



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของการออกกำลังกายส่วนแขนต่อเมแทบอลิซึม
ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2

Effects of arm exercise on metabolic parameters in type 2 diabetic patients

โดย ผศ.นฤมล ลีลาวัฒน์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เสร็จโครงการเมื่อ 9 มิถุนายน 2549



สัญญาเลขที่ MRG4780118

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ผลของการออกกำลังกายส่วนแขนต่อเมแทบอลิซึม
ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2

Effects of arm exercise on metabolic parameters in type 2 diabetic patients

ผศ.นฤมล ลีลาวัณน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
บทคัดย่อ	2
บทนำ	4
ระเบียบวิธีวิจัย	12
ผลการทดลอง	15
บทวิจารณ์	20
บทสรุป	24
เอกสารอ้างอิง	26
Output จากโครงการ	32
1. manuscript เรื่อง Effects of arm exercise on cardiovascular risks in type 2 diabetic Thai patients (กำลังดำเนินการ)	
2. บทความเผยแพร่	
3. โปสเตอร์แสดงผลงานในการประชุม 1st International Congress on "Prediabetes" and the Metabolic Syndrome – Epidemiology, Management and Prevention of Diabetes and Cardiovascular Disease" ที่ Berlin, Germany, 13-16 เมษายน, 2548 จำนวน 2 เรื่อง คือ	
2.1. "Oxidative Stress and cardiovascular risks in type 2 diabetes mellitus"	
2.2. "Pulmonary function and cardiovascular risks in type 2 diabetes mellitus"	
4. โปสเตอร์แสดงผลงานในการประชุม The 8th European Congress on Endocrinology ที่ Glasgow, Scotland 1-5 เมษายน 2549 เรื่อง Effects of arm exercise on metabolic parameters in type 2 diabetic Thai patients	
5. แผ่นพับ "การแกว่งแขน"	
ภาคผนวก:	
ภาคผนวก 1: บทความเผยแพร่	33
ภาคผนวก 2: บทคัดย่อของผลงานที่นำเสนอในการประชุม	35

ภาคผนวก 3: แบบบันทึกต่างๆ	38
ภาคผนวก 4: แผ่นพับแสดงการแกว่งแขน	44
ภาคผนวก 5: หนังสืออนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	46

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการทำวิจัยให้กับนักวิจัยรุ่นใหม่ ปี 2547 ซึ่งได้ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถทำการวิจัยจนได้ผลสำเร็จ และได้ผลการวิจัยที่มีประโยชน์ต่อประชาชน ทั้งที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานและประชาชนทั่วไป นอกจากนี้ขอขอบคุณนักวิจัยพี่เลี้ยง รศ. ยุพา คู่คงวิริยพันธุ์ ที่ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ ส่งผลให้การวิจัยสำเร็จด้วยดี ขอขอบคุณ ผศ. ชงชัย ประภูณวัตร ผศ.อรทัย ดันกำเนิดไทย ผศ.ณิชาพันธ์ ปัญญาเอก และ นางสาวณทนา ดอนโสม ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล การหาเอกสารอ้างอิง อย่างดียิ่ง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของ primary health care unit (PCU) ของหมู่บ้านสามเหลี่ยมและหมู่บ้านโนนม่วง อ.เมือง จ.ขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการรวบรวมอาสาสมัคร ขอขอบคุณ รศ. วีรพล คู่คงวิริยพันธุ์ ที่ได้ช่วยวิเคราะห์สถิติของข้อมูลได้อย่างครบถ้วน และขอขอบคุณ อาสาสมัครทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และที่ขาดไม่ได้ที่ต้องขอขอบคุณ คือ คุณแม่และครอบครัวทุกคน ที่เป็นกำลังใจในการทำงานตลอดมา จนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย

2549

บทคัดย่อภาษาไทย

รหัสโครงการ : MRG4780118
 ชื่อโครงการ : ผลของการออกกำลังกายส่วนแขนต่อเมแทบอลิซึมในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ประเภท 2
 ชื่อนักวิจัย และสถาบัน : ผศ.นฤมล ลีลาวัฒน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 e-mail address : naruemon@kku.ac.th
 ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี

เนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงกว่าปกติเป็นเวลานานในผู้ป่วยเบาหวาน มีผลทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจและหลอดเลือดตามมา ทั้งนี้การออกกำลังกายในรูปแบบประเทศทางตะวันตกมีผลควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ในขณะที่การแกว่งแขนอันเป็นการออกกำลังกายในรูปแบบทางเอเชีย ซึ่งมีวิธีการที่ไม่รุนแรงจนเกินไป ทำให้มีความปลอดภัยต่อข้อต่อต่างๆ ในขณะออกกำลังกายนั้น ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ถึงประโยชน์ต่อร่างกายในด้านเหล่านี้ ซึ่งหากได้ข้อมูลรับรองผลที่น่าจะทำให้ได้รับการส่งเสริมให้เป็นทางเลือกหนึ่งของการออกกำลังกาย เพื่อให้ประชาชนได้นำมาส่งเสริมสุขภาพร่างกายได้อย่างมีคุณภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ที่จะศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระดับน้ำตาล (HbA_{1c} และ FBG) และไขมัน high density lipoprotein (HDL) ในเลือดและการเพิ่มความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน (insulin sensitivity) ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 วิธีการ การวิจัยนี้แบ่งเป็นสองช่วงโดยอาสาสมัครชายและหญิงซึ่งมี 43 คน (ชาย 9 คน หญิง 34 คน) (อายุเฉลี่ย 58 ± 1.1 ปี) ทุกคนจะทำการทดลองสองช่วงติดต่อกัน (ช่วงละ 8 สัปดาห์) คือ ช่วงที่ 1 ไม่ออกกำลังกาย ตามด้วย ช่วงที่ 2 ออกกำลังกายเป็นประจำโดยการแกว่งแขนนาน 30 นาที สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังของแต่ละช่วง โดยได้ทำการวัด ระดับน้ำตาล, HbA_{1c} , ไขมัน, และ high sensitive C reactive protein ในเลือดหลังอดอาหารอย่างน้อย 6 ชั่วโมง ก่อนและหลังของแต่ละช่วง ผลการทดลอง หลังการฝึกออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน ระดับ HbA_{1c} มีค่าน้อยกว่าช่วงที่ไม่ได้ฝึกออกกำลังกาย (8.9 ± 0.3 และ 8.7 ± 0.3 % ตามลำดับ; $P < 0.05$) นอกจากนี้ HbA_{1c} มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารอย่างน้อย 6 ชั่วโมง ระดับไขมันชนิดดี HDL และ triglycerides แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ของ ระดับไขมันชนิดอื่น ความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน high sensitive C reactive protein และ โครงสร้างร่างกาย สรุป การฝึกแกว่งแขนมีผลลด HbA_{1c} ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ดังนั้นการฝึกแกว่งแขนจึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ทำให้ลดโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 ซึ่งในอนาคตน่าจะศึกษารูปแบบของการแกว่งแขนที่ทำให้มีผลต่อการลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดให้มากขึ้น

คำสำคัญ : การฝึกออกกำลังกายส่วนแขน, HbA_{1c} , ความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน, โรคเบาหวาน

Abstract

Project Code : MRG4780118
Project Title : Effects of arm exercise on metabolic parameters in type 2 diabetic patients
Investigator : Naruemon Leelayuwat
e-mail address : naruemon@kku.ac.th
Project Period : 2 ปี

Hyperglycaemia contributes to complications in diabetic patients, especially cardiovascular disease. Regular exercise in western style is well known for the beneficial effect on glycaemic control. Thus it can reduce cardiovascular risks. However, the effect of arm swing which is a kind of Asian exercise on glycaemic control has not been studied. The low impact on joints such as knees and ankles it produces should make it be an appropriate exercise for elderly diabetic patients. Scientific results will support health promotion of this type of exercise. Therefore, the present study aimed to investigate effects of arm exercise training on blood glucose (fasting blood glucose; FBG and glycosylated haemoglobin; HbA_{1c}) and high density lipoprotein (HDL) concentrations and insulin sensitivity in type 2 diabetic Thai patients. **Methods:** Nine male and 34 female diabetic patients (aged 58 ± 1.1 yrs) without cardiovascular disease in urban area in Khon Kaen province were recruited in the present study. They performed 30-min arm swing per day, 3 days per week for 8 weeks. Eight weeks before the exercise period they maintained daily life without regular exercise. Fasting blood glucose, HbA_{1c} concentrations, lipid profiles and anthropometry were measured before and after each period. **Results:** There was lower HbA_{1c} concentration after exercise training than the control period (8.9 ± 0.3 and 8.7 ± 0.3 % respectively; $P < 0.05$). HbA_{1c} concentrations were related to fasting blood glucose and triglycerides. However, there were no differences on lipid profiles, insulin sensitivity, high sensitive C reactive protein and anthropometric parameters between any periods. **Conclusions:** These results suggest that thirty-min arm swing per day for 8 weeks contributes to a reduction in blood HbA_{1c} concentration in Diabetes Mellitus type 2 patients. HbA_{1c} concentration is an important factor of cardiovascular risks. Therefore, arm swing training may be an alternative intervention that reduces cardiovascular risk for diabetes mellitus patients. Further study on a better pattern of arm swing that may improve the factors of cardiovascular risks should be performed.

Keywords: arm swing training, HbA_{1c}, insulin sensitivity, Diabetes Mellitus

บทนำ

1. ความสำคัญของหัวข้อการวิจัย ข้อปัญหา เหตุผล สมมุติฐาน (Hypothesis) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานซึ่งเป็นโรคทางเมแทบอลิซึมที่ผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงจำนวนมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2500 ประเทศสหรัฐอเมริกาผู้ป่วย 1.5 ล้านคน ต่อมาในปี พ.ศ. 2541 มีผู้ป่วยถึง 10.5 ล้านคน (24) และคาดว่าในปี พ.ศ. 2553 จะมีผู้ป่วยเบาหวานทั่วโลกอย่างน้อย 215 ล้านคน (46) ในประเทศไทยพบว่ามีอัตราความชุกประมาณ 2.5-7 % ในกลุ่มประชากรผู้ใหญ่ (37, 60) และประมาณ 13-15.3 % ในกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งสาเหตุของการเกิดโรคนี้อาจเกิดจากผลของภาวะดื้อต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลินในการนำกลูโคสเข้าเซลล์ของเนื้อเยื่อ (insulin resistance) หรือ การคัดหลั่งอินซูลินจากตับอ่อนลดลง หรือจากทั้งสองเหตุผล (อินซูลินคือฮอร์โมนที่กระตุ้นการนำน้ำตาลกลูโคสเข้าเซลล์ต่างๆ โดยเฉพาะเซลล์กล้ามเนื้อ ส่วนเซลล์ไขมันนำน้ำตาลเข้าเซลล์เพียงส่วนน้อย (ประมาณ 1%) และลดการสร้างน้ำตาลกลูโคสจากตับเข้าสู่กระแสเลือด) ทำให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycaemia) ทั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาในกรณีที่เป็นเบาหวานชนิดที่เซลล์มีภาวะดื้อต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลินต่อการนำกลูโคสเข้าเซลล์ (insulin resistance) และสร้างน้ำตาลจากตับเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจพบร่วมกับการคัดหลั่งอินซูลินจากตับอ่อนลดลง ที่เรียกว่า เบาหวานประเภท 2 เนื่องจากพบได้มากถึง 90% ของผู้ป่วยโรคเบาหวานในประเทศไทย (65)

ปัญหาสำคัญที่เกิดจากการมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง คือ ทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนทางหลอดเลือดทั้ง microvascular (retinopathy, neuropathy และ nephropathy) และ macrovascular (coronary heart disease, cerebrovascular disease และ peripheral vascular disease) (67) ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ของ ตา ไต ระบบประสาท หัวใจและหลอดเลือด ซึ่งทำให้เป็นสาเหตุสำคัญของตาบอด ไตวาย การถูกตัดเท้าจากแผลติดเชื้อลุกลาม ส่วนกลไกของการเกิดภาวะแทรกซ้อนมีอยู่หลายกลไก (35, 36) เช่น เซลล์ที่ไม่อาศัยอินซูลินในการนำน้ำตาลกลูโคสเข้าเซลล์มีกลูโคสในเซลล์มากขึ้นซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นซอร์บิทอล (sorbitol) โดย sorbitol (polyol) pathway ซึ่งไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ดังนั้นเมื่อ ซอร์บิทอล ภายในเซลล์มีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้น้ำถูกดึงเข้าเซลล์มากขึ้น มีผลให้เซลล์บวมและเสียหายได้ เช่น ในเลนส์ตาเป็นต้น นอกจากนี้ ซอร์บิทอล ยังทำให้เกิดความผิดปกติของการนำสัญญาณของเซลล์ เนื่องจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับของ phospholipid ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับการนำสัญญาณของเซลล์ นอกจากนี้ระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงทำให้น้ำตาลจับกับโปรตีนต่างๆ (35, 36) เช่น ที่ผนังเม็ดเลือดแดง, hemoglobin, low density lipoprotein (LDL), high density lipoprotein (HDL) โดยกระบวนการที่ไม่ใช้เอนไซม์ที่เรียกว่า nonenzymatic glycosylation หรือ glycation ทำให้การทำงานของโปรตีนดังกล่าวเสียไป ดังนั้นการลดระดับน้ำตาลในเลือดให้กลับสู่ระดับปกติจึงเป็นการรักษาที่จำเป็น (22, 23, 57) เพื่อที่จะลดอัตราการเกิดโรคแทรกซ้อนและการตายดังกล่าว อย่างไรก็ตามการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับ

