion pressure (Kargaran et al., 2021)

จากสูตร

$$\text{AOP (mmHg)} = 0.912(\text{SBP}) + 0.734(\text{DBP}) + 5.893 [\text{TC (Zota et al.)}] -$$

โดยที่

AOP คือ แรงดันปิดกั้นการไหลเวียนของหลอดเลือดแดง (มิลลิเมตรปรอท)

SBP คือ ความดันโลหิตขณะที่หัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)

DBS คือ ความดันโลหิตขณะที่หัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)

TC คือ เส้นรอบวงต้นขา (เซนติเมตร)

ตารางแสดงรายละเอียดการฝึกระยะยาว 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	กลุ่ม WALK (จันทร์และพฤหัสบดี)	กลุ่ม WBFR (อังคารและศุกร์)
1	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	40% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
2	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	40% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
3	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	50% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
4	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	50% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
5	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	60% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
6	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	60% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
7	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	60% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15
8	เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15	60% AOP + เดิน 15 / พัก 1 / เดิน 15

ตารางแสดงขั้นตอนและรายละเอียดในการฝึก

ลำดับกิจกรรม	รายละเอียด
1. ก่อนเริ่มฝึก (Warm-up and stretching) ประมาณ 5 นาที	- เดินช้า ๆ รอบห้อง 2 รอบ เพื่อกระตุ้นระบบไหลเวียนเลือด - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลัก 5 ท่า ได้แก่ ● กล้ามเนื้อหลังต้นขา (Hamstring) ● กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) ● กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ● กล้ามเนื้อสะโพกและหลังส่วนล่าง ● กล้ามเนื้อไหล่และแขน ● แต่ละท่าค้างไว้ 15 วินาที × 2 รอบ (American College of Sports Medicine, 2021)
2. ระหว่างฝึก (Walking phase) ประมาณ 30 นาที	- อาสาสมัครเริ่มเดินอย่างเป็นธรรมชาติด้วยความเร็วมากกว่าปกติเล็กน้อย ความหนัก - กลุ่ม WALK: เดิน 15 นาที/พัก 1 นาที/เดินอีก 15 นาที - กลุ่ม WBFR: ใช้สายรัด (Cuffe et al.) รัดบริเวณโคนต้นขาทั้งสองข้าง เดิน 15 นาที/พัก 1 นาที/เดินอีก 15 นาที ปรับระดับแรงดันแต่ละสัปดาห์ ดังนี้ ● สัปดาห์ที่ 1-2: 40% AOP ● สัปดาห์ที่ 3-5: 50% AOP ● สัปดาห์ที่ 6-8: 60% AOP ● ขณะพัก 1 นาที จะทำการปลด Cuff เพื่อป้องกันความดันสะสม (Nakajima et al., 2020)
3. หลังฝึก (Cool-down and stretching) ประมาณ 5-10 นาที	- เดินช้า ๆ รอบห้อง 2 รอบ เพื่อคลายอุณหภูมิร่างกาย - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ โดยค้างท่ายานาน 20 วินาที เพื่อป้องกันอาการปวดกล้ามเนื้อ (Matos et al., 2022)

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้ แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ระยะ ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษานำร่อง (Pilot study) ของผลระยะฉับพลันที่เกิดจากการเดินออกกำลังกาย สถานที่ได้แก่ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา โดยมีการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม จำนวน 2 ครั้ง มีรายละเอียดดังนี้

นัดหมายครั้งที่ 1 เวลา 08.00 น. เป็นการนัดหมายเพื่อทำการเรียนรู้อุปกรณ์การฝึก (Familiarization) รวมทั้งการเก็บข้อมูลตัวแปรพื้นฐานต่าง ๆ (ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการทดลองที่ 2) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม จะได้รับการประเมินในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. อธิบายและสาธิตวิธีการใช้งานอุปกรณ์ BFR คำนวณหาค่าแรงดัน 100%AOP ของแต่ละคน (เฉพาะกลุ่ม WBFR) และทำการทดลองใช้เพื่อสร้างความคุ้นชิน
2. ประเมินตัวแปรด้านคุณภาพ ได้แก่ แบบประเมิน UPDRS, TMSE, และ PDQ-8 โดยแพทย์เฉพาะทางประสาทวิทยาและพยาบาลผู้ช่วย
3. เก็บข้อมูลพื้นฐานและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ เพศ, อายุ, น้ำหนัก, ดัชนีมวลกาย, %ไขมัน, ความดันโลหิต, ระยะเวลารุนแรงของโรค, ระยะเวลาดำเนินโรค, ปริมาณยา Levodopa, เส้นรอบวงน่อง, และเส้นรอบวงต้นขา
4. ประเมินตัวแปรด้านประสิทธิภาพร่างกาย ได้แก่ การทดสอบ FTSST, TUGT, และ 10 MWT

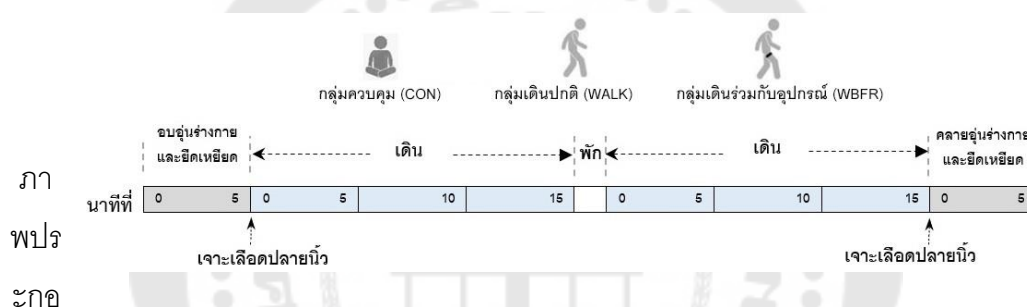
นัดหมายครั้งที่ 2 เวลา 07.00 น. เป็นการนัดหมายเพื่อทำการทดสอบผลระยะฉับพลัน กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนถึงวันนัดหมาย แต่ดื่มน้ำเปล่าได้ตามข้อตกลงอาสาสมัคร และจะได้รับการทดสอบและประเมินผลตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

1. ประเมินการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่ baPWV และ FMD

อาสาสมัครนอนพักบนเตียง 20 นาที ภายในห้องปิดที่อุณหภูมิห้อง 25°C เพื่อทำการประเมินการทำงานของหลอดเลือด (แบบ Non-invasive techniques) โดยผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การตรวจวัดความแข็งของหลอดเลือดแดงด้วยวิธีการวัดความเร็วคลื่นชีพจรจากแขนถึงข้อเท้า (baPWV) และวัดการทำงานของหลอดเลือดแดงพอพลิเตียล (Popliteal artery) ด้วยวิธีการวัดการไหลของเลือดผ่านการขยายตัวของหลอดเลือด (FMD) โดยใช้เครื่องอัลตราซาวด์ บันทึกรายละเอียดและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดเลือดด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ (Popliteal analyzer for research)

2. ทำการทดลองเดินออกกำลังกายตามโปรแกรมและตรวจวัดระดับ Blood lactate มีขั้นตอนดังนี้

- (1) ตรวจร่างกายและการไหลเวียนของหลอดเลือดในกลุ่ม WBFR
- (2) อบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที
- (3) สวมสายรัดที่บริเวณโคนขาทั้ง 2 ข้าง ในตำแหน่ง Proximal thigh (ใต้ขาหนีบ 2-5 ซม.) เพิ่มแรงดันของอุปกรณ์ BFR ที่ระดับ 40% AOP
- (4) เจาะเลือดปลายนิ้วทดสอบค่า Blood lactate (Pre-test) ก่อนเริ่มเดิน 15 นาที พัก 1 นาที เดินอีก 15 นาที เสร็จแล้วให้เจาะเลือดอีกครั้งทันที (Post-test)
- (5) คลายอุ่นและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5-10 นาที



รูป 12 แสดงรูปแบบการทดลองที่ 1 ศึกษาผลระยะฉับพลัน

การตรวจวัดระดับ Blood lactate

ทำการเจาะเลือดปลายนิ้วโดยพยาบาลวิชาชีพ ด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับ Blood lactate ในปริมาตร 0.7 ไมโครลิตร บันทึกผลและเวลาที่อ่านค่า จำนวน 2 ครั้ง คือนาทีที่ 0 (Pre-test) และนาทีที่ 31 (Post-test) โดยกลุ่ม CON จะไม่ได้รับโปรแกรมการเดินออกกำลังกาย ให้นั่งพักและงดกิจกรรมใช้แขน แต่จะได้รับการเจาะเลือดในเวลาที่กำหนดเช่นกัน

การทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาระยะยาว ซึ่งจะเริ่มดำเนินการภายหลังจากการทดลองที่ 1 ดำเนินการเสร็จสิ้นไปแล้ว 7 วัน สถานที่ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ในเวลา 07.00 น. ที่อุณหภูมิห้อง 25°C เป็นการนัดหมายเพื่อทำการเก็บตัวอย่างเลือดและชี้แจงตารางโปรแกรมการฝึก

การเก็บตัวอย่างเลือด (BDNF)

ก่อนถึงวันนัดหมาย กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม งดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมง แต่ดื่มน้ำเปล่าได้ตามข้อตกลงอาสาสมัคร จะได้รับการเก็บตัวอย่างเลือด (สัปดาห์ที่ 0) ก่อนการฝึก (Pre-test) ตามโปรแกรมออกกำลังกาย เพื่อนำไปตรวจวัดระดับ BDNF โดยใช้วิธีการเจาะเลือดข้อพับแขนด้านใน (Antecubital vein) โดยพยาบาลวิชาชีพ ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

- 1) อาสาสมัครนั่งพัก 15 นาที ก่อนทำการเจาะเลือดและงดกิจกรรมที่ใช้แขน
- 2) เจาะเลือดในปริมาตร 5 มิลลิลิตร (1 ซ้อนชา) พร้อมบันทึกเวลา
- 3) เก็บตัวอย่างเลือดในหลอดจุกสีแดง วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30-45 นาที
- 4) ทำการปั่นเลือด 10 นาที ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที
- 5) เก็บตัวอย่างในกระดิกขนส่ง จากนั้นนำไปแยกซีรัมและแช่ไว้ที่อุณหภูมิ -20°C

ณ คลินิกเทคนิคการแพทย์แล็บเฮิร์ธ อ.เมือง จ.นครราชสีมา

6) ขนส่งตัวอย่างซีรัมโดยควบคุมอุณหภูมิ -20°C ไปยังคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยมีผู้รับมอบ คือ ผศ.ดร.สุนทราภรณ์ หันตุลา ลงลายมือชื่อในเอกสารข้อตกลงการถ่ายโอนวัตถุทางชีวภาพ (Material transfer agreement; MTA) เก็บไว้ที่ตู้แช่แข็งพิเศษอุณหภูมิ -80°C เพื่อเตรียมตรวจวัดระดับ BDNF ด้วยเทคนิคอีไลซ่าต่อไป

การฝึกตามโปรแกรมระยะยาว

กลุ่ม WALK และกลุ่ม WBFR ฝึกเดินออกกำลังกายตามโปรแกรม สถานที่ในการฝึก ได้แก่ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา แบ่งกลุ่มและทำการฝึกตามตาราง คือ กลุ่ม WALK ฝึกวันจันทร์กับวันพฤหัสบดี และกลุ่ม WBFR ฝึกวันอังคารกับวันศุกร์ ควบคุมการใส่อุปกรณ์ การเพิ่มแรงดันอุปกรณ์ BFR และกำกับดูแลความปลอดภัยในการฝึกโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย



กลุ่มควบคุม (CON)



กลุ่มเดินปกติ (WALK)



กลุ่มเดินร่วมกับอุปกรณ์ (WBFR)

WBFR

ระดับแรงดัน (%AOP)

WBFR / WALK

ระยะเวลา (นาที/ครั้ง)

WBFR / WALK

จำนวน (ครั้ง/สัปดาห์)

40	40	50	50	50	60	60	60
30	30	30	30	30	30	30	30
2	2	2	2	2	2	2	2

สัปดาห์ที่

1

2

3

4

5

6

7

8

ภาพประกอบ 13 แสดงรูปแบบการทดลองที่ 2 คือระยะยาว

การวัดและประเมินผลภายหลังการฝึก

หลังจากดำเนินการฝึกตามโปรแกรมเสร็จสิ้นไปแล้ว 7 วัน จะทำการวัดผล ภายหลังการฝึก (Post-test) โดยใช้สถานที่เดิม เวลานั้นดหมาย รูปแบบ ขั้นตอนและวิธีการ ประเมินผลเช่นเดิม เพื่อเก็บข้อมูลตัวแปรที่ต้องการศึกษาและเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังนี้

นัดหมายครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่างเลือดกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อนำไปตรวจวัด ระดับ BDNF (Post-test) และประเมินการทำงานของหลอดเลือด ได้แก่ baPWV และ FMD โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลก่อนการฝึก (Pre-test)

นัดหมายครั้งที่ 2 ประเมินตัวแปรด้านคุณภาพ ได้แก่ UPDRS และ PDQ-8 และ ประเมินตัวแปรด้านประสิทธิภาพร่างกาย ได้แก่ FTSST, TUGT, และ 10 MWT โดยปฏิบัติ เช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลก่อนการฝึก (Pre-test)

3. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (IBM SPSS Statistics Version 21) เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

1. คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลของตัวแปรด้านต่าง ๆ ที่ศึกษา ได้แก่ ด้านองค์ประกอบร่างกาย ด้านคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย และด้านสรีรวิทยา

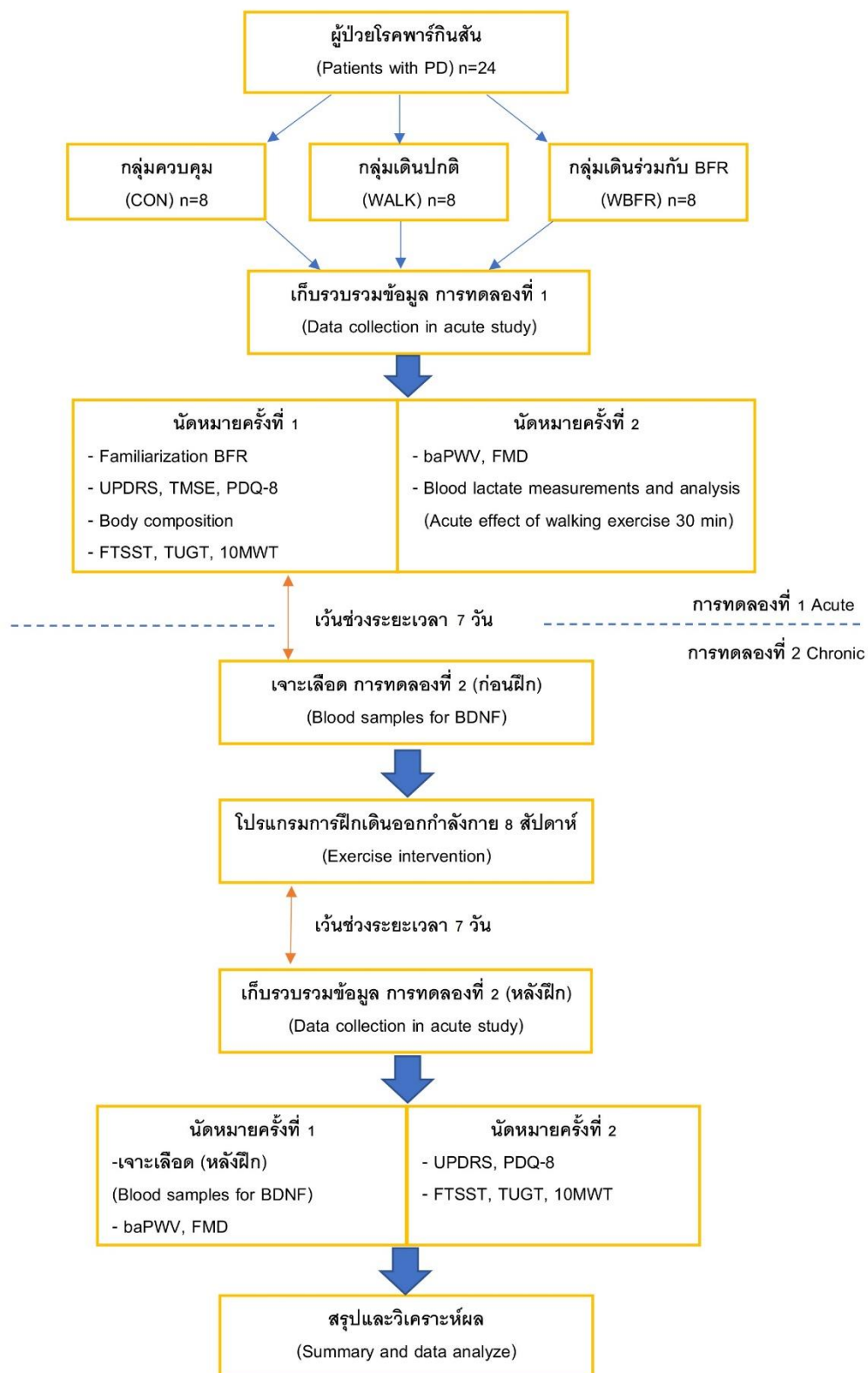
2. การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Test of normality) โดยใช้วิธีการของ Shapiro-Wilk test

3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ก่อนและหลังการทดลอง (Pre-test และ Post-test) ของตัวแปรด้านต่าง ๆ ภายในกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR โดยใช้สถิติ Paired samples test

4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ก่อนและหลังการทดลอง (Pre-test และ Post-test) ของตัวแปรด้านต่าง ๆ ระหว่างกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR โดยใช้สถิติ One-way ANOVA repeated measures และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ (Post Hoc test) ด้วยวิธีการของ Bonferroni

5. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน ได้ดำเนินการตามกระบวนการและขั้นตอนที่กำหนดไว้และรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Blood lactate และการทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะยาวของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรค มีรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 แสดงข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 1 ผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลองค์ประกอบร่างกาย และข้อมูลตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง (n = 24)

รายการข้อมูล	n (%)	Mean	SD
ข้อมูลพื้นฐาน			
จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	24 (100)		
เพศชาย	11 (45.80)		
เพศหญิง	13 (54.20)		
ระยะความรุนแรงของโรค (Hoehn & Yahr stage)			
ระยะ 2	12 (50.00)		
ระยะ 2.5	6 (25.00)		
ระยะ 3	6 (25.00)		
อายุ (ปี)		64.4	7.22
ระยะเวลาการดำเนินโรค (ปี)		4.0	1.20
ปริมาณยา Levodopa ที่ได้รับ (มิลลิกรัม/วัน)		450.58	299.95
เส้นรอบวงน่องซ้าย (เซนติเมตร)		33.7	3.32
เส้นรอบวงน่องขวา (เซนติเมตร)		33.4	3.34

ตาราง 1 (ต่อ)

รายการข้อมูล	n (%)	Mean	SD
เส้นรอบวงต้นขาซ้าย (เซนติเมตร)		45.3	4.89
เส้นรอบวงต้นขาขวา (เซนติเมตร)		45.7	4.90
ข้อมูลองค์ประกอบร่างกาย			
น้ำหนัก (กิโลกรัม)		61.9	9.66
ไขมันในร่างกาย (%)		29.4	8.05
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)		24.4	3.52
มวลกล้ามเนื้อ (%)			
อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)			
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)		138.9	13.75
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)		81.0	8.56
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)		77.7	16.57
ข้อมูลตัวแปรที่ศึกษา			
ด้านคุณภาพ			
UPDRS (คะแนน)		30.0	10.07
TMSE (คะแนน)		26.1	1.78
PDQ-8 (คะแนน)		4.2	1.22
ด้านประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย			
FTSST (วินาที)		12.5	1.71
TUGT (วินาที)		10.7	1.86
10MWT (เมตร/วินาที)		1.2	0.25
ด้านสรีรวิทยา			
Blood lactate (มิลลิโมล/ลิตร)		2.0	0.59
baPWV (เซนติเมตร/วินาที)		1675.0	332.41
FMD (%)		5.13	0.50
BDNF (พิโกกรัม/มิลลิลิตร)		504.72	176.49

UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale; TMSE = Thai-Mental State Examination; PDQ-8 = Parkinson's Disease Quality of Life Questionnaire - 8 items; FTSST = Five times sit-to-stand test; TUGT = Timed up and go test; 10MWT = 10-meter walk test; baPWV = brachial-ankle Pulse Wave Velocity; FMD = Flow-mediated dilatation; BDNF = Brain-derived neurotrophic factor; SD = Standard deviation.

จากตารางที่ 1 แสดงผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย เพศชาย 11 คน (ร้อยละ 45.80) และเพศหญิง 13 คน (ร้อยละ 54.20) ผู้ป่วยอยู่ในระยะความรุนแรงของโรคตามการประเมินของ Hoehn & Yahr stage โดย 12 คน อยู่ในระยะ 2 (ร้อยละ 50.00), 6 คน อยู่ในระยะ 2.5 (ร้อยละ 25.00), และ 6 คน อยู่ในระยะ 3 (ร้อยละ 25.00) อายุเฉลี่ย 64.4 ± 7.22 ปี ระยะเวลาการดำเนินโรคเฉลี่ย 4.0 ± 1.20 ปี ปริมาณยา Levodopa ที่ได้รับเฉลี่ย 450.58 ± 299.95 มิลลิกรัมต่อวัน

ข้อมูลองค์ประกอบร่างกายของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีน้ำหนักเฉลี่ย 61.9 ± 9.66 กิโลกรัม ไขมันในร่างกายเฉลี่ย $29.4 \pm 8.05\%$ และดัชนีมวลกายเฉลี่ย 24.4 ± 3.52 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวเฉลี่ย 138.9 ± 13.75 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวเฉลี่ย 81.0 ± 8.56 มิลลิเมตรปรอท อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ย 77.7 ± 16.57 ครั้งต่อนาที ขนาดเส้นรอบวงน่องซ้ายและน่องขวาเฉลี่ย 33.7 ± 3.32 เซนติเมตร และ 33.4 ± 3.34 เซนติเมตร ตามลำดับ ขนาดเส้นรอบวงต้นขาซ้ายและต้นขาขวาเฉลี่ย 45.3 ± 4.89 เซนติเมตร และ 45.7 ± 4.90 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้อมูลตัวแปรที่ศึกษาในด้านต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า การประเมินความรุนแรงของโรค (UPDRS เฉลี่ย 30.0 ± 10.07 คะแนน การประเมินภาวะสมองเสื่อม (TMSE) เฉลี่ย 26.1 ± 1.78 คะแนน การประเมินคุณภาพชีวิต (PDQ-8) เฉลี่ย 4.2 ± 1.22 คะแนน การประเมินความแข็งแรงของขา (FTSST) เฉลี่ย 12.5 ± 1.71 วินาที การประเมินการทรงตัว (TUGT) เฉลี่ย 10.7 ± 1.86 วินาที การประเมินความเร็วในการเดิน (10MWT) เฉลี่ย 1.2 ± 0.25 เมตรต่อวินาที การตรวจวัดระดับ Blood lactate เฉลี่ย 2.0 ± 0.59 มิลลิโมลต่อลิตร การประเมินความแข็งแรงของหลอดเลือด (baPWV) เฉลี่ย 1675.0 ± 332.41 เซนติเมตรต่อวินาที การประเมินการไหลของเลือดผ่านการขยายตัวของหลอดเลือด (FMD) เฉลี่ย $5.13 \pm 0.50\%$ และการตรวจวัดระดับ BDNF เฉลี่ย 504.72 ± 176.49 พิโกกรัมต่อมิลลิลิตร

การทดลองที่ 1

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลจับพลงของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการ
จำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Blood lactate

ตาราง 2 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Test of normality) ด้านองค์ประกอบร่างกายของ
กลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	กลุ่ม	Tests of normality		
		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	CON	0.964	8	0.843
	WALK	0.891	8	0.242
	WBFR	0.96	8	0.807
ไขมันในร่างกาย (%)	CON	0.937	8	0.586
	WALK	0.966	8	0.865
	WBFR	0.899	8	0.285
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	CON	0.975	8	0.937
	WALK	0.929	8	0.504
	WBFR	0.951	8	0.719
มวลกล้ามเนื้อ (%)	CON	0.85	8	0.096
	WALK	0.893	8	0.249
	WBFR	0.914	8	0.383
อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)	CON	0.932	8	0.532
	WALK	0.951	8	0.716
	WBFR	0.993	8	0.998
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	CON	0.917	8	0.403
	WALK	0.886	8	0.215
	WBFR	0.871	8	0.153
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	CON	0.927	8	0.491
	WALK	0.95	8	0.713
	WBFR	0.921	8	0.442
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	CON	0.873	8	0.163
	WALK	0.946	8	0.674
	WBFR	0.874	8	0.165

Tests of normality using Shapiro-Wilk.

