



รายงานการวิจัย

เครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วงแบบอัตโนมัติ Automatic anti G SUT machine (A Anti –G SUT)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
จากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

เครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วงแบบอัตโนมัติ Automatic anti G SUT machine (A Anti –G SUT)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

พ.ท.น.พ. บุระ สินธุภากร

สาขาวิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์

สำนักวิชาแพทยศาสตร์

ผู้ร่วมวิจัย

1. ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี

2. ผศ. ดร.การุญ พิงสุวรรณรักษ์

3. รศ.ดร.พรศิริ จงกล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
จากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
ปีงบประมาณ 2558
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ารู้สึกเป็นพระกรุณาธิคุณล้นเกล้าฯ ในกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ได้มีโอกาสรับทุนเพื่อผลิตสิ่งประดิษฐ์ในทางการแพทย์ อันจะนำมาซึ่งประโยชน์ในการใช้กับผู้ป่วยที่มีปัญหาอ่อนแรง ผู้ป่วยที่มีปัญหาการบาดเจ็บ หรือ ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดขาช่วงล่าง โดยได้รับความเกื้อกูลจากสำนักวิศวกรรมศาสตร์ โดยรศ.ดร.พรศิริ จงกล เป็นผู้ชักนำทีมงานในการร่วมมือการผลิตสิ่งประดิษฐ์นี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณรศ.ดร.พรศิริ จงกลและทีมงาน อันประกอบด้วย ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี ผศ. ดร.การุญ พิงสุวรรณรักษ์ หากปราศจากทั้ง 3 ท่านนี้คงไม่สามารถผลิตสิ่งประดิษฐ์เครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วง สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในการมอบโอกาสให้ได้ตั้งสิ่งประดิษฐ์นี้และอนุญาตให้ใช้ในผู้ป่วยจริง

อาจารย์ พันโท นายแพทย์บุระ สินธุภากร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อภาษาไทย

การวิจัยนี้เป็นการฝึกเดินโดยใช้เครื่องรองรับน้ำหนักตัวเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการฝึกเดินในผู้ป่วย ภายหลังการผ่าตัดเพื่อช่วยฟื้นฟูความสามารถการใช้งานข้อเข่าให้กลับมาเป็นปกติโดยเร็วที่สุด การศึกษาก่อนหน้าได้แสดงให้เห็นถึงผลจากการใช้หุ่นยนต์ หรืออุปกรณ์ช่วยเดิน ที่เพิ่มความสามารถในการใช้งานข้อเข่า ภายหลังการผ่าตัด แต่การศึกษาที่อาศัยหลักของการใช้แรงพยุงช่วยในการเดินยังมีการศึกษาอยู่น้อยในผู้ป่วย ระยะฟื้นฟู ภายหลังการผ่าตัดซ่อมเอ็นไขว้หน้า ผลการศึกษาพบว่า การฝึกเดินโดยใช้เครื่องรองรับน้ำหนักตัวมี ประสิทธิภาพในการเพิ่มความสามารถในการทำงานของข้อเข่า ลดความเจ็บปวดภายหลังการผ่าตัด ได้ดีกว่า การทำกายภาพบำบัดเพียงอย่างเดียวในระยะฟื้นฟูภายหลังการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้า 2 สัปดาห์ ในกลุ่มผู้ป่วย ผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าที่มีช่วงอายุไม่ต่ำกว่า 18 ปี

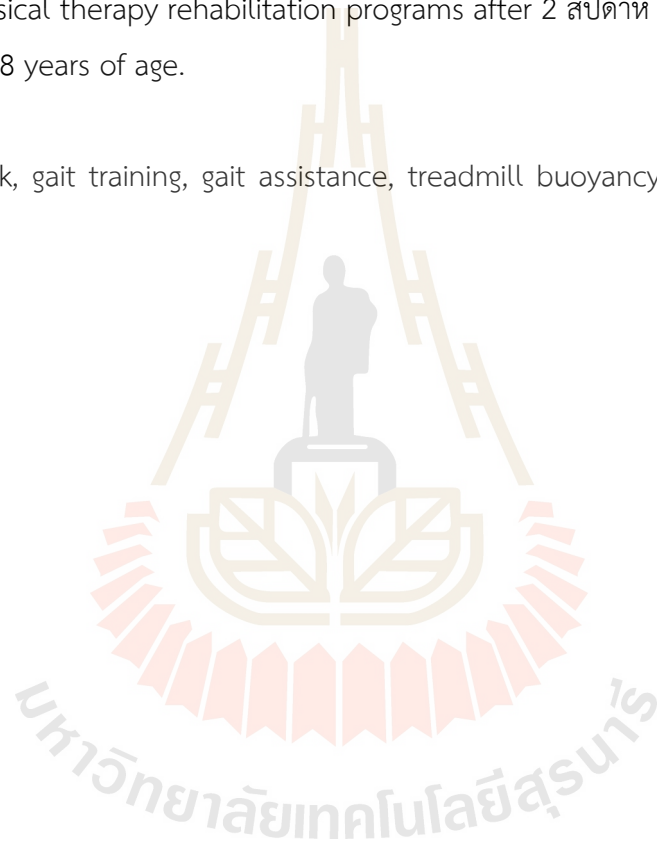
คำสำคัญ: เครื่องรองรับน้ำหนักตัว, เครื่องช่วยเดิน, เครื่องพยุงเดิน, ผ่าตัดเอ็นไขว้หน้า



Abstract

Rehabilitation of patients after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is important for a successful surgical outcome. Several methods use to accelerate the recovery such as no bracing, hard rehabilitation brace, functional brace and restricted range of knee motion. However, the use of walking support machine (co walk) after anterior cruciate ligament reconstruction is not yet report the clinical outcome. The study indicated that training with Co-walk is effective improve the ability of knee joint decrease pain better than isolated physical therapy rehabilitation programs after 2 สัปดาห์ of ACL reconstruction in patients least 18 years of age.

Keyword: Co walk, gait training, gait assistance, treadmill buoyancy force support, body weight support



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ทบทวนวรรณที่เกี่ยวข้อง.....	4
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
แหล่งที่มาของข้อมูล	16
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	17
วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	18
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ผลการวิจัย	19
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	25
อภิปรายผล	26
ข้อเสนอแนะ	26
บรรณานุกรม	27
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	30
ประวัติผู้วิจัย	45

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงลักษณะข้อมูลประชากรทั่วไป.....	19



สารบัญภาพ

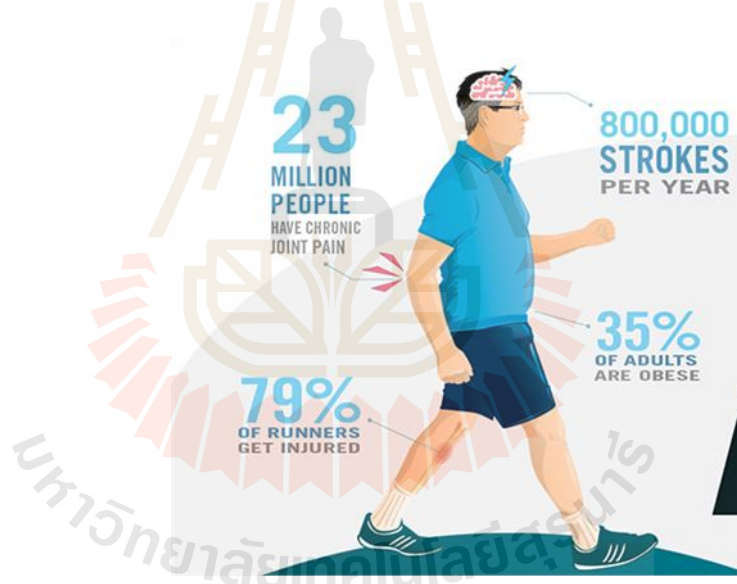
รูปที่	หน้า
1 การจำแนกประเภทผู้ที่ไม่สามารถเดินหรือชยับตัวได้.....	1
2 กรอบแนวคิด.....	3
3 แสดงโครงสร้างและวงจรภายใน Magnetic contactor.....	9
4 แสดงโครงสร้างและวงจรภายใน Current relay.....	10
5 แสดงโครงสร้างและการต่อ Potential relay ใช้งาน.....	11
6 โครงสร้างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันชนิดติดตั้งภายนอก.....	12
7 โครงสร้างภายในและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันชนิดติดตั้งภายใน.....	13
8 แสดงคาปาซิเตอร์แบบรันชนิด 2 ขั้ว และ 3 ขั้ว.....	14
9 แสดงคาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท.....	14
10 เครื่องรองรับน้ำหนักตัวผู้ป่วยขณะเดิน.....	17
11 แสดงความสามารถในการทำงานของหัวเข้าของกลุ่มควบคุม.....	20
12 แสดงความสามารถในการทำงานของหัวเข้าของกลุ่มทดลอง.....	20
13 แสดงให้เห็นว่าคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มควบคุมใช้ Western Ontario & McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC).....	21
14 แสดงให้เห็นว่าคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มทดลองใช้ Western Ontario & McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC).....	21
15 แสดงให้เห็นว่าระดับคะแนน SF-36 ของกลุ่มควบคุมถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับความพึงพอใจที่แบ่งออกเป็น 8 ด้าน.....	22
16 แสดงให้เห็นว่าระดับคะแนน SF-36 ของกลุ่มทดลองถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับความพึงพอใจที่แบ่งออกเป็น 8 ด้าน.....	22
17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเดินร่วมในผู้ป่วยที่ได้รับการเปลี่ยนระยะทางและระยะเวลาในการเดิน ในช่วงหลังผ่าตัดวันที่ 2 และ 2 สัปดาห์.....	23
18 แสดงระยะทางการเดิน ในช่วงหลังผ่าตัด 2 วันและ 2 สัปดาห์.....	24
19 แสดงการเปรียบเทียบก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	24
20 การนำเสนอผลงานต่อหน้าพระพักตร์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในทุกวันนี้มีผู้ป่วยจำนวนมากที่ไม่สามารถเดินหรือขยับตัวได้อย่างคล่องแคล่ว จากข้อมูลในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าแต่ละปีจำนวนผู้ป่วยที่มีอาการปวดทางข้อ 23 ล้านคน มีผู้ป่วยที่เป็นโรคหลอดเลือดทางสมอง 800,000 คน ได้รับอุบัติเหตุทางกีฬา 79% ทุกโภชนาการจากโรคอ้วน 35% ดังแสดงในรูปที่ 1 ในส่วนของประเทศไทยนั้นเมื่อได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ จำนวนผู้สูงอายุที่เป็นโรคข้อเข่าเสื่อมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในประเทศไทยมีจำนวนมากกว่า 6 ล้านคน (น.พ.วิโรจน์ กวินวงศ์โกวิท และคณะ, 2558) นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดในสมองตีบได้เพิ่มจำนวนจาก 62,757 รายในปี 2544 เป็น 162,467 รายในปี 2554 (ศุภวรรณ มโนสุนทร, 2555) จากสถิติการเจ็บป่วยดังกล่าวจึงคาดการณ์ได้ว่าผู้ที่ไม่สามารถเดินหรือขยับตัวได้อย่างคล่องแคล่วจะต้องมีจำนวนสูงมากในอนาคตอันใกล้



รูปที่ 1. การจำแนกประเภทผู้ที่ไม่สามารถเดินหรือขยับตัวได้ (<http://www.alterg.com/>)

ร่างกายช่วงล่างเป็นปัจจัยสำคัญของการเคลื่อนไหว การขยับขาทั้งสองข้างไม่ได้จากภาวะอัมพาตหรือกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่เกิดจากการบาดเจ็บที่กระดูกต้นคอมีความรุนแรงที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล แต่ต้องใช้เวลาในการฟื้นฟูกล้ามเนื้อและหมั่นขยับข้อทุกส่วนเพื่อป้องกันการติดขัด บางคนสามารถฝึกนั่งได้บ้างเพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อบางส่วนให้มีการขยับได้บ้าง แม้ผู้ป่วยกลุ่มนี้ยังจำเป็นต้องมีผู้ช่วยเหลือในการฟื้นฟูกล้ามเนื้ออยู่ตลอด แต่สมองของผู้ป่วยกลุ่มนี้สามารถคิดและสั่งการได้อย่างปกติ หากสมองนึกคิดที่จะออกกำลังกาย ก็จำเป็นต้องมีเครื่องออกกำลังกายที่เหมาะสมกับความพิการนี้ เพื่อให้พึ่งผู้ช่วยเหลือน้อย จากเหตุผลดังกล่าวจึง

จำเป็นต้องสร้างเครื่องออกกำลังกายสำหรับผู้ที่มีอาการของโรคข้อเข่าเสื่อมเพื่อให้สามารถขยับขาทั้งสองข้างและออกกำลังกายได้