ปกติสามารถยับยั้ง หรือชะลอการเกิดภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือดที่ microvascular ส่วนภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือดที่ macrovascular นั้น การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติมีผลยับยั้ง หรือชะลอการเกิดภาวะแทรกซ้อนดังกล่าวน้อยกว่า (35, 36) เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนทางหลอดเลือดที่ macrovascular ได้แก่ ความผิดปกติอื่นของกลุ่มอาการเมแทบอลิก (metabolic syndrome) เช่น ความผิดปกติของไขมัน (dyslipidemia) ความดันเลือดสูง (hypertension) ความผิดปกติขององค์ประกอบการแข็งตัวของเลือด รวมถึงความอ้วน ซึ่งแม้ผู้ป่วยส่วนมากจะไม่ใช่โรคอ้วนเช่นผู้ป่วยในประเทศตะวันตก แต่ส่วนใหญ่มีน้ำหนักตัวเกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ความผิดปกติอื่นของกลุ่มอาการเมแทบอลิกที่ผู้วิจัยสนใจคือ ภาวะผิดปกติของไขมันในเลือด (dyslipidemia) ซึ่งพบได้มากในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 คือไขมัน LDL และ triglycerides (TG) สูง และ HDL ต่ำ (11, 25, 58) ซึ่ง LDL และ TG ทำให้เกิดกระบวนการอักเสบซึ่งทำลายผนังของหลอดเลือดแดง ทำให้เกิด plaque ที่ผนังของหลอดเลือดและใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดทำให้หลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) ซึ่งถ้าเป็นหลอดเลือดแดงที่เลี้ยงหัวใจ (coronary artery) จะทำให้เลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจไม่พอ (myocardial infarction) ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจสูญเสียการทำงาน ส่วน HDL เป็นไขมันที่พา LDL, TG และ cholesterol จากเนื้อเยื่อทั่วร่างกายรวมทั้งจากผนังหลอดเลือดแดงกลับไปยังตับเพื่อสร้างน้ำดี HDL จึงเป็นเสมือนไขมันที่ช่วยป้องกันการแข็งของหลอดเลือด (atherosclerosis) ดังนั้นภาวะที่มี LDL และ TG สูง และ HDL ต่ำ จึงทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีโอกาสเสียชีวิตจากโรคหัวใจมากกว่าคนที่ไม่ได้เป็นโรคเบาหวาน ด้วยเหตุนี้สิ่งสำคัญในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยโรคเบาหวานนอกจากการควบคุมให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอยู่ในเกณฑ์ปกติแล้ว ต้องมีการควบคุมระดับไขมัน ความดันเลือด และความอ้วนด้วย ซึ่งถ้าลดภาวะแทรกซ้อนในผู้ป่วยดังกล่าวนี้ได้แล้ว จะเป็นการช่วยลดภาระในการดูแลและค่าใช้จ่ายของญาติและประเทศชาติอย่างมหาศาล ทั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด เนื่องจากเป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานและเป็นจุดมุ่งหมายหนึ่งในการรักษาโรคเบาหวานที่กำหนดโดยสมาคมต่อมไร้ท่อแห่งประเทศไทย (66)

ปัจจุบันวิธีการควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดในผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 มีหลายวิธี (66) เช่น 1) การควบคุมอาหาร โดยให้เน้นรับประทานคาร์โบไฮเดรตที่มีความหวานน้อยหรืออาหารที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูง (low glycaemic index) อาหารที่มีไขมันต่ำ และควรรับประทานอาหารในปริมาณไม่มากเกินไป 2) การควบคุมน้ำหนักตัว 3) การออกกำลังกายเป็นประจำ 4) การให้ความรู้เบาหวานแก่ผู้ป่วยและญาติ 5) การรับประทานยาลดระดับน้ำตาลที่มีทั้งมีฤทธิ์กระตุ้นการสร้างอินซูลินจากตับอ่อน (กรณีผู้ป่วยมีความบกพร่องของการสร้างอินซูลินร่วมด้วย) ยาเพิ่มความไวต่ออินซูลินของเซลล์ของเนื้อเยื่อที่อาศัยอินซูลินในการนำน้ำตาลเข้าเซลล์ (increased insulin sensitivity) และยาลดไขมัน 6) การฉีดอินซูลิน ในรายที่ไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลได้ด้วยยาลดระดับน้ำตาล หรือเพิ่งได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวานแต่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงมากกว่า 250-300 มก./ดล. (66) เนื่องจากผู้ป่วยมักมีอาการมากทำให้ต้องให้อินซูลินเพื่อลดอาการเหล่านี้ ซึ่ง 4 วิธีการแรกเป็นแนวทางการ

รักษาผู้ป่วยที่ได้รับจากแพทย์ในระยะเริ่มแรกของการป่วยทุกคน แต่ถ้าผู้ป่วยไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดได้ จึงจะรับประทานยาหรือฉีดอินซูลิน ทั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดโดยการออกกำลังกายเป็นประจำ เนื่องจากการออกกำลังกายมีผลในการควบคุมเมแทบอลิซึมของน้ำตาลและไขมัน ซึ่งมีผลให้ป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่กล่าวมาข้างต้นได้

เป็นที่ยอมรับมานานแล้ว ว่าการออกกำลังกายสามารถเพิ่มความสามารถในการนำกลูโคสเข้าเซลล์ (increased glucose uptake) และลดความต้องการใช้อินซูลิน (diminished insulin requirement) เนื่องจากมีความไวต่ออินซูลินของเซลล์ของเนื้อเยื่อที่อาศัยอินซูลินในการนำน้ำตาลเข้าเซลล์เพิ่มขึ้น (increased insulin sensitivity) ทั้งในคนปกติ (2, 14, 29, 33, 39, 45, 49) และในผู้ป่วยเบาหวาน (6, 7, 17, 34) ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเข้าใกล้ระดับปกติ นอกจากนี้แม้การออกกำลังกายยังมีผลไม่ชัดเจนในการทำให้ไขมัน LDL มีปริมาณลดลง (61) แต่เป็นที่ชัดเจนว่าทำให้ HDL เพิ่มขึ้น (61) จึงส่งผลให้ลดโอกาสการเกิดหลอดเลือดแข็ง ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดโรคหัวใจโคโรนารี (coronary heart disease) (61) ดังนั้นการออกกำลังกายเป็นประจำน่าจะลดภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานได้ แต่รูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้ในการวิจัยที่ผ่านมา เป็นรูปแบบของทางประเทศตะวันตก เช่น ขี่จักรยานโดยใช้แขน arm cranking (รูปที่ 1) (1 31, 32) หรือขา (leg cycling) (33, 34, 42) หรือ วิ่ง



รูปที่ 1 แสดงการออกกำลังกายแบบ arm cranking

(running) (13, 54, 64) แต่ยังไม่มียานวิจัยที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน (arm swing) ต่อระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ซึ่งการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน (arm swing) เป็นการออกกำลังกายในรูปแบบของจีน มีลักษณะการเคลื่อนไหวของแขนแตกต่างจาก arm cranking โดยแขนทั้งสองจะเคลื่อนไปหน้า-หลังพร้อมๆ กัน แต่ใน arm cranking มือจะจับที่ที่จับคล้ายที่ถีบจักรยาน

ตำแหน่งของขาที่ต่างกันโดยใน arm swing ตัวและขาทั้งสองยืนตรงอยู่กับที่ ส่วนใน arm cranking ลำตัวและขาทั้งสองอยู่ในท่านั่ง นอกจากนี้ arm swing เป็นวิธีการที่มีความหนักระดับเบาถึงปานกลาง (mild-moderate intensity exercise) วิธีการง่ายไม่ซับซ้อน ไม่มีการกระแทกน้ำหนักลงที่ร่างกายส่วนขา อย่างเช่นการวิ่ง หรือ การขี่จักรยาน อันเป็นผลให้ชะลอการเสื่อมของข้อได้ ไม่ได้มีการเคลื่อนไหวขา เพียงแต่ออกแรงรับน้ำหนักตัวไว้ ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ประกอบ เช่น จักรยาน ไม้พลอง หรือ เครื่องออกกำลังกาย ไม่ต้องอาศัยทักษะมากมาย ไม่ต้องใช้สถานที่เฉพาะเจาะจงเป็นพิเศษ สามารถทำได้ตลอดเวลาแม้เวลาที่ฝนตก หรือ แดดแรง เนื่องจากสามารถทำภายในบ้านได้ โดยอาจจะทำขณะดูโทรทัศน์หรือฟังวิทยุได้ อันเป็นวิถีทางที่ประชาชนสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างดียิ่ง และที่น่าสนใจคือ เป็นวิธีการที่มีการกล่าวถึงสรรพคุณว่าสามารถรักษาได้สารพัดโรค รวมทั้งระบบทางเดินอาหาร แต่น่าเสียดายที่ไม่มีงานวิจัยใดที่ศึกษาทดลองพิสูจน์สรรพคุณต่างๆเหล่านี้ ซึ่งทั้งหมดนี้ตอบสนองนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นให้ประชาชนพึ่งพาตนเองและ มีความเป็นอยู่และสุขภาพที่ดี

จากข้อดีที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวความคิดว่าการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน น่าจะเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งมักจะมีน้ำหนักตัวมากหรืออายุมากหรือมีพยาธิสภาพที่ขา หรือ ไม่สะดวกที่จะออกกำลังกายนอกบ้านเนื่องจากมีเวลาว่างน้อยหรือมีทุนทรัพย์ไม่พอที่จะออกกำลังกายด้วยวิธีที่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายมาก ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 และศึกษาผลของการแกว่งแขนต่อความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน

ทั้งนี้การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน ไม่มีข้อเสียที่รุนแรงต่อร่างกายเพราะเป็นการออกกำลังกายที่มีความเบาถึงปานกลางและไม่ได้ใช้น้ำหนักต้าน ทำให้กล้ามเนื้อไม่ทำงานหนักมากเกินไปหรือทำให้ข้อต่อถูกยืดมากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามน่าจะห้ามทำกรณีมีพยาธิสภาพที่ส่วนแขน เช่น ข้อหรือกล้ามเนื้ออักเสบหรือมีการบาดเจ็บที่ส่วนแขนเป็นต้น

คำถามในการวิจัยคือ

การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนเป็นประจำจะมีผลลดระดับน้ำตาลในเลือดหรือไม่ และมีผลอย่างไรต่อความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน (insulin sensitivity) นอกจากนี้การออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนเป็นประจำมีผลเพิ่มระดับ HDL ในเลือดในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 ได้หรือไม่

ตัวบ่งชี้ระดับน้ำตาลในเลือด ได้แก่

1. ตัวแปรหลัก; Glycosylated Haemoglobin (HbA_{1c}) ซึ่งเกิดจากการจับของน้ำตาลกลูโคสกับ valine lysine residues ของ haemoglobin โดยปฏิกิริยา nonenzymatic glycosylation ซึ่งเกิดขึ้นตามระดับน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นตัวบ่งชี้ระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือดที่แน่นอนกว่า fasting blood

glucose (FBG) โดยสามารถบอกถึงระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือดในช่วง 2 เดือนก่อนตรวจวัด มีค่าปกติ 3.5-6 %

2. ตัวแปรรอง; ระดับของน้ำตาลกลูโคสในเลือดหลังจากอดอาหารนาน 8 ชั่วโมง (fasting blood glucose (FBG)) มีค่าปกติ 90-110 มิลลิกรัม/เดซิลิตร .จำเป็นต้องวัดตัวแปรนี้เพราะเป็นค่าที่ใช้สำหรับวินิจฉัยโรคเบาหวานซึ่งตาม American Diabetes Association (ADA) ซึ่งกำหนดค่าระดับน้ำตาลไว้ว่า เป็นโรคเบาหวานถ้าระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่า 126 มิลลิกรัม/เดซิลิตร

ตัวบ่งชี้ความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน (insulin sensitivity) ได้แก่

Homeostasis model assessment (HOMA IR)

ตัวบ่งชี้ระดับไขมันในเลือด ได้แก่

High density lipoprotein (HDL) อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นต้องตรวจวัดไขมันอื่น คือ LDL, TG และ total cholesterol เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการออกกำลังกายด้วย

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) และเอกสารอ้างอิง

มีงานวิจัยที่ศึกษาการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 เรียกว่า United Kingdom Prospective Diabetes Study (UKPDS) (22, 23, 57) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรักษาโรคเบาหวานประเภท 2 กับอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคแทรกซ้อนทางหลอดเลือด ในประเทศอังกฤษ ในผู้ป่วยทั้งหมด 5,102 ราย อายุ 25-65 ปี ที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม แล้วถูกเลือกอย่างสุ่มให้ได้รับการรักษาแบบ invasive หรือ conventional จากการตามผลผู้ป่วยเป็นเวลา 10 ปี พบว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาแบบ invasive มีค่า HbA_{1c} ในเลือด ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาแบบ conventional และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมพบว่า การลดลงของ HbA_{1c} ทุก 1% สามารถลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนทั่วไปประมาณ 21% และลดอัตราการตายจากเบาหวาน 21% ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องควบคุมระดับน้ำตาลให้ลดลงสู่ปกติ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ UKPDS ได้สรุปไว้ว่าการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อภาวะแทรกซ้อนที่ macrovascular ดังนั้นต้องควบคุมปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่ macrovascular เช่น ภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ ความดันเลือดสูง หรือ โรคอ้วน เป็นต้น ทั้งนี้ความผิดปกติของไขมัน (dyslipidemia) เช่น มีการลดลงของระดับ HDL มีการเพิ่มขึ้นของ LDL, TG และ cholesterol พบได้มากในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการแข็งของหลอดเลือด (atherosclerosis) ทำให้มีโอกาสเป็นโรคหัวใจโคโรนารีได้มากขึ้น

ปัจจุบันการออกกำลังกายเป็นประจำได้รับการศึกษาและพบว่าสามารถเพิ่มความสามารถในการนำกลูโคสเข้าเซลล์ (increased glucose uptake) และลดความต้องการใช้อินซูลิน (diminished

insulin requirement) เนื่องจากมีความไวต่ออินซูลินของเซลล์ของเนื้อเยื่อที่อาศัยอินซูลินในการนำน้ำตาลเข้าเซลล์เพิ่มขึ้น (increased insulin sensitivity) ทั้งในคนปกติ (2, 32, 39, 46, 57, 64, 49) และในผู้ป่วยเบาหวาน (6, 7, 9, 17, 34, 48) โดยในปี 2542 Borghouts และคณะ (8) รายงานว่าการฝึกขี่จักรยานที่ความหนักปานกลางถึงหนัก (40-80% ของงานสูงสุดที่ทำได้) มีผลให้ความไวของอินซูลินสูงขึ้นในอาสาสมัครที่มีสุขภาพปกติมีไขมันที่พุง ซึ่งน่าจะทำให้เซลล์กล้ามเนื้อนำกลูโคสเข้าเซลล์และหลั่งออกกำลังกายได้ดีขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยเบาหวานมีน้ำตาลในเลือดลดลง ซึ่งหลังจากนั้นในปี 2544 ได้มีงานวิจัยแสดงว่าการออกกำลังกายที่ความหนักระดับเบาเป็นเวลาวันละ 60 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถเพิ่มการนำกลูโคสเข้าเซลล์และเพิ่มความไวต่ออินซูลินของกล้ามเนื้อ (48) ในปีเดียวกันนั้น Boule และคณะ (9) ซึ่งวิเคราะห์และสรุปผลของงานวิจัยต่างๆ ที่ตีพิมพ์ใน MEDLINE, EMBASE, Sport Discuss, Health Star, Dissertation Abstracts, the Cochrane Controlled Trials รวมทั้ง bibliographies of textbooks ที่ตีพิมพ์ใน ปี 2543 ซึ่งศึกษาผลของการออกกำลังกายเป็นประจำต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ยืนยันว่า การฝึกออกกำลังกายมีผลลดระดับ HbA_{1c} ในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 ในปี 2546 Krook และคณะได้สนับสนุนผลของการมีกิจกรรมออกกำลังกายสูง (physical activity) ที่ทำให้ระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 ลดลง นอกจากนี้การออกกำลังกายเป็นประจำมีผลควบคุมไขมันในเลือด โดยเฉพาะการเพิ่ม HDL ทั้งนี้ผลของการออกกำลังกายต่อ LDL ยังไม่ชัดเจน โดย ในปี 2541 Vasankari และคณะ (61) รายงานว่า การออกกำลังกายเป็นประจำในอาสาสมัครชายและหญิงสุขภาพปกติอายุประมาณ 31-59 ปี ทำให้ HDL เพิ่มขึ้น และ LDL ที่อยู่ในรูปที่ยังไม่ถูกออกซิไดซ์ลดลง มีงานวิจัยหลายเรื่องที่ศึกษาในอาสาสมัครจำนวนมากที่แสดงว่าการฝึกออกกำลังกายที่ระดับปานกลางถึงหนักมีผลเพิ่ม HDL แต่ Williams ในปี 2540 ได้แสดงว่าระยะเวลาของการออกกำลังกายมีผลเพิ่ม HDL มากกว่า ระดับความหนักของการออกกำลังกาย (62) นอกจากนี้ในปี 2543 Bounds และคณะ (10) ยืนยันว่า การฝึกออกกำลังกายลดไขมัน LDL, TG, total cholesterol และเพิ่ม HDL และงานวิจัยที่ศึกษาการออกกำลังกายร่วมกับอาหารที่มีไขมันสัตว์ (animal saturated fat) ดำพบว่ามีการเพิ่มของ HDL และการลดของ total cholesterol แต่ไม่พบการลดของ LDL และในปี 2546 Krook และคณะ ได้สนับสนุนผลของการออกกำลังกายเป็นประจำในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 ที่มีผลเพิ่ม HDL และ ลด total cholesterol แต่ไม่พบการลดของ LDL (40).....