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลตัวแปรด้านองค์ประกอบ
ร่างกาย พบว่าทุก ๆ ตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตาราง 3 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Test of normality) ตัวแปรด้านคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย และด้านสรีรวิทยา ของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร	กลุ่ม	Tests of normality		
		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
UPDRS (คะแนน)	CON	0.825	8	0.053
	WALK	0.888	8	0.225
	WBFR	0.885	8	0.210
PDQ-8 (คะแนน)	CON	0.917	8	0.408
	WALK	0.827	8	0.056
	WBFR	0.912	8	0.366
FTSST (วินาที)	CON	0.924	8	0.467
	WALK	0.920	8	0.426
	WBFR	0.886	8	0.213
TUGT (วินาที)	CON	0.896	8	0.268
	WALK	0.934	8	0.549
	WBFR	0.899	8	0.283
10MWT (เมตร/วินาที)	CON	0.948	8	0.695
	WALK	0.941	8	0.621
	WBFR	0.922	8	0.450
baPWV (เซนติเมตร/วินาที)	CON	0.874	8	0.163
	WALK	0.934	8	0.555
	WBFR	0.875	8	0.170
FMD (%)	CON	0.900	8	0.290
	WALK	0.943	8	0.642
	WBFR	0.943	8	0.639
Blood lactate (มิลลิโมล/ลิตร)	CON	0.940	8	0.615
	WALK	0.965	8	0.859
	WBFR	0.919	8	0.425
BDNF (พิโกกรัม/มิลลิลิตร)	CON	0.944	8	0.651
	WALK	0.955	8	0.763
	WBFR	0.888	8	0.226

UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale; TMSE = Thai-Mental State Examination; PDQ-8 = Parkinson's Disease Quality of Life Questionnaire - 8 items; FTSST = Five times sit-to-stand test; TUGT = Timed up and go test; 10MWT = 10-meter walk test; baPWV = brachial-ankle Pulse Wave Velocity; FMD = Flow-mediated dilatation; BDNF = Brain-derived neurotrophic factor; Tests of normality using Shapiro-Wilk.

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลตัวแปรด้านคุณภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย และด้านสรีรวิทยา พบว่าทุก ๆ ตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตาราง 4 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร Blood lactate ก่อนและหลังการทดลองที่ 1 (ผลนับพลัน) ภายในกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR

กลุ่ม	Blood lactate		t	p-value
	ก่อนทดลอง (Pre-test)	หลังทดลอง (Post-test)		
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$		
CON	2.1 $\pm$ 0.59	2.1 $\pm$ 0.59	-	-
WALK	2.0 $\pm$ 0.65	4.3 $\pm$ 1.05	-6.773	0.000*
WBFR	1.8 $\pm$ 0.78	4.6 $\pm$ 1.84	-3.555	0.013*

*p-value < 0.05, Paired samples test.

จากตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปร Blood lactate ก่อนและหลังการทดลอง ภายในกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR พบว่า หลังการทดลอง ระดับ Blood lactate ของกลุ่ม WBFR และ WALK มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.013$ และ $p = 0.000$ ตามลำดับ โดยกลุ่ม WBFR มีค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 4.6 ± 1.84 มิลลิโมลต่อลิตร รองลงมาคือกลุ่ม WALK มีค่าเฉลี่ยที่ 4.3 ± 1.05 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระตุ้น Metabolic stress ที่สูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการฝึก BFR ขณะที่กลุ่ม CON ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตาราง 5 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระดับ Blood lactate ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม

ตัวแปร	กลุ่ม			F	p-value
	CON	WALK	WBFR		
	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$		
Blood lactate (มิลลิโมล/ลิตร)					
ก่อนทดลอง (Pre-test)	2.1 ± 0.59	2.0 ± 0.65	1.8 ± 0.78	0.398	0.676
หลังทดลอง (Post-test)	2.1 ± 0.59	4.3 ± 1.05	4.6 ± 1.84	9.036	0.001*

*p-value < 0.05, One-way ANOVA Repeated Measures.

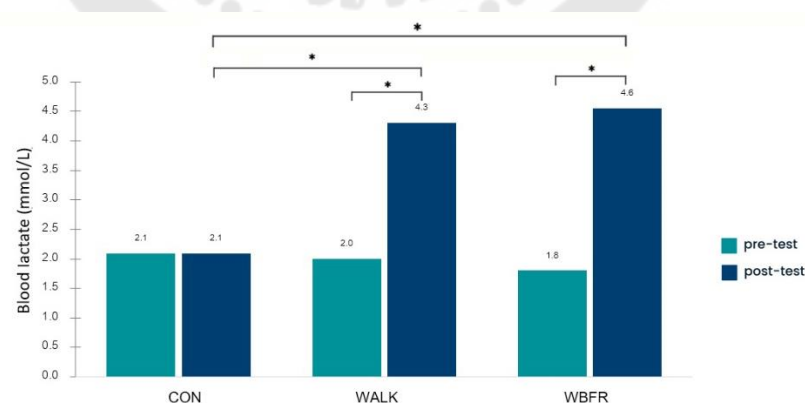
จากตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของระดับ Blood lactate พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ภายในหลังการทดลองระดับ Blood lactate แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.001$ ($p < 0.05$)

ตาราง 6 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ยระดับ Blood lactate ของกลุ่มตัวอย่าง รายคู่

Multiple Comparisons							
Dependent Variable	(I) gr	(J) gr	Mean Difference			95% Confidence Interval	
			(I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Blood lactate (Post-test)	CON	WALK	-2.20875*	0.63583	0.007	-3.8628	-0.5547
		WBFR	-2.45375*	0.63583	0.003	-4.1078	-0.7997
	WALK	CON	2.20875*	0.63583	0.007	0.5547	3.8628
		WBFR	-0.245	0.63583	1.000	-1.899	1.409
	WBFR	CON	2.45375*	0.63583	0.003	0.7997	4.1078
		CON	0.245	0.63583	1.000	-1.409	1.899

*p-value < 0.05, Post Hoc test Bonferroni.

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากทดลอง (Post-test) เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างรายคู่ พบว่า กลุ่ม WBFR มีค่าเฉลี่ยของระดับ Blood lactate สูงกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.003$ และกลุ่ม WALK มีค่าเฉลี่ยของระดับ Blood lactate สูงกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.007$ ในขณะที่กลุ่ม WALK และ WBFR ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)



ภาพประกอบ 14 แสดงการเปรียบเทียบระดับ Blood lactate ก่อนและหลังการทดลอง

การทดลองที่ 2

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลระยะยาวของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

ตาราง 7 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ก่อนและหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ภายในกลุ่ม CON

ตัวแปร	กลุ่ม CON		t	p-value
	ก่อน (Pre-test)	หลัง (Post-test)		
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.3 $\pm$ 11.80	61.5 $\pm$ 11.42	-0.230	0.825
ไขมันในร่างกาย (%)	29.1 $\pm$ 6.90	31.6 $\pm$ 6.91	-1.827	0.110
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	24.5 $\pm$ 3.29	24.6 $\pm$ 2.93	-0.198	0.849
มวลกล้ามเนื้อ (%)	26.4 $\pm$ 3.90	24.0 $\pm$ 3.41	2.642*	0.033
อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)	1343.25 $\pm$ 235.50	1238.5 $\pm$ 149.53	2.662*	0.032
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	131.87 $\pm$ 11.67	135.3 $\pm$ 10.89	-0.265	0.799
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	75.50 $\pm$ 12.56	76.3 $\pm$ 11.79	-0.704	0.504
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	72.0 $\pm$ 6.05	73.3 $\pm$ 6.20	-0.928	0.384
UPDRS (คะแนน)	29.8 $\pm$ 9.57	26.5 $\pm$ 11.9	2.600	0.035*
PDQ-8 (คะแนน)	4.3 $\pm$ 1.39	4.8 $\pm$ 1.04	-2.646	0.033*
FTSST (วินาที)	12.1 $\pm$ 1.76	12.5 $\pm$ 1.84	-0.964	0.367
TUGT (วินาที)	10.2 $\pm$ 2.22	10.4 $\pm$ 2.27	-0.614	0.559
10MWT (เมตร/วินาที)	1.2 $\pm$ 0.15	1.2 $\pm$ 0.37	0.622	0.554
baPWW (เซนติเมตร/วินาที)	1615.0 $\pm$ 345.43	1753.4 $\pm$ 337.68	-0.939	0.379
FMD (%)	5.1 $\pm$ 0.64	4.8 $\pm$ 0.67	0.707	0.503
BDNF (พิโกกรัม/มิลลิลิตร)	448.2 $\pm$ 167.36	356.7 $\pm$ 157.67	0.975	0.362

*p-value < 0.05, Paired samples test.

จากตารางที่ 7 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม CON หลังการฝึกระยะยาว พบว่า มวลกล้ามเนื้อมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.033$ คะแนน UPDRS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.035$ แต่คะแนน PDQ-8 กลับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.033$ สะท้อนถึงคุณภาพชีวิตที่ลดลงในกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ น้ำหนักตัว, ไขมันในร่างกาย, ดัชนีมวลกาย, อัตราการเผาผลาญพลังงาน, ความดันโลหิต, อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก, และประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย (FTSST, TUGT, และ 10MWT) รวมถึงระดับ BDNF ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$)

ตาราง 8 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ก่อนและหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ภายในกลุ่ม WALK

ตัวแปร	กลุ่ม WALK		t	p-value
	ก่อน (Pre-test)	หลัง (Post-test)		
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.1 $\pm$ 6.77	63.8 $\pm$ 6.85	0.456	0.662
ไขมันในร่างกาย (%)	31.5 $\pm$ 7.10	31.4 $\pm$ 6.86	0.305	0.769
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	25.5 $\pm$ 3.28	25.4 $\pm$ 2.97	0.572	0.585
มวลกล้ามเนื้อ (%)	24.2 $\pm$ 4.03	23.9 $\pm$ 3.20	0.51	0.626
อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)	1347.3 $\pm$ 148.25	1334.9 $\pm$ 117.33	0.446	0.669
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	136.8 $\pm$ 5.95	134.4 $\pm$ 12.66	0.774	0.465
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	84.0 $\pm$ 6.89	79.1 $\pm$ 14.28	1.516	0.173
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	84.3 $\pm$ 11.11	84.0 $\pm$ 10.10	1.328	0.226
UPDRS (คะแนน)	29.9 $\pm$ 6.85	26.4 $\pm$ 6.76	3.326	0.013*
PDQ-8 (คะแนน)	4.0 $\pm$ 0.93	3.8 $\pm$ 0.71	1.528	0.170
FTSST (วินาที)	13.4 $\pm$ 0.84	13.0 $\pm$ 1.02	1.093	0.310
TUGT (วินาที)	11.7 $\pm$ 0.95	11.4 $\pm$ 1.53	0.647	0.538
10MWT (เมตร/วินาที)	1.3 $\pm$ 0.29	1.2 $\pm$ 0.41	0.351	0.736
baPWV (เซนติเมตร/วินาที)	1734.6 $\pm$ 264.22	1599.4 $\pm$ 331.04	2.679	0.032*
FMD (%)	5.2 $\pm$ 0.40	4.9 $\pm$ 1.05	0.925	0.386
BDNF (พิโกกรัม/มิลลิลิตร)	613.5 $\pm$ 160.29	508.3 $\pm$ 126.76	1.561	0.162

*p-value < 0.05, Paired samples test

จากตารางที่ 8 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบผลภายในกลุ่ม WALK หลังการฝึกระยะยาว พบว่า คะแนน UPDRS ในกลุ่ม WALK มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.013$ ผลของการวัดความแข็งของหลอดเลือด baPWV มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p = 0.032$ ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความยืดหยุ่นของหลอดเลือดที่ดีขึ้น

สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ น้ำหนักตัว, ไขมันในร่างกาย, ดัชนีมวลกาย, อัตราการเผาผลาญพลังงาน, ความดันโลหิต, อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก, FTSST, TUGT, 10MWT, FMD, และ BDNF ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$)

ตาราง 9 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ก่อนและหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ภายในกลุ่ม WBFR

ตัวแปร	กลุ่ม WBFR		t	p-value
	ก่อน (Pre-test)	หลัง (Post-test)		
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	60.2 $\pm$ 10.15	59.3 $\pm$ 9.87	2.88	0.024*
ไขมันในร่างกาย (%)	27.6 $\pm$ 9.50	26.5 $\pm$ 9.38	3.464	0.010*
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	23.3 $\pm$ 3.64	23.0 $\pm$ 3.62	2.876	0.024*
มวลกล้ามเนื้อ (%)	26.3 $\pm$ 4.89	27.1 $\pm$ 4.92	-3.581	0.009*
อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)	1345.8 $\pm$ 221.07	1385.9 $\pm$ 231.16	-3.117	0.017*
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	148.3 $\pm$ 19.45	137.6 $\pm$ 15.89	2.389	0.048*
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	83.5 $\pm$ 4.81	86.5 $\pm$ 12.27	-0.682	0.517
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	76.8 $\pm$ 12.36	73.1 $\pm$ 16.48	0.84	0.428
UPDRS (คะแนน)	30.5 $\pm$ 7.73	21.6 $\pm$ 8.12	7.744	< 0.001*
PDQ-8 (คะแนน)	4.4 $\pm$ 1.41	3.6 $\pm$ 1.06	2.393	0.048*
FTSST (วินาที)	12.1 $\pm$ 2.13	11.5 $\pm$ 1.86	1.543	0.167
TUGT (วินาที)	10.1 $\pm$ 1.92	9.1 $\pm$ 1.49	4.262	0.004*
10MWT (เมตร/วินาที)	1.0 $\pm$ 0.22	1.4 $\pm$ 0.33	-3.819	0.007*
baPWV (เซนติเมตร/วินาที)	1675.4 $\pm$ 407.13	1506.8 $\pm$ 290.93	1.166	0.282
FMD (%)	5.1 $\pm$ 0.48	5.9 $\pm$ 0.51	-4.087	0.005*
BDNF (พิโกกรัม/มิลลิลิตร)	452.5 $\pm$ 154.70	672.6 $\pm$ 147.74	-2.699	0.031*

*p-value < 0.05, Paired samples test

จากตารางที่ 9 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรต่าง ๆ ภายในกลุ่ม WBFR ภายหลังจากฝึกระยะยาว พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในหลายตัวแปร ดังนี้

น้ำหนัก (กิโลกรัม) มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p = 0.024$

ไขมันในร่างกาย (%) มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p = 0.010$

ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p = 0.024$

มวลกล้ามเนื้อ (%) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p = 0.009$

อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p = 0.017$

ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p = 0.048$

UPDRS (คะแนน) มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.001$ หมายถึงความรุนแรงของโรคที่ลดลง

PDQ-8 (คะแนน) มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p=0.048$ หมายถึงคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

TUGT (วินาที) มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p=0.004$ หมายถึงความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้น

10MWT (เมตร/วินาที) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p=0.007$ หมายถึงความเร็วในการเดินที่ดีขึ้น

FMD (%) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p=0.005$ หมายถึงการทำงานของหลอดเลือดที่ดีขึ้น

BDNF (พิโกกรัม/มิลลิเมตร) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p=0.031$

สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก รวมถึง FTSST และ baPWV ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ตัวแปร FTSST และ baPWV ก็มีแนวโน้มของผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

ตาราง 10 เปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ภายหลังจากฝึก (ผลระยะยาว) ระหว่างกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR

ตัวแปร	Post-test			F	p-value
	CON $\bar{x} \pm SD$	WALK $\bar{x} \pm SD$	WBFR $\bar{x} \pm SD$		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.47 $\pm$ 11.42	64.1 $\pm$ 6.77	59.3 $\pm$ 9.87	0.450	0.644
ไขมันในร่างกาย (%)	29.07 $\pm$ 6.90	31.5 $\pm$ 7.10	26.5 $\pm$ 9.38	1.082	0.357
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	24.50 $\pm$ 3.29	25.5 $\pm$ 3.28	23.3 $\pm$ 3.64	1.142	0.338
มวลกล้ามเนื้อ (%)	26.41 $\pm$ 3.90	24.2 $\pm$ 4.03	27.1 $\pm$ 4.92	1.698	0.207
อัตราการเผาผลาญพลังงาน (กิโลแคลอรี)	1343.25 $\pm$ 235.50	1347.3 $\pm$ 148.25	1385.9 $\pm$ 231.16	1.501	0.246
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	131.87 $\pm$ 11.67	136.8 $\pm$ 5.95	137.6 $\pm$ 15.89	0.128	0.881
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	74.50 $\pm$ 13.35	84.0 $\pm$ 6.89	86.5 $\pm$ 12.27	1.359	0.278
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	70.50 $\pm$ 6.65	84.3 $\pm$ 11.11	73.1 $\pm$ 16.48	0.901	0.421
UPDRS (คะแนน)	26.5 $\pm$ 11.9	26.4 $\pm$ 6.76	21.6 $\pm$ 8.12	0.695	0.510
PDQ-8 (คะแนน)	4.8 $\pm$ 1.04	3.8 $\pm$ 0.71	3.6 $\pm$ 1.06	3.384	0.053
FTSST (วินาที)	12.1 $\pm$ 1.76	13.4 $\pm$ 0.84	12.1 $\pm$ 2.13	1.771	0.224
TUGT (วินาที)	10.4 $\pm$ 2.27	11.4 $\pm$ 1.53	9.1 $\pm$ 1.49	3.166	0.063
10MWT (เมตร/วินาที)	1.2 $\pm$ 0.37	1.2 $\pm$ 0.41	1.4 $\pm$ 0.33	0.935	0.408
baPWV (เซนติเมตร/วินาที)	1753.4 $\pm$ 337.68	1599.4 $\pm$ 331.04	1506.8 $\pm$ 290.93	1.209	0.318
FMD (%)	4.8 $\pm$ 0.67	4.9 $\pm$ 1.05	5.9 $\pm$ 0.51	4.790	0.019*
BDNF (พิโกกรัม/มิลลิเมตร)	356.7 $\pm$ 157.67	508.3 $\pm$ 126.76	672.6 $\pm$ 147.74	9.546	0.001*

* p -value < 0.05 , One-way ANOVA Repeated Measures.

จากตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของตัวแปรที่ศึกษา ภายหลังการฝึก (ผลระยะยาว) ระหว่างกลุ่ม CON, WALK, และ WBFR พบว่า

FMD (%) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p=0.019$ ($p < 0.05$) โดยจากการพิจารณาค่าเฉลี่ย พบว่ากลุ่ม WBFR (5.9 ± 0.51) มีค่าเฉลี่ย FMD สูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม WALK (4.9 ± 1.05) และกลุ่ม CON (4.8 ± 0.67) ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่ากลุ่ม WBFR มีการทำงานของหลอดเลือดที่ดีขึ้นภายหลังการฝึกระยะยาว 8 สัปดาห์

BDNF (พิโกกรัม/มิลลิลิตร) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p=0.001$ ($p < 0.05$) โดยจากการพิจารณาค่าเฉลี่ย พบว่ากลุ่ม WBFR (672.6 ± 147.74) มีค่าเฉลี่ย BDNF สูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม WALK (508.3 ± 126.76) และกลุ่ม CON (356.7 ± 157.67) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกในกลุ่ม WBFR อาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ BDNF ได้ดีที่สุด

สำหรับตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ น้ำหนักตัว, ไขมันในร่างกาย, ดัชนีมวลกาย, อัตราการเผาผลาญพลังงาน, ความดันโลหิต, อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก, UPDRS, PDQ-8, FTSST, TUGT, 10MWT, และ baPWV ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ($p > 0.05$)

ตาราง 11 การวิเคราะห์หัตถ์แปร BDNF และ FMD เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม รายคู่

ตัวแปร	Multiple Comparisons						
			Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
	(I) gr	(J) gr	Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
BDNF	CON	WALK	-151.54270	72.31624	.145	.339.6626	36.5772
		WBFR	-315.89033*	72.31624	.001	-504.0102	-127.7705
	WALK	CON	151.54270	72.31624	.145	-36.5772	339.6626
		WBFR	-164.34763	72.31624	.101	-352.4675	23.7722
	WBFR	CON	315.89033*	72.31624	.001	127.7705	504.0102
		WALK	164.34763	72.31624	.101	-23.7722	352.4675
FMD	CON	WALK	-.04379	.38794	1.000	-1.0529	.9654
		WBFR	-1.06110*	.38794	.037	-2.0703	-.0519
	WALK	CON	.04379	.38794	1.000	-.9654	1.0529
		WBFR	-1.01732	.38794	.048	-2.0265	-.0082
	WBFR	CON	1.06110*	.38794	.037	.0519	2.0703
		WALK	1.01732*	.38794	.048	.0082	2.0265

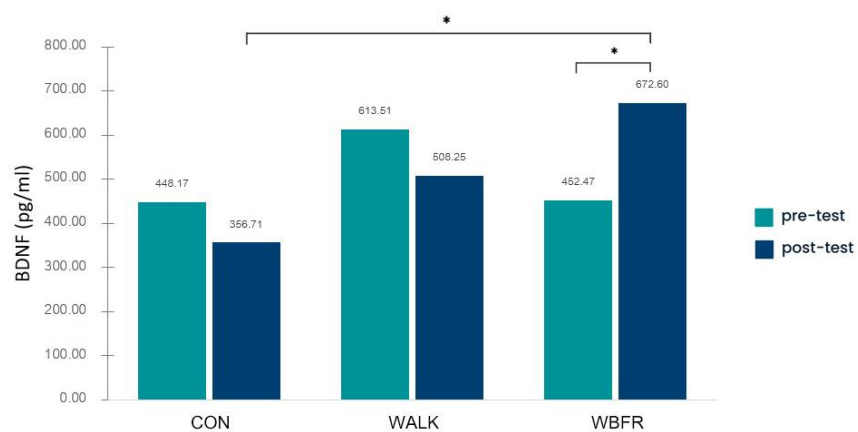
*p-value < 0.05, Post Hoc test Bonferroni.

จากตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ยระดับ BDNF และ FMD รายคู่ (Multiple Comparisons) ด้วยการทดสอบแบบ Post hoc Bonferroni พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มในบางคู่ โดยเฉพาะในกลุ่ม WBFR ดังนี้

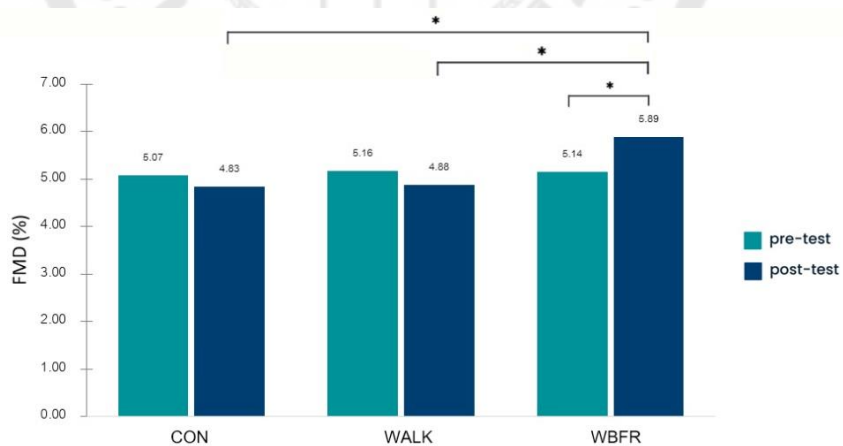
ในตัวแปร BDNF พบว่ากลุ่ม WBFR มีระดับ BDNF สูงกว่ากลุ่มควบคุม (CON) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) ซึ่งยืนยันถึงประสิทธิผลของการฝึกเดินร่วมกับ BFR ในการกระตุ้นการหลั่งของ BDNF ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม WALK กับ WBFR แม้ยังไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญ ($p = 0.101$) แต่พบว่าแนวโน้มของกลุ่ม WBFR มีระดับ BDNF ที่สูงกว่า ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม CON กับ WALK ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.145$) สะท้อนให้เห็นว่าการเดินแบบทั่วไปเพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอในการกระตุ้น BDNF ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

ในตัวแปร FMD พบว่า กลุ่ม WBFR มีค่า FMD สูงกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.037$) และสูงกว่ากลุ่ม WALK อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ($p = 0.048$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกเดินร่วมกับ BFR มีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือดได้ดีกว่าทั้งกลุ่ม CON และ

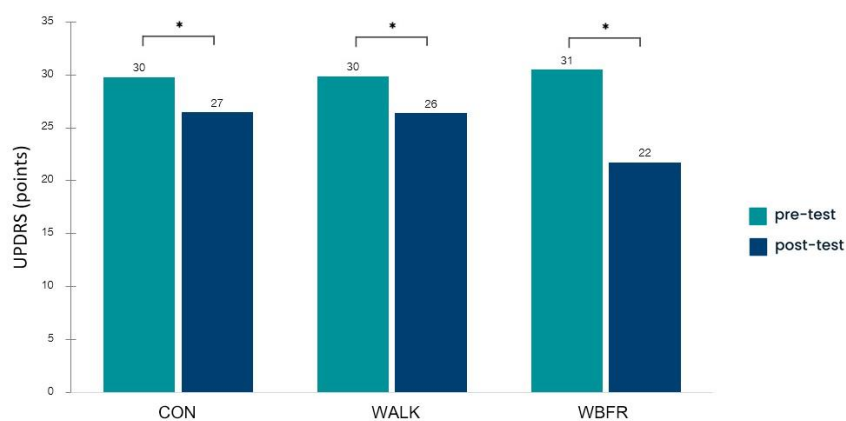
กลุ่ม WALK อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม CON กับ WALK ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 1.000$)



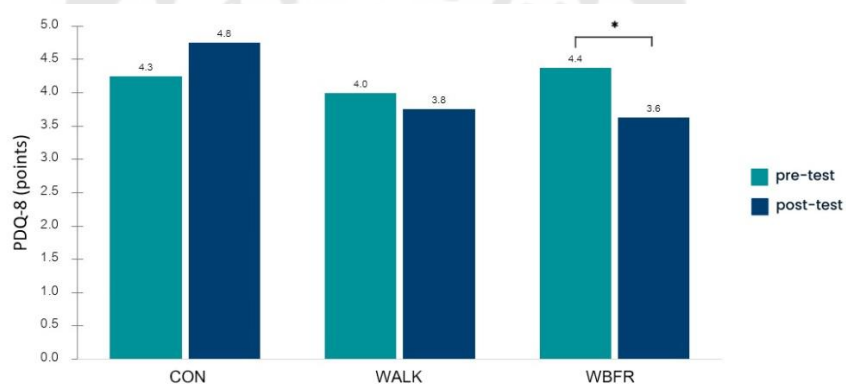
ภาพประกอบ 15 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของระดับ BDNF ก่อนและหลังการฝึก



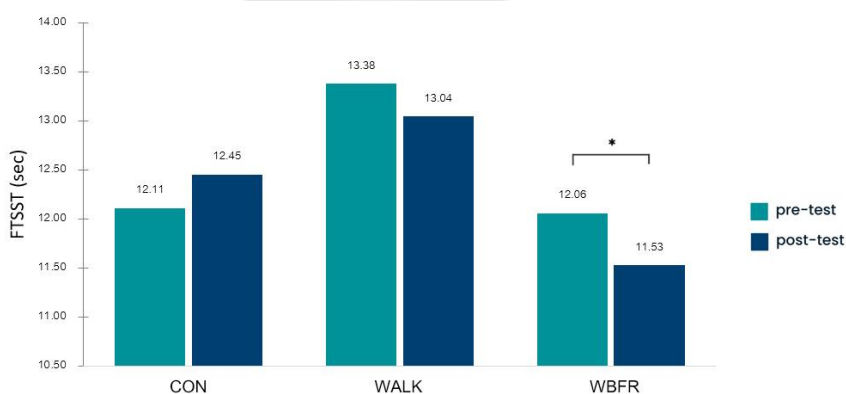
ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ FMD ก่อนและหลังการฝึก



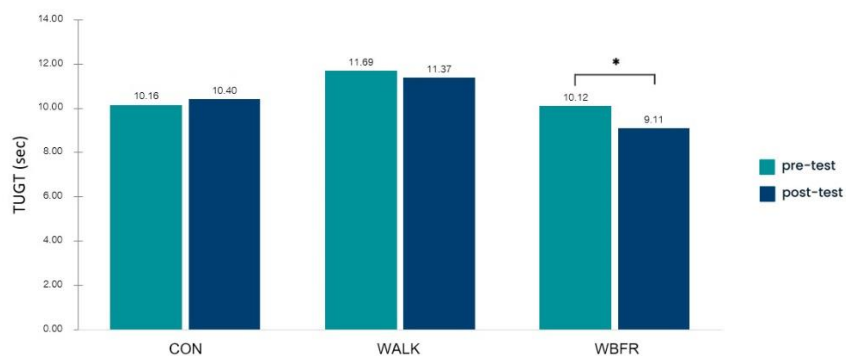
ภาพประกอบ 17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ UPDRS ก่อนและหลังการฝึก



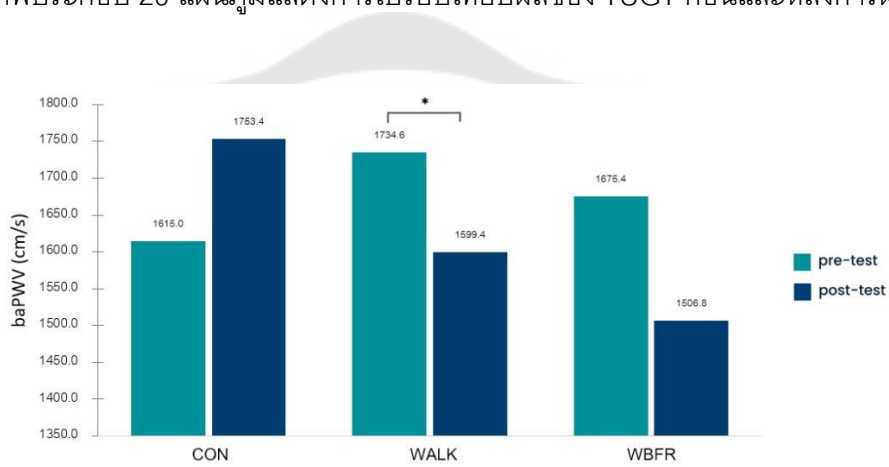
ภาพประกอบ 18 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ PDQ-8 ก่อนและหลังการฝึก



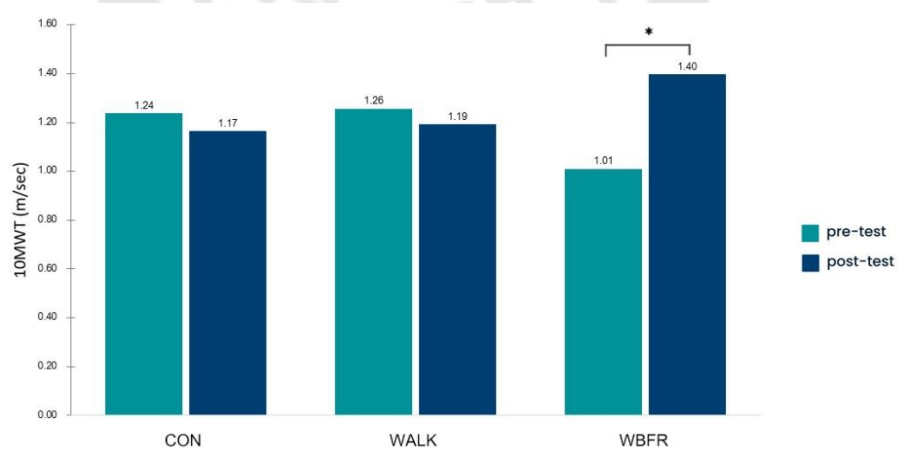
ภาพประกอบ 19 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ FTSST ก่อนและหลังการฝึก



ภาพประกอบ 20 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ TUGT ก่อนและหลังการฝึก



ภาพประกอบ 21 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ baPWV ก่อนและหลังการฝึก



ภาพประกอบ 22 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลของ 10MWT ก่อนและหลังการฝึก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood Flow Restriction; BFR) เปรียบเทียบกับการเดินปกติในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางสรีรวิทยา ชีวเคมี และทางคลินิกที่สำคัญ โดยจะนำเสนอสรุปผลการวิจัย อภิปรายกลไกความเชื่อมโยงของตัวแปรต่าง ๆ อย่างละเอียด พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างกลุ่ม และนำเสนอข้อเสนอนะเชิงปฏิบัติและข้อเสนอนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1.1 สรุปผลการทดลองที่ 1 ผลขับพลาของการฝึกเดินร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Blood lactate

การทดลองที่ 1 มุ่งเน้นการศึกษาค่าขับพลาของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (WBFR) และการเดินปกติ (WALK) ที่มีต่อระดับ Blood lactate ในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ผลการศึกษาพบว่าภายหลังการทดลอง ทั้งกลุ่ม WBFR และกลุ่ม WALK มีระดับ Blood lactate เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าก่อนการทดลอง ($p < 0.05$)

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่ม WBFR มีค่าเฉลี่ย Blood lactate สูงที่สุดอยู่ที่ 4.6 ± 1.84 มิลลิโมลต่อลิตร รองลงมาคือกลุ่ม WALK ที่ 4.3 ± 1.05 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งบ่งชี้ถึงการกระตุ้นภาวะ Metabolic stress ที่สูงขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการฝึก BFR เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มภายหลังการทดลอง พบว่าระดับ Blood lactate แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) โดยกลุ่ม WBFR และ WALK มีระดับ Blood lactate สูงกว่ากลุ่มควบคุม (CON) อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.003$ และ $p = 0.007$ ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม WALK และ WBFR การที่กลุ่ม WBFR มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยสูงสุดแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ BFR ในการกระตุ้นภาวะ Metabolic stress ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในการออกกำลังกายความหนักต่ำ

1.2 สรุปผลการทดลองที่ 2 ผลระยะยาวของการฝึกเดินร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลระยะยาวของการฝึก 8 สัปดาห์ (2 ครั้ง/สัปดาห์) ในผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

การเปรียบเทียบผลระยะยาวภายในกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ภายหลังการฝึกระยะยาวระหว่างกลุ่ม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในตัวแปรสำคัญ ดังนี้

ผลภายในกลุ่ม WBFR พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกเดินร่วมกับ BFR (WBFR) แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในหลายตัวแปรภายหลังการฝึกระยะยาว ได้แก่

- องค์ประกอบร่างกาย พบว่า น้ำหนักลดลง ($p=0.024$), ไขมันในร่างกายลดลง ($p=0.010$), ดัชนีมวลกายลดลง ($p=0.024$), มวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ($p=0.009$), และอัตราการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้น ($p=0.017$)
- ความดันโลหิต พบว่า ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวลดลง ($p=0.048$)
- ความรุนแรงของโรค (UPDRS) พบว่า คะแนน UPDRS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) ซึ่งหมายถึงความรุนแรงของโรคที่ลดลง
- คุณภาพชีวิต (PDQ-8) พบว่า คะแนน PDQ-8 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.048$) ซึ่งหมายถึงคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น
- สมรรถภาพการเคลื่อนไหว พบว่า การทรงตัว (TUGT) ลดลง (ดีขึ้น) ($p=0.004$), และความเร็วในการเดิน (10MWT) เพิ่มขึ้น (ดีขึ้น) ($p=0.007$)
- ระบบหลอดเลือด (FMD) พบว่า ค่า FMD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.005$)

- BDNF พบว่า ระดับ BDNF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.031$)

ผลภายในกลุ่ม WALK พบว่า กลุ่มฝึกเดินปกติ (WALK) มีคะแนน UPDRS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.013$) และค่าความแข็งของหลอดเลือด (baPWV) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.032$) ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความยืดหยุ่นของหลอดเลือดที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามตัวแปรอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่ ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

ผลภายในกลุ่ม CON พบว่า กลุ่มควบคุม (CON) มีมวลกล้ามเนื้อและอัตราการเผาผลาญพลังงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.033$, $p=0.032$ ตามลำดับ) คะแนน UPDRS ลดลง ($p=0.035$) แต่คะแนน PDQ-8 กลับเพิ่มขึ้น หมายถึงคุณภาพชีวิตแย่ลง ($p=0.033$)

การเปรียบเทียบผลระยะยาวระหว่างกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ภายหลังการฝึกระยะยาวระหว่างกลุ่ม พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในตัวแปรสำคัญ ดังนี้

ค่า FMD มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.019$) โดยกลุ่ม WBFR มีค่าเฉลี่ย FMD สูงที่สุด ($5.9 \pm 0.51\%$) ซึ่งบ่งชี้ว่ากลุ่ม WBFR มีการทำงานของหลอดเลือดที่ดีขึ้นภายหลังการฝึกระยะยาว 8 สัปดาห์ การวิเคราะห์หาคู่ (Post hoc Bonferroni) ยืนยันว่ากลุ่ม WBFR มีค่า FMD สูงกว่ากลุ่ม CON ($p=0.037$) และกลุ่ม WALK ($p=0.048$) อย่างมีนัยสำคัญ

ระดับ BDNF มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) โดยกลุ่ม WBFR มีค่าเฉลี่ยของระดับ BDNF สูงที่สุด (672.6 ± 147.74 pg/mL) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกในกลุ่ม WBFR อาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของ BDNF ได้ดีที่สุด การวิเคราะห์หาคู่ (Post hoc Bonferroni) ยืนยันว่ากลุ่ม WBFR มีระดับ BDNF สูงกว่ากลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$)

ผลลัพธ์ที่โดดเด่นในกลุ่ม WBFR แสดงให้เห็นว่า การฝึก BFR ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อตัวแปรทางสรีรวิทยาที่สำคัญ (BDNF, FMD) แต่ยังส่งผลเชิงบวกต่อองค์ประกอบร่างกาย สมรรถภาพการเคลื่อนไหว การเดิน และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยพาร์กินสัน ซึ่งเหนือกว่าการเดินปกติ การปรับปรุงกลไกที่ครอบคลุมนี้บ่งชี้ถึงการพัฒนาของหลายระบบในร่างกายที่เกิดจากการฝึก BFR ซึ่งไม่พบในการเดินแบบปกติหรือในกลุ่มควบคุม

2. อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลขับพล้นจากการทดลองที่ 1 และผลระยะยาวจากการทดลองที่ 2 พร้อมทั้งเชื่อมโยงกลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียด ดังต่อไปนี้

2.1 การทดลองที่ 1 ผลของแลคเตตที่เกิดจากการฝึก BFR

ผลการทดลองที่ 1 พบว่า กลุ่มเดินร่วมกับ BFR (WBFR) มีระดับ Blood lactate ภายหลังการฝึกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเดินปกติ (WALK) และกลุ่มควบคุม (CON) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยทบทวนวรรณกรรมของ Yamada et al. (2021) ที่ระบุว่า

เทคนิค BFR ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนเฉพาะที่ (Local hypoxia) ส่งผลให้กล้ามเนื้อเปลี่ยนไปใช้กระบวนการเมแทบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic glycolysis) มากขึ้น ซึ่งนำไปสู่การสะสมของแลคเตทในระดับที่สูงกว่าการออกกำลังกายแบบปกติที่ความหนักเท่ากัน

งานวิจัยก่อนหน้านี้ยังรายงานสอดคล้องกันว่า การฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับ BFR ที่ความหนักต่ำสามารถกระตุ้นการสะสมของแลคเตทในระดับที่ใกล้เคียงกับการฝึกที่ความหนักสูงแบบปกติ ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน Anabolic ที่ช่วยเสริมสร้างเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงการปรับตัวของระบบหลอดเลือดและกล้ามเนื้อ (Nitzsche & Schulz, 2018) เนื่องจากในการออกกำลังกายแบบ BFR จะเกิดการสะสมของแลคเตท (Lactate) และโปรตอน (H^+) ภายในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจากระบบการ Metabolic stress (Freitas et al., 2021) โดยม้งงานของ Slys et al. (2016) ที่ยืนยันว่าความเข้มข้นของแลคเตทในการฝึก BFR สูงกว่าการฝึกด้วยแรงต้านแบบปกติในระดับเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่อธิบายการตอบสนองในกลุ่ม WBFR นอกจากนี้ ระดับแลคเตทที่สูงยังมีบทบาทในการกระตุ้น Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) ผ่านการกระตุ้น NMDA receptor และ Monocarboxylate transporter (MCTs) ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป และอาจเป็นจุดเริ่มต้นของการปรับตัวแบบข้ามระบบ (Cross-system adaptation) ที่เกิดขึ้นจากการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับ BFR อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่า การสะสมของแลคเตทในระดับสูงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนการเจริญเติบโต (Growth Hormone; GH) ด้วยเช่นกัน (Lindh-Rengifo et al., 2021) และสอดคล้องกับงานของ Beak et al. (2022) ซึ่งศึกษาการฝึกแอโรบิกความเข้มข้นต่ำร่วมกับ BFR ในกลุ่มนักวิ่งเพื่อสุขภาพเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าระดับ GH และมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงของระดับ BDNF ที่เกิดจากการจำกัดการไหลเวียนเลือด

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ภายหลังกการฝึก กลุ่มฝึกเดินร่วมกับ BFR (WBFR) มีระดับของ BDNF เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสูงสุด (672.6 ± 147.74 pg/mL; $p = 0.001$) เมื่อเทียบกับกลุ่มเดินปกติ (WALK) และกลุ่มควบคุม (CON) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Landers et al. (2025) ได้ทำการศึกษาในผู้ใหญ่สุขภาพดีจำนวน 18 คน ทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่มเพื่อปั่นจักรยานแบบร่วมและไม่ร่วมกับ BFR โดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดก่อนและหลังกการออกกำลังกายเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของระดับ BDNF ผลการทดลองพบว่า กลุ่มปั่นจักรยานร่วมกับ BFR สามารถกระตุ้นการเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF ได้อย่างมีนัยสำคัญมากกว่ากลุ่มปั่นจักรยานปกติแบบไม่มี BFR

กลไกที่เป็นไปได้ของผลการเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF จากการฝึก BFR อาจเกี่ยวข้องกับภาวะ Hypoxia ทำให้เกิดการสะสมของแลคเตท (Lactate) และไฮโดรเจนไอออน (H⁺) ในกล้ามเนื้อ ส่งผลกระตุ้นการหลั่งของฮอร์โมนและ Myokines เช่น แลคเตท, Irisin และ IGF-1 ที่สามารถส่งผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ผ่านการกระตุ้นสมองโดยตรงหรือผ่านการกระตุ้นของสมองต่อการหลั่ง (Dienel, 2017; Magistretti & Allaman, 2018) จากเดิมที่แลคเตทถูกมองว่าเป็นของเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึม ปัจจุบันกลับได้รับการยอมรับว่าเป็น โมเลกุลสัญญาณ (Signaling molecule) ที่สำคัญ โดยสามารถข้ามแนวกั้นระหว่างเลือดกับสมอง (Blood-brain barrier; BBB) และกระตุ้นให้สมองหลั่ง Neurotrophic factors เช่น BDNF ผ่านเส้นทาง SIRT1/PGC-1 α /FNDC5 (Zhu et al., 2025) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างแลคเตทที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกของกลุ่ม WBFR และการตอบสนองของระบบประสาท นอกจากนี้ ยังพบว่าระดับ BDNF มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ซึ่งสนับสนุนจากงานวิจัยของ Hashimoto et al. (2018) ที่บ่งชี้ว่า การออกกำลังกายที่เพิ่มระดับแลคเตทสามารถรักษาการทำงานของสมองได้ในระยะยาวและมีบทบาทสำคัญต่อความยืดหยุ่นของระบบประสาท (Neuroplasticity)

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของรูปแบบการฝึก (WALK และ WBFR)

กลุ่ม WALK พบการเพิ่มขึ้นของ BDNF ภายหลังการฝึกเช่นกัน แต่ไม่สูงเท่ากลุ่ม WBFR ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับหลักฐานที่แสดงว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถกระตุ้นการหลั่ง BDNF ได้ (Sleiman et al., 2016) โดยกลไกสำคัญคือ การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเวียนเลือดไปยังสมอง ส่งผลต่อการสังเคราะห์และปลดปล่อย BDNF ผ่านระบบ Vascular-neuronal interaction (Cefis et al., 2023) สำหรับกลุ่ม WBFR การสะสมแลคเตทจากภาวะ Hypoxia ในระหว่างการเดินร่วมกับการรัดหลอดเลือด อาจเป็นตัวกระตุ้นหลักที่ส่งผลให้เกิดการหลั่ง BDNF มากกว่ากลุ่ม WALK (Hashimoto et al., 2018) กลไกนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ “Metabolic stress-induced BDNF secretion” ที่ได้รับการกล่าวถึงในหลายงานวิจัย เช่นงานวิจัยของ Cholewa et al. (2025) ที่ศึกษาการฝึกกิจกรรมกายภาพบำบัดที่เน้นการเดินและการเคลื่อนไหวในผู้ป่วยพาร์กินสัน เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าการเดินปกติแบบดั้งเดิมแม้จะมีผลต่อระดับ BDNF ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ และเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกร่วมกับ BFR

จากภาพรวมทั้งหมดนี้ กลุ่ม WBFR แสดงถึงศักยภาพในการใช้เป็นแบบฝึกเพื่อส่งเสริม Neuroplasticity ในผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยอาศัยกลไก Muscle-brain crosstalk ที่

ครอบคลุมทั้งการเพิ่มแฉะเตท การเหนี่ยวนำ Irisin และการปรับตัวของหลอดเลือด ที่ส่งเสริมการไหลเวียนเลือดไปยังสมอง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของ BDNF และอาจช่วยชะลอความเสื่อมของสมองและความรุนแรงของโรคพาร์กินสันได้

2.2 การเปลี่ยนแปลงระดับ BDNF ที่มีผลต่อระบบประสาทและการเคลื่อนไหว

การเพิ่มขึ้นของ BDNF มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการปรับปรุงความยืดหยุ่นของระบบประสาท (Neuroplasticity) ในผู้ป่วยพาร์กินสัน โดย BDNF เป็นโปรตีนที่ช่วยส่งเสริมการอยู่รอด การงอกใหม่ และการเชื่อมต่อของเซลล์ประสาท รวมถึงการทำงานของวงจรประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว การที่กลุ่ม WBFR มีระดับ BDNF สูงขึ้น จึงเชื่อให้เกิดสถานะที่สมองสามารถปรับตัวหรือชะลอการเสื่อมของระบบโดปามีนได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณ Substantia nigra และ Striatum ซึ่งเป็นศูนย์กลางการควบคุมการเคลื่อนไหวและได้รับผลกระทบโดยตรงจากโรคพาร์กินสัน (El Hayek et al., 2019) งานวิจัยในสัตว์ทดลองของ Soya and Nishino (2021) พบว่า การเพิ่มขึ้นของ BDNF สามารถป้องกันการตายของเซลล์ประสาทโดปามีนและส่งเสริมการสร้างเส้นใยประสาทใหม่ใน Hippocampus และ Motor cortex ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของผู้วิจัยที่พบว่า กลุ่ม WBFR มีคะแนน UPDRS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงมีพัฒนาการในตัวแปรทางการเคลื่อนไหวหลายด้าน เช่น TUGT, 10MWT และ FTSST