การขยับของร่างกายช่วงล่างจำเป็นต้องใช้การขยับของข้อสะโพก ข้อเข่า เข่า ดังรูปที่ 1 เมื่อมีการบาดเจ็บของรยางค์ส่วนล่าง กระดูกหักของร่างกายช่วงล่าง กล้ามเนื้ออ่อนแรง ข้อเสื่อม หรือภายหลังการผ่าตัดหรือการเปลี่ยนข้อเทียม ผู้ป่วยจะมีความยากลำบากในการทำกายภาพบำบัด เนื่องจากเกิดความเจ็บปวด อีกทั้งใช้ระยะเวลาการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกาย เมื่อผู้ป่วยขยับขาทั้งสองข้างก็จะมีน้ำหนักตัวกดลงที่ขาและเท้า ซึ่งจะผลให้ผู้ป่วยมีความเจ็บปวดมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างเครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ในขณะที่ฟื้นฟูการเดิน และทำการวัดผลภายหลังการใช้เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ เพื่อให้คนไข้สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายและกลับมาช่วยเหลือตนเองได้

จากการสำรวจวรรณกรรมพบว่า Tenforde และคณะ ใช้เครื่อง antigravity treadmill สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการบาดเจ็บที่สะโพก ผลคือผู้ป่วยสามารถกลับมาวิ่งได้ภายใน 8 อาทิตย์โดยที่ผู้ป่วยได้รับการฝึกกับเครื่องที่พุงได้ 95% ของน้ำหนักตัว ส่วน Whalen และคณะ ทดลองในอวกาศโดยใช้ความดันอากาศสูงเท่าน้ำหนักตัว เพื่อให้นักบินอวกาศได้ออกกำลังกายในสภาวะไร้น้ำหนักทำให้มวลกระดูกที่กระดูกสันหลังและขาส่วนล่างไม่ลดลง

ดังนั้น เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดินที่ได้รับการพัฒนาโดยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีอาจช่วยให้ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมเส้นเอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction) และการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมทั้งข้อ (Total Knee Replacement: TKR) กลับมาเดินได้ตามปกติเร็วขึ้นได้ ลดอาการเจ็บในระหว่างการทำกายภาพบำบัดฟื้นฟูสภาพข้อเข่าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบหลักการทำงานของเครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วงแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วงแบบอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

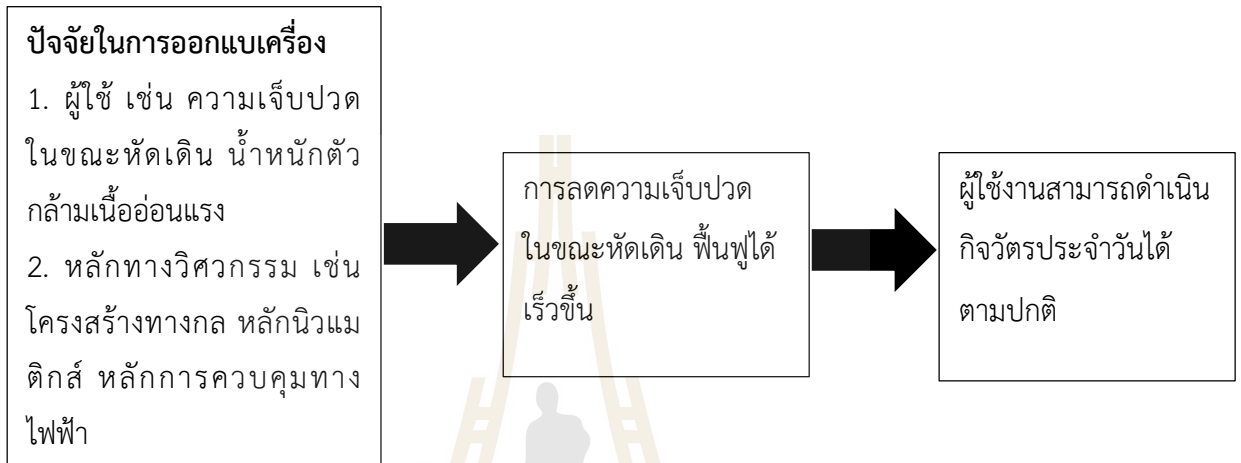
คืออาสาสมัครเพศชายและหญิงที่มีอายุ มากกว่าหรือเท่ากับ 18 ปี เป็นผู้ป่วยที่กำลังจะได้รับการผ่าตัดซ่อมเส้นเอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction) ไม่เป็นผู้ป่วยที่กำลังเป็นโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular events) อาทิ โรคหลอดเลือดสมองตีบตัน (Ischemic stroke) โรคหลอดเลือดสมองแตก (Hemorrhagic stroke) โรคหลอดเลือดสมองที่ไม่สามารถจำแนกได้ (Undetermined stroke) โรคสมองขาดเลือดแบบชั่วคราว (TIA) ผ่านการประเมินโดยแพทย์แล้วว่าสถานะของผู้ป่วยอาจเป็นอุปสรรคต่อการใช้อุปกรณ์เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน หรืออุปสรรคต่อการศึกษา และยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย

1.3.2 พื้นที่ที่ศึกษา

แผนกศัลยกรรมกระดูกและแผนกเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดการออกแบบเครื่องพิจารณาจากปัจจัยหลัก 2 ประการ ดังนี้คือ



รูปที่ 2 กรอบแนวคิด

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ผู้ใช้สามารถฟื้นฟูสภาพร่างกายได้เร็วขึ้น ออกกำลังกายได้โดยปราศจากความเจ็บปวด วิ่งได้มากขึ้นแต่ความเจ็บลดลง และน้ำหนักลดลง
2. ได้เครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วงที่มีราคาถูกลงกว่าท้องตลาด
3. ลดการนำเข้าอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีราคาแพง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเพื่อออกแบบเครื่องช่วยพยุงเดินต้านแรงโน้มถ่วงแบบอัตโนมัติ คณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.1. หลักการโครงสร้างทางกล

ทฤษฎีวิศวกรรมโครงสร้างจะยึดตามกฎทางกายภาพที่ถูกประยุกต์ใช้และความรู้เชิงประจักษ์ของประสิทธิภาพการทำงานของโครงสร้างของวัสดุและรูปทรงเรขาคณิตที่แตกต่างกัน. การออกแบบทางวิศวกรรมโครงสร้างใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบโครงสร้างที่เรียบง่ายหลายอย่างเพื่อสร้างระบบโครงสร้างที่ซับซ้อน. วิศวกรโครงสร้างรับผิดชอบในการใช้เงินทุน, องค์ประกอบโครงสร้างและวัสดุด้วยความคิดที่สร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายเหล่านี้

แต่ในประเทศไทย เมื่อก้าวถึงวิศวกรรมโครงสร้าง มักจะเข้าใจว่าเป็นวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์, คำนวณ, การออกแบบอาคารและสิ่งก่อสร้างเท่านั้น. โดยวิศวกรรมโครงสร้างที่วิเคราะห์และออกแบบในด้านเครื่องกลหรือสิ่งอื่น ๆ มักจะถูกเรียกแยกไปตามวิศวกรรมสาขานั้น ๆ เช่น วิศวกรรมยานยนต์, วิศวกรรมอากาศยาน เป็นต้น.

2.1.1.1. การวิเคราะห์โครงสร้าง

การวิเคราะห์ใด ๆ ในงานวิศวกรรมโครงสร้าง จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1.การวิเคราะห์แรงภายนอกที่กระทำกับ ชิ้นส่วน อาคารนั้น ๆ ที่ทำให้เกิด แรงดึง แรงอัด แรงเฉือน แรงบิด และโมเมนต์ดัด

2.การวิเคราะห์แรงภายในที่เกิดขึ้นภายในวัสดุ ที่ถูกกระทำจากแรงภายนอก ที่ทำให้เกิดความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) รวมไปถึงการเสียรูป และการแอ่นตัว (Deflection) ของชิ้นส่วน

3.การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของชิ้นส่วน เช่นการเสียรูป และการแอ่นตัว (Deflection) ของชิ้นส่วน

2.1.1.2. ขั้นตอนในการวิเคราะห์โครงสร้าง

1.สร้างแบบจำลอง

2.คำนวณแรงที่กระทำภายนอก

3.เลือกวัสดุและหน้าตัดโดยประมาณ

4.วิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้น

5.เลือกวัสดุและขนาดให้สามารถรับแรงที่เกิดขึ้น

6.วิเคราะห์ซ้ำอีกครั้ง

7.ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ พร้อมกับค่าหน่วยแรงที่ยอมรับได้ และค่าการเสียรูปหรือการเคลื่อนตัว

2.1.2. หลักทางระบบนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกสูบหรือมอเตอร์ลม

วัตถุประสงค์ของการนำลมอัดมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อการทำงานอย่างอัตโนมัติ และการประหยัดแรงงาน ทั้งนี้การใช้ลมอัดนั้นถ้ามีการประกอบรวมกับกำลังไฟฟ้าสามารถดัดแปลงเป็นการควบคุมอัตโนมัติแบบไร้สายได้ อีกทั้งลมอัดและระบบนิวแมติกส์ยังมีข้อดีอีกหลายประการ เช่น มีค่าใช้จ่ายต่ำ มีโครงสร้างอย่างง่าย มีความสะดวกในการบำรุงรักษา เป็นต้น

ข้อดีของลมอัด

1. ลมอัดมีปริมาณไม่จำกัดในทุกๆ แห่ง เพราะมีอยู่ทั่วไป
2. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อที่มีระยะทางไกลๆ ได้ง่าย และไม่ต้องส่งกลับมา สามารถปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้หลังจากใช้งานแล้ว
3. สามารถกักเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ
4. ลมอัดไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟง่ายเมื่อมีการรั่วซึม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษราคาแพงเพื่อใช้ในการป้องกันการระเบิด
5. ลมอัดไม่มีความไวต่อการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ มีความแน่นอนในการทำงานสูง แม้จะอยู่ในสถานะอุณหภูมิสูงมากๆ ก็ตาม
6. เครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์มีโครงสร้างแบบง่ายๆ ทำให้มีราคาถูก ทนทาน และซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย
7. ลมอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราความเร็วในการทำงานก็จะสูงด้วย
8. สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดในระบบนิวแมติกส์ได้ตามต้องการ
9. เครื่องมือและอุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์สามารถใช้งานเกินกำลังได้โดยไม่เกิดการเสียหาย
10. การเคลื่อนที่ในทางตรงสามารถทำงานได้โดยตรง

ข้อเสียของลมอัด

1. ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน
2. ลมอัดมีเสียงดังเมื่อระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศเพราะฉะนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียง (silencer)
3. ลมอัดจะประหยัดเฉพาะที่ใช้แรงขยายถึงจุดหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วใช้ความดันที่ 600 kpa (6 bar) ข้อจำกัดของแรงอยู่ที่ 20,000 - 30,000 นิวตัน ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางที่ใช้งาน
4. ระบบ นิวแมติกส์ จะมีความดันที่ใช้งานเพียง 4-7 bar

การทำงานของระบบนิวแมติกส์จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่นอกวงจรและส่วนที่อยู่ในวงจร อุปกรณ์ในส่วนที่อยู่นอกวงจรได้แก่ เครื่องอัดลม ถึงเก็บลม เครื่องระบายความร้อน เครื่องกรองในท่อหลัก เครื่องทำลมแห้ง เป็นต้น และอุปกรณ์ที่อยู่ในวงจรได้แก่ เครื่องกรองลมอัด วาล์วควบคุมความดัน อุปกรณ์เติมน้ำมันหล่อลื่น [อุปกรณ์ทั้ง 3 ตัวนี้รวมกันเรียกว่า ชุดบริการลมอัด (service unit)] ตัวเก็บเสียง วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลม วาล์วควบคุมความเร็วหรือวาล์วควบคุมอัตราการไหล และกระบอกสูบลม เป็นต้น

1. เครื่องอัดอากาศ หรือ เครื่องอัดลม (Air Compressor)

เครื่องอัดอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ จึงมีความสำคัญมากที่จะต้องเลือกใช้เครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน เพื่อให้ได้ปริมาณลมอัดที่เหมาะสมกับวงจรที่ออกแบบและมีราคาประหยัด ลักษณะของเครื่องอัดอากาศหรือเครื่องอัดลม

2. เครื่องระบายความร้อน(After Coolers)

เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอัดอากาศ เพื่อทำลมอัดให้เย็นลงและกำจัดไอน้ำร้อนจำนวนมากที่ผสมรวมกับลมอัด เพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์ทางนิวแมติกส์ ก็จะทำให้เกิดการกัดกร่อนทำให้เกิดความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็นแบบใช้น้ำหล่อเย็นและใช้ลมเป่าระบายความร้อน เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลดอุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียสลักษณะของเครื่องระบายความร้อน