รูปแบบการออกกำลังกายที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้แก่ การขี่จักรยานโดยใช้แขน (1, 31, 32) หรือ การขี่จักรยานโดยใช้ขา (leg cycling) (33, 34, 42), การเกร็งกล้ามเนื้อขาอยู่กับที่ (isometric exercise) (49), วิ่ง (running) (13, 52, 54, 64) หรือ กิจกรรมการออกกำลังกาย (physical activity) (40) ปัจจุบันยังไม่มียงานวิจัยที่ใช้วิธีการออกกำลังกายเดียวกันกับวิธีการที่ผู้วิจัยสนใจจะศึกษา คือการแกว่งแขน ซึ่งมีสมมุติฐานที่ว่า การฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนลดระดับน้ำตาลและเพิ่มระดับไขมัน HDL ในเลือดได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายต่อระดับน้ำตาลในเลือด โดยการออกกำลังกายโดยใช้แขนเช่นเดียวกัน แต่ทำโดยวิธีคล้ายกับการขี่จักรยานโดยใช้ขาแต่ใช้

แขนแทน (arm cranking) (รูปที่ 1) งานวิจัยนี้ทำโดย Jovanovic-Peterson และคณะ ในปี 2534 ซึ่งทดลองในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 ที่อยู่ในช่วงสามเดือนสุดท้ายของการตั้งครรภ์ พบว่าการออกกำลังกายโดยการใช้นแขนเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ร่วมกับการควบคุมอาหารมีผลลดระดับน้ำตาลในเลือดทั้งหลังจากอดอาหาร 8 ชั่วโมงและหลังจากได้รับกลูโคส มากกว่าการควบคุมอาหารอย่างเดียว (fasting blood glucose; 87.7 ± 6.12 และ 70.0 ± 6.66 มิลลิกรัม/เดซิลิตร ตามลำดับ และ post glucose challenge; 187.2 ± 2.88 และ 106.2 ± 19.8 มิลลิกรัม/เดซิลิตร) และงานวิจัยที่เพิ่งตีพิมพ์ในปี 2545 โดย Jeng และคณะ แสดงถึงผลของการออกกำลังกายโดยการใช้นแขน (arm cranking) ที่มีความหนักของการออกกำลังกาย 3 ระดับ คือ เบา ปานกลางและหนัก (20%, 40% 80% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด) ทำในระยะเวลา 10, 20, 30 และ 40 นาที พบว่าการออกกำลังกายทุกระดับความหนักและระยะเวลาทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง แม้งานวิจัยทั้งสองจะมีได้ศึกษาถึงกลไกของการลดระดับน้ำตาลในเลือดจากผลของ arm cranking แต่มีงานวิจัยที่ศึกษากลไกนี้ในการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อขา (leg cycling) ซึ่งได้แสดงถึงผลของการทำงานของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มการนำน้ำตาลกลูโคสเข้าเซลล์กล้ามเนื้อ (increased glucose uptake), และเพิ่มความไวการนำเข้าของน้ำตาลกลูโคสเข้าเซลล์กล้ามเนื้อโดยอินซูลิน (increased insulin sensitivity) (14, 29, 33, 34, 39, 49) ซึ่งน่าจะเป็นกลไกเดียวกันของการออกกำลังกายโดยการใช้นแขนเพราะเป็นกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อเช่นเดียวกัน นอกจากนี้จากผลงานวิจัยในปี 2518 โดย Ahlborg และคณะที่ได้สรุปไว้ว่าการออกกำลังกายส่วนแขนมีผลเพิ่มปริมาณเลือดที่ไหลไปยังกล้ามเนื้อของขา รวมทั้งเพิ่มการใช้ออกซิเจน และเพิ่มการใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้นด้วยนั้น ได้แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนน่าจะมีผลในการเพิ่มการทำงานและการนำน้ำตาลเข้าของกล้ามเนื้อขาด้วย ไม่เพียงเพิ่มการทำงานและการนำน้ำตาลเข้าของกล้ามเนื้อแขนเท่านั้น ซึ่งร่างกายส่วนอื่นเช่นกล้ามเนื้อลำตัวก็น่าจะมีการเพิ่มการทำงานและการนำน้ำตาลเข้าด้วยเช่นกัน ซึ่งนับเป็นประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน

อนึ่งการแกว่งแขนเป็นวิธีการรักษาของแพทย์แผนโบราณจีน ซึ่งอธิบายได้ด้วยทฤษฎี “เลือดลม” ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของเลือดและลมหายใจที่มีเท่าเทียมกันและต้องมีความสมดุลกัน

วิธีการ (รูปที่ 2)

ขณะแกว่งแขน ร่างกายจะต้องยืนตรง ขาเหยียดตรง ปลายเท้าออกแรงจิกพื้น สองขาแยกออกจากกันกว้างเท่าช่วงไหล่ สองแขนแกว่งไปข้างหน้าและข้างหลังในแนวเดียวกัน ตอนแกว่งไปข้างหลังให้ใช้แรงน้อย แกว่งไปข้างหน้าไม่ต้องใช้แรง ให้แกว่งไปเองตามแรงเฉื่อย สองขาเหยียดตรงไม่งอ ตามองตรงไปข้างหน้า ใจอย่าฟุ้งซ่านวอกแวก ให้นับแต่ตัวเลข เป็นจังหวะดังนี้

จังหวะที่ 1 : สองขาแยกจากกัน ห่างเท่าช่วงกว้างของไหล่

จังหวะที่ 2 : สองแขนห้อยอยู่ข้างตัวตามธรรมชาติ นิ้วชิดกัน ฝ่ามือหันไปทางหลัง

จังหวะที่ 3 : ท้องน้อยหดเข้า เอวตั้ง หลังยก คอปล่อย หัวและปากให้เป็นไปตามธรรมชาติ

จังหวะที่ 4 : ปลายเท้าออกแรงจิกพื้น ส้นเท้าก็ต้องเหยียบกดแน่นกับพื้น ให้ตัวเองเกิดความรู้สึกว่า กล้ามเนื้อต้นขาและที่น่องอยู่ในภาวะตึงเครียด

จังหวะที่ 5 : สองตาเลือกจับอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งเบื้องหน้า ปิดความคิดฟุ้งซ่านออกไปให้หมด ตั้งสมาธิ รวมศูนย์ความสนใจอยู่ที่ขา

จังหวะที่ 6 : แกว่งแขน เริ่มด้วยแกว่งไปข้างหน้า เบา ไม่ต้องออกแรง ระดับความสูงของแขนให้เป็นไปตามธรรมชาติ ให้อยู่ในตำแหน่งท่ามูมกับลำตัวประมาณ 30 องศา ในตอนนี้ให้สนใจนับจำนวนเทียวกว่าจะต้องสนใจใช้แรงที่ปลายเท้า ส้นเท้าและท่อนขา ครั้นเมื่อสองแขนแกว่งลงมาอยู่ในท่าห้อยข้างลำตัวก็ให้แกว่งไปข้างหลัง นัก ควรออกแรงสักหน่อย แกว่งจนเมื่อกำลังเนื้อจะมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับเกิดขึ้นแล้วจึงแกว่งกลับคืน ในตอนนี้ระดับสูงของแขนควรอยู่ในตำแหน่งท่ามูมประมาณ 60 องศา กับลำตัว

จังหวะที่ 7 : เคลื่อนไหวแกว่งแขนช้าเรื่อยไป จำนวนเริ่มจากน้อยไปสู่มาก ค่อยๆเพิ่มขึ้นทีละน้อย จากครั้งละ 200-300 เที้ยว เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆจนถึง 2,000 เที้ยว จะใช้เวลาประมาณ ครึ่งชั่วโมง

เคล็ดของวิธีการแกว่งแขนมีอยู่ 16 คำ คือ

“บนควรเบา ลำงควรหนัก หัวควรลอย ปากควรเฉื่อย ออกควรปล่อย ศอกควรจม ข้อควรกวัก มือควรวาด ท้องควรตึง ก้นควรหย่อน ทวารควรตึง ส้นควรกด เท้าควรจิก”

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนต่อระดับน้ำตาล (HbA_{1c} และ FBG) และไขมัน high density lipoprotein (HDL) ในเลือดและการเพิ่มความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน (insulin sensitivity) ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาว่า การฝึกออกกำลังกายส่วนแขนโดยการแกว่งแขนมีผลลดระดับน้ำตาลในเลือดและเพิ่มความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน หรือไม่ โดยศึกษาในหญิงหรือชายที่มีอายุ 35-70 ปี ซึ่งป่วยเป็นโรคเบาหวานประเภท 2 ในเขตจังหวัดขอนแก่น

2. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology) :

2.1 รูปแบบการวิจัยเป็นแบบ Experimental design โดยอาสาสมัครทุกคนจะทำการทดลองสองช่วงติดต่อกัน ดังนี้

ช่วงที่ 1 ไม่ออกกำลังกาย เพื่อเป็นช่วงที่เก็บข้อมูลพื้นฐานของตัวแปรต่างๆที่ต้องการวัดขณะที่ไม่ได้ออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขน หรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักเท่ากันหรือมากกว่าการแกว่งแขน เพื่อให้แน่ใจว่า ช่วงที่ 2 ที่มีการออกกำลังกาย ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ต้องการวัดที่ได้เกิดจากการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนจริงๆ

ช่วงที่ 2 ออกกำลังกายเป็นประจำโดยการแกว่งแขน เพื่อศึกษาผลของการแกว่งแขน แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังของแต่ละช่วง

2.2 กลุ่มประชากรผู้เข้าร่วมโครงการ

ก. จำนวน 50 คน

ข. วิธีการหาจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ

จำนวน 50 คน โดยใช้ HbA_{1c} เป็นตัวแปรหลัก

คำนวณโดยใช้สถิติ one sample comparison of mean to hypothesized value โดย Program Stata, version 7 (Stata Corporation, College Station, Texas 77845, USA) โดยจากการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายต่อระดับน้ำตาลในเลือด ในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 (14) พบว่า ระดับ HbA_{1c} ก่อนจะออกกำลังกายมีค่า 7.4 ± 0.8 % (mean $\pm$ SD) ค่า standard deviation of means difference เท่ากับ 0.5 %, ค่า α เท่ากับ 0.05, ค่า β เท่ากับ 0.8 งานวิจัยนี้ต้องการให้ ระดับ HbA_{1c} หลังการฝึกแกว่งแขนลดเหลือ 7.0 % (ค่าปกติของ ระดับ HbA_{1c} คือ 3.5-6 %) จำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้จากโปรแกรม คือ 43 คน และกำหนด drop out rate = 15%

ดังนั้นจำนวนอาสาสมัครที่ได้คือ $n/(1-\text{drop out rate}) = 43 / (1-0.15) = 50$ คน

เกณฑ์คัดเข้า

1. หญิงหรือชายที่มีอายุ 35-70 ปี ในจังหวัดขอนแก่น
2. ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวาน
3. ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ

เกณฑ์คัดออก

1. เป็นโรคหัวใจ, ไต, โรคตาจากโรคเบาหวาน
2. มีพยาธิสภาพที่แขนที่ทำให้มีอันตรายจากการใช้แขน
3. สุกหรือน้ำหนักกว่าวันละ 3 มวน

2.3 ขั้นตอน

1. จัดทำคู่มือและวิดีโออธิบายและแสดงการออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน เพื่อให้อาสาสมัครอ่านและดูเพื่อทำความเข้าใจและทำตามได้ง่าย

2. ชี้แจงขั้นตอนของโครงการและคัดกรองอาสาสมัคร

อาสาสมัครเดินทางมายังห้องปฏิบัติการภาควิชาสรีรวิทยาได้รับฟังการอธิบายขั้นตอนทั้งหมด รวมทั้งผลดีและผลเสียของการเข้าร่วมโครงการ ซึ่งน่าจะมีผลดีต่ออาสาสมัครคือมีผลควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดซึ่งช่วยลดการเกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น โรคหัวใจ โรคไต เป็นต้น ถ้าสนใจเข้าร่วมโครงการจึงเซ็นยินยอม จากนั้นตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับสุขภาพร่างกายและกิจกรรมการออกกำลังกาย แล้วได้รับการตรวจร่างกายทั้งตรวจร่างกายทั่วไปได้แก่ โครงสร้างร่างกาย (anthropometrics) ได้แก่ ความสูง, น้ำหนัก, body mass index (BMI), มวลไขมัน (โดยการวัด skinfold thickness ด้วย skinfold caliper), อัตราส่วนระหว่างเอวต่อสะโพก (waist to hip ratio (WHR)), คลื่นไฟฟ้าหัวใจ (electrocardiogram) และตรวจเลือดเพื่อตรวจการทำงานของตับ, ไต, ระดับไขมัน (TG, total cholesterol, HDL, LDL), อินซูลิน และน้ำตาล (HbA_{1c} และ FBG) ระดับ FBG และ อินซูลิน นำมาใช้ในการหาความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน หรือ ภาวะดื้อของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน ซึ่งหาโดยใช้วิธี Homeostatic Model Assessment – Insulin Resistance (HOMA-IR) (44) (จากสูตร $\text{Glucose (mmol/l)} \times \text{Insulin (}\mu\text{U/mL)} / 22.5$ การตรวจร่างกายและคัดกรองอาสาสมัครอยู่ภายใต้การดูแลของ ผศ.นพ.ธงชัย ปฏิภาณวัตร แพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางระบบต่อมไร้ท่อ ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