นอกจากนี้ ระดับ BDNF ที่เพิ่มขึ้นยังมีบทบาทในการกระตุ้นเซลล์ประสาทในการปล่อยสารสื่อประสาท เช่น Dopamine, Glutamate และ GABA อย่างสมดุล ช่วยลดอาการสั่นเกร็ง (Rigidity) และการเคลื่อนไหวช้าลง (Bradykinesia) ซึ่งเป็นอาการหลักของผู้ป่วยพาร์กินสัน (Morland & Bergersen, 2021; Yamada et al., 2021) อีกหนึ่งแง่มุมที่สำคัญคือผลระยะยาวต่อระบบประสาทของผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดในการออกกำลังกายแบบหนัก เช่น ในกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน การใช้เทคนิค BFR เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้น BDNF โดยไม่ต้องใช้แรงต้านสูง ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ข้อมูลจากงานวิจัยของ Lopes และคณะ (2022) ยังสนับสนุนว่าการฝึก BFR ในผู้สูงอายุสามารถเพิ่มกล้ามเนื้อโดยไม่ทำลายโครงสร้างหลอดเลือดขนาดเล็ก ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการทำงานในการไหลเวียนของเลือด (Perfusion) หรือของเหลวอื่น ๆ ไปยังเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย จึงส่งผลดีต่อสมองและหลอดเลือด (Lopes & de Oliveira, 2022)

BDNF กับสมรรถภาพการเคลื่อนไหว

จากงานทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์หือภิมาน (Meta-analysis) ของ Kaagman et al. (2024) กล่าวว่า การออกกำลังกายในผู้ป่วยพาร์กินสันช่วยเพิ่มระดับ BDNF

ควบคู่ไปกับการลดความรุนแรงของอาการ (UPDRS-III) และการเพิ่มระยะทางในการเดิน รวมถึงการทรงตัวที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การที่กลุ่ม WBFR ในการศึกษานี้มีระดับ BDNF เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด จึงสามารถอธิบายได้ว่าทำไมผู้เข้าร่วมกลุ่มนี้จึงมีผลการทดสอบทางการเคลื่อนไหว (เช่น TUGT, 10MWT และ FTSST) ดีขึ้นมากกว่ากลุ่มอื่น โดย BDNF อาจมีบทบาทในการปรับปรุงการทำงานของระบบประสาทสั่งการ (Motor circuitry) และส่งเสริมการเรียนรู้การเคลื่อนไหวใหม่ รวมถึงความสามารถในการฟื้นตัวของระบบประสาท กลไกสนับสนุนข้อมูลนี้ได้แก่

- ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงของสมอง (Neuroplasticity) ในบริเวณ Motor cortex และ Basal ganglia (Mang et al., 2013; Palasz et al., 2020)
- การกระตุ้นกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitch) ที่มากขึ้น แม้จะใช้ความหนักต่ำ (Yasuda et al., 2015)
- การหลั่งฮอร์โมนที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของร่างกาย เช่น Growth Hormone (GH) และ Insulin-like growth factor-1 (IGF-1) จากภาวะขาดออกซิเจนของกล้ามเนื้อ (Hypoxia) ส่งผลต่อการฟื้นฟูกล้ามเนื้อ (Slysz et al., 2016)

สมรรถภาพด้านการเดินและการเคลื่อนไหวถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญของคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยพาร์กินสัน ผลการวิจัยนี้พบว่ากลุ่ม WBFR มีค่าเฉลี่ยการทดสอบดีกว่ากลุ่ม WALK และ CON ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย ได้แก่ FTSST, TUGT, และ 10MWT การฝึกเดินร่วมกับ BFR ยังช่วยเสริมการทำงานร่วมกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) ทำให้สามารถเปลี่ยนท่าทางและเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสำคัญต่อการป้องกันการหกล้มในผู้สูงอายุและผู้ป่วยพาร์กินสัน ตัวอย่างเช่น Kim และคณะ (2024) ที่ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านต่ำร่วมกับ BFR (Low-intensity resistance training with BFR; LIRT-BFR) ในผู้สูงอายุจำนวน 24 คน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่ม LIRT-BFR ความสามารถในการเดินซึ่งประเมินโดย 6MWT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการประเมิน TUGT ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงรายงานความเจ็บปวดจากข้อเข่าลดลงด้วย (Kim et al., 2024)

2.3 การเปลี่ยนแปลงของระบบหลอดเลือด (FMD และ baPWV)

การศึกษานี้ยังได้ประเมินผลของการฝึกเดินร่วมกับ BFR ต่อสุขภาพของหลอดเลือด โดยการวัดผลผ่านตัวชี้วัดทางสรีรวิทยา ได้แก่ การตรวจวัดการไหลของเลือดผ่านการขยายตัวของหลอดเลือด (Flow-mediated dilatation; FMD) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการขยายตัวของหลอดเลือดแดง

และการตรวจวัดความเร็วคลื่นชีพจรระหว่างแขนและข้อเท้า (brachial-ankle Pulse Wave Velocity; baPWV) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ใช้ประเมินภาวะหลอดเลือดแข็ง (Arterial stiffness) จากผลการทดลองพบว่า กลุ่ม WBFR มีค่า FMD เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม WALK และกลุ่ม CON ($p = 0.037$, $p = 0.048$) ขณะเดียวกันค่า baPWV มีแนวโน้มลดลงหลังการฝึกต่อเนื่องเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สะท้อนให้เห็นว่าเทคนิค BFR ส่งผลให้สุขภาพของหลอดเลือดดีขึ้นทั้งในเชิงโครงสร้างและประสิทธิภาพการทำงาน

กลไกการเปลี่ยนแปลง Shear Stress และ Nitric Oxide

กลไกหลักที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวคือการเพิ่มขึ้นของแรงเฉือนในผนังหลอดเลือด (Shear stress) ซึ่งเป็นผลจากการกลับมาของการไหลเวียนเลือดหลังการคลายแรงดันของสายรัด (Reperfusion) ซึ่งจะเกิดขึ้นทุกครั้งหลังจากการฝึกเดินร่วมกับ BFR (Patterson et al., 2019) ในภาวะ Reperfusion นี้ จะมีการกระตุ้นการหลั่งไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide; NO) จากเยื่อผนังหลอดเลือด (Endothelium) โดย NO มีบทบาทสำคัญในการทำให้หลอดเลือดขยายตัว (Vasodilation) ลดแรงต้านของหลอดเลือดส่วนปลาย และยับยั้งกระบวนการอักเสบและ Oxidative stress ที่ทำให้หลอดเลือดเสื่อม (Green & Thijssen, 2017) ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงของค่า baPWV ในผู้ป่วยโรคพาร์กินสันนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากผู้ป่วยกลุ่มนี้มักมีพฤติกรรมนิ่ง (Physical inactivity) และการใช้ยา Dopamine agonist อย่างต่อเนื่องซึ่งอาจส่งผลให้ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดลดลง (Goldstein et al., 2022) การลดลงของค่า baPWV ที่เกิดขึ้นจากการฝึก BFR จึงอาจมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมองหรือโรคหัวใจในระยะยาว

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของรูปแบบการฝึก (WALK และ WBFR)

งานวิจัยครั้งนี้ที่บ่งชี้ว่า กลุ่ม WBFR มีค่า FMD หลังการฝึกสูงกว่ากลุ่ม WALK อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.048$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen et al. (2025) ที่ได้ทำการศึกษาการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับ BFR ในชายวัยรุ่นเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าค่า FMD เพิ่มขึ้นและค่า baPWV มีแนวโน้มลดลงหลังการฝึก ผลการวิจัยครั้งนี้ จึงสะท้อนถึงการทำงานของเยื่อผนังหลอดเลือด (Endothelium) ที่ดีขึ้น และความยืดหยุ่นของหลอดเลือดแดงที่เพิ่มขึ้น สาเหตุหลักเกิดจากกลไกของการคลายแรงดันสายรัด ซึ่งก่อให้เกิด Reactive Hyperemia หรือการไหลเวียนกลับของเลือดอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดแรงเฉือนต่อผนังหลอดเลือด กระตุ้นให้เกิดการหลั่ง NO เพิ่มขึ้น ส่งผลให้หลอดเลือดเกิดภาวะหลอดเลือดขยายตัวหรือกว้างขึ้น (Vasodilation) และพัฒนาโครงสร้างของเยื่อหลอดเลือดในเชิงบวก

2.4 ผลต่อระดับความรุนแรงของโรค (UPDRS)

หนึ่งในตัวแปรสำคัญที่ใช้ประเมินผลลัพธ์ทางคลินิกในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน คือระดับความรุนแรงของโรค โดยประเมินผ่านคะแนน Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านการเคลื่อนไหว ความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน และภาวะทางจิตประสาท โดยผลการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่ม WBFR มีคะแนน UPDRS เฉลี่ยลดลงมากกว่ากลุ่ม WALK และกลุ่ม CON หลังการฝึกต่อเนื่อง 8 สัปดาห์ ซึ่งหมายถึงสถานะความรุนแรงของโรคที่ลดลง

ผลการลดลงของคะแนน UPDRS นี้สะท้อนถึงความสามารถที่เพิ่มขึ้นของผู้ป่วยในการควบคุมการเคลื่อนไหว ลดอาการสั่น การเดินติด (Freezing of gait) และความผิดปกติอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ Dopaminergic ที่เสื่อมถอยในผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ความรุนแรงของโรคที่ลดลงนี้มีความเชื่อมโยงอย่างยิ่งกับการเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF ซึ่งมีคุณสมบัติในการปกป้องเซลล์ประสาทโดปามีนไม่ให้ถูกทำลาย และส่งเสริมการซ่อมแซมเครือข่ายประสาทในบริเวณ Basal ganglia ซึ่งเป็นศูนย์กลางควบคุมการเคลื่อนไหว (Palasz et al., 2020; Harro et al., 2022) อีกทั้ง BDNF ยังมีบทบาทในการกระตุ้นการสังเคราะห์โดปามีนใหม่ในเซลล์ประสาทที่ยังคงหลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะในช่วงระยะเริ่มต้นของโรคพาร์กินสัน ซึ่ง Neurotrophic support ที่เพิ่มขึ้นจากการออกกำลังกายอาจทำให้เซลล์ที่เสื่อมช้าหรือยังไม่ตายสมบูรณ์ สามารถกลับมาทำงานได้บางส่วน (Ziebell & Knudsen, 2012)

ผลการทดลองนี้จึงสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ในกลุ่มผู้สูงอายุที่ชี้ว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกความหนักปานกลาง สามารถลดคะแนน UPDRS ได้ โดยเฉพาะในด้าน Motor function (Schenkman et al., 2018) นอกจากนี้การฝึกเดินร่วมกับ BFR ยังส่งผลกระตุ้น Metabolic stress และการหลั่ง Growth factors อื่น ๆ ที่สนับสนุนการปรับตัวของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เช่น IGF-1 ซึ่งมีผลกระตุ้นการงอกใหม่ของเส้นใยประสาทและ Synaptic remodeling ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวโดยตรง (Slysz et al., 2016)

ประเด็นที่น่าสนใจคือ เทคนิค BFR ใช้แรงต้านต่ำและใช้เวลาไม่นานในการฝึก แต่สามารถให้ผลลัพธ์ที่เทียบเคียงกับการฝึกที่มีความหนักสูง ซึ่งมักเป็นข้อจำกัดของผู้ป่วยพาร์กินสัน โดยเฉพาะในผู้ที่มีภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง ทรงตัวลำบาก หรือมีภาวะโรคหัวใจร่วมด้วย (Patterson et al., 2019; Yamada et al., 2021) ดังนั้น การลดลงของคะแนน UPDRS ในกลุ่ม WBFR เป็นหลักฐานที่ชัดเจนว่าเทคนิคนี้มีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน

ผ่านกลไกที่เกี่ยวข้องกับ BDNF, Dopamine signaling และการฟื้นฟูการทำงานของ Motor circuit ในสมอง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 ผลต่อคุณภาพชีวิต (PDQ-8)

คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกาย เนื่องจากอาการที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว (Non-motor symptoms) เช่น ภาวะซึมเศร้า ความบกพร่องทางสติปัญญา ความจำ หรือการนอนหลับผิดปกติ ล้วนส่งผลกระทบต่อความสามารถในการใช้ชีวิตประจำวันและภาระของผู้ดูแลอย่างมีนัยสำคัญ (Meesawang & Namprasert, 2021) จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า กลุ่มฝึกเดินร่วมกับ BFR มีคะแนน PDQ-8 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับค่าก่อนการฝึก สะท้อนถึงการรับรู้คุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการฟื้นฟูด้านร่างกายและการเคลื่อนไหวที่กล่าวถึงในหัวข้อก่อนหน้านี้

กลไกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพชีวิต (PDQ-8)

ผลลัพธ์เชิงกลไกเบื้องหลังการเปลี่ยนแปลงของคะแนน PDQ-8 สามารถอธิบายได้จากการเพิ่มขึ้นของระดับ BDNF ซึ่งนอกจากจะส่งผลกระทบต่อระบบประสาทสั่งการแล้ว ยังมีบทบาทอย่างยิ่งต่อหน้าที่การทำงานของระบบประสาทและจิตใจ (Neuropsychiatric function) และ Cognitive function หรือกระบวนการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ การเรียนรู้ การจดจำ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ โดยเฉพาะในสมองส่วน Hippocampus และ Prefrontal cortex ซึ่งควบคุมความจำ การตัดสินใจ และอารมณ์ (Autry & Monteggia, 2012; Mang et al., 2013) BDNF ยังเกี่ยวข้องกับการลดภาวะซึมเศร้า ความวิตกกังวล และส่งเสริมการเพิ่มยืดหยุ่นทางความคิด (Cognitive flexibility) ซึ่งในผู้ป่วยพาร์กินสันที่มีอาการเหล่านี้ร่วมด้วย การออกกำลังกายที่กระตุ้น BDNF จะมีศักยภาพในการฟื้นฟูด้านจิตใจควบคู่ไปกับร่างกาย นอกจากนี้ การฝึกเดินร่วมกับ BFR ยังอาจกระตุ้นระบบ Limbic และ Autonomic nervous system ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมอารมณ์ ความเครียด และการตอบสนองต่อสิ่งเร้า โดยงานของ Kandola et al. (2019) แสดงให้เห็นว่าในผู้สูงอายุ การออกกำลังกายสามารถเพิ่มเซโรโทนิน (Serotonin) และโดปามีน (Dopamine) ที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) ที่สำคัญในสมอง ส่งผลให้อารมณ์ดีขึ้น ลดความเครียด และเพิ่มความพึงพอใจในชีวิต อีกหนึ่งกลไกสำคัญ คือ แลคเตทที่มีความเข้มข้นสูงจากการฝึกเดินร่วมกับ BFR จะสามารถข้าม BBB และกระตุ้นการหลั่ง BDNF และ Cathepsin B ซึ่งเป็นโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการฟื้นฟูโครงข่ายประสาทและการเรียนรู้ (Muller et al., 2020) กลุ่ม WBFR ซึ่งมีระดับแลคเตทและ BDNF สูง จึงมีแนวโน้มว่าจะได้รับผลลัพธ์ที่ดีใน

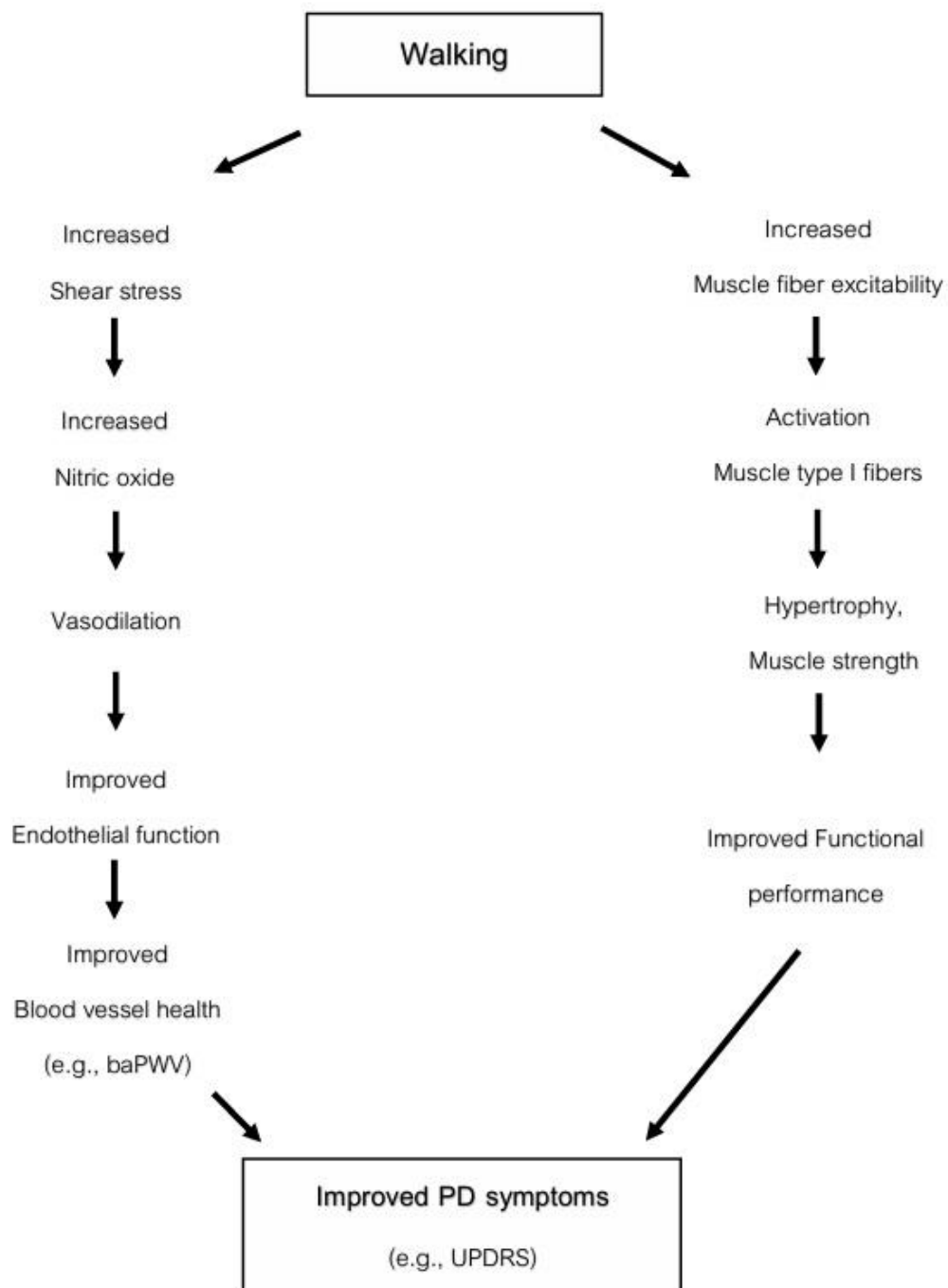
ด้าน Cognitive function และอารมณ์มากกว่ากลุ่มอื่นอย่างชัดเจน ส่งผลให้คะแนน PDQ-8 ดีขึ้น ในหลายมิติ เช่น ความสามารถในการดูแลตนเอง อารมณ์ ความรู้สึกผิดปกติจากโรค เป็นต้น จึงกล่าวได้ว่าการเดินร่วมกับ BFR ไม่เพียงแต่มีศักยภาพในด้านการฟื้นฟูการเคลื่อนไหวเท่านั้น แต่ยังสนับสนุนการพัฒนาระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งในระยะยาวอาจเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยพาร์กินสันได้อย่างยั่งยืน

2.6 องค์ประกอบร่างกายและการเผาผลาญ (Body composition and metabolism)

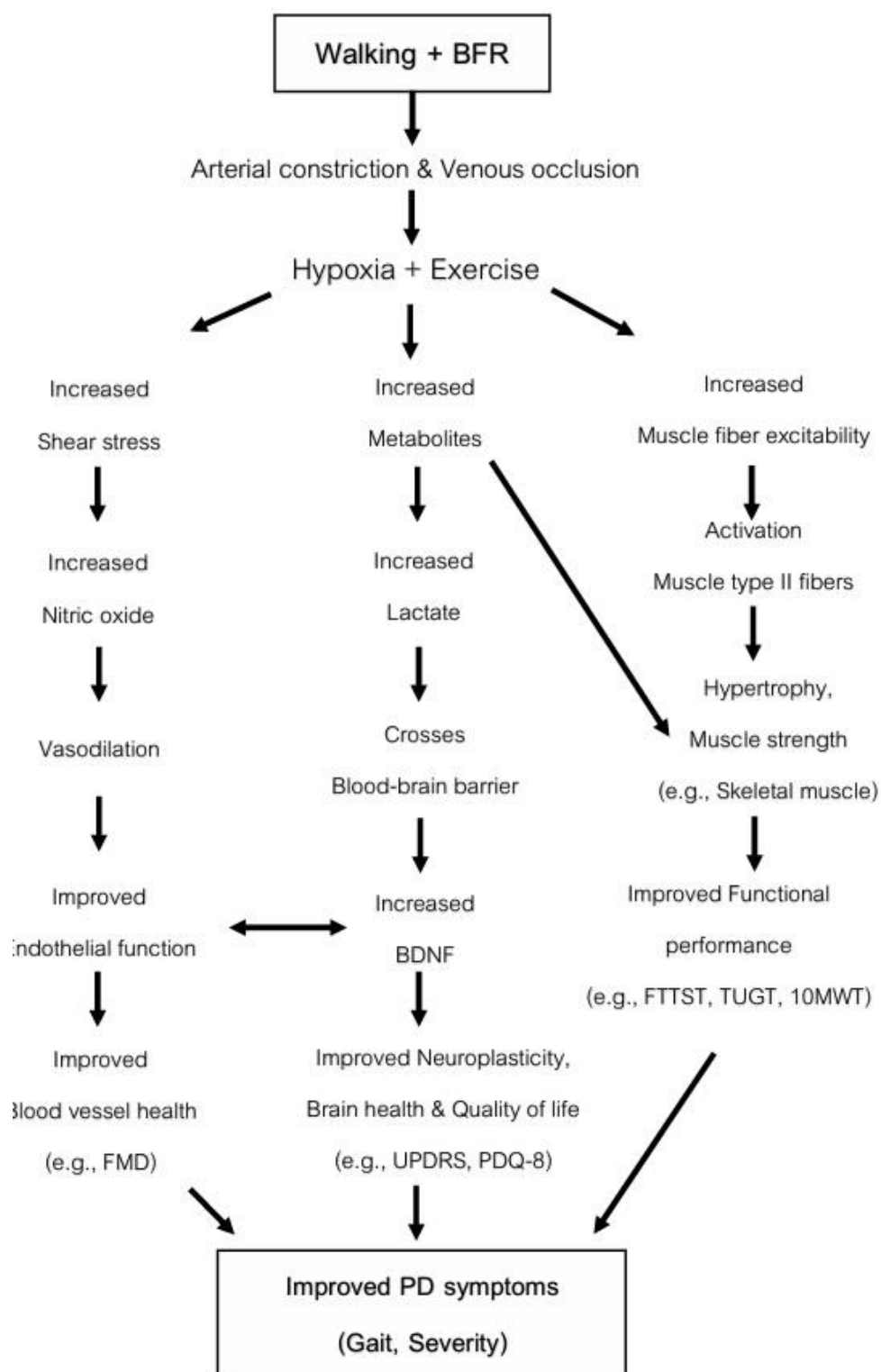
การศึกษานี้ยังประเมินผลของการฝึกเดินร่วมกับ BFR ต่อองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อ (Muscle Mass), มวลไขมัน (Fat Mass), และดัชนีมวลกาย (BMI) พบว่า กลุ่ม WBFR มีการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อ และลดลงของมวลไขมันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่ม WALK และ CON หลังการฝึกระยะยาว กลไกที่อธิบายผลลัพธ์นี้ได้แก่