3. ถังเก็บลมอัด (Compressor Air Receiver)

ถังเก็บลมมีหน้าที่เก็บปริมาณลมอัดให้เพียงพอกับปริมาณการใช้งาน และจ่ายลมอัดไปใช้งานด้วยความดันสม่ำเสมอ ตลอดจนแยกไอน้ำที่มากับลมอัดให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ โดยแยกออกจากลมอัดให้อยู่ด้านล่างของถังและข้อสำคัญเมื่อมีความดันสูงเกิดขึ้นภายในถังเก็บลมอัด จะต้องมีการระบายออกสู่บรรยากาศด้วยวาล์วจำกัดความดัน (Pressure Relief Valve) ที่ติดตั้งไว้บนถังเก็บลมอัด โดยทั่วไปขนาดของถังเก็บลมอัดขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องอัดอากาศ (Compressor) ลักษณะของถังเก็บลมอัด และปริมาณลมที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ ถังเก็บลมอัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

- ถังเก็บลมแบบแนวนอน ส่วนมากใช้กับเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก
- ถังเก็บลมอัดแบบแนวตั้ง ส่วนมากใช้กับเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่

4. เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (main filter)

เนื่องจากอากาศมีความชื้น ฝุ่นละอองน้ำ และคราบน้ำมันปะปนมาด้วย ดังนั้นจึงต้องกรองลมอัดให้สะอาดเสียก่อน ก่อนที่จะส่งลมอัดนี้ไปใช้งานหรือผ่านการกรองละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ลักษณะของเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด

การทำงาน เมื่อลมอัดถูกส่งผ่านเข้ามาในถังผ่านไส้กรองซึ่งเป็นไส้กรองละเอียดประมาณ 0.01 - 3 ไมครอน ที่ทำจากโลหะซินเทอร์ กระดาษไวร์โคลท(wire cloth) ไหมเทียม หรือฝ้ายที่มีลักษณะคล้ายรังผึ้ง ความละเอียดของการกรองจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ฝุ่นละอองและไอน้ำที่ปะปนมาจะผ่านไส้กรองไม่ได้

ไอน้ำจะรวมตัวกลายเป็นหยดน้ำอยู่ทางด้านล่างของถังและระบายออกสู่ภายนอกส่วนไส้กรองถ้าสกปรกต้องถอดนำมาเป่าลมทำความสะอาดบางชนิดต้องทิ้งและเปลี่ยนใหม่

5. เครื่องกำจัดความชื้น (Air Dryer)

อากาศที่ถูกเพิ่มความดันจากเครื่องอัดอากาศจะมีอุณหภูมิสูงและไอน้ำปะปนอยู่ ดังนั้นต้องกำจัดน้ำที่ อยู่ในลมอัดก่อนการใช้งาน จึงจำเป็นต้องทำลมอัดให้แห้งลักษณะของเครื่องกำจัดความชื้น เครื่องกำจัดความชื้นมี 3 ชนิดคือ

- เครื่องทำอากาศแห้งชนิดใช้สารดูดความชื้น (Absorption drying)
- เครื่องทำอากาศแห้งชนิดใช้สารดูดซับความชื้น (Adsorption drying)
- เครื่องทำอากาศแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated air dryers)

6. ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit)

ก่อนที่จะนำลมอัดไปใช้ในระบบนิวแมติกส์ ลมอัดควรผ่านชุดควบคุมคุณภาพลมอัดก่อน เพราะลมอัดที่มาจากถังเก็บลมจะประกอบไปด้วยความชื้นและละอองน้ำกลั่นตัวปนมากับลมอัด ตลอดจนแรงดันลมอัดที่สูงถ้าปล่อยเข้าไปในระบบจะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น วาล์ว ข้อต่อ เป็นต้น จึงต้องมีการปรับความดันก่อนนำไปใช้ในวงจรนิวแมติกส์ลักษณะของชุดควบคุมคุณภาพลมอัด ชุดควบคุมคุณภาพลมอัดจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ชนิด ดังนี้

- ชุดกรองอากาศ (Filter)
- ชุดควบคุมความดัน (Regulator)
- ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)
- เกจวัดความดัน (pressure gauge)

6.1 ชุดกรองอากาศ (Filter)

ชุดกรองอากาศทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ ความชื้น หรือน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ การทำงาน ลมอัดไหลเข้าทางด้านท่อลมเข้าผ่านเข้ามาภายในกรอบแก้วซึ่งเป็นที่จำกัด ทำให้ลมอัดไหลวน ละอองน้ำและฝุ่นละอองจะถูกเหวี่ยงไปมากระทบกับผนังกรอบแก้ว เมื่อไหลผ่านไส้กรองจะได้ลมอัดที่สะอาดผ่านออกสู่ท่อทางออก ส่วนละอองน้ำและฝุ่นละอองที่จับอยู่ที่ผิวของกรอบแก้ว เมื่อมีจำนวนมากจะสะสมรวมกันอยู่ทางด้านล่างของกรอบแก้ว และถ้ามีปริมาณมากจะต้องหมุนสกรูถ่ายน้ำออกด้านล่าง'

6.2 ชุดควบคุมความดัน (Regulator)

ความดันลมอัดจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอถ้านำไปใช้อาจทำให้อุปกรณ์นิวแมติกส์ชำรุดเสียหาย ทำให้ระบบการทำงานของวงจรทำงานผิดพลาด อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลงเพราะความดันลมไม่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือเรกูเลเตอร์(regulator) เพื่อทำหน้าที่ปรับความดันใช้งานให้คงที่และเหมาะสมกับความต้องการของระบบ และปรับความดันทางด้านต้นทางให้สูงกว่าความดันปลายทางลักษณะของชุดควบคุมความดัน

6.3 ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)

ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะมีหน้าที่เป็นตัวจ่ายสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์นิวแมติกส์ โดยจะปนไปกับลมอัดในการใช้งาน เพื่อลดการสึกหรอและความฝืดของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ลูกสูบ เป็นต้นลักษณะของชุดน้ำมันหล่อลื่น การทำงาน ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะอาศัยหลักการของช่องแคบที่ความดันแตกต่างกันคือความเร็วของลมอัดที่ไหลผ่านช่องแคบมีความเร็วสูง จึงทำให้เกิดการดูดน้ำมันขึ้นมาผสมกับลมอัดที่ไหลผ่านเป็นละอองน้ำมันหล่อลื่น เพื่อนำไปใช้ในระบบหล่อลื่นอุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป

6.4 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

โดยปกติเกจวัดความดันจะติดตั้งอยู่ทางออกของตัวควบคุมความดันลมอัดเกจวัดความดันจะเป็นแบบท่อสปริงรูปทรงกลมโค้งงอในแนวรัศมีและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นท่อกลวงส่วนปลายข้างหนึ่งยึดติดกับช่องที่ให้ความดันลมอัดผ่านเข้ามาภายในขดสปริงเมื่อมีแรงดันของลมท่อสปริงรูปทรงกลม จึงยืดออกให้ท่อตรงส่วนปลายอีกด้านของท่อสปริงจะยึดติดกับชุดกลไกต่อระหว่างท่อสปริงกับเฟืองเข็ม กลไกเหล่านี้จะเพิ่มตัวแสดงการเคลื่อนไหวของท่อสปริงหรือบอกความดันภายในระบบนั่นเอง

7. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

วาล์วควบคุมทิศทางทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้ไหลผ่านวาล์วไปในทิศทางที่ต้องการเพื่อให้กระบอกสูบทำงานหรือหยุดทำงาน หรือหยุดค้างตำแหน่งการทำงานได้ สัญลักษณ์แสดงการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทางที่ควรรู้

การเรียกชื่อวาล์ว การเรียกชื่อวาล์วด้วยตัวเลขโดยกำหนดให้ตัวเลขตัวหน้า หมายถึงจำนวนรูของวาล์ว ส่วนตัวเลขตัวหลัง หมายถึงจำนวนตำแหน่งการทำงาน เช่น เขียนว่า 3/2 จะหมายถึงวาล์วชนิดมี 3 รู และ 2 ตำแหน่งทำงาน ดังรูปที่ 20 เขียนว่า 5/2 หมายถึง วาล์วที่มี 5 รู 2 ตำแหน่งทำงาน

8. วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve)

วาล์วควบคุมอัตราการไหลคือวาล์วที่ควบคุมปริมาณลมให้ไหลน้อยลง ควบคุมการไหลได้ทั้ง 2 ทางคือ เมื่อลมเข้าทาง P ปริมาณลมจะผ่านช่องแคบ ทำให้ปริมาณลมไหลผ่านไปได้ช้ากว่าปกติ และเมื่อเอาลมเข้าอีกด้าน ลมก็ถูกควบคุมเช่นเดียวกัน สามารถปรับสกรูเปิดลิ้นวาล์วให้ปริมาณลมไหลผ่านน้อยหรือมากตามต้องการ วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบ่งตามโครงสร้างและลักษณะการทำงานได้ 2 ชนิดคือ

- วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับไม่ได้
- วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้

9. กระบอกสูบ (Cylinder)

9.1 กระบอกสูบทางเดียว (Single Acting Cylinder)

กระบอกสูบทางเดียวจะมีรูลมที่ด้านลูกสูบรูเดียว เมื่อมีลมอัดเข้าทางด้านลูกสูบจะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกและจะระบายลมทิ้งทางด้านกันสูบ ในขณะที่กลับจะอาศัยแรงสปริงภายในกระบอกสูบโดยทั่วไปกระบอกสูบทางเดียวจะถูกออกแบบให้มีความยาวช่วงชักไม่เกิน 100 มิลลิเมตร จึงเหมาะกับงานที่ไม่มีโหลดมากนัก หรือลักษณะงานที่มีขนาดเล็ก เช่น งานจับยึดชิ้นงาน งานกดอัดชิ้นงาน เป็นต้นลักษณะของกระบอกสูบทางเดียว

9.2 ระบายสองทาง (Double Acting Cylinder)

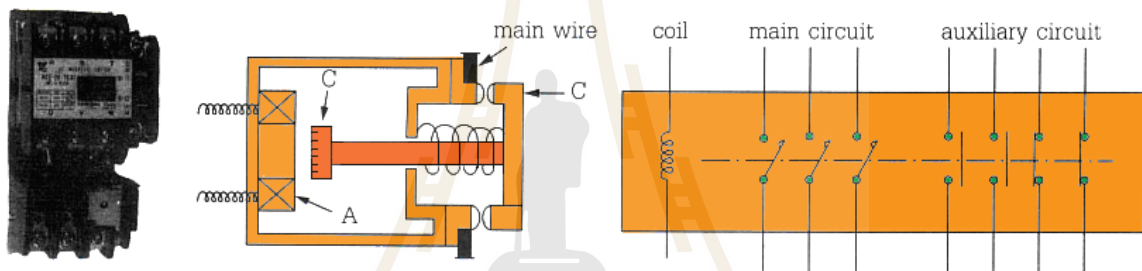
ระบายสองทางจะมีรูลมที่ด้านลูกสูบและก้านลูกสูบ ลมอัดทั้งสองด้านจะดันลูกสูบให้เคลื่อนที่เข้าและเคลื่อนที่ออก ระบายสองทางชนิดนี้จะมีแรงดันทำงานได้ 2 ทิศทาง ซึ่งเหมาะสมกับงานที่มีโหลดกว่าระบายสองทางเดียว โดยทั่วไประบายสองทางใช้กับงานที่ต้องการความยาวช่วงชักยาวๆ หรือลักษณะงานที่มีขนาดใหญ่และงานที่ต้องการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงลักษณะของระบายสองทาง

2.1.3. การควบคุมทางไฟฟ้า

2.1.3.1. หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้า

1. หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic contactor)

หน้าสัมผัสแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ตัดต่อเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า เช่น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์พัดลม มอเตอร์ปั้มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยลดกระแสที่จะผ่านหน้าสัมผัสของอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ได้แก่ สวิตช์ควบคุม เทอร์โมสตัท สวิตช์ควบคุมความดัน รีเลย์หน่วงเวลา



รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างและวงจรภายใน Magnetic contactor

การเลือกใช้ Magnetic contactor มีข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

1. ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก (coil) เช่น 24V , 220V , 380V เป็นต้น
2. ความสามารถในการรับกระแสของหน้าสัมผัสหลัก (main contact) เช่น 20A , 30A , 60A เป็นต้น
3. ความต้องการในการใช้งานของหน้าสัมผัสช่วย (auxiliary contact)
4. จำนวนขั้วของหน้าสัมผัสหลักที่ต้องการใช้งาน เช่น 2 ขั้ว สำหรับระบบไฟฟ้า 220V หรือ 3 ขั้ว สำหรับระบบไฟ 380 V

2. รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยกระแส (current relay)

รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยกระแสใช้ในวงจรที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ต่อแบบ RSIR และ CSIR ทำหน้าที่คล้ายเป็นสวิตช์อัตโนมัติสำหรับต่อและตัดวงจรไฟฟ้าของขดลวดสตาร์ทในมอเตอร์ การทำงานจะใช้กระแสที่ผ่านขดลวดรันเป็นตัวควบคุม จึงเรียกรีเลย์ชนิดนี้ว่า current relay

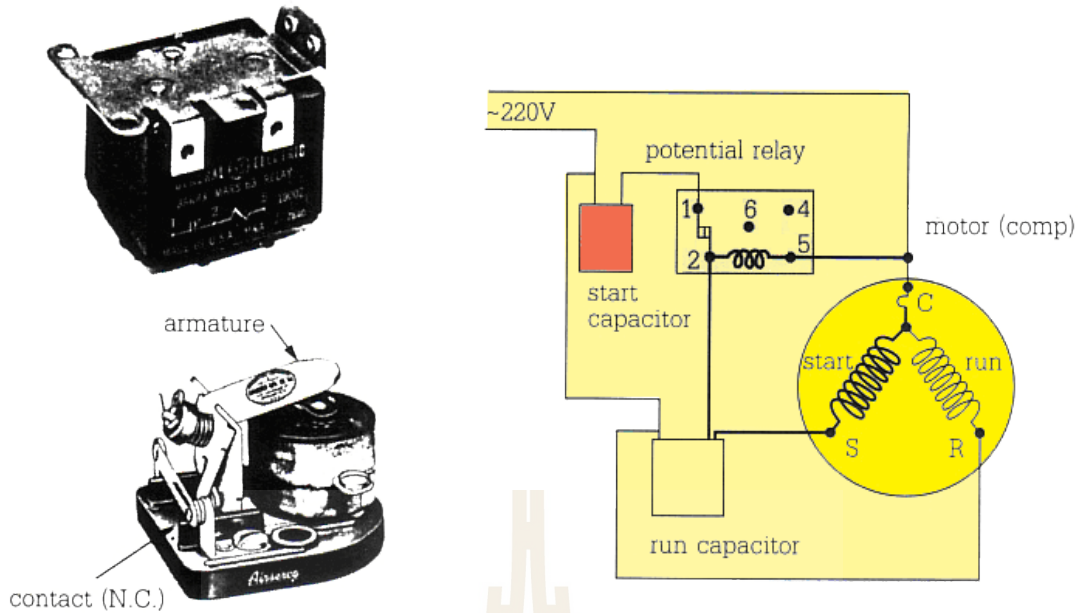


รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างและวงจรภายใน Current relay

การทำงาน

1. ขดลวดไนรีเลย์ (1-M) จะต่ออนุกรมกับขดลวดรีน (C-R) ของมอเตอร์ คอมเพรสเซอร์
2. หน้าสัมผัส (1-S) เป็นแบบปกติเปิด (N-O) และต่ออนุกรมกับขดลวดสตาร์ท (C-S)
3. ขณะสตาร์ทจะมีกระแสผ่านขดลวดรีนมาก ทำให้ขดลวด 1-M ของรีเลย์มีกระแสผ่านมากด้วยจึงสร้างสนามแม่เหล็กดูดหน้าสัมผัส 1-S ต่อให้ขดลวดสตาร์ทครบวงจร ทำให้มอเตอร์เริ่มต้นทำงานได้ หลังจากนั้นกระแสที่ผ่านขดลวดรีนและผ่านขดลวดของรีเลย์น้อยลง หน้าสัมผัส 1-S จะตัดเหลือให้ขดลวดรีนทำงานต่อไปเพียงขดเดียว
4. การติดตั้งใช้งานจะต้องวางในแนวตั้งให้ถูกต้อง เพราะหน้าสัมผัสจะเปิดได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity)
5. การตรวจเช็คทำโดยใช้โอห์มมิเตอร์วัดขั้ว 1-M จะเป็นค่าความต้านทานของขดลวด ไนรีเลย์และขั้ว 1-S จะมีค่าความต้านทาน (หน้าสัมผัส 1-S แยกจากกัน)
6. การเลือกขนาดของรีเลย์จะต้องเลือกตามขนาดกำลังม้าของคอมเพรสเซอร์
3. รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้า (potential relay)

รีเลย์ช่วยสตาร์ทชนิดทำงานด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้า ใช้ในวงจรที่มอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ต่อแบบ CSR โดยอาศัยค่าความศักย์ที่เกิดจากขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์กระทำผ่านขดลวดไนรีเลย์ ทำการตัดหน้าสัมผัสไนรีเลย์ จึงเรียกรีเลย์ชนิดนี้ว่า potential relay



รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างและการต่อ Potential relay ใช้งาน

การทำงาน

1. หน้าสัมผัส (1-2) เป็นแบบปกติต่อ (N.C)
2. ขดลวด(2-5) รับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะเปลี่ยนค่าตามความเร็วรอบของมอเตอร์
3. ในช่วงเริ่มต้น หน้าสัมผัส 1-2 จะต่อให้สตาร์ทคาปาซิเตอร์ครบวงจร ทำให้ มอเตอร์เริ่มสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-3 วินาที ในช่วงนี้ขดลวดสตาร์ทจะสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Pick up voltage) ให้ขดลวด 2-5 ของรีเลย์ตัดหน้าสัมผัส 1-2 ทำให้สตาร์ทคาปาซิเตอร์ถูกตัดออกจากวงจร
4. การติดตั้งใช้งานจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามที่ผู้ผลิตกำหนด เพราะจะมีผลต่อการตัดต่อหน้าสัมผัส 1-2
5. การตรวจเช็คทำได้โดยใช้โอห์มมิเตอร์วัดขั้ว1-2 จะได้ค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส โอห์มและวัดขั้ว 2-5 จะได้ค่าความต้านทานของขดลวดรีเลย์

การเลือก Potential relay ใช้งานมีข้อกำหนด ดังนี้

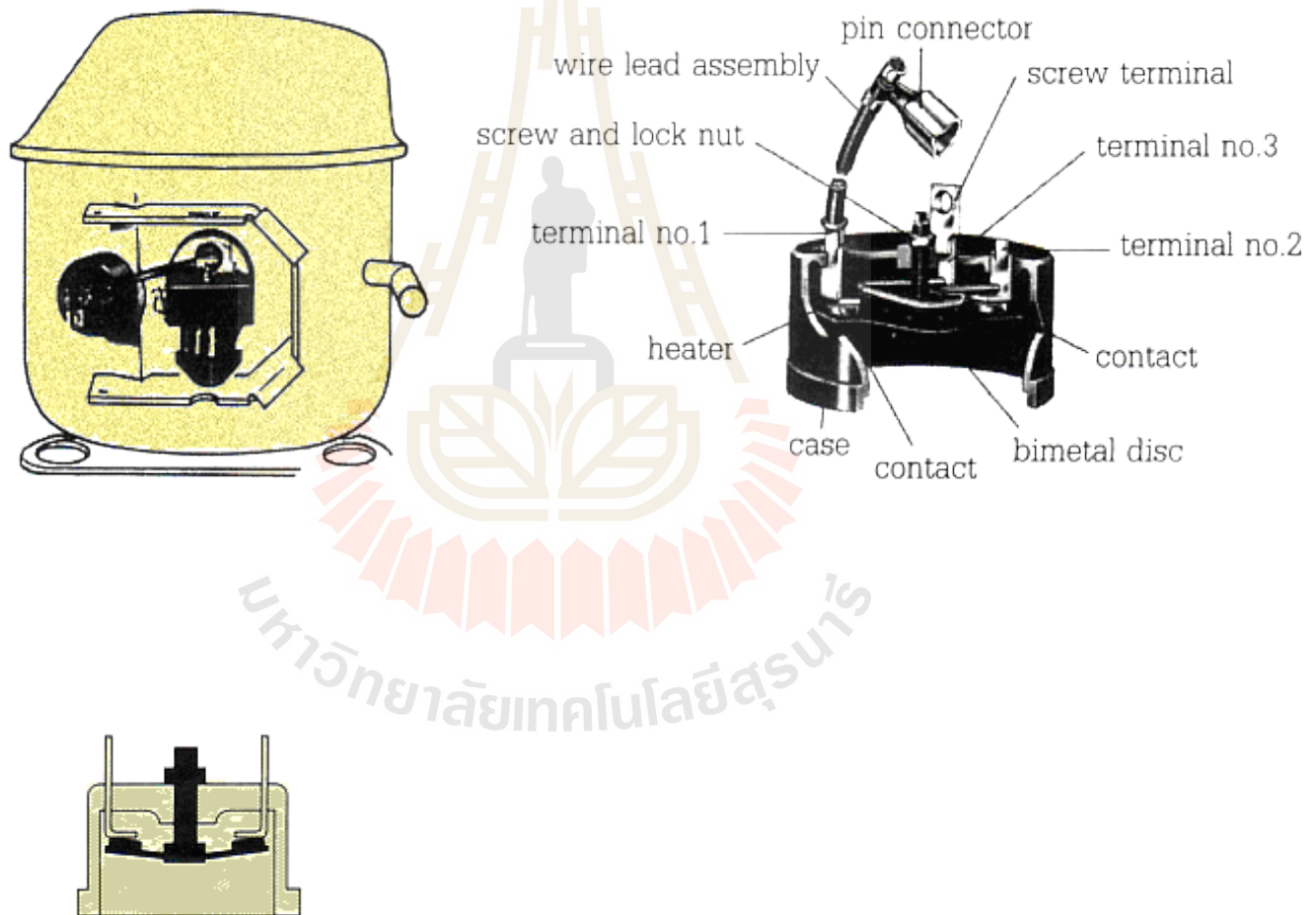
1. ขดลวด 2-5 จะต้องสามารถรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า(continuous voltage) ที่เกิดจากการทำงานของขดลวดสตาร์ทในมอเตอร์ตลอดเวลาที่รีเลย์ทำงาน
2. ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดหน้าสัมผัส 1-2 (pick up voltage) คือ ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อมอเตอร์มีความเร็วรอบประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติ
3. ต้องติดตั้งใช้งานรีเลย์ในตำแหน่งที่ถูกต้อง (mounting position)

4. อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานเกินพิกัด (overload protector)

อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานเกินพิกัดทำหน้าที่ป้องกันขดลวดภายในมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ไม่ให้เสียหายเมื่อกระแสผ่านขดลวดมากผิดปกติ (Overload) หรือเมื่อขดลวดร้อนจัด (overheat) ที่ใช้สำหรับคอมเพรสเซอร์ทั่วไปมี 2 ชนิด คือ

1. ชนิดติดตั้งภายนอก (external line-break overloads)

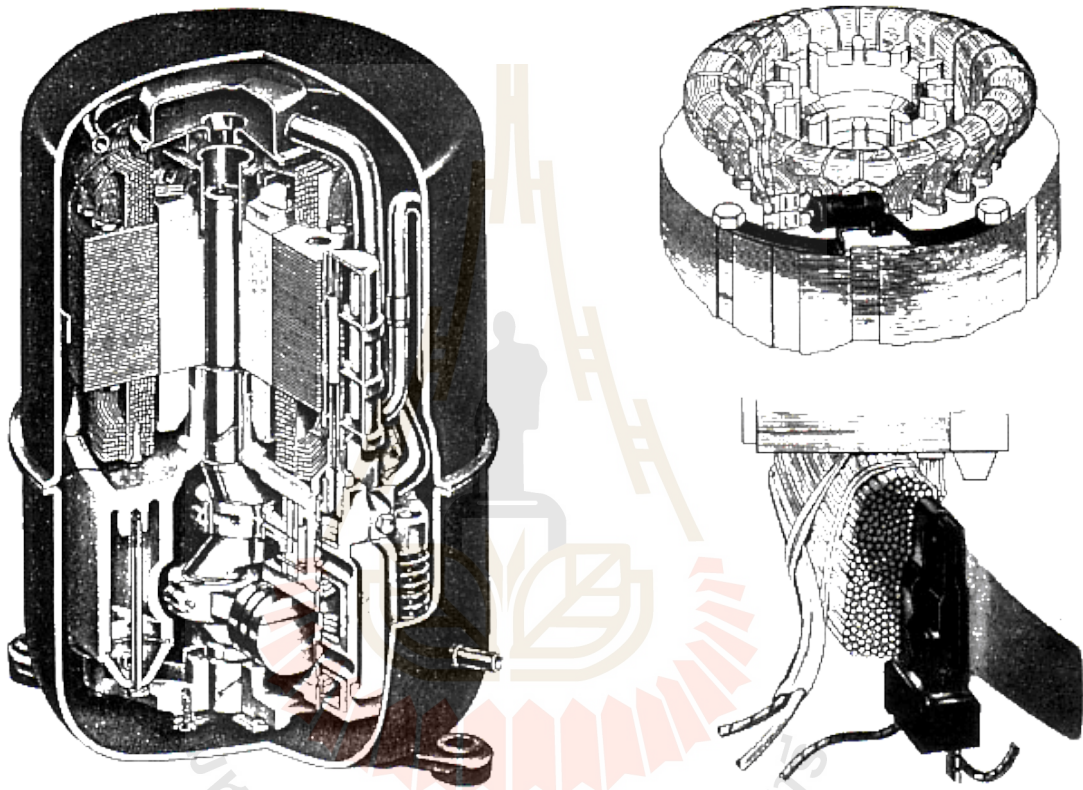
ตัวอุปกรณ์ป้องกันติดตั้งอยู่ภายนอกตัวคอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ตัดวงจรเมื่อกระแสผ่านขดลวดในมอเตอร์มากผิดปกติ และบางชนิดจะติดตั้งโดยแนบตัวอุปกรณ์ป้องกันชิดกับเปลือกนอกของคอมเพรสเซอร์ ดังรูปที่ 11.5 เพื่อตัดวงจรเมื่อคอมเพรสเซอร์ร้อนจัดจนอาจทำให้ขดลวดภายในเสียหายได้ การเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันจะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดกำลังม้าของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 6 โครงสร้างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันชนิดติดตั้งภายนอก

2. ชนิดติดตั้งภายใน (internal line-break overloads)

ตัวอุปกรณ์ป้องกันจะติดตั้งภายในคอมเพรสเซอร์ โดยแนบตัวอุปกรณ์ป้องกันสัมผัสกับขดลวดของมอเตอร์ จึงสามารถทำหน้าที่ดวงจรได้ทั้งเมื่อกระแสผ่านขดลวดมากผิดปกติ และเมื่อขดลวดร้อนจัดซึ่งสาเหตุหลักจะเกิดขึ้นเมื่อสารทำความเย็นภายในระบบน้อยเกินไป และเนื่องจากติดตั้งอยู่ภายใน เมื่อระบบทำงานผิดปกติจนอุปกรณ์ป้องกันตัดวงจร จะต้องใช้เวลานานนับชั่วโมง หน้าสัมผัสภายในอุปกรณ์ป้องกันจึงจะกลับไปต่อวงจรเพื่อให้มอเตอร์ทำงานใหม่



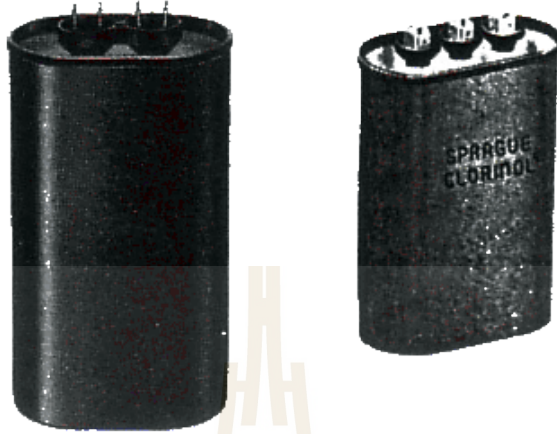
รูปที่ 7 โครงสร้างภายในและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันชนิดติดตั้งภายใน

5. คาปาซิเตอร์แบบรัน (run capacitors)

คาปาซิเตอร์แบบรัน ใช้ในวงจรที่ต่อมอเตอร์แบบ PSC และ CSR โดยการต่อวงจรจะต่อคาปาซิเตอร์อนุกรมกับขดลวดสตาร์ทของมอเตอร์ และจะทำงานตลอดเวลาทั้งช่วงเริ่มต้นและช่วงทำงานปกติโดยไม่มีรีเลย์ตัดคาปาซิเตอร์ ออกจากวงจร ขนาดจะบอกความจุเป็นไมโครฟารัด (MFD) การเลือกใช้จะต้องมีความจะไม่เกิน 10% ของค่าที่กำหนด เพราะถ้ามีความจุมากเกินไปจะทำให้กระแสผ่านมอเตอร์มากและเกิดความร้อนในขดลวดสูง การตรวจเช็คคาปาซิเตอร์ทำได้โดยใช้โอห์มมิเตอร์

คาปาซิเตอร์แบบรันนอกจากจะใช้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แล้วยังใช้กับมอเตอร์พัดลมที่ต่อวงจรแบบ ด้วย ขั้วต่อใช้งานของคาปาซิเตอร์ปกติจะมีขนาดความจุ 2 ค่าอยู่ในคาปาซิเตอร์ตัวเดียวกัน คาปา

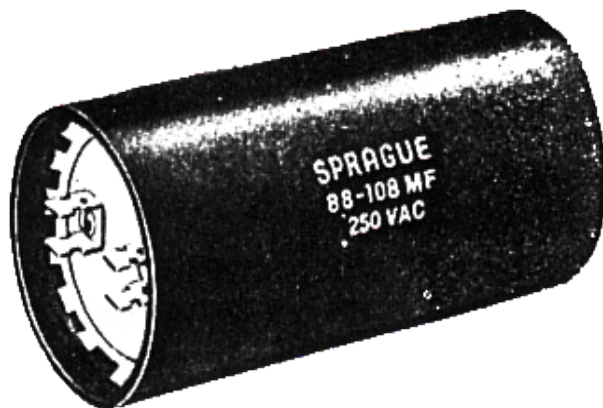
ซีเตอร์แบบนี้จะมีขั้วต่อ 3 ขั้วหลักดังรูปที่ 8.7 การต่อใช้งานต้องพิจารณาที่แผ่นบอกรายละเอียด (Name plate) เช่น คาปาซิเตอร์ตัวหนึ่งบอกขนาดความจุ 20/5MFD การใช้งานต่อคาปาซิเตอร์ความจุ 20 MFD สำหรับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์และความจุ 5 MFD สำหรับมอเตอร์พัดลม



รูปที่ 8 แสดงคาปาซิเตอร์แบบรันชนิด 2 ขั้ว และ 3 ขั้ว

6. คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท (start capacitors)

คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท ใช้ในวงจรที่ต่อมอเตอร์แบบ CSIR เช่นที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กไม่เกิน 3 / 4 แรงม้า และ แบบ CSR ที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ถึง 5 แรงม้า ออกแบบมาสำหรับการใช้งานเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 1-3 วินาที จึงต้องต่อผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์เพื่อตัดคาปาซิเตอร์ออกจากวงจรหลังจากมอเตอร์สตาร์ท และมีความเร็วสูงถึงประมาณ 75% ของความเร็วรอบปกติ เนื่องจากต่ออนุกรมกับหน้าสัมผัสของรีเลย์ ขณะทำงานจึงมีโอกาสเกิดประกายไฟที่หน้าสัมผัสทำให้เกิดการเสียหายที่หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงมักจะต่อตัวต้านทาน (resistor) ขนาด 15,000 โอห์ม -18,000 โอห์ม 2 วัตต์ ครอบระหว่างขั้วทั้งสองของคาปาซิเตอร์ การเลือกใช้คาปาซิเตอร์แบบสตาร์ทจะต้องเลือกค่าความจุตามที่กำหนดให้เหมาะสมกับขนาดของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 9 แสดงคาปาซิเตอร์แบบสตาร์ท

2.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Wiliam D. , et al. การศึกษาในอาสาสมัครช่วงอายุเฉลี่ยของอาสาสมัครชายและหญิงเท่ากับ 66.5 ปีและ 69.9 ปีที่ได้รับอาสาสมัครหลังผ่าตัดทรวงอกหลังคลอด เดินได้รับการฝึกฝนกับ Treadmill Anti Gravity AlterG ผลการศึกษาพบว่าลดอาการปวดและเพิ่มสมรรถภาพของข้อเข่าหลังการผ่าตัด ลดระยะเวลาในการเดิน

2. T.sota และทีมงานได้ศึกษาการใช้แรงกดต้นด้านบวกลดส่วนล่าง (LBPP) หรือความดันในร่างกายส่วนล่าง (LBPP) ในโรคข้อเข่าเสื่อมข้อเข่า (knee osteoarthritis) พบว่าการฝึกออกกำลังกายที่มีแรงดันบวกลดลง (LBPP) เพื่อเพิ่มแรงลอยตัวซึ่งจะช่วยลดแรงปฏิกิริยาพื้นขณะเดิน

3. Draovitch P. study การออกกำลังกายด้วยเครื่องยกน้ำหนักหรือลู่วิ่งด้านล่างล่าง (LBPP) เช่น Alter G (AlterG AntiGravity Treadmill, AlterG Incorporated, Fremont, CA) อาจเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการเปลี่ยนจากช่วงหลังผ่าตัด เพื่อกลับไปเล่นกีฬาในช่วงของการฟื้นฟู

4. Ferber R, Davis IM, Hamill J et.al พบว่าประโยชน์ของการขนถ่ายรวมถึงการเริ่มต้นของการแบกน้ำหนักและกิจกรรมไซปิดโคเนติกในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยสำหรับการรักษาเนื้อเยื่อ

5. Eastlack RK, Hargens AR, Groppo ER, และคณะ ถูกพบโดยใช้ LBPP ได้รับการแสดงให้เห็นถึงความหมายลดอาการปวดในระหว่างการถดถอยในผู้ป่วยที่เพิ่งเข้ารับการผ่าตัดข่าและข้ออ้อยหรือ ACLR

6. Wiliam D. , et al. การศึกษาในอาสาสมัครช่วงอายุเฉลี่ยของอาสาสมัครชายและหญิงเท่ากับ 66.5 ปีและ 69.9 ปีที่ได้รับอาสาสมัครหลังผ่าตัดทรวงอกหลังคลอด เดินได้รับการฝึกฝนกับ Treadmill Anti Gravity AlterG ผลการศึกษาพบว่าลดอาการปวดและเพิ่มสมรรถภาพของข้อเข่าหลังการผ่าตัด ลดระยะเวลาในการเดิน



บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 แหล่งข้อมูล

การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ EC-59-13 เป็นการศึกษาการพัฒนาและวัดผลทางคลินิกของเครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน เพื่อใช้ในผู้ป่วยที่มีปัญหาอ่อนแรงขาช่วงล่าง ผู้ป่วยที่มีปัญหาการบาดเจ็บขาช่วงล่าง หรือ ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดขาช่วงล่าง มีรายละเอียดในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

รูปแบบการศึกษา

2.1.1. การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental clinical research)

2.2.2. การวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่ม (Randomized-controlled trial)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครเพศชายและหญิงที่มีอายุ มากกว่าหรือเท่ากับ 18 ปี เป็นผู้ป่วยที่กำลังจะได้รับการผ่าตัดซ่อมเส้นเอ็นไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction) ไม่เป็นผู้ป่วยที่กำลังเป็นหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular events) อาทิ โรคหลอดเลือดสมองตีบตัน (Ischemic stroke) โรคหลอดเลือดสมองแตก (Hemorrhagic stroke) โรคหลอดเลือดสมองที่ไม่สามารถจำแนกได้ (Undetermined stroke) โรคสมองขาดเลือดแบบชั่วคราว (TIA) ผ่านการประเมินโดยแพทย์แล้วว่าสถานะของผู้ป่วยอาจเป็นอุปสรรคต่อการใช้อุปกรณ์เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน หรืออุปสรรคต่อการศึกษา และยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา

คะแนนประเมินระดับความเจ็บปวดของเข่า (WOMAC) ระยะเวลาในการทดสอบ Time on the timed up-and-go test คะแนนประเมิน Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) และคะแนนประเมินKnee Society Score (ประกอบด้วย Function score และ Knee score) คะแนนประเมินคุณภาพชีวิต (SF-36) และระยะทาง (เมตร) และ ระยะเวลา (นาที) ในการเดินโดยใช้เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน ที่ได้รับการบันทึกเมื่อสิ้นสุดการเดิน

3.2. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

หลักการการทำงานของเครื่องรองรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน

สำหรับหลักการการทำงานของอุปกรณ์นี้ คือ การใช้แรงดันลมจากชุดควบคุมแรงดันลม ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์และปั๊มอัดอากาศ แล้วอัดอากาศเข้าไปยังถุงลม เมื่ออากาศถูกอัดเข้ามาในถุงลมเป็นปริมาณมาก จะทำให้เกิดแรงยกขึ้น เพื่อช่วยลดแรงเนื่องจากน้ำหนักของผู้ทำกายภาพบำบัดที่จะกระทำต่ออวัยวะส่วนล่างของร่างกาย (เช่น เข่า และข้อเท้า) เพราะว่าแรงยกที่เกิดขึ้นนั้นจะผู้ทำกายภาพบำบัดอยู่ในสภาวะเหมือนไร้น้ำหนัก ทำให้เกิดความปลอดภัยในการกายภาพบำบัด และลดความเสี่ยงเนื่องจากแรงกระทำที่กระทำกับอวัยวะส่วนล่างที่จะเกิดขึ้นขณะทำการกายภาพบำบัด ช่วยให้เกิดความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