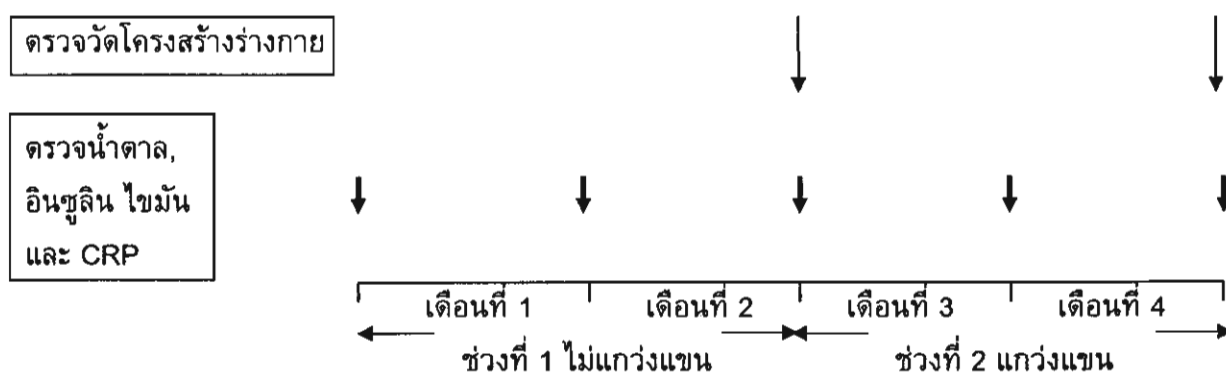
1. เก็บข้อมูล

เมื่อผู้ป่วยผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจึงเข้าร่วมโครงการได้ ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายพร้อมทั้งให้ดูวิดีโอที่ประกอบเพื่อให้เข้าใจในวิธีการและให้คู่มือกลับบ้านไปศึกษาเองในภายหลัง ตลอดการวิจัยอาสาสมัครรับประทานยารักษาโรคเบาหวานและควบคุมอาหารทั้งคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน อย่างเคร่งครัด และบันทึกรายละเอียดของอาหารและยาที่รับประทานในแต่ละวัน ทั้งนี้ในช่วงที่ 1 อาสาสมัครไม่ต้องออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน ส่วนช่วงที่ 2 อาสาสมัครออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน

ในวันที่มีการออกกำลังกายให้อาสาสมัครเดินทางมายังห้องปฏิบัติการภาควิชาสรีรวิทยาหลังจากอดอาหารมาประมาณ 8 ชั่วโมง เมื่อมาถึงอาสาสมัครนั่งพักประมาณ 20 นาที จากนั้นได้รับการวัดอัตราการเต้นของหัวใจและความดันเลือด แล้วจึงทำการออกกำลังกายด้วยวิธีการแกว่งแขนเป็นจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 30 นาที โดยมีความหนักของการออกกำลังกายประมาณ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เท่ากับ $220 - \text{อายุ}$) ก่อนออกกำลังกายอาสาสมัครทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5-10 นาที และหลังออกกำลังกายอาสาสมัครทำร่างกายให้เย็นลงประมาณ 5-10 นาที นอกจากนี้ก่อนออกกำลังกายเน้นการชี้แจงแก่อาสาสมัครว่าหากขณะออกกำลังกาย

กายอาสาสมัครมีอาการของภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ เช่น ปวดหัว อ่อนเพลีย เหงื่อออก เป็นต้น ให้หยุดออกกำลังกายแล้วผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครรับประทานน้ำตาลหรือลูกอมเพื่อเพิ่มน้ำตาลในเลือด

หลังจากเริ่มช่วงที่ 1 อาสาสมัครได้รับการเจาะเลือดเพื่อตรวจระดับน้ำตาล (HbA1c, FBG), อินซูลิน และไขมัน (TG, total cholesterol, LDL, HDL) อีก 4 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 เดือน เมื่อสิ้นสุดแต่ละช่วง อาสาสมัครได้รับการตรวจวัดโครงสร้างร่างกาย (anthropometrics) และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจและความดันเลือดขณะพักอีกครั้ง



ไดอะแกรมที่ 1 แสดงการเจาะเลือดเพื่อหาค่าระดับ น้ำตาล, อินซูลินและไขมัน

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำโดยโปรแกรม Sigma stat version 2 โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของตัวแปรต่างๆ ระหว่าง ช่วงควบคุมและช่วงออกกำลังกาย ใช้ repeated measure ANOVA การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา ใช้ backward stepwise regression ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย

3. ผลการทดลอง

อาสาสมัครซึ่งเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 นี้ มีทั้งหมด 50 คน แต่ไม่สามารถร่วมการวิจัยได้ครบตลอดสองช่วง จำนวน 7 คน จึงได้รวมทั้งสิ้น เป็นชาย 9 คน หญิง 34 คน รวมทั้งหมด 43 คน ซึ่งครบตามขนาดตัวอย่างที่คำนวณไว้ ทั้งนี้ไม่ได้แสดงผลการทดลองแยกเป็นชาย หญิง เนื่องจาก ในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างนั้น ไม่ได้ตั้งวัตถุประสงค์ว่าจะศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเพศชายและหญิง และ ขนาดตัวอย่างจริงของชายที่ได้ มีขนาดเล็กเกินไป คือ 9 คน ทำให้ไม่ควรจะนำมาวิเคราะห์สถิติ

คุณลักษณะของอาสาสมัครทั้งด้านโครงสร้างและสรีรวิทยาได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงผลไว้ว่า โดยเฉลี่ยแล้วอาสาสมัครเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีโรคอ้วนระดับ 1 ตามเกณฑ์ของ WHO Asia-Pacific (ตารางที่ 2) และมีระดับไขมัน triglycerides สูงกว่าปกติ (>7 มก/ดล) (ตารางที่ 6) แต่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดค่อนข้างสูง เนื่องจากมีระดับ FBG และ HbA_{1c} ในเลือด สูงกว่าปกติมาก (>100 และ $>7\%$ ตามลำดับ) ความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินลดลง (มากกว่า 1.62) เส้นรอบวงของเอวเกิน 90 ซม. และ ระดับของ hs CRP สูงเกินกว่า 5 มก/ล

อาสาสมัครทุกคนมีการรับประทานอาหารที่มีผลให้ได้พลังงานจากอาหาร (ตารางที่ 3) ที่ไม่ต่างกันเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละช่วงของการทดลอง คือ ก่อนเริ่มการทดลอง (สัปดาห์ที่ 0; เป็นค่า baseline) ช่วงควบคุม (สัปดาห์ที่ 1 - 8) และ ช่วงออกกำลังกาย (สัปดาห์ 9 - 16) แต่มีการใช้พลังงานในกิจกรรมทางกายประจำวันเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการออกกำลังกายเมื่อเทียบกับช่วงควบคุม ($P<0.01$) (ตารางที่ 4) ซึ่งไม่น่าแปลกใจ เนื่องจากช่วงฝึกออกกำลังกายย่อมมีกิจกรรมทางกายสูงกว่าช่วงควบคุม ทำให้มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าช่วงควบคุม

ยาที่อาสาสมัครรับประทานมี glibenclamide, metformine, cinnarizine, lopid, fenofibrate, Analapril, Simvastatin, Aspirin, Vit B1-6-12, Histatin, Glipizide, Minidiab, Glucophage มีอาสาสมัคร 4 คนที่ไม่ได้รับประทานยา จำนวน 75% ของอาสาสมัครที่รับประทานยา สามารถรับประทานยาได้อย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 5)

ช่วงควบคุม

จากผลการทดลอง พบว่าตลอดช่วงของช่วงควบคุม ไม่มีความแตกต่างของคุณสมบัติด้านโครงสร้าง (anthropometrics) และ สรีรวิทยา (คือ อัตราการเต้นของหัวใจและความดันเลือด ขณะพัก) ไม่มีความแตกต่างของระดับน้ำตาลในเลือด (FBG และ HbA_{1c}) ไขมันในเลือดทุกชนิด และความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 1 แสดงโครงสร้างร่างกาย (anthropometric) และ สรีรวิทยา (physiological parameter) ของอาสาสมัคร (43 คน; ชาย 9 คน, หญิง 34 คน)

	ก่อนการทดลอง สัปดาห์ที่ 0	ก่อนการออกกำลังกาย กำลังกาย (สัปดาห์ที่ 8)	หลังการออกกำลังกาย กำลังกาย (สัปดาห์ที่ 16)
n	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน
Age (yr)	58 ± 1.1	58 ± 1.1	58 ± 1.1
Height (cm)	156 ± 1.0	156 ± 1.0	156 ± 1.0
Body mass (kg)	64 ± 1.5	64 ± 1.6	65 ± 1.6
BMI (kg/m ²)	26 ± 0.6	26 ± 0.6	26 ± 0.7
Body fat (%)	41 ± 0.9	41 ± 0.9	41 ± 0.9
Fat free mass (kg)	38 ± 1.0	38 ± 1.1	38 ± 1.0
Waist cir. (cm)	93 ± 1.4	93 ± 1.5	93 ± 1.5
Waist/hip ratio	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.95 ± 0.01
Resting heart rate (/min)	71 ± 1.5	72 ± 1.6	73 ± 1.3
Resting systolic pressure (mmHg)	121 ± 2.9	117 ± 1.9	121 ± 3.3
Resting diastolic pressure (mmHg)	79 ± 2.2	80 ± 2.7	79 ± 1.9
Resting mean arterial blood pressure (mmHg)	90 ± 1.4	88 ± 1.4	89 ± 1.5

ตารางที่ 2 การแบ่งระดับความอ้วนจาก BMI ในกลุ่มคนชาวเอเชีย

Classification	BMI (kg/m ²)
Underweight	<18.5
Normal range	18.5-22.9
Overweight	≥ 23
At risk	23-24.9
Obese I	25-29.9
Obese II	≥ 30

ตารางที่ 3 แสดงค่าพลังงานจากอาหารที่รับประทานเฉลี่ยต่อวัน (43 คน; ชาย 9 คน, หญิง 34 คน)

	จาก คาร์โบไฮเดรต (kJ)	จากไขมัน (kJ)	จากโปรตีน (kJ)	พลังงาน ทั้งหมด (kJ)
ช่วงควบคุม	216.3 ± 9.8	37.8 ± 3.3	65.7 ± 3.5	1,468.6 ± 58.6
ช่วงฝึกออกกำลังกาย	212.2 ± 10.4	39.4 ± 3.1	64.8 ± 3.9	1,462.2 ± 56.0

ตารางที่ 4 แสดงค่าพลังงานที่ใช้เฉลี่ยต่อวัน (43 คน; ชาย 9 คน, หญิง 34 คน)

	ค่าพลังงาน (kJ)
ช่วงควบคุม	1346.4 ± 83.6
ช่วงฝึกออกกำลังกาย	1798.4 ± 93.0 **

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ สัปดาห์ที่ 8 ($P < 0.01$)

ตารางที่ 5 แสดง compliance ของการรับประทานยา (43 คน; ชาย 9 คน, หญิง 34 คน)

Compliance ของการ รับประทานยา (%)	จำนวนอาสาสมัคร (%) (จากทั้งหมด 39 คนที่รับประทานยา)
0-25	2 (5.1%)
26-50	3 (7.7%)
51-75	3 (7.7%)
76-100	31 (79.5%)

ตารางที่ 6 แสดงค่าตัวแปรในเลือด ของอาสาสมัคร (43 คน; ชาย 9 คน, หญิง 34 คน)

	ค่าก่อนการทดลอง	ช่วงควบคุม		ช่วงออกกำลังกาย	
		สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12	สัปดาห์ที่ 16
n	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน	43 คน ชาย 9 คน หญิง 34 คน
FBG (mg/dl)	155 ± 7.8	148 ± 6.9	152 ± 7.7	153 ± 7.8	149 ± 6.3
HbA _{1c} (%)	9.4 ± 0.3	9.2 ± 0.2	8.9 ± 0.3	8.9 ± 0.3*	8.7 ± 0.3*
Insulin sensitivity	9.7 ± 1.4	9.1 ± 1.2	9.5 ± 1.6	9.7 ± 1.5	9.4 ± 1.2
Triglycerides (mg/dL)	179 ± 16.6	171 ± 13.6	175 ± 14.7	185 ± 16.1	202 ± 18.1
Total cholesterol (mg/dL)	201 ± 6.3	205 ± 6.9	199 ± 6.5	194 ± 7.3	195 ± 5.0
HDL (mg/dL)	49 ± 2.5	50 ± 2.2	51 ± 2.8	51 ± 2.4	49 ± 2.2
LDL (mg/dL)	117 ± 5.3	122 ± 6.0	115 ± 4.9	111 ± 4.8	106 ± 3.9
hs C RP (mg/L)	6.7 ± 1.3	8.7 ± 2.7	5.4 ± 0.5	6.3 ± 0.8	4.8 ± 0.5

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ สัปดาห์ที่ 8 (P< 0.05)

ช่วงออกกำลังกาย

ขณะออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัครมีค่าที่เมื่อเทียบกับค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด แล้ว พบว่ามีระดับความหนักที่ประมาณ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งถือเป็นการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักปานกลาง

หลังจากออกกำลังกายได้ 4-8 สัปดาห์ HbA_{1c} ในเลือด มีค่าน้อยกว่าช่วงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การฝึกออกกำลังกายไม่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ ค่าโครงสร้างร่างกาย ส่วนประกอบของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด ระดับน้ำตาล (FBG) และไขมันในเลือด และ ความไวต่อการออกฤทธิ์ของอินซูลิน

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์โดยวิธี backward stepwise regression เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง HbA_{1c} กับตัวแปรต่างๆในช่วงเวลาก่อนฝึกออกกำลังกาย (สัปดาห์ที่ 1) พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมากกับ FBG และ หลังการฝึกออกกำลังกาย (สัปดาห์ที่ 5) พบว่า HbA_{1c} มีความสัมพันธ์อย่างมากกับ FBG และ ไขมัน triglycerides ($r=0.808$; $P<0.05$)