- การกระตุ้น Fast-twitch muscle fibers แม้ใช้แรงต่ำ ซึ่ง เป็นลักษณะเฉพาะของ BFR (Loenneke & Bemben, 2020)
- การสะสมของแลคเตทในระดับสูง ส่งผลให้เกิด Metabolic stress ที่ส่งเสริมการหลั่ง Growth hormone และ IGF-1 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนกล้ามเนื้อและการสังเคราะห์เซลล์ใหม่
- การลดไขมันส่วนเกินจากการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นและการกระตุ้นระบบ Metabolism

งานวิจัยของ Slys et al. (2016) รายงานว่าการฝึก BFR ช่วยเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ (Muscle hypertrophy) และความแข็งแรงได้ใกล้เคียงกับการฝึกหนักแบบดั้งเดิม แต่ปลอดภัยกว่าในผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีข้อจำกัดทางการแพทย์ ในด้านความปลอดภัยนั้น เทคนิค WBFR ถือว่ามีความเสี่ยงต่ำ หากปฏิบัติตามแนวทางที่ถูกต้อง เช่น การวัดแรงดันที่เหมาะสมก่อนฝึก (Arterial Occlusion Pressure; AOP) การใช้สายรัดขนาดเหมาะสม และมีบุคลากรที่ผ่านการอบรมควบคุมการฝึกอย่างใกล้ชิด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรงในกลุ่มตัวอย่าง เช่น ภาวะกล้ามเนื้อฉีกขาด หลอดเลือดตีบ หรืออาการชา ซึ่งสนับสนุนความปลอดภัยของ BFR ในผู้ป่วยพาร์กินสัน หากได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม (Clarkson et al., 2022) ซึ่งหากนำไปประยุกต์ใช้อย่างถูกต้อง การเดินร่วมกับ BFR จะเป็นแนวทางที่มีคุณค่าสำหรับประชากรสูงวัย โดยเฉพาะผู้ที่มีข้อจำกัดในการออกกำลังกายแบบทั่วไป ทั้งยังสอดคล้องกับแนวทางขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2020) ในการส่งเสริมกิจกรรมทางกายสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะเปราะบาง



ภาพประกอบ 23 กลไกการฟื้นฟูอาการในโรคพาร์กินสันจากการฝึกเดินปกติ



ภาพประกอบ 24 กลไกการฟื้นฟูอาการในโรคพาร์กินสันจากการฝึกเดินร่วมกับ BFR

3. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.1 ข้อเสนอเชิงปฏิบัติและความปลอดภัยของการใช้ BFR

จากผลการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การออกกำลังกายด้วยเทคนิคการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood Flow Restriction; BFR) ที่ระดับแรงดัน 40–60% AOP มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสมรรถภาพร่างกาย ระบบประสาท ระบบหลอดเลือด และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดในการออกกำลังกายหนัก อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สามารถนำผลลัพธ์นี้ไปประยุกต์ใช้ในงานคลินิกหรือชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรมีข้อพิจารณาด้านความปลอดภัย ความเหมาะสม และแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน ข้อดีของเทคนิค BFR คือ การที่สามารถใช้แรงต้านต่ำ ความหนักของการฝึกต่ำ และระยะเวลาการฝึกสั้น แต่ยังให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับการฝึกที่ความหนักปานกลางถึงสูง ซึ่งในผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยเรื้อรังมักไม่สามารถฝึกด้วยวิธีมาตรฐานเหล่านั้นได้ เช่นเดียวกับข้อค้นพบจากงานของ Brandner et al. (2018) และ (Patterson et al., 2019) ที่ระบุว่า BFR สามารถเพิ่มความแข็งแรงกล้ามเนื้อ เพิ่มระดับ BDNF และพัฒนาระบบหลอดเลือดได้แม้ในผู้สูงอายุที่ออกกำลังกายด้วยแรงต้านต่ำในด้านการปลอดภัย งานวิจัยในมนุษย์จำนวนมากยืนยันว่า การใช้แรงดันในช่วง 40–60% ของ Arterial occlusion pressure (AOP) มีความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบหัวใจ และหลอดเลือดหรือระบบประสาทส่วนปลาย เมื่อมีการควบคุมอย่างถูกต้อง (Slysz et al., 2016; Clarkson et al., 2022) ในการวิจัยนี้ กลุ่มตัวอย่างไม่มีรายงานภาวะแทรกซ้อนรุนแรง เช่น กล้ามเนื้อฉีกขาด หลอดเลือดตีบ หรืออาการชา ซึ่งยืนยันความปลอดภัยของเทคนิคดังกล่าวในกลุ่มผู้ป่วยพาร์กินสัน อย่างไรก็ตาม การนำ BFR มาใช้ในผู้สูงอายุควรดำเนินการภายใต้ แนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน อาทิเช่น

- 1) มีการวัด AOP เฉพาะรายก่อนฝึก
- 2) ใช้สายรัดที่มีขนาดเหมาะสมและสามารถควบคุมแรงดันได้อย่างแม่นยำ
- 3) ควรมีบุคลากรทางสุขภาพที่ผ่านการอบรมเฉพาะด้านเป็นผู้ดูแลขณะฝึก
- 4) ควรหลีกเลี่ยงในผู้ที่มีภาวะข้อห้าม เช่น เส้นเลือดอุดตัน โรคหลอดเลือดหัวใจ หรือภาวะลิ้นเลือดอุดตัน เป็นต้น

ในเชิงสังคม การประยุกต์ใช้ WBFR ควรขยายสู่โปรแกรมชุมชนหรือหน่วยกายภาพบำบัด โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูแลตนเอง และลดภาระทางเศรษฐกิจจากการพึ่งพาผู้อื่นในระยะยาว ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับนโยบายขององค์การอนามัยโลกที่สนับสนุนให้มีการส่งเสริมการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงวัยที่มีข้อจำกัดด้านสมรรถภาพร่างกาย (World Health, 2020)

กล่าวโดยสรุป เทคนิค BFR นับเป็นนวัตกรรมที่เหมาะสมกับประชากรผู้สูงอายุ โดยเฉพาะผู้ที่ข้อจำกัดในการออกกำลังกายทั่วไป ไม่เพียงแต่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพร่างกาย แต่ยังมีผลในระดับชีวโมเลกุลที่ส่งเสริมสุขภาพสมองและระบบหลอดเลือดได้อย่างรอบด้าน หากมีการประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม BFR จะเป็นแนวทางการออกกำลังกายฟื้นฟูที่มีคุณค่าอย่างยิ่งในประชากรผู้สูงวัยในอนาคต

3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคตดังนี้

1. ศึกษากลไกชีวโมเลกุลในระดับลึกยิ่งขึ้น

แม้ว่าผลการวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของ BDNF, Lactate, FMD อย่างมีนัยสำคัญ และ baPWV ที่มีแนวโน้มลดลง แต่ยังไม่มีการตรวจสอบระดับ Signaling molecules หรือ Molecular pathways อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น Cathepsin B, Irisin (FNDC5), VEGF หรือ Markers ของ Neuroinflammation ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์ชีวโมเลกุลเหล่านี้เพิ่มเติม เพื่อยืนยันกลไกทางสรีรวิทยาที่ส่งผลต่อระบบประสาทและหลอดเลือด

2. ศึกษาความคงอยู่ของผลลัพธ์ในระยะยาว (Follow-up study)

ผลการฝึกในระยะ 8 สัปดาห์แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของ WBFR ได้ชัดเจน แต่ยังไม่ทราบว่าผลลัพธ์ดังกล่าวจะคงอยู่ได้นานเพียงใด หากยุติการฝึก จึงควรมีการติดตามผลหลังหยุดฝึกอย่างน้อย 3-6 เดือน เพื่อประเมินการคงอยู่ของระดับ BDNF สมรรถภาพการเคลื่อนไหว และคุณภาพชีวิต

3. เปรียบเทียบกับโปรแกรมฝึกชนิดอื่น

ควรศึกษาผลของ WBFR เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมฝึกอื่น เช่น Tai Chi, การออกกำลังกายในน้ำ, หรือการปั่นจักรยาน เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายและสมองของผู้ป่วยพาร์กินสันอย่างครอบคลุม

4. ขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายมากขึ้น

การศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุ 50 ปีขึ้นไป และอยู่ใน Hoehn & Yahr stage 2-3 เท่านั้น จึงควรมีการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยระยะอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุมมากขึ้น

5. ศึกษาผลต่อโครงสร้างของสมองด้วย Neuroimaging

อาจมีการใช้เครื่องมือทางประสาทวิทยาศาสตร์ เช่น Functional MRI (fMRI) หรือ Diffusion tensor imaging (DTI) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างสมองและความเชื่อมโยงของเครือข่ายประสาทที่เกี่ยวข้องกับ Motor recovery และ Cognitive function ร่วมด้วย

6. ศึกษาในบริบทของการประยุกต์ใช้จริงในระบบบริการสุขภาพ

ควรมีการออกแบบโปรแกรมการฝึกที่สามารถนำไปใช้ในชุมชน โรงพยาบาล หรือสถานฟื้นฟู รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของผู้ป่วย ความสามารถในการนำไปใช้ซ้ำ และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์สุขภาพ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำเทคนิคนี้เข้าสู่ระบบบริการสุขภาพในระดับประเทศ



บรรณานุกรม

- Amorim, S., Gaspar, A., Degens, H., & Matos, L. (2019). The effects of blood flow restriction exercise on vascular function in the elderly: A systematic review. *Integrative Clinical Medicine*, 3. <https://doi.org/10.15761/ICM.1000140>
- Autry, A. E., & Monteggia, L. M. (2012). Brain-Derived Neurotrophic Factor and Neuropsychiatric Disorders. *Pharmacological Reviews*, 64(2), 238-258. <https://doi.org/10.1124/pr.111.005108>
- Bane, A., Wilson, L., Jumper, J., Spindler, L., Wyatt, P., & Willoughby, D. (2024). Effects of Blood Flow Restriction Resistance Training on Autonomic and Endothelial Function in Persons with Parkinson's Disease. *J Parkinsons Dis*, 14(4), 761-775. <https://doi.org/10.3233/jpd-230259>
- Beak, H. J., Park, W., Yang, J. H., & Kim, J. (2022). Effect of Low-Intensity Aerobic Training Combined with Blood Flow Restriction on Body Composition, Physical Fitness, and Vascular Responses in Recreational Runners. *Healthcare*, 10(9).
- Belchior, L. D., Tomaz, B. S., Abdon, A. P. V., Frota, N. A. F., Mont'Alverne, D. G. B., & Gaspar, D. M. (2017). Treadmill in Parkinson's: influence on gait, balance, BDNF and Reduced Glutathione. *Fisioterapia em Movimento*, 30. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.S01.AO09>
- Bennett, H., & Slattery, F. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Aerobic Capacity and Performance: A Systematic Review. *J Strength Cond Res*, 33(2), 572-583. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002963>
- Bergersen, L. H. (2015). Lactate transport and signaling in the brain: potential therapeutic targets and roles in body-brain interaction. *J Cereb Blood Flow Metab*, 35(2), 176-185. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2014.206>
- Bhidayasiri, R., & Mari, Z. (2020). Digital phenotyping in Parkinson's disease: Empowering neurologists for measurement-based care. *Parkinsonism Relat Disord*,

80, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2020.08.038>

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., . . . Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*, 54(24), 1451-1462.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>

Cahalin, L. P., Formiga, M. F., Anderson, B., Cipriano, G., Jr., Hernandez, E. D., Owens, J., & Hughes, L. (2022). A call to action for blood flow restriction training in older adults with or susceptible to sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*, 13, 924614. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.924614>

Cahill, P., & Redmond, E. (2016). Vascular Endothelium- Gatekeeper of Vessel Health. *Atherosclerosis*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.03.007>

Cefis, M., Chaney, R., Wirtz, J., Méloux, A., Quirié, A., Leger, C., Prigent-Tessier, A., & Garnier, P. (2023). Molecular mechanisms underlying physical exercise-induced brain BDNF overproduction [Review]. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, Volume 16 - 2023. <https://doi.org/10.3389/fnmol.2023.1275924>

Chen, L.-S., McLaurin, N., Brosselin, P., Charry, D., Alhalimi, T., & Tanaka, H. (2025). Vascular adaptations to blood flow restriction resistance training with different cuff types: the role of retrograde shear stress. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-025-05795-1>

Cheunsiri, N. (2021). THE PRACTICAL APPLICATION OF RESISTANCE AND AEROBIC TRAINING WITH BLOOD FLOW RESTRICTION [Sports Science and Health]. *Journal of Sports Science and Health*, 22, 1-17. https://he02.tci-thaijo.org/index.php/spsc_journal/article/view/250781/170486

Cho, C., & Lee, S. (2024). The Effects of Blood Flow Restriction Aerobic Exercise on

Body Composition, Muscle Strength, Blood Biomarkers, and Cardiovascular Function: A Narrative Review. *Int J Mol Sci*, 25(17).

<https://doi.org/10.3390/ijms25179274>

Cho, J., & Baek, H. J. (2020). A Comparative Study of Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and Heart-Finger Pulse Wave Velocity in Korean Adults. *Sensors (Basel)*, 20(7). <https://doi.org/10.3390/s20072073>

Cholewa, J., Nowacka-Chmielewska, M., Gorzkowska, A., Malecki, A., Lasek-Bal, A., & Cholewa, J. (2025). Changes in proBDNF and Mature BDNF Levels After Medium-Intensity Functional Motor Rehabilitation Program in Patients with Parkinson's Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(8).

Cuffe, M., Novak, J., Saithna, A., Strohmeyer, H. S., & Slaven, E. (2022). Current Trends in Blood Flow Restriction. *Front Physiol*, 13, 882472.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.882472>

Da Silva-Grigoletto, M. E., Neto, E. P., Behm, D. G., Loenneke, J. P., & La Scala Teixeira, C. V. (2020). Functional Training and Blood Flow Restriction: A Perspective View on the Integration of Techniques. *Front Physiol*, 11, 817.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00817>

DeSimone, G. T. (2024). SHAREABLE RESOURCE: Exercise for Those Living with Parkinson's Disease: A Basic Guide. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 28(2). https://journals.lww.com/acsm-healthfitness/fulltext/2024/03000/shareable_resource__exercise_for_those_living_with.3.aspx

Dienel, G. A. (2017). The metabolic trinity, glucose–glycogen–lactate, links astrocytes and neurons in brain energetics, signaling, memory, and gene expression. *Neuroscience Letters*, 637, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.02.052>.

Dombi, Z. B., Szendi, I., & Burnet, P. W. J. (2022). Brain Derived Neurotrophic Factor

and Cognitive Dysfunction in the Schizophrenia-Bipolar Spectrum: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Psychiatry*, 13, 827322.

<https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.827322>

Dorsey, E. R., Constantinescu, R., Thompson, J. P., Biglan, K. M., Holloway, R. G., Kieburtz, K., Marshall, F. J., Ravina, B. M., Schifitto, G., Siderowf, A., & Tanner, C. M. (2007). Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology*, 68(5), 384-386.

<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000247740.47667.03>

El Hayek, L., Khalifeh, M., Zibara, V., Abi Assaad, R., Emmanuel, N., Karnib, N., El-Ghandour, R., Nasrallah, P., Bilen, M., Ibrahim, P., Younes, J., Abou Haidar, E., Barmo, N., Jabre, V., Stephan, J. S., & Sleiman, S. F. (2019). Lactate Mediates the Effects of Exercise on Learning and Memory through SIRT1-Dependent Activation of Hippocampal Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF). *J Neurosci*, 39(13), 2369-2382. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1661-18.2019>

Faul, F. E. E. L. A. G., & Buchner, A. (2007). GPower 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences*. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>.

Formiga, M. F., Fay, R., Hutchinson, S., Locandro, N., Ceballos, A., Lesh, A., Buscheck, J., Meanor, J., Owens, J. G., & Cahalin, L. P. (2020). Effect of Aerobic Exercise Training with and without Blood Flow Restriction on Aerobic Capacity in Healthy Young Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(2), 175-187. <https://doi.org/10.26603/ijsp.20200175>

Freitas, E. D. S., Karabulut, M., & Bemben, M. G. (2021). The Evolution of Blood Flow Restricted Exercise [Review]. *Frontiers in Physiology*, Volume 12 - 2021. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.747759>

Fukuta, H. (2024). Effect of One Session of Muscle Blood Flow Restriction Training Versus Normal Training on Blood Lactate Level. *Prog Rehabil Med*, 9, 20240017.

<https://doi.org/10.2490/prm.20240017>

Gokcal, E., Gur, V., Selvitop, R., Yildiz, G., & Asil, T. (2016). Motor and Non-Motor Symptoms in Parkinson's Disease: Effects on Quality of Life. *Noro Psikiyatri Arsivi*, 54. <https://doi.org/10.5152/npa.2016.12758>

Gonpimai, W. (2024). Effectiveness of Cognitive Training Program in Elderly with Mild Cognitive Impairment in Primary Care Cluster of Pak Chong Nana Hospital. *REGIONAL HEALTH PROMOTION CENTER 9 JOURNAL*, 18(2), 755-768. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RHPC9Journal/article/view/268437>

Green, D. J. H. M. T. E. P. J. L. M. H., & Thijssen, D. H. J. (2017). Vascular adaptation to exercise in humans: Role of hemodynamic stimuli. *Physiological Reviews*, 97(2), 495–528. <https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2016>.

Harro, C. C., Shoemaker, M. J., Coatney, C. M., Lentine, V. E., Lieffers, L. R., Quigley, J. J., Rollins, S. G., Stewart, J. D., Hall, J., & Khoo, S. K. (2022). Effects of nordic walking exercise on gait, motor/non-motor symptoms, and serum brain-derived neurotrophic factor in individuals with Parkinson's disease [Clinical Trial]. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, Volume 3 - 2022. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.1010097>

Hashimoto, T., Tsukamoto, H., Takenaka, S., Olesen, N. D., Petersen, L. G., Sørensen, H., Nielsen, H. B., Secher, N. H., & Ogoh, S. (2018). Maintained exercise-enhanced brain executive function related to cerebral lactate metabolism in men. *The FASEB Journal*, 32(3), 1417-1427. <https://doi.org/https://doi.org/10.1096/fj.201700381RR>

Hsieh, K. L., Foster, A., MacIntyre, L., & Carr, R. (2024). Effect of Blood Flow Restriction on Gait and Mobility in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph21101325>

Huang, R., Ma, Y., Yang, Z., Wang, Z., Zeng, C., Qin, Y., & Jia, M. (2025). Hemodynamic analysis of blood flow restriction training: a systematic review. *BMC Sports*

Science, Medicine and Rehabilitation, 17(1), 46. <https://doi.org/10.1186/s13102-025-01084-8>

Johansson, M. E., Toni, I., Bloem, B. R., & Helmich, R. C. (2025). Parkinson's disease progression is shaped by longitudinal changes in cerebral compensation.

medRxiv, 2025.2003.2021.25324393. <https://doi.org/10.1101/2025.03.21.25324393>

Kaagman, D. G. M., van Wegen, E. A.-O., Cignetti, N., Rothermel, E., Vanbellingen, T., & Hirsch, M. A. (2024). Effects and Mechanisms of Exercise on Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) Levels and Clinical Outcomes in People with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. LID - 10.3390/brainsci14030194 [doi] LID - 194. (2076-3425 (Print)).

Kargaran, A., Abedinpour, A., Saadatmehr, Z., Yaali, R., Amani-Shalamzari, S., & Gahreman, D. (2021). Effects of dual-task training with blood flow restriction on cognitive functions, muscle quality, and circulatory biomarkers in elderly women. *Physiol Behav*, 239, 113500. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113500>

Khalil, I., Sayad, R., Kedwany, A. M., Sayed, H. H., Caprara, A. L. F., & Rissardo, J. P. (2024). Cardiovascular dysautonomia and cognitive impairment in Parkinson's disease (Review). *Med Int*, 4(6), 70. <https://doi.org/10.3892/mi.2024.194>

Kim, K.-H., Kang, S.-H., Kim, N., Choi, J., & Kang, S. (2024). Short-Term Impact of Low Intensity Exercise with Blood Flow Restriction on Mild Knee Osteoarthritis in Older Adults: A Pilot Study. *Healthcare*, 12(3).

Kluding, P. M. T. B. Y., & Billinger, S. A. (2011). Exercise and executive function in individuals with chronic stroke: a pilot study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 35(1), 11-17.

Landers, J., Allen, M., Oladele, I., Lowe, L., Ali, N., Rainey, J., Fletcher, J., & Landers, K. (2025). Effect of Blood Flow Restriction on Serum Brain-Derived Neurotrophic Factor. *Journal of Clinical Exercise Physiology*, 14, 36-42. <https://doi.org/10.31189/2165-6193-14.2.36>

- Lindh-Rengifo, M., Jonasson, S. B., Ullen, S., Mattsson-Carlsson, N., & Nilsson, M. H. (2021). Perceived walking difficulties in Parkinson's disease - predictors and changes over time. *BMC Geriatr*, 21(1), 221. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02113-0>
- Loenneke, J. P. A. T. K. M. L. T. R. S. F. C. A. R. L. M., & Bemben, M. G. (2020). Blood flow restriction: Physiological overview and practical applications. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 24(5), 10–15. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000550>.
- Lopes, K. G. F. P. B. D. A. d. S. M. D. G. C. M. P. B. E. L. R. A., & de Oliveira, R. B. (2022). Exercise with blood flow restriction improves muscle strength and mass while preserving the vascular and microvascular function and structure of older adults. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 82(1), 13–26. <https://doi.org/10.3233/CH-221395>.
- Lu, B., Nagappan, G., Guan, X., Nathan, P. J., & Wren, P. (2013). BDNF-based synaptic repair as a disease-modifying strategy for neurodegenerative diseases. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(6), 401-416. <https://doi.org/10.1038/nrn3505>
- Magistretti, P. J., & Allaman, I. (2018). Lactate in the brain: from metabolic end-product to signalling molecule. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(4), 235–249. <https://doi.org/10.1038/nrn.2018.19>.
- Mang, C. S., Campbell, K. L., Ross, C. J., & Boyd, L. A. (2013). Promoting neuroplasticity for motor rehabilitation after stroke: considering the effects of aerobic exercise and genetic variation on brain-derived neurotrophic factor. *Phys Ther*, 93(12), 1707-1716. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130053>
- Meesawang, M., & Namprasert, R. (2021). Physical Therapy Management in Patients with Parkinson's Disease. *Siriraj Medical Bulletin*, 14(1), 30-34. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/simedbull/article/view/241662>
- Morland, C. A. K. A. H. Ø. P. H. A. K. L. G. A., & Bergersen, L. H. (2021). Exercise induces cerebral VEGF and angiogenesis via the lactate receptor HCAR1. *Nature*

- Communications, 8(1), 15557. <https://doi.org/10.1038/ncomms15557>.
- Muller, P., Duderstadt, Y., Lessmann, V., & Muller, N. G. (2020). Lactate and BDNF: Key Mediators of Exercise Induced Neuroplasticity? *J Clin Med*, 9(4).
<https://doi.org/10.3390/jcm9041136>
- Nitzsche, N. S. R. W. F. H. N., & Schulz, H. (2018). Comparison of an acute resistance training on the lactate concentration with and without blood flow restriction at different loads. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 69, 337–343.
<https://doi.org/10.5960/dzsm.2018.351>.
- Palasz, E., Wysocka, A., Gasiorowska, A., Chalimoniuk, M., Niewiadomski, W., & Niewiadomska, G. (2020). BDNF as a Promising Therapeutic Agent in Parkinson's Disease. *Int J Mol Sci*, 21(3). <https://doi.org/10.3390/ijms21031170>
- Park, H., & Poo, M.-m. (2013). Neurotrophin regulation of neural circuit development and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(1), 7-23.
<https://doi.org/10.1038/nrn3379>
- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol*, 10, 533.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
- Pignanelli, C., Christiansen, D., & Burr, J. F. (2021). Blood flow restriction training and the high-performance athlete: science to application. *J Appl Physiol* (1985), 130(4), 1163-1170. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00982.2020>
- Paillard, T., Rolland, Y., & de Souto Barreto, P. (2015). Protective Effects of Physical Exercise in Alzheimer's Disease and Parkinson's Disease: A Narrative Review. *J Clin Neurol*, 11(3), 212-219. <https://doi.org/10.3988/jcn.2015.11.3.212>
- Sleiman, S. F., Henry, J., Al-Haddad, R., El Hayek, L., Abou Haidar, E., Stringer, T., Ulja,

- D., Karuppagounder, S. S., Holson, E. B., Ratan, R. R., Ninan, I., & Chao, M. V. (2016). Exercise promotes the expression of brain derived neurotrophic factor (BDNF) through the action of the ketone body β -hydroxybutyrate. *Elife*, 5. <https://doi.org/10.7554/eLife.15092>
- Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>
- Soya, H. N. T. D. C. C. K. A. I. M. F. T. C. H. N. T. F. S., & Nishino, H. (2021). BDNF induction with mild exercise in the rat hippocampus. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 633, 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2021.07.062>.
- Thijssen, D. H. J. B. R. M. v. M. A. C. C. M. H. S. M. F. F. G. A. Z. P. L. T., & Ghiadoni, L. (2019). Expert consensus and evidence-based recommendations for the assessment of flow-mediated dilation in humans. *European heart journal*, 40(30), 2534-2547. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz350>.
- Wang, Y., Zhang, X., Li, X., Cheng, M., & Cui, X. (2025). The vascular microenvironment and its stem cells regulate vascular homeostasis [Review]. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, Volume 13 - 2025. <https://doi.org/10.3389/fcell.2025.1544129>
- Yamada, T. H. K. T. K., & Shibata, S. (2021). Effects of walking with blood flow restriction on memory function and brain-derived neurotrophic factor in older adults. *Journal of Applied Physiology*, 130(3), 653–661. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00823.2020>.
- Yamada, Y., Frith, E. M., Wong, V., Spitz, R. W., Bell, Z. W., Chatakondi, R. N., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2021). Acute exercise and cognition: A review with testable questions for future research into cognitive enhancement with blood flow restriction. *Med Hypotheses*, 151, 110586.

<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2021.110586>

Yasuda, T., Fukumura, K., Uchida, Y., Koshi, H., Iida, H., Masamune, K., Yamasoba, T., Sato, Y., & Nakajima, T. (2015). Effects of Low-Load, Elastic Band Resistance Training Combined With Blood Flow Restriction on Muscle Size and Arterial Stiffness in Older Adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 70(8), 950-958.

<https://doi.org/10.1093/gerona/glu084>

Yuan, J., Wu, L., Xue, Z., Xu, G., & Wu, Y. (2023). Application and progress of blood flow restriction training in improving muscle mass and strength in the elderly. *Front Physiol*, 14, 1155314. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1155314>

Zeringue, H. C., & Constantine-Paton, M. (2004). Post-transcriptional gene silencing in neurons. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(5), 654-659.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.08.009>

Zhang, M., Song, Y., Zhu, J., Ding, P., & Chen, N. (2024). Effectiveness of low-load resistance training with blood flow restriction vs. conventional high-intensity resistance training in older people diagnosed with sarcopenia: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1), 28427. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79506-9>

Zhang, T., Wang, X., & Wang, J. (2022). Effect of blood flow restriction combined with low-intensity training on the lower limbs muscle strength and function in older adults: A meta-analysis. *Exp Gerontol*, 164, 111827.

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2022.111827>

Zhu, X., Chen, W., Pinho, R. A., & Thirupathi, A. (2025). Lactate-induced metabolic signaling is the potential mechanism for reshaping the brain function - role of physical exercise [Mini Review]. *Frontiers in Endocrinology*, Volume 16 - 2025.

<https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1598419>

Ziebell, M. K. U. K. A. B. A. S. T. G. J. P., & Knudsen, G. M. (2012). Striatal dopamine transporter binding correlates with serum BDNF levels in patients with striatal

dopaminergic neurodegeneration. *Neurobiology of aging*, 33(2), 428. e421-428. e425.

Zota, I. M., Ghiciuc, C. M., Cojocaru, D. C., Dima-Cozma, C. L., Leon, M. M., Gavril, R. S., Roca, M., Costache, A. D., Maștaleru, A., Anghel, L., Stătescu, C., Sascău, R. A., & Mitu, F. (2023). Changes in Arterial Stiffness in Response to Blood Flow Restriction Resistance Training: A Narrative Review. *J Clin Med*, 12(24).

<https://doi.org/10.3390/jcm12247602>

คณะกรรมการพัฒนานโยบายหลักแห่งชาติและคณะทำงานเฉพาะกิจ. (2562). หนังสือคู่มือ
การใช้ยารักษาโรคพาร์กินสัน อย่างสมเหตุสมผลตามนโยบายหลักแห่งชาติ. สำนักยา
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดิไซน์.

ประวัติผู้เขียน



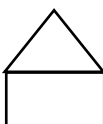




Code: _____

Thai Mental State Examination (TMSE)

แบบการตรวจสภาพจิตแบบย่อ ใช้ในการจำแนกความบกพร่องในการทำหน้าที่ของสมอง ด้านความรู้ ความเข้าใจ และ
อาการสมองเสื่อมในผู้สูงอายุไทย คะแนนเต็ม 30 คะแนน (ภาวะสมองเสื่อม <24 คะแนน)

Question	Points
1. Orientation (6 คะแนน)	
วัน, วันที่, เดือน, ช่วงของวัน	 4
ที่ไหน	 1
ใคร (คนในภาพ)	 1
	
2. Registration (3 คะแนน) บอกของ 3 อย่าง แล้วให้พูดตาม	
ต้นไม้ รถยนต์ มือ	 3
3. Attention (5 คะแนน) ให้บอกวันย้อนหลัง วันอาทิตย์ วันเสาร์	
ศุกร์ พฤหัสบดี พุธ อังคาร จันทร์	 5
4. Calculation (3 คะแนน) 100-7 ไปเรื่อยๆ 3 ครั้ง	
100 93 86 79	 3
5. Language (10 คะแนน)	
5.1 ถามว่าสิ่งนี้เรียกว่าอะไร (นาฬิกา, เสื้อผ้า)	 2
5.2 ให้พูดตาม “ยายพาหลานไปซื้อขนมที่ตลาด”	 1
5.3 ทำตามคำบอก (3 ขั้นตอน บอกทั้งประโยคพร้อม ๆ กัน)	
หยิบกระดาษด้วยมือขวา	 1
พับกระดาษเป็นครึ่งแผ่น	 1
แล้วส่งกระดาษให้ผู้ตรวจ	 1
5.4 อ่านข้อความนี้แล้วทำตาม	
“หลับตา”	 1
5.5 วาดภาพให้เหมือนตัวอย่าง	
	 2
5.6 กล้วยกับส้ม เหมือนกันคือ.....(เป็นผลไม้)	
แมวกับหมา เหมือนกันคือ.....(เป็นสัตว์, เป็นสิ่งมีชีวิต)	 1
6. Recall (3 คะแนน) ถามของ 3 อย่างที่ให้ทำตามข้อ 2	
ต้นไม้ รถยนต์ มือ	 3

รวม _____ คะแนน





ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยพาร์กินสัน (PDQ-8)

Code: _____

Parkinson's Disease Questionnaire-8 (PDQ-8)

แบบประเมินคุณภาพชีวิตในผู้ป่วยพาร์กินสันแบบสั้น โดยให้ผู้ป่วยประเมินอาการในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา ว่ามีอาการ ปัญหา หรือความยากลำบากที่เกิดจากโรคพาร์กินสันในด้านต่าง ๆ จากหัวข้อดังนี้

1.Mobility 2.Activity of daily living 3.Emotional well-being 4.Stigma 5.Social support 6.Cognition 7.Communication และ 8.Body discomfort แบ่งเป็นความบ่อย 5 ระดับ (Rating scale) โดยถ้าหากไม่เคยมีอาการเลยให้ 0 คะแนน จนถึงมีอาการเสมอ ๆ ให้ 4 คะแนน

จากการป่วยเป็นโรคพาร์กินสัน คุณมีอาการเหล่านี้บ่อยแค่ไหนในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา	ไม่เคย (0)	บาง โอกาส (and)	บาง เวลา (and)	บ่อยๆ (3)	เสมอๆ หรือ ไม่สามารถทำ ได้เลย (4)
1. มีความยากลำบากในการไปไหนมาไหนในที่สาธารณะ					
2. มีความยากลำบากในการแต่งตัว					
3. รู้สึกเศร้า					
4. มีปัญหากับผู้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคุณ					
5. มีปัญหาเกี่ยวกับสมาธิของคุณ เช่น เวลาอ่านหนังสือหรือดูโทรทัศน์					
6. รู้สึกไม่สามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างเหมาะสม					
7. มีอาการเจ็บปวดจากกล้ามเนื้อ เป็นตะคริวหรือเกร็งตัว					
8. รู้สึกอายในที่สาธารณะเนื่องจากเป็นโรคพาร์กินสัน					

รวม _____ คะแนน





ภาคผนวก ค

แบบประเมินความรุนแรงของโรคพาร์กินสัน (UPDRS)

Code: _____

UNIFIED PARKINSON'S DISEASE RATING SCALE (UPDRS)

I. MENTATION, BEHAVIOR AND MOOD

1. Intellectual Impairment

- 0 = None.
- 1 = Mild. Consistent forgetfulness with partial recollection of events and no other difficulties.
- 2 = Moderate memory loss, with disorientation and moderate difficulty handling complex problems. Mild but definite impairment of function at home with need of occasional prompting.
- 3 = Severe memory loss with disorientation for time and often to place. Severe impairment in handling problems.
- 4 = Severe memory loss with orientation preserved to person only. Unable to make judgements or solve problems. Requires much help with personal care. Cannot be left alone at all.

2. Thought Disorder (Due to dementia or drug intoxication)

- 0 = None.
- 1 = Vivid dreaming.
- 2 = "Benign" hallucinations with insight retained.
- 3 = Occasional to frequent hallucinations or delusions; without insight; could interfere with daily activities.
- 4 = Persistent hallucinations, delusions, or florid psychosis. Not able to care for self.

3. Depression

- 0 = None.
- 1 = Periods of sadness or guilt greater than normal, never sustained for days or weeks.
- 2 = Sustained depression (1 week or more).
- 3 = Sustained depression with vegetative symptoms (insomnia, anorexia, weight loss, loss of interest).
- 4 = Sustained depression with vegetative symptoms and suicidal thoughts or intent.

4. Motivation/Initiative

- 0 = Normal.
- 1 = Less assertive than usual; more passive.
- 2 = Loss of initiative or disinterest in elective (nonroutine) activities.
- 3 = Loss of initiative or disinterest in day to day (routine) activities.
- 4 = Withdrawn, complete loss of motivation.

II. ACTIVITIES OF DAILY LIVING (for both "on" and "off")

5. Speech

- 0 = Normal.
- 1 = Mildly affected. No difficulty being understood.
- 2 = Moderately affected. Sometimes asked to repeat statements.
- 3 = Severely affected. Frequently asked to repeat statements.
- 4 = Unintelligible most of the time.

6. Salivation

- 0 = Normal.
- 1 = Slight but definite excess of saliva in mouth; may have nighttime drooling.
- 2 = Moderately excessive saliva; may have minimal drooling.
- 3 = Marked excess of saliva with some drooling.
- 4 = Marked drooling, requires constant tissue or handkerchief.

7. Swallowing

- 0 = Normal.
- 1 = Rare choking.
- 2 = Occasional choking.
- 3 = Requires soft food.
- 4 = Requires NG tube or gastrostomy feeding.

8. Handwriting

- 0 = Normal.
- 1 = Slightly slow or small.
- 2 = Moderately slow or small; all words are legible.

- 3 = Severely affected; not all words are legible.
 4 = The majority of words are not legible.
- 9. Cutting food and handling utensils**
 0 = Normal.
 1 = Somewhat slow and clumsy, but no help needed.
 2 = Can cut most foods, although clumsy and slow; some help needed.
 3 = Food must be cut by someone, but can still feed slowly.
 4 = Needs to be fed.
- 10. Dressing**
 0 = Normal.
 1 = Somewhat slow, but no help needed.
 2 = Occasional assistance with buttoning, getting arms in sleeves.
 3 = Considerable help required, but can do some things alone.
 4 = Helpless.
- 11. Hygiene**
 0 = Normal.
 1 = Somewhat slow, but no help needed.
 2 = Needs help to shower or bathe; or very slow in hygienic care.
 3 = Requires assistance for washing, brushing teeth, combing hair, going to bathroom.
 4 = Foley catheter or other mechanical aids.
- 12. Turning in bed and adjusting bed clothes**
 0 = Normal.
 1 = Somewhat slow and clumsy, but no help needed.
 2 = Can turn alone or adjust sheets, but with great difficulty.
 3 = Can initiate, but not turn or adjust sheets alone.
 4 = Helpless.
- 13. Falling (unrelated to freezing)**
 0 = None.
 1 = Rare falling.
 2 = Occasionally falls, less than once per day.
 3 = Falls an average of once daily.
 4 = Falls more than once daily.
- 14. Freezing when walking**
 0 = None.
 1 = Rare freezing when walking; may have start hesitation.
 2 = Occasional freezing when walking.
 3 = Frequent freezing. Occasionally falls from freezing.
 4 = Frequent falls from freezing.
- 15. Walking**
 0 = Normal.
 1 = Mild difficulty. May not swing arms or may tend to drag leg.
 2 = Moderate difficulty, but requires little or no assistance.
 3 = Severe disturbance of walking, requiring assistance.
 4 = Cannot walk at all, even with assistance.
- 16. Tremor (Symptomatic complaint of tremor in any part of body.)**
 0 = Absent.
 1 = Slight and infrequently present.
 2 = Moderate; bothersome to patient.
 3 = Severe; interferes with many activities.
 4 = Marked; interferes with most activities.
- 17. Sensory complaints related to parkinsonism**
 0 = None.
 1 = Occasionally has numbness, tingling, or mild aching.
 2 = Frequently has numbness, tingling, or aching; not distressing.
 3 = Frequent painful sensations.

4 = Excruciating pain.

III. MOTOR EXAMINATION

18. Speech

- 0 = Normal.
- 1 = Slight loss of expression, diction and/or volume.
- 2 = Monotone, slurred but understandable; moderately impaired.
- 3 = Marked impairment, difficult to understand.
- 4 = Unintelligible.

19. Facial Expression

- 0 = Normal.
- 1 = Minimal hypomimia, could be normal "Poker Face".
- 2 = Slight but definitely abnormal diminution of facial expression.
- 3 = Moderate hypomimia; lips parted some of the time.
- 4 = Masked or fixed facies with severe or complete loss of facial expression; lips parted 1/4 inch or more.

20. Tremor at rest (head, upper and lower extremities)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight and infrequently present.
- 2 = Mild in amplitude and persistent. Or moderate in amplitude, but only intermittently present.
- 3 = Moderate in amplitude and present most of the time.
- 4 = Marked in amplitude and present most of the time.

21. Action or Postural Tremor of hands

- 0 = Absent.
- 1 = Slight; present with action.
- 2 = Moderate in amplitude, present with action.
- 3 = Moderate in amplitude with posture holding as well as action.
- 4 = Marked in amplitude; interferes with feeding.

22. Rigidity (Judged on passive movement of major joints with patient relaxed in sitting position. Cogwheeling to be ignored.)

- 0 = Absent.
- 1 = Slight or detectable only when activated by mirror or other movements.
- 2 = Mild to moderate.
- 3 = Marked, but full range of motion easily achieved.
- 4 = Severe, range of motion achieved with difficulty.

23. Finger Taps (Patient taps thumb with index finger in rapid succession.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

24. Hand Movements (Patient opens and closes hands in rapid succession.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

25. Rapid Alternating Movements of Hands (Pronation-supination movements of hands, vertically and horizontally, with as large an amplitude as possible, both hands simultaneously.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

26. Leg Agility (Patient taps heel on the ground in rapid succession picking up entire leg. Amplitude should be at least 3 inches.)

- 0 = Normal.
- 1 = Mild slowing and/or reduction in amplitude.
- 2 = Moderately impaired. Definite and early fatiguing. May have occasional arrests in movement.
- 3 = Severely impaired. Frequent hesitation in initiating movements or arrests in ongoing movement.
- 4 = Can barely perform the task.

27. Arising from Chair (Patient attempts to rise from a straight backed chair, with arms folded across chest.)

- 0 = Normal.
- 1 = Slow; or may need more than one attempt.
- 2 = Pushes self up from arms of seat.
- 3 = Tends to fall back and may have to try more than one time, but can get up without help.
- 4 = Unable to arise without help.

28. Posture

- 0 = Normal erect.
- 1 = Not quite erect, slightly stooped posture; could be normal for older person.
- 2 = Moderately stooped posture, definitely abnormal; can be slightly leaning to one side.
- 3 = Severely stooped posture with kyphosis; can be moderately leaning to one side.
- 4 = Marked flexion with extreme abnormality of posture.

29. Gait

- 0 = Normal.
- 1 = Walks slowly, may shuffle with short steps, but no festination (hastening steps) or propulsion.
- 2 = Walks with difficulty, but requires little or no assistance; may have some festination, short steps, or propulsion.
- 3 = Severe disturbance of gait, requiring assistance.
- 4 = Cannot walk at all, even with assistance.

30. Postural Stability (Response to sudden, strong posterior displacement produced by pull on shoulders while patient erect with eyes open and feet slightly apart. Patient is prepared.)

- 0 = Normal.
- 1 = Retropulsion, but recovers unaided.
- 2 = Absence of postural response; would fall if not caught by examiner.
- 3 = Very unstable, tends to lose balance spontaneously.
- 4 = Unable to stand without assistance.

31. Body Bradykinesia and Hypokinesia (Combining slowness, hesitancy, decreased arm swing, small amplitude, and poverty of movement in general.)

- 0 = None.
- 1 = Minimal slowness, giving movement a deliberate character; could be normal for some persons. Possibly reduced amplitude.
- 2 = Mild degree of slowness and poverty of movement which is definitely abnormal. Alternatively, some reduced amplitude.
- 3 = Moderate slowness, poverty or small amplitude of movement.
- 4 = Marked slowness, poverty or small amplitude of movement.

IV. COMPLICATIONS OF THERAPY (In the past week)

A. DYSKINESIAS

32. Duration: What proportion of the waking day are dyskinesias present? (Historical information.)

- 0 = None
- 1 = 1-25% of day.
- 2 = 26-50% of day.
- 3 = 51-75% of day.
- 4 = 76-100% of day.

33. Disability: How disabling are the dyskinesias? (Historical information; may be modified by office examination.)

- 0 = Not disabling.
- 1 = Mildly disabling.
- 2 = Moderately disabling.

- 3 = Severely disabling.
 4 = Completely disabled.
34. Painful Dyskinesias: How painful are the dyskinesias?
 0 = No painful dyskinesias.
 1 = Slight.
 2 = Moderate.
 3 = Severe.
 4 = Marked.
35. Presence of Early Morning Dystonia (Historical information.)
 0 = No
 1 = Yes

B. CLINICAL FLUCTUATIONS

36. Are "off" periods predictable?
 0 = No
 1 = Yes
37. Are "off" periods unpredictable?
 0 = No
 1 = Yes
38. Do "off" periods come on suddenly, within a few seconds?
 0 = No
 1 = Yes
39. What proportion of the waking day is the patient "off" on average?
 0 = None
 1 = 1-25% of day.
 2 = 26-50% of day.
 3 = 51-75% of day.
 4 = 76-100% of day.

C. OTHER COMPLICATIONS

40. Does the patient have anorexia, nausea, or vomiting?
 0 = No
 1 = Yes
41. Any sleep disturbances, such as insomnia or hypersomnolence?
 0 = No
 1 = Yes
42. Does the patient have symptomatic orthostasis? (Record the patient's blood pressure, height, and weight on the scoring form)
 0 = No
 1 = Yes

V. MODIFIED HOEHN AND YAHR STAGING

STAGE 0	=	No signs of disease.
STAGE 1	=	Unilateral disease.
STAGE 1.5	=	Unilateral plus axial involvement.
STAGE 2	=	Bilateral disease, without impairment of balance.
STAGE 2.5	=	Mild bilateral disease, with recovery on pull test.
STAGE 3	=	Mild to moderate bilateral disease; some postural instability; physically independent.
STAGE 4	=	Severe disability; still able to walk or stand unassisted.
STAGE 5	=	Wheelchair bound or bedridden unless aided.

VI. SCHWAB AND ENGLAND ACTIVITIES OF DAILY LIVING SCALE

100% = Completely independent. Able to do all chores without slowness, difficulty, or impairment. Essentially normal. Unaware of any difficulty.

90% = Completely independent. Able to do all chores with some degree of slowness, difficulty and impairment. Might take twice as long. Beginning to be aware of difficulty.

- 80% = Completely independent in most chores. Takes twice as long. Conscious of difficulty and slowness.
- 70% = Not completely independent. More difficulty with some chores. Three to four times as long in some. Must spend a large part of the day with chores.
- 60% = Some dependency. Can do most chores, but exceedingly slowly and with much effort. Errors; some impossible.
- 50% = More dependent. Help with half, slower, etc. Difficulty with everything.
- 40% = Very dependent. Can assist with all chores, but few alone.
- 30% = With effort, now and then does a few chores alone or begins alone. Much help needed.
- 20% = Nothing alone. Can be a slight help with some chores. Severe invalid.
- 10% = Totally dependent, helpless. Complete invalid.
- 0% = Vegetative functions such as swallowing, bladder and bowel functions are not functioning. Bedridden.

Total score _____ points





ภาคผนวก ง
แบบประเมินปัจจัยเสี่ยง (Risk factor assessment)

Code: _____

Risk factor assessment**Thrombosis risk factor assessment**

Each risk factor represents 1 point	Each risk factor represents 2 points
Abnormal pulmonary function (COPD);	Age 60–74 years;
Acute myocardial infarction;	Arthroscopic surgery;
Age between 41 and 59 years;	BMI > 40;
Blood transfusions;	Central venous access;
Chemotherapy;	Immobilized plaster cast (<1 month);
Congestive heart failure (<1 month);	Laparoscopy surgery (>45 min);
Diabetes requiring insulin;	Major surgery (>45 min);
History of inflammatory bowel disease;	Malignancy (present or previous);
History of prior major surgery (<1 month);	Patient confined to bed (>72 h);
Length of a surgery > 2 h;	
Medical patient currently on bed rest;	
Minor surgery planned;	
BMI > 25–39;	
Obstructive pulmonary disease;	
Sepsis (<1 month);	
Serious lung disease including pneumonia (<1 month);	
Smoking;	
Swollen legs (current);	
Varicose veins;	
Other risk factors: easy bruising, for example, must be included as may represent a platelet disorder (Ballas and Kraut, 2008);	
Each risk factor represents 3 points	Each risk factor represents 5 points
Age over 75 years;	Acute spinal cord injury (paralysis) (<1 month);
Any acquired congenital thrombophilia;	Elective major lower extremity arthroplasty;
Elevated anticardiolipin antibodies;	Hip, pelvis or leg fracture (<1 month);
Elevated serum homocysteine;	Multiple trauma (<1 month);
Family history of thrombosis;	Stroke (<1 month);
Heparin-induced thrombocytopenia;	
History of DVT/PE;	
Positive Factor V Leiden;	
Positive lupus anticoagulant;	
Positive Prothrombin 20210A;	
If the answer is yes:	
Type:_____	

For women only (each represents 1 point)	Total risk factor score		
	Score	Incidence of DVT	DVT Risk level
History of unexplained stillborn infant, recurrent spontaneous abortion (≥ 3), premature birth with toxemia, or growth-restricted infant;			
Oral contraceptives or hormone replacement therapy;			
Pregnancy or postpartum (<1 month);			
	0–1	<10%	Low
	2	10–20%	Moderate
	3–4	20–40%	High
	5 or more	40–80% and risk of mortality of 1–5%	Highest

Adapted from Caprini (2005). DVT, deep vein thrombosis; PE, pulmonary embolism; BMI, body mass index; COPD, chronic obstructive pulmonary disease.