ในการทำกายภาพบำบัดนั้น เมื่อผู้ทำกายภาพบำบัดใส่กางเกงชิป-ล๊อค และติดชิป-ล๊อคของกางเกงเข้ากับตัวถุงลมเพื่อป้องกันลมรั่วออกจากตัวถุงลมเรียบร้อยแล้ว สิ่งต่อไปที่ต้องกระทำ คือ ผู้ทำกายภาพบำบัดต้องใส่ข้อมูลที่เป็นน้ำหนัก และส่วนสูงของผู้ทำกายภาพบำบัดที่แป้นควบคุมแรงดันลม เพื่อให้อุปกรณ์ทำการประมวลผลออกมาให้ได้เป็นพิกัดของแรงดันลมที่เหมาะสมกับตัวผู้ทำกายภาพบำบัด เมื่อสั่งให้อุปกรณ์เริ่มทำงานแล้ว จะทำให้มอเตอร์หมุนและไปขับให้ปั๊มอัดอากาศทำงานตามไปด้วย และเมื่ออากาศภายในถุงลมมีความดันสูงตามพิกัดที่กำหนดไว้ตามที่ได้ประมวลผลออกมาแล้ว จะมีอุปกรณ์ที่ชื่อว่า Pressure Switch ก็ทำการจะตัดวงจรไฟฟ้าทำให้มอเตอร์หยุดทำงานและปั๊มอัดอากาศก็จะหยุดทำงานด้วย หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการกายภาพบำบัดโดยการเดิน หรือวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าได้



รูปที่ 10 เครื่องรองรับน้ำหนักตัวผู้ป่วยขณะเดิน

วิธีการเก็บข้อมูลทางคลินิก

แบบประเมินระดับความเจ็บปวดของเข่า (WOMAC) ใช้แบบประเมิน WOMAC แบบทดสอบวัดความสามารถในการเดินโดยใช้แบบประเมิน Time on the timed up-and-go test การประเมินการทำงานของข้อเข่าใช้แบบประเมิน Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) และแบบประเมิน Knee Society Score (ประกอบด้วย Function score และ Knee score) และ IKD score การประเมินคุณภาพชีวิตด้วย แบบประเมิน SF-36 และมีการบันทึกระยะทาง (เมตร) และ ระยะเวลา (นาที) ในการเดิน โดยใช้เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดินเมื่อสิ้นสุดการเดิน

วิธีการศึกษา

อาสาสมัครจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มการฝึกเดินโดยเครื่องรองรับน้ำหนักตัว และกลุ่มการฝึกเดินร่วมกับการทำกายภาพบำบัด โดยแต่ละกลุ่มแบ่งออกดังนี้

1.กลุ่มควบคุม (control group) อาสาสมัครทำแบบประเมินแบบประเมินระดับความเจ็บปวดของเข่าใช้แบบประเมิน WOMAC การประเมินการทำงานของข้อเข่าใช้แบบประเมิน Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) และแบบประเมิน Knee Society Score (ประกอบด้วย Function score และ Knee score) การประเมินคุณภาพชีวิตด้วย แบบประเมิน SF-36 จากนั้นถูกวัดความสามารถในการเดินโดยใช้แบบประเมิน TUG test และทำกายภาพบำบัด

2.กลุ่มฝึกเดินโดยใช้เครื่องรองรับน้ำหนักตัว (intervention group) อาสาสมัครทำแบบประเมินแบบประเมินระดับความเจ็บปวดของเข่าใช้แบบประเมิน WOMAC การประเมินการทำงานของข้อเข่าใช้แบบประเมิน Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) และแบบประเมิน Knee Society Score (ประกอบด้วย Function score และ Knee score) การประเมินคุณภาพชีวิตด้วย แบบประเมิน SF-36 จากนั้นถูกทดสอบโดยการวัดความสามารถในการเดินโดยใช้แบบประเมิน TUG test และฝึกเดินโดยใช้เครื่องรองรับน้ำหนักตัวมีการบันทึกระยะทาง (เมตร) และ ระยะเวลา (นาที) ในการเดินเมื่อสิ้นสุดการฝึกเดิน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลมาประมวลผลผ่านโปรแกรม IBM SPSS Statistics 21 โดยทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov Test พบว่า ข้อมูลมีรูปแบบการกระจายตัวปกติ (Normal distribution) จึงใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบข้อมูลด้วย t-test (Independent)

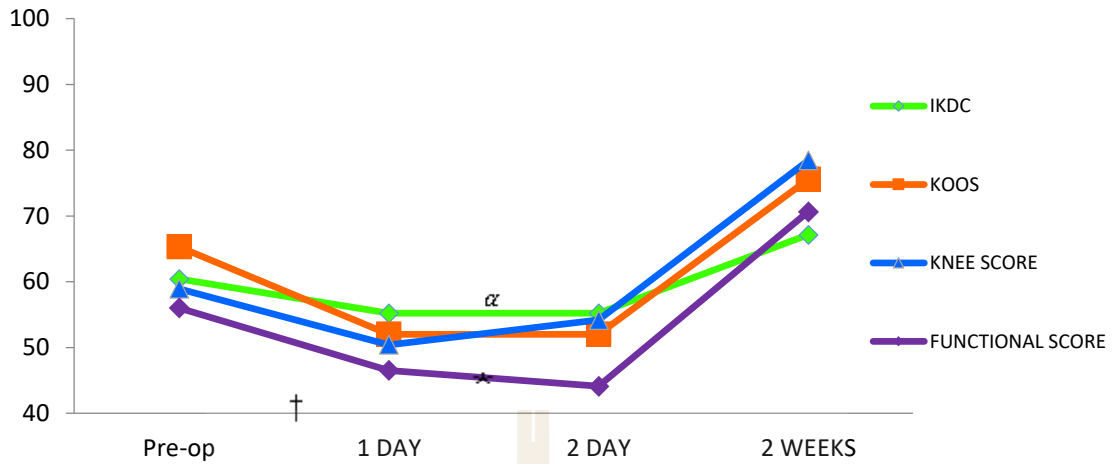
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะข้อมูลประชากรทั่วไป

ลักษณะประชากรทั่วไป	ค่าเฉลี่ย \pm ค่าความแปรปรวน
หญิง(%)	30.0 (n=9)
ชาย (%)	70.0 (n=21)
อายุ (ปี)	28.0 \pm 10.63
น้ำหนัก (กก.)	70.2 \pm 13.8
ส่วนสูง (ซม.)	168.2 \pm 9.52
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร. ซม.)	25.4 \pm 5.74

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70.0 ส่วนเพศหญิง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.0 ผู้ป่วยจะมีอายุโดยเฉลี่ยประมาณ 28 ปี (S.D.= 10.63) น้ำหนักโดยเฉลี่ยที่ 70.20 กิโลกรัม (S.D. = 13.80) ส่วนสูงโดยเฉลี่ยที่ 168.20 เซนติเมตร (S.D. = 9.52) และดัชนีมวลกายเฉลี่ยอยู่ที่ 25.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (S.D. = 5.74)

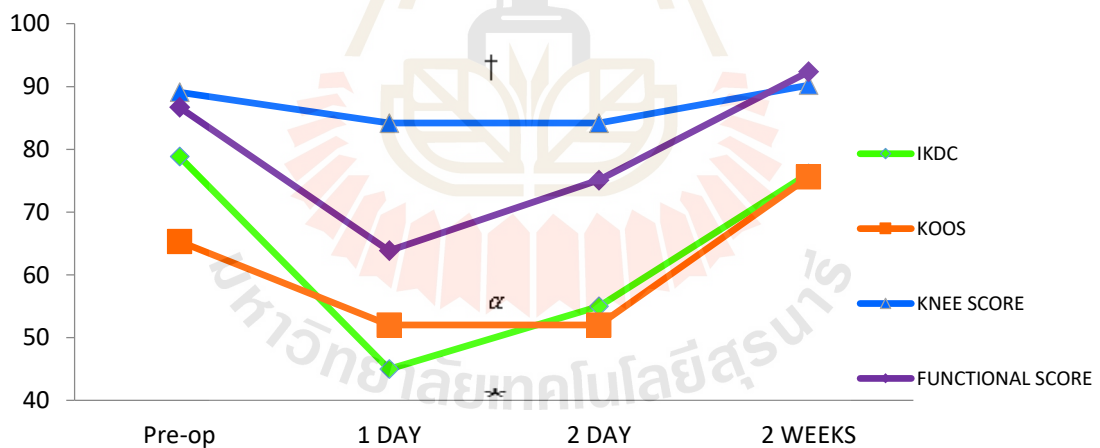


รูปที่ 11 แสดงความสามารถในการทำงานของหัวเข่าของกลุ่มควบคุม

(ตามที่แสดงในตารางหมายถึงคะแนน IKDC ในก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดวันที่ 1-2

* ดังแสดงในตารางหมายถึงการใช้คะแนน KOOS ในการเปรียบเทียบระหว่างก่อนผ่าตัดหลังผ่าตัดวันที่ 1-2 และ 2 สัปดาห์

+ ดังแสดงในตารางหมายถึงการประเมินคะแนนของข้อเข่าในช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดวันที่ 1และ2)



รูปที่ 12 แสดงความสามารถในการทำงานของหัวเข่าของกลุ่มทดลอง (α ดังแสดงในตารางหมายถึง คะแนน IKDC ในช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 1-2 วัน

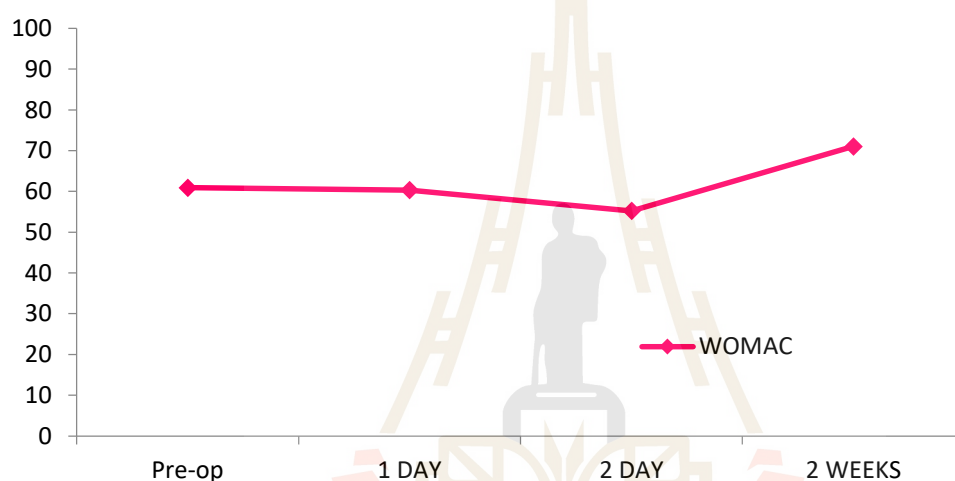
* ดังแสดงในตารางหมายถึงการใช้คะแนน KOOS ในการเปรียบเทียบระหว่างก่อนผ่าตัด และหลังผ่าตัดวันที่ 1-2 และ 2 สัปดาห์

+ ดังแสดงในตารางหมายถึงการประเมินคะแนนของข้อเข่าระหว่างก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดวันที่ 1และ2)

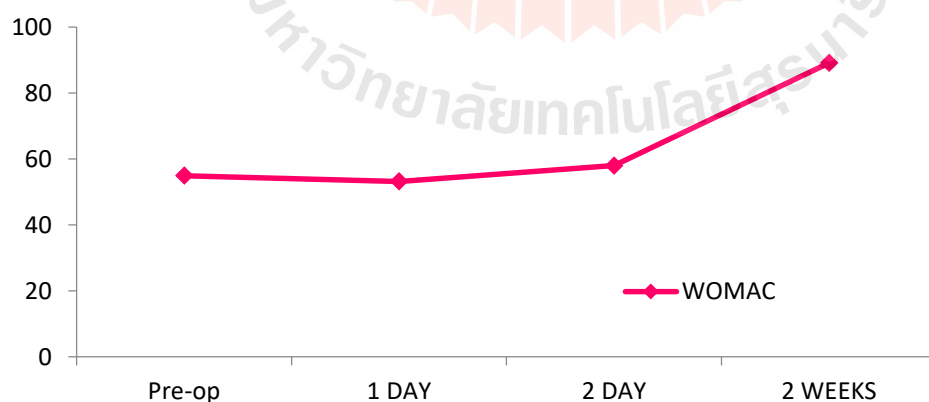
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Co-walk ในผู้ป่วย ACLR ใช้การประเมินผลคะแนน IKDC คะแนนความคงตัวของ IKDC ในวันผ่าตัดก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 1-2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ก่อนการผ่าตัด ($p < 0.01$) (α ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 11,12)