4. บทวิจารณ์และสรุปผล

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นงานวิจัยเรื่องแรกที่ศึกษาผลของการแกว่งแขน ซึ่งเป็นการออกกำลังกายรูปแบบจีน ต่อรระดับน้ำตาล ไขมัน และ ความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินในเลือด ได้ข้อสรุปที่สำคัญคือ การฝึกออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนนานประมาณ 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีผลลดระดับ HbA_{1c} ในเลือด และเนื่องจาก HbA_{1c} เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (22, 23) จึงอาจแสดงว่าการแกว่งแขนเป็นประจำ มีผลลดโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งสนับสนุนโดยมีการลดลงของ hs CRP ที่แม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าต่ำกว่าระดับที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (5 มก./ล.) คือ มีค่า 4.8 มก./ล. ซึ่งน่าจะสามารถบ่งชี้ถึงโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดที่น้อยลงได้ (2) อย่างไรก็ตามการฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนนี้ ไม่มีผลต่อระดับไขมันในเลือด และ ความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน

ระดับ HbA_{1c} ในเลือดซึ่งเป็นตัวแปรหลักของงานวิจัยนี้ เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีถึงระดับน้ำตาลในเลือด เนื่องจากระดับ HbA_{1c} มีความเสถียรมากกว่าระดับน้ำตาลในเลือด (fasting blood glucose) โดยคงค่าอยู่ถึง 2-3 เดือน แม้อาสาสมัครจะอดอาหารโดยเฉพาะอาหารที่มีรสหวานมาในวันก่อนวันตรวจวัดเลือด ค่า HbA_{1c} นี้ ก็ยังคงเดิม ทำให้ทราบถึงระดับน้ำตาลในเลือดที่แท้จริงของอาสาสมัคร จึงทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองนี้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งยืนยันโดยเป็นค่าที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยของ UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group ที่มีการใช้ระดับ HbA_{1c} ในเลือดเป็นตัวแสดงภาวะระดับน้ำตาลในเลือด (22, 23)

นอกจากนี้ งานวิจัยของกลุ่มศึกษาโรคเบาหวานประเภท 2 ในสหราชอาณาจักรอังกฤษ (UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group (22, 23) ได้ศึกษาผลการรักษาโรคเบาหวาน เช่น การให้ฮอร์โมนอินซูลิน หรือ ยา metformin ต่ภาวะแทรกซ้อน เช่น myocardial infarction, retinopathy, renal failure เป็นต้น และ พบว่า การลดลงของ HbA_{1c} เพียง 1% สามารถลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนเหล่านี้ และ ลดอัตราการตาย ได้ถึงประมาณ 21% (22, 23) และมีกลุ่มที่ศึกษาโรคเบาหวานในสหรัฐอเมริกาได้ผลเช่นเดียวกันนี้ โดยรายงานว่าการที่ระดับ HbA_{1c} ลดลง 1% สามารถลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนของ microvascular ได้ถึง 30% (59) จากทั้งกลุ่มวิจัยของอังกฤษและอเมริกาได้ผลสรุปว่า การลดลงของระดับ HbA_{1c} มีความสำคัญต่อการลดภาวะแทรกซ้อนได้เช่นเดียวกับการลดลงสู่ค่าที่เป็นเกณฑ์ปกติ (<7%) (5) ซึ่งงานวิจัยนี้ ได้ผลการทดลองว่าหลังฝึกออกกำลังกาย 15 สัปดาห์ HbA_{1c} มีค่าลดลง 0.2% เมื่อเทียบกับก่อนฝึกออกกำลังกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั้นอาจหมายถึงว่าการฝึกแกว่งแขนดังที่ปรากฏในงานวิจัยนี้ น่าจะมีผลลดภาวะแทรกซ้อนของหลอดเลือดและอัตราการตายได้อย่างน้อยประมาณ 4.2% ซึ่งแสดงให้เห็นผลของการแกว่งแขนที่น่าพอใจพอสมควรต่อการส่งเสริมสุขภาพร่างกาย

งานวิจัยที่สนับสนุนการวิจัยนี้ คืองานวิจัยของ Jeng และคณะ ในปี 2002 ซึ่งได้ศึกษาผลของระดับความหนัก และ ระยะเวลาของการออกกำลังกาย ที่มีต่อระดับน้ำตาลในเลือด โดยให้อาสาสมัครออก

กำลังกาย 12 ครั้ง ที่ ระดับความหนัก 3 ระดับ (40%, 60%, 80% $\dot{V}_{O_{2,max}}$) และระยะเวลา 4 ระยะ (10, 20, 30, 40 นาที) พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการออกกำลังกายส่วนแขน แต่ไม่ขึ้นอยู่กับระดับความหนัก และสรุปว่าการออกกำลังกายส่วนแขนที่ได้ผลลดระดับน้ำตาลในเลือด ในผู้ป่วยเบาหวานประเภท 2 ควรเป็นการออกกำลังกายส่วนแขนที่ใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที ที่ระดับความหนัก 40-80% $\dot{V}_{O_{2,max}}$ เพื่อให้ได้ผลควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งผลการทดลองนี้สนับสนุนการวิจัยนี้ซึ่งมีระเบียบการวิจัยที่คล้ายคลึงกับข้อสรุปของงานวิจัยของ Jeng และคณะ คือ ออกกำลังกายครั้งละ 30 นาที ส่วนระดับความหนักนั้น แม้จะยังไม่มีการทดลองหาระดับความหนักที่เปรียบเทียบกับค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption) แต่จากการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะที่อาสาสมัครทำการแกว่งแขนนั้น พบว่ามีระดับความหนักที่ประมาณ 60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งถือเป็นการออกกำลังกายที่มีระดับความหนักปานกลาง เทียบได้กับประมาณ 40-50 % $\dot{V}_{O_{2,max}}$

จากผลของงานวิจัยนี้ที่พบว่าการลดลงของ HbA_{1c} ในเลือด ซึ่ง HbA_{1c} เกิดจากการจับของกลูโคสกับ valine และ lysine residues ใน hemoglobin ในเม็ดเลือดแดง โดยกระบวนการที่ไม่ใช้เอนไซม์ที่เรียกว่า nonenzymatic glycosylation หรือ glycation (12) หลังจากการฝึกแกว่งแขนนี้ น่าจะแสดงว่าเกิดกระบวนการ glycation ลดลง ซึ่ง กระบวนการ glycation นี้ สามารถทำปฏิกิริยาต่อ เกิดเป็น advanced glycation end products (AGEs) ซึ่งไปกระตุ้นให้เกิดภาวะเครียดจากการออกซิเดชัน (oxidative stress) ได้ ดังนั้นหากกระบวนการ glycation นี้เกิดขึ้นน้อยลง น่าจะเกิดภาวะเครียดจากการออกซิเดชันลดลงด้วย ซึ่งยืนยันได้จากผลการทดลองของงานวิจัยของผู้วิจัย (กำลังรอตีพิมพ์) ที่ พบว่าการฝึกแกว่งแขนมีผลลดภาวะเครียดจากการออกซิเดชันซึ่งตรวจวัดโดย malondialdehyde (MDA)

อย่างไรก็ตามการฝึกแกว่งแขนอาจมีผลโดยตรงต่อการลดภาวะเครียดจากการออกซิเดชัน และมีผลเพิ่มการต้านภาวะเครียดจากการออกซิเดชันซึ่งตรวจวัดโดย reduced glutathione (GSH) และอัตราส่วนของ reduced glutathione ต่อ oxidized glutathione (GSH/GSSG) อีกด้วย ซึ่งตลอดเวลาการทำงานของเซลล์ในร่างกาย จะมีการสร้างอนุมูลอิสระและเกิด reactive oxygen species ตลอดเวลา และสามารถทำลายการทำงานของเซลล์ได้ โดยผลผลิตสุดท้ายของการทำลายเซลล์ส่วนที่เป็นไขมัน (lipid peroxidation) คือ MDA แต่ร่างกายมีกลไกต้านฤทธิ์ของอนุมูลอิสระเหล่านี้ เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น โดยกลไกหนึ่งของการเพิ่มการต้านภาวะเครียดจากการออกซิเดชัน คือ การเพิ่มระดับ GSH และ GSH/GSSG ทั้งนี้การออกกำลังกายอย่างฉับพลัน (a single bout of exercise) ทำให้เกิด MDA เพิ่มขึ้น และจะแปรผันทางบวกตามระดับความหนักของการออกกำลังกาย (3, 4) แต่ถ้าเป็นการฝึกออกกำลังกายเป็นประจำ จะทำให้มีผลลดภาวะเครียดจากการออกซิเดชันโดยการลดปริมาณอนุมูลอิสระที่ไปทำลายไขมัน หรือ โปรตีนของเซลล์ ทำให้มีผลทำลายการทำงานของเซลล์ต่างๆ เช่น endothelial cells, mesangial cells, macrophages นั้น ลดลง และเพิ่มการต้านภาวะเครียดจากการออกซิเดชัน (27, 28, 43) ดังเช่นที่พบในงานวิจัยนี้ ทำให้ลดโอกาสเกิดการสูญเสียหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ของ ตา ไต ระบบประสาท และที่สำคัญคือทำให้ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยที่สนับสนุนงานวิจัยนี้ ซึ่งรายงานว่า การออกกำลังกายที่ความหนักระดับ ปานกลางเป็นประจำ มีผลลดภาวะเครียดจากออกซิเดชันและเพิ่มการต้านภาวะเครียดจากออกซิเดชัน โดยมีระดับ MDA ลดลง และ GSH, GSH/GSSG ratio เพิ่มขึ้น (3, 27, 28)

การที่กล้ามเนื้อโครงร่างมีภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน นับเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิด โรคเบาหวานประเภท 2 ที่อาจอธิบายด้วยกลไกของการเพิ่มการทำงานของ inhibitor κ B ($I\kappa$ B) / nuclear factor κ B ($NF\kappa$ B) pathway (26, 63) อันเป็นโมเลกุลในกระบวนการอักเสบ (โดย $NF\kappa$ B เป็น transcription factors ที่ควบคุมการสร้าง proinflammatory genes ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของผู้ป่วย โรคเบาหวานประเภท 2 เป็นผู้มีภาวะอักเสบเรื้อรัง (chronic inflammation) (16,19,53) ที่พบว่ามี cytokines เช่น $TNF\alpha$ และ IL-6 อยู่ในระดับสูง ซึ่ง cytokines เหล่านี้สามารถกระตุ้น $I\kappa$ B/ $NF\kappa$ B pathway ได้ แต่ยังไม่มีการอธิบายที่ชัดเจนถึงกลไกของ การเพิ่มการทำงานของ inhibitor κ B ($I\kappa$ B) / nuclear factor κ B ($NF\kappa$ B) pathway ที่มีผลเพิ่มภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน ทั้งนี้ได้รับการยืนยันจาก งานวิจัย ของศิริวิจิตรกมลและคณะ ในปี 2006 ที่รายงานว่า ผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 มีการทำงานมากเกินไปของ inhibitor κ B ($I\kappa$ B) หรือ nuclear factor κ B ($NF\kappa$ B) axis โดยอาจอธิบายได้ด้วยสองกลไก คือ กลไกจากภายในคือ จากการถูกกระตุ้นจากโมเลกุลของกระบวนการอักเสบ เช่น metabolites of triglycerides and fatty acids (ได้แก่ fatty acyl CoAs, diacylglycerol, and ceramides) ไม่ใช่ถูกกระตุ้น โดยตรงจาก triglycerides และกลไกจากภายนอก เช่นการถูกกระตุ้นจาก reactive oxygen species (15, 18, 47), และ reactive oxygen species generation ที่ถูกเหนี่ยวนำจากการมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง นอกจากนี้งานวิจัยของ ศิริวิจิตรกมลและคณะ ยังพบว่าหลังจากอาสาสมัครสุขภาพปกติฝึกออกกำลังกาย เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยการปั่นจักรยานแบบค่อยๆเพิ่มความหนักเป็น 70% of $\dot{V}O_{2peak}$ เป็นเวลา 45 นาที และทำเป็นจำนวน 4 ครั้งต่อสัปดาห์ มีการลดลงของ activity of the inhibitor κ B ($I\kappa$ B) / nuclear factor κ B ($NF\kappa$ B) pathway พร้อมกับมีการเพิ่มความไวของกล้ามเนื้อโครงร่างต่อฮอร์โมนอินซูลิน แต่ไม่ได้พบว่าการฝึกออกกำลังกายมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมี ที่เกิดจากการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน อย่างไรก็ตามแม้งานวิจัยนี้จะไม่มีการตรวจวัดตัวแปรที่อธิบายกลไกต่างๆข้างต้น เช่น activity of the $I\kappa$ B/ $NF\kappa$ B axis และไม่พบการเพิ่มขึ้นของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน แต่จากการที่พบว่ามี น้ำตาล HbA_{1c} ลดลง ภาวะเครียดจากออกซิเดชันลดลง ภาวะต้านต่อการเกิดภาวะเครียดจากออกซิเดชัน เพิ่มขึ้น และ hs CRP ลดลงสู่ค่าที่แสดงถึงการมีภาวะอักเสบต่ำ (≤ 5 มก/ล) โดยในงานวิจัยนี้ หลังจาก ฝึกออกกำลังกาย hs CRP มีค่า 4.8 มก/ล น่าจะบ่งบอกถึงแนวโน้มของการมีผลลดความเสี่ยงต่อการเกิด โรคแทรกซ้อนต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด ที่เกิดจากการเป็นโรคเบาหวานได้

ทั้งนี้วิธีการที่งานวิจัยนี้ใช้ในการวัดความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน คือ HOMA-IR นั้น มีความแม่นยำในการตรวจวัดได้ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน คือ hyperinsulinemic euglycemic clamp ($r = 0.88$) (44) จึงมีความน่าเชื่อถือในผลของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินในงานวิจัยนี้ ซึ่งพบว่า