Modified IMPROVE risk score

DVT risk assessment	DVT risk score
Previous VTE	3
Known thrombophilia ^a	2
Current lower leg paralysis or paresis ^b	2
Prior cancer ^c	2
ICU/CCU stay	1
Complete immobilization ≥ 1 day ^d	1
Age ≥ 60 years	1

ICU, intensive care unit; CCU, cardiac care unit; VTE, venous thromboembolism. ^aA congenital or acquired condition leading to excess risk of thrombosis (e.g., factor V Leiden, lupus anticoagulant, factor C or factor S deficiency). ^bLeg falls to bed by 5 s, but has some effort against gravity or presence hemiparesis, hemiplegia, paraplegia, and quadriplegia. ^cCancer (excluding non-melanoma skin cancer) present at any time in the last 5 years (cancer must be in remission to meet eligibility criteria). ^dConfined to bed or chair with or without bathroom privileges. Adapted from previous studies (Spyropoulos et al., 2011; Mahan et al., 2014; Rosenberg et al., 2014; Raskob et al., 2016).





Code: _____

การศึกษาที่ () 1 () 2

ใบบันทึกข้อมูล

TMSE.....คะแนน PDQ-8.....คะแนน UPDRS.....คะแนน
 เพศ..... อายุ.....ปี ส่วนสูง.....เซนติเมตร น้ำหนัก.....กิโลกรัม
 ดัชนีมวลกาย (Body mass index : BMI).....Kg/m² เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%Fat)%
 ความดันโลหิตขณะพัก (BP).....mmHg อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (HR)ครั้ง/นาที
 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (100%).....ครั้ง/นาที (208-(0.7xอายุ))
 ไขมันในช่องท้อง (Visceral Fat)..... การเผาผลาญพลังงาน (RM).....kcal
 %กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal Muscle)% %FMD..... baPWV.....
 เส้นรอบวงต้นขา ซ้าย.....cm ขวา.....cm
 เส้นรอบวงน่อง (ยืน) ซ้าย.....cm ขวา.....cm
 เส้นรอบวงน่อง (นั่ง) ซ้าย.....cm ขวา.....cm
 Five times sit-to-stand testsec
 Time up and go testsec
 10 meters walk testm/sec
 แรงดันที่ใช้ในการออกกำลังกาย (Arterial occlusion pressure)
 40% AOP =mmHg
 50% AOP =mmHg
 60% AOP =mmHg
 เวลาที่ออกกำลังกายทั้งหมด.....นาที
 Blood Lactate ก่อน หลัง
 BDNF.....
 หมายเหตุ.....



ภาคผนวก จ
ข้อตกลงการถ่ายโอนข้อมูลทางชีวภาพ (MTA)

ข้อตกลงการถ่ายโอนวัตถุทางชีวภาพ

(Material Transfer Agreement: MTA)

ข้อตกลงนี้ทำขึ้นเพื่อรักษาสิทธิในตัวอย่างชีวภาพของโครงการวิจัย เรื่อง “ผลยับยั้งและผลกระทบยาวของการฝึกเดินออกกำลังกายโดยรวมและไม่รวมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อ ระดับ BDNF การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาปริญญาโทของ นางสาวเกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภักดิ์ นิสิตระดับปริญญาเอก คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ซึ่งต่อไปในบันทึกข้อตกลงนี้ เรียกว่า “ผู้จัดหา”) ฝ่ายหนึ่ง ซึ่งยินยอมจะให้ตัวอย่างชีวภาพแก่ ผศ.ดร.สุนทรภรณ์ หันตุลา (ซึ่งต่อไปในบันทึกข้อตกลงนี้ เรียกว่า “ผู้รับ”) อีกฝ่ายหนึ่ง

ชื่อของผู้รับชีววัตถุ: ผศ.ดร.สุนทรภรณ์ หันตุลา

ที่อยู่: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ชื่อของผู้จัดหาชีววัตถุ: นางสาวเกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภักดิ์ (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ที่อยู่: คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

ตัวอย่างชีวภาพที่จัดเตรียมให้ คือ เลือด

ทั้งสองฝ่ายได้ทำบันทึกข้อตกลงกันในเรื่องดังต่อไปนี้

1. ตัวอย่างชีวภาพเป็นทรัพย์สินของผู้จัดหาชีววัตถุแต่เพียงผู้เดียว และใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น ผู้รับชีววัตถุจะไม่มีสิทธิใดๆ ในตัวอย่างชีวภาพนอกเหนือจากที่กล่าวไว้ในข้อตกลงนี้
2. ผู้รับชีววัตถุจะไม่ใช้ตัวอย่างชีวภาพเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์หรือที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของผู้จัดหา และไม่อนุญาตให้ส่งต่อไปยังบุคคลที่สาม
3. ผู้รับชีววัตถุจะไม่นำตัวอย่างชีวภาพ และข้อมูลความลับที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างชีวภาพไปเปิดเผยข้อมูลยังบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดหาชีววัตถุ
4. ข้อตกลงนี้จะสิ้นสุดลง เมื่องานวิจัยสิ้นสุดลงแล้ว ผู้รับชีววัตถุจะต้องไม่ใช้ตัวอย่างชีววัตถุนี้ต่อไป และจะทำตามคำสั่งของผู้จัดหาชีววัตถุ และจะต้องทำลายตัวอย่างชีววัตถุที่ยังคงเหลืออยู่ ความครอบครอง รวมทั้งจะส่งคืน หรือทำลาย สำเนา ตัวอย่าง และรูปจำลองของชีววัตถุนั้น และให้คำรับรองแก่ผู้จัดหาตัวอย่างชีวภาพด้วยว่าได้มีการทำลายสิ่งดังกล่าวเช่นนั้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ในนามของ

ผู้จัดหา

ผู้รับ

ลงชื่อ

ลงชื่อ

(.....)

(.....)

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

ภาควิชาสรีรวิทยา

คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ภาคผนวก ช
แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (IOC)

แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (IOC)

ชื่อเรื่อง

ผลของการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มีต่อระดับ Brain-derived neurotrophic factor การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (Blood flow restriction; BFR) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของ "โปรแกรมการฝึกเดินออกกำลังกายร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFR) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์" ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองที่ 2 ของงานวิจัย โดยขอความอนุเคราะห์จากท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมการฝึก ขอให้ท่านโปรดพิจารณาและให้ความคิดเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

- | | | |
|----|---|--|
| +1 | = | แน่ใจว่ามีความเหมาะสม/สอดคล้อง |
| 0 | = | ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสม/สอดคล้องหรือไม่ |
| -1 | = | แน่ใจว่าไม่มีความเหมาะสม/ไม่สอดคล้อง |

โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ของท่านเป็นอย่างสูง

น.ส.เกษศิรินทร์ กิตติพงษ์ภากรณ์

ผู้วิจัย

ลำดับ	รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ			ข้อเสนอแนะ
		ผู้ทรงคุณวุฒิ			
		+1	0	-1	
ส่วนที่ 1 วัตถุประสงค์และความสอดคล้อง					
1.1	ความสอดคล้องของโปรแกรมกับวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย				
1.2	ความเหมาะสมของโปรแกรมในการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ศึกษา				
ส่วนที่ 2 กลุ่มเป้าหมาย					
2.1	ความเหมาะสมของเกณฑ์คัดเข้าด้านอายุ (50 ปีขึ้นไป) และระยะของโรคระดับ 2-3				
2.2	ความชัดเจนและความเหมาะสมของเกณฑ์การคัดออกเพื่อความปลอดภัย				
ส่วนที่ 3 โครงสร้างและระยะเวลาของโปรแกรม					
3.1	ความเหมาะสมของระยะเวลาการฝึก 8 สัปดาห์				
3.2	ความเหมาะสมของความถี่ในการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์				
3.3	ความเหมาะสมของระยะเวลาพักระหว่างวันฝึก (อย่างน้อย 48 ชั่วโมง)				
ส่วนที่ 4 องค์ประกอบของการฝึกในแต่ละครั้ง					
4.1	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) 5 นาที				
4.2	ความเหมาะสมของกิจกรรมในช่วงอบอุ่นร่างกาย (การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ)				
4.3	ความเหมาะสมของระยะเวลารวมในการฝึก (30 นาที)				
4.4	ความเหมาะสมของรูปแบบการฝึก (เดิน 15 นาที, พัก 1 นาที, เดินต่อ 15 นาที)				
4.5	ความเหมาะสมของระยะเวลาในการคลายอุ่น (Cool-down) 5 นาที				
4.6	ความเหมาะสมของกิจกรรมในช่วงการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ				
ส่วนที่ 5 หลักการกำหนดความหนักและการเพิ่มความหนัก (BFR Protocol)					
5.1	ความเหมาะสมของการใช้ค่า Arterial Occlusion Pressure (AOP) ในการกำหนดความหนัก				
5.2	ความเหมาะสมของแรงดันที่ใช้ในการรัด (40% - 60% ของ AOP)				
5.3	ความเหมาะสมของลำดับขั้นในการเพิ่มความหนัก (Progression) ตลอด 8 สัปดาห์				
5.4	ความเหมาะสมของตำแหน่งการพันผ้า BFR ที่ต้นขา				
ส่วนที่ 6 ความชัดเจนและความปลอดภัย					
6.1	ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในการอธิบายขั้นตอนการฝึก				
6.2	ความครอบคลุมของมาตรการดูแลความปลอดภัยระหว่างการฝึก				
6.3	ความเป็นไปได้ในการนำโปรแกรมไปปฏิบัติจริงกับกลุ่มเป้าหมาย				
คะแนนรวม					

ลงชื่อ

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิและคะแนนประเมิน

ชื่อ-สกุล	ความเชี่ยวชาญ	ตำแหน่ง / สังกัดหน่วยงาน	คะแนน
นายแพทย์สกลวัฒน์ เจริญภักดิ์	เวชศาสตร์ฟื้นฟู (Rehabilitation)	นายแพทย์ชำนาญการ/ โรงพยาบาลกรุงเทพ เชียงใหม่	0.95
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาคภูมิ พิลีก	สรีรวิทยาการออกกำลังกาย (Exercise physiology)	ประธานหลักสูตรสาขาวิทยาศาสตร์ การกีฬาและการออกกำลังกาย/ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	0.95
นายแพทย์วิฑูร มิตรานันท์	อายุรกรรมระบบประสาท (Neurologist)	นายแพทย์ชำนาญการ/ โรงพยาบาลบุรีรัมย์	0.90
คะแนนเฉลี่ย			0.93

จากสูตร

$$IOC = \sum R / n$$

โดยที่

IOC	คือ	ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับเครื่องมือ
$\sum R$	คือ	ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
n	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินและโปรแกรมการออกกำลังกายเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Content validity) ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of item-objective congruence; IOC) ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.93 คะแนน จากนั้นจึงนำเครื่องมือไปใช้ในการทดลองต่อไป



การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด

จะทำการเจาะเลือดโดยพยาบาลวิชาชีพทั้ง 2 ตัวแปร ดังนี้

1. การตรวจวัดระดับ Blood lactate

จะทำการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้ว ก่อนออกกำลังกาย (นาทิตี 0) และหลังออกกำลังกายเสร็จทันที (นาทิตี 36) ด้วยชุดอุปกรณ์ตรวจวัด Lactate meter สามารถอธิบายได้ ดังนี้

(and) ตรวจสอบหมายเลขที่ Code card, เครื่องตรวจวัด และขวดบรรจุแผ่นทดสอบว่าตรงกันหรือไม่ Code card จะต้องใส่ลงในเครื่องตรวจวัดเสมอก่อนเริ่มการใช้งาน

(and) นำแผ่นทดสอบออกมาจากขวดบรรจุและใส่แผ่นทดสอบเข้าไปในช่องที่อยู่ด้านล่างของเครื่องตรวจวัด

(3) นำหยดเลือดแต่ละที่แผ่นทดสอบให้เต็มบริเวณตำแหน่งทดสอบ รอผลประมาณ 30-45 วินาที อ่านค่าและบันทึกผล

2. การตรวจวัดระดับ BDNF

ทำการเจาะเลือดบริเวณข้อพับด้านใน (Antecubital vein) 1 ข้อนชา (ปริมาตร 5 มิลลิลิตร) หลังจากออกกำลังกายเสร็จเพื่อนำไปตรวจวัดระดับ BDNF ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที โดยเก็บตัวอย่างเลือดในหลอดจุกสีแดง วางหลอดไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30-45 นาที แล้วปั่น 10 นาทีที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที จากนั้นเก็บตัวอย่างซีรัมในกระดิกขนส่งโลหิตนำไปแช่ที่อุณหภูมิ -20°C แล้วขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมีผู้รับมอบคือ ผศ.ดร.สุนทราภรณ์ หันตุลา ลงลายมือชื่อในเอกสารข้อตกลงการถ่ายโอนวัตถุทางชีวภาพ (MTA) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80°C เพื่อเตรียมตรวจวัด BDNF ด้วยเทคนิค Elisa

การเจาะเลือดบริเวณข้อพับ สามารถอธิบายได้ ดังนี้

(and) ใช้สำลีชุบ 70% แอลกอฮอล์เช็ดฆ่าเชื้อผิวหนังบริเวณที่จะเจาะ

(and) กรณีเจาะด้วยเข็มสองปลายปล่อยให้ระบบสุญญากาศดูดเลือดเข้าไปเอง จนครบปริมาตร เลือดที่กำหนดไว้แล้วค่อย ๆ ดึงหลอดออก

(3) กรณีที่เจาะเลือดยากและต้องเจาะด้วย Syringe เมื่อได้เลือดครบตามปริมาตรที่ต้องการแล้วให้ปลดเข็มออก จากนั้นค่อย ๆ ดันเลือดลงไปในหลอด ปิดจุกกลับคืนหลอดให้ถูกต้อง โดยสังเกตว่าสีจุกและสีป้ายฉลากหลอดเลือดเป็นสีเดียวกัน

(4) ในระหว่างที่เก็บกลุ่มตัวอย่างยังไม่ครบให้เก็บตัวอย่างเลือดไว้ในกระดิกขนส่งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4°C (On ice)

(5) เมื่อใส่เลือดลงหลอดเลือดที่มีสารกันเลือดแข็ง ต้อง Mix เลือดโดยเอียงหลอดเลือดเป็นมุม 180 องศา 5-10 ครั้ง แบบ End-over-end inversion เพื่อให้เลือดและสารกันเลือดแข็งผสมกันได้ดีและเลือดไม่แข็งตัว (Clot)

วิธีการตรวจวัดระดับ BDNF สามารถอธิบายได้ดังนี้

(and) เติมตัวอย่างซีรัม และ Standard control ปริมาตร 100 μ l ลงในหลุมของ Elisa plate ที่มีการเคลือบ (Coat) ด้วย Capture antibody จากนั้นปิด Wells ด้วย Sealing tape ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้าง Plate ด้วย Washing buffer (0.05% Tween 20 in PBS, pH 7.2) จำนวน 3 ครั้ง เติม Blocking solution ปริมาตร 300 μ l ของลงในหลุมของ ELISA Plate ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปิด Wells ด้วย Sealing tape ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้าง Plate ด้วย Washing buffer (0.05% Tween 20 in PBS, pH 7.2) จำนวน 3 ครั้ง เติม Detection antibody ปริมาตร 100 μ l ของลงในหลุมของ Elisa plate ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และปิด Wells ด้วย Sealing tape ตั้ง Plate ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างด้วย Washing buffer (0.05% Tween 20 in PBS, pH 7.2) จำนวน 3 ครั้ง เติม Streptavidin-HRP ปริมาตร 100 μ l ของลงในหลุมของ Elisa plate ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และปิด Wells ด้วย Sealing tape ตั้ง Plate ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นล้างด้วย Washing buffer (0.05% Tween 20 in PBS, pH 7.2) จำนวน 3 ครั้ง ทำการตรวจสอบปฏิกิริยาโดยเติม TMB substrate ปริมาตร 100 μ l และ Incubate ในที่มีมืดนาน 20 นาที พบว่าสารละลายใน wells จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ทำการหยุดปฏิกิริยาโดยการเติม Stop solution (2N H₂SO₄) ปริมาตร 50 μ l พบว่าสารละลายภายใน Wells จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง นำ Elisa plate ไปวัดค่า Optical density (OD) ที่ 450 nm

(and) การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด จะทำการสังเคราะห์ (Analysis) ณ ห้องปฏิบัติการชีวเคมี คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมีผู้ควบคุมดูแลกระบวนการในการสังเคราะห์ตัวอย่าง BDNF จากสมอง ได้แก่ ผศ.ดร.สุนทราภรณ์ หันตุลา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ผู้เชี่ยวชาญในการใช้ Elisa ซึ่งเป็นการทดสอบที่ใช้แอนติบอดี (Antibody) และการเปลี่ยนแปลงของสีในการวิเคราะห์หรือหาตัวตนของสาร นิยมใช้ในการหาความเข้มข้นของแอนติเจน (Antigen) ในสารละลายด้วย Human BDNF Elisa Kit จากนั้นทำการอ่านผลระดับความเข้มข้นของ BDNF (Concentration of BDNF) ด้วยเครื่อง Microplate reader โดยตั้งค่า Wavelength ที่ 450 nm โดยอ่านผลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (Standard wavelength)



ภาคผนวก ณ
เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย



ชุดอุปกรณ์การฝึกจำกัดการไหลเวียนเลือด (BFR)



เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล



กรวย

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย (ต่อ)



เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย



เครื่องอัลตราซาวด์สำหรับตรวจวัดค่า FMD

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย (ต่อ)



เครื่องตรวจวัดความแข็งของหลอดเลือด (baPWV)



กระติกขนส่งโลหิต

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย (ต่อ)



ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดระดับ Blood lactate



ชุดตรวจ Human BDNF elisa kit

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย (ต่อ)



เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง

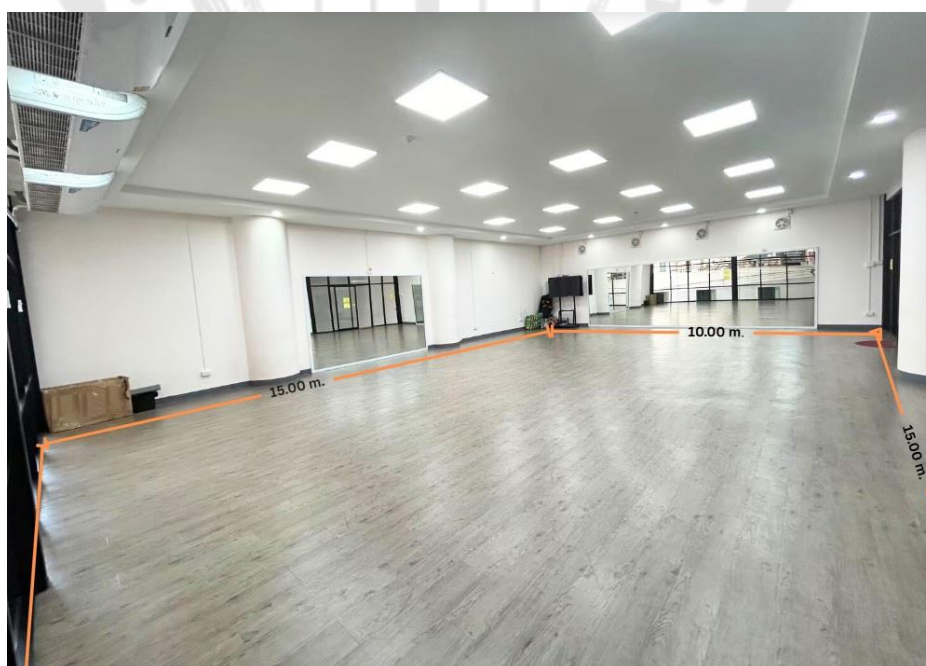


นาฬิกาจับเวลา



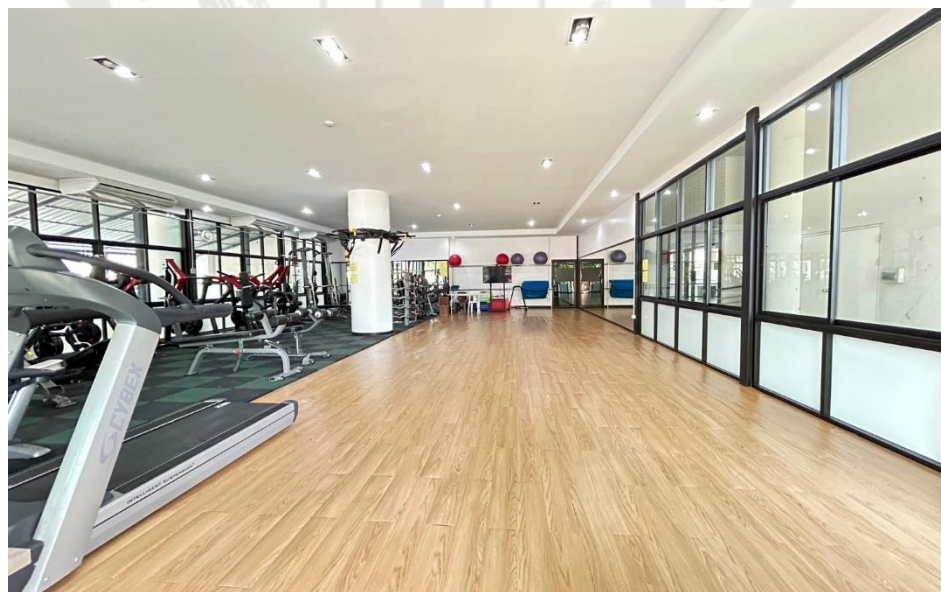
สายวัด

สถานที่ในการวิจัย



ห้องฝึกเดินออกกำลังกาย

สถานที่ในการวิจัย (ต่อ)



ห้องทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย

สถานที่ในการวิจัย (ต่อ)

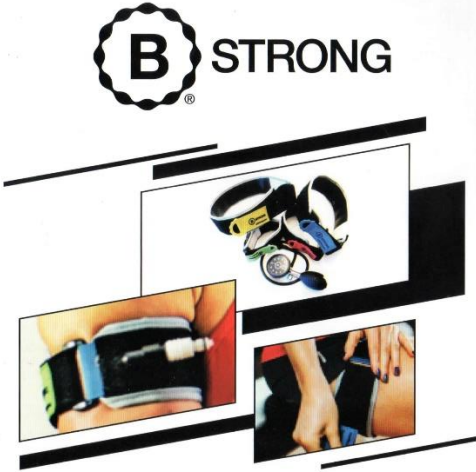


ห้องเจาะเลือดและตรวจวัดการทำงานของหลอดเลือด

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ BFR

คู่มือการใช้
B STRONG TRAINING SYSTEM

B STRONG



บริษัท พาวเวอร์ อิน มี จำกัด ตัวแทนจำหน่ายอย่างเป็นทางการในประเทศไทย
www.bstrongthailand.training

คู่มือปฏิบัติและวิธีการใช้งาน



SCAN QR CODE
เพื่อดูวิดีโอ
วิธีการใช้สายรัด B STRONG

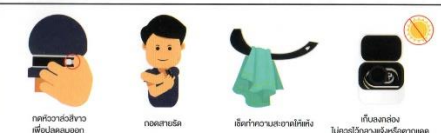
การใส่สายรัด



การใส่ลมในสาย



การถอดสายรัด



ข้อควรระวัง ความรู้สึก ชา เจ็บ หรือ บวม ไม่ควรเกิดขึ้นบนส่วนของสายรัด B Strong หากเกิดอาการเหล่านี้ ให้ลดแรงดันลม หรือ ปลดสายรัดออก และ ถอดสายรัดทันที ควรปรึกษาแพทย์ หรือ ผู้เชี่ยวชาญ B Strong



การสวมสายรัด B STRONG ที่ต้นขา

1. ตรวจสอบว่าไม่มีแผลในสายรัดก่อนสวมใส่ ถ้ามีแผลอยู่ ให้ปล่อยจนหายดีก่อนสวมใส่ โดยคาดสายรัดข้อเท้าและบนสายรัดเพื่อให้อยู่ตรงตำแหน่งก่อนสวมใส่
2. ให้ดึงบนเก้าอี้ แล้วใส่สายรัด B STRONG ที่ต้นขา โดยให้สายรัดข้อเท้าอยู่ด้านบนของขาและรัดด้านในให้สายรัดข้อเท้าอยู่สูงที่สุดจากขา
3. นำสายรัดด้านที่ติดเกส (น้ำเงินหรือเหลือง) สอดผ่านห่วงโลหะเพื่อให้อยู่ตรงตำแหน่งตามตำแหน่งที่ระบุ
4. สวมสายรัด B STRONG ตรงบริเวณต้นขาทั้งสองข้าง ตรวจสอบความแน่นของสาย โดยให้สายรัดแนบกับขาโดยสายรัดไม่หลวมเกินไปจนสามารถหลุดได้เอง
5. ต่อสายจูงเข้ากับห่วงสายรัดข้อเท้าของสาย B STRONG เมื่อติดกับส้นเท้าจะได้ยินเสียงคลิก
6. หมุนสายรัดให้เกสหันด้านหน้าติดกับข้อเท้า และทำการติดบนเท้าในสายรัดตามตารางด้านล่าง
7. เมื่อปรับบนเก้าอี้จนเป็นแสดงค่าแรงดันตามตารางที่กำหนดไว้ ปล่อยสายรัดขึ้นออก และทำการติดบนสายรัดอีกข้างหนึ่ง
8. เมื่อสายรัดทั้งสองไม่มีการติดบนเกสเรียบร้อยแล้ว และมีการจับหรือลาก ทุบก็พร้อมที่จะออกกำลังกาย

สายรัด B STRONG	แรงดันเริ่มต้นสำหรับการใช้ครั้งแรก
สีน้ำเงิน	200 mmHg
สีเหลือง	250 mmHg

รัดสายให้กระชับ



วางสายรัดด้านหน้าและชี้เข้าหาหัว

คำแนะนำหลังจากออกกำลังกายด้วย B Strong

1. ปล่อยแขนออกจากสายรัดทุกเส้น ก่อนถอดสายรัด
2. ถอดสายรัดออก และทำความสะอาดสาย
3. พักสายรัดทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง (ห้ามใช้หรือสวมใส่ซ้ำ หรือตากแดด)
4. เก็บสายรัดลงกล่อง

คำเตือน

ผู้ใช้งาน B Strong Training System ต้องศึกษาข้อมูลและปรึกษาแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญ B Strong ก่อนเริ่มโปรแกรม โดยมีคำเตือนดังนี้

- การใช้อุปกรณ์นี้ด้วย หรือสวมใส่ไม่ตรงกับบริเวณที่กำหนด อาจทำให้เกิดอาการบาดเจ็บรุนแรงได้
 - ควรปรึกษาแพทย์และผู้เชี่ยวชาญ B STRONG ก่อนเริ่มโปรแกรม โดยเฉพาะหากมีประวัติโรคที่เกี่ยวข้องหัวใจ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน โรคกล้ามเนื้อหัวใจโตหรือล้มเหลวของหัวใจ หรือโรคหลอดเลือด
 - ห้ามใช้ความพยายามออกกำลังกาย
 - ห้ามใช้สายรัด B STRONG แทนแรงดันของหัวใจ หรือแรงดันที่อาจจะทำให้รู้สึกเจ็บหรือปวดบริเวณที่สายรัดอยู่ หรือใช้รับแรงดันที่อาจทำให้หลอดเลือดหัวใจหรือหลอดเลือด
 - ห้ามใช้แรงดันจากบนต้นขาที่กำหนดไว้ หรือเกินความสามารถของหัวใจ
 - ห้ามสวมสายรัด B STRONG นานเกิน 20 นาที
 - ห้ามใช้น้ำหนักหรือแรงดันเกิน 30% ของ 1 RM (Rep Max) ในขณะที่ออกกำลังกายด้วย B STRONG
 - ห้ามใช้วิธีฝึกวิ่งวิ่งบนสายรัด หรือใช้สายรัดวิ่งบนสายรัด ในขณะที่ออกกำลังกายด้วย B STRONG จะทำให้หลอดเลือดออกกำลังกายที่ และอาจส่งผลต่อหลอดเลือดจากสายรัด และหลอดเลือดออก
 - ห้ามออกกำลังกายด้วย B STRONG จนรู้สึกการกดหรืออึดอัดจนไม่สามารถเดินหรือออกกำลังกายได้
- บริษัท พาวเวอร์ อิม บี จำกัด - ผู้นำเข้า ผู้แทนจำหน่าย ผู้ทำการอบรมให้ความรู้ - รวมกับผู้เชี่ยวชาญและทีมงาน B Strong ซึ่งผ่านการอบรมจากบริษัท รวมทั้งหมดจำนวน 1 คนที่ได้รับการแต่งตั้งจากบริษัท ไม่มีหน้าที่ในการรับผิดชอบการบาดเจ็บส่วนบุคคล (personal injury) หรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ B Strong Training System

คำเตือนสำหรับผู้ที่เป็น Sickle Cell Disease (SCD) หรือ Sickle Cell Trait (SCT)

- ผู้ที่เป็นโรคเม็ดเลือดแดงผิดปกติ (Sickle Cell Disease-SCD, homozygous for Hemoglobin S) ไม่ควรออกกำลังกายด้วย Blood Flow Restriction (BFR) Training
- ยังไม่มีการศึกษาความเสี่ยงสำหรับผู้ที่เป็น Sickle Cell Trait (SCT) (heterozygous for Hemoglobin S) ที่ออกกำลังกายด้วย Blood Flow Restriction (BFR) Training ในทางทฤษฎี ผู้ที่เป็น SCT มีความเสี่ยงในการที่กล้ามเนื้อขาดออกซิเจน (severe hypoxia) โดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่อยู่ส่วนล่างของสายรัด - ไม่แนะนำให้ผู้ที่เป็น SCT ออกกำลังกายด้วย B Strong

สตรีมีครรภ์

ไม่แนะนำให้สตรีมีครรภ์ใช้ B Strong Training System

คำเตือน สิ่งที่ทำให้อุปกรณ์ B STRONG หมดอายุการใช้งานก่อนกำหนด

1. การไม่ปล่อยแขนออกจากสายรัดหลังจากใช้งาน
2. ความเสียหายที่เกิดจากความร้อน การตากแดด การใส่บนพื้นเปียก
3. นิยมหล่น หรือถูกกระแทก

แผ่นพับประชาสัมพันธ์

เกี่ยวกับโครงการ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริญญานิพนธ์ หัวข้องานวิจัยเรื่อง “ผลยับยั้งและผลกระตุ้นของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยรวมและโปรตีนกับการจำกับการไหลเวียนเลือด ที่มียีน BDNF การเดิน และความรุนแรงของโรค ในผู้ป่วยพาร์กินสัน”

ในวาระครบ 10 ปีของคณะ...คือความสุขของครอบครัว

สนใจเข้าร่วม

ผู้วิจัยที่รับผิดชอบ
โทร. 082-263-8989
นางสาวเกศศิริภรณ์ กิตติพงษ์ภักดิ์
นิสิตระดับปริญญาเอก
หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิต มิตรานันท์
นายแพทย์วิศิษฐ์ ชีระดิณิกานนท์
ดร.สุนทรภรณ์ พันธุลา

สถานศึกษา
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ทำงาน
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
และการออกกำลังกาย
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

โครงการออกกำลังกายสำหรับผู้ป่วยพาร์กินสัน

โดย ผศ.ดร.วิจิต มิตรานันท์
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประโยชน์ที่ท่านจะได้รับ

การทำงานของระบบประสาท
เพิ่มระดับ BDNF หนึ่งในโปรตีนที่สำคัญต่อการทำงานของระบบประสาทและสมองบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย

ออกกำลังกายเป็นระบบ
สนุกและเพลิดเพลินไปกับการออกกำลังกาย โดยมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยด้านสุขภาพกำกับดูแลการฝึกอย่างเหมาะสมและปลอดภัย

ป้องกันอุบัติเหตุ
มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น ช่วยให้การเดินและการทรงตัวดีขึ้น ลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม

ตรวจประเมินสุขภาพ
ทราบข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบร่างกาย สบตรวจการเดิน การทรงตัว การทำงานของหลอดเลือดและกล้ามเนื้อ

คุณภาพชีวิต
ช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานทั้งด้านกิจวัตรประจำวันและจิตใจ มีความสุขในการใช้ชีวิตประจำวันมากขึ้น

รายละเอียด

อาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมดจะถูกสุ่มลงกลุ่ม แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

- ✓ กลุ่มควบคุม
- ✓ กลุ่มเดินปกติ
- ✓ กลุ่มเดินร่วมกับใส่อุปกรณ์การฝึก BFR

สถานที่ในการออกกำลังกาย ได้แก่ ห้องฟิตเนสของสาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

- ออกกำลังกายครั้งละประมาณ 30-45 นาที
- สัปดาห์ละ 2 วัน x 8 สัปดาห์ รวม 16 ครั้ง
- มีการวัดผล ประเมินผล และเจาะเลือด ก่อนและหลังการเข้าร่วม
- ควบคุมดูแลทุกขั้นตอน โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย
- มีรถรับ-ส่งในการเดินทางมาออกกำลังกาย

ไม่มีค่าใช้จ่าย

ตัวอย่างเครื่องมือและอุปกรณ์


ชุดอุปกรณ์ BFR


เครื่องอัลตราซาวด์


เครื่องวัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นหัวใจ


เครื่องวัดน้ำหนักและมวลไขมัน


เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด


โทรศัพท์มือถือ


อุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ตัวอย่างสถานที่





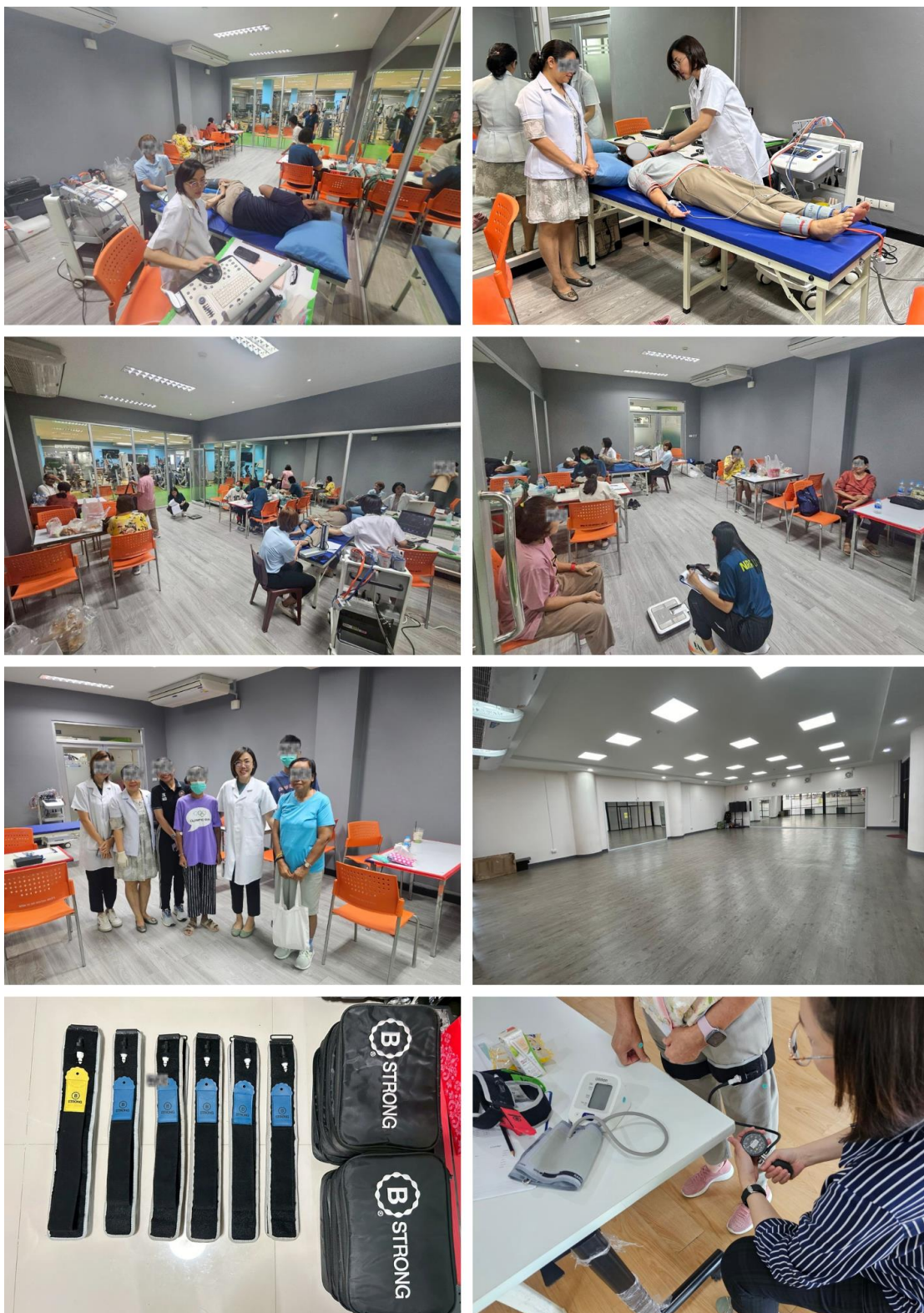

ภาคผนวก ญ
ภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย



ภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย



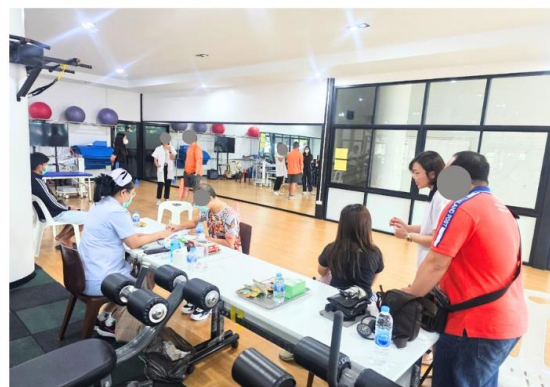
ภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)



ภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)



ภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)



ภาคผนวก ก
หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์





AF19-03-03.1
August, 2023

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ชื่อโครงการวิจัย : ผลฉับพลันและผลระยะยาวของการฝึกเดินออกกําลังกายโดยรวมและไม่รวมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือด
ที่มีต่อระดับ BDNF การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวเกศศิรินทร์ กิตติพงษ์ภากรณ์

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หมายเลขรับรองโครงการวิจัย : SWUEC-661017

รายการเอกสารที่รับรอง :

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณา | ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567 |
| 2. โครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ | ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567 |
| 3. แบบคำชี้แจงสำหรับอาสาสมัคร | ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567 |
| 4. แบบยินยอมให้ทำการวิจัยจากผู้ถูกวิจัย | ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567 |
| 5. เครื่องมือการวิจัย/ แบบบันทึกข้อมูล | ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567 |
| 6. ประวัติผู้วิจัย | ฉบับที่ 2 ลงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2567 |

ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยยึดหลักเกณฑ์ตาม Declaration of Helsinki, Belmont Report, International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP), International Guidelines for Human Research ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการวิจัยนี้ได้

วันที่รับรอง : 31 มีนาคม 2567

วันที่หมดอายุ : 30 มีนาคม 2568

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ (ชุดที่ 1)
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

หน่วยจริยธรรมและมาตรฐานการวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาคารนวัตกรรม ศ.ดร.สาโรช บัวศรี ชั้น 17

โทร. (02) 6495000 ต่อ 17503, 17506 โทรสาร (02) 2042590



คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

สำนักงาน: ชั้น 7 อาคารเฉลิมพระเกียรติ โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา 49 ถ.ช้างเผือก ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

Maharat Nakhon Ratchasima Hospital Institutional Review Board (MNRH IRB)

Office: 7th floor, Chalermphrakiet Building, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital, 49 Chang Phueak Rd.,
Mueang District, Nakhon Ratchasima Province, 30000 THAILAND Tel. +66 44 235917 Email mnrhrib@hotmail.co.th

ใบรับรองเลขที่ 073/2024

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมาดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่เป็นมาตรฐานสากลได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guidelines และ International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP

ชื่อโครงการวิจัย : ผลฉับพลัน และผลระยะยาวของการฝึกเดินออกกำลังกายโดยรวม และไม่รวมกับการจำกัดการไหลเวียนเลือดที่มี ต่ำระดับ BDNF การเดิน และความรุนแรงของโรคในผู้ป่วยพาร์กินสัน

เลขที่โครงการวิจัย : 67052

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวเกศศิริพันธ์ กิตติพงษ์ภากรณ์

สังกัดหน่วยงาน : นิสิตรระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วิธีทบทวน : คณะกรรมการเต็มชุด (Full board)

รายงานความก้าวหน้า : อย่างน้อยปีละครั้ง/เมื่อสิ้นสุดการวิจัยในกรณีที่ระยะเวลาดำเนินการวิจัยไม่ถึง 1 ปี/ทุก 1 ปี

เอกสารที่ได้รับการทบทวน

1. แบบประเมินตนเองโดยผู้วิจัย
2. แบบยื่นขอรับรองจริยธรรม
3. โครงร่างวิจัยฉบับเต็ม
4. แบบบันทึกข้อมูล แบบสอบถาม
5. เอกสารชี้แจงอาสาสมัคร
6. เอกสารแสดงความยินยอมของอาสาสมัคร
7. ประวัติผู้วิจัย
8. เอกสารแสดงรายละเอียดค่าใช้จ่าย และแหล่งทุนสนับสนุน
9. เอกสารเปิดเผยการมีผลประโยชน์ทับซ้อน และทุนวิจัย

ลงชื่อ

(นางกัญญาลักษณ์ ณ รัชชี)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

ลงชื่อ

(นายแพทย์ประวิณ ตันตพระภา)

ผู้อำนวยการโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

วันที่รับรอง : 20 มิถุนายน 2567

วันหมดอายุ : 19 มิถุนายน 2568

ภาคผนวก ก
การเผยแพร่ผลงานในวารสารต่างประเทศ (Q2)



Research Article

Association between Calf and Thigh Circumference with Clinical and Functional Characteristics in Parkinson's Disease

Ketsirin Kittipongphakorn^{1,2}, Wisan Teeratanikanon³, Soontaraporn Huntula⁴, Witoon Mitarnun⁵, Supaporn Silalertdetkul¹, Watunyou Khamros¹, Witid Mitranun^{1*}

¹Department of Sports Science, Faculty of Physical Education, Sports, and Health, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhon Nayok 26120, Thailand

²Department of Sport and Exercise Science, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Mueang, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

³Neurology Unit, Department of Medicine, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital, Mueang, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

⁴Department of Physiology, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University, Watthana, Bangkok 10110, Thailand

⁵Neurology Unit, Department of Internal Medicine, Buriram Hospital, Mueang, Buriram 31000, Thailand

Keywords: Unified Parkinson's disease rating scale, Sarcopenia, Neurodegenerative disorder

Health Psychology Research

Vol. X, 2025

Background

Lower extremity circumference may serve as a practical screening tool for sarcopenia in older adults. However, research on calf circumference (CC) and thigh circumference (TC) in Parkinson's disease (PD) remains limited.

Objective

This study examines the relationship between CC and TC and clinical characteristics, functional performance, disease severity, quality of life, and cognitive function in PD.

Methods

This cross-sectional study involved 24 patients with PD. Clinical characteristics, functional performance tests, CC, and mid-TC were assessed. Disease severity was evaluated using the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS), cognitive function with the Thai Mental State Examination, and quality of life using the PD Questionnaire-8. Linear regression analysis was performed to explore relationships between lower extremity circumferences and related factors.

Results

The patients had a mean age of 64.4 years (standard deviation [SD]: 7.22), and included 11 men (45.8%). The average disease duration was four years (SD: 1.12). Based on the CC criteria, eight patients were identified as having sarcopenia. Both CC and TC were negatively correlated with UPDRS part II scores. The left and right CC also showed significant negative correlations with the Parkinson's Disease Questionnaire-8 (PDQ-8) mobility score. Specifically, left CC was associated with a β coefficient of -1.940 (95% confidence interval [CI] of B: $-3.628 - -0.251$, $p=0.026$), and right CC with a β of -1.961 (95% CI of B: $-3.657 - -0.265$, $p=0.025$).

Conclusion

The negative correlations between lower extremity circumferences and UPDRS part II and PDQ-8 mobility scores suggest that reduced muscle circumferences may indicate greater impairment in daily activities and mobility.

*Corresponding author:

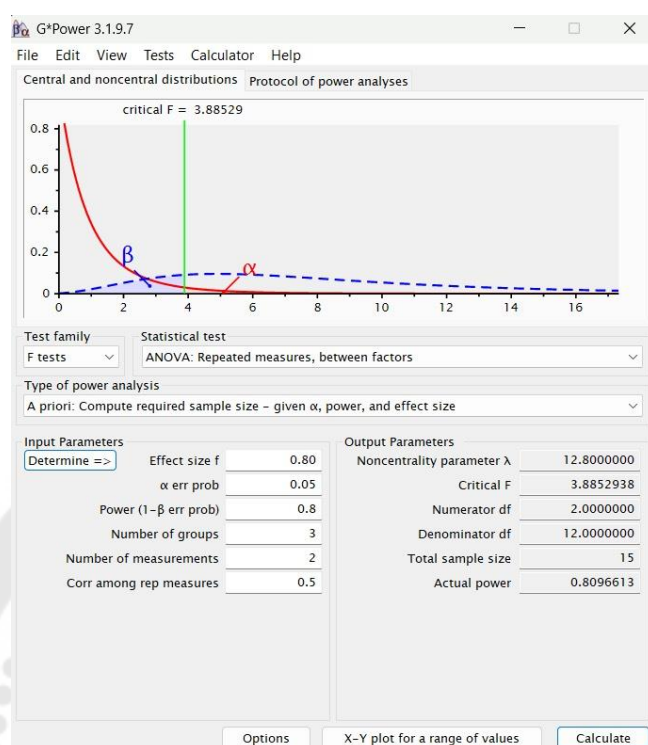
Witid Mitranun

Department of Sports Science, Faculty of Physical Education, Sports, and Health, Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhon Nayok 26120, Thailand.

Email: mitranunwitid@hotmail.com



การคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power



การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Power Analysis)

ในการวิจัยเชิงทดลองนี้ ได้มีการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power version 3.1.9.7 เพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์แบบ Repeated measures ANOVA ระหว่างปัจจัย (Between-subject factors) ในการทดลองที่มีกลุ่มทดลองจำนวน 3 กลุ่ม และการวัดซ้ำ 2 ครั้ง โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการคำนวณ มีดังนี้ (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007)

Effect size (f) = 0.80

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) = 0.05

พลังการทดสอบ (Power, $1-\beta$) = 0.80

จำนวนกลุ่มทดลอง = 3 กลุ่ม

จำนวนการวัดซ้ำ = 2 ครั้ง (ก่อนและหลังการทดลอง)

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการวัดซ้ำ (Corr among rep measures) = 0.50 (Moderate)

จากการคำนวณ พบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่เหมาะสม คือ 15 คน (กลุ่มละ 5 คน) ซึ่งสามารถให้พลังทางสถิติได้ถึง 80.9% (Actual power = 0.809)