การใช้คะแนน KOOS ในการเปรียบเทียบระหว่างความคมชัดก่อนผ่าตัดหลังผ่าตัด 1-2 และ 2 สัปดาห์พบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) 2 สัปดาห์หลังการผ่าตัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (* ตามที่แสดงในรูปที่ 11, 12)

การเปรียบเทียบการประเมินคะแนนเข้าระหว่างวันผ่าตัดและหลังผ่าตัด 1-2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) หลังผ่าตัด 1-2 วันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) หลังผ่าตัดวันที่ 1-2 มีค่าน้อยกว่าก่อนการผ่าตัดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (+ตามที่แสดงในรูปที่ 11, 12)

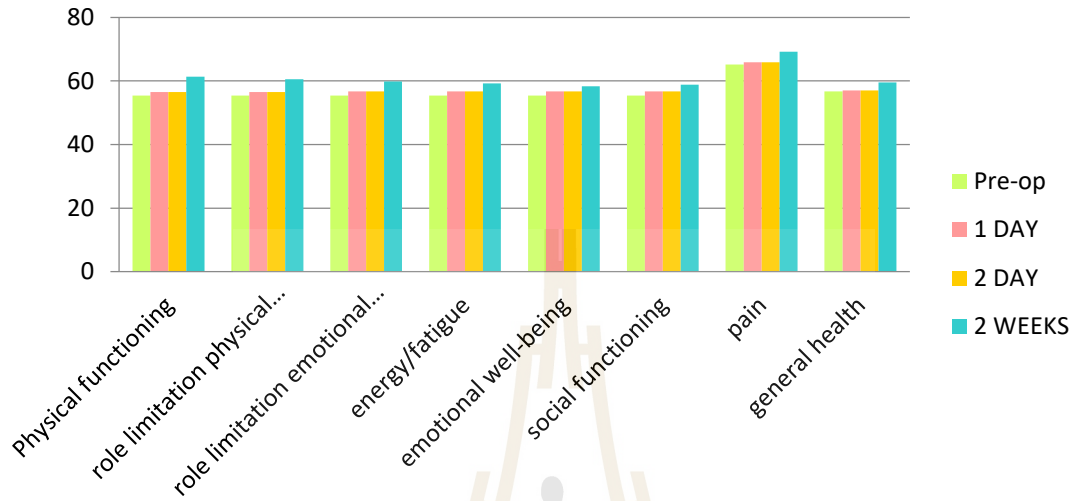


รูปที่ 13 แสดงให้เห็นว่าคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มควบคุมใช้ Western Ontario & McMaster University Osteoarthritis Index (WOMAC) # ตามที่แสดงในรูปที่ 13 หมายถึงคะแนน WOMAC ระหว่างก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 2 สัปดาห์ตามที่แสดงในรูปที่ 13 หมายถึงหลังการผ่าตัด วันที่ 1 และวันที่ 2

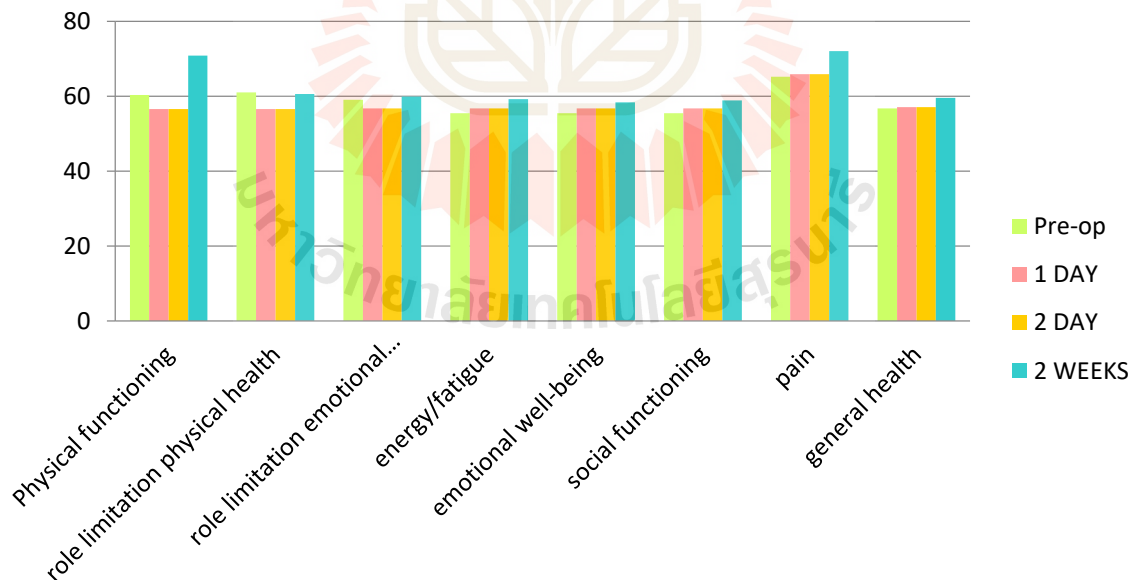


รูปที่ 14 แสดงคะแนนความเจ็บปวดของกลุ่มทดลองโดยใช้แบบประเมิน WOMAC Western Ontario & McMaster WOMAC ตามที่แสดงในรูปที่ 14 หมายถึงคะแนน WOMAC ระหว่างก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 2 สัปดาห์ตามที่แสดงในรูปที่ 14 หมายถึงหลังการผ่าตัด วันที่ 1 และวันที่ 2

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ Co-Walk ในผู้ป่วย ACLR ที่ใช้คะแนน WOMAC แสดงให้เห็นว่าคะแนน WOMAC ระหว่าง 2 สัปดาห์ก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง 2 สัปดาห์ก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด) หลังผ่าตัดวันที่ 1 และ 2 ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (5 ตามที่แสดงในรูปที่ 13,14)



รูปที่ 15 แสดงให้เห็นว่าระดับคะแนน SF-36 ของกลุ่มควบคุมถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับความพึงพอใจที่แบ่งออกเป็น 8 ด้าน ได้แก่ สมรรถภาพทางกายข้อ จำกัด ด้านบทบาทสุขภาพกายข้อ จำกัด เรื่องปัญหาทางอารมณ์พลังงาน / ความเมื่อยล้าอารมณ์ความเป็นอยู่, หน้าที่ทางสังคมความเจ็บปวดสุขภาพทั่วไป



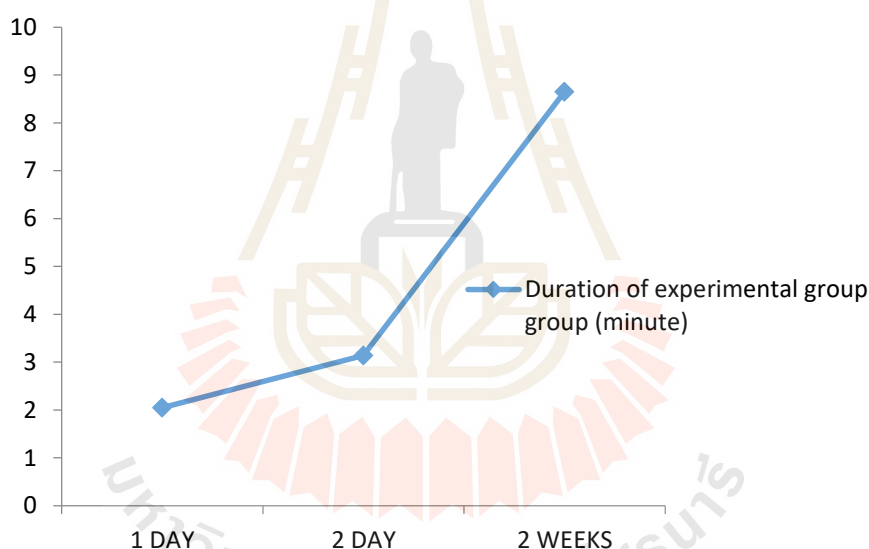
รูปที่ 16 แสดงให้เห็นถึงระดับคะแนน SF-36 ของกลุ่มทดลองที่ใช้เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่แบ่งออกเป็น 8 ด้าน ได้แก่ สมรรถภาพทางกายข้อ จำกัด ด้านบทบาทสุขภาพกายข้อ จำกัด เรื่องปัญหาทางอารมณ์พลังงาน / ความเมื่อยล้าอารมณ์ความเป็นอยู่, หน้าที่ทางสังคมความเจ็บปวดสุขภาพทั่วไป

ระดับความพึงพอใจของ SF-36 ถูกใช้เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่แบ่งออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ สมรรถภาพทางกายข้อ จำกัด ด้านสุขภาพกายข้อ จำกัด เรื่องปัญหาทางอารมณ์พลังงาน / ความเมื่อยล้า อารมณ์ความรู้สึกเป็นสุขหน้าที่ทางสังคมความเจ็บปวดสุขภาพโดยทั่วไป

บทบาทของการมีสุขภาพกายในช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 2 สัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) บทบาทของข้อ จำกัด ด้านสุขภาพกายในระยะเวลา 2 สัปดาห์หลังผ่าตัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

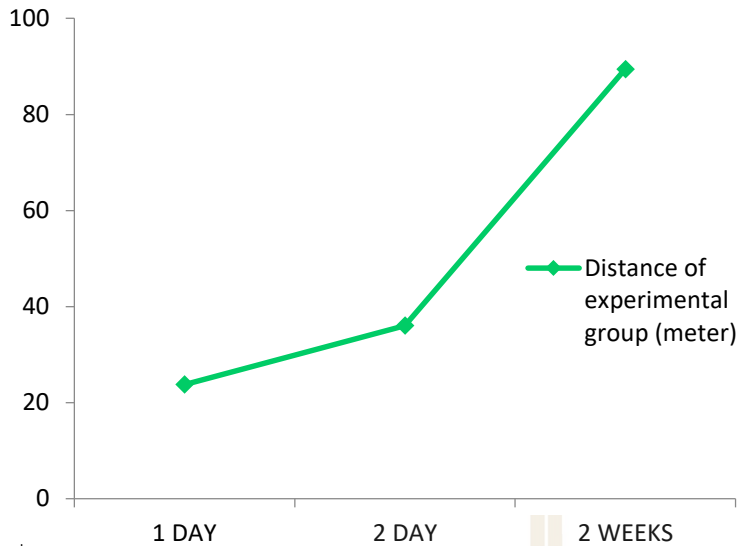
บทบาทของข้อ จำกัด ด้านปัญหาทางอารมณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่างการผ่าตัดและหลังผ่าตัด ความรู้สึกทางอารมณ์ในช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 2 สัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

อาการปวดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่างช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด สุขภาพโดยรวมในช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด 2 สัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) การออกกำลังกายก่อนและหลังการผ่าตัดเป็นเวลา 2 สัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)



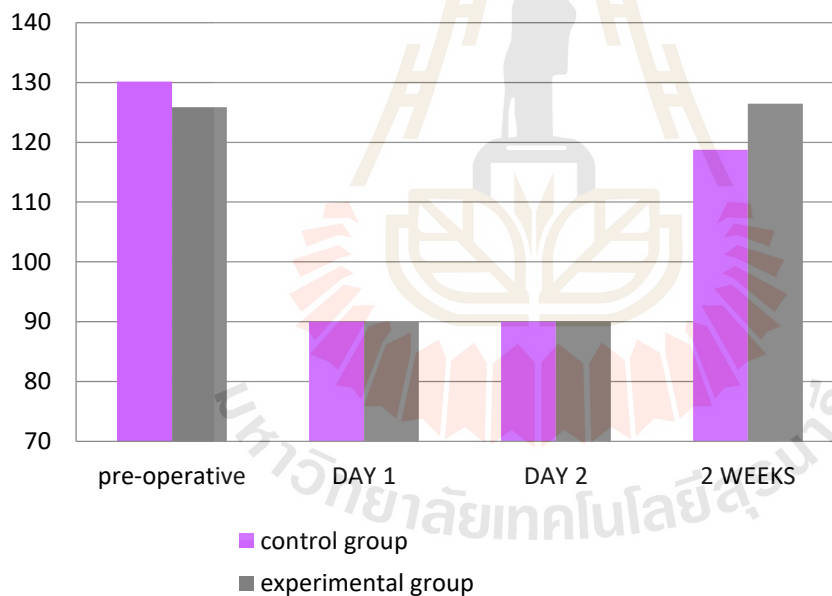
รูปที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเดินร่วมในผู้ป่วยที่ได้รับการเปลี่ยนระยะทางและระยะเวลาในการเดิน ในช่วงหลังผ่าตัดวันที่ 2 และ 2 สัปดาห์ (อาสาสมัครเดินด้วยความเร็ว 1.0-2.5 m / s และมีการตั้งค่าโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นศูนย์)