อาสาสมัครมีภาวะดื้อของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินมากกว่าปกติ แต่ไม่ได้รับผลจากการฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน แม้ว่าการแกว่งแขนจะมีผลลดระดับ HbA_{1c} ก็ตาม ซึ่งค้านกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่า การฝึกออกกำลังกายช่วยเพิ่มความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินทั้งในคนปกติ (2, 32, 39, 46, 57, 64, 49) และในผู้ป่วยเบาหวาน (6, 7, 9, 17, 34, 48) แต่ความขัดแย้งอาจเกิดจากอายุของอาสาสมัคร เพราะงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นส่วนมากเป็นอาสาสมัครที่มีอายุในช่วง 20-40 ปี ซึ่งน้อยกว่าอายุของอาสาสมัครของงานวิจัยนี้ ซึ่งยืนยันโดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่ศึกษาผลของอายุต่อผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีต่อความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน โดยให้อาสาสมัครอายุ 21-87 ปี ออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ที่ระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 20 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ แล้วค่อยๆ เพิ่มระดับความหนักเป็น 80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 40 นาที 4 ครั้ง/สัปดาห์ รวมเวลาทั้งหมด 16 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าอาสาสมัครที่มีอายุ 20-40 ปี มีความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับที่พบได้ในงานวิจัยอื่นที่ทำในอาสาสมัครที่ยังอายุน้อย แต่อาสาสมัครที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน ดังนั้นเหตุผลที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินนั้น อาจเนื่องมาจากในผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินน้อยกว่าวัยหนุ่มสาว เหตุผลอีกประการหนึ่งคือผลของการออกกำลังกายต่อความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินคงอยู่ในระยะสั้น (14-17 ชั่วโมง) ซึ่งในงานวิจัยนี้ ระยะเวลาหลังจากออกกำลังกายครั้งสุดท้าย กับการตรวจวัดฮอร์โมนอินซูลินนั้นอาจยาวเกินไปคือมากกว่า 24 ชั่วโมง จึงอาจทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินดังกล่าว (14) นอกจากนี้การไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน อาจเกิดมาจากความหลากหลายทางพันธุกรรม (polymorphism) ของโมเลกุลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน โดยมีงานวิจัยที่พบว่า ความหลากหลายทางพันธุกรรมของ peroxisome proliferation-activated receptor-gamma2 (PPAR-gamma2) Pro12Ala (51) หรือ ของ CRP (50) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลินจากผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก ทั้งนี้งานวิจัยนี้ไม่ได้ตรวจหาความหลากหลายทางพันธุกรรมของ PPAR-gamma2 หรือ ของ CRP ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ที่ความหลากหลายทางพันธุกรรมของโมเลกุลดังกล่าว จะเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความไวของเนื้อเยื่อต่อฮอร์โมนอินซูลิน

นอกจากนี้จากผลการวิจัยนี้ที่พบว่า การฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขน ไม่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจและความดันเลือดในขณะพัก ดัชนีมวลกาย ปริมาณไขมันในร่างกาย ระดับไขมันในเลือด และ เส้นรอบเอว อาจเนื่องมาจากความบ่อยของการฝึกแกว่งแขน ระยะเวลา หรือ ระดับความหนักที่ใช้ในการฝึกอาจไม่นานพอ เพราะการเคลื่อนไหวมีเพียงการแกว่งแขน ส่วนการออกกำลังกายส่วนอื่นเป็นการเกร็งลำตัว ขา และ เท้า อยู่กับที่ ซึ่งอาจไม่ใช้พลังงานมากพอ ที่จะทำให้มีการสลายไขมันที่มากพอจะตรวจวัดได้ เพราะในการฝึกที่มีระดับความหนัก (20) ความบ่อย และ ระยะเวลาของช่วงการฝึกที่

ไม่มากพอ จะไม่มีผลต่อมวลไขมันในร่างกาย แต่อาจไม่เหมาะสมที่จะให้อาสาสมัครซึ่งเป็นผู้สูงอายุฝึกมากกว่า 30 นาที เพราะอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อและข้อต่อของข้อไหล่ได้ เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวนานเกินไป ซึ่งน่าจะทำการวิจัยหารูปแบบพัฒนาการแกว่งแขนที่น่าสนใจ เหมาะสมกับผู้ป่วยที่เป็นผู้สูงอายุ และมีประโยชน์มากขึ้นกว่านี้ เช่น มีการเคลื่อนไหวแขนในรูปแบบที่ทำให้มีความหนักเพิ่มขึ้นหรือเคลื่อนไหวขาเพิ่มเติม หรือเพิ่มน้ำหนักด้านการเคลื่อนไหวของแขน หรือ เพิ่มความบ่อยมากขึ้น เช่น อาจเพิ่มเป็น 5 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือ ระยะเวลาเพิ่มขึ้น เช่น 9 เดือน และน่าจะมีการติดตามผลการทดลองในอาสาสมัครที่ยังทำการออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 6-12 เดือน

ในงานวิจัยนี้การรับประทานยาไม่น่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาล หรือ ไขมันในเลือดที่เกิดจากการฝึกออกกำลังกาย เนื่องจากอาสาสมัครถึง 79.5% ของอาสาสมัครทั้งหมดที่รับประทานยาสามารถรับประทานยาได้อย่างต่อเนื่อง (76-100% ของการรับประทานยา) และ ไม่มีการเปลี่ยนชนิดของยา นอกจากนี้อาสาสมัครรับประทานอาหารไม่ต่างกันระหว่างสองช่วงจึงไม่น่าจะมีผลของอาหารที่อาจมีต่อระดับน้ำตาล หรือ ไขมันในเลือด

สรุปผลการทดลอง

การฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนในผู้ป่วยโรคเบาหวาน เป็นเวลาครั้งละ 30 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ รวม 8 สัปดาห์ (การแกว่งแขนนับว่าเป็นการออกกำลังกายระดับปานกลาง) มีผลลดระดับน้ำตาลในเลือด (HbA_{1c}) อันเป็นผลให้ผู้ป่วยโรคเบาหวาน มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจและหลอดเลือดลดลง แต่การฝึกออกกำลังกายโดยการแกว่งแขนไม่มีผลต่อระดับไขมันในเลือดและความไวของเนื้อเยื่อต่ออินซูลิน อาจเนื่องจากระดับความหนัก จำนวนครั้งต่อสัปดาห์ และ ระยะเวลาของการฝึกการออกกำลังกายน้อยเกินไป

5. เอกสารอ้างอิง

1. Ahlborg, G., L. Hagenfeldt, and J. Wahren. Substrate utilisation by the inactive leg during one-leg or arm exercise. *J Appl Physiol* 39: 718-23, 1975.
2. Aldhahi, W., and O. Hamdy. Adipokines, inflammation, and the endothelium in diabetes. *Curr Diab Rep* 3: 293-8., 2003.
3. Alessio, H. M. and A. H. Goldfarb. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adaptive response to training. *J Appl Physiol* 64(4): 1333-1336, 1988.
4. Alessio, H. M., A. H. Goldfarb, and R. G. Cutler. MDA content increases in fast- and slow- twitch skeletal muscle with intensity of exercise in a rat. *Am J Physiol* 255 (Cell Physiol 24): C874-877, 1988.
5. American Diabetes Association: Standards of medical care in diabetes (Position Statement). *Diabetes Care* 28 :S4 –S36, 2005.
6. Association, A. D. Diabetes mellitus and exercise. Position statement. *Diabetes Care* 20: 1908-12, 1997.
7. Association, A. D. Diabetes mellitus and exercise. Position statement. *Diabetes Care* 25: S64-S68., 2002.
8. Borghouts, L. B., K. Backx, M. F. Mensink, and H. A. Keizer. Effect of training intensity on insulin sensitivity as evaluated by insulin tolerance test. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 461-6., 1999.
9. Boule, N. G., E. Haddad, G. P. Kenny, G. A. Wells, and R. J. Sigal. Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *Jama* 286: 1218-27., 2001.
10. Bounds, R. G., P. W. Grandjean, B. C. O'Brien, C. Inman, and S. F. Crouse. Diet and short term plasma lipoprotein-lipid changes after exercise in trained Men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 10: 114-27, 2000.
11. Brewler, H. B. Hypertriglyceridemia: Changes in the plasma lipoproteins associated with an increased risk of cardiovascular disease. *Am J Cardiol* 83: 3F-12F, 1999.
12. Brownlee, M. Advanced protein glycosylation in diabetes and aging. *Annu Rev Med* 46: 223-34., 1995.
13. Campbell, S. E., and M. A. Febbraio. Effect of the ovarian hormones on GLUT4 expression and contraction-stimulated glucose uptake. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 282: E1139-46., 2002.

14. Cox JH, Cortright RN, Dohm GL, Houmard JA. Effect of aging on response to exercise training in humans: skeletal muscle GLUT-4 and insulin sensitivity. *J Appl Physiol.* Jun;86(6):2019-25, 1999.
15. Dalton TP, Shertzer HG, Puga A: Regulation of gene expression by reactive oxygen. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 39:67–101, 1999.
16. Dandona P: The link between insulin resistance syndrome and inflammatory markers. *Endocr Pract* 9 (Suppl. 2):53–57, 2003.
17. Derouich, M., and A. Boutayeb. The effect of physical exercise on the dynamics of glucose and insulin. *J Biomech* 35: 911-7., 2002.
18. Droge W: Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev* 82:47–95, 2002.
19. Evans JL, Goldfine ID, Maddux BA, Grodsky GM: Oxidative stress and stress-activated signaling pathways: a unifying hypothesis of type 2 diabetes. *Endocr Rev* 23:599–622, 2002.
20. Fahlman MM, Boardley D, Lambert CP, Flynn MG. Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* Feb;57(2):B54-60, 2002.
21. Goodyear, L. J., and B. B. Kahn. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. *Annu Rev Med* 49: 235-61., 1998.
22. Group, U. P. D. S. Effects of intensive blood glucose control with metformin on complications in overweight patients with type 2 diabetes (UKPDS 34). *Lancet* 352: 854-65, 1998.
23. Group., U. P. D. S. Intensive blood glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and risk of complications in patient with type 2 diabetes (UKPDS 33). *Lancet* 352: 837-53, 1998.
24. Harris, S. Diabetes in America. *Diabetes Care* 21: C11-C14., 1998.
25. Howard, B. Insulin resistance and lipid metabolism. *Am J Cardiol* 84: 32J-82J, 1999.
26. Hundal RS, Petersen KF, Mayerson AB, Randhawa PS, Inzucchi S, Shoelson SE, Shulman GI: Mechanism by which high-dose aspirin improves glucose metabolism in type 2 diabetes. *J Clin Invest* 109:1321–1326, 2002.

27. Husain, K. Interaction of physical training and chronic nitroglycerin treatment on blood pressure, nitric oxide, and oxidants/antioxidants in the rat heart. *Pharmacol Res* 48: 253-261, 2003.
28. Husain, K. Interaction of exercise training and chronic NOS inhibition on blood pressure, heart rate, NO and antioxidants in plasma of rats. *Pathophysiol* 10: 47-56, 2003.
29. Ivy, J. L. Role of exercise training in the prevention and treatment of insulin resistance and non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Sports Med* 24: 321-36., 1997.
30. Jacobson TA. The safety of aggressive statin therapy: how much can low-density lipoprotein cholesterol be lowered? *Mayo Clin Proc.* Sep;81(9):1225-31, 2006.
31. Jeng, C., W. Y. Chang, S. R. Chen, and I. J. Tseng. Effects of arm exercise on serum glucose response in type 2 DM patients. *J Nurs Res* 10: 187-94, 2002.
32. Jovanovic-Peterson, L., and C. M. Peterson. Is exercise safe or useful for gestational diabetic women? *Diabetes* 40: 179-81, 1991.
33. Kemppainen, J., T. Fujimoto, K. K. Kalliokoski, T. Viljanen, P. Nuutila, and J. Knuuti. Myocardial and skeletal muscle glucose uptake during exercise in humans. *J Physiol* 542: 403-12., 2002.
34. Kennedy, J. W., M. F. Hirshman, E. V. Gervino, J. V. Ocel, R. A. Forse, S. J. Hoenig, D. Aronson, L. J. Goodyear, and E. S. Horton. Acute exercise induces GLUT4 translocation in skeletal muscle of normal human subjects and subjects with type 2 diabetes. *Diabetes* 48: 1192-7., 1999.
35. King, G. L., and N. K. Banskota. *Mechanisms of diabetic microvascular complications.* In: *Joslin's Diabetes Mellitus.*, 1994.
36. 3King, G. L., and M. Brownlee. The cellular and molecular mechanisms of diabetic complications. *Endocrinol Metab Clin North Am* 25: 255-70, 1996.
37. 3King, H., and M. Rewers. Global estimates for prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in adult. *Diabetes Care* 16: 157-77., 1993.
38. Kirwan JP, Kohrt WM, Wojta DM, Bourey RE, Holloszy JO. Endurance exercise training reduces glucose-stimulated insulin levels in 60- to 70-year-old men and women. *J Gerontol.* May;48(3):M84-90, 1993.

39. Kristiansen, S., M. Hargreaves, and E. A. Richter. Progressive increase in glucose transport and GLUT-4 in human sarcolemmal vesicles during moderate exercise. *Am J Physiol* 272: E385-9, 1997.
40. Krook, A., I. Holm, S. Pettersson, and H. Wallberg-Henriksson. Reduction of risk factors following lifestyle modification programme in subjects with type 2 (non-insulin dependent) diabetes mellitus. *Clin Physiol Funct Imaging* 23: 21-30, 2003.
41. Kubota M, Nagasaki M, Tokudome M, Shinomiya Y, Ozawa T, and Sato Y. Mechanical horseback riding improves insulin sensitivity in elder diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract*, Feb;71(2):124-30. Epub 2005 Aug 18, 2006.
42. Larsen, J. J., F. Dela, S. Madsbad, J. Vibe-Petersen, and H. Galbo. Interaction of sulfonylureas and exercise on glucose homeostasis in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 22: 1647-1654, 1999.
43. Liu, J, H. C. Yeo, E. Overvik-Douki, T. Hagen, S. J. Doniger, D. W. Chu, G. A. Brooks, and B. N. Ames. Chronically and acutely exercised rats: biomarkers of oxidative stress and endogenous antioxidants. *J Appl Physiol* 89: 21-28, 2000.
44. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia* 1985;28: 412-9.
45. Mayer-Davis, E. J., R. D'Agostino, A. J. Karter, and e. al. Intensity and amount of physical activity in relation to insulin sensitivity. *Jama* 279: 669-74, 1998.
46. Mccarty, D., and P. Zimmet. *Diabetes 1994 to 2010: Global estimates and projections*. Melbourne: International Diabetes Institute, 1994.
47. Mercurio F, Manning AM: NF-kappaB as a primary regulator of the stress response. *Oncogene* 18:6163–6171, 1999
48. Nishida, Y., Y. Higaki, K. Tokuyama, K. Fujimi, A. Kiyonaga, M. Shindo, Y. Sato, and H. Tanaka. Effect of mild exercise training on glucose effectiveness in healthy men. *Diabetes Care* 24: 1008-13, 2001.
49. Nuutila, P., P. Peltoniemi, V. Oikonen, K. Larmola, J. Kemppainen, T. Takala, H. Sipila, A. Oksanen, U. Ruotsalainen, G. B. Bolli, and H. Yki-Jarvinen. Enhanced stimulation of glucose uptake by insulin increases exercise-stimulated glucose uptake in skeletal muscle in humans: studies using [15O]O₂, [15O]H₂O, [18F]fluoro-deoxy-glucose, and positron emission tomography. *Diabetes* 49: 1084-91, 2000.