ประสิทธิภาพของการเดินร่วมในผู้ป่วยที่ได้รับการเปลี่ยนระยะทางและระยะเวลาในการเดิน ในช่วงหลังผ่าตัดวันที่ 2 และ 2 สัปดาห์ ($P < 0.01$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างการผ่าตัดก่อนและหลังผ่าตัด 1,2 วันและ 2 สัปดาห์



รูปที่ 18 แสดงระยะทางการเดิน ในช่วงหลังผ่าตัด 2 วันและ 2 สัปดาห์ (อาสาสมัครเดินด้วยความเร็ว 1.0-2.5 เมตร / วินาที และมีการตั้งค่าโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นศูนย์)

ระยะทางในการเดินในช่วงหลังผ่าตัด 1,2 วันและ 2 สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$)



รูปที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในช่วงก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัดสัปดาห์ที่สองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) เข่าหลังผ่าตัดเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนผ่าตัดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$)

การตรวจร่างกายและการตรวจพิเศษ ได้แก่ Anterior Drawer, Valgus Test, Varus Test, Posterior Drawer และ McMurray's Test ผลการวิจัยพบว่าผลการทดลองก่อนการใช้งาน ได้แก่ การทดสอบ Valgus Test, Varus Test, Laterior Drawer และ McMurray's Test ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในวันที่ 1-2 และ 2 สัปดาห์หลังผ่าตัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$)

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเดินโดยใช้เครื่อง Co-walk ในผู้ป่วยผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าที่มีช่วงอายุ 18 ปีขึ้นไป โดยคะแนนประเมินระดับความเจ็บปวดของเข่า (WOMAC) คะแนน Time on the timed up-and-go test คะแนนประเมิน Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) และ คะแนนประเมิน Knee Society Score (ประกอบด้วย Function score และ Knee score) คะแนนประเมินคุณภาพชีวิต (SF-36) และค่าระยะทาง และ ระยะเวลาในการเดินโดยใช้เครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน ที่ได้รับการบันทึกเมื่อสิ้นสุดการเดินพบว่า ผู้ป่วยผ่าตัด เอ็นไขว้หน้าข้อเข่าที่ฝึกเดินโดยใช้เครื่องรับน้ำหนักตัว ภายหลังจากผ่าตัดวันที่ 1 และวันที่ 2 มีระดับความเจ็บปวดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเจ็บปวดก่อนการผ่าตัด อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบระดับความเจ็บปวดที่การนัดที่ 2 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์ พบว่าระดับความเจ็บปวดไม่มีความแตกต่างกัน ในการศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานของข้อเข่าจากค่าคะแนนบ่งชี้สภาพ หรือ การทำงานของข้อเข่าที่ได้ จากการประเมินด้วยแบบประเมิน Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Society Score (ประกอบด้วย function score และ Knee score), Range of motion, Time up and go test ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด ACL เมื่อฝึกเดินโดยใช้เครื่อง co-walk ร่วมด้วยขณะทำกายภาพบำบัดตามปกติภายหลังจากผ่าตัดวันที่ 1 วันที่ 2 และ สัปดาห์ที่ 2 พบว่าการทำงานของข้อเข่ามีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังพบว่าผู้ป่วยผ่าตัด ACL เมื่อใช้เครื่องรับน้ำหนักตัวร่วมกับทำกายภาพบำบัด ภายหลังจากผ่าตัดวันที่ 1 วันที่ 2 และสัปดาห์ที่ 2 มีระดับคุณภาพชีวิต และความพึงพอใจเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การศึกษานี้ไม่พบข้อมูลรวมถึงเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นในระหว่างดำเนินการวิจัย

ผลของงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต งานวิจัยที่สอดคล้องกับการศึกษานี้ William D. และคณะ พบว่าภายหลังจากการฝึกเดินโดยใช้ Treadmill Anti Gravity AlterG ในกลุ่มอาสาสมัครผู้ป่วยหลังผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่า (TKA) ช่วงอายุเฉลี่ยของอาสาสมัครเพศหญิงและชาย 66.5 ปี และ 69.9ปีตามลำดับ พบว่าสามารถ ลดความเจ็บปวด เพิ่มการทำงานของข้อเข่าในระยะฟื้นฟูภายหลังจากผ่าตัด ลดระยะเวลาที่ใช้ในการเดิน และเพิ่มความทนทานในการเดินได้ T.SOTA และคณะ ได้ทำการศึกษาการใช้แรงดันบวกบริเวณครึ่งล่างของร่างกายหรือ Lower body positive pressure (LBPP) ในกลุ่มอาสาสมัครผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (knee osteoarthritis) พบว่าการฝึกเดินโดยใช้แรงดันบวกบริเวณครึ่งล่างของร่างกายหรือ Lower body positive pressure (LBPP) ไปเพิ่ม buoyancy force ซึ่งเป็นประโยชน์สามารถช่วยลด ground reaction force ขณะเดิน

5.2. อภิปรายผล

การฝึกเดินโดยใช้เครื่องรองรับน้ำหนักตัวมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสามารถในการทำงานของข้อเข่า ลดความเจ็บปวดภายหลังการผ่าตัด ได้ดีกว่าการทำกายภาพบำบัดเพียงอย่างเดียวในระยะฟื้นฟู ภายหลังการผ่าตัดเอ็นไขว้หน้า 2 สัปดาห์ ในกลุ่มผู้ป่วยผ่าตัดเอ็นไขว้หน้าที่มีช่วงอายุไม่ต่ำกว่า 18



รูปที่ 20 การนำเสนอผลงานต่อหน้าพระพักตร์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
โครงการวิจัยพัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์จากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

5.3 ข้อเสนอแนะ

4.2.1. ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ใช้จำนวนอาสาสมัครจำนวนน้อยและกลุ่มอาสาสมัครที่เฉพาะกลุ่มทำให้ยังขาดข้อมูลที่เพียงพอสำหรับศึกษาในอาสาสมัครกลุ่มโรคกระดูกและข้ออื่นๆซึ่งทางคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาต่อในอนาคต (future study)

4.2.2. การพัฒนาเครื่องรองรับน้ำหนักตัวขั้นต่อไปให้มีเทคนิคในการยกผู้ป่วยที่ง่ายขึ้น เช่นการปรับยกร่างกายก่อนบนได้มากขึ้น และใช้จำนวนคนยกผู้ป่วยน้อยลง

บรรณานุกรม

Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrish JT, Bergfeld JA, Dunn WR, Kaeding C, Kuhn JE, Marx RG, McCarty EC, Parker RC, Spindler KP, Wolcott M, Wolf BR, Williams GN. A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics. *J Knee Surg.* 2008 Jul;21(3):225-34

Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *The Journal of Bone and Joint Surgery American volume.* 2012;94(19):1737-1748. doi:10.2106/JBJS.K.01246.

Shantanu Patil, Nikolai Steklov, William D. Bugbee, et al. Anti-Gravity Treadmills Are Effective in Reducing Knee Forces. *Journal of orthopedic research.* May 2013; Res., 31: 672–679. doi:10.1002/jor.22272

Brooks NE, Myburgh KH. Skeletal muscle wasting with disuse atrophy is multi-dimensional: the response and interaction of myonuclei, satellite cells and signaling pathways. *Front Physiol.* 2014;5(99):99.

Dirks ML, Wall BT, Snijders T, Ottenbros CLP, Verdijk LB, van Loon LJC. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle disuse atrophy during leg immobilization in humans. *Acta Physiol.* 2014;210:628–41.

Keller K, Engelhardt M. [Muscle atrophy caused by limited mobilisation]. *Sportverletz Sportschaden.* 2013;27:91–5. 4. Suetta C, Frandsen U, Mackey A, Jensen L, Hvid L, Beyer M, Petersson S, Schrøder H, Andersen J, Aagaard P, Schjerling P, Kjaer M. Ageing is associated with diminished muscle re-growth and myogenic precursor cell expansion early after immobility-induced atrophy in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2013;591(Pt 15):3789–804

Patil S, Steklov N, Bugbee WD, Goldberg T, Colwell CW, D'Lima DD. Anti-gravity treadmills are effective in reducing knee forces. *Journal of Orthopaedic Research.* 2013 May 1;31(5):672-9.

SOTA, T., et al. Effects of lower body positive pressure on cardiovascular responses during walking in elderly women. *Physiological Research,* 2013, 62.6: 653.

Draovitch P, Maschi RA, Hettler J. Return to sport following hip injury. *Current reviews in musculoskeletal medicine.* 2012 Mar 1;5(1):9-14.

Ferber R, Davis IM, Hamill J, et al. Kinetic variables in subjects with previous lower extremity stress fractures. *Med Sci SportsExerc.* 2002;34:55.

Eastlack RK, Hargens AR, Groppo ER, et al. Lower body positive pressure exercise after knee surgery. Clin Orth Relat Res. 2005;431:213–9.

ระบบไฟฟ้าและการควบคุม. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :

<http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Refrigeration/Website/units.htm> (23 มิถุนายน 2560).

ระบบนิวแมติกส์ . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :

http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Bicycle_Air_Engine/lesson1_2.html (23 มิถุนายน 2560).

ระบบนิวแมติกส์ . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%A8%E0%B8%A7%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87>. (23 มิถุนายน 2560).



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก.

แบบประเมิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) : อาจารย์ พ.ท.นพ.บุระ สินธุภากร
ชื่อ -นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) : Leu.col. bura sindhupakorn M.D.
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน : 3-1005-01389-69-9
3. ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์แพทย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่
: สาขาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์ สำนักวิชาแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี orthopedic department medical faculty Institute of Science, Suranaree University of Technology
: ที่อยู่ 111 ถ.มหาวิทยาลัย อ.เมือง จ.นครราชสีมา
โทรศัพท์ 044223907 โทรสาร 044223920
: e-mail:bura@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
 - 2016** Thailand research capability building projects Fundamental ICH-GCP training by MedResNet
Statistical Issues and analysis for clinical trials by Biophics Mahidol university
Good clinical practice(GCP) in clinical research By Biophics Mahidol university
 - 2008- 2009** FELLOWSHIP IN ADULT HIP AND KNEE RECONSTRUCTION
The University of Western Ontario, London, Ontario, Canada
 - 2007** FELLOWSHIP IN ARTHROSCOPIC SURGERY,SPORT MEDICINE
Teaching University of Munich, Munich, Germany
 - 2000-2004** ORTHOPEDIC RESIDENCY PROGRAM
Pramongkutklo Hospital, Bangkok, Thailand
 - 1992-1998** MASTER DEGREE OF DOCTOR OF MEDICINE
Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok, Thailand

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- : orthopedic
- : sports orthopedic
- : adult reconstruction

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : มี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

1) **หัวหน้าโครงการวิจัย:** การใช้รังสี x-ray ในการศึกษาโครงสร้าง calcium และ phosphorus ในกระดูกข้อเข่าช่วงอายุต่างๆ

ชื่อทุน: ทุนว.ช. 59

2) **หัวหน้าโครงการวิจัย:** การพัฒนาวัสดุเซรามิกชั้นสูงสำหรับใช้เป็นวัสดุรองผิวข้อเข่าเทียม :
ใน

ห้องทดลอง

ชื่อทุน: ทุนว.ช. 59

3) **หัวหน้าโครงการวิจัย:** การพัฒนาและวัดผลทางคลินิกของเครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้
ขณะเดิน

ชื่อทุน: ทุนว.ช. 59

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

1) **หัวหน้าโครงการวิจัย:** การใช้รังสี x-ray ในการศึกษาโครงสร้าง calcium และ phosphorus ในกระดูกข้อเข่าช่วงอายุต่างๆ

ชื่อทุน: ทุนว.ช. 59

สถานภาพ : กำลังดำเนินการ 50 %

2) **หัวหน้าโครงการวิจัย:** การพัฒนาวัสดุเซรามิกชั้นสูงสำหรับใช้เป็นวัสดุรองผิวข้อเข่าเทียม :
ในห้องทดลอง

ชื่อทุน: ทุนว.ช. 59

สถานภาพ : กำลังดำเนินการ 50 %

3) **หัวหน้าโครงการวิจัย:** การพัฒนาและวัดผลทางคลินิกของเครื่องรับน้ำหนักตัวของคนไข้ขณะเดิน

ชื่อทุน: ทุนว.ช. 59

สถานภาพ : กำลังดำเนินการ 30 %