50. Obisesan TO, Leeuwenburgh C, Ferrell RE, Phares DA, McKenzie JA, Prior SJ, Hagberg JM. C-reactive protein genotype affects exercise training-induced changes in insulin sensitivity. *Metabolism*. Apr;55(4):453-60, 2006.
51. Ostergard T, Ek J, Hamid Y, Saltin B, Pedersen OB, Hansen T, and Schmitz O. Influence of the PPAR-gamma2 Pro12Ala and ACE I/D polymorphisms on insulin sensitivity and training effects in healthy offspring of type 2 diabetic subjects. *Horm Metab Res*. Feb;37(2):99-105, 2005.
52. Pafumi, C., L. Ciotta, M. Farina, I. Maggi, G. Intelisano, A. Fiorito, M. Chiarenza, A. Cavallaro, A. Pernicone, P. Bosco, A. Russo, S. Bandiera, P. Giardina, and A. Cianci. Influence of sport and low animal saturated fats intake diet on lipid dismetabolisms in postmenopausal women. *Minerva Ginecol* 54: 279-85, 2002.
53. Pickup JC, Crook MA: Is type II diabetes mellitus a disease of the innate immune system? *Diabetologia* 41:1241–1248, 1998
54. Slentz, C. A., E. A. Gulve, K. J. Rodnick, E. J. Henriksen, J. H. Youn, and J. O. Holloszy. Glucose transporters and maximal transport are increased in endurance-trained rat soleus. *J Appl Physiol* 73: 486-92, 1992.
55. Sriwijitkamol A, Christ-Roberts C, Berria R, Eagan P, Pratipanawatr T, DeFronzo RA, Mandarino LJ, Musi N. Reduced skeletal muscle inhibitor of kappaB beta content is associated with insulin resistance in subjects with type 2 diabetes: reversal by exercise training. *Diabetes*. Mar;55(3):760-7, 2006.
56. Stefanick, M. L., and e. al. Effects of diet and exercise in men and post-menopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *N Engl J Med* 339: 12, 1998.
57. Stratton, I. M., A. I. Adler, A. W. Neil, and e. al. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): Prospective observational study. *B M J* 321: 405-12, 2000.
58. Taskinen, M. R. Controlling lipid levels in diabetes. *Acta Diabetol* 39: S29-34., 2002.
59. The Diabetes Control and Complications Trial Research Group: The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 329 :977 –986,1993.
60. Vannasaeng, S., A. Viriyavajakul, and N. Poongvarin. Prevalence of diabetes mellitus in urban community in Thailand. *J Med Assoc Thai* 69: 131-8, 1986.

61. Vasankari, T. J., U. M. Kujala, T. M. Vasankari, and M. Ahotupa. Reduced oxidized LDL levels after a 10-month exercise program. *Med Sci Sports Exerc* 30: 1496-501, 1998.
62. Williams, P. T. Interactive effects of exercise, alcohol, and vegetarian diet on coronary artery disease risk factors in 9242 runners: the National Runners' Health Study. *Am J Clin Nutr* 66: 1197-206, 1997.
63. Yuan M, Konstantopoulos N, Lee J, Hansen L, Li ZW, Karin M, Shoelson SE: Reversal of obesity- and diet-induced insulin resistance with salicylates or targeted disruption of Ikkbeta. *Science* 293:1673–1677, 2001.
64. Zorzano, A., T. W. Balon, M. N. Goodman, and N. B. Ruderman. Glycogen depletion and increased insulin sensitivity and responsiveness in muscle after exercise. *Am J Physiol* 251: E664-9, 1986.
65. วรณแสง, สติชัย. ระบาดวิทยาของโรคเบาหวานในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2546. หน้า 23.
66. วิษณุณรัตน์, อภิชาติ. จุดมุ่งหมายและหลักการดูแลรักษาโรคเบาหวาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2546. หน้า 59-73.
67. จิรวัฒน์สถิต, จิตร์. ภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังของโรคเบาหวาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2546. หน้า 199-207.

Output

1. Manuscript เรื่อง Effects of arm exercise on cardiovascular risks in type 2 diabetic Thai patients (กำลังร่าง)
2. การนำเสนอผลงานในการประชุม "1st International Congress on "Prediabetes" and the Metabolic Syndrome – Epidemiology, Management and Prevention of Diabetes and Cardiovascular Disease" ที่ Berlin, Germany, 13-16 เมษายน, 2548 จำนวน 2 เรื่อง คือ
 - 2.1 "Oxidative Stress and cardiovascular risks in type 2 diabetes mellitus"
 - 2.2 "Pulmonary function and cardiovascular risks in type 2 diabetes mellitus"
3. การนำเสนอผลงานในการประชุม The 8th European Congress on Endocrinology ที่ Glasgow, Scotland 1-5 เมษายน 2549 เรื่อง Effects of arm exercise on metabolic parameters in type 2 diabetic Thai patients

ภาคผนวกที่ 1

บทความที่เผยแพร่ในสถานีวิทยุกระจายเสียงของมหาวิทยาลัยขอนแก่น FM 103 MHz ประจำเดือน
พฤษภาคม 2549

การออกกำลังกายรูปแบบตะวันออกคืออะไร

ผศ.นฤมล สืบอายุวัฒน์

ภาควิชาสรีรวิทยา

คณะแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปัจจุบันรัฐบาลได้ให้ความสนใจ และมีนโยบายส่งเสริมให้ประชาชนได้ออกกำลังกายมากขึ้น เนื่องจากเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการออกกำลังกาย ซึ่งทำให้สุขภาพร่างกายแข็งแรง ส่งผลให้ลดอัตราการเกิดโรคต่างๆ ทำให้ลดภาระค่าใช้จ่ายของประเทศในการรักษาพยาบาลโรคต่างๆเหล่านั้นได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้รูปแบบการออกกำลังกายที่นำมาใช้โดยชุมชนต่างๆ มักเป็นการออกกำลังกายในรูปแบบตะวันตก เช่น เต้นแอโรบิก วิ่งเหาะๆ หรือ ฟุตบอล ซึ่งเหมาะกับผู้ที่อยู่ในวัยหนุ่มสาว ส่วนการออกกำลังกายในรูปแบบตะวันออกซึ่งมีอยู่หลายประเภท เช่น รำไม้พลอง ไท่เก๊ก จี้กง แกว่งแขน ฤาษีตัดตน หรือ โยคะ เป็นต้น ได้รับความสนใจจากชุมชนต่างๆน้อยกว่า แม้ว่าจะเหมาะสมกับวัยกลางคน หรือ ผู้สูงอายุมากกว่า

ทั้งนี้การออกกำลังกายในรูปแบบตะวันตกเหล่านี้ ได้รับการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวางและลึกซึ้งในต่างประเทศ และพบว่าการฝึกเป็นประจำ มีผลดีอย่างมากต่อร่างกาย ทั้งต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบหายใจ และเมแทบอลิซึม เป็นต้น ส่วนการออกกำลังกายรูปแบบตะวันออก โดยเฉพาะไท่เก๊ก และ โยคะ เป็นสองรูปแบบที่ได้รับความนิยมและมีผู้สนใจศึกษามากขึ้นในต่างประเทศ แต่ยังมีศึกษาน้อยมากในประเทศไทย ส่วนการรำไม้พลอง การแกว่งแขน หรือ ฤาษีตัดตน ยังมีการศึกษาวิจัยน้อยมากทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย อาจเนื่องจากการออกกำลังกายเหล่านี้ไม่ได้รับความนิยมเท่ากัน หรือ ยังมีนักวิจัยในประเทศไทยที่สนใจศึกษาการออกกำลังกายดังกล่าวนี้เป็นจำนวนน้อย

อย่างไรก็ตามเท่าที่มีงานวิจัยศึกษาการออกกำลังกายรูปแบบตะวันออกนั้น การออกกำลังกายที่ได้รับการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางในต่างประเทศ คือ ไท่เก๊ก และ โยคะ โดยผลการศึกษาพบว่า มีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจ ลดความดันเลือด ลดความเครียด กังวล ของจิตใจและร่างกาย ลดระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ซึ่งทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน ทำให้หายใจได้ลึกขึ้น ลดความรุนแรงของโรคหอบหืด นอกจากนี้ทำให้ผู้ป่วยโรคปวดหลังส่วนล่างมีอาการปวดหลังลดลง สามารถเคลื่อนไหวร่างกายดีขึ้น และ ไข้ยาแก้ปวดลดลง และเพิ่มอัตราการรอดตายของผู้ป่วย

โรคมะเร็งอีกด้วย ทำให้เด็กมีความจำดีขึ้น และมีสมาธิมากขึ้น ลดอาการปวดกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกาย และที่น่าสนใจคือ การฝึกโยคะในสตรีตั้งครรภ์สามารถทำให้ทารกมีน้ำหนักตัวแรกเกิดมากกว่า 2500 กรัม ส่วนการศึกษาในประเทศมีน้อยมาก โดยมีเพียงงานวิจัยของ วียะดาและคณะพบว่าโยคะมีผลเพิ่มความยืดหยุ่น ความทนทานต่อการออกกำลังกาย ลดระดับน้ำตาลและคลอเลสเทอรอลในเลือด

จากผลงานวิจัยดังกล่าว ประกอบกับการมีลักษณะเด่นของการออกกำลังกายรูปแบบตะวันออกอันได้แก่ ให้แก็ก โยคะ ราไม้มพลอง และ ฤาษีตัดตน ที่มีการเคลื่อนไหวที่นุ่มนวล ต่อเนื่อง ไม่มีการกระแทกน้ำหนักลงที่ข้อต่อ ไม่หักโหมเกินไป และมีการฝึกควบคุมจิตใจและร่างกายให้ผ่อนคลาย มีสติด้วย ทำให้เป็นรูปแบบที่น่าจะเหมาะสมสำหรับประชาชนทุกเพศ วัย และอาชีพ โดยเฉพาะในวัยกลางคน ผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วยบางประเภทที่ไม่สามารถออกกำลังกายที่มีความหนักมาก ๆ หรือมีการกระแทกข้อต่อมาก ๆ ได้ นอกจากนี้ยังไม่ต้องใช้อุปกรณ์มากมาย ไม่ต้องใช้พื้นที่กว้าง ๆ จึงสะดวกต่อการนำมาใช้ในการรักษาสุขภาพให้แข็งแรง ทั้งนี้ ผศ.นฤมล ลีลาญวัฒน์และคณะ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ให้ความสนใจศึกษาวิจัยผลของการออกกำลังกายรูปแบบตะวันออกต่างๆ โดยปัจจุบันได้กำลังศึกษาผลของการแกว่งแขน ต่อ ระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด ความเครียดจากออกซิเดชั่น และการทำงานของระบบหายใจและระบบประสาทอัตโนมัติในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2 และศึกษาประสิทธิภาพของการรำไม้มพลองต่อเมแทบอลิซึม และการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และมีโครงการจะศึกษาผลทางด้านสรีรวิทยาจากการออกกำลังกายรูปแบบตะวันออกในรูปแบบอื่นๆอีก เช่น ฤาษีตัดตน เป็นต้น เพื่อรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ที่ยืนยันถึงผลของการออกกำลังกายรูปแบบตะวันออกต่อการทำงานของร่างกายระบบต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ประชาชนได้มีข้อมูลของทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับตนเอง ในการส่งเสริมให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรงเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว ไม่เพียงพอที่จะทำให้มีสุขภาพกายและใจที่ดี มีอายุยืนยาวอย่างมีความสุข แต่ต้องมีการรับประทานอาหารที่มีคุณภาพ ปริมาณเหมาะสม และถูกสุขลักษณะ มีการพักผ่อนที่เพียงพอ ทำจิตใจให้ผ่องใส มองโลกในแง่ดีร่วมไปด้วย จึงจะทำให้มีสุขภาพดีมีความสุขทั้งกายและใจ และมีอายุยืนยาวอย่างมีคุณภาพ

ภาคผนวกที่ 2.1

บทคัดย่อของผลงานที่ไปนำเสนอต่างประเทศ

Title: Oxidative stress and cardiovascular risks in type 2 diabetes mellitus

Authors: Naruemon Leelayuwat, Oratai Tunkumnerdthai, Montana Donsom, Nichanan Punyaek, Thongchai Pratipanawat, Upa Kukongviriyapan

Objectives: to investigate i) oxidative stress in type 2 diabetes mellitus and ii) relationship between oxidative stress and risks of cardiovascular disease (i.e. hyperglycaemia, obesity, central obesity) in such patients.

Methods: Nineteen type 2 Thai diabetes mellitus patients (16 women and 3 men) without cardiovascular complication, aged 49-61 years, were recruited in this study. We assessed oxidative stress by measuring the concentration of plasma malondialdehyde (MDA) and antioxidant by measuring reduced glutathione (GSH) and oxidized glutathione (GSSG). Hyperglycaemia was assessed by measuring fasting blood glucose (FBG) and glycated hemoglobin (HbA_{1c}). Obesity was assessed by measuring body mass index (BMI) and skinfold thickness. Central obesity was determined by measuring waist circumference and waist to hip ratio (WHR). C reactive protein was measured as an indicator to predict cardiovascular disease.

Results: FBG and HbA_{1c} were 152.42 ± 10.29 (mean $\pm$ SE) mmol/l and $9.26 \pm 0.30\%$ respectively. BMI and %body fat were 27.00 ± 0.88 and $42.69 \pm 0.91\%$ respectively. MDA was higher than normal values and positively correlated with BMI ($r=0.64$; $P<0.01$), %body fat ($r=0.66$; $P<0.05$), waist circumference and WHR ($r=0.83$ and 0.65 respectively; $P<0.05$). MDA was not correlated with hyperglycaemia. However C reactive protein concentration was 6.28 ± 1.35 mg/L. Antioxidant concentrations were not impaired and not correlated with any cardiovascular risks.

Conclusions: These data suggest that oxidative stress was increased and related to obesity and central obesity in type 2 Thai diabetics. Hyperglycaemia, obesity and central obesity may independently contribute to increased oxidative stress which may be an underlying mechanism that develops cardiovascular disease.

ภาคผนวกที่ 2.2

Title: Pulmonary function and cardiovascular risks in type 2 diabetes mellitus.

Authors: Oratai Tunkumnerdthai, **Naruemon Leelayuwat**, Montana Donsom, Nichanan Punyaek, Thongchai Pratipanawat, Upa Kukongviriyapan, Wilaiwan Khrisanapant

Objective: to examine relationship between pulmonary function and cardiovascular risks (i.e. hyperglycaemia, insulin resistance, obesity, central obesity) in type 2 diabetes mellitus.

Methods: Nineteen Thai type 2 diabetes mellitus patients (16 women and 3 men) without cardiovascular complication, were recruited in this study. We assessed pulmonary function by measuring forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) and forced vital capacity (FVC). Hyperglycaemia was assessed by measuring concentration of fasting blood glucose (FBG) and glycated hemoglobin (HbA_{1c}). Insulin resistance was assessed by measuring fasting insulin concentration. Obesity was determined by measuring body mass index (BMI) and skinfold thickness. Central obesity was determined by measuring waist to hip ratio.

Results: FBG, HbA_{1c} and insulin concentrations were 152.42±10.29 (mean±SE) mmol/l, 9.26 ± 0.30% and 21.84±2.75 µIU/mL respectively. BMI and %body fat were 27.00 ± 0.88 kg/m² and 42.69 ± 0.91% respectively. FEV₁ and FVC were negatively correlated with %body fat (r=-0.58; P<0.01 and r=-0.52; P<0.05 respectively). Only FEV₁ was positively correlated with insulin (r=0.65; P<0.01). However, both FEV₁ and FVC were not related to hyperglycaemia and central obesity.

Conclusions: These findings concluded that pulmonary function was inversely related to obesity. This may be explained by the fact that obesity may contribute to decreased chest wall compliance in type 2 diabetes mellitus patients in the present study. The correlation between FEV₁ and insulin resistance is inconsistent with previous study that found inversely association between FEV₁ and insulin resistance. This may be due to small sample size in the present study.

ภาคผนวกที่ 3

Title: Effects of arm exercise on metabolic parameters in type 2 diabetic Thai patients

Authors: Naruemon Leelayuwat, Oratai Tunkamnerdthai, Montana Donsom, Nichanan Punyaek, Thongchai Pratipanawat, and Upa Kukongviriyapan

Objectives: The present study aims to investigate effects of arm exercise training on metabolic responses in type 2 diabetic Thai patients.

Methods: Nine male and 34 female diabetic patients (aged 57.5 ± 1.1 yrs) without cardiovascular disease in urban area in Khon Kaen province were recruited in the present study. They performed 30-min arm swing per day, 3 days per week for 8 weeks. Eight weeks before the exercise period they maintained daily life without regular exercise. Fasting blood glucose, HbA_{1c} concentrations, insulin sensitivity, lipid profiles and anthropometry were measured before and after each period. Insulin sensitivity was determined by the homeostasis model assessment (HOMA IR).

Results: HbA_{1c} concentration after exercise was lower than before exercise ($P < 0.05$) (Table 2). Anthropometry, FBG, insulin resistance, and lipid profiles did not change throughout the experiment. Furthermore, there are correlations between HbA_{1c} concentration and FBG and TG.

Conclusions: These data demonstrated that arm swing training improves glycaemic control by reducing blood HbA_{1c} concentration. This may suggest that arm swing may be an alternative choice of exercise for elderly Diabetic Thai patients.

ภาคผนวกที่ 4.1
แบบบันทึกสุขภาพอาสาสมัคร

ID.....

เรื่อง “ผลของการออกกำลังกายส่วนแขนต่อเมแทบอลิซึม
ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2”

คำชี้แจง: โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บไว้เป็นความลับและถูกใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

วันที่.....

1. Research ID..... เพศ () ชาย () หญิง

อาชีพ.....

2. วันเดือนปีเกิด..... อายุ..... ปี..... เดือน..... วัน

3. ที่อยู่ปัจจุบันซึ่งสามารถติดต่อได้สะดวก.....

โทรศัพท์.....

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

5. โรคประจำตัว..... ยาที่ใช้.....

6. ประวัติการเจ็บป่วยหรือโรคต่อไปนี้

() โรคหลอดเลือดและหัวใจ

() โรคเกี่ยวกับสมองและประสาท

() ความดันโลหิตสูง

() โรคไขข้อ

() มีปัญหาเกี่ยวกับกระดูกและข้อจนวนรบกวนการทำงาน

() โรคลมชักลมบ้าหมู

() โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ระบุ.....

() เคยเข้ารับการผ่าตัด

ระบุภาวะหรือตำแหน่งที่รับการผ่าตัด.....

() โรคเบาหวาน

() อื่นๆ

7. () สูบบุหรี่

8. () ดื่มสุรา

9. () เสพสิ่งเสพติด

10. ประวัติการออกกำลังกาย

10.1 ในช่วง 4 เดือนที่ผ่านมา ใน 1 สัปดาห์ ท่านออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาบ่อยเพียงใด

ระบุ.....ครั้ง/สัปดาห์

10.2 ระบุประเภทของการออกกำลังกายหรือกีฬาที่เล่น (ถ้าเป็นนักกีฬาให้ระบุด้วย)

.....ระยะเวลาที่ใช้.....นาที/ครั้ง

10.3 ระดับความเหนื่อยในการเล่นแต่ละครั้ง โดยเฉลี่ย

() เหนื่อยมาก () เหนื่อยพอสมควร () เหนื่อยน้อย

10.4 ท่านเคยบาดเจ็บจากการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาหรือไม่.....

ระบุอาการ ถ้าเคย.....

ลงชื่อ.....

()

วันที่.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณที่ท่านให้ข้อมูลและรายละเอียดข้างต้นตามจริง

ภาคผนวกที่ 4.2
แบบบันทึกโครงสร้างร่างกายของอาสาสมัคร
เรื่อง “ผลของการออกกำลังกายส่วนแขนต่อเมแทบอลิซึม
ในผู้ป่วยโรคเบาหวานประเภท 2”

Research ID Code.....เข้าร่วมงานวิจัยในกลุ่ม.....

อุณหภูมิห้อง.....องศาเซลเซียส

ชีพจร.....ครั้ง/นาที ความดันโลหิต.....มม.ปรอท

มีความรู้สึกไม่สบายในวันที่ทดสอบหรือไม่.....

Body mass index (BMI)

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

เมตร

BMI.....

อัตราส่วนของเส้นรอบวงของเอวต่อสะโพก (waist to hip ratio)

เส้นรอบวงของเอว.....เซนติเมตร

เส้นรอบวงของสะโพก.....เซนติเมตร

อัตราส่วนของเส้นรอบวงของเอวต่อสะโพก.....

ความหนาไขมันใต้ผิวหนัง/ (skinfold thickness)

Subscapular.....mm

Suprailiac.....mm

Triceps.....mm

Biceps.....mm

Results		
Sum of 4 Skinfolds	Body Density (Db)	Percent Fat (% BF)

แต่ก่อนไหนกว้างแขนแบบนั้นที่เข้ากันคือ ต้องยื่นหยัด
นิตยสารนี้ไม่ได้ผล โดยเร็ว แต่ละครั้งทำก็เพื่อควรวให้
รับกำลังจากของตน อยู่ได้เน แต่ก็ไม่ควรว โอมอ่อน
กรมใจตนเองจนเกินไป ถ้าทำจนนั้นจะก่อให้เกิดการ
วามเชื่อมแน่นต่อการเคลื่อนไหวแบบนั้นทั้งจะมีได้

เอ็นควรว

เอ็นเริ่มขึ้น ไม่จำเป็นต้องให้แรงมากนักหรือคิดแต่
ริ้วๆให้เสร็จๆไป เพราะอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บได้
กว้างจนควรวทำด้วยความนุ่มนวล อย่างนี้กระด้าง
วามรุนแรงมีสมาธิ อย่างฟุ้งซ่าน หากจิตใจไม่รวมศูนย์
วามแล้ว ทางทฤษฎีจะกล่าวว่าการทำให้เคลื่อนไหวกับสภาวะ
สภาวะเป็นแบบนั้นกำลังแบบนั้นดังกล่าวนั้น ซึ่งผมจะให้เป็น
ยแต่อย่างใดก็ตาม แต่ที่สุดแล้วพื้นฐานการบำบัดด้วย
กว้างแขนนี้

กว้างแขนนี้ ไปถึง 200-300 เท่าแล้ว มักจะมีการเรอ
สองขยับต่อเนื่องออกนอกหน้าแดง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์
ที่ไม่ต้องวิตก เพราะแสดงให้เห็นว่ากำลังมีการบีบตัวของ
จะอาหารและลำไส้เพิ่มขึ้น

ให้ผู้อ่านทุกท่านได้ประโยชน์จากการออกกำลังกายใน
การกว้างแขนนี้ โดยผู้ที่มีความเจ็บป่วยขอให้ความ
เน้นลดลงหรือหายไป และผู้ที่สุขภาพปกติขอให้
ให้สมบูรณ์แข็งแรงยิ่งขึ้นไป

คณะผู้จัดทำ

โครงการวิจัยเรื่อง "ผลของการฝึกออกกำลังกล้ามเนื้อคอ
แม่แบบอิตาลี การเตรียมความพร้อมของร่างกายก่อนการ
หาใจและระบบประสาทอัตโนมัติ ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน
ประเภท 2" ปี พ.ศ. 2547

ศส. นฤมล ลีลาวัฒน์
ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทร 043-348394

บันทึก

.....

.....

.....

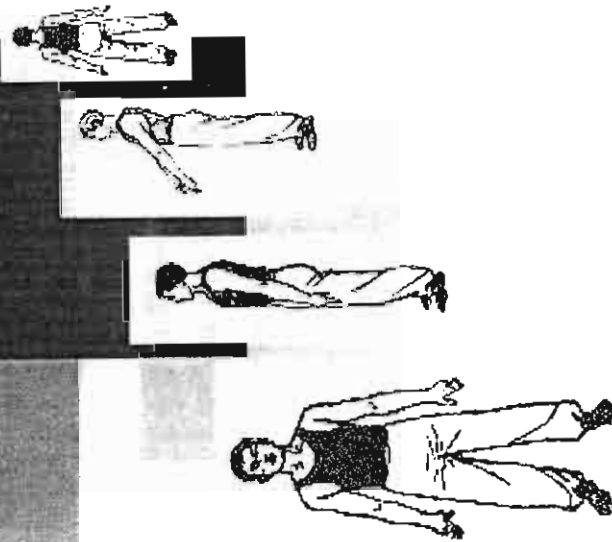
.....

.....

.....

.....

โครงการวิจัย



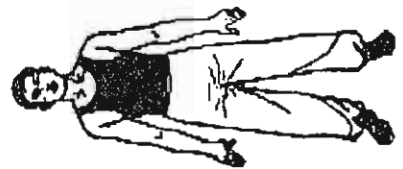
"นอของภาพก็ออกกำลังกายด้วย
แผนดัดเมแทบอลิซึม ความเครียดจาก
ออกซิเดชั่น การทำงานของระบบทาง
ใจและระบบประสาทอัตโนมัติในผู้ป่วย
โรคเบาหวานประเภท 2"

ที่มาและประโยชน์ของการฝึกแกว่งแขน

การแกว่งแขนเป็น การบำบัดรักษาตามวิถีทางของแพทย์แผนโบราณจีน ซึ่งตามทฤษฎีของแพทย์แผนโบราณจีน สุขภาพร่างกายมนุษย์สัมพันธ์กับเลือดและลมอย่างแน่นแฟ้น ปัญหาของสุขภาพจึงเป็นปัญหาของเลือดลม การแกว่งแขนตามทฤษฎีแล้วนั้นสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับเลือดลมได้ เพราะจะกระตุ้นการแกว่งแขนจึงจะช่วยให้สุขภาพดีได้ ทั้งนี้การออกกำลังกายซึ่งส่วนมากเป็นรูปแบบทางตะวันตกได้รับการศึกษาแล้วว่า สามารถทำให้ร่างกายควบคุมระดับน้ำตาลและไขมัน ได้ดีขึ้น ตลอดจนทำให้การทำงานของระบบต่างๆ เช่น ระบบหัวใจและระบบประสาท ทำงานดีขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องปฏิบัติตามอย่างถูกต้อง คือ มีความหนักระดับปานกลาง ระยะเวลาในแต่ละครั้งอย่างน้อย 30 นาที และ อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลานานอย่างน้อย 8 สัปดาห์ จึงจะเห็นผลของการฝึกออกกำลังกาย ดังนั้นการแกว่งแขนซึ่งถ้าปฏิบัติตามข้อปฏิบัติดังกล่าวนี้ได้ น่าจะมีประโยชน์ในการแก้ไขปัญห สุขภาพร่างกายได้เช่นเดียวกัน

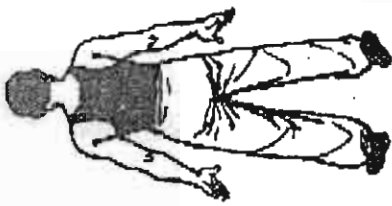
วิธีการ

จังหวะของการแกว่งแขนมีดังนี้



จังหวะที่ 1

สองขาขึ้นแยกจากกัน
ห่างเท่าช่วงกว้างของไหล่



จังหวะที่ 3

ท่อน้อยหุบเข้า เอวตั้ง หลังยก คอปล่อย
หัวและปากให้เป็นไปตามธรรมชาติ

จังหวะที่ 4



จังหวะที่ 5

สองตาเลือกจับอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งเบื้องหน้า
เปิดความคิดฟุ้งซ่านออกไปให้หมด ตั้งสมาธิ
รวมศูนย์ความสนใจอยู่ที่เท้า

สองแขนห้อยอยู่ข้างตัวตามธรรมชาติ
นิ้วชิดกัน ผ่านมือหันไปทางหลัง



ปลายเท้าออกแรงจิกพื้น
ส้นเท้าก็จะตึงเหยียด
แนบกับพื้นให้ตัวเองเกิดความ
รู้สึก ว่า กล้ามเนื้อต้นขาและที่
น่องอยู่ในภาวะตึงเครียด



แกว่งแขน เริ่มด้วยแกว่งแขนไปทางหน้า
ไม่ต้องออกแรง ระดับความสูงของแขน
เป็นไปตามธรรมชาติ ให้อยู่ในตำแหน่ง
ทำมุมกับลำตัวประมาณ 30 องศา ในตอน
ให้สนใจนับจำนวนเท้าว และจะต้องสา
ให้แรงที่ปลายเท้า ส้นเท้าและข้อ
ศรึ้นเมื่อสองแขนแกว่งลงมาอยู่ในท่า
ข้างลำตัว ก็ให้แกว่งไปข้างหลัง หนักควรออกแรงสักหา
แกว่งจนกล้ามเนื้อมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับเกิดขึ้น
จึงแกว่งกลับคืน ในตอนนี้นับระดับสูงของแขนควร
ในตำแหน่งทำมุมประมาณ 60 องศากับลำ



จังหวะที่ 7

เคลื่อน ไหวแกว่งแขนซ้ำเรื่อยๆ ไป
จำนวนเริ่มจากน้อยไปสู่มาก ค่อยๆ
เพิ่มจนที่เหนื่อย จากครั้งละ 200-
300 เท้าว เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง
2000 เท้าจะใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมง