

การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

STUDY AND DEVELOPMENT OF AN ORTHOSIS FOR PATIENTS WITH KNEE
OSTEOARTHRITIS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-ED-M-222-076

การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

STUDY AND DEVELOPMENT OF AN ORTHOSIS FOR PATIENTS WITH KNEE
OSTEOARTHRITIS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-ED-M-222-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DEVELOPMENT OF AN ORTHOSIS FOR PATIENTS
WITH KNEE OSTEOARTHRITIS

SAMATI TEPMATEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2015

KMITL-2015-ED-M-222-076

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อ
เพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

Study and Development Orthotics Exercise to Patients
with Osteoarthritis

นักศึกษา

นายสมานี เทพมะที

รหัสประจำตัว

56603118

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา






เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ	เอกวุฒินาง	
ผศ.ดร.จตุรงค์	เลาหะเพ็ญแสง	
รศ.อุดมศักดิ์	สาริบุตร	
ผศ.ดร.ธเนศ	ภิรมย์การ	
ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์	เชียวมั่ง	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

8 กรกฎาคม 2558 เวลา 08.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้อง ค. 417 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่...21...เดือน...11...พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
นักศึกษา	นายสมานธิ เทพมะณี
รหัสประจำตัว	56603118
ปริญญา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาบริหารการพยาบาล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการทำงานของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม 2) เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม 3) เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลสาเหตุของโรคเข่าเสื่อมทั้งปฐมภูมิและทุติยภูมิ ส่วนของการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ได้นำเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) ใช้ในการวิเคราะห์หาความต้องการของลูกค้าที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ประชากร คือ กลุ่มกรณีศึกษาแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู 3 หน่วยงาน จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือแบบสอบถามผลสำรวจความต้องการของแพทย์และบุคลากรโดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคบ้านแห่งคุณภาพ (House Of Quality : HOQ) ใช้เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนที่ 1 หาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของกลุ่มตัวอย่างกับข้อกำหนดทางเทคนิค ใช้เมตริกซ์การแปลงการออกแบบ ขั้นตอนที่ 2 ซึ่งจะเป็นการนำข้อกำหนดทางเทคนิคจากเมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาทำการแปลงให้กลายเป็นข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยเป็นแนวทางการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อสำหรับผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ซึ่งชิ้นงานจะเน้นตามค่าน้ำหนักความสำคัญที่มีเกณฑ์สูงกว่าร้อยละ 5% ซึ่งได้จาก

ค่าเฉลี่ยของข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยสมบูรณ์จากนั้นสร้างแบบร่างโดยใช้ข้อกำหนดส่วนประกอบย่อย เริ่มพัฒนาแบบร่างผลิตภัณฑ์พร้อมทั้งพิจารณาเพื่อเลือกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อสำหรับผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม และประมวลผลหาประสิทธิภาพท่าการใช้เครื่อง โคนิโอมอเตอร์ เพื่อวัดการงอและเหยียดของเข่า พบว่ามีความเหมาะสมระดับดีในการใช้งานได้กับอริยาบถ นอน, นั่ง, ยืน มีระดับมุมมองค่าที่ 0-90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Study and Development of an Orthosis for Patients with Knee Osteoarthritis
Student	Mr. Samati Tepmatee
Student ID.	56603118
Degree	Master of Education in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2015
Thesis Advisor	Assistant Professor. Dr. Chaturong Louhapensang
Thesis Co-Advisor	Associate Professor. Udomsak Saributr

ABSTRACT

This study comprised the investigation of knee osteoarthritis pathology and orthotic application problems among knee osteoarthritis patients and the development of knee osteoarthritis orthotic. The study applied mixed methodology including qualitative and quantitative method. Primary and secondary causes of knee osteoarthritis were investigated. Quality Function Deployment (QFD) was applied in the analysis of customer needs. The research population. Medical personnel and Rehabilitation 3 agencies. The research samples were 20 participants comprised of osteoarthritis experts and patients. Product planning matrix in House of Quality (HOQ) matrix was applied in finding relationships between the customer needs and the technical specifications. Part characteristics for the design and development of knee osteoarthritis were analyzed by applying the product technical specifications for design deployment in House of Quality (HOQ). The findings indicated five part characteristics with significance scores higher than 5% the then create a draft by the Terms subassembly (Sketch Design) began developing the draft to select products, together with physical exercise equipment for patients with osteoarthritis. And process for making effective use. Found to have an appropriate level of work is in motion, sleeping, sitting, standing, with the angle at 0-90.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาและข้อเสนอแนะตลอดจนข้อมูลและเอกสารต่างๆ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องดังนี้

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร ที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะในการดำเนินการวิจัยทุกขั้นตอน จนสามารถทำวิจัยได้สำเร็จสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ภิรมย์การ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง เป็นคณะกรรมการสอบที่ให้คำแนะนำและตรวจงานวิจัยจนทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณพระคุณ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ รองศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ ที่ได้กรุณาเป็นผู้ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ นพ.ปิติ ฉลองวิริยะเลิศ ศ.นพ.วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม นพ.อาทมะ วิเชียรฉาย ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแพทยออร์โธปิดิกส์ ในการแนะนำข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ อาจารย์ยศวิน สกุลกรรณา ภภ.สุธิตา สกุลกรรณา ภภ.นุชจรี ศิริ บุคลากรศูนย์กายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนักกายภาพบำบัดทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในการแนะนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรกานต์ รวยสูงเนิน รองศาสตราจารย์บุญสนอง รัตนสุนทรากุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐไท พรเจริญ ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบทางการด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ธวัชชัย จันทร์สะอาด หัวหน้าภาคกายอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ นางสาวจุฑารัตน์ ภูมุลนา นายฤชา ชันธเดช นักการอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ ให้ความร่วมมือในการทดสอบประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นแนวทางเพื่อศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมแต่ผู้ที่สนใจต่อไป

สมาธิ เทพมะที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัด|||อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	5
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	6
บทที่2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความเป็นมาของวิชาชีพการกายภาพบำบัด.....	7
2.2 ลักษณะโครงสร้างของข้อเท้า.....	11
2.3 การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล.....	15
2.4 ชนิดและสาเหตุของโรคข้อเท้าเสื่อม.....	30
2.5 พยาธิสภาพของการเกิดโรคข้อเท้าเสื่อม.....	34
2.6 สุขภาวะผู้สูงอายุ.....	39
2.7 การออกกำลังกายในผู้สูงอายุข้อเท้าเสื่อม.....	45
2.8 ทฤษฎีและหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	55
2.9 กายอุปกรณ์เสริม.....	65
2.10 วัสดุในการผลิต.....	72
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	76
บทที่3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	77
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และด้วย IV อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	79
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	82
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....	83
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	85
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	87
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหาร กล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม.....	88
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความต้องการของลูกค้ำเพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหาร กล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม.....	90
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม.....	108
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	110
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	110
5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	110
5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	111
5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	112
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	113
5.6 สรุปผลการวิจัย.....	113
5.7 อภิปรายผล.....	113
5.8 ข้อเสนอแนะ.....	116
บรรณานุกรม.....	122
ภาคผนวก.....	124
ภาคผนวก ก ใบขอความอนุเคราะห์จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....	125
ภาคผนวก ข แบบประเมินผลประสิทธิภาพ.....	143
ภาคผนวก ค กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล.....	164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง ภาพขั้นตอนการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูล.....	183
ภาคผนวก จ ภาพแสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม	192
ประวัติผู้เขียน.....	206



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1	20
ตารางที่ 2.2	21
ตารางที่ 2.3	21
ตารางที่ 2.4	29
ตารางที่ 2.5	64
ตารางที่ 4.1	90
ตารางที่ 4.2	91
ตารางที่ 4.3	92
ตารางที่ 4.4	93
ตารางที่ 4.5	94
ตารางที่ 4.6	99
ตารางที่ 4.7	101
ตารางที่ 4.8	102
ตารางที่ 4.9	103
ตารางที่ 4.10	104
ตารางที่ 4.11	105
ตารางที่ 4.12	108
ตารางที่ 4.13	108

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 บทบาทหน้าที่ของแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู.....	8
2.2 แสดงส่วนประกอบที่เป็นกระดูกข้อเข่า.....	11
2.3 แสดงส่วนประกอบอื่นๆของข้อเข่า.....	12
2.4 แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในท่าปกติ.....	13
2.5 แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในท่างอ.....	14
2.6 แสดงตำแหน่งการวางโกนิโอมิเตอร์ สำหรับวัดการงอของข้อเข่า.....	15
2.7 แสดงตำแหน่งการวางโกนิโอมิเตอร์ สำหรับวัดการเหยียดของข้อเข่า.....	15
2.8 โครงกระดูก.....	17
2.9 ข้อต่อชนิดเคลื่อนไหวอิสระ.....	18
2.10 แสดงการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ.....	20
2.11 แสดงกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก.....	22
2.12 แสดงกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก.....	22
2.13 แสดงกล้ามเนื้อบริเวณสะโพกและกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวต้นขา.....	23
2.14 แสดงกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวปลายขาและเท้า.....	23
2.15 เส้นแบ่งครึ่งร่างกาย.....	25
2.16 การแบ่งระนาบมนุษย์.....	25
2.17 การเคลื่อนไหวส่วนของเข่า.....	26
2.18 การเคลื่อนไหวส่วนของเข่าและข้อเท้า.....	27
2.19 การวัดมุม Flexion การเคลื่อนไหวของข้อตะโพกในท่า 0 องศา.....	28
2.20 ย่านมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่ามุม Flexion (ROM in flexion).....	28
2.21 การวัดมุม Extension ของการเคลื่อนไหวของข้อตะโพกในท่าศูนย์องศา.....	28
2.22 ย่านมุมการเคลื่อนไหวของข้อตะโพกมุม Extension (Rom in extension).....	29
2.23 นอนหงาย.....	50
2.24 งอเข่าเข้าหาลำตัวเท้าที่ไม่ปวด.....	50
2.25 แล้วเหยียดออกไปจนสุด ทำซ้ำ 5-10 ครั้งแล้วสลับไปทำอีกข้างหนึ่ง วันละ 2-5 รอบ.....	50
2.26 นอนคว่ำ.....	51
2.27 งอเข่าเข้าหาลำตัวเท้าที่ไม่ปวด.....	51
2.28 เหยียดขาออกไปจนสุด ทำซ้ำ 5-10 ครั้งแล้วสลับไปทำอีกข้างหนึ่งทำวันละ 2-5 รอบ.....	51
2.29 นั่งเหยียดขาวางเท้าข้างหนึ่งบนหมอนให้ตึงเข่าตรงค้างไว้ 5-10.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตั้ง VIII ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.30 นอนหงาย ใช้หมอนใบเล็กหนุนใต้เข่าให้งอเล็กน้อย.....	52
2.31 นอนหงายชันเข่าข้างหนึ่ง ขาอีกข้างเหยียดตรง.....	53
2.32 นอนคว่ำ งอขาข้างหนึ่งสูงจากพื้น 6-8 นิ้วค้างไว้ 3-5 วินาที.....	53
2.33 นั่งเก้าอี้ และพิงพนักเก้าอี้ เหยียดขาข้างหนึ่งออกให้ตรงพร้อมทั้งกระดกข้อเท้าขึ้นเกร็ง....	53
2.34 นั่งเก้าอี้ แล้วลุกยืน-นั่ง สลับไปมา 5-10 ครั้ง.....	54
2.35 บ้านคุณภาพ (House of quality).....	56
2.36 ส่วนประกอบเฟืองแบบตรง.....	67
2.37 ส่วนประกอบเฟืองแบบตรง.....	67
2.38 ส่วนประกอบเฟืองแบบตรง.....	68
2.39 การจำแนกพลาสติกตามกรรมวิธีการผลิต.....	68
2.40 ผ้าอิลาสติกริงค์เช่า.....	69
2.41 ผ้าสะบ้าริงค์เช่า (โพลี).....	70
2.42 ผ้าสะบ้ายืดหยุ่นริงค์เช่า.....	70
2.43 กายอุปกรณ์ริงค์เช่าโรคข้อเข่าเสื่อม (โลหะ).....	71
2.44 กายอุปกรณ์ริงค์เช่าโรคข้อเข่าเสื่อม (ไฟเบอร์กลาส).....	71
2.45 กายอุปกรณ์ริงค์เช่าโรคข้อเข่าเสื่อม (อะลูมิเนียม).....	72
2.46 ตารางประเภทวัสดุ.....	73
4.1 รูปแบบของผลิตภัณฑ์.....	107

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำกรวิจัย

จากการเปลี่ยนแปลงในการดำเนินวิถีชีวิตของมนุษย์ ส่งผลให้อุบัติการณ์และความเสี่ยงของโรคติดต่อเพิ่มมากขึ้น ส่วนใหญ่มาจากพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมในการใช้ชีวิตประจำวัน อีกทั้งสภาพพันธุกรรมของมนุษย์ มักเป็นโรคที่เรื้อรังโดยจะมีหลากหลายลักษณะประเภทนี้คือ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร มีความพิการหลงเหลืออยู่ พยาธิสภาพที่เกิดขึ้น ไม่กลับคืนสู่สภาพปกติ ต้องอาศัยการฟื้นฟูเป็นพิเศษและมีการดูแลให้ความช่วยเหลือ แนะนำ สังเกต พร้อมทั้งติดตามในระยะเวลานาน โรคข้อเข่าเสื่อมก็เป็นโรคเรื้อรังชนิดหนึ่งที่พบมากในกลุ่มผู้สูงอายุ โรคดังกล่าวกำลังเป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขทั้งในประเทศที่กำลังพัฒนาและประเทศที่พัฒนาแล้ว (สุรเกียรติ์ อาชานานุภาพ. 2548)

ประเทศไทยก้าวสู่สังคมผู้สูงอายุตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 และมีแนวโน้มสถานการณ์ผู้สูงอายุเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งจำนวนและสัดส่วน โดยพบว่าประชากรของประเทศไทยแก่ที่สุดในอาเซียน คือ มีอายุ 65 ปี ขึ้นไป คิดเป็น ร้อยละ 7.4 หรือ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 12 มีการคาดการณ์ว่า อีก 20 ปีข้างหน้า ประเทศไทยจะกลายเป็น “สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์”(กรมอนามัย สำนักส่งเสริมสุขภาพ. คู่มือแนวทางการดำเนินงานอำเภอสุขภาพดี 80 ปี ยิ่งแจ้ว. นนทบุรี: สำนักส่งเสริมสุขภาพ กรมอนามัย; 2556.) จากโครงการสำรวจสุขภาพผู้สูงอายุไทยปี พ.ศ. 2556 พบว่าประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปจะมีแนวโน้มจำนวนมากมีปัญหาอาการของเข่าเสื่อมร้อยละ 21.5 เป็นอันดับ 3 ของโรคผู้สูงอายุ สำหรับประเทศไทยจากผลการสำรวจภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุจากทั่วประเทศ ตามรายงานโครงการภายใต้แผนงานส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและผู้พิการ (สุรเดช ดวงทิพย์สิริกุล และคณะ. 2556)

พยาธิสภาพโรคเข่าเสื่อม มีการดำเนินของโรคอย่างค่อยเป็นค่อยไป เมื่อเริ่มปรากฏอาการแล้วไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ และมีพยาธิสภาพแบบไม่กลับคือสู่สภาพปกติ แต่สามารถฟื้นฟูได้ด้วยการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพที่ถูกต้องใน หลักการควบคุมและหลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเข่าเสื่อม ได้แก่ การออกกำลังกายบริหารข้อเข่าและกล้ามเนื้อบริเวณโดยรอบอย่างสม่ำเสมอ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ข้อเข่าในชีวิตประจำวันที่ต้อง ควบคุมตนเองอย่างต่อเนื่องรวมทั้งต้องเรียนรู้ และปรับแผนการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องกับอาการของโรคเข่าเสื่อมอย่างเคร่งครัดกับการปฏิบัติตัวในชีวิตประจำวันด้วย (พรพิศา ชัยอำนาจ. 2545) เมื่อโรคเข่าเสื่อมเป็นโรคที่พบบ่อยที่สุดในประชาชนผู้สูงอายุ และไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ผลที่ตามมาทำให้ความสามารถในการทำงานของ

ร่างกายลดลง ไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ เกิดผลกระทบต่อด้านจิตใจได้ทำให้มองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตนเองเป็นภาระทางสังคมและครอบครัว รวมถึงความรู้สึกที่มีคุณค่าในตนเองจะลดลงเกิดความไม่มั่นใจที่จะควบคุมอาการของโรค นอกจากนี้ความเจ็บป่วยเรื้อรัง และความเจ็บปวดทรมานจากโรคยังทำให้ผู้สูงอายุต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลอย่างต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุด

กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยบำบัดฟื้นฟู ที่ได้รับความนิยมและเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งผลจากการใช้กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม มีบทบาทในการเสริมสร้างความแข็งแรงต่อกล้ามเนื้อให้ผู้ป่วยได้เป็นอย่างดี แต่ในปัจจุบันการพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านกายภาพยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของผู้ผลิตที่มีน้อยรายในประเทศ และต้องนำเข้าผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศซึ่งมีราคาที่สูงทำให้โอกาสที่ผู้ป่วยจะจัดซื้ออุปกรณ์ในราคาเหมาะสมกับการใช้งานค่อนข้างเป็นไปได้ยาก เนื่องจากกลุ่มประชากรในประเทศที่ยังไม่สามารถมีกำลังการซื้อได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้ส่วนของการออกแบบและพัฒนาการผลิตกายอุปกรณ์เป็นทางเลือกให้กับนักออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหาให้ตรงความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญและปัญหาที่พร้อมจะแก้ไขโดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาและพัฒนาการกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม โดยใช้กระบวนการแปลงสาเหตุของความต้องการและสภาพปัญหาให้เป็นข้อมูลในการดำเนินงาน อีกทั้งการวิจัยครั้งนี้ผู้ป่วยที่เป็นโรคเข่าเสื่อมจะได้มีกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อที่เหมาะสมตอบสนองความต้องการทางด้านกายภาพบำบัดฟื้นฟู รวมทั้งยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์การแพทย์รักษาโรคที่มีต้นทุนที่สูงในการรักษา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
- 1.2.2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
- 1.2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็น “การศึกษาและพัฒนาการกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methodology) ซึ่งรวมระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร และเก็บข้อมูลทางภาคสนามในการศึกษาแนวทางการออกแบบและพัฒนา และใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ในการเก็บข้อมูลและวัดตัวแปรเป็นค่าร้อยละระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้เลือกประชากรกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยพิจารณาเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรแบบเดียวกันดังนี้

วัตถุประสงค์ 1 เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ แพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู และผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข่าเสื่อม 3 หน่วยงาน

กลุ่มตัวอย่าง คือ แพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู และผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข่าเสื่อม 3 หน่วยงาน จำนวน 20 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์ออร์โธปิดิกส์ จากศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ, โรงพยาบาลลาดกระบัง, คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 3 คน
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านกายภาพบำบัดทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากศูนย์กายภาพบำบัดมหิดล ปิ่นเกล้า จำนวน 3 คน
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ 3 คน จากศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ จำนวน 3 ท่าน

4. ผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข่าเสื่อม 11 คน จากศูนย์กายภาพบำบัด มหิดล ปิ่นเกล้า

วัตถุประสงค์ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในสถาบันการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในสถาบันการศึกษา จำนวน 3 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 คน

วัตถุประสงค์ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ บุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู 1 หน่วยงาน

กลุ่มตัวอย่าง แพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู 1 หน่วยงาน คือ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ จำนวน 3 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ 3 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม มีแนวทางในการศึกษาด้านเวชศาสตร์ฟื้นฟูและด้านออกแบบผลิตภัณฑ์โดยมีกรอบความคิดในการวิจัยดังนี้คือ

วัตถุประสงค์ 1 เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

1.4.1 กรอบแนวความคิด “เวชศาสตร์ฟื้นฟูกลุ่มอาการปวดจากระบบกล้ามเนื้อข้อต่อและกระดูก” (Rehabilitation in Musculoskeletal pain)

การตรวจวินิจฉัยร่างกายของมนุษย์ที่มีความเสื่อมของกล้ามเนื้อข้อต่อ และกระดูกจากผลสืบเนื่องจากพฤติกรรมรวมทั้งแบ่งกลุ่มอาการฟื้นฟูตามส่วนต่างๆของร่างกาย (อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา. 2553 : 89)

1.4.2 กรอบแนวความคิด “กายอุปกรณ์เสริม” (Orthoses and prosthese)

สิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เสริมเป็นโครงสร้างภายนอกร่างกาย เพื่อควบคุมหรือช่วยการเคลื่อนไหวส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย (อรรถฤทธิ์ ศฤงคไพบูลย์. 2553 : 269)

1.4.3 กรอบแนวความคิด “การออกกำลังกายเพื่อบำบัดรักษา” (Therapeutic exercise)

เป็นหลักการเคลื่อนไหวร่างกายตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อการบริหารความผิดปกติด้านสรีรวิทยาเพิ่มสมรรถภาพของร่างกายให้ดีขึ้น (ณัฐธิดา ตันศิริวัฒน์. 2553 : 39)

วัตถุประสงค์ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

1.4.4 กรอบแนวความคิด “การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ” (Quality Function Deployment : QFD)

เป็นวิธีที่ช่วยให้ฝ่ายออกแบบสามารถตัดสินใจในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีที่สุดตามกำลังทรัพยากรที่มีอยู่ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อความพึงพอใจของลูกค้า และถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายของการออกแบบ (มณฑรี ศาสนันท์. 2550)

ปัจจัยการผลิตของผู้ใช้งานที่เป็นข้อมูล

1.4.4.1 ความต้องการของลูกค้า

1.4.4.2 ส่วนวางแผน

1.4.4.3 คุณลักษณะทางคุณภาพ

1.4.4.4 ความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพ

1.4.4.6 ส่วนเทคนิค

1.4.5 กรอบแนวความคิด “ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม” (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ)

เป็นการนำปัญหาการประดิษฐ์ต่างๆ มาจัดเป็นระบบ และกำหนดแนวทางแก้ปัญหาสำหรับระบบเหล่านั้น การใช้ตาราง TRIZ จะเริ่มจากการนำปัญหาที่ต้องการแก้ไข มาเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบที่เป็นนามธรรม จากนั้นหาคำตอบในตารางที่ตรงกับรูปแบบดังกล่าว คำตอบที่ได้จะเป็นทางแก้ปัญหา เนื่องจากผู้ใช้สามารถหาทางแก้ปัญหาได้ง่ายกว่าวิธีลองผิดลองถูกต่างๆ ไป (ไตรสิทธิ์ เบญจบุญสิทธิ์ และคณะ. 2550)

1.4.5.1 ความขัดแย้งทางเทคนิค

1.4.5.2 หลักการประดิษฐ์คิดค้น

วัตถุประสงค์ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูร่างกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

1.4.6 กรอบแนวความคิด “ประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม”

การดูแลรักษาผู้ป่วยนั้นโดยทั่วไปนอกจากการรักษาด้วยยา ตลอดจนหัตถการทางการแพทย์อื่นๆ การออกกำลังกายบริหารเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการดูแลรักษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมสุขภาพและในการฟื้นฟูผู้ป่วยและการเลือกใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสมต่อไป (อารมณ ขุนภาชี. 2554 : 39)

1.4.6.1 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion) คือการเคลื่อนไหวของเข่าโดยการงอและเหยียด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดประสิทธิภาพกายอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันการยึดติดของข้อ และกรณีข้อยึดติดแล้วใช้วิธีนี้ในเพิ่มการเคลื่อนไหวของข้อให้มากที่สุด

1.4.6.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.5.1 โรคเข่าเสื่อม หมายถึง โรคที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อมของข้อเข่าตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในโรคนี้คือที่กระดูกอ่อนผิว ในข้อชนิดที่มีเยื่อ โดยพบการทำลายกระดูกอ่อนผิวข้อซึ่งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่องตามเวลาที่ผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ผู้ป่วยเข้าเสื่อม หมายถึง หญิงหรือชายที่มารับการตรวจรักษาที่ฝ่ายเวชศาสตร์ฟื้นฟู ที่มีอาการปวดเข่า, อายุมากกว่า 40 ปี, ข้อเข่าฝืดแข็งยึดติดง่าย และมีเสียงดังภายในข้อเข่าขณะเคลื่อนไหว และ ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ระดับเล็กน้อยถึงปานกลางตามเกณฑ์โดยเจาะจงกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มที่ฝึกการออกกำลังกายบริหารกล้ามเนื้อต้นขา

1.5.2 กายอุปกรณ์ หมายถึง อุปกรณ์ใช้เพื่อเสริมการทำหน้าที่ของอวัยวะที่มีปัญหาในการทำงาน เช่น (อ่อนแรง, เจ็บปวด, เสื่อมสมรรถภาพ) อาจเรียกชื่อสามัญว่า อุปกรณ์เสริม, อุปกรณ์ตามหรือที่ประคอง

1.5.3 การพัฒนากายอุปกรณ์ หมายถึงการนำอุปกรณ์ใดๆที่มีอยู่มาปรับให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น หรือมีความเหมาะสมในการใช้งานด้านนั้นๆ

1.5.4 ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

1.5.5 การฟื้นฟู หมายถึง การดูแลทางการแพทย์เพื่อให้ความสามารถทางด้านร่างกายและจิตใจของผู้ป่วยเป็นปกติ โดยการฟื้นฟูจะขึ้นอยู่กับลักษณะการบาดเจ็บ หรือผลของโรคที่เกิดขึ้น การจัดหาอุปกรณ์เสริม การฝึกการใช้อุปกรณ์บริหาร ซึ่งจำเป็นต้องฟื้นฟูสภาพกล้ามเนื้อโดยกายภาพบำบัด การออกกำลังกาย

1.5.6 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้มีความรู้เชี่ยวชาญใน การแพทย์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะการออกแบบ หรือมีระยะเวลาในการทำงานจนมีความรู้อย่างลึกซึ้ง

1.5.7 ความต้องการของลูกค้า หมายถึง โดยการสอบถามกลุ่มผู้ใช้งาน ล้วนสามารถแสดงเสียงเรียกร้องเพื่อเป็นการกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

1.6 ประโยชน์ที่รับ

1.6.1 ได้ความรู้และทักษะในการนำความรู้ทางทฤษฎีมาใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์บริหาร

1.6.2 ได้กายอุปกรณ์เพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมนำไปใช้ในด้านเวชศาสตร์ฟื้นฟู

1.6.3 ได้กายอุปกรณ์ต้นแบบที่ผลิตด้วยต้นทุนและวัสดุภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเป็นการพัฒนาและสนับสนุนการรักษาด้านกายภาพบำบัดเพื่อฟื้นฟูในผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม อีกทั้งเป็นการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างเจ้าหน้าที่ด้านนักกายภาพบำบัด ซึ่งในการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
2. เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ดังนั้นเพื่อเป็นการบ่งชี้ตามความสำคัญของวัตถุประสงค์ของการวิจัยและแนวคิดในการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมี รายละเอียดดังนี้

- 2.1 ความเป็นมาของวิชาชีพเวชศาสตร์ฟื้นฟู
- 2.2 ลักษณะโครงสร้างของข้อเข่า
- 2.3 การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล
- 2.4 ชนิดและสาเหตุของโรคเข่าเสื่อม
- 2.5 พยาธิสภาพของการเกิดโรคเข่าเสื่อม
- 2.6 สุขภาวะผู้สูงอายุ
- 2.7 การออกกำลังกายในผู้สูงอายุเข่าเสื่อม
- 2.8 ทฤษฎีและหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2.9 กายอุปกรณ์เสริม
- 2.10 วัสดุในการผลิต
- 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาของวิชาชีพเวชศาสตร์ฟื้นฟู

เวชศาสตร์ฟื้นฟู หมายถึง วิชาแพทย์แขนงหนึ่งที่มีมุ่งให้การรักษาและฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยที่อาจเกิดจากผลของโรคหรือจากอุบัติเหตุต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยเหล่านั้นกลับคืนสู่สภาพใกล้เคียง ทั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในด้านสภาพร่างกายโดยช่วยให้ผู้ป่วยสามารถใช้ส่วนของร่างกายที่บาดเจ็บกลับมาประสิทธิภาพมากที่สุด

2.1.1 ขอบเขตของงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู

ผู้ป่วยที่ต้องมารักษาทางเวชศาสตร์ฟื้นฟู แบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1.1.1 กลุ่ม Neuromuscular disorders เช่น อัมพาตจากโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) สมองพิการ (Cerebral palsy) บาดเจ็บไขสันหลัง (Spinal cord injury) โปลิโอ โรคกล้ามเนื้อผิดปกติ (Muscle disease) เส้นประสาทผิดปกติชนิดต่างๆ เช่น Nerve injury, polyneuropathy เป็นต้น

2.1.1.2 กลุ่ม Musculoskeletal disorders เช่น tendinitis, Bursitis, Osteoarthritis ทำให้เกิดอาการปวดคอ ปวดหลัง ปวดเข่า ปวดขา ปวดไหล่ และปวดที่ต่างๆ ผู้ป่วยใส่เหล็กหรือเข้าเฝือกหลังจากกระดูกหัก เด็กเท้าผิดปกติ เช่น เท้าแบน เท้าปุก ขาโก่ง ผู้ที่ปวดกล้ามเนื้อของโรคและอุบัติเหตุต่างๆ

2.1.1.3 กลุ่ม Cardiopulmonary disorders เช่น COPD, Asthma, Pneumonia, Myocardial infarction, Post CABG, Post PTCA เป็นต้น

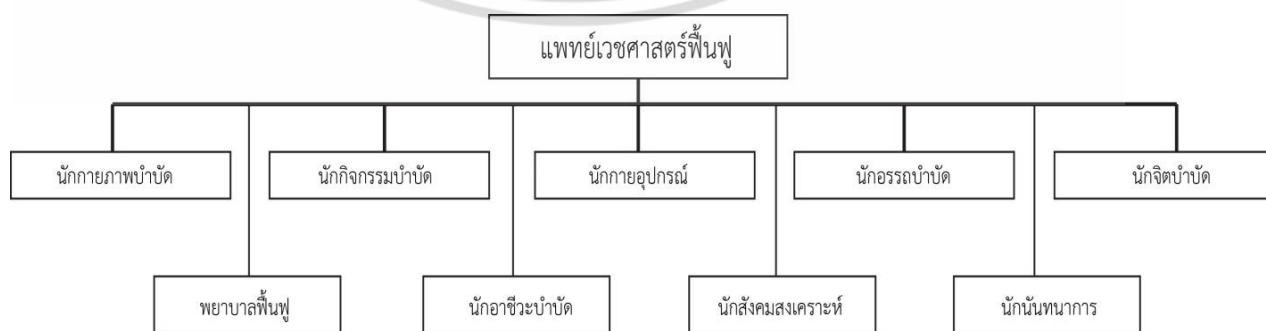
2.1.1.4 กลุ่ม Amputee คือ ผู้ป่วยแขนขาขาด

2.1.1.5 กลุ่มนักกีฬา คือ บาดเจ็บจากการกีฬาชนิดต่างๆ การฝึกออกกำลังในนักกีฬาปกติและนักกีฬาพิการ

2.1.1.6 กลุ่ม Miscellaneous เช่น มะเร็ง ไตวาย โรคเรื้อรังต่างๆ เป็นต้น

2.1.2 บทบาทหน้าที่ของแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู

เพื่อที่จะฟื้นฟูผู้ป่วยพิการให้ได้ครบถ้วนทั้งสภาพร่างกาย สภาพจิตใจ สภาพสังคมและเศรษฐกิจ งานเวชศาสตร์ฟื้นฟูจึงจำเป็นต้องมีบุคลากรหลายๆ ด้านประกอบเป็นทีมงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู ดังนี้



ภาพที่ 2.1 บทบาทหน้าที่ของแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ที่มา : ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู

2.1.2.1 แพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู (Physiatrist)

มีหน้าที่ดังนี้ คือ

- (1) ตรวจสอบเส้นทางเวชศาสตร์ฟื้นฟูในผู้ป่วยที่ฟื้นคืนอันตรายแล้ว
- (2) ตั้งเป้าหมายและวางแผนการรักษาให้แก่ผู้ป่วย
- (3) เป็นผู้นำในการประชุมกลุ่ม (Team meeting) เพื่อให้บุคลากรอื่นในทีมทราบแผนการรักษา

- (4) ประเมินผลการรักษา และตรวจผู้ป่วยซ้ำเป็นระยะๆ เพื่อติดตามผลการรักษา
- (5) รับผิดชอบในการบริหารบุคลากรในทีม
- (6) ตรวจผู้ป่วยด้วยเครื่องตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย (Electro diagnosis)

2.1.2.2 นักกายภาพบำบัด (Physical therapist / PT)

มีหน้าที่บำบัดรักษาผู้ป่วย ด้วยวิธีการทางกายภาพบำบัด ได้แก่

- (1) การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ และเพิ่มการเคลื่อนไหวของข้อต่างๆ
- (2) การตัด ดึง และการเคลื่อนไหวข้อ (Mobilization)
- (3) การนวดและยืดเนื้อเยื่อ (Massage and stretching)
- (4) การออกกำลังกายเพื่อฝึกให้เกิดความทนทานของระบบหัวใจและหลอดเลือด
- (5) การออกกำลังกายเพื่อผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่มีความตึงตัวสูง (Relaxation exercises)
- (6) การกระตุ้นให้กล้ามเนื้อทำงานได้ปกติ มีความตึงตัวลดลง (Facilitation technique)
- (7) การให้สัญญาณป้อนกลับทางชีวภาพ (Biofeedback) มาประยุกต์ให้ฝึกผู้ป่วย เช่น การฝึกการคลายกล้ามเนื้อ ฝึกเพื่อเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ
- (8) การใช้เครื่องมือทางกายภาพบำบัดในการรักษา เช่น Traction, ultrasound, short wave diathermy, electrotherapy, cry therapy, hydrotherapy เป็นต้น
- (9) กายภาพบำบัดโรคทางเดินหายใจ ได้แก่ การจัดทำและการเคาะปอดเพื่อระบายเสมหะ ฝึกการหายใจเพิ่มประสิทธิภาพของปอด
- (10) การฝึกให้ผู้ป่วยเคลื่อนไหวบนเตียง (Bed mobility) ฝึกลุกนั่ง ยืน เดิน (Ambulation) โดยใช้หรือไม่ใช้เครื่องเดิน (Gait aid)

2.1.2.3 นักกิจกรรมบำบัด (Occupational therapist / OT)

มีหน้าที่บำบัดรักษาผู้ป่วย โดยใช้กิจกรรมต่างๆ เป็นเครื่องมือในการรักษา ได้แก่

- (1) ฝึกให้ผู้ป่วยทำกิจวัตรประจำวัน (Activities of daily livings / ADL.) ได้แก่
 - (1.1) Grooming คือการล้างหน้า แปรงฟัน แต่งหน้า หวีผม โกนหนวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1.2) Bathing คือ อาบน้ำ

(1.3) Bowel-bladder care หรือ Toileting คือ อูจาระะ ปัสสาวะ

(1.4) Dressing คือ แต่งตัว จะแยกเป็น Upper extremities คือ ไส่เสื่อ และ lower extremities หรือใส่ กางเกง กระโปรง ถุงเท้า รองเท้า

(1.5) Eating คือ รับประทานอาหาร

(1.6) Transferring คือ ย้ายตัว เช่น ย้ายจาก Wheelchair ไปเตียง จากเตียงไป Wheelchair จาก Wheelchair ไปห้องน้ำ

(2) ฝึกการใช้มือและการรับความรู้สึกของมือ

(3) ประดิษฐ์และซ่อมแซมกายอุปกรณ์เสริมของมือ

(4) ฝึกการรับรู้ของสมอง

(5) แนะนำผู้ป่วยให้ปรับตัวเข้ากับสภาพบ้าน

(6) ฝึกก่อนการฝึกอาชีพ ในกรณีที่ไม่มืนักอาชีพะบำบัด

(7) การฝึกกลืนในผู้ป่วยที่มีภาวะกลืนลำบาก

2.1.2.4 นักอรรถบำบัด (Speech and language pathologist /SLP)

มีหน้าที่แก้ไขฟื้นฟูสมรรถภาพทางการพูดและการสื่อสารความหมายทั้งหมด โดยแพทย์ประเมินก่อนว่าผู้ป่วยผิดปกติในการพูดที่ระดับใด สาเหตุจากความผิดปกติเกี่ยวกับการได้ยิน และการรับฟังเสียง ความเข้าใจการพูดโต้ตอบ หรือการเปล่งเสียงเป็นคำพูด แล้วจึงส่งให้นักอรรถบำบัด ประเมินและฝึกพูด

2.1.2.5 นักจิตบำบัด (Psychotherapist / Psychologist)

มีหน้าที่ประเมินผู้ป่วยทางด้านจิตใจ ผลกระทบจากความเจ็บป่วย พิการถาวร และให้คำปรึกษา จิตบำบัดเพื่อช่วยให้การฟื้นฟูเป็นไปได้ นอกจากนี้มีหน้าที่ประเมินระดับสติปัญญา IQ และประเมินบุคลิกผู้ป่วย เพื่อประกอบการตั้งเป้าหมายและการรักษาฟื้นฟูที่เหมาะสม

2.1.2.6 นักกายอุปกรณ์ (Orthotics and Prosthetics)

มีหน้าที่ประดิษฐ์และซ่อมแซม และให้คำปรึกษาด้วยกายอุปกรณ์เสริมและเทียม

2.1.2.7 พยาบาลฟื้นฟู (Rehabilitation nurse)

นอกจากมีหน้าที่ให้การพยาบาลเช่นเดียวกับพยาบาลทั่วไปแล้ว ยังมีหน้าที่ดูแลป้องกันไม่ใ้ผู้ป่วยมีความพิการมากขึ้น เช่น จัดทำนอน การดูแลแผลกดทับ และใช้วิธีการที่สอดคล้องกับนักกายภาพบำบัด นักกิจกรรมบำบัดในการฝึกในหอผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยจำได้และปฏิบัติตามได้เร็วขึ้น นอกจากนี้มีหน้าที่สอนและช่วยผู้ป่วยในเรื่องการขับถ่าย

นักสังคมสงเคราะห์ (Social worker)

มีหน้าที่หาข้อมูลเกี่ยวกับฐานะ ความเป็นอยู่ทางเศรษฐกิจ รวมทั้งสมาชิกในครอบครัวเป็นอย่างไร และช่วยหาเงินทุนจากแหล่งต่างๆ ของรัฐบาล รวมทั้งเงินบริจาค มาช่วยในการฟื้นฟูรักษา

ผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.8 นันทนาการ (Recreational therapist)

มีหน้าที่ให้กิจกรรมนันทนาการแก่ผู้ป่วย เพื่อให้สภาพจิตใจแก่ผู้ป่วยดีขึ้น เป็นผลดีต่อการศึกษาฟื้นฟูในทุกๆ ด้าน

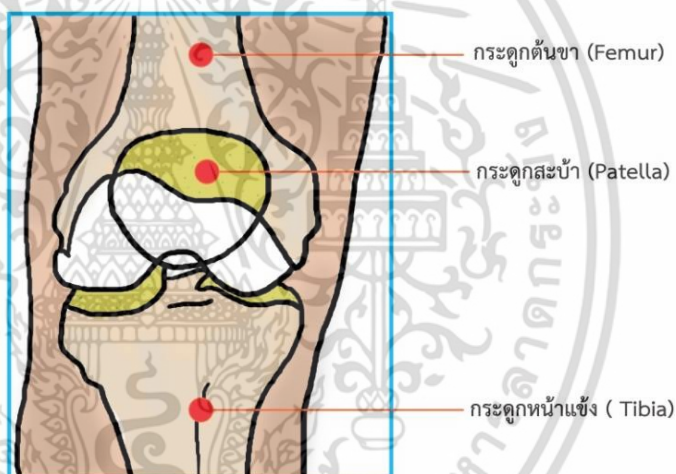
2.1.2.9 นักอาชีพบำบัด (Vocational counsellor)

มีหน้าที่ฝึกงานอาชีพที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้ป่วยเมื่อสิ้นสุดการรักษาฟื้นฟูแล้ว โดยส่วนใหญ่จะอยู่ร่วมกับนักกิจกรรมบำบัด โดยนักกิจกรรมบำบัดจะฝึกก่อนการฝึกอาชีพ

2.2 ลักษณะโครงสร้างข้อเข่า

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้อเข่า (knee joint)

ข้อเข่าเป็นข้อต่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในร่างกาย ทำหน้าที่สำคัญในการเคลื่อนไหวและรองรับน้ำหนักของร่างกาย



ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบที่เป็นกระดูกข้อเข่า

ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

2.2.1 โครงสร้างของข้อเข่า (Structure of the knee) มีส่วนประกอบที่สำคัญเป็นกระดูกและเนื้อเยื่ออื่นๆ

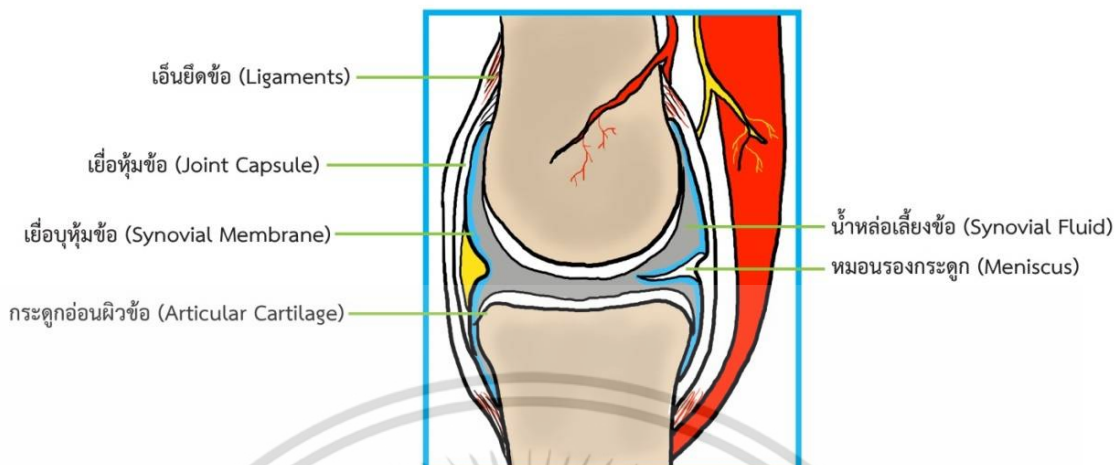
2.2.1.1 กระดูกต้นขา (Thigh หรือ Femur) เป็นกระดูกที่ส่วนปลายของกระดูกเป็นส่วนบนของข้อเข่า มีรูปร่างแบนออกและโค้งมน

2.2.1.2 กระดูกหน้าแข้ง (Shin bone หรือ Tibia) เป็นกระดูกยาวที่ส่วนต้นของกระดูกเป็นส่วนล่างของข้อเข่า มีรูปร่างแบนออกและแผ่เป็นแป้น

2.2.1.3 กระดูกสะบ้า (Patella) เป็นกระดูกที่ทำหน้าที่คล้ายคานงัดให้เส้นเอ็นของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดขานั้นทำงานได้ดี มีผิวสัมผัสกับกระดูกต้นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.4 ส่วนประกอบบริเวณข้อเข่า ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบอื่นๆของข้อเข่า

ที่มา : สมาธิ เทพมะที

(1) หมอนรองกระดูก (Meniscus) มีลักษณะเป็นวงแหวนคล้ายกระดูกอ่อนแต่นุ่มกว่า แบ่งเป็น 2 ซีก คือ หมอนรองกระดูกซีกใน (Medial Meniscus) และซีกนอก (Lateral Meniscus) ทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายน้ำหนัก ป้องกันการกระแทกระหว่างกระดูก และช่วยการในการเคลื่อนไหวทุกครั้ง ผิวกระดูกอ่อนกับหมอนรองกระดูกนั้นสัมผัสกันได้ดี

(2) เอ็นยึดข้อ (Ligaments) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ เอ็นไขว้ภายในข้อแบ่งย่อยเป็นเส้นหน้า (Anterior Cruciate Ligament; ACL) และเส้นหลัง (Posterior Cruciate Ligament; PCL) ทำหน้าที่ตรึงให้ข้อเข่าให้เกิดความมั่นคงในทิศทางหน้าและหลัง เอ็นด้านข้างของข้อ แบ่งย่อยเป็นเส้นใน (Medial Collateral Ligament; MCL) และเส้นนอก (Lateral Collateral Ligament; LCL) ทำหน้าที่ตรึงให้ข้อเข่าเกิดความมั่นคงในทิศทางข้างในและข้างนอก

(3) เยื่อหุ้มข้อ (Joint Capsule) ยึดติดแน่นระหว่างเยื่อบุหุ้มข้อ ทำหน้าที่ป้องกันการเคลื่อนไหวของข้อไม่ให้มากเกินไป และสร้างความมั่นคงให้ข้อ

(4) เยื่อบุหุ้มข้อ (Synovial Membrane) เป็นชั้นเนื้อประสาท ทำหน้าที่ที่เคลือบถุงหุ้มข้อ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของกระดูกอ่อนผิวข้อ (Articular Cartilage) และทำหน้าที่หล่อลื่นข้อและสร้างข้อให้มั่นคง อีกทั้งยังเป็นตัวการสำคัญในการตอบสนองของร่างกายต่อการอักเสบในข้อ

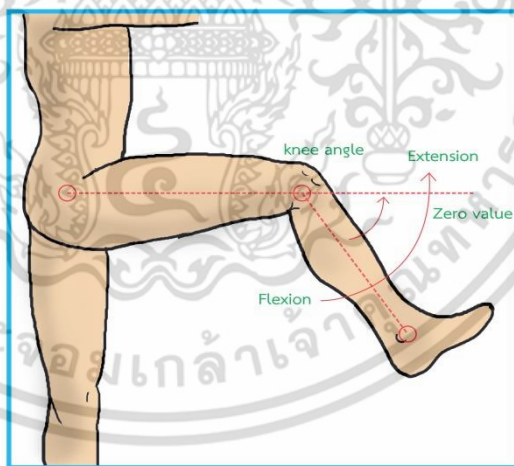
(5) น้ำหล่อเลี้ยงข้อ (Synovial Fluid) เป็นของเหลวที่มีลักษณะหนืด คล้ายน้ำมันเครื่องยนต์ ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงข้อ ทำให้ข้อเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่น โดยต้องมีปริมาณไม่มากเกินไป และมีความหนืดที่เหมาะสม น้ำหล่อเลี้ยงข้อที่ปกติต้องมีสีเหลืองใสไม่ขุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) กระดูกอ่อนผิวข้อ (Articular Cartilage) กระดูกอ่อนผิวข้อ คือ เนื้อเยื่อที่หุ้มปลายกระดูกของข้อ กระดูกอ่อนนี้มีชื่อทางการแพทย์ว่าเป็น Hyaline Cartilage เพราะมีความคล้ายแก้ว เนื้อเยื่อชนิดนี้เป็นเนื้อเยื่อที่ปราศจากหลอดเลือด, หนองน้ำเหลืองและเส้นประสาท มีเซลล์ (Chondrocytes) จำนวนน้อยฝังอยู่อย่างมีระเบียบในเนื้อพื้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้กระดูกอ่อนผิวข้อมีลักษณะคล้ายแก้ว ก็คือน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบประมาณ 70-80% ของเนื้อพื้นส่วนประกอบที่เหลือเป็นเส้นใยคอลลาเจนและโปรตีนที่เรียกว่า Proteoglycan ส่วนประกอบสองอย่างหลังนี้ให้ความแข็งแรงและความยืดหยุ่นต่อกระดูกอ่อนผิวข้อ โดยเฉลี่ยแล้วกระดูกชนิดนี้มีความหนาประมาณ 2-4 มิลลิเมตร เซลล์กระดูกอ่อนได้รับทั้งอาหารและออกซิเจนได้ค่อนข้างยาก เพราะปัจจัยเหล่านี้ต้องซึมผ่านเนื้อเข้ามาจากน้ำไขข้อ ในปัจจุบันเป็นที่เชื่อกันว่าอัตราการซึมผ่านดังกล่าวจะดีขึ้นถ้ากระดูกอ่อนได้รับแรงกดเป็นช่วงๆ เช่น ข้อในเวลาเดินหรือขยับข้อ การยืดข้อไว้ไม่ให้อบอย่างเช่น การใส่เฝือกเป็นเวลานานจะทำให้กระดูกอ่อนผิวข้อเสื่อมลง

2.2.2 มุมและการเคลื่อนไหวที่ข้อเข่า การเคลื่อนไหวที่ข้อเข่าจะเคลื่อนไหวได้ 2 ทิศทาง คือ การงอ (Flexion) และการเหยียด (Extension)

2.2.2.1 การงอข้อเข่า (Flexion) คือ มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่มุมข้อเข่ามากขึ้นจากท่าปกติหรือท่า 0 องศา ซึ่งท่าปกติก็คือ ท่าที่ข้อเข่าเหยียดตรงตามแนวแกนยาวโดยต้นขาและปลายขาอยู่ในแนวเดียวกัน ดังภาพที่ 2.4

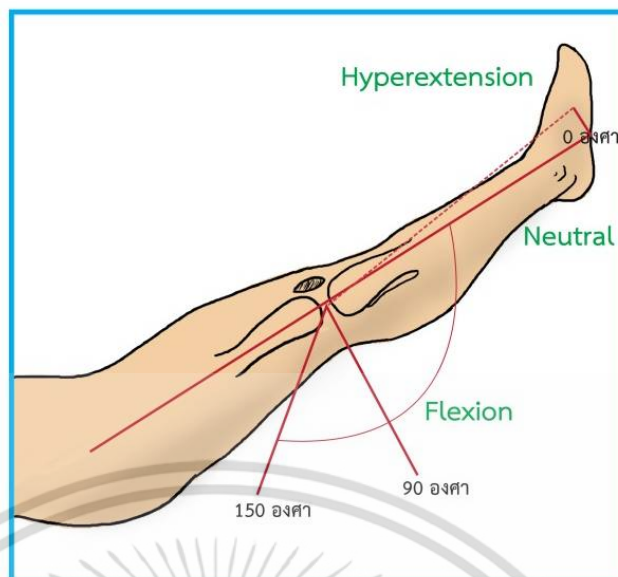


ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในท่าอง

ที่มา : สมานทิ เทพมะที

2.2.2.2 การเหยียด (Extension) คือ การเหยียดข้อเข่าออกจากท่า Flexion เข่าจะเหยียดออกเต็มที่มาอยู่ในท่าปกติหรือท่า 0 องศา ในคนปกติบางคนข้อเข่าสามารถทำให้มีการเหยียดเกิน (Hyperextension) ได้อีก 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในท่าเหยียด

ที่มา : สมาธิ เทพมะณี

2.2.2.3 มุมการเคลื่อนไหว ค่ามุมที่เข่าเหยียดปกติจะมีค่าเป็น 0 องศา (ในบางรายอาจ มีการเหยียดเกิดค่า 0 องศาได้ประมาณ 5-10 องศา) ข้อเข่าที่งอได้ดี คือ สามารถงอได้ถึง 155 องศาในคนที่รูปร่างบาง (งอได้ดีจนสั้นเท้าชิดกับกัน) และงอได้ประมาณ 135-145 องศา ในคนทั่วไปและต้นขาไม่ใหญ่มาก ในคนที่รูปร่างท้วมงอได้ประมาณ 125 องศาในขณะที่คนอ้วนใหญ่และต้นขาใหญ่มักงอเข่าได้ประมาณ 100-120 องศา

2.2.3 การเคลื่อนไหวของข้อต่อร่างกาย (Joint Motion) หรืออาจเรียนว่าเป็นการวัดระดับการเคลื่อนไหว

เป็นการวัดความสามารถในการหมุนหรือความยืดหยุ่นที่ข้อต่อต่างๆ พิจารณาจากมุมที่เกิดจากส่วนของร่างกายที่มาเชื่อมต่อเป็นข้อต่อนั้นๆ เครื่องมือที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องวัดมุมข้อต่อร่างกาย หรือโกนิโอมิเตอร์ (Goniometer) โคนมีวิธีการวัดดังนี้

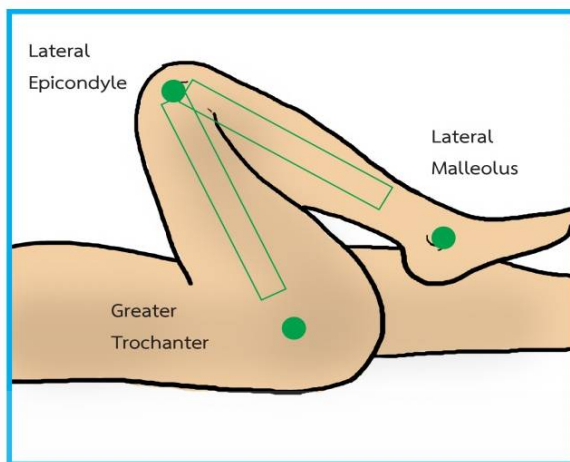
2.2.3.1 การวัดการงอของข้อเข่า (Flexion Motion)

(1) ให้ผู้ป่วยนอนหงาย โดยให้เข่าทั้งสองข้างแนบชิดกับเตียง จากนั้นให้ผู้ป่วยงอเข่าให้ได้มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.6

(2) ให้จุดหมุนของโกนิโอมิเตอร์ อยู่ที่จุด Epicondyle ของกระดูก Femur

(3) ให้แขนข้างหนึ่งของโกนิโอมิเตอร์ อยู่ที่ตำแหน่งระหว่าง Greater Trochanter กับตรงกลางของกระดูก Femur ส่วนอีกแขนหนึ่งจะอยู่ที่ตำแหน่งระหว่าง Lateral Malleolus กับตรงกลางของกระดูก Fibular

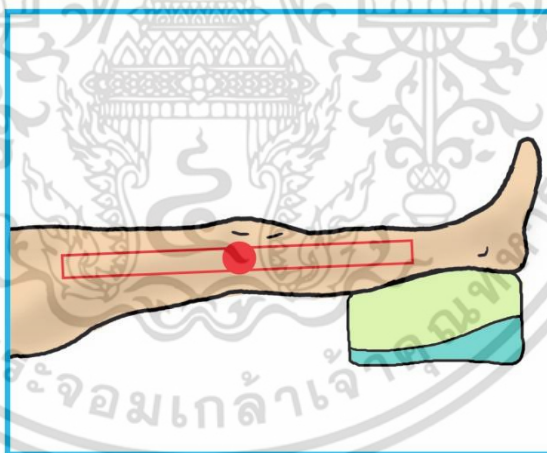
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดงตำแหน่งการวางโกนิโอมิเตอร์ สำหรับวัดการงอของข้อเข่า
ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

2.2.3.2 การวัดการเหยียดของข้อเข่า (Extension motion)

- (1) ให้ผู้ป่วยนอนหงาย โดยให้ขาทั้งสองข้างแนบชิดกับเตียงและใช้หมอนรองส้นเท้าไว้เพื่อให้ข้อเข่าเหยียดได้เต็มที่
- (2) ให้วางโกนิโอมิเตอร์ ไว้ที่ตำแหน่งเดียวกับการวัดการงอของข้อเข่า



ภาพที่ 2.7 แสดงตำแหน่งการวางโกนิโอมิเตอร์ สำหรับวัดการเหยียดของข้อเข่า
ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

2.3 การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล

เออร์โกโนมิกส์ (Ergonomics) เป็นคำใหม่ที่เพิ่งนำมาใช้ในประเทศไทย แต่เป็นคำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในแถบยุโรปและภูมิภาคอื่นๆของโลกมาก่อนเมื่อประมาณร้อยกว่าปีมาแล้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้บริษัท วิศวกรเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเกี่ยวกับสภาพการทำงานผู้ที่นำคำศัพท์นี้มาใช้เป็นคนแรกก็คือ ศาสตราจารย์ วอยสึไซเอช จาสท์รเซโบรวิสกี (Wojciech Jastrzebowski) นักการศึกษาและวิทยาศาสตร์ชาวโปแลนด์ ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1799-1882

วัตถุประสงค์ของการยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล

มีจุดประสงค์หลักที่จะศึกษาเกี่ยวกับระบบโครงสร้างร่างกายของมนุษย์ ขนาดสัดส่วนมาตรฐาน การทำงานของกระดูกและกล้ามเนื้อเพื่อการเคลื่อนไหวลักษณะและข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์ ความสามารถในการมองเห็นและได้ยิน จิตวิทยาการรับรู้ ความปลอดภัย และสาเหตุที่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการทำงานของมนุษย์ ตลอดจนการนำเอาผลการศึกษามาเป็นพื้นฐานเพื่อปรับปรุงงานออกแบบผลิตภัณฑ์หรือการเขียนแบบตกแต่งให้เหมาะสมกับการใช้งานของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ การยศาสตร์ให้ความสำคัญในเรื่องพฤติกรรมของมนุษย์และปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ ที่มีต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ การใช้เครื่องมือ อุปกรณ์อำนวยความสะดวก และสิ่งแวดล้อมตลอดจนกระบวนการที่มนุษย์ใช้ในการทำงานและในชีวิตประจำวัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือสมรรถนะให้กับการทำงานตามที่กำหนด ลดข้อผิดพลาด ลดความเครียด ลดความเมื่อยล้า เพิ่มความปลอดภัย และความพึงพอใจ ในการทำงานของมนุษย์ เป็นต้น

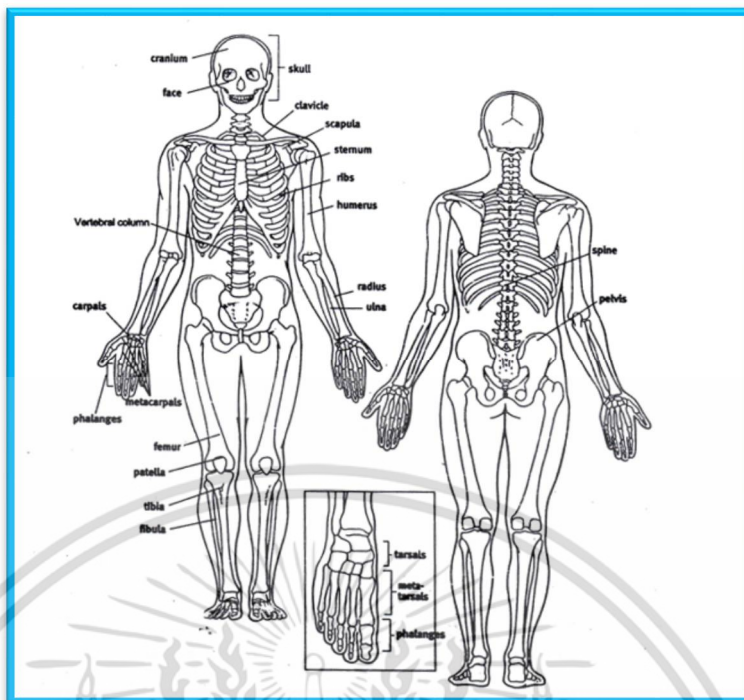
2.3.1 ระบบโครงกระดูก (The Skeletal system)

การศึกษาเรื่องเกี่ยวกับกระดูก ซึ่งเป็นส่วนที่พุงร่างกายของเรากระดูกทั้งหมดรวมเรียกว่า Skeleton กระดูกแต่ละชิ้นจะติดต่อกันโดยข้อต่อ Joint ส่วนปลายของกระดูกที่ต่อกันเรียกว่า Articular Surface ซึ่งบางอันจะมีกระดูกอ่อนหุ้มอยู่เรียกว่า Articular Cartilage และบริเวณข้อจะมีเนื้อเยื่อ Tissue ต่างๆ ล้อมรอบด้วยจากการต่อเป็นข้อนี้จึงทำให้มีการเคลื่อนไหวด้วยการช่วยเหลือของกล้ามเนื้อต่างๆ ร่วมด้วย

โครงสร้างกระดูกของมนุษย์ เด็กในครรภ์มารดา มีจำนวนถึง 800 ชิ้น เพราะกระดูกต่างๆ ยังไม่ประสานต่อเนื่องกัน ส่วนในผู้ใหญ่ที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว มีประมาณ 206 ชิ้น จำนวนกระดูกแยกได้ดังนี้

กะโหลกศีรษะ (Skull)	29 ชิ้น
กระดูกสันหลัง (Vertebral Column)	26 ชิ้น
กระดูกหน้าอก (Sternum)	1 ชิ้น
กระดูกซี่โครง (Ribs)	24 ชิ้น
กระดูกส่วนแขน (Upper Extremity)	64 ชิ้น
กระดูกส่วนขา (Lower Extremity)	62 ชิ้น
รวม	206 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 โครงกระดูก

ที่มา : Panero and Zelnik. 1979 : 102

2.3.2 การแบ่งโครงกระดูกตามตำแหน่งของร่างกาย

การแบ่งโครงกระดูกของร่างกายแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.3.2.1 Axial Skeleton เป็นกระดูกแกนกลางของโครงร่างมีจำนวน 80 ชิ้น ประกอบด้วยกะโหลกศีรษะ กระดูกกระตือกร กระดูกสันหลัง กระดูกหน้าอก และกระดูกซี่โครง ทั้งหมด 12 คู่

2.3.2.2 Appendicular Skeleton หรือ Extremity เป็นกระดูกที่ยาวงที่แยกออกไปจากลำตัว มีจำนวน 126 ชิ้น แบ่งออกเป็นกระดูกส่วนแขน ได้แก่ กระดูก หัวไหล่ กระดูกต้นแขน กระดูกปลายแขน และกระดูกมือ กับกระดูกส่วนขา ได้แก่ กระดูก เขิงกราน กระดูกต้นขา กระดูกปลายขา และกระดูกเท้า

2.3.3 ข้อต่อ (Joints)

กระดูกของร่างกายจะต่อซึ่งกันละกันที่ข้อเรียกว่า Articulations ข้อต่อแต่ละชนิดจะแตกต่างกันในทางโครงสร้างและหน้าที่โดยมีรูปแบบของผิวสัมผัส (Articular surface) ที่ต่อเป็นข้อของกระดูกทั้งสอง รวมทั้งโครงสร้าง และการจับของ Ligament ถือเป็นตัวสำคัญที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้มากน้อยแตกต่างกันไปตามแต่ละข้อ

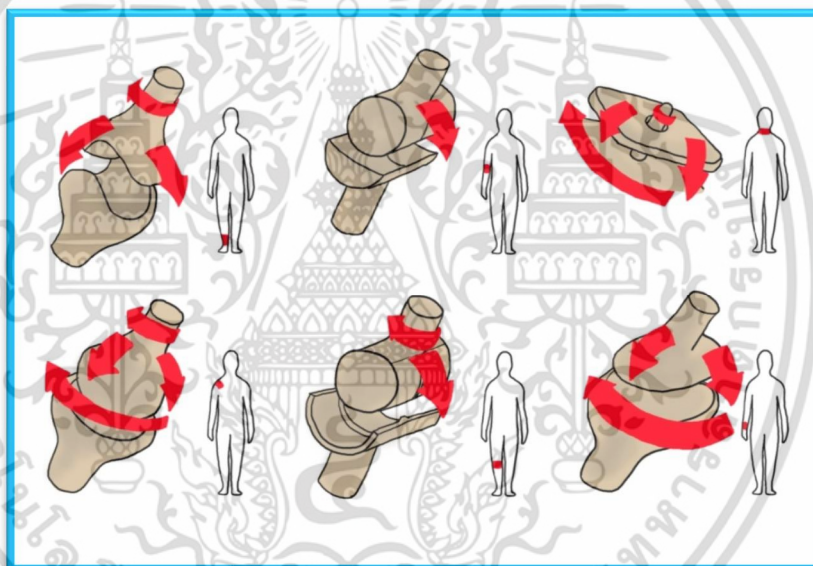
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 ชนิดข้อต่อ

(1) Fibrous joints เป็นข้อต่อที่ดัดแปลงโดยมีเส้นเอ็นมาแทรกอยู่ ร่วมกับ Fibrous tissue พบที่กะโหลกศีรษะส่วนที่เป็นรอยประสาน (Suture) และรากฟันที่ฝังลงไปในเรื่องของกระดูกขากรรไกรล่าง ข้อต่อแบบนี้ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้

(2) Cartilaginous joints เป็น ข้อ ต่อ ที่ ถูก หุ้ม ด้วย Hyaline cartilage หรือ Fibrocartilage มี 2 แบบคือ Synchondrosis เป็นส่วนปลายของกระดูกที่ยังเป็นกระดูกอ่อน อยู่พบที่ Epiphysis กับ Symphysis ซึ่งพบที่ Symphysis pubis แห่งเดียว

(3) Synovial joints เป็นข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้อิสระและเป็นข้อต่อที่ถาวรของแขนขา ส่วนปลายของกระดูกทั้งสองที่ต่อเป็นข้อคลุมด้วย Articular cartilage และมี Articular capsule หุ้มรอบข้อ ภายในของ Capsule จะบุด้วยเยื่อที่เรียกว่า Synovial membrane ซึ่งจะหลั่งขุ่นน้ำหล่อลื่นออกมาทำให้กระดูกเสียดสีกันอย่างคล่องตัว ไม่ฝืด



ภาพที่ 2.9 ข้อต่อชนิดเคลื่อนไหวอิสระ

ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

2.3.4 ระบบกล้ามเนื้อ (The Muscular System)

กล้ามเนื้อหรือ Muscle หมายถึงอวัยวะที่ประกอบไปด้วยก้อนใย (Fiber) ที่ยึดและหดได้ กล้ามเนื้อในคนมีประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำหนักตัว มีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณ 75% โปรตีน 20% และอื่นๆ อีกประมาณ 5% การทำงานของกล้ามเนื้อจะทำงานร่วมกับกระดูก เอ็น ข้อต่อ และระบบประสาท ทำให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.1 ชนิดของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อมีโครงสร้างและรูปร่างแตกต่างกันไป สามารถแบ่งตามลักษณะของการทำงานและตำแหน่งได้ 3 ชนิด คือ

(1) กล้ามเนื้อลาย (Striated muscle) หรือ กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ยึดระหว่างกระดูก 2 ชิ้น หรืออาจยึดระหว่างกระดูกกับผิวหนังหรือพังผืด มีหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของระบบโครงสร้าร่างกาย และเป็นส่วนประกอบของกล้ามเนื้อบริเวณขาแขน และลำตัว ซึ่งกล้ามเนื้อชนิดนี้จะอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ ในร่างกายของคนเรามีกล้ามเนื้อลายทั้งหมด 792 มัด

(2) กล้ามเนื้อเรียบ เป็นกล้ามเนื้อของอวัยวะภายใน มีลักษณะที่เรียบไม่มีลาย เช่น กล้ามเนื้อในผนังลำไส้ กระเพาะอาหาร กระเพาะปัสสาวะ เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานอยู่นอกอำนาจจิตใจ

(3) กล้ามเนื้อหัวใจ เป็นกล้ามเนื้อที่พบที่หัวใจเท่านั้น การทำงานจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ

2.3.4.2 คุณสมบัติของกล้ามเนื้อ

(1) การหดตัว (Contractility) เป็นความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจะหดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้นและทำให้เกิดงาน

(2) การยืดตัว (Extensibility) ความสามารถในการถูกยืด โดยไม่เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อ

(3) การยืดหยุ่นได้ (Elasticity) ความสามารถในการยืดหยุ่นได้คล้ายยาง เมื่อกล้ามเนื้อถูกยืดออกแล้วกล้ามเนื้อสามารถคืนสู่สภาพเดิมได้

(4) การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Irritability) ความสามารถที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นไม่ว่าตัวกระตุ้นภายใน หรือภายนอกร่างกาย

2.3.4.3 การเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย

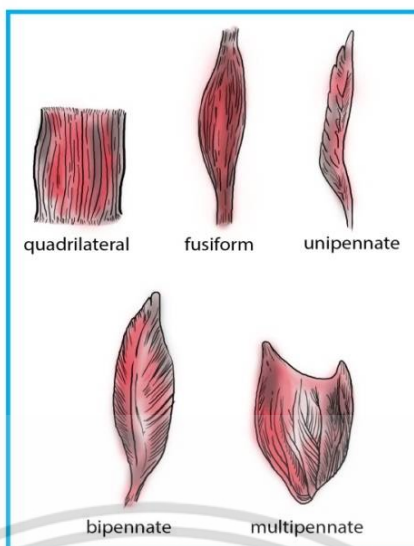
(1) เส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวตามยาวทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (Quadrilateral)

(2) เส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบทรงกระสวย (Fusiform)

(3) เส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบทรงขนนกครึ่งซีก (Unipennate)

(4) เส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบทรงขนนก (Bipennate)

(5) เส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบทรงขนนกหลายอันซ้อนกัน (Multipennate)



ภาพที่ 2.10 แสดงการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ

ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

(6) การทำงานของกล้ามเนื้อ เมื่อสมองสั่งให้ร่างกายเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อจะเกิดการหดตัวและคลายตัว ทำงานประสานเป็นคู่ ๆ พร้อมกัน แต่ตรงข้ามกัน ในขณะที่กล้ามเนื้อมัดหนึ่งหดตัว กล้ามเนื้ออีกมัดหนึ่งจะคลายตัว การทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะเรียกว่า Antagonistic muscle ได้แก่

(7) มัดกล้ามเนื้อไบเซพ (Biceps) ด้านบน และไตรเซพ (Triceps) ด้านล่างของขา - ไบเซพหรือ (Flexors) คลายตัว / ไตรเซพ หรือ (Extensors) หดตัว = ขาเหยียดออก

ตารางที่ 2.1 กล้ามเนื้อส่วนบริเวณสะโพก (รูปที่ 2.11 และ รูปที่ 2.12)

ชื่อกล้ามเนื้อ	หน้าที่
Psoas major	งอต้นขาที่ข้อต่อสะโพกและงอโค้งลำสันหลังไปข้างหน้า
Psoas minor	ช่วยกล้ามเนื้อ Psoas major ในการงอต้นขา
Iliacus	เป็นกล้ามเนื้อที่มีพลังมากที่สุดในการงอต้นขา
Tensor fascia lata	งอ, หมุนต้นขาเข้ามาด้านใน และช่วยเหยียดข้อเข่า
Gluteus maximus	กางและเหยียดต้นขา
Gluteus medius	กางขาและหมุนต้นขาเข้าด้านใน
Gluteus minimus	กางขาและหมุนต้นขาเข้าด้านใน
Pectineus	งอและหุบต้นขา
Adductor longus	หุบต้นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อกล้ามเนื้อ	หน้าที่
Adductor brevis	หุบต้นขา
Adductor magnus	หุบต้นขา
Gracilis	หุบต้นขา

ตารางที่ 2.2 กล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวต้นขา (รูปที่ 2.12 และ รูปที่ 2.13)

ชื่อกล้ามเนื้อ	หน้าที่
Quadratus femoris	หุบขาและหมุนต้นขาออกด้านนอก
Rectus femoris	เหยียดปลายขา และ งอต้นขา
Vastus lateralis	เหยียดปลายขา
Vastus medialis	เหยียดปลายขา
Vastus intermedius	เหยียดปลายขา
Sartorius	งอและหมุนต้นขาเข้ามาด้านในบริเวณข้อเข่า
Gracilis	หุบต้นขา, งอปลายขาและช่วยหมุนปลายขาในด้านใน
Semitendinosus	เหยียดต้นขา และ งอปลายขา
Semimembranosus	เหยียดต้นขา และ งอปลายขา

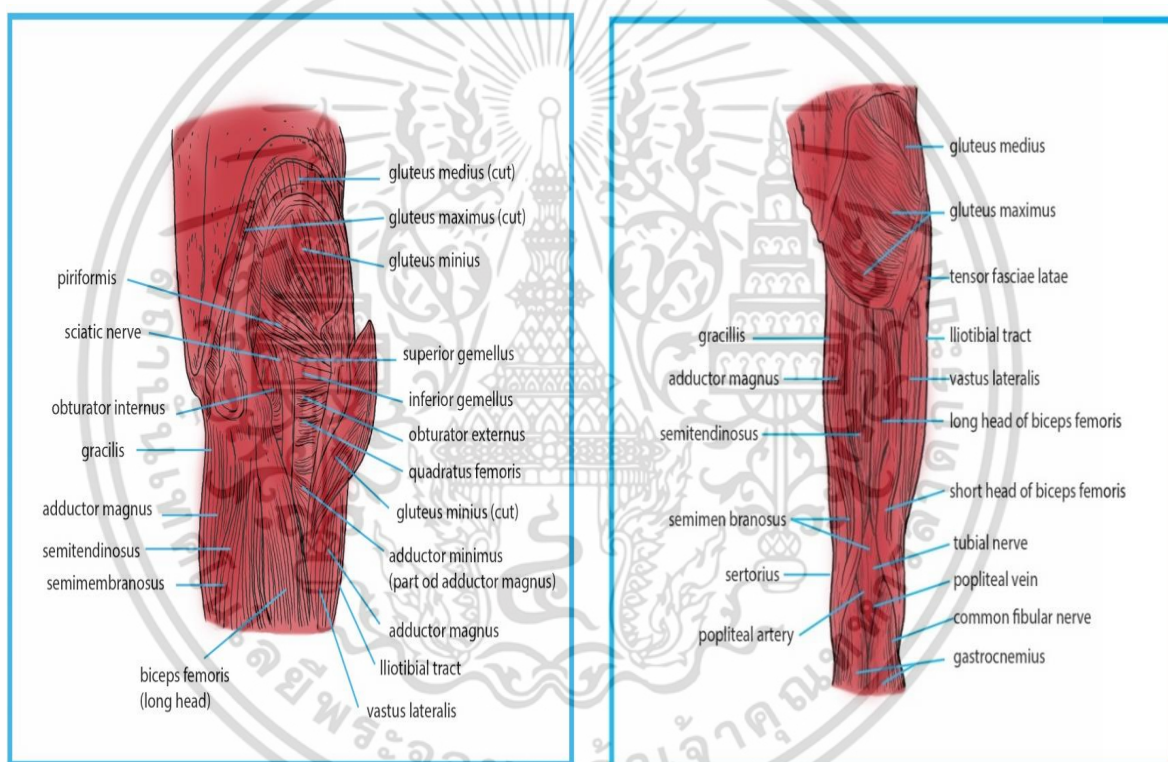
ตารางที่ 2.3 กล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวปลายขา (รูปที่ 2.14)

ชื่อกล้ามเนื้อ	หน้าที่
Tibialis anterior	กระดกปลายเท้าขึ้นและเหยียดนิ้วเท้า
Extensor digitorum longus	กระดกปลายเท้าขึ้นและเหยียดนิ้วเท้า
Extensor hallucis longus	กระดกปลายเท้าขึ้นและเหยียดนิ้วเท้า
Peroneus tertius	กระดกปลายเท้าขึ้นและเหยียดนิ้วเท้า
Peroneus longus	กระดกปลายเท้าลงและหันฝ่าเท้าออกด้านนอก
Peroneus brevis	กระดกปลายเท้าลงและหันฝ่าเท้าออกด้านนอก
Gastrocnemius	กระดกปลายเท้าลง
Soleus	กระดกปลายเท้าลง
Plantaris	กระดกปลายเท้าลง
Popliteus	กระดกปลายเท้าลง, งอนิ้วเท้า และหันฝ่าเท้าเข้าด้านใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

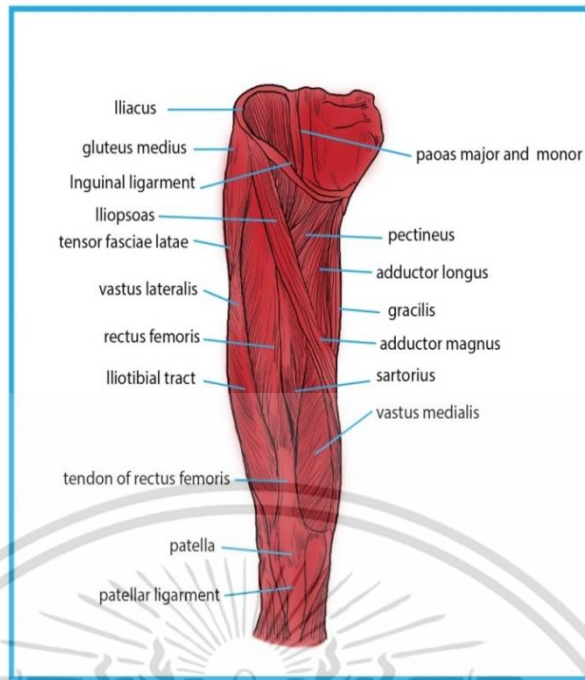
ชื่อกล้ามเนื้อ	หน้าที่
Flexor hallucis longus	กระดูกปลายเท้าลง, งอนิ้วเท้า และหันฝ่าเท้าเข้าด้านใน
Flexor digitorum longus	กระดูกปลายเท้าลง, งอนิ้วเท้า และหันฝ่าเท้าเข้าด้านใน
Tibialis posterior	กระดูกปลายเท้าลง, งอนิ้วเท้า และหันฝ่าเท้าเข้าด้านใน



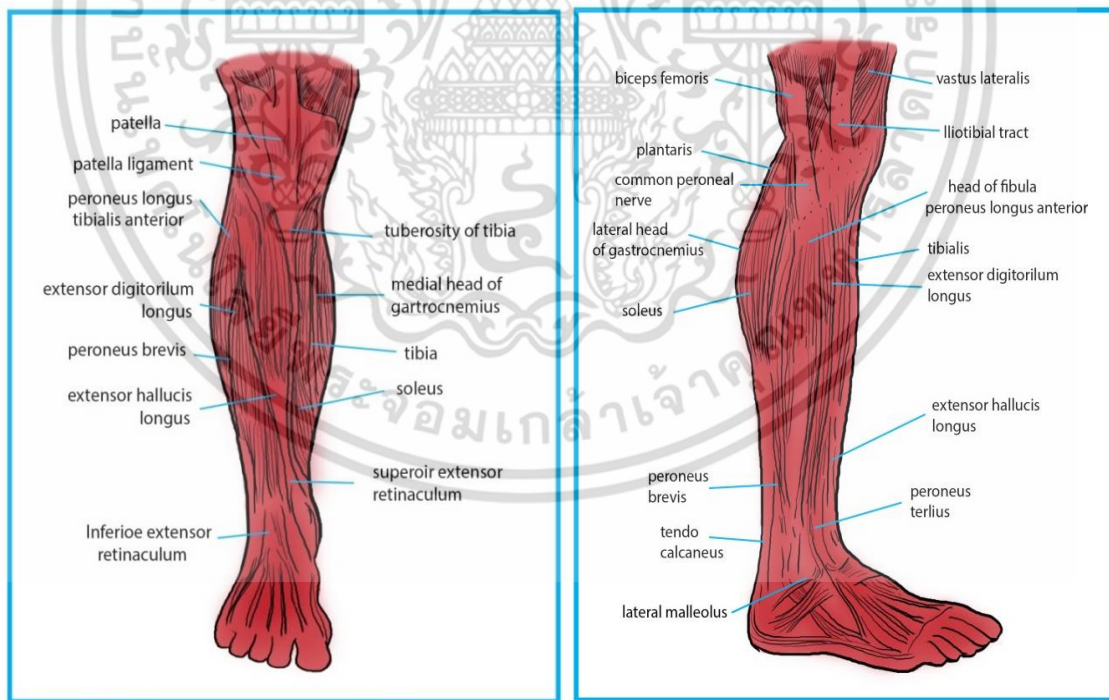
ภาพที่ 2.11-2.12 แสดงกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก

ที่มา : Van de graaff and fox. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.13 แสดงกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก และกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวต้นขา
ที่มา : Van de graaff and fox. 1995



ภาพที่ 2.14 แสดงกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวปลายขา และเท้า
ที่มา : Van de graaff and fox, 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์

การศึกษาการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์ เป็นการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนไหว หรือเรียกว่า Kinesiology ซึ่งมีรากศัพท์มาจากคำในภาษากรีกสองคำมารวมกัน คือ kinein หมายถึง การเคลื่อนไหว กับอีกคำหนึ่ง คือ คำว่า ology หมายถึงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเหตุและผลสามารถพิสูจน์ได้เมื่อนำคำทั้งสองมารวมกันเขียนด้วยคำในภาษาอังกฤษใหม่ว่า Kinesiology หมายถึงวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว ซึ่งกล่าวถึงการศึกษาเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหวของมนุษย์ (วิทยา บุญชัย และ เจริญ กระจวนรัตน์. 2528 : 1)

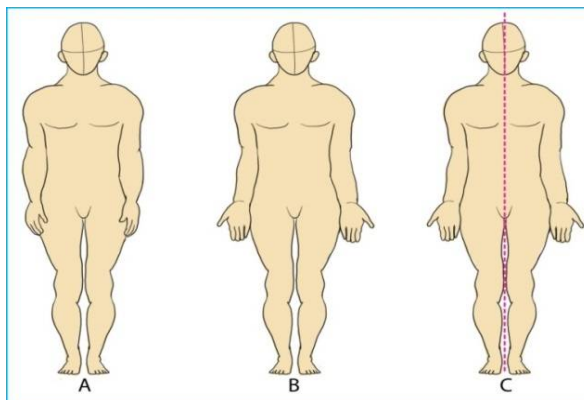
2.3.5.1 ลักษณะโครงสร้างที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์

(1) จุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity) ในร่างกายมนุษย์จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการยืน การนั่ง รวมทั้งการแบกรับน้ำหนัก จุดศูนย์ถ่วงในท่ายืนปกติจะอยู่ประมาณกระดูกเชิงกรานตรงส่วนหน้าของกระดูกก้นกบ ดังที่มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับจุดศูนย์ถ่วงในร่างกายมนุษย์ไว้ดังนี้ เฮลเบรานท์ (Hellbrandt) พบว่า ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงอยู่ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของความสูง (ในท่ายืนปกติ) ส่วนการศึกษา ครอสกี (Crosky) และเพื่อนร่วมงาน พบว่า จุดศูนย์ถ่วงสำหรับผู้ชายอยู่ประมาณ 56.18 เปอร์เซ็นต์ของความสูง และ 55.44 เปอร์เซ็นต์ของความสูงสำหรับผู้หญิง จะเห็นว่าระดับศูนย์ถ่วงของผู้หญิงต่ำกว่าจุดศูนย์กลางของผู้ชายเล็กน้อย เพราะผู้หญิงมีสะโพกและขาหนวกกว่าผู้ชาย โดยเฉพาะแล้วขาของผู้หญิงจะสั้นกว่า (วิริยา บุญชัย และ เจริญ กระจวนรัตน์, 2528 : 19)

(2) ท่ายืนปกติ (Fundamental standing position) คือ ท่ายืนเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาถึงการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ในร่างกาย โดยการยืนตรง แขนทั้งสองเหยียดตรงแนบลำตัว ฝ่ามือหันเข้าลำตัว เท้าชิดกันหรือแยกกันเล็กน้อย

(3) ท่ามาตรฐานทางด้านกายวิภาค (Anatomical standing position) คือท่ายืนตรง ใบหน้าและคอตั้งตรง ตามองตรงในระดับสายตา แขนเหยียดตรงวางแนบลำตัวหันฝ่ามือไปทางด้านหน้า โดยให้หัวแม่มือหันออกไปทางด้านนอก และปลายเท้าชี้ออกไปทางด้านหน้า

(4) เส้นแบ่งครึ่งร่างกาย (Midline of body) คือการลากเส้นแบ่งครึ่งร่างกายออกเป็นสองส่วนซ้ายขวาเท่าๆ กัน โดยการลากเส้นตรงจากหน้าผากมายังจมูก หน้าอก และเรื่อยๆ ลงมาจนจรดพื้น



ภาพที่ 2.15 (A) ทำเย็บปกติ (B) ทำมาตรฐานทางกายวิภาค (C) เส้นแบ่งครึ่งร่างกาย
ที่มา : รัชชานนท์ สิปปภาคกุล

2.3.5.2 ระนาบร่างกายมนุษย์

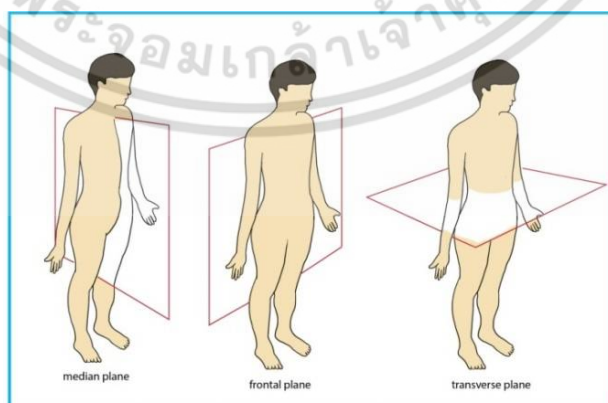
การแบ่งระนาบในร่างกาย หมายถึง การตัดหรือแบ่งระนาบ (Body plane) ทำให้สามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของอวัยวะต่างๆ ได้ดีขึ้น การแบ่งระนาบสามารถแบ่งได้ 3 วิธี คือ

(1) Median plane หรือ mid sagittal plane คือ การตัดร่างกายผ่านแนวกลางลำตัว ทำให้แบ่งร่างกายเป็นซีกขวาและซ้าย ส่วนแนวที่ตัดไม่ผ่านแกนกลางลำตัวแต่ตัดแบ่งเป็นซีกขวาและซ้ายเรียกว่า Sagittal plane

(2) Frontal plane หรือ Coronal plane คือ การตัดร่างกาย ซึ่งทำให้แบ่งเป็นส่วนที่อยู่ด้านหน้า (Anterior) และส่วนที่อยู่ด้านหลัง (Posterior)

(3) Transverse plane หรือ horizontal plane คือ การตัดร่างกายซึ่งทำให้แบ่งเป็นส่วนบน (Superior) และส่วนล่าง (Inferior) (เกล็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. 2543 : 4)

ระนาบแต่ละระนาบจะแบ่งร่างกายออกเป็นสองส่วน และระนาบแต่ละอันจะผ่านจุดศูนย์ถ่วง จึงอาจกล่าวได้ว่า จุดศูนย์ถ่วงเป็นจุดที่ระนาบทั้งสามตัดกัน



ภาพที่ 2.16 การแบ่งระนาบมนุษย์

ที่มา : รัชชานนท์ สิปปภาคกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.3 ชนิดของการเคลื่อนไหว

การเคลื่อนไหวแบบเส้นโค้ง (Angular movement) มี 5 แบบคือ

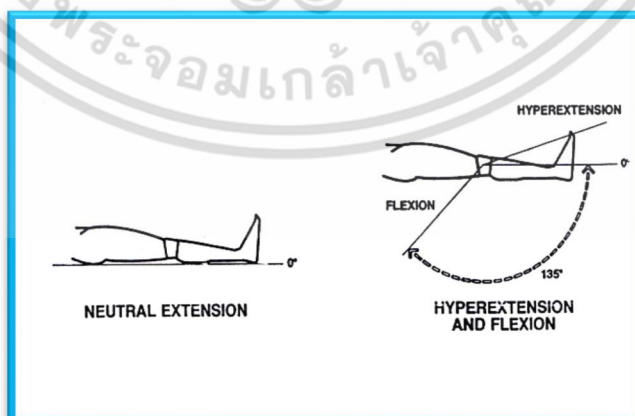
(1) การงอ (Flexion) หมายถึง การเคลื่อนไหวที่ลดมุมของส่วนที่เคลื่อนไหว และส่วนที่เกี่ยวข้องของกับส่วนนั้นๆ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสัดส่วนหนึ่งมีความสัมพันธ์กับอีกส่วนหนึ่ง ดังนั้นมุมระหว่างส่วนทั้งสองนั้นลดลง เช่น การเอียงคอไปทางด้านข้าง การงอของข้อต่อหัวไหล่ การงอของข้อต่อแขนหรือข้อศอก การงอลำตัว การก้มไปข้างหน้า การเอียงตัวไปทางด้านข้าง การงอของข้อต่อที่สะโพก การงอของขาที่นอนบน การงอของข้อต่อที่หัวเข่า และ การงอเท้า

(2) การเหยียด (Extension) เป็นการเคลื่อนไหวที่ตรงกันข้ามกับการงอ หรือเป็นการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายที่ทำมุมของข้อต่อเพิ่มขึ้น หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ การเหยียด เป็นการกลับมาสู่ท่ากายวิภาคนั่นเอง เช่น การเหยียดแขนออกจากท่าอแขน การเหยียดออกของข้อต่อนิ้วหัวแม่มือ เป็นต้น ส่วนการเหยียดที่มีลักษณะเหยียด ออกไปเรื่อยๆ จนเลยตำแหน่งท่ากายวิภาคเรียกว่า Hyperextension ตัวอย่างเช่น การก้ม ไปข้างหน้า (Flexion) และกลับมาที่เดิม (Extension) และถ้าแอ่นเลยกลับไปข้างหลังจึงเรียกว่า Hyperextension

(3) การเคลื่อนไหวของสะโพก การเคลื่อนไหวของสะโพก มีความอิสระคล้ายกับส่วนหัวไหล่ สามารถเคลื่อนไหวได้หลายแบบ คือ การงอ การเหยียด การกางออก การหุบเข้า การหมุนหรือบิดเข้าด้านใน การเหยียดเกินกว่าปกติและการหมุนควง

(4) การเคลื่อนไหวของหัวเข่า การเคลื่อนไหวของหัวเข่าและข้อศอกมีลักษณะเหมือนกันคือ การงอและการเหยียดเท่านั้น

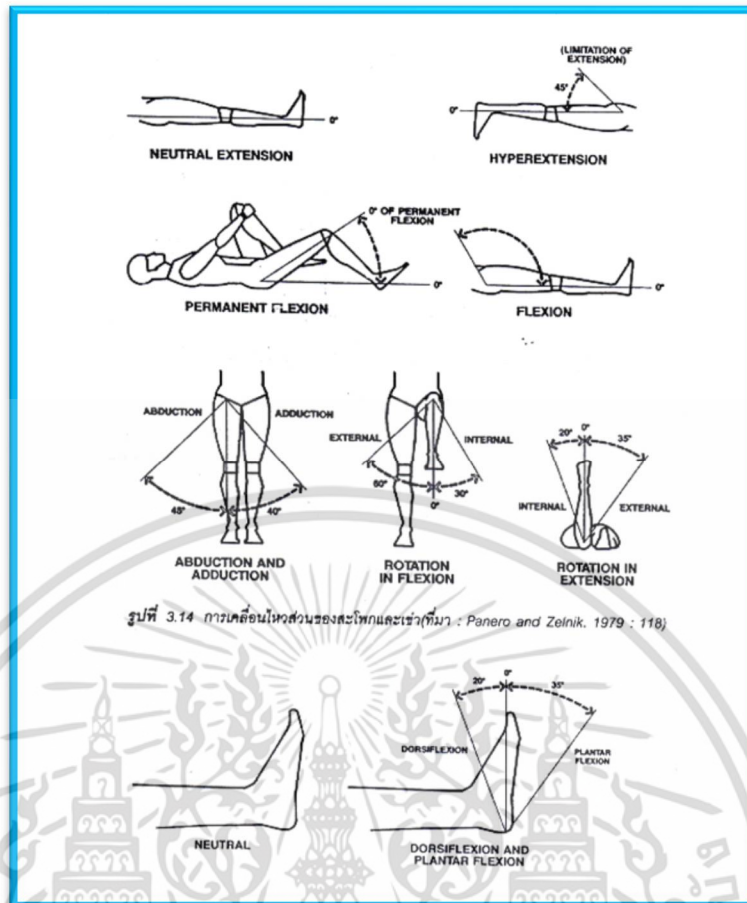
(5) การเคลื่อนไหวของเท้า การเคลื่อนไหวที่ข้อเท้า (Ankle joint) มีการเคลื่อนไหวแบบการงอหรือการกดฝ่าเท้าลง การยกหลังเท้าขึ้นและการเคลื่อนไหวระหว่างฝ่าเท้ากับนิ้วเท้า มีการงอและการเหยียดส่วนที่ Intertarsal มีการทำ Eversion คือ การยกฝ่าเท้าด้านนอก หรือการตะแคงฝ่าเท้าออกข้างนอก



ภาพที่ 2.17 การเคลื่อนไหวส่วนของเข่า

ที่มา : Panero and Zelnik. 1979 : 118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 การเคลื่อนไหวส่วนของสะโพกและเข่า(ที่มา : Panero and Zelnik, 1979 : 118)

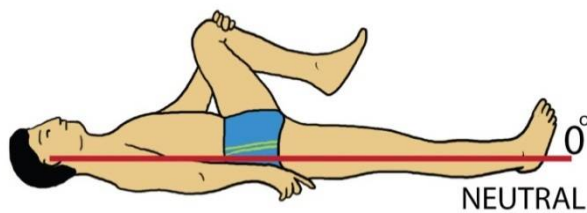
ภาพที่ 2.18 การเคลื่อนไหวส่วนของเข่าและข้อเท้า

ที่มา : Panero and Zelnik, 1979 : 118

2.3.5.4 การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า

การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าส่วนใหญ่จะเคลื่อนไหวได้ 2 ทิศทาง คือท่า Flexion และ Extension ในระนาบ Sagittal plane

(1) Flexion คือ การงอข้อเข่าในท่านอนหงาย โดยหน้าของต้นขาเข้าหาลำตัวและเท้าติดกับพื้นราบ ท่าศูนย์องศา (Zero starting position) ของข้อตะโพก คือ ท่าเหยียดของข้อตะโพกตรง ข้อเข่าตรง และหันตรงไปทางข้างหน้า โดยให้ข้อตะโพกและข้อเข่าของขาอีกข้างจรดกันด้านหน้าของต้นขาชิดกับหน้าอก เพื่อไม่ให้เกิดการแอ่นหลังขึ้น เพราะถ้าเกิดการแอ่นหลังขึ้นจะทำให้มุมของข้อตะโพกไม่เป็นมุมมองศออย่างแท้จริง



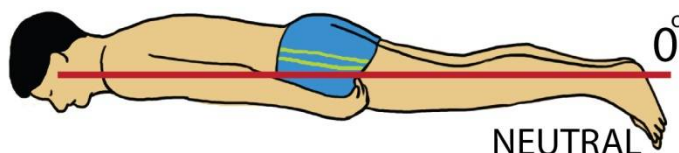
ภาพที่ 2.19 การวัดมุม Flexion การเคลื่อนไหวของข้อตะโพกในท่า 0 องศา
ที่มา : สมานทิ เทพมะ

(2) ย่านมุมการเคลื่อนไหว (ROM in Flexion) ให้วัดมุมระหว่างแกนตามแนวยาวของต้นขา กับแกนตามยาวของลำตัว ซึ่งจะต้องงอข้อตะโพกเข้าหาลำตัวจนได้เต็มที่มีค่ามุม Flexion ปกติเฉลี่ยในระนาบ Sagittal plane คือ 0 องศา ถึง 120 องศา



ภาพที่ 2.20 ย่านมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่ามุม Flexion (ROM in flexion)
ที่มา : สมานทิ เทพมะ

(3) Extension คือ การเหยียดของข้อตะโพกไปข้างหลังในท่านอนคว่ำโดยให้เหยียดข้อเข่าตรงและข้อตะโพกตรงพร้อมกันทั้งสองข้าง ท่าศูนย์องศา (Zero starting position) ของข้อตะโพก คือ ท่าเหยียดข้อตะโพกตรงข้อเข่าตรงและหันตรงไปทางข้างหน้าในท่านอนคว่ำ

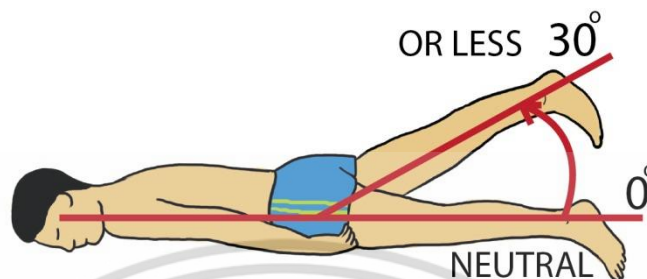


ภาพที่ 2.21 การวัดมุม Extension ของการเคลื่อนไหวของข้อตะโพกในท่าศูนย์องศา

ที่มา : สมานทิ เทพมะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ย่านมุมการเคลื่อนไหวของข้อตะโพกแบบ Extension ให้วัดมุมระหว่างแกนตามแนวยาวของต้นขา กับแกนตามแนวยาวของลำตัว ซึ่งจะต้องยกข้อตะโพกให้ตรงไปทางด้านหลังอย่างเต็มที่ค่ามุม Extension ปกติเฉลี่ยในระนาบ Sagittal plane คือมุม 0 องศา ถึง 30 องศา



ภาพที่ 2.22 ย่านมุมการเคลื่อนไหวของข้อตะโพกมุม Extension (Rom in extension)

ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนไหวของข้อต่างๆ

ชนิดของข้อ	ชนิดการเคลื่อนไหว	ค่าย่านมุมการเคลื่อนไหว (องศา)
ข้อตะโพก	- การงอข้อตะโพกเข้าหาหน้าอก (Flexion)	0 - 120
	- การเหยียดข้อตะโพกออกจากหน้าอก(Extension)	0 - 30
ข้อเข่า	- การงอข้อเข่า (Flexion)	0 - 120
	- การเหยียดข้อเข่า (Extension)	0
ข้อเท้า	- การเคลื่อนไหวของข้อเท้าออกจากหน้าแข้ง (Flexion)	0 - 50
	- การเคลื่อนไหวของข้อเท้าเข้าหาหน้าแข้ง (Dorsi Flexion)	0 - 20

2.3.6 สัดส่วนร่างกายมนุษย์

สัดส่วน หรือ Proportion หมายถึง ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของส่วนต่างๆที่มีต่อกันและกันและมีสัดส่วนโดยรวม ที่จริงแล้วคำนี้มีความหมายเฉพาะถึงความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์และเรขาคณิตของส่วนต่างๆ บนร่างกายมนุษย์ และอัตราส่วนของแต่ละส่วนหรือแต่ละหน่วยที่มีต่อส่วนอื่นๆ หรือส่วนรวมทั้งหมดของรูปทรงหรือมวล สัดส่วนของร่างกายมนุษย์โดยเฉลี่ยแล้วมีความสูงระหว่าง 7 เท่า หรือ 7 เท่าครึ่งของความยาวส่วนศีรษะและถ้ากางแขนออกทั้งสองข้างจะมีความยาวประมาณ ความสูงของร่างกายมนุษย์ (มะลิฉัตร เอื้ออนันท์. 2540 : 729)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.1 การนำข้อมูลการวัดสัดส่วนไปใช้ในงานออกแบบ

ในการเลือกข้อมูลในการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ไปใช้เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นข้อมูลดังกล่าวควรจะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด ที่จะเป็นผู้ใช้สิ่งของที่ได้รับการออกแบบนั้นๆ โดยมีหลักการออกแบบเพื่อให้รับกับสัดส่วนขนาดร่างกายของมนุษย์อยู่ 2 ประเภท คือ การออกแบบเพื่อประชากรทั่วไป โดยไม่จำกัดวัยและเพศ และการออกแบบเพื่อกลุ่มคนเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เช่น กลุ่มวัยรุ่น เด็ก ผู้ใหญ่ คนชรา คนพิการ นักกีฬา นักดนตรี และกลุ่มชาวต่างชาติ เป็นต้น

(1) กำหนดส่วนของร่างกายส่วนที่สำคัญมากที่สุดต่อการออกแบบนั้น เช่น การออกแบบวัสดุหรือสิ่งของประเภทที่มีด้ามจับ ส่วนที่สำคัญก็คือ ความยาวของมือที่ต้องสอดคล้องกับด้ามจับ

(2) เลือกใช้ข้อมูลหรือตารางค่าที่เหมาะสม ได้มาตรฐาน และครอบคลุมกลุ่มประชากรหรือกลุ่มเป้าหมายมากที่สุด

(3) กำหนดกลุ่มประชากรหรือกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้เป็นฐานในการออกแบบสิ่งนั้นโดยการแยกกลุ่มใช้ชัดเจน เช่น กลุ่มผู้ใช้แรงงาน กลุ่มเด็ก สตรี และคนชรา เป็นต้น

(4) อาจสร้างต้นแบบ (Prototype) หรือหุ่นจำลองของสิ่งที่ได้รับการออกแบบไว้ เพื่อนำไปให้กลุ่มประชากรหรือกลุ่มเป้าหมายได้ทดลองใช้ และนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาทางแก้ไขปรับปรุง ก่อนนำไปสร้างเป็นแบบที่ใช้งานจริงต่อไป

2.4 ชนิดและสาเหตุของโรคเข่าเสื่อม

2.4.1 ลักษณะของเข่าเสื่อม

เข่าเสื่อมอาจมีการจำแนกที่แตกต่างกันไปแต่โดยทั่วไปมักจำแนกเป็น 2 ชนิดตามสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค ดังนี้ (Hahm and Edward. 1984)

2.4.1.1 โรคเข่าเสื่อมปฐมภูมิ (Primary Osteoarthritis) หมายถึงข้อเข่าเสื่อมที่เกิดขึ้นโดยไม่ทราบสาเหตุ มักเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของอายุและลักษณะการใช้งานของข้อโดยไม่เคยมีประวัติของโรคหรือการเจ็บป่วยที่เกิดกับข้อเข่ามาก่อน

2.4.1.2 โรคเข่าเสื่อมทุติยภูมิ (Secunda Osteoarthritis) หมายถึงข้อเข่าเสื่อมที่เกิดขึ้นตามหลังสาเหตุที่สามารถหาได้ชัดเจนทำให้มีพยาธิสภาพเกิดขึ้น เช่น อุบัติเหตุกระดูกหักที่มีรอยผ่านผิวข้อ ทำให้กระดูกอ่อนผิวข้อเรียงตัวไม่เรียบเหมือนเดิม การติดเชื้อมาในข้อ ความผิดปกติของข้อแต่กำเนิด

2.4.2 อาการของข้อเข่าเสื่อม แบ่งออกเป็น 5 ระยะ

ระยะที่ 1 จะเริ่มมีอาการตึงขัดข้อเข่า เมื่อมีการเปลี่ยนท่าทางหรือตื่นนอนตอนเช้า แต่ต้องสังเกตให้ดีว่าระยะเวลาของการตึงขัด จะต้องไม่เกิน 30 นาที หากมากกว่า 30 นาที ให้สงสัยว่า อาจจะเป็นโรครูมาทอยด์ได้

ระยะที่ 2 กระดูกอ่อนเริ่มมีการสึก และหนาตัวขึ้น เกิดกระดูกงอกเล็กน้อย เริ่มมีเสียงครี๊ดคราดเกิดขึ้นในข้อเข่า จากการเสียดสีของกระดูกที่งอกเพิ่มขึ้น จะมีอาการตึงขัดมากขึ้น เริ่มมีอาการเจ็บปวด

ระยะที่ 3 บริเวณกระดูกอ่อนมีการสึกและเกิดกระดูกงอกมากขึ้น เกิดเสียงครี๊ดคราดในข้อเข่าจากการเสียดสีของกระดูกงอกมากขึ้น มีการขัดและเจ็บบริเวณข้อเข่า เริ่มมีการจำกัดการเคลื่อนไหว ระยะนี้เริ่มมีอาการเข่าหลวมจากเอ็นรอบข้อเข่ายึด กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงลดลง ทำให้ความมั่นคงและความคล่องตัวลดลง ขณะทำกิจกรรมรู้สึกตึงตื้อ ผิดเข็ง ไม่สามารถทำได้เต็มที่

ระยะที่ 4 ข้อเข่าหลวมมากขึ้น จะเริ่มเห็นมีการผิดรูปของข้อเข่า คือมีลักษณะเข่าโก่ง, เข่าแอ่น หรือเข่าชนกัน ทำให้เกิดความไม่มั่นคงขณะยืน เดิน มีการจำกัดการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น ทั้งด้านงอและเหยียด มีอาการเจ็บปวด ผิดขัดมากขึ้น ในระยะนี้กำลังกล้ามเนื้อหน้าเข่าจะอ่อนแรงลงประมาณ 40 % ทำให้ผู้ป่วยเกิดการล้มได้ง่าย

ระยะที่ 5 ระยะสุดท้ายนี้จะเห็นการผิดรูปของข้อเข่าค่อนข้างมาก เกิดความไม่มั่นคงของข้อเข่า ผู้ป่วยจะเดินโยกไปมาเคลื่อนไหวช้า เปลี่ยนท่าทางได้ช้า ทำกิจกรรมต่างๆ ลำบาก กำลังกล้ามเนื้อหน้าเข่าลดลงมากกว่า 40 % ทำให้ระยะนี้ผู้ป่วยเกิดความลำบากในการใช้งานอย่างมากจึงมักไม่เคลื่อนไหวหรือออกกำลังกาย ทำให้เกิดความเสื่อมได้เร็วเพิ่มขึ้น

2.4.3 สาเหตุการเกิดโรคข้อเสื่อม (Etiology of Osteoarthritis)

พยาธิกำเนิดที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโรคข้อเสื่อมแต่สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ประกอบไปด้วยหลายสาเหตุดังนี้

ปัจจัยเสี่ยงทั่วไป (Systemic Risk Factors)

2.4.3.1 อายุ (Age)

จากปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคข้อเสื่อมทั้งหมด อายุเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอายุเกิด 40 ปีโดยเพศหญิงพบได้บ่อยกว่าเพศชาย (ธโนนินธ์ โชนนภูติ และคณะ. 2548) พบความชุกโรคข้อเสื่อมสูงขึ้นคนสูงอายุโดยพบว่าคนที่มียุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป มีลักษณะเสื่อมที่กระดูกอ่อนผิวข้อเข่า ร้อยละ 80 มีลักษณะข้อเสื่อมตรวจทางภาพถ่ายทางรังสี อย่างน้อย หนึ่งในร่างกาย เคยมีอาการปวดข้อร้อยละ 40 และมีการเคลื่อนไหวจำกัดเนื่องจากปวดข้อ ร้อยละ 10 สาเหตุที่พบโรคข้อเสื่อมในผู้สูงอายุมากกว่าคนอายุน้อย อาจเนื่องมาจากที่อายุมากขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในกระดูกอ่อนผิวข้อเช่น Proteoglycan มีจำนวน Glycosaminoglycan ลดลงและมีขนาดสั้นลง Hyluronic Acid มีจำนวนมากขึ้น แต่ความยาวเฉลี่ยสั้นลง มีการแตกของสายโปรตีนเป็นท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Collagen มีเส้นใยที่บางลง มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในการยึดขยายและเงือจางลงประกอบในคนสูงอายุมีการลดลงของเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณของกระดูกใต้กระดูกอ่อน จึงทำให้การซ่อมแซมบริเวณกระดูกอ่อนผิวข้อ กับกระดูกลดลงทำให้ง่ายต่อการเกิดโรคข้อเสื่อม โรคข้อเสื่อมในคนสูงอายุ อาจเนื่องมาจากการได้รับบาดเจ็บของกระดูกอ่อนผิวข้อ ตั้งแต่อายุน้อยๆ แต่โรคมีการดำเนินโรคอย่างช้าๆ และมีอาการเมื่อมีอายุมากขึ้น (วรวิทย์ เล่าห์เรณู. 2546)

2.4.3.2 เชื้อชาติ (Race)

การศึกษาเกี่ยวกับความชุกของโรคข้อเข่า และข้อสะโพกเสื่อมในคนต่างเชื้อชาติพบว่ามีความแตกต่างกัน ระหว่างคนผิวขาว และคนผิวดำในการศึกษาของ JonhstonCountt Osteoarthritis project พบว่าผู้ชายชาวแอฟริกาและอเมริกัน มีความชุกการเกิดโรคข้อสะโพกเสื่อมมากกว่าผู้ชายผิวขาวร้อยละ 35 และชาวแอฟริกาอเมริกัน ที่มีโรคข้อเข่าและข้อสะโพกเสื่อมมักมีลักษณะข้อที่ถูกทำลายทางรังสีรุนแรงกว่า มีโรคข้อเสื่อมของข้อทั้งสองข้างบ่อยกว่า และมีความรุนแรงโรค จนเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหว มากกว่าคนผิวขาว ในขณะที่ The nation Health And Nutrition Examination Survery I พบอัตราการเกิดโรคเข่าเสื่อม ในผู้หญิงชาวแอฟริกาอเมริกัน มากกว่าคนผิวขาว แต่ไม่มีความแตกต่างในอัตราการเกิดโรคเข่าเสื่อมในผู้ชาย แต่มีบางการศึกษา ที่ไม่พบความแตกต่างในความชุก ที่ทำให้เกิดโรคข้อเสื่อมระหว่าง คนผิวขาวและคนผิวดำ (วรวิทย์ เล่าห์เรณู. 2546) จากการศึกษาที่พบความแตกต่างในความชุกโรคข้อเสื่อมในคนที่ต่างเชื้อชาตินั้นอาจมีปัจจัยอื่นๆ รวมอยู่ด้วยเช่น ความแตกต่างทางสถานภาพทางการเงิน และลักษณะการดำเนินชีวิต จึงยังไม่สามารถสรุปได้ ในขณะนี้ว่าปัจจัยทางด้านเชื้อชาติเป็นปัจจัยการเกิดโรคข้อเสื่อมหรือไม่

2.4.3.3 พันธุกรรม (Genetic)

โรคข้อเสื่อมมีความหลากหลายของแนวโน้มการถ่ายทอดทางพันธุกรรมพบว่ามากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ป่วยโรคข้อนิ้วมือเสื่อม มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในขณะที่โรคข้อเสื่อมมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมน้อย ยีนที่ทำให้เกิดโรคข้อเสื่อม ที่ไม่เฉพาะเจาะจงต่อตำแหน่งข้อได้แก่ Vitamin D Receptor Genes (เป็นยีนที่มีบทบาทต่อความหนาแน่นของกระดูกและอยู่ใกล้ตำแหน่งยีนที่ควบคุมการสร้าง Collagen Type II ซึ่งเป็น Collagen ที่สำคัญในกระดูกอ่อนผิวข้อ) ส่วนยีนที่ทำให้เกิดโรคข้อเสื่อมเฉพาะข้อบางตำแหน่งนั้นมีการศึกษาทางพันธุกรรมในครอบครัวที่มีการถ่ายทอดโรคข้อนิ้วมือเสื่อมพบว่าตำแหน่งยีน ที่ถ่ายทอดโรคข้อเสื่อมอยู่บนแขนยาว โครโมโซมคู่ที่ 2 ในขณะที่การศึกษาโรคข้อสะโพกเสื่อมในผู้หญิงพบว่าตำแหน่งของยีนที่ถ่ายทอดโรคข้อเสื่อมอยู่บนแขนยาวอยู่บนโครโมโซม ที่ 11 (วรวิทย์ เล่าห์เรณู. 2546)

2.4.3.4 การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบนอกเซลล์กระดูกอ่อนผิวข้อ

การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบนอกเซลล์กระดูกอ่อนผิวข้อ อาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคข้อเสื่อม มีการศึกษาในปัจจุบันที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโรคข้อเสื่อม กับการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ

นอกเซลล์กระดูกอ่อนผิวข้อในแง่คุณสมบัติของ Collagen และการสะสมสารแปลกปลอมในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบนอกเซลล์กระดูกอ่อนผิวข้อได้แก่ความผิดปกติของยีน (Gene) ที่ควบคุมการสร้าง Collagen เช่น พบโรคข้อเสื่อมในผู้ป่วยที่มีการกลายพันธุ์ ของยีนสร้าง Collagen Type II และในผู้ป่วยที่มีการกลายพันธุ์ ของยีนสร้าง COMP (วรวิทย์ เล่าห์เราชา. 2546)

2.4.3.5 การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน (Hormone)

โรคข้อเสื่อมพบขึ้นในผู้หญิงภายหลังหมดประจำเดือน ความชุกโรคข้อเสื่อมที่ข้อนิ้วมือ ข้อเข่า และข้อสะโพก พบมากขึ้นในผู้หญิงอย่างรวดเร็ว หลังอายุ 50 ปี โดยก่อนอายุ 50 ปีผู้ชายมีความชุกโรคมกกว่าผู้หญิง แต่หลังอายุ 50 ปี กลับพบว่าผู้หญิงมีความชุกโรคมกกว่าการที่อายุและเพศมีผลต่อการเกิดโรคข้อเสื่อมนั้นเป็นแนวทางที่ชี้ให้เห็นว่าฮอร์โมน Estrogen อาจมีบทบาทต่อสาเหตุการเกิดโรคข้อเสื่อม (วรวิทย์ เล่าห์เราชา. 2546)

2.4.3.6 การเปลี่ยนแปลงในความหนาแน่นกระดูก (Bone Mass Density)

ความหนาแน่นกระดูกมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคข้อเสื่อม เชื่อว่าการที่มีความหนาแน่นกระดูกที่สูงจะทำให้มีการเพิ่มแรงที่กระทำต่อกระดูกอ่อนผิวข้อ ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์แบบตรงข้ามระหว่างโรคข้อเสื่อมกับโรคกระดูกพรุน มีการศึกษาพบว่า ในกลุ่มที่ความหนาแน่นกระดูกสูงจะเพิ่มความชุกการเกิดโรคข้อเสื่อมที่ข้อเข่าพบว่าผู้หญิงที่มีโรคเข่าเสื่อมมีความสัมพันธ์กับการมีความหนาแน่นกระดูกสูง จากการศึกษาระยะยาวในผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนและวัยหมดประจำเดือน โดยการติดตามความหนาแน่นกระดูกเป็นเวลา 3 ปี พบว่าผู้หญิงที่มีโรคเข่าเสื่อมมีการสูญเสียความหนาแน่นเนื้อกระดูก (Bone Loss) น้อยกว่าผู้หญิงที่ไม่มีโรคข้อเสื่อม

2.4.3.7 อาชีพ (Occupation)

พบว่าข้อเสื่อมในผู้ที่เป็นผู้ใช้แรงงานมากกว่าผู้ที่ทำงานเบาๆจากการศึกษาของคูเปอร์ และคณะ (Cooper, Mcalindon, Coggon. 1994 : 90) พบว่าอาการปวดเข่าและข้อเสื่อมในผู้ที่ต้องใช้ข้อเข่าทำงานหรืองอเข่า เช่นเดียวกับการศึกษาของ วิภา งามสุทธิกุล พบผู้ที่มีอาการปวดเข่าที่มารับการรักษาที่ห้องตรวจศัลยกรรมกระดูกและข้อ จำนวน 120 คน มีการนั่งคุกเข่า นั่งยองๆ และนั่งพับเพียบนานกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน การป้องกันการบาดเจ็บบริเวณเข่าและการหลีกเลี่ยงท่าทางดังกล่าวสามารถลดอุบัติเหตุการณ์ของข้อเข่าเสื่อม ประมาณร้อยละ 15-30 (ทัศนีย์ กิตอำนวนยพงษ์. 2549:55)

2.4.3.8 ภาวะอ้วน (Obesity)

การเพิ่มน้ำหนักหรือดัชนีมวลกาย มีผลกระทบโดยตรงต่อแรงกระทำต่อข้อเข่า คือ ข้อต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดเวลาที่ใช้งาน ขณะเดียวกันเซลล์ไขมันที่มีมากในร่างกายจะมีผลต่อเซลล์กระดูกอ่อน ทำให้ข้อเสื่อมเร็วขึ้น (วรวิทย์ เล่าห์เรณู. 2546) จากการศึกษาของเฟลสัน และ แซน (Felson and Zhand. 1998 : 18) พบว่า ภาวะอ้วนมีความสัมพันธ์กับข้อเข่าเสื่อม โดยผู้หญิงที่มีน้ำหนักตัวมากเมื่ออายุ 20 ปีมีโอกาสข้อเข่าเสื่อมมากกว่าผู้หญิงที่มีน้ำหนักตัวปกติ 20 เท่า และยังคงพบว่าผู้หญิงที่มีค่าดัชนีมวลกาย 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือมากกว่ามีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดข้อเข่า

เสื่อมสูง และการลดน้ำหนักตัวเพียง 5 กิโลกรัม ในเพศหญิงจะลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดข้อเข่าเสื่อมได้ร้อยละ 50 (Felson, Zhand, Antone, Naimark and Adderon. 1992 : 535)

2.4.3.9 ปัจจัยทางอาหาร (Food)

จากการที่มีหลักฐานว่าการที่ต้องเผชิญกับสารอนุมูลอิสระ (Oxidants) จะทำให้เกิดโรคที่สัมพันธ์กับอายุ เช่นโรคข้อเสื่อมนอกจากนี้เซลล์กระดูกอ่อนผิวข้อเป็นแหล่งที่มีการสร้างสารอนุมูลอิสระ ซึ่งมีประสิทธิผลในการทำลาย Collagen และ Hyaluronic Acid ในน้ำไขข้อทำให้มีผู้เสนอว่าอาหารที่มีบทบาทในการต่อต้านสารอนุมูลอิสระ (Antioxidants) น่าจะป้องกันการเกิดโรคข้อเสื่อมได้

ในการศึกษาของ Framingham เกี่ยวกับโรคข้อเสื่อม พบว่าผู้บริโภควิตามินซีขนาดสูงจะมีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคข้อเสื่อมลดลงถึง 3 เท่า เมื่อเทียบกับผู้ที่บริโภควิตามินซีขนาดต่ำ และยังพบว่า ผู้ป่วยโรคข้อเสื่อมที่บริโภควิตามินซีขนาดสูงมีอาการปวดข้อน้อยกว่าผู้ป่วยที่บริโภควิตามินซีขนาดต่ำตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภควิตามินซีกับการเปลี่ยนแปลงทางภาพรังสี ส่วนอาหารที่มีผลในการต่อต้านสารอนุมูลอิสระเช่น B-Carotene และวิตามินอี นั้นยังมีข้อมูลไม่แน่ชัด วิตามินที่มีผลต่อเซลล์กระดูกอ่อนอีกชนิดหนึ่ง คือ วิตามินดี พบว่าในเนื้อเยื่อที่มีระดับวิตามินดีต่ำจะเพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการลุกลามโรคข้อเสื่อม จากการศึกษา Framingham พบว่าปัจจัยเสี่ยงต่อการลุกลามโรคเพิ่มขึ้น 3 เท่าในผู้ที่ได้รับวิตามินดีขนาดที่ต่ำ เมื่อเทียบกับผู้ที่ได้รับวิตามินดีในขนาดที่สูง แต่วิตามินดีมีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ในการเกิดโรคข้อเสื่อมจากกลุ่มศึกษาของกลุ่ม Osteoporotic Fractures Research พบว่าผลของวิตามินดีขนาดสูงไม่เพียงพอจะช่วยลดการลุกลามโรคข้อเสื่อมได้เท่านั้น แต่ยังช่วยลดอุบัติการณ์การเกิดโรคข้อเสื่อมด้วย (นันทนา กลิตานนท์. 2546)

2.5 พยาธิสภาพของการเกิดโรคข้อเสื่อม

กระบวนการเกิดพยาธิสภาพของข้อเสื่อม เชื่อว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระดูกอ่อนผิวข้อ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลภายในข้อ (อินย์ สุภัทรพันธ์, 2535; อุทิศ ดีสมโชค, 2537; Hahn and Edwards, 1998; Brandt and Mankin, 1989; Miller, 1987; Swedberg and Teinbuer. 1992) กระบวนการเปลี่ยนแปลงของข้อเข่าเสื่อมเริ่มต้นบริเวณกระดูกอ่อนผิวข้อคือเมื่อเซลล์กระดูกอ่อน ได้รับบาดเจ็บจากแรงกระทำจะปล่อย เอ็นไซม์ออกมาทำลาย คอลลาเจน และโปรทีโอไกลเคน ซึ่งในคนสูงอายุทั้งคอลลาเจน และโปรทีโอไกลเคนก็มีการ เสื่อมสภาพอยู่แล้วทำให้ผิวข้อทนต่อแรงกดได้น้อย เกิดการเสื่อมสภาพของกระดูกอ่อน มีรอยแตกเห็นเป็นริ้วเมื่อโรคดำเนินต่อไปผิวกระดูกอ่อนจะแตกหลุดเป็นสาเหตุให้กระดูกอ่อนหุ้มข้อบางลง ผิวข้อขรุขระขณะเดียวกันส่วนกระดูกใต้ผิวข้อ ซึ่งปกติจะมีกระดูกอ่อนคอยช่วยรับแรงที่มากระทบ แต่เนื่องจากการสูญเสียลักษณะของกระดูกอ่อนไปดังกล่าว ทำให้แรงที่มากระทำกับข้อผ่านลงมาสู่กระดูกใต้ผิวข้อได้มากขึ้น กระดูกจะเกิดการแตกเป็นเศษเล็กๆ หลุดลอกตกค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างข้อ ร่างกายเอนกสารนี้เป็นเอนกสารที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยายามซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอโดยการเพิ่มความหนาของกระดูกใต้ผิวด้านข้อ ทำให้กระดูกใต้ผิวด้านข้อตัวขึ้น ขณะเดียวกันบริเวณรอบๆ ข้อ คือ ขอบกระดูก เอ็นยึดกระดูก และเอ็น ก็จะมีการตอบสนองด้วยการสร้างไฟโบรบลาสต์ และกระดูกใหม่ โดยกระดูกที่เจริญขึ้นมา นี้จะทำให้ช่องว่างระหว่างข้อแคบลง เกิดการเสียดสีของขอบกระดูกขณะที่การเคลื่อนไหว เกิดเสียงกระดูกเสียดสีกัน เกิดอาการเจ็บปวดเนื่องจากปลายประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดบริเวณเยื่อหุ้มกระดูก ฤกษ์กระดูก ความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นทำให้ผู้สูงอายุลดหรือหยุดกิจกรรมที่ต้องมีการเคลื่อนไหวข้อเข้าร่วมกับมีการเชื่อมติดกันระหว่างกระดูกทำให้เกิดอาการข้อติดแข็ง นอกจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแล้ว เศษกระดูกที่หลุดตกค้างอยู่ในช่องข้อก็จะกระตุ้นให้เกิดมีการอักเสบของเยื่อหุ้มข้อเกิดอาการปวด บวม แดง ร้อน บริเวณข้อ

2.5.1 อาการทางคลินิกแสดงโรคเข้าเสื่อม

อาการแสดงของโรคเข้าเสื่อม ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับพยาธิสภาพและความรุนแรงในการดำเนินของโรคซึ่งมักจะดำเนินไปอย่างช้าๆ มีลักษณะการเกิดเฉพาะที่ ไม่มีผลกระทบต่ออวัยวะระบบอื่นอาการแสดงที่พบได้แก่

2.5.1.1 อาการปวด (Pain)

จัดว่าเป็นอาการสำคัญที่สุดที่นำผู้ป่วยมาพบแพทย์ในระยะแรกจะพบร่วมกับอาการข้อฝืดในระยะหลัง อาการปวดจะมากขึ้นแม้ข้อเพียงเล็กน้อยหรือแม้กระทั่งขณะที่ข้อได้หยุดพักแล้ว บางรายผู้ป่วยอาจให้ประวัติปวดในเวลากลางคืนร่วมด้วย ผู้ป่วยในระยะนี้ข้อจะเริ่มมีเสียงดัง เวลาขยับ (Crepitus) ซึ่งแสดงว่าข้อเริ่มจะมีการขรุขระ ไม่เรียบจากการหลุดลอกของกระดูกอ่อน ผิวข้อนั้นเนื่องจากกระดูกอ่อนผิวข้อไม่มีเส้นประสาทไปเลี้ยงเพราะนั้น อาการปวดดังกล่าวจึงไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงจากกระดูกอ่อนผิวข้อ สาเหตุที่เกิดอาการปวดเชื่อว่ามีหลายสาเหตุได้แก่ (สมชา เอื้อรัตน์วงศ์, 2545: 36)

(1) อาการปวดจากการที่เอ็นกระดูก หรือเยื่อหุ้มกระดูกได้รับแรง กระทำมากขึ้นเนื่องจากข้อเสื่อมมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม เช่น Genu varus อาการปวดจากสาเหตุนี้ตรวจร่างกายจะกดเจ็บในตำแหน่งเฉพาะจุด

(2) ในภาวะข้อเสื่อมจะพบว่ามีความดันในโพรงกระดูกของกระดูกใต้ผิวด้านข้อเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการอุดตันของการหมุนเวียนของหลอดเลือดโลหิตดำ อาการปวดจากสาเหตุนี้ จะพบในพวกที่ปวดอยู่นานๆ ร่วมกับการปวดในขณะพัก

(3) เมื่อมีภาวะข้อเสื่อมจะมีเศษกระดูกอ่อนลอยอยู่ในข้อ กระตุ้นเยื่อข้อให้มีการอักเสบเกิด Synovitis พวกในกลุ่มนี้จะได้ผลดีกับการรักษาโดยใช้ยาพวก

(4) การที่ข้อเปลี่ยนรูปร่างไปอาจจะทำให้เกิด Secondary periarticular disorder เช่น Bursitis หรือ tenosynovitis ได้

(5) Osteophyte หรือ Chondrophyte ที่เกิดขึ้นจะดันเยื่อหุ้มกระดูกทำให้เกิดอาการปวดได้

(6) ผู้ป่วยข้อเสื่อมและมีอาการปวด มักจะหลีกเลี่ยงการใช้ข้อที่ปวดทำงานเป็นผลให้มีการเสื่อมหรือลึบตัวของกล้ามเนื้อไม่แข็งแรงทำให้มีอาการปวดกล้ามเนื้อได้ Central pain Mechanisms ผู้ป่วยที่มีอาการข้อเสื่อม มักจะพบว่ามีความวิตกกังวลเป็นแบบ anxiety ได้ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปวดมากกว่าคนปกติ

2.5.1.2 ข้อติดแข็ง (Stiffness)

อาการข้อติดแข็งจะพบร่วมกับการเจ็บปวดข้อเนื่องจากในขณะที่มีอาการปวด ผู้สูงอายุไม่ยอมเคลื่อนไหวข้อเข้า ร่วมกับการเจริญของกระดูกที่งอกใหม่บริเวณผิวข้อเข้า จึงทำให้เกิดอาการยึดติด เคลื่อนไหวข้อไม่สะดวก ข้อเข้าเหยียดตรงไม่ได้เกิดความผิดปกติในการเดิน อาการข้อเข้าติดแข็งมักพบภายหลังจากตื่นนอนตอนเช้า เนื่องจากมีการหยุดใช้ข้อเข้าเป็นเวลานาน แต่จะเกิดเพียงชั่วคราว เมื่อได้ ขยับเขยื้อนข้อเข้า สักพักอาการข้อติดแข็งก็จะหายไป ตามธรรมดา แล้วอาการข้อติดแข็งนี้มักจะอยู่ไม่เกิน 30 นาที เสียงกรอบแกรบจากการเสียดสีของกระดูก (Crepitus) เกิดจากการเสียดสีของขอบกระดูกที่เจริญขึ้นมาใหม่บริเวณขอบของข้อต่อร่วมกับช่องว่างระหว่างข้อแคบลง ทำให้การเสียดสีของกระดูกมีมากขึ้น ซึ่งผู้สูงอายุจะได้ยินเสียงดังกรอบแกรบในขณะที่เคลื่อนไหวข้อเข้า อาการบวมและข้อมีขนาดใหญ่ขึ้น เกิดการหนาตัวขึ้นเรื่อยๆ ของกระดูกที่งอกใหม่ และลุกลามไปติดกับเอ็นรอบๆ ข้อเข้า (สมชาย เอื้อรัตน์วงศ์, อัจฉรา กุลวิสุทธิ์. 2543)

2.5.1.3 อาการบวม เป็นอาการระยะหลังมี 2 แบบ คือ

(1) การบวมจากเนื้อเยื่ออ่อน โดยข้อจะบวมขึ้นไม่มากซึ่งเกิดจากการอักเสบของเยื่อหุ้มข้อทำให้มีการสร้างน้ำหล่อเลี้ยงข้อมากขึ้น

(2) การบวมจากกระดูก เกิดจากการสร้าง Osteophyte หรือ Chondrophyte ขึ้น มักพบร่วมกับการเกิดเสียงดังภายในข้อ

2.5.1.4 การเคลื่อนไหวของข้อลดลง

(1) อาการปวดทำให้ผู้ป่วยไม่อยากขยับข้อมาก

(2) เนื่องจากผิวข้อขรุขระ

(3) มีการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อรอบๆข้อ

2.4.1.5 กล้ามเนื้อรอบข้อลีบเล็กลง เนื่องจากผู้ป่วยไม่ขยับ และใช้กล้ามเนื้อรอบข้อ จึงทำให้กล้ามเนื้อฝ่อลีบ

2.5.2 ความรุนแรงโรคข้อเข่าเสื่อม

ความรุนแรงของโรคเข่าเสื่อมจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป พยาธิสภาพและอาการแสดงทางคลินิกจะแตกต่างกันในแต่ละคนขึ้นอยู่กับการดำเนินของโรคและพยาธิสภาพที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้สูงอายุจำนวนมากจึงไม่ทราบว่าตนเริ่มมีอาการของโรคเข่าเสื่อมจนกว่าเมื่อโรคมีความรุนแรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้สูงอายุจะมีอาการปวดข้อมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ (อรพิน สว่างวัฒนเศรษฐ์. 2540) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพกล้ามเนื้อ ในผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม พบว่าความรุนแรงของโรคเข่าเสื่อมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเจ็บปวดก่อนที่จะเข้าพบการรักษา

2.5.3 การรักษา

การรักษาโรคเข่าเสื่อม เป็นการรักษาแบบประคับประคอง เนื่องจากยังไม่มีการรักษาใดที่สามารถยับยั้งกระบวนการเสื่อมของข้อเข่าที่เกิดขึ้นได้ จุดมุ่งหมายในการรักษา คือลดอาการปวด ทำให้การเคลื่อนไหวของข้อเป็นไปได้ตามปกติ ป้องกันหรือแก้ไขการผิดรูปของข้อและทำให้ผู้ป่วยปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ วิธีการรักษาโรคเข่าเสื่อมที่นิยมในปัจจุบันดังนี้

2.5.3.1 การใช้ยา ซึ่งมียาหลายชนิดให้เลือกใช้ (วรวิทย์ เล่าห์เราขา. 2546)

(1) ยาทาภายนอก ประเภทครีมขนาดที่ทาแล้วรู้สึกร้อน และยาที่เข้าตัวยาต้านการอักเสบที่ทาแล้วร้อน

(2) ยาต้านการอักเสบที่ไม่มี สเตียรอยด์เป็นยาที่ใช้ได้ผลดีมีหลายชนิดแต่ก็สามารถทำให้เกิดผลข้างเคียงได้ เช่น การระคายเคืองกระเพาะอาหาร เกิดภาวะซีด และน้ำคั่ง เป็นต้น ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการระคายเคืองกระเพาะอาหารจึงควรรับประทานยาพร้อมกับ อาหาร และระมัดระวังยา NSAID บางตัวในการที่จะใช้กับผู้ที่เป็โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูงเนื่องจากมีเกลือโซเดียมเป็นส่วนประกอบ

(3) ยาต้านอักเสบที่มี สเตียรอยด์ซึ่งเป็นยาฉีดใช้ได้ผลดีในระยะที่มีการอักเสบมากจนผู้ป่วยจะไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เลย หรือในกรณีที่มีข้ออักเสบนานเกิน 2-3 สัปดาห์ แต่ไม่ควรฉีดบ่อยเกิด 3-4 ครั้งต่อปี เพราะตัวยาทำให้ข้อที่เสื่อมมีการทำให้ข้อที่เสื่อมมีการทำลายรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้การฉีดยายังเสี่ยงต่อการนำเชื้อโรคเข้าไปในข้อ เกิดการอักเสบติดเชื้อหรือทำให้ข้อพิการส่วนยานี้ไม่ควรใช้รับประทานเพราะยามีผลข้างเคียงรุนแรงมาก

2.5.3.2 การใช้วิธีทางเวชศาสตร์ฟื้นฟูซึ่งเป็นการรักษาโดยไม่ต้องใช้ยาการรักษาโดยวิธีนี้จะเป็นการช่วยลดอาการปวดและเพิ่มสมรรถภาพของข้อเข่าทำให้ข้อเข่าเคลื่อนไหวได้ดีขึ้นไม่พิการการรักษาวิธีนี้ได้แก่

(1) การใช้ความร้อนและความเย็นเพื่อลดอาการปวดข้อเข่า เพื่อช่วยให้กล้ามเนื้อคลายตัว

(2) การใช้ส้นเข่าช่วยให้ข้อเข่ากระชับขึ้นและลดแรงกระทำต่อข้อเข่า

(3) การใช้เครื่องช่วยพยุงเพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเข่า เช่น ไม้เท้า ไม้ยัน รักแร้ เพื่อช่วยลดแรงกระทำต่อข้อเข่าได้ส่วนหนึ่ง

2.5.3.3 การปฏิบัติตัวที่เหมาะสมนั้นมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากจะช่วยให้ผลการรักษาดีและได้ผลต่อเนื่องในระยะยาวการปฏิบัติตัวที่สำคัญประกอบด้วย (อดุม วิศิษฎสุนทร และคณะ. 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) การลดปัจจัยเสริมที่จะทำให้อาการข้อเข่าเสื่อม เช่น การพยายามควบคุมน้ำหนัก อยู่ในเกณฑ์ปกติ พยายามลดน้ำหนักหากเป็นคนอ้วน หรือน้ำหนักเกิน นั่งเก้าอี้แทนการนั่งยองๆ หรือ การนั่งพับเพียบอยู่กับพื้น ซึ่งจำทำให้ข้อเข่าที่เสื่อมนั้นจะต้องแบกน้ำหนักมากขึ้นการควบคุมน้ำหนัก โดยการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่ทำให้เกิดการสะสมไขมัน เช่น ไขมัน แป้ง และน้ำตาล การรับประทานอาหารที่มากเกินพอจะทำให้เกิดความอ้วน ฉะนั้นคนอ้วนควรรับประทานเพียง เพื่อให้หายหิวเท่านั้น ไม่ควรรับประทานเยอะให้อิ่มหรืออย่างมากที่สุดควรรับประทานให้เกือบ อิ่มก็พอ การอดอาหารเลยนั้นเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้องอาจใช้วิธีการหลายๆ อย่าง เช่น รับประทานอาหารที่มีกากมากแต่ให้พลังงานน้อย ควรดื่มน้ำเปล่า และรับประทานผลไม้ที่ไม่มีรสหวาน เช่น ฝรั่ง รับประทานเนื้อสัตว์ในขนาดพอประมาณ งดรับประทานอาหารจุกจิก เครื่องดื่มที่มีรสหวาน เช่น น้ำอัดลม กาแฟและขนมหวาน

(2) ควรหลีกเลี่ยงการกดของกระดูกภายในเข่ามากๆ ได้แก่ นั่งยองๆ เดินหรือวิ่งมากๆ ขึ้นบันไดบ่อยๆ ดังนั้นจึงควรงดการนั่งยองๆ นั่งพับเพียบ หรือขัดสมาธิ ควรเปลี่ยนการนั่งส้วมโดยการนั่งยองๆ มาเป็นการนั่งส้วมโถแบบห้อยเท้า ถ้าเปลี่ยนส้วมไม่ได้ก็อาจดัดแปลงจากของเดิมที่มีอยู่ โดยใช้ม้านั่งที่มีความสูงพอควรมาเจาะช่องแล้วนั่งมาครอบ แล้วถ้าเป็นไปได้ผู้สูงอายุควรจัดที่นอนไว้ชั้นล่าง เพื่อหลีกเลี่ยงการที่ต้องขึ้นลงบันได หากจำเป็นต้องใช้บันไดควรใช้มือจับราวบันไดเพื่อช่วยผ่อนแรงของข้อเข่า (อดุม วิศิษฎ์สุนทร และคณะ. 2543)

(3) การฝึกกายบริหาร การบริหารกล้ามเนื้อขาให้มีความแข็งแรงเป็นสิ่งจำเป็นในการป้องกันและรักษาข้อเข่าเสื่อมได้เป็นอย่างดี เพราะการปวดข้อจากภาวะข้อเข่าเสื่อมมักเกิดจาก กล้ามเนื้อบริเวณข้อเข่าไม่แข็งแรงเมื่อฝึกเกร็งกล้ามเนื้อที่ยึดรอบๆ ข้อให้แข็งแรงเพียงพอ อาการจะทุเลาลงเรื่อยๆ จนทำให้ผู้ป่วยจำนวนมากสามารถดำรงชีวิตได้ตามปกติ เช่น สามารถขึ้นลงบันไดได้ นั่งยองๆ แล้วลุกขึ้นได้โดยไม่ปวด ผู้ป่วยที่เป็นโรคข้อเข่าเสื่อมแบบไม่รุนแรงการบริหารกล้ามเนื้อขาที่ถูกวิธี จะสามารถรักษาอาการปวดไม่ให้อาการรุนแรงมากขึ้น ทำให้อาการปวดทุเลาและหายเป็นปกติได้ในที่สุด (อดุม วิศิษฎ์สุนทร และคณะ. 2543)

(4) การหลีกเลี่ยงการใช้ยาทาขนาด ภู ตัดหรือฉีดยา โดยผู้ที่มีความรู้จริงเพราะการใช้วิธีดังกล่าวมักจะทำให้ข้อเข่าที่เสื่อมอยู่แล้ว ได้รับบาดเจ็บจากแรงภายนอกมากขึ้น จึงทวิ้อตราการเสื่อมได้เร็วขึ้น นอกจากนี้การนวด ตัดเส้นเอ็น และกล้ามเนื้อที่เป็นส่วนสำคัญในการพยุงความแข็งแรงของข้อเข่าที่รุนแรงเกินไป บางครั้งจะทำให้เส้นเอ็นฉีกขาด ทำให้ข้อขาดความมั่นคงยิ่งขึ้น

(5) การเปลี่ยนพฤติกรรมที่เคยปฏิบัติ ได้แก่ การเปลี่ยนรองเท้าเป็นรองเท้ายางสันเตี้ย และพองเหมาะกับเท้าเพื่อรักษาความสมดุลของร่างกายและท่าทาง

2.5.3.4 การดูแลแบบทางเลือก ในปัจจุบันเป็นที่นิยมโดยเฉพาะในโรคที่เรื้อรังเพราะจะเกิดภาวะแทรกซ้อนน้อย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษามากกว่าแผนปัจจุบัน อีกทั้งยังสามารถร่วมกับแผนปัจจุบันได้ทำให้การรักษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ได้แก่ การใช้เทคนิคผ่อนคลายการใช้ดนตรี การใช้

วิธีการกดจุดการฝังเข็ม และการใช้สมุนไพรแบบต่างๆ (Synderand and Lindquist. 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3.5 การผ่าตัด การผ่าตัดมีจุดประสงค์เพื่อแก้ไขความพิการของข้อ ลดความเจ็บปวดและทำให้ข้อเข่าเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น การผ่าตัดไม่ใช้วิธีการรักษาข้อเข่าเสื่อมโดยตรง แต่สามารถชะลอความเสื่อมให้ช้าลงได้ในบางราย

(1) การเจาะเข้า ล้างเข้าด้วยน้ำเกลือปกติ (Tidal knee irrigation) โดยฉีดยาชาเฉพาะที่ ในผู้ป่วยที่สามารถทำผ่าตัดใหญ่ โดยล้างด้วยน้ำเกลือปกติโดยในปริมาณ 2 ลิตร เพื่อทำความสะอาดข้อเข่า การล้างเข้าสามารถลดการยึดติด และลดอาการอักเสบจากเอนไซม์ในข้อ

(2) การผ่าตัดเพื่อจัดแนวกระดูกที่โก่งให้ตรง เพื่อเปลี่ยนแนวการรับน้ำหนักของกระดูกอ่อนข้อต่อ ทำให้ผู้ที่มีการผิดปกติของข้อเข่า โดยโครงสร้างเข่าถูกทำลายบางส่วน การผ่าตัดมีหลายวิธี มีราคาสูงกว่าการเปลี่ยนข้อเทียม สามารถชะลอการสึกกร่อนของข้อ ประมาณ 5-10 ปี

(3) การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปวดและทุพพลลง โดยการเปลี่ยนแปลงของข้อเข่าเทียมจะมีค่าผ่าตัดสูงพร้อมทั้งราคาข้อเข่าเทียมมีราคาที่สูง

2.6 สุขภาวะผู้สูงอายุ

ความหมายของผู้สูงอายุ คือบุคคลที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป (กรมอนามัย, 2553) มีการแบ่งเกณฑ์ผู้สูงอายุตามสภาพของการมีอายุเพิ่มขึ้นในลักษณะของการแบ่งช่วงอายุของประเทศไทย ดังนี้ ผู้สูงอายุ (Elderly) คือ อายุระหว่าง 60 - 69 ปี คนชรา (Old) คือ อายุระหว่าง 70 - 79 ปี คนชรามาก (Very old) คือ อายุตั้งแต่ 80 ปี ขึ้นไป

2.6.1 การเปลี่ยนแปลงในวัยผู้สูงอายุ

มีการเสนอภาพปัญหาของผู้สูงอายุจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม 3 ประการใหญ่ ดังนี้

2.6.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย จำแนกออกตามระบบของร่างกายได้ดังนี้ (สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล, 2552)

(1) ระบบคุ้มกัน พบว่ามีการฝ่อของต่อมธัยมัส (thymus) ทำให้ธัยมิกแฟคเตอร์ (thymic factor) ซึ่งเป็นตัวสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายลดน้อยลง จึงมักพบว่าผู้สูงอายุจะมีอาการติดเชื้อง่าย และมีอุบัติการณ์ของมะเร็งในวัยชราสูงเนื่องจากเซลล์กำจัดเชื้อโรคตามธรรมชาติลดลง

(2) ผิวหนัง พบว่าความหนาแน่นและจำนวนเซลล์ในชั้นหนังแท้ลดลงทำให้ผิวหนังเปราะบาง แห้งเป็นขุยง่าย หรือเมื่อโดนแสงแดดนานๆจะทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้ง่าย แต่ใยคอลลาเจน และใยอีลาสติก ซึ่งเป็นความยืดหยุ่นของเส้นเลือด กลับแข็งแรงเพิ่มขึ้นจึงมักพบพราย้ำ (ผื่นแดงเป็นจ้ำเลือดออก) ที่ผิวหนังผู้สูงอายุได้บ่อย

(3) ตา พบว่าไขมันรอบดวงตาและหนังตามีปริมาณลดลง เกิดหนังตาตก ขอบหนังตาม้วนเข้า หรือขอบหนังตาม้วนออกง่าย นอกจากนี้ยังเกิดการหนาตัวและแข็งขึ้นของเลนส์ตามีผลต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายตา หรือการขุ่นมัวของกระจกตาหรือการเกิดต้อกระจกมากขึ้น นอกจากนี้ เซลล์รับแสงลดลงเป็นผลให้ความไวต่อแสงของจอตาลดลงทำให้การมองเห็นในความมืดลดลง ทำให้เกิดพลัดตกหกล้มง่ายขึ้น

(4) การได้ยินและการควบคุมการทรงตัว พบว่ามีการเสื่อมของเซลล์ขนบริเวณส่วนฐานของโคเคลีย (cochlea) และเซลล์ประสาทบริเวณ spiral ganglia ทำให้การได้ยินลดลงความสามารถในการรับฟังเสียงความถี่สูงลดลง การแยกคำแย่ง และการกำหนดตำแหน่งที่มาของเสียงลดลงจึงมักพบว่าผู้สูงอายุจะสูญเสียการได้ยินโดยเฉพาะเสียงที่มีความถี่สูง หรือหูตึง นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์ประสาทเวสติบูลาร์ (vestibular nerve) ซึ่งใช้ในการควบคุมการทรงตัว จึงมักพบว่าผู้สูงอายุจะมีปัญหาเรื่องการควบคุมการทรงตัว นอกจากนี้เซลล์ประสาทเวสติบูลาร์ที่ลดน้อยลงยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้สูงอายุมีอาการมึนงง (dizziness) และอาการบ้านหมุน (vertigo) ง่ายกว่าคนอายุน้อย

(5) ระบบการรับรสและการดมกลิ่น พบว่า ตุ่มรับรสมีจำนวนลดลง ซึ่งจะทำให้การไวต่อการรับรสลดลงโดยความไวของตุ่มรับรสจะลดลงตามลำดับคือ รสเค็ม รสขม รสเปรี้ยว รสหวาน นอกจากนี้เซลล์เยื่อและเซลล์ประสาทที่เกี่ยวข้องกับการดมกลิ่นจะมีจำนวนลดลงเมื่ออายุ 60 ปีเป็นต้นไป จึงพบว่าผู้สูงอายุจะรับประทานอาหารที่มีรสเค็มจัด การไม่ได้กลิ่นแก๊สสูงต้มเมื่อเกิดแก๊สรั่วเพื่ออาหารเพราะไม่ได้กลิ่น เป็นต้น

(6) สมองและไขสันหลัง พบว่าสมองมีน้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 6-11 และจำนวนเซลล์ควบคุมกล้ามเนื้อของไขสันหลังมีจำนวนลดลงเมื่อเข้าสู่วัยชรา อาจมีการลดลงถึงร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังมีการลดลงของโปรตีนอะไมลอยด์ (amyloid protein) ส่งผลให้เกิดการผิดปกติของการสร้างการหลั่งของสารสื่อประสาท โดยเฉพาะสารโดปามีน (dopamine) ซึ่งส่งผลต่อการนอนหลับ การเคลื่อนไหวและการทรงตัวได้ จะเห็นว่าผู้สูงอายุจะมีท่าเดินที่ก้าวสั้นๆและช้าลง หรือเท้าทั้งสองข้างแตะพื้นพร้อมกันในขณะเดินเป็นระยะเวลานาน

(7) ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก พบว่าทั้งเพศหญิงและเพศชายการสลายของกระดูกจะมีมากกว่าการสร้างมวลกระดูกทำให้มวลกระดูกลดลง จะมีการลดลงของมวลกระดูกราวร้อยละ 2 - 4 ต่อปีสำหรับผู้หญิงหลังหมดประจำเดือนใน 5 ปีแรก โดยเฉพาะกระดูกชิ้นใหญ่ เช่น สะโพก สันหลัง ข้อต่างๆ นอกจากนี้ทั้งสองเพศกล้ามเนื้อในร่างกายจะมีเซลล์ไขมันและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อลายมีความแข็งแรงน้อยลง ขณะเดียวกันเส้นประสาทและรอยต่อของเส้นประสาทกับกล้ามเนื้อลายลดลง ทำให้กล้ามเนื้อเกร็งตัวไม่ได้นานเมื่อเทียบกับคนอายุน้อย

(8) องค์ประกอบทั่วไปของร่างกายและระบบโลหิต พบว่าน้ำหนักร่างกายและความสูงลดลงเนื่องจากการยุบตัวของหมอนรองกระดูก ภาวะ Metabolism ที่ทำหน้าที่เผาผลาญอาหารทำงานได้ลดลง ทำให้เกิดการสะสมของไขมันโดยเฉพาะหน้าท้องและภายในช่องท้อง รวมทั้งการสร้างและเก็บความร้อนลดลง จะพบว่าผู้สูงอายุทนทานต่อความเย็นลดลง เมื่ออยู่ในที่อุณหภูมิต่ำโดย

อุณหภูมิที่ผิวหนังของผู้สูงอายุจะลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อจับดูจะรู้สึกที่ผิวหนังของผู้สูงอายุจะเย็น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม

2.6.2.1 การปลดเกษียณหรือการออกจากงาน

ก่อนเกษียณงานคือภาระหน้าที่ที่ต้องแบกไว้ แต่เมื่อเกษียณการได้ทำงานกลับเป็นความรู้สึกตรงข้ามการทำงานกลายเป็นสิ่งที่มีคุณค่า ยิ่งได้รับการยอมรับให้ทำงานต่อกลายเป็นสิ่งที่ผู้สูงอายุเฝ้าหาเพราะการทำงานทำให้บุคคลมีความมั่นคง มีศักดิ์ศรี พึ่งพาตนเองได้แสดงถึงความสามารถศักยภาพของตนเอง การปลดเกษียณหรือออกจากงานจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ถ้าเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปโดยการที่ผู้สูงอายุค่อยๆ ออกจากงานและเดินทางไปด้วยความสมัครใจจะมีผลทางด้านจิตสังคมไม่มากนัก แต่ในทางตรงกันข้ามหากเกิดขึ้นแบบทันทีทันใดหรือบุคคลนั้นยังยึดติดกับงานจะทำให้บุคคลปรับตัวไม่ทัน เกิดความเครียด ไม่มีความสุขและเกิดความรู้สึกสูญเสียได้ซึ่งอธิบายได้ดังนี้คือ (สมภพ เรื่องตระกูล. 2547)

(1) สูญเสียสถานภาพและบทบาททางสังคมจากที่เคยเป็นบุคคลที่มีบทบาท และตำแหน่งต่างๆ มากมาย เป็นผู้นำ มีคนเคารพนับถือในสังคม เปลี่ยนเป็นสมาชิกคนหนึ่งของสังคมมีบทบาท ลดลงทำให้สูญเสียความมั่นคงของชีวิตและรู้สึกว่าตนเองหมดความสำคัญในสังคม อยู่ในสถานะที่ไร้คุณค่า สูญเสียความภาคภูมิใจในตนเอง ทำให้ผู้สูงอายุมีภาพลักษณ์ที่ไม่ดีต่อตนเอง (Poor Self-Image) หรือรู้สึกว่าตนเองกำลังเริ่มเป็นภาระของครอบครัว

(2) สูญเสียการสมาคมกับเพื่อนฝูง เมื่อปลดเกษียณโอกาสที่ผู้สูงอายุจะสมาคมกับเพื่อนฝูงลดลงเนื่องจากปัญหาทางด้านร่างกาย เช่น มีโรคประจำตัวทำให้ช่วยตนเองได้น้อย การเคลื่อนไหวเชื่องช้าทำให้ไม่สะดวกในการเดินทาง เป็นต้น นอกจากนี้ปัญหาทางด้านจิตใจและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจก็มีส่วนทำให้ผู้สูงอายุสมาคมกับเพื่อนฝูงลดลง

(3) สูญเสียสถานะทางการเงินที่ดี เนื่องจากขาดรายได้หรือรายได้ลดลง ขณะที่ค่าครองชีพกลับสูงขึ้นเรื่อยๆ อาจทำให้ผู้สูงอายุมีปัญหาในการดำรงชีพ

(4) แบบแผนการดำเนินชีวิตเปลี่ยนแปลงไปเพราะไม่ต้องออกจากบ้านไปทำงานทำให้ผู้สูงอายุ ต้องปรับเปลี่ยนแบบแผนการดำเนินชีวิตของตนเองใหม่ ขาดความคุ้นเคย เกิดความรู้สึก อึดอัดใจ เกิดความเครียด

2.6.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม

สังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากสังคมเกษตรกรรมเป็นสังคมอุตสาหกรรม ความเจริญก้าวหน้ามีมากขึ้น จากข้อมูลกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ปี พ.ศ. 2551 (อมรา สุนทรธาดา และสุพัตรา เลิศชัยเพชร. 2552) พบว่าปัจจุบัน มโนทัศน์ของคนส่วนใหญ่ต่อผู้สูงอายุเปลี่ยนแปลงไป คนส่วนใหญ่ยึดถือด้านวัตถุนิยม วัตถุนิยมของคนโดยอาศัยความสามารถในการทำงานหาเงิน ดังนั้นลูกหลานเริ่มมีเจตคติต่อผู้สูงอายุเปลี่ยนไปผู้สูงอายุมีคุณค่าลดลงเพราะไม่ต้องพึ่งพาการถ่ายทอดความรู้ อาชีพ และประสบการณ์เหมือนในอดีต ทำให้ผู้สูงอายุถูกมองว่าขาดคุณค่า ขาดความสามารถ มีความคิดไม่ทันสมัย สุขภาพอ่อนแอ ทำให้ผู้สูงอายุเกิดความรู้สึกไม่มั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลอดภัย กลายเป็นคนที่ต้องอาศัยผู้อื่นมากขึ้น อย่างไรก็ตามภาวะเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้สูงอายุแต่ละรายในการเผชิญกับปัญหา ปรัชญาในการดำเนินชีวิต ความเชื่อ ความหวัง ความรู้สึกมีคุณค่ามีศักดิ์ศรีของตนเอง และความรู้สึกปลอดภัยในสังคม ในรายที่แรงกดดันมากๆ และไม่สามารถปรับตัวได้ บุคลิกภาพจะเสียไป กลายเป็นภาระต่อสังคม ก่อให้เกิดปัญหาทางจิตอาจทำร้ายตัวเองและผู้อื่นได้

2.6.2.3 การเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม

ปัจจุบันวัฒนธรรมไทยเปลี่ยนแปลงเป็นวัฒนธรรมทางตะวันตกมากขึ้น ขณะที่ผู้สูงอายุยังมีความคิดเห็นที่คงที่ ยึดมั่นกับคตินิยมของตนเอง ขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมดั้งเดิม ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการเรียนรู้และความจำเกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ลดลง แต่ยังสามารถจำเรื่องราวเก่าๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ประทับใจได้ดี จึงทำให้ผู้สูงอายุเกิดการต่อต้านความคิดใหม่ๆ ก่อให้เกิดช่องว่างระหว่างวัยมากขึ้น ผู้สูงอายุกลายเป็นคนล้าสมัย จู้จี้ขี้บ่น น้อยใจง่าย ทำให้ลูกหลานไม่อยากเลี้ยงดู กลายเป็นส่วนเกินของครอบครัว ผู้สูงอายุจึงแยกตัวเองและเกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายท้อแท้ ไม่มีความสุข (อมรา สุนทรธาดา และสุพัตรา เลิศชัยเพชร. 2552)

2.6.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางด้านอารมณ์และจิตใจ

การเปลี่ยนแปลงสภาพร่างกายและสังคม มีผลโดยตรงต่อสภาพจิตใจของผู้สูงอายุ การมองรูปลักษณ์ของตนเอง และมโนทัศน์ต่อตนเองจะเปลี่ยนแปลงไป ผู้สูงอายุจะปรับสภาวะทางจิตใจและอารมณ์ไปตามการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย และสิ่งแวดล้อมโดยอัตโนมัติ เป็นการเรียนรู้ประสบการณ์ทางจิตใจอย่างต่อเนื่อง ผู้สูงอายุจะมีการปรับและพัฒนาโครงสร้างขององค์ประกอบจิตใจระดับต่างๆ กันไป โดยทั่วไปจะมีการปรับระดับจิตใจในทางที่ตึงามมากขึ้น สามารถคุมจิตใจได้ดีกว่า จึงพบว่าเมื่อคนมีอายุมากขึ้นจะมีความสุขมากขึ้นด้วย ผู้สูงอายุมีลักษณะของโครงสร้างทางจิตใจเฉพาะเป็นของตนเอง ซึ่งจะเป็นรากฐานของการแสดงออกของคน แต่ลักษณะการแสดงออกขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ร่วมด้วย ได้แก่ บุคลิกภาพเดิม การศึกษา ประสบการณ์ สภาพสังคมในวัยเด็ก อย่างไรก็ตามมักพบบ่อยๆ ว่าผู้สูงอายุจะมีความเครียดเนื่องจากโรคทางกายแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง การสูญเสียอาชีพการงาน มีการเสียชีวิตของบุคคลผู้เป็นที่รัก และความเหงาโดดเดี่ยวเนื่องจากการขาดคนดูแล มีการอธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์และจิตใจของผู้สูงอายุไว้ ดังนี้

2.6.2.4.1 ด้านบุคลิกภาพ (Personality) บุคลิกภาพของบุคคลมีพื้นฐานมาจากวัยเริ่มต้นของชีวิตโดยมีพัฒนาการทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคมและสติปัญญาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และอีริกสันเชื่อว่าบุคลิกภาพต้องมีการพัฒนาตลอดเวลาและตลอดชีวิต ในวัยสูงอายุบุคลิกภาพมักไม่ต่างไปจากเดิม แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทางด้านบุคลิกภาพในวัยสูงอายุ อีริก อีริกสัน (Erik Erikson) เชื่อว่าอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอัตมโนทัศน์ การยอมรับของสังคม สถานการณ์ที่เกิดขึ้นและการรับรู้ (ลักขณา สรวิวัฒน์. 2544) ได้แบ่งบุคลิกภาพของผู้สูงอายุไว้ 4 แบบ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) บุคลิกแบบผสมผสาน (Integrated personalities) ซึ่งเป็นบุคลิกภาพที่ดีสามารถพบได้ในผู้สูงอายุ ได้แก่

(1.1) แบบ Reorganizer คือผู้สูงอายุที่ค้นหากิจกรรม เพื่อปรับปรุงความสามารถดั้งเดิมที่หายไปมีการทำกิจกรรมประจำวัน และพึงพอใจต่อชีวิตค่อนข้างมาก

(1.2) แบบ Focused คือผู้สูงอายุที่มีกิจกรรมและระดับความพึงพอใจต่อชีวิตปานกลาง

(1.3) แบบ Disengaged คือผู้สูงอายุที่ถดถอยตนเองออกจากสังคมมีกิจกรรมน้อย แต่พึงพอใจต่อชีวิตที่ตนเองได้เลือกแล้ว

(2) บุคลิกแบบต่อต้าน (Defended personalities) แบ่งเป็น 2 แบบดังนี้

(2.1) แบบ Holding on คือผู้สูงอายุที่เกลียดกลัวความชรา พยายามยึดรูปแบบบุคลิกภาพของตน ในวัยกลางคนไว้ และมีความพึงพอใจในระดับสูงต่อการยึดถือเช่นนี้

(2.2) แบบ Constricted คือ ผู้สูงอายุที่เกลียดกลัวความชรา ชอบจำกัดบทบาทและพฤติกรรมของตนเอง จะมีความพึงพอใจสูงถ้าได้ทำตามบทบาทที่ตนเองต้องการ

(3) บุคลิกแบบเฉยชา และพึ่งผู้อื่น (Passive-dependent personalities) แบ่งเป็น

(3.1) แบบ Succurance seeking คือผู้สูงอายุที่ต้องพึ่งพาผู้อื่นเพื่อตอบสนองความต้องการด้านอารมณ์ของตนเอง

(3.2) แบบ Apathy คือ ผู้สูงอายุที่ไม่สนใจใฝ่สิ่งแวดล้อม มีกิจกรรมน้อย มีพฤติกรรมเฉยชา มีความพึงพอใจต่อชีวิตต่ำ

(4) บุคลิกภาพแบบขาดการผสมผสาน (Disintegrated and disorganized personalities) คือผู้สูงอายุที่ไม่สามารถปรับตัวให้ยอมรับความชราของตนได้ ขาดการควบคุมอารมณ์ มีการบกพร่องด้านความคิดอ่าน และสภาวะจิตใจอย่างเห็นได้ชัด มีพฤติกรรมและความพึงพอใจในชีวิตระดับต่ำ

2.6.3 ความต้องการการตอบสนองทางด้านจิตสังคมของผู้สูงอายุ

การตอบสนองความต้องการทางสังคมและจิตใจของผู้สูงอายุได้แก่ ความตั้งใจต่อการมีชีวิตที่ยืนยาวความต้องการความมั่นคงปลอดภัยในสังคม ความต้องการการเอาใจใส่ดูแลทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ความต้องการการยอมรับนับถือจากลูกหลานและสังคม รวมทั้งความต้องการเป็นส่วนหนึ่งของสังคมโดยการมีส่วนร่วมกิจกรรมและทำประโยชน์ต่อสังคม จะช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถปรับตัวได้ และมีความสุขต่อการใช้ชีวิตในบ้านปลายที่เหลืออยู่ ดังนั้นการจัดบริการสุขภาพให้กับผู้สูงอายุจึงควรเตรียมความพร้อมให้กับผู้สูงอายุในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่กำลังเกิดขึ้น ได้แก่

1. การปรับตัวให้เข้ากับสภาพร่างกายที่เสื่อมลง
2. การปรับตัวให้เข้ากับสถานะที่ไม่ต้องทำงานและมีรายได้ลดลง
3. การปรับตัวให้ยอมรับการจากไปของคู่ครอง เพื่อนสนิทและสมาชิกในครอบครัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การปรับตัวให้ยอมรับแบบแผนของสังคมในกลุ่มผู้สูงอายุด้วยกัน
5. การสร้างความสุขและความพึงพอใจให้กับตนเองสภาวะแวดล้อมที่เป็นจริง
6. การเปลี่ยนแปลงแบบแผนการดำเนินชีวิต

2.6.3.1 การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุเพื่อการจัดบริการสุขภาพ

จากการสังเคราะห์สัดส่วนของผู้สูงอายุที่มีสุขภาพในระดับต่างๆ ซึ่งอาศัยในชุมชนพบว่า ร้อยละ 27 ของผู้สูงอายุในชุมชนเป็นผู้มีสุขภาพดี ร้อยละ 73 มีโรคเรื้อรังอย่างน้อย 1 โรค อย่างไรก็ตาม ได้จำแนกกลุ่มผู้สูงอายุดังกล่าวออกเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะทางสุขภาพและสังคมของผู้สูงอายุดังนี้ (วรรณภา อรุณแสง และลัดดา ดำริการเลิศ. 2553)

กลุ่มที่ 1 : กลุ่มติดสังคม

หมายถึง กลุ่มผู้สูงอายุที่ยังสามารถช่วยเหลือตนเองได้ดี ดำเนินชีวิตในสังคมได้อย่างอิสระ สามารถทำกิจวัตรประจำวันพื้นฐาน และกิจวัตรประจำวันต่อเนื่องได้ เป็นผู้ที่มีสุขภาพทั่วไปดี ไม่มีโรคเรื้อรัง หรือเป็นเพียงผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรค หรือเป็นผู้ที่มีโรคเรื้อรัง 1-2 โรค ที่ยังคงควบคุมโรคได้

กลุ่มที่ 2 : กลุ่มติดบ้าน

หมายถึง กลุ่มผู้สูงอายุที่ช่วยเหลือตนเองได้บ้าง หรือต้องการความช่วยเหลือจากผู้อื่นเพียงบางส่วน มีความจำกัดในการดำเนินชีวิตในสังคม และเป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่มีโรคเรื้อรังที่ควบคุมไม่ได้มีภาวะแทรกซ้อนทางด้านร่างกายหรือทางด้านจิตใจจนส่งผลต่อการรู้จักคิด การตัดสินใจ การปฏิบัติกิจวัตรประจำวันพื้นฐาน

กลุ่มที่ 3 : กลุ่มติดเตียง

หมายถึง กลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองในการทำกิจวัตรประจำวันได้ ต้องการความช่วยเหลือจากผู้อื่นๆ ในเรื่องการเคลื่อนย้าย การปฏิบัติกิจวัตรพื้นฐานประจำวันอื่นๆ มีโรคประจำตัวหลายโรคทั้งที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้มีการเจ็บป่วยเรื้อรังมายาวนานและมีภาวะแทรกซ้อนจากโรคที่เป็นอยู่อย่างไรก็ตามในการจัดบริการสุขภาพที่เน้นด้านการส่งเสริมสุขภาพ การป้องกันโรคและการฟื้นฟูสุขภาพในศูนย์ผู้สูงอายุในชุมชนจึงต้องจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุตามลักษณะทางสุขภาพและสังคมของผู้สูงอายุ และเป้าหมายสุดท้ายคือเกิดความสุขทั้งทางกาย จิต สังคม และปัญญาในผู้สูงอายุ เช่นเดียวกับคำกล่าวทางพุทธศาสนา ถึงธรรมชาติ4 ประการสำหรับผู้สูงอายุที่พึงกระทำและควรทำให้เกิดขึ้นได้แก่ สุขกาย สุขใจ พละนามัยสมบูรณ์ และเพิ่มพูนงานอดิเรก จัดเป็นเส้นทางเริ่มต้นของความสุขในชั้นโลกีย์สุข

2.6.4 สาเหตุของภาวะซึมเศร้า

ภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุเป็นผลจากปัจจัยด้านร่างกาย จิตใจ และสังคมร่วมกันประกอบด้วย ปัจจัยเสี่ยงและปัจจัยเสริมต่างๆ (ลักษณะ สรวิวัฒน์. 2544)

2.6.4.1 ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลให้เกิดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ปัจจัยส่วนบุคคล ผู้ที่เสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า ได้แก่

(1.1) เพศหญิง ผู้หญิงมีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะซึมเศร้ามากกว่าชาย 2-3 เท่า (Busch-mann et al. 2000)

(1.2) เคยมีประวัติซึมเศร้า

(1.3) มีประวัติโรคซึมเศร้าในครอบครัว

(1.4) มีสถานภาพสมรส หม้ายหย่า หรือแยกทาง

(1.5) รายได้ต่ำ ยากจน

(1.6) อยู่ในสถานพักฟื้นคนชรา เนื่องจากสภาพแวดล้อม

(1.7) บุคลิกย้ำคิดย้ำทำ (Obsession) วิตกกังวลได้ง่ายแม้เหตุการณ์เล็กน้อย

(2) ปัจจัยทางสังคม มีความเครียด การสนับสนุนทางสังคม

(3) ภาวะสุขภาพไม่ดีต่อส่วนรวม หมายถึง ความผิดปกติของโรคที่ไม่สามารถทำหน้าที่บทบาททางสังคมได้จึงทำให้เกิดภาวะซึมเศร้า

2.7 การออกกำลังกายในผู้สูงอายุเข้าเล่ม

การออกกำลังกาย (Exercise) หมายถึง การเคลื่อนไหวร่างกายที่มีการใช้กล้ามเนื้อเนื้อมัดใหญ่มากกว่ากล้ามเนื้อเล็ก หรือการกระตุ้นให้ส่วนต่างๆของร่างกายทำงานมากกว่าภาวะปกติอย่างเป็นระบบระเบียบ มีแบบแผนเป็นจังหวะ และทำซ้ำๆเพื่อเสริมสร้าง หรือคงไว้ซึ่งภาวะสุขภาพสมรรถภาพทางกาย ทำให้ร่างกายแข็งแรงโดยคำนึงถึงความเหมาะสมของเพศ วัย และ สภาพร่างกายของแต่ละบุคคลเป็นสำคัญ (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2550)

2.7.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกำลังกาย

2.7.1.1 เพศ พบว่า เพศชายและเพศหญิงให้ความร่วมมือในการออกกำลังกายเท่ากัน แต่เพศชายมีพฤติกรรมการออกกำลังกายมากกว่าเพศหญิง (อรพิน สว่างวัฒนะเศรษฐ์. 2540)

2.7.1.2 การรับรู้ประโยชน์ของการออกกำลังกาย เป็นปัจจัยภายในตัวบุคคลที่ช่วยส่งเสริมการออกกำลังกายของบุคคลอย่างสม่ำเสมอ (ขวัญตา ตรีสกุลวัฒนา และอรพิน สว่างวัฒนะเศรษฐ์. 2540)

2.7.1.3 แรงจูงใจ และแรงสนับสนุนทางสังคม เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุร่วมมือในการออกกำลังกาย โดยการได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากบุคคลในครอบครัว และบุคลากรด้านสาธารณสุข จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้สูงอายุออกกำลังกาย ในทางกลับกันหากผู้สูงอายุขาดแรงจูงใจ และขาดแรงสนับสนุนทางสังคม การออกกำลังกายย่อมลดลง (ขวัญตา ตรีสกุลวัฒนา. 2541)

2.7.1.4 ปัญหาทางสุขภาพ ผู้สูงอายุที่มีปัญหาสุขภาพ เช่น โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ความดันโลหิตสูงหรือเบาหวาน อาจถูกจำกัดการกระทำกิจกรรมต่างๆ และวิธีการออกกำลังกาย

ดังนั้นควรประเมินสุขภาพผู้สูงอายุก่อนเริ่มโปรแกรมการออกกำลังกาย เพื่อปลอดภัยระหว่างออกกำลังกาย (บรรลุ ศิริพานิช. 2551)

2.7.1.5 สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ แสงแดด กระแสลม ระดับความสูงเหนือน้ำทะเล เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ สถานที่ที่ใช้เล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย ลักษณะพื้นผิวของสนาม ความเรียบความสม่ำเสมอ ความหยุนของพื้นผิว มีผลต่อสมรรถนะของผู้ที่ออกกำลังกาย และอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บระหว่างการเล่น ดังนั้นสถานที่ในการออกกำลังกาย จึงควรเลือกให้เหมาะสม ถ้าเป็นกลางแจ้งควรเป็นที่ที่ไม่มีมลภาวะ แดดไม่ร้อน ถ้าเป็นในอาคารควรเป็นที่อุณหภูมิพอเหมาะ และการถ่ายเทของอากาศดี (บรรลุ ศิริพานิช. 2551)

2.7.1.6 เวลา เวลาที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกายขึ้นกับแต่ละบุคคล ซึ่งต้องจัดให้เหมาะสม แต่ไม่ควรเป็นเวลาหลังรับประทานอาหารเสร็จใหม่ๆ หรือช่วงที่ยังมีอาหารอยู่เต็มกระเพาะอาหาร โดยควรออกกำลังกายหลังรับประทานอาหารเย็นไปแล้ว 2 ชั่วโมง (บรรลุ ศิริพานิช. 2551)

2.7.1.7 ผู้ร่วมออกกำลังกาย การมีผู้ช่วยออกกำลังกายที่ดีจะช่วยให้เกิดความสนุกสนาน แลกเปลี่ยนประสบการณ์ และส่งเสริมให้มีการออกกำลังกายเป็นประจำ เพื่อหวังผลทางสุขภาพและหากมีอุบัติเหตุสามารถช่วยเหลือดูแลซึ่งกันและกันได้ทันที (บรรลุ ศิริพานิช. 2551)

2.7.2 ประโยชน์จากการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอในผู้สูงอายุข้อเข่าเสื่อม มีประโยชน์ (วิลโล ซินสกูล. 2545) ดังนี้

2.7.2.1 ข้อเข่าและข้อต่อต่างๆ ของร่างกายมีการเคลื่อนไหว ทำให้การยืดหยุ่นของข้อและกล้ามเนื้อรอบๆ ข้อดีขึ้น ช่วยกระชับและปกป้องข้อต่อต่างๆ ให้มั่นคง

2.7.2.2 กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้น เพิ่มการทำงานที่ประสานกันของกล้ามเนื้อ ระบบประสาทและข้อต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ

2.7.2.3 เพิ่มความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวันได้ด้วยตนเองมากขึ้น

2.7.2.4 ทำให้อารมณ์ดี สุขภาพจิตแจ่มใส เสริมสร้างความมั่นใจและความรู้สึกถึงคุณค่าของตนเอง

2.7.3 หลักและประเภทของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ ซึ่งบุคคลควรปฏิบัติเพิ่มขึ้นจากการทำกิจกรรมประจำวัน โดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับเพศและวัย เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์แข็งแรงของร่างกายและจิตใจ หลักการออกกำลังกายทั่วไปใช้เกณฑ์ FITTE หมายถึง ความถี่ (Frequency) ความหนักเบา (Intensity) ระยะเวลา (Time) และประเภท (Type) ของการออกกำลังกาย (American

College of Sports Medicine : ACSM, 2000) (บรรลุ ศิริพานิช. 2551) โดยมีรายละเอียดดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.1 ความถี่ของการออกกำลังกาย (Frequency of exercise) เป็นการกำหนดจำนวนครั้งในการออกกำลังกายต่อวันหรือสัปดาห์ ควรกระทำอย่างสม่ำเสมอ ในช่วงแรกของการฝึกควรกระทำอย่างน้อย 3 ครั้ง/สัปดาห์ โดยฝึกวันเว้นวัน แล้วจึงเพิ่มความถี่เป็น 5 ครั้ง/สัปดาห์ แต่ไม่ควรออกกำลังกายมากกว่า 6 ครั้ง/สัปดาห์ (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กระทรวงสาธารณสุข. 2545) อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายอย่างเบา สามารถออกกำลังกายได้ทุกวัน ทั้งนี้การกำหนดความถี่ในการออกกำลังกาย มีความสัมพันธ์กับการกำหนดระยะเวลา ความหนักเบาในการออกกำลังกาย และสอดคล้องกับความต้องการ ความสนใจและความสามารถของผู้สูงอายุที่จะออกกำลังกาย (สมนึกกุลสถิตพร. 2549)

2.7.3.2 ความหนักเบาในการออกกำลังกาย เป็นการกำหนดความสามารถในการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ความหนักสัมพัทธ์ และความหนักสัมบูรณ์ ความหนักสัมพัทธ์เป็นการกำหนดความหนักของการออกกำลังกายจากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด คำนวณได้จาก (220-อายุ) ครั้งต่อนาที เป็นที่นิยมเนื่องจากง่ายต่อการประยุกต์ใช้ (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กระทรวงสาธารณสุข. 2545)

2.7.3.3 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย เป็นช่วงเวลาในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง โดยทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 15-60 นาที มีความต่อเนื่องอย่างเพียงพอ ตากการออกกำลังกาย เพื่อความทนทานของปอด และหัวใจ ควรใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที/ครั้ง และติดต่อกันไม่น้อยกว่าครั้งละ 20 นาที (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กระทรวงสาธารณสุข. 2545)

2.7.4 การบริหารร่างกายเพื่อการรักษา

การออกกำลังกายของผู้ป่วยนั้น เป็นการช่วยให้ร่างกายมีการขยับเคลื่อนไหวในทางการรักษาฟื้นฟูสุขภาพเพื่อป้องกันการอ่อนกำลังของกล้ามเนื้อ การยึดติดและหดสั้นของกล้ามเนื้อและข้อต่อ ช่วยเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อของร่างกาย และช่วยลดการบวมที่บริเวณกล้ามเนื้อและข้อต่อ ซึ่งผู้ป่วยรายใดที่มีการบวมอยู่นานจะเป็นผลทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและข้อต่อมาก เพื่อเพิ่มการเคลื่อนไหวและป้องกันการติดของข้อ อาจจำแนกชนิดของการออกกำลังกายได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (เอก ธนะสิริ และวีไล ชินสกุล. 2545) ดังนี้

2.7.4.1 Active exercise คือการออกกำลังกายที่ให้ผู้ป่วยออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อร่วมกับมีแรงจากภายนอกช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหว

2.7.4.2 Active-assistive exercise คือการออกกำลังกายวิธีนี้ต้องช่วยพยุงแขนขาส่วนนั้นไว้แล้วช่วยให้ผู้ป่วยเคลื่อนไหวข้อนั้นๆ ด้วยตัวเองมากที่สุดที่จะทำได้

2.7.4.3 Passive exercise คือการออกกำลังกายให้ข้อกระดูกมีการเคลื่อนไหวเต็มที่ โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องออกแรงเลย การกระทำวิธีนี้มักใช้เป็นวิธีเริ่มต้น ค่อยๆ เพิ่มให้กระดูกมีการเคลื่อนไหวทีละน้อยเมื่อความเจ็บปวดน้อยลงจึงจะเพิ่มการเคลื่อนไหวขึ้นตามลำดับ

2.7.4.4 Passive stretching exercise คือผู้ช่วยหรือผู้บำบัดช่วยดัดยืดเพื่อเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวข้อในกรณีที่มีข้อติด

ผลที่ต้องการในการออกกำลังกายในการบำบัด

- (1) เพื่อป้องกันข้อติด หรือเพิ่มพิสัยการเคลื่อนไหวของข้อ
- (2) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และความทนทาน
- (3) เพื่อเพิ่มการประสานงานกันของกล้ามเนื้อ และทักษะ
- (4) เพื่อการผ่อนคลาย

2.7.5 ขั้นตอนการออกกำลังกายที่ถูกต้อง

ผู้สูงอายุควรออกกำลังกายตามขั้นตอน (สถาบันเวชศาสตร์ ผู้สูงอายุ กรมการแพทย์. 2545) ดังนี้

2.7.5.1 การอบอุ่นร่างกาย และยืดกล้ามเนื้อ (Stretching) เป็นการเตรียมความพร้อมของร่างกายก่อนออกกำลังกายจริง ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที การยืดกล้ามเนื้อทำให้มีการเตรียมของข้อต่อและกล้ามเนื้อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการออกกำลังกายเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อ ทั้งนี้การอบอุ่นร่างกายควรเพิ่มความหนัก และความถี่ของการเคลื่อนไหวที่ละน้อย ทำให้หัวใจค่อยๆ เพิ่มการทำงาน ส่งผลให้เพิ่มอุณหภูมิในกล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เกิดการประสานงานระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ หรือระหว่างกลุ่มกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างถูกต้องและราบรื่น ปรับการหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต เพื่อเตรียมพร้อมในการออกกำลังกาย

2.7.5.2 การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง (exercise) ใช้เวลาอย่างน้อย 10 นาทีจนถึง 30-60 นาที โดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ของร่างกายมีความหนักในการออกกำลังกายในระดับเป้าหมาย เพื่อเพิ่มการใช้พลังงานในร่างกาย เสริมสร้างสมรรถภาพการทำงานของหัวใจ และการหายใจ (cardiorespiratory fitness) และเพิ่มการใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมในร่างกาย

2.7.5.3 ระยะเวลาผ่อนคลาย (cool down) ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที เป็นการลดความหนักในช่วงออกกำลังกายลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งความเหนื่อยลดลง หรืออัตราการเต้นของหัวใจเข้าสู่ใจเข้าสู่ภาวะใกล้เคียงปกติ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับความดันโลหิต และการทำงานของระบบไหลเวียนให้กลับให้กลับสู่ภาวะใกล้เคียงปกติ เช่น ถ้าวิ่งก็ให้ค่อยเปลี่ยนมาเป็นเดินช้าๆ และสิ้นสุดด้วยการยืดกล้ามเนื้ออีกครั้ง

2.7.6 ข้อควรพิจารณาและข้อควรระวังในการออกกำลังกาย

ในการออกกำลังกายของผู้สูงอายุข้อเข่าเสื่อม ควรพิจารณาวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสม และปฏิบัติให้ถูกวิธี เพื่อไม่ให้เพิ่มการเสื่อมของข้อจากการออกกำลังกาย โดยคำนึงถึงโรคประจำตัว ทั้งจากข้อเข่าเสื่อมและโรคอื่นๆ ของผู้สูงอายุ ความรุนแรงและสมรรถภาพทางกายของผู้สูงอายุข้อ

เข่าเสื่อม (วิโร ชินสกุล. 2545 ; สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุประเทศไทย) ดังนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6.1 ควรประเมินสภาพกล้ามเนื้อรอบเข่า ข้อเข่าควรเรียบ กดไม่เจ็บ งอเข่ามาด้านหลังได้ 130 องศา จากแนวเข่าเหยียดตรง ถ้าบวมมีข้ออักเสบข้อเข่าหยาบตึงกดเจ็บ ถือเป็นอาการผิดปกติ ควรงดการออกกำลังกายข้อเข่า

2.7.6.2 อย่าให้มีแรงหรือน้ำหนักถ่วงข้อเท้า เมื่ออยู่ในท่านั่ง เพราะจะดึงให้ข้อเข่าหลวม

2.7.6.3 ไม่ควรออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวรุนแรง เร็วหรือ กระชาก หลีกเลี่ยงท่าที่ทำให้เข่าบิด พังงอ รับน้ำหนักเป็นเวลานาน เพราะจะทำให้บาดเจ็บที่เข่าเพิ่มขึ้น เช่น นั่งยองๆ และลุกขึ้น

2.7.6.4 ในระยะข้อเข่าเสื่อมเฉียบพลันและข้ออักเสบควรเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวโดยขยับข้อด้วยตนเองก่อนวันละ 1-2 ครั้ง เพื่อป้องกันข้อยึดติดเมื่ออาการดีขึ้นค่อยมาทำการบริหารกับเครื่องใหม่

2.7.6.5 ระยะข้อเข่าเสื่อมเรื้อรัง โรคสงบข้อไม่อักเสบ เพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวออกกำลังกายแบบยืดกล้ามเนื้อ เสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการขยับข้อและพัฒนาความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อโดยการออกกำลังกายโดยใช้เครื่องบริหารให้ถูกจุด

2.7.6.6 การออกกำลังกายแบบเพิ่มพิสัยของข้อ และเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นการออกกำลังกายที่สำคัญที่สุด เพราะสามารถลดความเจ็บปวด และพัฒนาการเคลื่อนไหวของข้อ

2.7.7 ข้อควรระวังการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ

2.7.7.1 ถ้ามีการเจ็บตึงบริเวณกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย ควรหยุดพักการเหยียดยืดกล้ามเนื้อส่วนนี้ เพื่อป้องกันการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ

2.7.7.2 ขณะออกกำลังกายข้อเข่า ไม่ควรมีน้ำหนัก รวมทั้งน้ำหนักตัวกดลงบนเข่า เช่น การย่อเข่าแล้วลุกขึ้น เป็นต้น

2.7.7.3 หากมีอาการดังต่อไปนี้ให้หยุดออกกำลังกายทันที และไปพบแพทย์เพื่อรับการตรวจและรักษา

- (1) ใจสั่น มีอาการแน่นหน้าอก อาจร้าวไปที่แขนซ้ายและคอ
- (2) มีอาการเจ็บที่หน้าอก หรือต้นแขน หรือที่ขากรรไกรมักเป็นที่ซี่กซี่
- (3) หายใจถี่ขึ้น เร็วอย่างรุนแรง หายใจลำบาก หรือเวลาหายใจมีเสียงดัง และไอ
- (4) มีอาการวิงเวียน รู้สึกเหมือนจะเป็นลม คลื่นไส้อาเจียน
- (5) เป็นตะคริว มีอาการเจ็บ หรือปวดกล้ามเนื้ออย่างรุนแรง
- (6) หลังการออกกำลังกายแล้วร่างกายมีอาการอ่อนล้าและหมดแรงเป็นเวลานาน

2.7.8 รูปแบบการบริหารข้อเข่า

2.7.8.1 การออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก (Isometric Exercise or Static Exercise) หมายถึง การออกกำลังกายแบบมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ ชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อคงที่แต่มีการเกร็งหรือตึงตัว (Tension) ของกล้ามเนื้อเพื่อต้านกับแรงต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) การออกกำลังกายทำพื้นฐานที่ใช้ในการบริหารข้อเข่าแบบไฮโซเมตริกวัตฤประสงค์
ป้องกันข้อยึดติดเพิ่มพิสัยของข้อ

วิธีการทำที่ 1



ภาพที่ 2.23 นอนหงาย

ที่มา : สมาคมรูมาตีสซึมแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 2.24 งอเข่าเข้าหาลำตัวเท่าที่ไม่ปวด

ที่มา : สมาคมรูมาตีสซึมแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 2.25 แล้วเหยียดออกไปจนสุด ทำซ้ำ 5-10 ครั้งแล้วสลับไปทำอีกข้างหนึ่ง วันละ 2-5 รอบ
ที่มา : สมาคมรูมาตีสซึมแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการท่าที่ 2



ภาพที่ 2.26 นอนคว่ำ

ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 2.27 งอเข่าเข้าหาลำตัวเท่าที่ไม่ปวด

ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย



ภาพที่ 2.28 เหยียดขาออกไปจนสุด ทำซ้ำ 5-10 ครั้งแล้วสลับไปทำอีกข้างหนึ่งทำวันละ 2-5 รอบ
ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทำที่ 3

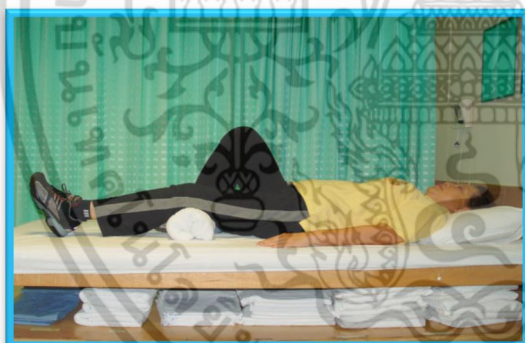


ภาพที่ 2.29 นิ่งเหยียดขาว่างเท้าข้างหนึ่งบนหมอนหรือสมุดโทรศัพท์เหยียดขาให้ตั้งเข่าตรง ค้างไว้ 5-10 วินาทีและสลับไปทำอีกข้างหนึ่ง 5-10 ครั้งทำวันละ 2-5 รอบ

ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย

(2) การบริหารเพื่อความแข็งแรง และทนทานของกล้ามเนื้อรอบข้อ (Strengthening and endurance exercise) วัตถุประสงค์ เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่า

วิธีการทำที่ 4



ภาพที่ 2.30 นอนหงาย ใช้หมอนใบเล็กหนุนใต้เข่า ให้อ่อนเล็กน้อยค่อยๆ เกร็งให้เข่าเหยียดตรง ค้างไว้ 3-5 วินาที แล้วพักทำซ้ำ 5-10 ครั้งและสลับไปทำอีกข้างหนึ่ง ทำวันละ 2-4 รอบถ้าต้องการเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ ทำซ้ำเพิ่มได้ถึง 20 ครั้งโดยไม่ทำให้ข้อเข่าเจ็บปวด

ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทำที่ 5



ภาพที่ 2.31 นอนหงายชันเข่าข้างหนึ่ง ขาอีกข้างเหยียดตรงค่อยๆ เกร็งกล้ามเนื้อหน้าขา แล้วยกขาขึ้นจากพื้น 6-8 นิ้วค้างไว้ 3-5 วินาที แล้วพักทำซ้ำ 5-10 ครั้งแล้วสลับไปทำอีกข้างหนึ่ง
ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย

วิธีการทำที่ 6



ภาพที่ 2.32 นอนคว่ำ งอขาข้างหนึ่งสูงจากพื้น 6-8 นิ้วค้างไว้ 3-5 วินาที แล้วพักทำซ้ำ 5- 10 ครั้งแล้วสลับไปทำอีกข้างหนึ่ง ทำวันละ 2-5 รอบ
ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย

วิธีการทำที่ 7



ภาพที่ 2.33 นั่งเก้าอี้ และพิงพนักเก้าอี้ เหยียดขาข้างหนึ่งออกค้างไว้ 3-5 วินาที แล้วพัก
ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย
เอกสารนี้เป็นเอกสารไว้สำหรับใช้ในวงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

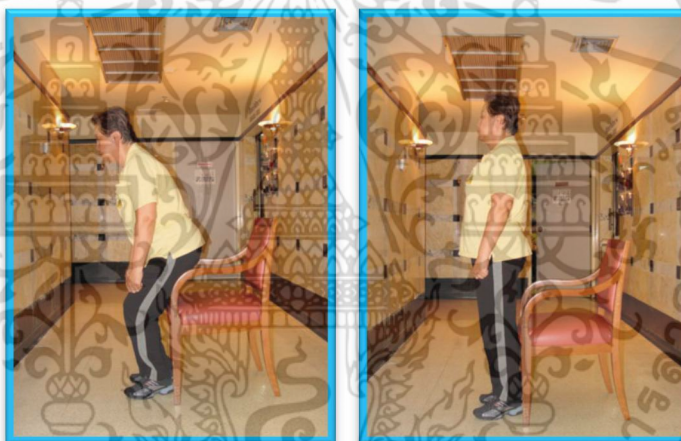
ท่าที่ 12-13 ถ้าต้องการเพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ ทำซ้ำ เพิ่มได้ท่าละ 20 ครั้ง โดยไม่ทำให้ข้อเข่าเจ็บปวด

ถ้าต้องการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ให้ใช้น้ำหนัก 0.5-1 กิโลกรัม พันรอบข้อเข่า แล้วทำตามวิธีการท่าต่าง ๆ เช่นเดิม ทั้งนี้จะต้องไม่ทำให้เกิดความเจ็บปวดในข้อเข่า หรืออาจใช้ขาอีกข้างหนึ่งมาวางไขว้บนขาที่ยกขึ้นเพื่อให้เป็นน้ำหนักถ่วงเวลากขาขึ้นก็ได้

(3) การบริหารเพื่อความมั่นคงและความคล่องตัวของข้อเข่า (Closed kinetic chain exercise)

วัตถุประสงค์ เพิ่มความมั่นคงของข้อเข่า โดยกระตุ้นประสาท proprioceptive joint เพิ่มความคล่องตัวของข้อเข่า เพื่อความพร้อมพร้อมของชุดกล้ามเนื้อขา และลำตัว สำหรับการใช้งานต่าง ๆ เช่น ลุก ยืน เดิน เป็นต้น

วิธีการท่าที่ 8



ภาพที่ 2.34 นั่งเก้าอี้ แล้วลุกยืน-นั่ง สลับไปมา 5-10 ครั้ง ทำวันละ 2-5 รอบ

ที่มา : สมาคมรูมาติสซั่มแห่งประเทศไทย

หมายเหตุ

ท่าบริหาร 14-15 ไม่ควรทำขณะที่มีข้อเข่าอักเสบเฉียบพลัน ควรเริ่มท่าบริหารจากท่าง่ายๆ แล้วค่อยๆ เพิ่มไปยังท่าที่ยากขึ้น ไม่จำเป็นต้องทำทุกท่า ในระยะเริ่มต้น เมื่อผ่านท่าต่างๆ ได้แล้ว จึงค่อยไปทำท่าที่ยากขึ้น

กรณีทีบริหารท่าใดแล้วเกิดความเจ็บปวดในข้อเข่าหรือกล้ามเนื้อรอบ ๆ ข้อ ให้หยุดทำแล้วปรึกษาแพทย์

2.7.8.2 การออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค (Isotonic Exercise or Dynamic Exercise)

หมายถึง การออกกำลังกายแบบมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ ชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อมีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลง และอวัยวะมีการเคลื่อนโดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนไหวประมาณ 60 องศาต่อวินาที เป็นการบริหารกล้ามเนื้อตามส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยกำหนดน้ำหนักต้านในการออกกำลังให้คงที่ตลอดเวลา ยกตัวอย่างการบริหารข้อแบบไอโซโทนิค ด้วยโต๊ะบริหารแบบ N-K Table ซึ่งการบริหารในรูปแบบนี้จะสามารถแบ่งการทำงานของกล้ามเนื้อออกเป็น 2 ลักษณะคือ

(1) คอนเซนตริก (Concentric) คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่ความยาวของกล้ามเนื้อหดสั้นเข้าทำให้น้ำหนักเคลื่อนเข้าหาลำตัว เช่น การยกน้ำหนักเข้าหาลำตัว ทำวิดพื้นในขณะที่ลำตัวลงสู่พื้น

(2) เอกเซนตริก (Eccentric) คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่มีการเกร็งกล้ามเนื้อและความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เช่น ยกน้ำหนักออกจากลำตัว ทำวิดพื้นในขณะที่ยกลำตัวขึ้น

2.7.8.3 การออกกำลังกายแบบไอโซคิเนติก (Isokinetic Exercise) หมายถึง การออกกำลังกายชนิดที่การทำงานของกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ตลอดช่วงเวลาของการเคลื่อนไหว โดยใช้ความเร็วคงที่ในการเคลื่อนไหวประมาณ 1 องศาต่อวินาที ถึง 300 องศาต่อวินาที และปรับเปลี่ยนแรงต้านในการออกกำลังให้ผู้ป่วยได้ออกแรงอยู่ในช่วงความเร็วคงที่ตลอดเวลา

2.8 ทฤษฎีและหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.8.1 การแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ ให้เป็นแนวทางปฏิบัติ (Quality Function Deployment: QFD)

เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยเป็นเทคนิคที่ใช้ในการเปลี่ยนความต้องการของลูกค้ามาเป็นผลิตภัณฑ์อย่างเป็นขั้นตอนและมีระบบ โดยอาศัยหลักการ และเทคนิคทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำ และจากนั้นจะทำการเจาะลึกไปยังส่วนประกอบต่างๆของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณภาพที่สามารถทำการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ หรือเป็นการเจาะลึกเข้าไปยังวิธีการตอบสนองความต้องการในแต่ละส่วนการผลิต (มณฑรี ศาสนันท์. 2546)

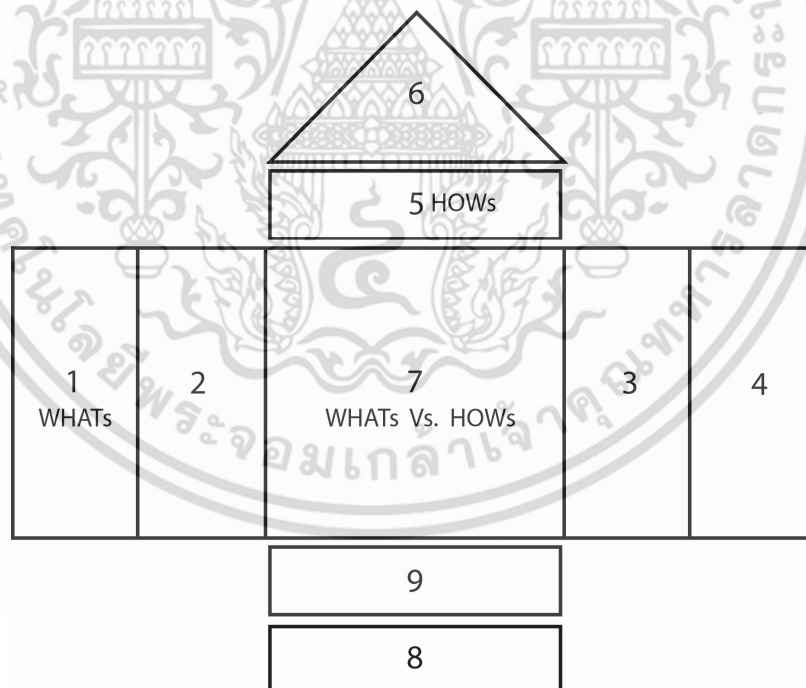
2.8.1.1 ปัจจัยการผลิตของผู้ใช้งานที่เป็นข้อมูล

- (1) การระบุสิ่งที่ผู้ใช้เห็นว่าจำเป็นหรือต้องการให้มี (voice of the customer: VOC)
- (2) ค่านิยมความเชื่อการดำรงอยู่
- (3) การระบุลักษณะของสินค้าที่ตรงความต้องการของผู้ใช้
- (4) วางแผนระบบการผลิตสินค้า
- (5) สภาพเศรษฐกิจในประเทศ
- (6) เทคโนโลยีและศักยภาพความสามารถ
- (7) มุมมองที่มีต่อการออกแบบพัฒนา
- (8) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.2 ขั้นตอนการทำงานของ QFD

- (1) ระบุความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) หรือคุณภาพที่ลูกค้าต้องการ (Required Quality) (มณฑรี ศาสนันท์. 2546)
- (2) ประเมินระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ
- (3) เปรียบเทียบสินค้าของบริษัทกับสินค้าของคู่แข่งจากมุมมองของลูกค้า
- (4) ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งของตนเองและคู่แข่งแล้วกรอกลงในช่องทางขวามือของบ้านคุณภาพแยกตามความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ
- (5) ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Characteristics) หรือองค์ประกอบคุณภาพ (Quality Element)
- (6) แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคาของบ้านคุณภาพ
- (7) หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อลงในแมทริกซ์ความสัมพันธ์ตรงส่วนกลางของตัวบ้านคุณภาพ
- (8) กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ
- (9) ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย



ภาพที่ 2.35 บ้านคุณภาพ (House of quality)

ที่มา : สมานทิ เทพมะที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.3 แสดงส่วนประกอบของ HOQ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดตามลำดับตัวเลขดังนี้

- (1) ระบุความต้องการ หรือคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการ โดยการสัมภาษณ์หรือ ออกแบบสอบถาม นำมาจัดเรียงความต้องการของลูกค้า (WHATs) ลงในช่องริมซ้ายของ HOQ
 - (2) ประเมินระดับความสำคัญของ WHATs แต่ละข้อ
 - (3) เปรียบเทียบสินค้าของตนเองกับคู่แข่งจากมุมมองของผู้ใช้งาน
 - (4) ประเมินจุดอ่อน จุดแข็งของตนเองและคู่แข่ง ลงในริมนขวาสุดของ HOQ แยกตามความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ
 - (5) ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค (Technique Characteristics) ที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ (HOWs) ลงในช่องด้านบนของ HOQ
 - (6) แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคา
 - (7) หาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง WHATs และ HOWs ลงไปตรงส่วนกลางของ HOQ
 - (8) กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ โดยพิจารณาจากระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เมตริกซ์ WHATs vs. HOWs และข้อมูลเปรียบเทียบกับคู่แข่งประกอบกัน
 - (9) ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายอันเป็นเป้าหมายการดำเนินงาน
- เมื่อเราใช้ ขั้นตอนการทำงานของ QFD ในการหาความต้องการจากผู้ใช้งานโดยแปลงความต้องการของลูกค้า ให้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิค เพื่อที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่อไป

2.8.2 เครื่องมือสำหรับแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ)

เป็นหลักการในการคิดค้น และออกแบบประดิษฐ์กรรมสำหรับแก้ปัญหาต่างๆ ที่พบในทางอุตสาหกรรม ให้มีฟังก์ชันการใช้งานสูงสุด หรือเพิ่มความเป็นอุดมคติ (Ideality) และลดทรัพยากรที่ต้องใช้ (Resources) ซึ่งจะมีข้อจำกัดของความขัดแย้งกัน (Contradiction) ของตัวแปรต่างๆ โดยนำข้อมูลความต้องการที่หาจาก QFD (Qualitative Function Deployment) มาแปลงข้อมูลในการแก้ปัญหาทางการออกแบบ (ผศ.ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์ และคณะ. 2550)

2.8.2.1 ขั้นตอนการทำงานของ TRIZ

- (1) การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์ IPS (Inventive Problem Solving)
- (2) การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง FA (Failure Analysis)
- (3) การคาดคะเนข้อบกพร่อง FP (Failure Prediction)
- (4) รูปแบบของวิวัฒนาการของระบบเทคโนโลยี DE (Directed Evolution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.2 ประโยชน์ใช้สอย (Function)

ประโยชน์ใช้สอยในการออกแบบจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) ประโยชน์ใช้สอยทางจิตใจ (Psychological Function) ในการออกแบบประเภทต่างๆ จะมีหน้าที่ใช้สอยที่อยู่ลึกลงไปนอกเหนือจากการตอบสนองการใช้งานที่อาจวัดผลได้แล้วงานออกแบบยังต้องสามารถตอบสนองความต้องการทางจิตใจ สร้างให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจ ชอบใจหรือถูกใจสำหรับผู้ใช้ในการด้านต่างๆ ดังนี้

- (1.1) ความสะอาดตามีเอกลักษณ์น่าสนใจ
- (1.2) ความมีค่ามากกว่าราคาที่ใช้ปรากฏ
- (1.3) ความน่าเชื่อถือไว้วางใจ
- (1.4) ความมีระเบียบ เป็นสัญลักษณ์แสดงภาพพจน์ความมีสถานะ

(2) ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ คือ ประโยชน์ใช้สอยที่ส่งผลโดยตรงต่อผู้ใช้ทางร่างกายมีความชัดเจนสามารถจับต้องใช้งานตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพยังจำแนกออกเป็น 2 ด้าน

(2.1) ประโยชน์ใช้สอยหลัก คือ ประโยชน์เฉพาะโดยตรงที่งานออกแบบนั้นๆ จะต้องทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์เป็นประโยชน์สำคัญซึ่งผู้สร้างริเริ่มตามความมุ่งหมาย เช่น แก้วอ้อมีประโยชน์ใช้สอยหลักเพื่อให้นั่งได้ ยานพาหนะก็ต้องสามารถใช้โดยสารเพื่อเดินทางเคลื่อนที่ไปถึงที่หมายได้

(2.2) ประโยชน์ใช้สอยรอง คือ ประโยชน์ใช้สอยที่มีเพิ่มเติมเพื่อส่งเสริมให้ประโยชน์ใช้สอยหลักสามารถใช้งานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น แก้วอ้อมนอกจากใช้นั่งได้แล้ว แก้วอ้อมบางประเภทสำหรับการใช้งานแต่ละสถานที่จำเป็นต้องออกแบบให้มีประโยชน์ใช้สอยสนับสนุนในด้านอื่นๆ ดังนี้

- (2.2.1) ความสะดวกสบายในการใช้งาน
- (2.2.2) ความปลอดภัย
- (2.2.3) การดูแลบำรุงรักษาได้ง่าย
- (2.2.4) ความแข็งแรงทนทานตามอายุการใช้งาน
- (2.2.5) มีขนาด-น้ำหนัก ที่เหมาะสมต่อการยกย้าย
- (2.2.6) ความประหยัดพื้นที่ทั้งขณะใช้และขนาดเก็บรักษา
- (2.2.7) มีความเหมาะสมทั้งราคาสินค้าและค่าบำรุงรักษา

ประโยชน์ใช้สอยในงานออกแบบจึงมีได้กว้างขวางและเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบที่นักออกแบบจำเป็นต้องรู้อย่างชัดเจน การค้นหารวบรวมข้อมูลด้านการใช้สอยไม่เพียงได้จาก การศึกษาการสอบถาม การสังเกต และการคาดเดาเท่านั้น บางครั้งจำเป็นต้องทำการสำรวจหาความต้องการ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างครบถ้วนและถูกต้องแม่นยำ เมื่อได้ผลงานออกแบบมาแล้วการ

ตรวจสอบวัดผลก็มีระดับของความยากง่ายแตกต่างกันด้วยถ้าเป็นประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้เครื่องมือ หรือตั้งหลักเกณฑ์สำหรับใช้ประเมินได้อย่างชัดเจนมากกว่าประโยชน์ใช้สอยทางจิตใจ ซึ่งต้องใช้ความรู้สึกของผู้ประเมินในการวัดจึงทำให้เป็นประเด็นที่ยังคงมีการโต้แย้งกันอยู่เสมอ (นวลน้อย บุญวงษ์. 2539: 94-95)

2.8.3 กระบวนการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อผู้ป่วยโรคเบาเสื่อม

2.8.3.1 ในการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวมีกระบวนการตามขั้นตอนดังนี้ (Earle. 1992. อ้างในนริช สุตสังข์. 2543 : 29)

- (1) การตีปัญหา (Problem Identification)
- (2) การออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design)
- (3) การกลั่นกรองการออกแบบ (Design Refinement)
- (4) การวิเคราะห์ (Analysis)
- (5) การตัดสินใจ (Decision)
- (6) ต้นแบบขั้นสมบูรณ์ (Implementation)

2.8.3.2 วิคเตอร์ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2542) ได้เสนอขั้นตอนระบบการพัฒนา การออกแบบ โดยตั้งอยู่บนพื้นฐาน ดังนี้

- (1) ตั้งสมมุติฐานหรือวัตถุประสงค์ของงานออกแบบที่ชัดเจน
- (2) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- (3) วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลข้อดีข้อเสีย เพื่อการตัดสินใจในการเลือกข้อมูล และการแก้ปัญหา
- (4) ลงมือปฏิบัติในหลายๆรูปแบบ และนำมาศึกษาเปรียบเทียบ
- (5) เลือกแบบที่ดีที่สุดทำหุ่นจำลอง
- (6) นำแบบจำลองไปให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทดลองใช้
- (7) ปรับปรุงแก้ไข

2.8.4 หลักการออกแบบอุตสาหกรรม

2.8.4.1 การออกแบบต่างๆ ไป โดยเฉพาะทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นักออกแบบต้องพิจารณาด้านต่างๆ ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 10-12)

(1) หน้าที่ใช้สอย (Function) การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถทำหน้าที่ได้ตามวัตถุประสงค์จะต้องเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอยและการใช้งาน เช่น โทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ โน้ตบุค

(2) ความปลอดภัย (Safety) ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้เกี่ยวข้องด้วย ความปลอดภัยทั้งการใช้งานและหลังการใช้งาน ไม่สร้างมลพิษให้กับสังคมโลก นักออกแบบต้องคำนึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดความเสียหายโดยรวม เพราะทุกวันนี้ นักออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งเกิดความรู้ไม่ทันกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี เพราะเกิดการแข่งขันสูง มองผลประโยชน์มากกว่าความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม

(3) ความแข็งแรง ทนทาน (Durability) ต้องสนองต่อหน้าที่ได้เป็นเวลานานตามที่กำหนดไว้ในคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ คือ สิ่งที่ต้องสร้างต้องแข็งแรง ทนทาน ระบบกลไก ระบบไฟฟ้า วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ที่ดี

(4) ความประหยัด (Economic) สามารถที่จะผลิตได้ในระบบการเศรษฐศาสตร์ หมายความว่า จะต้องใช้วัสดุอย่างประหยัดและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานโดยที่ราคาไม่แพง มันจะเป็นการสูญเสียเปล่าที่จะนำสิ่งของให้มีความทนทานมากกว่าหน้าที่ของมัน ความต้องการของงาน ทางด้านการประหยัดนั้นต้องการวัสดุที่หาได้ง่าย ผลิตได้ง่ายและสามารถถอดประกอบเข้าด้วยกันได้

(5) วัสดุ (Material) ต้องเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับงานมีความทนทานและประหยัด โลหะแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างกันไป มีความสวยงามในตัวเอง เช่น ทองแดง ทองเหลือง สแตนเลส และอะลูมิเนียม ต่างก็มีพื้นผิวงามตาม ธรรมชาติ ก่อนนำโลหะมาใช้ ท่านต้องแน่ใจว่าวิธีการที่ยุ่งยาก วิธีการนำไปใช้ การขึ้นรูปทำโค้ง ทำรูปร่างและเชื่อมต่อ

(6) โครงสร้าง (Construction) วิธีการทำโครงสร้างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดควรทำให้เหมาะสมกับงาน มีความทนทาน ประหยัดและใช้วัสดุที่เหมาะสม

(7) กรรมวิธีการผลิต (Production) เมื่อทำการออกแบบแล้ว สามารถจะทำการผลิตได้ง่าย การผลิตโครงการที่ท่านทำในโรงปฏิบัติงานโลหะแต่ละชิ้นส่วน ควรรวมเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี

(8) การซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance) เมื่อนำไปใช้งานได้รับความเสียหายควรสามารถแก้ไขและซ่อมแซมได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเมื่อมีการชำรุดเสียหาย

(9) การขนส่ง (Transportation) นักออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ค่าขนส่ง สามารถขนส่งสะดวกทางบกและทางน้ำหรือทางอากาศ ต้องบรรจุหีบห่ออย่างไรที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย

2.8.5 กฎการเลือกใช้วัสดุ

ในการเลือกใช้วัสดุต่างๆ มาใช้เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้นมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับ การเลือกใช้ที่ถูกต้องและเหมาะสม การเลือกใช้วัสดุมีข้อกำหนดและกฎในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 106-109)

2.8.5.1 Formability ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นเป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย

2.8.5.2 Machinability ความสามารถที่จะให้วัสดุนั้นสำเร็จรูปได้ต้องอาศัยเครื่องจักรกล

2.8.5.3 Mechanical-Stability คุณสมบัติทางกลในขณะที่ใช้งานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

2.8.5.4 Elect Cal Behaviors คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับงาน

2.8.5.5 Cost ราคาพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุต้องสัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอยหลัก ประโยชน์ใช้สอยรอง ประโยชน์ใช้สอยทางด้านจิตใจ ซึ่งการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าว ให้สอดคล้องและสัมพันธ์กัน นวพลน้อย บุญวงษ์ 2539 ทฤษฎีที่ว่าด้วยประโยชน์ใช้สอย

2.8.6 กรรมวิธีการผลิต

การผลิตเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมา จากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ การดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของการกระทำก่อนหลังกล่าวคือ จากวัตถุดิบที่มีอยู่จะถูกแปรสภาพให้เป็นผลผลิตที่มีอยู่ในรูปเพิ่มความต้องการเพิ่มให้การผลิตบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวนั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการให้อยู่ในรูปของระบบผลิต ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 150-151)

2.8.6.1 ปัจจัยการผลิต (Input)

2.8.6.2 กระบวนการแปรสภาพ (Conversion)

2.8.6.3 ผลผลิต (Output) (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 106-109)



2.8.7 ผลิตภัณฑ์ที่ดี

ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทนทานที่สุด ใช้วัสดุที่ดีที่สุด มีประโยชน์ใช้สอยที่หลากหลาย สวยงาม แข็งแรง หากแต่ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับราคาในระดับที่ผู้บริโภคสามารถรับได้แต่ละกลุ่ม (ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวศา. 2557 : 13-14) ผลิตภัณฑ์ที่ดี (Good Product) ในความหมายของ ผู้ใช้หรือผู้บริโภค (User) จะเป็นมุมมองที่มีความแตกต่างจากมุมมองนักออกแบบทั้งในลักษณะของความต้องการและการแสดงออก เนื่องด้วยการมองเห็นคนละมุมซึ่งก็ล้วนเป็นมุมมองที่มองมายังตัวของผลิตภัณฑ์และสามารถแสดงผ่านรูปร่างและการใช้งานตัวผลิตภัณฑ์ออกมาทางความรู้สึกและการใช้งานตลอดจนลักษณะของการมองด้านความต้องการของผู้ใช้จะมีความแตกต่างจากนักออกแบบ เพราะผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้น สามารถที่จะมองได้หลากหลายมุมมอง เช่น มุมมองผู้บริโภค มุมมองผู้ผลิต มุมมองนักออกแบบ มุมมองนักการตลาด(ผู้ขาย) เป็นต้น มุมมองของผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นได้จากการรับรู้และสัมผัสผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นนั้นเข้าไปเกี่ยวข้องกับวิถีของคนผู้นั้นอย่างไร สถานะใด ซึ่งจะสะท้อนออกมาทางความรู้สึกมุมมองในด้านต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มมุมมองที่มีต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.7.1 ผลิตภัณฑ์ที่ดีในมุมมองผู้บริโภค (ผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์)

เป็นผลสะท้อนการมองของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่สามารถตอบสนองต่อความประสงค์ในการใช้งานตามที่ต้องการเป็นเป้าประสงค์หลัก ซึ่งมักที่จะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ จากนั้นผลด้านเป้าประสงค์รองมักจะไม่ค่อยมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อมากนัก ซึ่งหากราคาของผลิตภัณฑ์มักจะส่งผลโดยตรงต่อการตัดสินใจ

2.8.7.2 ผลิตภัณฑ์ที่ดี ในมุมมองผู้ผลิต

ผลิตภัณฑ์ที่ดีสำหรับกลุ่มผู้ผลิตนั้นจะเป็นการสร้างมุมมองไปที่กระบวนการผลิตที่แปรผันกับผลกำไรต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ซึ่งจะมีความสอดคล้องกับการพยายามลดต้นทุนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุดเพื่อเพิ่มกำไรต่อชิ้นให้มากยิ่งขึ้น

2.8.7.3 ผลิตภัณฑ์ที่ดีในมุมมองผู้ค้า (ผู้จำหน่ายสินค้า)

สำหรับมุมมองที่มีต่อ ผลิตภัณฑ์ที่ดี แตกต่างจากมุมมองของสถานะอื่นๆ เนื่องจากจะอาศัยการกำหนดด้วยการพิจารณาจากการขายสินค้าแล้วผู้บริโภคมีความสนใจและเลือกซื้อไปใช้งาน (กระแสตอบรับจากตลาดและผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์) ซึ่งจะมีความสอดคล้องกันต่อเนื่องเป็นลูกโซ่มุมมองที่ตอบสนองกันอย่างเป็นทอดๆ

2.8.7.4 ผลิตภัณฑ์ที่ดี ในมุมมองนักออกแบบ

ในกลุ่มนี้มักที่จะแสดงมุมมองที่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ผ่านมา เนื่องด้วยกลุ่มนักออกแบบจะมองตามหลักการทางการออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างครอบคลุมเบื้องต้น เช่น ประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม ราคา การผลิต เอกลักษณ์เฉพาะตัว เป็นต้น ซึ่งโดยรวมแล้ว ผลิตภัณฑ์ต้องสามารถตอบสนองได้ตามหลักการทางการออกแบบอย่างครบถ้วนและมักจะเพิ่มในส่วนของแพ็คเกจ รวมถึงการพิจารณาจากกระแสแนวโน้มการออกแบบโลก แต่โดยมากจะต้องทำการนำเสนอตัวตนของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์คู่แข่งที่มีอยู่ในตลาดออกไป เพื่อสร้างตัวตนและมุมมองใหม่ให้กับตัวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนา ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ดี ของนักออกแบบจึงแปรผันได้อย่างหลากหลายไม่คงที่ สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลาที่ผ่านหรือกระแสของโลกนั่นเอง

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ดี (Good Product) จะมีความหมายที่หลากหลายแปรผันตามกลุ่มผู้ที่สัมผัสสินค้าผลิตภัณฑ์นั้นว่าอยู่ในบริบทของกลุ่มสัมผัส ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ดีจึงมีความหมายแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่มีจุดร่วมทางความคิด คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองประโยชน์ใช้สอยหลักและมีความสวยงาม ดึงดูดให้เกิดความต้องการ ซึ่งในเบื้องต้นผลิตภัณฑ์จะต้องมีจุดเด่นและนำเสนอตัวเองได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองกลุ่มที่สัมผัสผลิตภัณฑ์ต่างๆนั้นจะต้องสามารถสนองความต้องการของกลุ่มบุคคลได้และยังต้องมีความสามารถในการขายด้วยชิ้นของผลิตภัณฑ์เอง

2.8.8 การศึกษาปัจจัยด้านเออร์กอนอมิกส์ที่สัมพันธ์กับการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกายส่วนขา

2.8.8.1 อายุ (Age) โดยวงจรชีวิตของข้อต่อตามธรรมชาติแล้ว มักจะค่อยๆเสื่อมสภาพลง ฉะนั้นพิสัยของการเคลื่อนไหวร่างกายมนุษย์ค่อนข้างจะมีค่ามากในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นแต่จะลดน้อยถอยลงเรื่อยๆ เมื่ออยู่ในวัยสูงอายุ โดยข้อต่อจะเริ่มมีตัวส่วนเซลล์กล้ามเนื้อที่ประกอบเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อก็จะค่อยๆ แทนที่ด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่ไม่ได้ทำหน้าที่หดตัว มีผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดน้อยลงเรื่อยๆ ซึ่งก็จะเป็นปัจจัยประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อพิสัยการเคลื่อนไหว ร่างกายของคนเรา

2.8.8.2 เพศ (Gender) โดยปกติแล้วผู้ชาย จะมีพิสัยในการเคลื่อนไหวมากกว่าผู้หญิง เนื่องจากลักษณะโครงสร้างกระดูกของผู้ชายจะมีขนาดใหญ่และแข็งแรงกว่า และข้อต่อของกระดูกก็มีพื้นที่สัมผัสใหญ่และกว้างก็ผู้หญิง รวมทั้งปริมาณของเส้นใยกล้ามเนื้อก็มากกว่าด้วย สิ่งเหล่านี้ทำให้ค่าพิสัยการเคลื่อนไหวในเพศชายและหญิงมีความแตกต่างกันดังกล่าว

2.8.8.3 ขนาดรูปร่าง (Body build) มนุษย์เราโดยทั่วไปจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ตามขนาดรูปร่างคือ พวกอ้วนล่ำ (Endomorph) พวกสันทัด (Mesomorph) และพวกผอมบาง (Ectomorph) ดังนี้

(1) คนอ้วนล่ำ จะมีอวัยวะเพศค่อนข้างอวบกลม มีเนื้อนิ่ม มีเนื้อเยื่อไขมันสะสมมาก กระดูกเล็ก ศีรษะกลม คอกลมสั้น หน้าอกเล็ก ลำตัวหนาสั้น มีหน้าท้องยื่นออกมามาก แขนขาสั้นกลม และมีความหนาแน่นของร่างกาย (Body density) ต่ำ

(2) คนสันทัด จะมีอวัยวะเพศค่อนข้างลงตัว มีกระดูกใหญ่ และมีกล้ามเนื้อแน่น แข็งแรงกล้ามเนื้อมีน้ำหนักมาก หน้าอกผาย ไหล่ผิง เอวคอดเล็ก ไม่มีหน้าท้องยื่นออกมา และมีความหนาแน่นของร่างกายสูง

(3) คนผอมบาง จะมีสัดส่วนในทางสูงมากกว่าทางกว้างหน้า ศีรษะเล็ก หน้าเล็ก แก้มตอบ คอยาว ลำตัวค่อนข้างสั้น หน้าอกห่อ ไหล่ลู่ตัก มีแขน-ขาเรียวยาวและเล็กมีมัดกล้ามเนื้อและไขมันสะสมน้อย

ดังนั้น วิศวกรรมมนุษย์เป็นเทคนิคในการวัดค่าและตัดสินความสามารถในการเคลื่อนไหวในระยะเขตปกติจึงข้อต่อ ถ้าเป็นทางการแพทย์แล้ว ก็จะเป็นวิธีการตรวจหาและตัดสินความรุนแรงของอาการบาดเจ็บของข้อต่อ หมายความว่า ถ้าบาดเจ็บมาก ข้อต่อก็จะมีพิสัยเคลื่อนไหวน้อยลงจากปกติมาก ซึ่งอุปกรณ์ในการวัด ROM คือ โกลนิโอมิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย ไม้บรรทัดวัดมุม 2 อัน ที่มีปลายข้างหนึ่งของแต่ละอันประกอประกกันแบบบานพับ หรือจุดหมุนมีหน่วยวัดเป็นองศา สำหรับจุดเริ่มต้นในการวัดนั้น ส่วนมากจะเริ่มโดยให้จุดข้อต่อที่เราจะวัดอยู่ที่มุม 0 องศา ก่อน หรือ อยู่ในท่ามาตรฐานทางกายวิภาคนั่นเอง แล้วจึงค่อยเริ่มทำงานวัดค่าพิสัยของการเคลื่อนไหวจุดนั้นต่อไป (สุทธิ ศรีบุรพา. 2540 : 82-86)

ตารางที่ 2.5 แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนขาของคนไทย (หน่วย : เซนติเมตร)

ลำดับ	มิติส่วนขาของร่างกาย	อัตราส่วน	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ระยะจากกันถึงเข่า	0.0329	48.78	52.83	55
2	ระยะจากสันเท้าถึงเข่า	0.303	44.73	48.73	50
3	ระยะจากสันเท้าถึงปลายเท้า นิ้วเท้า	0.153	22.05	25.67	29.03

จากสถิติการให้การรักษาของผู้ป่วยในแผนกกายภาพผู้ป่วยกระดูกและข้อคนไข้
กายภาพบำบัดมหาวิทยาลัยมหิดล ปี 2544-2545 อายุ 16-75 ปี เพศชายและเพศหญิงมีมิติ ขนาด
ความยาวของขาโดยเฉลี่ย ขาท่อนล่างจากสันเท้าถึงหัวเข่า 45-55 เซนติเมตร และกันถึงเข่า 49-56
เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องและใกล้เคียงกับอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนขาของคนไทย

2.8.9 การศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับอิทธิพลของสีสัมพันธ์กับการออกแบบ

อิทธิพลของสีมีส่วนอย่างยิ่งกับจิตใจมนุษย์ นักออกแบบต้องอาศัยการศึกษาอิทธิพลสีในส่วน
ที่มีอิทธิพลดังกล่าวนี้มาใช้กับผลิตภัณฑ์ ก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยเสริมสร้างสีในชีวิตประจำวันแทนสี
จากธรรมชาติที่นับวันจะหายากขึ้นทุกที เป็นการช่วยให้ผู้ใช้มีจิตใจเบิกบานไม่ตึงเครียดเพราะสีนั้น
ย่อมก่อให้เกิดอิทธิพลในทางจิตใจมนุษย์ที่แตกต่างกัน เช่น ให้ความสงบสุขทางใจ ให้ความเยือกเย็น
อ่อนโยนให้ความสว่างาม หรรษา ให้ความตื่นเต้น เร้าใจ เป็นการปรับสมดุลในทางจิตใจของมนุษย์ใน
ชีวิตประจำวัน นักออกแบบจะทำการกำหนดใช้สีกับผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลตามจุดประสงค์ ย่อมต้อง
วิเคราะห์อิทธิพลของสีและศึกษาจิตวิทยาของสีที่มีต่อมนุษย์ เพราะสีเป็นสิ่งที่โน้มน้าวจิตใจมนุษย์ สีที่
นำมาใช้สำหรับงานออกแบบ สามารถนำมาใช้ได้ตามความรู้สึกของมนุษย์ที่รู้สึกต่อสีนั้นๆ ดังนี้
(ธีระชัย สุขสด 2544 : 57-59)

- 2.8.9.1 สีน้ำเงิน ให้ความรู้สึก สงบเยือก มีสมาธิ สบายตา หนักแน่น
- 2.8.9.2 สีเหลือง ให้ความรู้สึก ร่าเริง แจ่มใส ช่วยให้เกิดความคิด
- 2.8.9.3 สีแดง ให้ความรู้สึก ตื่นเต้น ดึงดูดความสนใจ ร้อนแรง
- 2.8.9.4 สีเขียว ให้ความรู้สึกเป็นธรรมชาติ สดชื่น สบายตา มีความสุข
- 2.8.9.5 สีม่วง ให้ความรู้สึก สงบเยือก อ่อนนวล เกียรติยศ
- 2.8.9.6 สีขาว ให้ความรู้สึกบริสุทธิ์ สะอาด เบา
- 2.8.9.7 สีเทา ให้ความรู้สึกเป็นกลาง สงบนิ่ง เรียบร้อย
- 2.8.9.8 สีดำ ให้ความรู้สึก มือ โศกเศร้า จริงจัง
- 2.8.9.9 สีน้ำตาล ให้ความรู้สึกขบเซา แข็งแรง กลมกลืน
- 2.8.9.10 สีน้ำตาล ให้ความรู้สึกสดชื่น หอมหวาน น่ารัก นุ่มนวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.9.11 สีฟ้า ให้ความรู้สึกเบา โปร่งใส สะอาด

2.8.9.12 สีส้ม ให้ความรู้สึก ตื่นเต้น ร้อนแรง อันตราย เจ้าใจ

กล่าวว่ากลุ่มสีในการสร้างความรู้สึกที่แสดงออกถึงสุขภาพ (Healthy Color) ที่เหมาะสมสำหรับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เน้นด้านสุขภาพที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น อาหารเสริม ยา ได้แก่ สีเหลือง สีน้ำตาล สีเขียวและสีขาว

2.9 กายอุปกรณ์เสริม

การกระทำต่อร่างกายมนุษย์เกี่ยวกับการตรวจประเมินความพิการ การผลิตอุปกรณ์เสริมหรืออุปกรณ์เทียมภายนอกร่างกาย สำหรับใช้ทดแทนส่วนของร่างกายที่สูญหายหรือบกพร่องเกี่ยวกับระบบประสาท กล้ามเนื้อและกระดูก ตามที่ผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมได้วินิจฉัยสั่งการรักษา (กองการประกอบโรคศิลปะ. 2542) งานกายอุปกรณ์ หมายถึงการผลิตประดิษฐ์ ดัดแปลง แก้ไข ซ่อมแซม อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้กับร่างกายให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย เพื่อช่วยเหลือการเคลื่อนไหวเท่านั้น งานกายอุปกรณ์ต้องอาศัยทักษะฝีมือและความเชี่ยวชาญชำนาญเฉพาะบุคคลค่อนข้างสูง ร่วมกับความเข้าใจในเรื่องวัสดุศาสตร์ และเรื่องวิทยาศาสตร์การแพทย์ด้านกายวิภาคประยุกต์ ด้านชีวกลศาสตร์และการเคลื่อนไหวประยุกต์

2.9.1 หลักในการพิจารณากายอุปกรณ์เสริม

การสร้างกายอุปกรณ์เสริมนั้นได้มีการพัฒนารูปแบบมาเรื่อยๆ ซึ่งจะมีหลักการโดยดังนี้

2.9.1.1 น้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงและทนทาน

2.9.1.2 ราคาไม่แพง

2.9.1.3 สวมใส่สบายและใช้งานได้ดี

2.9.1.4 ง่ายแก่การบำรุงรักษา

2.9.1.5 ใช้ประโยชน์ตรงเป้าหมาย

2.9.1.6 มีความสวยงามสืคล้ายจริง

2.9.2 กายอุปกรณ์เสริม (orthosis)

กายอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้เพื่อเสริมการทำหน้าที่ของอวัยวะที่มีปัญหาในการทำงาน เช่น อ่อนแรง, เจ็บปวด, เสื่อมสมรรถภาพ เป็นต้น อาจเรียกชื่อสามัญว่า อุปกรณ์เสริม, อุปกรณ์ตาม หรือที่ประคอง (อรรถฤทธิ์ ศฤงคไพบูลย์. 2553 : 269)

2.9.3 กายอุปกรณ์เสริมสำหรับขาค้าง (Lower-extremity orthosis)

2.9.3.1 กายอุปกรณ์เสริมสำหรับเท้าและข้อเท้า (Ankle Foot Orthosis) หรือเรียกโดยย่อว่า AFO คือกายอุปกรณ์เสริมที่คลุมหรือตามผ่านส่วนของเท้าและข้อเท้า เหมาะแก่บุคคล เช่น ผู้ที่มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของเท้าและเท้าที่ผิดปกติหรือมีการบิดผิดรูป, มีภาวะของกล้ามเนื้ออ่อนแรงช่วงขาส่วนล่าง, มีภาวะเกร็งที่ขา, มีภาวะเดินแล้วปลายเท้าตกหรือ Foot drop รวมไปถึงผู้ที่มีกระดูกหักในส่วนของกระดูกขาส่วนล่างลงไป หรือผู้ที่ไม่สามารถเดินลงน้ำหนักได้ เป็นต้น

2.9.3.2 ภายอุปกรณ์เสริมข้อเข่า (Knee Orthosis) คือ KO ภายอุปกรณ์ที่ใช้ในการรัดเก็บสภาพความเสื่อมของ ข้อเข่าและกล้ามเนื้อ ทำหน้าที่หลักคือ งอเหยียด ให้มั่นคงในช่วง Stance phase และสามารถรับน้ำหนักตัวของผู้ป่วยในขณะที่เดินได้ด้วยโดยวัตถุประสงค์ของการใช้ภายอุปกรณ์เสริมมีดังนี้

- (1) จัดส่วนของร่างกายให้อยู่นิ่ง (Immobilization) เพื่อลดความเจ็บปวด ลดการอักเสบของข้อและกล้ามเนื้อเพื่อให้มีการทรงตัวดีขึ้น เช่นผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อม
- (2) ป้องกันการผิดรูป (Deformity) จากการยึดติดของข้อและเนื้อเยื่อ เช่น ผู้ป่วยโปลิโอ ผู้ป่วยเข่าเสื่อมผิดรูป
- (3) ช่วยรักษาแนวของร่างกาย (Alignment) ให้ตรง แนวของกระดูกขา หรือใช้ Dial lock เพื่อแก้ไขพิสัยของข้อเข่า
- (4) ช่วยเพิ่มความมั่นคงของข้อ (Stability) เช่น ในนักกีฬาที่มีประวัติอาการเจ็บปวดจากกล้ามเนื้ออักเสบ ข้อเข่าบิดจากการเล่นกีฬา
- (5) ช่วยเสริมแรงในกรณีทีกล้ามเนื้ออ่อนแรง เช่น การใช้สปริงหรือยางยืดแทน Finger extensor และการใช้ knee ขดเขยกล้ามเนื้อ Quadriceps ที่อ่อนแรง
- (6) ควบคุมการเคลื่อนไหว เช่น การใช้ Genu lock ให้ผู้ป่วยเข่าเสื่อม
- (7) ลดน้ำหนักที่ผ่านบางส่วนของร่างกาย

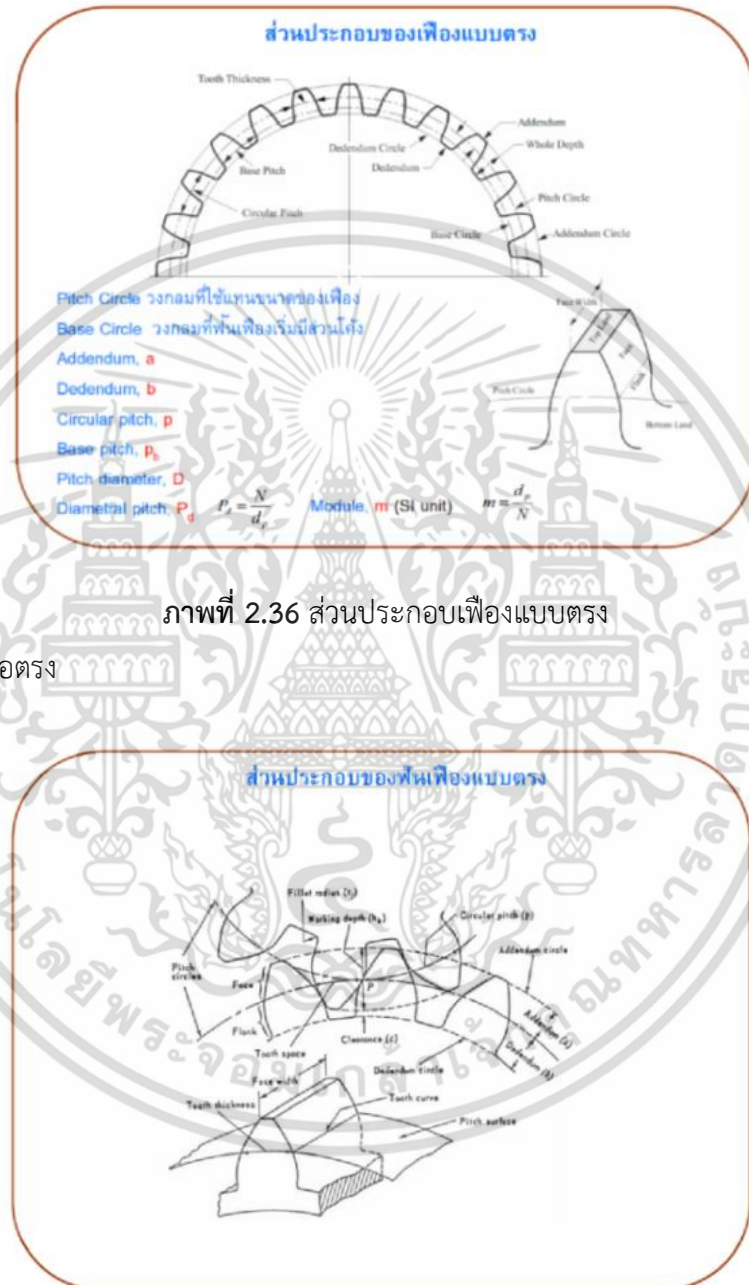
2.9.4 ปัจจัยด้านระบบที่สัมพันธ์กับการพัฒนาภายอุปกรณ์เสริม

2.9.4.1 สกรู นอต และแหวน

คุณลักษณะของสกรูและนอต เป็นชิ้นส่วนเพื่อประกอบส่วนต่างๆ จากชิ้นส่วนหลายชิ้นให้ติดแน่น และสามารถถอดแยกชิ้นส่วนได้ โดยวิธีการจับยึดด้วยนอตสกรูซึ่งเรียกอีกอย่างว่าเป็นงานประกอบชั่วคราว เพราะการถอดไม่ต้องทำลายบางส่วนให้เสียหายเหมือนงานเชื่อมหรืองานหมุดย้ำ ประเภทของสกรูอาจแบ่งตามลักษณะของหัวได้แก่ หัว 6 เหลี่ยม หัว 4 เหลี่ยม หัวผ่า หัวฝัง หรือแบ่งตามเกลียว เช่นเกลียวตลอด และเกลียว 2 ด้าน นอตมีมาตรฐานคู่กับ สกรู มีหลายรูปแบบซึ่งต้องเลือกใช้ให้ได้ตามความเหมาะสมกับงาน ลักษณะของนอต ได้แก่ นอต 6 เหลี่ยม นอต 4 เหลี่ยม นอตทางปลา นอตหัวลาย นอตกลม และนอตโลหะแผ่น แหวนแบบหรือเรียกว่าแหวนอีแปะ เป็นเหล็กเหนียวใช้รองรับหัวสกรูหรือนอตเพิ่มพื้นที่กดขึ้นงานทั้งด้านหัวสกรูและด้านนอต เป็นการเพิ่มความฝืดผิวสัมผัส และเป็นการลดความเค้นที่สกรูหรือนอตกดขึ้นงาน (อำพล ชื่อตรง. 2545 : 18-32)

2.9.4.2 เฟือง (Gear)

หลักการของเฟืองการที่เฟืองหนึ่งคู่จะพากันหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมที่เป็นสัดส่วนคงที่ได้ขึ้น
เส้น Common Normal ที่ลากจากจุดสัมผัส ต้องผ่านจุดคงที่ ที่อยู่บนเส้นที่ลากเชื่อมจุดศูนย์กลาง
เฟือง และเรียกจุดคงที่นี้ว่า จุดพิตซ์, P (อำพล ชี้อตรง. 2545 : 40)



ภาพที่ 2.36 ส่วนประกอบเฟืองแบบตรง

ที่มา : อำพล ชี้อตรง

ภาพที่ 2.37 ส่วนประกอบเฟืองแบบตรง

ที่มา : อำพล ชี้อตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

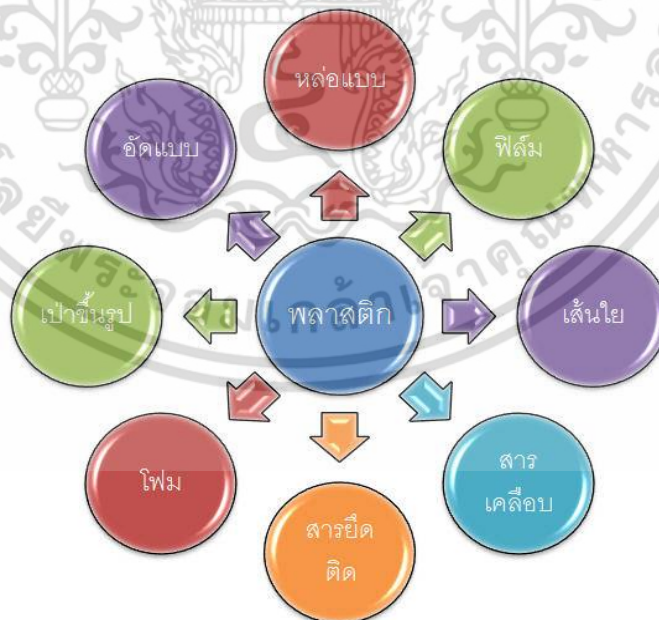


ภาพที่ 2.38 ส่วนประกอบเฟืองแบบตรง

ที่มา : อ่ำพล ชี้อตรง

2.9.4.3 พอลิเมอร์

ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่นำมาใช้ประโยชน์มีหลายประเภท ซึ่งมีทั้งพอลิเมอร์ธรรมชาติ และพอลิเมอร์สังเคราะห์ โดยแยกเป็นประเภทต่างๆ พอลิเมอร์ที่นำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถ้วย จาน ชาม แก้ว โฟม ฟองน้ำ เรียกรวมน่า ผลิตภัณฑ์พลาสติก



ภาพที่ 2.39 การจำแนกพลาสติกตามกรรมวิธีการผลิต

ที่มา : อ่ำพล ชี้อตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้การเปลี่ยนแปลงของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนเป็นเกณฑ์ จำแนกพลาสติกได้
2 ประเภท ดังนี้

(1) เทอร์มอพลาสติก เป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อน และเมื่ออุณหภูมิ
ลดลงจะแข็งตัว ถ้าให้ความร้อนอีกก็จะอ่อนตัว และสามารถทำให้กลับเป็นรูปร่างเดิมหรือเปลี่ยน
รูปร่างได้ โดยสมบัติของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง จึงสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ พอลิเมอร์แบบนี้มี
โครงสร้างแบบเส้นหรือโซ่กึ่งมีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพร
พิลีน พอสไตรีน

(2) พลาสติกเทอร์มอเซต เป็นพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการผ่านความร้อนหรือแรงดันแล้ว
จะสามารถนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ได้อีกเพราะพอลิเมอร์ประเภทนี้มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่โมเลกุล
แบบร่างแห เมื่อแข็งตัวแล้วจะมีความแข็งมาก ทนต่อความร้อนและความดันได้ดีกว่า เทอร์มอ
พลาสติก ถ้าทำให้มีอุณหภูมิสูงมากจะแตกและไหม้เป็นเถ้า เช่น พอลิฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ พอลิเมลา
มีนฟอร์มาลดีไฮด์ และพอลิยูรีเทน

2.9.5 ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

2.9.5.1 กายอุปกรณ์ชนิดแบบใช้ผ้าใยสังเคราะห์

(1) ผ้าอิลาสติกรั้งเข่า

เหมาะสมสำหรับสภาพอากาศสภาพอากาศที่อบอุ่นและชื้น สามารถรั้งเข่าด้วยเส้น
ถักยักยัดที่มีคุณภาพสูงที่มีเดนนทซิลิโคนสำหรับการควบคุมเสถียร มีน้ำหนักเบาและระบายอากาศได้ดี



ภาพที่ 2.40 ผ้าอิลาสติกรั้งเข่า

ที่มา : <http://www.bracecustom.com>

(2) ผ้าสะบ้ารั้งเข่า

ผ้าสะบ้ารั้งเข่าเป็นตัวเลือกวัสดุที่ทำจากใยผ้า วัสดุระบายอากาศ โคลงกระดูก สะบ้าให้การบีบอัดที่ดีในการควบคุมอาการบวมและลดความเจ็บปวด รูปโดนัทแทนกันรักษา เสถียรภาพของกระดูกสะบ้าและช่วยให้อาการบวมบรรเทา



ภาพที่ 2.41 ผ้าสะบ้ารั้งเข่า (โหม)

ที่มา : <http://www.bracecustom.com>

(3) ผ้าสะบ้ายึดหยุ่นรั้งเข่า

ผ้าสะบ้ายึดหยุ่นรั้งเข่าเป็นถักโค้งทางกายภาพที่มีการระบายอากาศและเหยียดตรง กลางและด้านข้าง 2 เกลียวอยู่ในแต่ละด้านของการสนับสนุนใหม่และการปรับปรุงการติดตาม patellar ใช้แผ่นใหม่ที่เกิดขึ้นในทางกายภาพทำให้รั้งเข่าได้ดีขึ้นมีน้ำหนักเบา



ภาพที่ 2.42 ผ้าสะบ้ายึดหยุ่นรั้งเข่า

ที่มา : <http://www.bracecustom.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.5.2 กายอุปกรณ์ชนิดแบบวัสดุผสมประกอบ (Composite)

(1) กายอุปกรณ์ร้งเข้าโรคข้อเข่าเสื่อม ในการทำงานถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ การสนับสนุนการทำงานร้ง (ระบบโรคข้อเข่าเสื่อม) ร้งเข่านำความสะดวกสบายมีน้ำหนักเบาเพื่อลดความ ทุกข์ทรมานจากโรคข้อเข่าเสื่อม ด้วยกรอบค้ำองตัวสนับสนุน โค้งทางกายภาพที่คุณต้องร้งที่ช่วย ประกันความสะดวกสบายและการปฏิบัติในกิจกรรมวันปัจจุบันมีการทดสอบและออกแบบให้มีวัสดุ ต่างๆมาทดแทนเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการออกแบบให้มีน้ำหนักเบาและแข็งแรง



ภาพที่ 2.43 กายอุปกรณ์ร้งเข้าโรคข้อเข่าเสื่อม (โลหะ)

ที่มา : <http://www.bracecustom.com>



ภาพที่ 2.44 กายอุปกรณ์ร้งเข้าโรคข้อเข่าเสื่อม (ไฟเบอร์กลาส)

ที่มา : <http://www.bracecustom.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.45 กายอุปกรณ์รั้งเข่าโรคข้อเข่าเสื่อม (อะลูมิเนียม)

ที่มา : <http://www.bracecustom.com>

2.9.6 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์

การดูแลรักษาผู้ป่วยนั้นโดยทั่วไปนอกจากการรักษาด้วยยา ตลอดจนหัตถการทางการแพทย์ อื่นๆ การออกกำลังกายบริหารเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการดูแลรักษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมสุขภาพและในการฟื้นฟูผู้ป่วยและการเลือกใช้กายอุปกรณ์ได้เหมาะสมต่อไป (อารมณ ชุนภาชี. 2554 : 39)

2.9.6.1 ประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม เพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range Of Motion) คือการเคลื่อนไหวของข้อโดยการงอและเหยียด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดประสิทธิภาพกายอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันการยึดติดของข้อ และกรณีที่ข้อยึดติดแล้วใช้วิธีนี้เพิ่มการเคลื่อนไหวของข้อให้มากที่สุด เพื่อการใช้งานได้กับอิริยาบถที่สำคัญได้แก่ ท่านอน, ท่านั่ง, ทำ ยืน โดยใช้เครื่องโกนิโอมิเตอร์วัดระดับมุมองศาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามระดับความเหมาะสมของกายอุปกรณ์ที่ใช้กับผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมโดยตรง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับตัวผู้ป่วยตามสภาพ ปัญหาของอาการ เช่น ขาดการเคลื่อนไหวเป็นเวลานานๆ จากการใส่เฝือกจะทำให้มีก๊วยดของข้อ การมีข้ออักเสบทำให้มีอาการปวดจนไม่สามารถเคลื่อนไหวในองศาที่ปกติ

2.10 วัสดุในการผลิต

2.10.1 กฎในการเลือกใช้วัสดุ

กฎในการเลือกใช้วัสดุในการออกแบบและการผลิตในงานออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีดังนี้

2.10.1.1 Formability หมายถึง ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นเป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

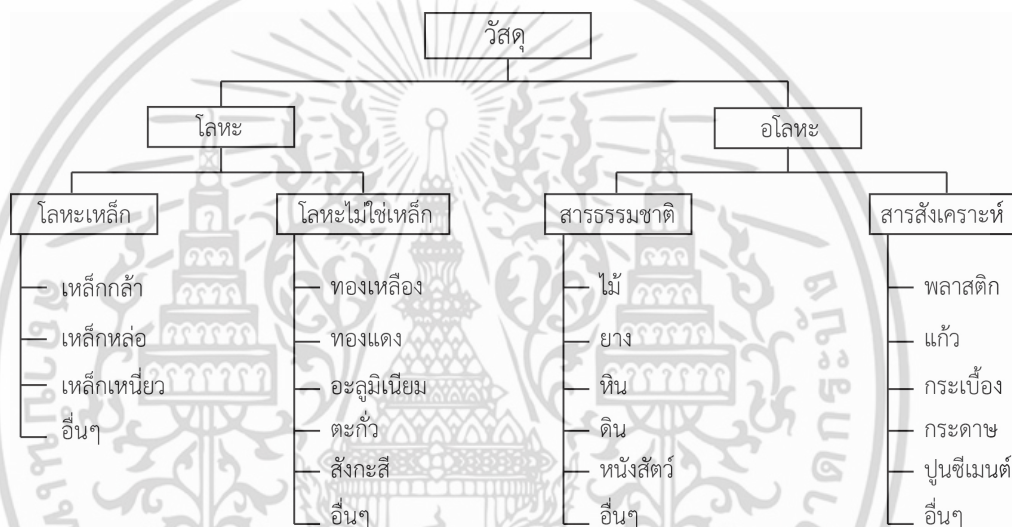
2.10.1.2 Machinability หมายถึง ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นสำเร็จรูปได้ต้องอาศัยเครื่องจักรกลในการผลิต

2.10.1.3 Mechanical-Stability หมายถึง คุณสมบัติทางกลในขณะใช้งานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

2.10.1.4 Electrical Behaviors หมายถึง คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับงาน

2.10.1.5 Cost ราคาพอสมควร

นักร้องแบบควรที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับชนิดรูปร่าง และขนาดต่างๆ ของวัสดุที่ขายในท้องตลาดด้วยว่า หาได้ง่ายหรือไม่ มีปริมาณมากน้อยแค่ไหน คุณสมบัติและโครงสร้างของวัสดุ แต่ละชนิดเป็นอย่างไร ทำให้สามารถที่จะเลือกใช้วัสดุได้ถูกต้อง



ภาพที่ 2.46 ตารางประเภทวัสดุ

ที่มา : สมานทิ เทพมะณี

นักร้องแบบมีทางเลือกอย่างกว้างขวางสำหรับการนำวัสดุชนิดต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการผลิตที่มีความก้าวหน้ามาใช้กับงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยในด้านความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน

2.10.2 วัสดุทางออร์โทพีดิกส์

การใช้วัสดุทางการแพทย์ก็คือ ใช้ทดแทนส่วนอวัยวะหรือทำหน้าที่ของอวัยวะที่เสียไป ในขณะเดียวกันต้องเป็นวิธีการที่ปลอดภัย เชื่อถือได้ ประหยัด และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย (ศ.นพ.พิบูลย์ อิทธิระวิวงศ์. 2551) การที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้ก็ต้องขึ้นอยู่กับความมั่นคง ความคงทนถาวรของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ระหว่างผิววัสดุที่ใช้กับอวัยวะที่รองรับ ต้องมีความเข้าใจว่า ผิวสัมผัสของเนื้อเยื่อและวัสดุ (Biomaterial-Tissue Interface) เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ฉะนั้นจึงต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงทั้งในแง่เคมีและเซลล์ที่เกิดขึ้นเมื่อนำวัสดุไปฝังแทนอวัยวะส่วนนั้นๆ เช่น จำเป็นต้องเรียนรู้เคมีพื้นผิว (Surface Chemistry), การสึกกร่อนของโลหะ (Metal Corrosion), ปฏิกิริยาต่อโพลีเมอร์ (Polymer Reaction), และพฤติกรรมพื้นผิวของเซรามิกและแก้ว (Ceramic & Glass Surface Behavior) ในปีหนึ่งๆ จากตัวเลขที่ปรากฏการใช้วัสดุทางการแพทย์ในอเมริกาและยุโรปรวมกันมีถึง 4-5 ล้าน ชิ้นส่วนจากวัสดุที่ต่างกันกว่า 40 ชนิดที่กำลังใช้อยู่ วัสดุทางการแพทย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ โดยพิจารณาในแง่ของปฏิกิริยาเนื้อเยื่อโต้ตอบต่อการกระตุ้นที่ผิวสัมผัส (Interfacial Response)

ชนิดที่ 1 ปฏิกิริยาผิวสัมผัสเฉื่อย, พื้นผิวสัมผัสของวัสดุเรียบ (Inert, Smooth Surface) ได้แก่ วัสดุทางการแพทย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน วัสดุในกลุ่มนี้ สามารถเข้ากันได้ดีกับอวัยวะที่ยึดหรือทดแทนและเนื้อเยื่อข้างเคียง แต่อย่างไรก็ตามต้องเกิดมีปฏิกิริยาเนื้อเยื่อต่อวัสดุที่ใช้ โดยเกิดเป็นเนื้อเยื่อแผ่นบาง ๆ (Fibrous Capsule) หนา 0.1-10 μm ขึ้นเสมอโดยแทรกระหว่างวัสดุที่ใช้กับอวัยวะที่รองรับ ถึงแม้ว่าเนื้อเยื่อดังกล่าวจะแนบชิดติดกับวัสดุก็ตาม แต่ก็ไม่ได้ต่อกันสนิท จึงเกิดการเคลื่อนไหวระหว่างตัววัสดุที่ใช้กับอวัยวะรองรับโดยเฉพาะเมื่อมีแรงมากระทำ ลักษณะเช่นนี้ทำให้ความคงทนถาวรของวัสดุที่ใช้มีขีดจำกัด ตัวอย่างเช่น แผ่นโลหะและสกรูยึดกระดูกหัก

ชนิดที่ 2 ปฏิกิริยาผิวสัมผัสเฉื่อย, พื้นผิววัสดุมีรูพรุนเล็กๆ (Inert, Microporous Surface) เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นจากการวิจัยเพื่อให้มีคุณภาพดีกว่าชนิดที่ 1 ในแง่ของความมั่นคงผิวสัมผัส (Interfacial Stability) วัสดุในกลุ่มนี้มีรูพรุนเป็นตะขำที่กำหนดรูปแบบได้ (Controlled Network Of Porosity) ตรงบริเวณผิววัสดุเพื่อให้เนื้อเยื่อสามารถเจริญเติบโตเข้าไปในรูพรุนที่ผิววัสดุนี้ คล้ายๆ กับเนื้อเยื่อบริเวณเชื่อมต่อระหว่างเอ็นและกระดูก หรือพันกับเยื่อหุ้มหากพันตัวอย่างเช่น ข้อตะโพกเทียมชนิดผิวโลหะมีรูพรุน

ชนิดที่ 3 ปฏิกิริยาเคมีที่ผิวสัมผัสควบคุมได้ (Controlled Chemical Reactive Surface) เป็นวัสดุที่วิจัยขึ้นเพื่อเมื่อใช้แล้วก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี บริเวณผิววัสดุกับเนื้อเยื่อรองรับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นคือผิวสัมผัสจะประสานกันได้สนิทเหมือนธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น Glass-Ceramics, Hydroxyapatite

ชนิดที่ 4 ปฏิกิริยาดูดซึมที่ผิวสัมผัส (Resorbable) เป็นวัสดุทางการแพทย์ที่เมื่อใช้แทนหรือฝังในอวัยวะของส่วนร่างกายนั้น ๆ แล้ว เมื่อถึงเวลาที่ทำหน้าที่ครบถ้วนสมบูรณ์แล้วจะเกิดการเสื่อมสลายสภาพของวัสดุ และไม่ปรากฏร่องรอยของปฏิกิริยาระหว่างผิวพื้นวัสดุกับอวัยวะที่รองรับเลย วัสดุในกลุ่มนี้ถือว่าเป็นวัสดุที่ต้องการที่สุด แต่การผลิตทำได้ยากมาก และที่มีอยู่ในปัจจุบันก็มีน้อยชนิดมาก

วัสดุทางการแพทย์ทั้ง 4 ชนิดดังกล่าวไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม เมื่อใช้ฝังหรือทดแทนอวัยวะในร่างกายแล้ว ปฏิกิริยาเนื้อเยื่อระหว่างวัสดุและอวัยวะที่รองรับจะเป็นแบบใดก็ตามขึ้นกับชนิดของวัสดุนั้น ๆ วัสดุนั้นจะคงไว้ซึ่งคุณสมบัติประจำของตัวเองไว้ เพื่อทำหน้าที่ต่อไปในร่างกายให้นานเท่านานที่จะเป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้ป่วย ฉะนั้นถ้าคำนึงในแง่ประโยชน์และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของการใช้วัสดุทางการแพทย์ในวิชาโรคกระดูกและข้อ วัสดุที่ใช้แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆ ดังนี้

2.10.3 แสดงคุณสมบัติและการใช้งานของวัสดุทางการแพทย์

2.10.3.1 โลหะ (Metals) แข็งแรง, หยุน, เหนียว แต่ปล่อยไอออนออกมาได้ สึกกร่อนได้ และมีโมดูลัสความยืดหยุ่นสูง แผ่นโลหะยึดกระดูก, ข้อต่อ, ลวด

2.10.3.2 โพลีเมอร์ (Polymers) บั่นเป็นรูปร่างได้ง่าย, เหนียว, ปรับรูปไปมาได้ แต่ไม่ค่อยแข็งแรงและเสื่อมสภาพได้ ไหมเย็บ, ซีเมนต์หล่อกระดูก, หลังกาข้อเทียม, ข้อต่อมีเดือย

2.10.3.4 เซรามิกส์ (Ceramics) ฉ่ำ, แข็ง, ต้านต่อการสึกหรอได้ดี ขึ้นรูปค่อนข้างยาก, เปราะ, และมีโมดูลัสความยืดหยุ่นสูง หัวข้อกระดูกเทียม, ฉาบผิวโลหะ ใช้ทดแทนกระดูก

2.10.3.5 วัสดุผสมประกอบ (Composite) เหนียว, ปรับรูปไปมาได้, ขึ้นรูปค่อนข้างยาก และคุณสมบัติมักไม่สม่ำเสมอ ฉาบผิวก้านข้อต่อกระดูกเทียม, ใช้ทดแทนกระดูกแก้ว, กระโหลกศีรษะ

2.10.4 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2.10.4.1 โลหะ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(1) โลหะประเภทเหล็ก (Ferrous Metal) คือ โลหะที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบ เช่น เหล็กหล่อ เหล็กกล้า เหล็กไร้สนิม เหล็กเหนียว เป็น

(2) โลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก (Non Ferrous Metal) ได้แก่ อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง สังกะสี เป็นต้น

2.10.4.2 อโลหะ วัสดุที่มีโลหะซึ่งสามารถแยกประเภทออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(1) สารอินทรีย์ธรรมชาติ (Organic Materials From Natural Sources) คือ วัสดุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ไม้ ยาง หิน ดิน หนังสัตว์ เป็นต้น

(2) สารอินทรีย์สังเคราะห์ (Organic Materials : Synthetically Prepared) คือ วัสดุ ที่ผลิตหรือสังเคราะห์ด้วยฝีมือมนุษย์ เช่น พลาสติก ปูนซีเมนต์ แก้ว กระดาษ เป็นต้น ในการนำวัสดุต่างๆ มาใช้กับงานออกแบบผลิตภัณฑ์นั้น มีหลายชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ที่ถูกต้องและความเหมาะสม กล่าวคือ การนำวัสดุมาแปรรูปหรือใช้สร้างชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ นั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุแต่ละชนิดเพื่อจะได้เลือกใช้ชนิดและวิธีการผลิตให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.10.4.3 พลาสติก คือ สารสังเคราะห์ (Synthetic Materials) ที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมา มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยธาตุสำคัญ คือคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน คลอรีน ฯลฯ พลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติดีเด่นกว่าวัสดุอื่นที่ได้จากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้นมา เช่น ไม้ โลหะ แก้ว กระดาษ ที่นิยมใช้กันมาอย่างมากมาย ทั้งนี้เพราะพลาสติกมีสมบัติหลายๆ อย่างรวมกันในตัวของมันเองและยังมีสมบัติสามารถใช้แทนวัสดุอื่นได้ดีเท่าเทียม หรือดีกว่าวัสดุเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แหวดาว ทวีชัย. (2543) ศึกษา พฤติกรรมการดูแลตนเองและความรุนแรงของโรคข้อเข่าเสื่อมในผู้สูงอายุ ผู้สูงอายุโรคข้อเข่าเสื่อมที่แผนกผู้ป่วยออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลมหาสารคาม เชียงใหม่ จำนวน 150 คน พบว่าผู้สูงอายุโรคข้อเข่าเสื่อมมีพฤติกรรมการดูแลตนเองโดยรวมในระดับกลาง และพฤติกรรมการดูแลรายด้าน คือ ด้านพฤติกรรมการดูแลตนเองทั่วไป ด้านพฤติกรรมการดูแลตนเองตามระยะพัฒนาการ และด้านพฤติกรรมการดูแลตนเองตามภาวะเป็ยงเบนทางสุขภาพ อยู่ในระดับปานกลางทั้ง 3 ด้านผู้สูงอายุโรคข้อเข่าเสื่อมมีความรุนแรงของโรคในระดับปานกลาง พฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้สูงอายุโรคข้อเข่าเสื่อม มีความสัมพันธ์ทางลบกับความรุนแรงของโรคข้อเข่าเสื่อมในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อรพิน สว่างวัฒนเศรษฐ์. (2540) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพกล้ามเนื้อต้นขา ในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ทางลบกับความรุนแรงของโรค และพฤติกรรมการดูแลข้อเข่าเสื่อม การรับรู้ประโยชน์ของการบริหาร การรับรู้อุปสรรคของการบริหาร แรงจูงใจของการบริหาร และเวลาที่ใช้ในการบริหาร มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพบว่าความรุนแรงของโรค แรงจูงใจของการบริหาร และพฤติกรรมการดูแลข้อเข่าเสื่อมสามารถร่วมทำนายความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ร้อยละ 31 องศาการงอของข้อเข่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับความรุนแรงของโรคและความรุนแรงของโรคสามารถร่วมทำนายองศาการงอของข้อเข่าได้ร้อยละ 8.8 สำหรับองศาการเหยียดของข้อเข่า พบว่า มีความสัมพันธ์ทางลบกับความรุนแรงของโรคสามารถร่วมทำนายองศาการเหยียดของข้อเข่าได้ร้อยละ 14.2

สรุปจากการทบทวนวรรณกรรม สรุปได้ว่า ผู้สูงอายุที่มีโรคข้อเข่าเสื่อม บางรายอาจมีภาวะข้อเสื่อมอย่างรุนแรงส่งผลให้ข้อเข่าผิดรูปไป ทำให้เกิดการพิการได้ ก่อให้เกิดความเบื่อหน่าย ท้อแท้ ซึมเศร้า อีกทั้งยังทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกแตกต่างจากผู้อื่น ไม่สามารถร่วมกิจกรรมในสังคมได้อย่างปกติ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้ผู้สูงอายุ ต้องสร้างแรงกระตุ้นให้ตัวเอง ในการสร้างแรงจูงใจของการบริหารร่างกาย และฝึกพฤติกรรมการดูแลตนเองให้มากยิ่งขึ้นเพื่อลดความเสี่ยงต่อความเจ็บปวดของโรคข้อเข่าเสื่อม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการ “การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methodology) ซึ่งรวมระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร และเก็บข้อมูลทางภาคสนาม ในการศึกษาแนวทางการออกแบบและพัฒนา และใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) ในการเก็บข้อมูลและวัดตัวแปรเป็นค่าร้อยละระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดกรอบ และขั้นตอนของระเบียบวิธีวิจัย ดังหัวข้อต่อไป

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

โดยวิธีการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
2. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการประเมินผลหาประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมผลผู้วิจัยได้คัดเลือกประชากรกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งพิจารณาเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรแบบเดียวกัน โดยคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญจำแนกดังนี้

วัตถุประสงค์ 1 เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ด้านแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู

ผู้เชี่ยวชาญด้านแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู มีคุณสมบัติมุ่งให้การรักษา และฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยที่เกิดจากโรคหรืออุบัติเหตุต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยกลับคืนสู่สภาพใกล้เคียงปกติ

3.1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านแพทย์ออร์โธปิดิกส์

(1) นพ.ปิติ ฉลองวิริยะเลิศ ร.พ.ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

(2) ศ.นพ.วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม อาจารย์ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(3) นพ.อาทมะ วิเชียรฉาย ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์

แห่งชาติ

3.1.1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านนักร่างกายภาพบำบัดทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ

(1) อาจารย์ยศวิน สกกุลกรุณา นักร่างกายภาพบำบัด บุคลากรศูนย์กายภาพบำบัด

มหาวิทยาลัยมหิดล

(2) ภก.สุธิดา สกกุลกรุณา นักร่างกายภาพบำบัด บุคลากรศูนย์กายภาพบำบัด

มหาวิทยาลัยมหิดล

(3) ภก.นุชจรี ศิริ นักร่างกายภาพบำบัด บุคลากรศูนย์กายภาพบำบัด

มหาวิทยาลัยมหิดล

3.1.1.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์

(1) อาจารย์ธวัชชัย จันทร์สอาด หัวหน้าภาคกายอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟู

สมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

(2) นางสาวจุฑารัตน์ ภูมุลนา นักร่างกายอุปกรณ์ ระดับปฏิบัติการ ศูนย์สิรินธรเพื่อการ

ฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

(3) นายฤชา ชันธเดช นักร่างกายอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์

แห่งชาติ

3.1.1.4 กลุ่มผู้ที่มารับการรักษาด้วยวิธีฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข่าเสื่อม อยู่ในความดูแลของผู้เชี่ยวชาญด้านกายภาพบำบัดทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ศูนย์กายภาพบำบัด ปิ่นเกล้า คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 11 คน

วัตถุประสงค์ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.1.2 ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีคุณสมบัติในด้านการประดิษฐ์ ออกแบบมีความรู้ทั้งด้านทฤษฎีและมีทักษะ เป็นนักคิด นักสร้างสรรค์ และนักพัฒนางานออกแบบ หลากหลายสาขา

3.1.2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

(1) ผศ.ดร.สุรกานต์ รวยสูงเนิน อาจารย์ประจำสาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(2) รศ.บุญสนอง รัตนสุนทรากุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(3) ผศ.ดร.รัฐไท พรเจริญ อาจารย์ประจำภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วัตถุประสงค์ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.1.3. ด้านกายอุปกรณ์

ผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่ตรวจวัดประสิทธิภาพ หลักการออกแบบ ประดิษฐ์ ผลิตและดัดแปลง ซ่อมแซมกายอุปกรณ์เสริม-เทียมให้เหมาะสมกับผู้ป่วยและผู้พิการ

3.1.3.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์

(1) อาจารย์ธวัชชัย จันทร์สอาด หัวหน้าภาควิชากายอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

(2) นางสาวจุฑารัตน์ ภูมุลนา นักกายอุปกรณ์ ระดับปฏิบัติการ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

(3) นายฤชา ชันธเดช นักการอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 การสร้างเครื่องมือ

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นทางด้านการออกแบบ โดยสร้างขึ้นเพื่อให้ได้ ข้อมูลที่ถูกต้องในการศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม โดยได้ ศึกษาเทคนิคการถ่ายภาพบำบัดในส่วนที่ได้รับอาการบาดเจ็บพร้อมทั้งหลักการออกแบบกายอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ วัสดุที่มีความเหมาะสมกับการผลิต พร้อมทั้งการประเมินประสิทธิภาพทางด้านการรักษาด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล

วัตถุประสงค์ 1 เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ข้อมูลความคิดเห็นด้านการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.2.2.1 กรอบแนวความคิด “เวชศาสตร์ฟื้นฟูกลุ่มอาการปวดจากระบบกล้ามเนื้อข้อต่อและกระดูก” (Rehabilitation in Musculoskeletal pain)

การตรวจวินิจฉัยร่างกายของมนุษย์ที่มีความเสื่อมของกล้ามเนื้อข้อต่อ และกระดูกจากผลสืบเนื่องจากพฤติกรรมรวมทั้งแบ่งกลุ่มอาการฟื้นฟูตามส่วนต่างๆของร่างกาย (อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา. 2553 : 89)

3.2.2.2 กรอบแนวความคิด “กายอุปกรณ์เสริม” (Orthoses and prosthese)

การจัดหมวดหมู่สิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เสริมเป็นโครงสร้างภายนอกร่างกาย เพื่อควบคุมหรือช่วยการเคลื่อนไหวส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย (อรรถฤทธิ์ ศฤงคไพบูลย์. 2553 : 169)

3.2.2.3 กรอบแนวความคิด “การออกกำลังกายเพื่อบำบัดรักษา” (Therapeutic exercise)

เป็นหลักการเคลื่อนไหวร่างกายตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อการบริหารความผิดปกติด้านสรีรวิทยาเพิ่มสมรรถภาพของร่างกายให้ดีขึ้น (ณัฐธิดา ตันศิริวัฒน์. 2553 : 39)

วัตถุประสงค์ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.2.2.4 กรอบแนวความคิด “การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ” (Quality Function Deployment : QFD) (มณฑรี ศาสนันท์. 2550)

เป็นวิธีที่ช่วยให้ฝ่ายออกแบบสามารถตัดสินใจในแนวทางที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีที่สุดตามกำลังทรัพยากรที่มีอยู่ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อความพึงพอใจของลูกค้าและถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายของการออกแบบ

3.2.2.4.1 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

ส่วนที่ 1 ความต้องการของลูกค้า คือ เป็นความต้องการของลูกค้าซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีต่างๆ

ส่วนที่ 2 ส่วนวางแผน คือ เป็นส่วนที่ใช้สำหรับวางแผนทางกลยุทธ์ มีการจัดอันดับของความต้องการลูกค้าและเปรียบเทียบผลการสำรวจความคิดเห็นของลูกค้าระหว่างผลิตภัณฑ์คู่แข่งกับผลิตภัณฑ์ของเรา

ส่วนที่ 3 คุณลักษณะทางคุณภาพ คือ เป็นการเปลี่ยนความต้องการของลูกค้าใน(ส่วนที่ 1) ให้เป็นคุณลักษณะทางคุณภาพซึ่งเป็นภาษาเทคนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4 ความสัมพันธ์ คือ เป็นส่วนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้า (ส่วนที่ 1) กับคุณลักษณะทางคุณภาพ (ส่วนที่ 3) ทำให้เรามองเห็นคุณลักษณะทางคุณภาพต่างๆ มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้าอย่างน้อยเพียงใด

ส่วนที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพ คือ เป็นบริเวณที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพประเภทต่างๆ ว่ามีส่วนช่วยส่งเสริมหรือหักล้างกันอย่างไร ประโยชน์ของส่วนนี้ช่วยทีมออกแบบระบุข้อจำกัดในการออกแบบได้

ส่วนที่ 6 ส่วนเทคนิค คือ ลำดับความสำคัญของคุณลักษณะทางคุณภาพการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ของเรากับคู่แข่ง และค่าเป้าหมาย

3.2.2.5 กรอบแนวความคิด “ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม” (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ) (ผศ.ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์ และคณะ. 2550)

เป็นการนำปัญหาการประดิษฐ์ต่างๆ มาจัดเป็นระบบ และกำหนดแนวทางแก้ปัญหาสำหรับระบบเหล่านั้น การใช้ตาราง TRIZ จะเริ่มจากการนำปัญหาที่ต้องการแก้ไข มาเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบที่เป็นนามธรรม จากนั้นหาคำตอบในตารางที่ตรงกับรูปแบบดังกล่าว คำตอบที่ได้จะเป็นทางแก้ปัญหา เนื่องจากผู้ใช้สามารถหาทางแก้ปัญหาได้ง่ายกว่าวิธีลองผิดลองถูกทั่วไป

3.2.2.5.1 ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้ง

ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้งจะแสดงสภาพปัญหา ตามลักษณะของความขัดแย้งเชิงเทคนิค กล่าวคือแสดงคุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุงกับคุณสมบัติที่จะด้อยลง เพื่อใช้ในการพิจารณาว่าสภาพปัญหาควรจะใช้หลักการใด

วัตถุประสงค์ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.2.2.6 กรอบแนวความคิด “ประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม”

การดูแลรักษาผู้ป่วยนั้นโดยทั่วไปนอกจากการรักษาด้วยยา ตลอดจนหัตถการทางการแพทย์อื่นๆ การออกกำลังกายบริหารเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ถูกนำมาใช้ในการดูแลรักษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการส่งเสริมสุขภาพและในการบำบัดผู้ป่วยและการเลือกใช้กายอุปกรณ์ได้เหมาะสมต่อไป (อารมณ ชุนภาชี. 2553 : 39)

3.2.2.7 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อกงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion) คือการเคลื่อนไหวของเข่าโดยการงอและเหยียด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดประสิทธิภาพกายอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันการยึดติดของข้อ และกรณีข้อยึดติดแล้วใช้วิธีนี้เพิ่มการเคลื่อนไหวของข้อให้มากที่สุด

3.2.2.8 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.2.3 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.2.3.1 พิจารณาความตรง (Validity)

(1) ผู้วิจัยนำแบบประเมินความคิดเห็น ที่สร้างเสร็จนำเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ทำการตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของถ้อยคำและสำนวนภาษา และความชัดเจนในข้อคำถามในแบบประเมิน

(2) ดำเนินการนำแบบประเมินฉบับร่าง เสนอผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบคุณภาพความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ให้ผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณาความสอดคล้อง ครอบคลุม ข้อคำถามแต่ละข้อว่ามาจากประเด็นใด และถ้าผู้ทรงคุณวุฒิเห็นด้วยกับข้อคำถามและเข้าใจเป็นอย่างดี เดียวกันแบบประเมินนั้น ก็ถือว่ามีความตรงตามเนื้อหาโดยมีผู้ทรงคุณวุฒิรายชื่อดังนี้

(2.1) ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2.2) รศ.ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล อาจารย์ประจำสาขาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม และการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2.3) ผศ.ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.2.3 หลังจากนั้นผู้วิจัยได้รวบรวมคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาดำเนินการแก้ไขแบบประเมินความคิดเห็น โดยพิจารณาหาความเที่ยงตรงของแบบประเมินที่วัดแต่ละจุดประสงค์โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการวัด (Index item of congruent : IOC) ก่อนนำแบบประเมินความคิดเห็นไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ผู้วิจัยได้แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำการวิจัยให้ไปตามวัตถุประสงค์ดังนี้

3.4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องของข้อมูลปัญหาโรคเข่าเสื่อม และการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.4.2 ทำการติดต่อขอพบเพื่อพูดคุยด้วยวาจาพร้อมแนะนำตัวเองและวัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อสร้างความคุ้นเคย ความสัมพันธ์อันดี นัดหมาย วัน เวลา ขออนุญาตเข้าสัมภาษณ์อย่างเป็นทางการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้เชี่ยวชาญเพื่อเก็บข้อมูลในการศึกษาและพัฒนา ภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมโดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4.4 ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและผลิตต้นแบบภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม และประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พร้อมทั้งปรับปรุง แก้ไขผลิตภัณฑ์ต้นแบบภายอุปกรณ์ตามคำแนะนำ

3.4.5 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์เป็นผู้บันทึกและเก็บข้อมูล โดยนำต้นแบบภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมไปทดสอบประสิทธิภาพประเมินผลด้วยผู้เชี่ยวชาญด้าน ภายอุปกรณ์

3.4.6 ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์เป็นผู้บันทึกและเก็บข้อมูล โดยนำต้นแบบภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมไปทดสอบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือทางกายภาพ ด้วยการบริหารเพื่อการฟื้นฟู โดยผู้ที่มารับการรักษาโรคเข้าเสื่อม อยู่ในความดูแลของผู้เชี่ยวชาญด้าน กายภาพบำบัด

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลในการแบบประเมินความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปใช้ในการ กระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์ โดย ทำการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean)

$$\text{ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต} = \sqrt[n]{N_1 * N_2 * N_3 * \dots * N_n}$$

โดยที่ N คือ ค่าของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

1, 2, 3,...n คือ จำนวนข้อมูล

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมและข้อมูลจากการประเมินความเหมาะสมของการออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจะนำมา วิเคราะห์ โดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ของระดับความเหมาะสม โดยแบ่งเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมาย	ช่วงคะแนน	น้ำหนักคะแนน
ระดับดีมาก	4.51 - 5.00	5
ระดับดี	3.51 - 4.50	4
ระดับปานกลาง	2.51 - 3.50	3
ระดับน้อย	1.51 - 2.50	2
ระดับน้อยมาก	1.00 - 1.50	1

จากนั้นจึงนำข้อมูลเกี่ยวกับการประเมิน ที่มีต่อการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารเพื่อผู้ป่วยโรค
เข่าเสื่อม มาวิเคราะห์ผลโดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard
Deviation : S.D.) ของระดับความพึงพอใจ

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลในการผลเพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์
บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3.4.3.1 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรค
เข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

ตัวแปร	องศาการเคลื่อนไหวของเข่า				
	องศาการงอ	ระดับ	องศาการเหยียด	ระดับ	
1.นอน	ยกขา	F+PL/0-30 องศา	ระดับน้อยมาก	E+PL/40-50	ระดับน้อยมาก
		F+PL/0-60 องศา	ระดับปานกลาง	E+PL/20-30	ระดับปานกลาง
		F+PL/0-90 องศา	ระดับดี	E+PL/5-10	ระดับดี
		F+PL/0-120 องศา	ระดับดีมาก	E+PL/0	ระดับดีมาก
	ขนานพื้น	F+Pf/0-30 องศา	ระดับน้อยมาก	E+Pf/40-50	ระดับน้อยมาก
		F+Pf/0-60 องศา	ระดับปานกลาง	E+Pf/20-30	ระดับปานกลาง
		F+Pf/0-90 องศา	ระดับดี	E+Pf/5-10	ระดับดี
		F+Pf/0-120 องศา	ระดับดีมาก	E+Pf/0	ระดับดีมาก
2.นั่ง	ยกขาต่าง ระดับ	F+SL/0-30 องศา	ระดับน้อยมาก	E+SL/40-50	ระดับน้อยมาก
		F+SL/0-60 องศา	ระดับปานกลาง	E+SL/20-30	ระดับปานกลาง
		F+SL/0-90 องศา	ระดับดี	E+SL/5-10	ระดับดี
		F+SL/0-120 องศา	ระดับดีมาก	E+SL/0	ระดับดีมาก
	ขนานพื้น	F+Sf/0-30 องศา	ระดับน้อยมาก	E+Sf/40-50	ระดับน้อยมาก
		F+Sf/0-60 องศา	ระดับปานกลาง	E+Sf/20-30	ระดับปานกลาง
		F+Sf/0-90 องศา	ระดับดี	E+Sf/5-10	ระดับดี
		F+Sf/0-120 องศา	ระดับดีมาก	E+Sf/0	ระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.1 (ต่อ) การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

ตัวแปร		องศาการเคลื่อนไหวของเข่า			
		องศาการงอ	ระดับ	องศาการเหยียด	ระดับ
3.ยืน	ยกขา	F+Stl/0-30 องศา	ระดับน้อยมาก	E+Stl/40-50	ระดับน้อยมาก
		F+Stl/0-60 องศา	ระดับปานกลาง	E+Stl/20-30	ระดับปานกลาง
		F+Stl/0-90 องศา	ระดับดี	E+Stl/5-10	ระดับดี
		F+Stl/0-120 องศา	ระดับดีมาก	E+Stl/0	ระดับดีมาก
	ย่อตัว	F+Sts/0-30 องศา	ระดับน้อยมาก	E+Sts/40-50	ระดับน้อยมาก
		F+Sts/0-60 องศา	ระดับปานกลาง	E+Sts/20-30	ระดับปานกลาง
		F+Sts/0-90 องศา	ระดับดี	E+Sts/5-10	ระดับดี
		F+Sts/0-120 องศา	ระดับดีมาก	E+Sts/0	ระดับดีมาก

3.4.3.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ ประเมินประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเกี่ยวกับกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม นำมาวิเคราะห์ โดยการหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ของระดับความเหมาะสม โดยแบ่งเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือ

(1.1) หาดัชนีความสอดคล้องของคำถามของโครงสร้างหลักของเนื้อหา (IOC)

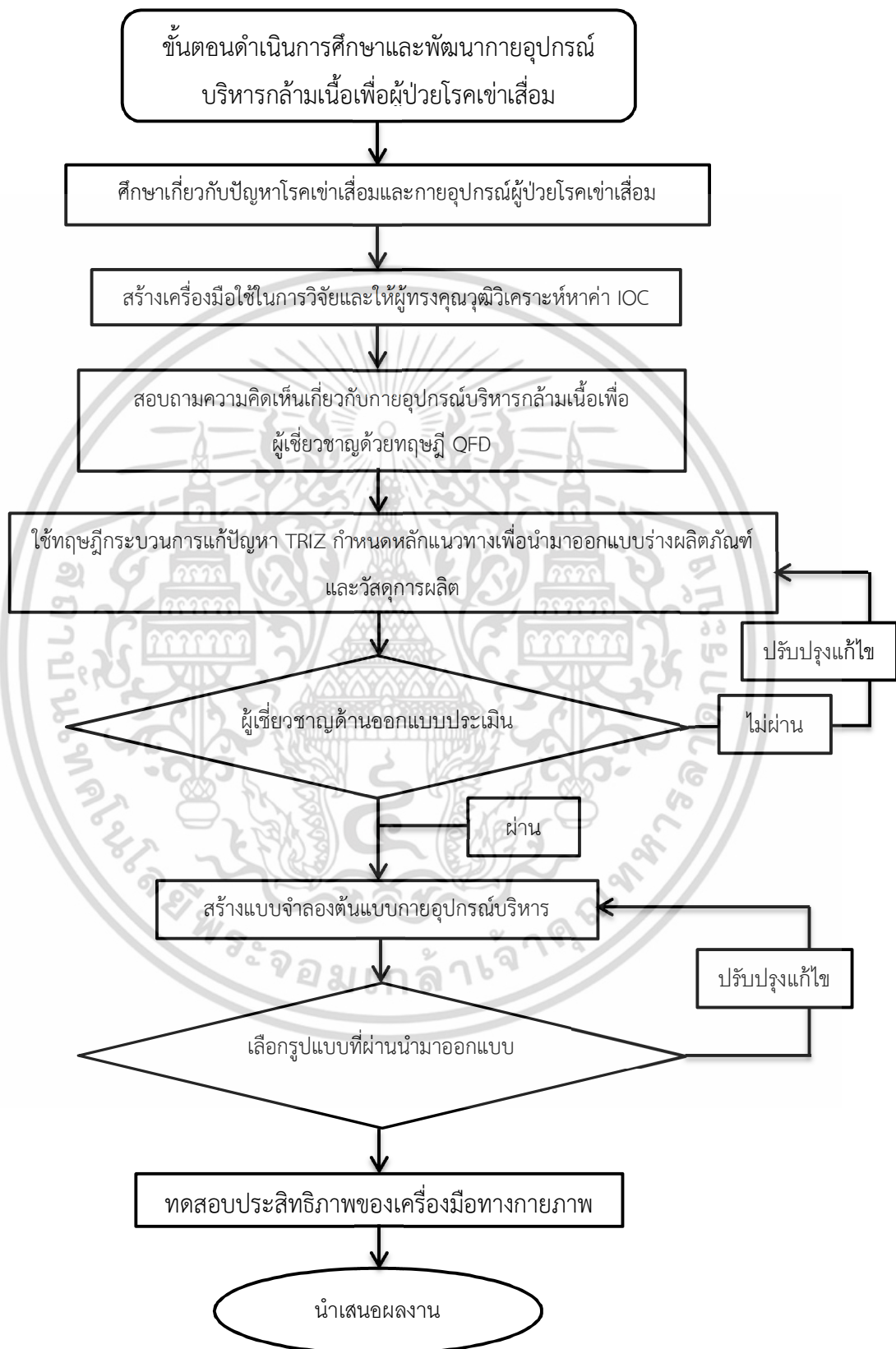
(2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

(2.1) ค่าร้อยละ (Percentage)

(2.2) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)

(2.3) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
โดยมีขั้นตอนในการออกแบบผลิตภัณฑ์ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเชิงเทคนิคที่ปรึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.1 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยเรื่อง “การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ การประเมินความคิดเห็นและตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาวิเคราะห์แล้วนำเสนอรูปแบบของตารางโดยเรียงเรียงแบ่งเป็นขั้นตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปัญหาโรคเข่าเสื่อม

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการใช้งานกายอุปกรณ์

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาความต้องการของผู้ใช้เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (House of Quality : HOQ)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่มีต่อการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2.5 รูปแบบจากการผลวิเคราะห์ข้อมูลด้านรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.3.1 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

4.3.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์ บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

โดยศึกษาจากเอกสารและงานวิจัย คำนึงถึงกรอบแนวคิดในการวิจัยให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งใช้การสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟูสามารถวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปัญหาโรคเข่าเสื่อม

4.1.1.1 กลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไปมีเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของร่างกาย จิตใจ อารมณ์สูงต้องการความดูแลเอาใจใส่จากบุตรหลานเป็นสำคัญ

4.1.1.2 ลักษณะของเข่าเสื่อมมีการจำแนกที่แตกต่างกันไปแต่โดยทั่วไปมักจำแนกเป็น 2 ชนิดตามสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค ดังนี้ โรคเข่าเสื่อมปฐมภูมิ มักเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของอายุ และลักษณะการใช้งานของข้อ โรคเข่าเสื่อมทุติยภูมิ การติดเชื้อมาในข้อ ความผิดปกติของข้อแต่กำเนิด และอุบัติเหตุต่างๆ

4.1.1.3 กระบวนการเกิดพยาธิสภาพของเข่าเสื่อมเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระดูกอ่อนผิข้อ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลภายในข้อ ซึ่งในคนสูงอายุทั้งคอลลาเจน และโปรทีโอไกลแคนได้มีการเสื่อมสภาพอยู่แล้วทำให้ผิวข้อทนต่อแรงกดได้น้อยเกิดการเสื่อมสภาพของกระดูกอ่อนนอกจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังทำให้การเคลื่อนไหวการงอและเหยียดข้อเกิดการติดขัดเพิ่มยิ่งขึ้น

4.1.1.4 แรงจูงใจและแรงสนับสนุนทางสังคมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายุร่วมมือในการช่วยฟื้นฟูอาการของโรคเข่าเสื่อม โดยการได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากบุคคลในครอบครัว และบุคลากรด้านสาธารณสุข จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้สูงอายุบริหารฟื้นฟูสุขภาพ

4.1.1.5 การออกกำลังกายของผู้ป่วยนั้น เป็นการช่วยให้ร่างกายมีการขยับเคลื่อนไหวในทางการรักษาฟื้นฟูสุขภาพเพื่อป้องกันการอ่อนกำลังของกล้ามเนื้อและช่วยลดการติดขัดของข้อบริเวณกล้ามเนื้อ

4.1.1.6 เพิ่มการเคลื่อนไหวและป้องกันการติดของข้อจำแนกชนิดของการออกกำลังกายได้แก่ Active exercise คือการออกกำลังกายที่ผู้ป่วยออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อร่วมกับมีแรงจากภายนอกช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหว Passive exercise คือการออกกำลังกายให้ข้อกระดูกมีการเคลื่อนไหวเต็มที่โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องออกแรงเลย

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการใช้งานกายอุปกรณ์

4.1.2.1 กายอุปกรณ์เสริม ใช้เพื่อเสริมการทำหน้าที่ของอวัยวะที่มีปัญหาในการทำงาน เช่น อ่อนแรง, เจ็บปวด, เสื่อมสมรรถภาพ เป็นต้น อาจเรียกชื่อสามัญว่า อุปกรณ์เสริม, อุปกรณ์ตาม หรือที่ประคอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 กายอุปกรณ์เสริมข้อเข่า (Knee Orthosis) กายอุปกรณ์ที่ใช้ในการประคองสภาพความเสื่อมของเข่าและกล้ามเนื้อ ทำหน้าที่หลักคือ หนุนเหยียด ให้มั่นคงและสามารถรับน้ำหนักตัวของผู้ป่วยในขณะที่เดินได้ด้วย

4.1.2.3 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อการฟื้นฟูร่างกาย มีองศาการเคลื่อนไหวตามการยศาสตร์ของค่าย่านมุมข้อเข่าที่ 0 – 100 องศา

4.1.2.4 กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อ ที่เหมาะสมควรตอบสนองความต้องการทางด้านกรบำบัดฟื้นฟู รวมทั้งยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์การแพทย์

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

4.1.3.1 วัสดุที่นำมาใช้เพื่อประกอบการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

(1) ส่วนโครงสร้าง เป็นส่วนที่ครอบคลุมขาโดยโค้งรับเข้ากับด้านหน้าเพื่อปรับล็อกให้ตรงกับแกนขา วัสดุหลักที่นำมาใช้ในกลุ่มนี้นี้ได้แก่ โลหะเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม เนื่องจากต้องการความแข็งแรงและความแกร่ง สามารถรับแรงกระทำได้สูงโดยมักนำมาใช้ในการช่วยรักษาหรือทดแทนกระดูกที่บาดเจ็บ

(2) ส่วนควบคุมองศา ซึ่งมี 2 ส่วน คือเรือนประกรับเพื่อยึดติดส่วนของโครงสร้างซึ่งจะประกอบไปด้วย นี้อต, แหวน และวัสดุพลาสติก ABS (Acrylnitrile butadiene styrene) เป็นพลาสติกคุณสมบัติเหนียว ทนการกระแทก เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ไม่มีพิษตกค้าง

(3) ส่วนรองรับส่วนหน้าขา ได้แก่ ส่วนรองรับหน้าขา คือ โฟรียูเรเทน ซึ่งมีคุณสมบัติในรูปฟองน้ำชนิดยางเทียมรับแรงกดและสั่นสะเทือนได้ดี เหนียว ระบายเหงื่อได้ดี ไม่ระคายผิวหนังพื้นผิวสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

4.1.3.2 การผลิตภัณฑในระบอบอุตสาหกรรม

กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมกับวัสดุในการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมได้แก่

(1) ส่วนโครงสร้าง ซึ่งใช้วัสดุโลหะเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมเข้ากระบวนการซึ่งในระบบอุตสาหกรรมการผลิตโดยระบบ CNC (Computer Numerical Control) เป็นการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมการเคลื่อนที่เชิงตัวเลขของเครื่องจักรกลต่างๆ โดยการสั่งงานและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งแต่เดิมนั้นเคลื่อนที่ด้วยกลไก,มอเตอร์ไฟฟ้า,ไฮดรอลิกส์ และปรับความโค้งโดยโมลเพื่อให้ได้องศาที่แม่นยำเหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมาก และทำสีโดยการอบ

(2) ส่วนควบคุมองศา ใช้เลเซอร์โดยระบบ CNC (Computer Numerical Control) ด้รูปโดยโมล

(3) ส่วนรองรับส่วนหน้าขา โฟรียูเรเทน ชนิดยางเทียมโดยเข้ากระบวนการฉีดและตัดขึ้นรูปตามโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความต้องการของลูกค้าเพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสำรวจความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD)

ตารางที่ 4.1 ผลจากการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตที่ได้จากแบบสอบถาม

ความต้องการของลูกค้า		ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนของปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ (IMP)	ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์	
			พอใจผลิตภัณฑ์	เปรียบเทียบคู่แข่ง
การสวมใส่	สวมใส่ง่าย	5.00	4.83	4.83
	น้ำหนักเบา	5.00	4.88	4.88
	ไม่ระคายเคือง	4.83	4.67	4.67
การบริหารข้อเท้า	คู่มืออธิบายการบริหารข้อเท้า	4.35	2.66	4.78
	กำหนดเวลาการใช้งาน	4.32	4.32	3.37
	เปลี่ยนรูปแบบการใช้	3.55	2.81	4.06
การระบาย	ป้องกันความชื้น	4.42	4.57	4.52
	ระบายอากาศ	4.78	4.52	4.37
	ระงับกลิ่น	4.37	4.10	4.76
โครงสร้าง	รับน้ำหนัก	5.00	5.00	5.00
	ประคองข้อเท้า	5.00	5.00	4.88
	ยืดหยุ่น	4.52	4.57	4.83
การตกแต่ง	สีสันทันเหมือนจริง	4.37	3.17	3.32
	ลวดลายทันสมัย	4.42	3.92	3.82
	มีผิวสัมผัส	3.48	3.03	4.23
บำรุงรักษา	ทำความสะอาดง่าย	3.75	3.98	3.20
	ไม่ทิ้งคราบเหงื่อ	3.57	3.76	3.48
	มีอุปกรณ์เปลี่ยน	4.32	2.53	2.94

จัดเตรียมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในเมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ นำข้อมูลที่ได้มาเข้าสู่เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ หรือบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) โดยใช้เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของเมตริกซ์การแปลงการออกแบบเป็นผลสำหรับการปรับปรุงและพัฒนากายอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการวิเคราะห์เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (House of Quality :

HOQ)

ตารางที่ 4.2 เมตริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) เป็นการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อกำหนดทางเทคนิคและข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย

B-C

เมตริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design deployment)

		↑	↑	↑	○	○	↑	↑	○	↑	↑	↓	○	↑	↑	↑	↑	↑	○	↑	↑	↑		
	Customer Importance	↑	↑	↑	○	○	↑	↑	○	↑	↑	↓	○	↑	↑	↑	↑	↑	○	↑	↑	↑		
	คะแนนความสำคัญ	High = 9	Medium = 3	Low = 1																				
โครงสร้างรับการพิงอ	18.1		●											●	●									
ตอบสนองต่อการใช้งาน	15.5		■	●	●																●			
เคลื่อนไหวได้คล่อง	15.5		●						●						■						●			
ความหนาของวัสดุ	13.6	■	●									●	●											
ช่องระบายอากาศ	12.1																					●		
รูปแบบของสีสัน	8.4												●	■									■	
ใช้สำหรับหัวเข้าทั้งสอง	6.4					■																		
ขนาดเส้นรอบวง	4.3	●					●	●	■															
ปรับระดับการใช้งาน	4.2					■														■				
เปิดช่อง / กระจุกสะบ้า	1.38													■		●	■							
Absolute tech. requirement	79.5	79.5	122.4	348	139	139	31.8	38.7	38.7	152.4	122.4	135.3	75.6	25.2	167	209.4	12.4	50.6	12.6	441	108	36.3	2455	
% Relative Tech. requirement	3.23%	4.8%	14%	5.66%	5.66%	1.29%	1.57%	1.57%	6.20%	4.8%	5.5%	3.07%	1.02%	6.8%	8.52%	0.50%	2.0%	0.51%	17%	4.3%	4.39%			
เป้าหมายของส่วนประกอบย่อย		ใช้วัสดุที่เข้ารับการยกได้ดี	ใช้วัสดุที่อ่อนโยนไม่รัดจนเกินไป	มีความคงทนเมื่อทำงาน	มีคู่มือใช้งานการดูแลรักษาและใช้งานผลิตภัณฑ์ 1 ชุด	มีเอกสารประกอบตามหลักการบริหาร	มีอุปกรณ์สำรองสำหรับลูกค้าเพื่อเปลี่ยน	ปรับเปลี่ยนสปีดได้ทั้งสองข้าง	ขนาดกำหนดตามมาตรฐาน	ใช้ชิ้นส่วนที่มีขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	ไม่เกิดการชำรุดจากการใช้งานภายในเวลา 1 ปี	ใช้ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพราคาต่ำ	สามารถเลือกโหนดได้หลากหลาย	เพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน	ออกแบบให้เข้ากับสัดส่วนตัวร่างกาย	ผลิตภัณฑ์มีหน้าปัดปรับแรงโน้มถ่วงต่างๆ	รับน้ำหนักและเพิ่มการทรงตัว	รับน้ำหนักด้านหน้าลดการปวด	สามารถปรับระดับให้ผู้ใช้ใช้งาน	ออกแบบให้เหมาะสมกับการเดินและนั่ง	ไม่เกิดความร้อนเมื่อใช้งาน	ออกแบบให้มีช่องที่ไปปรับการระบาย		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย

ลำดับ	ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย	Absolute part char. important	% Relative part char. important
C19	ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน	441	17.0
C3	เสถียรต่อการบริหาร	348	14.0
C15	กระจายส่วนแรงบริหาร	209.4	8.52
C14	โครงสร้างต้านและรับแรง	167	6.8
C8	ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	152.4	6.2
C4	รายละเอียดกระบวนการใช้งาน	139	5.66
C5	รายละเอียดการบริหาร	139	5.66
C11	ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม	135.3	5.5
C2	เยื่ออ่อนนุ่ม	122.4	4.8
C10	ความทนของชิ้นงาน	122.4	4.8
C20	วิธีปรับปรุงการระบาย	108	4.3
C1	กระชับเข้าทรง	79.5	3.23
C12	ความหลากหลายของสี	75.6	3.07
C17	ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า	50.6	2.0
C7	สัมพันธ์กันทั้งสอง	38.7	1.57
C8	มีแบบขนาดมาตรฐานให้เลือก	38.7	1.57
C21	รูปแบบของการระบาย	36.3	4.39
C6	อุปกรณ์เปลี่ยนทดแทนได้	31.8	1.29
C13	ใช้ลวดลายกราฟฟิก	25.2	3.07
C18	เปลี่ยนระดับให้เข้ากับช่วงเข่า	12.6	0.51
C16	เพิ่มการประคอง	12.4	0.50

พบว่าการจัดเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบคะแนนที่มากที่สุดคือ ข้อกำหนดส่วนประกอบย่อยด้านปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน (17%) มีความสัมพันธ์กับ ข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีค่าความสำคัญสูง รองลงมาคือ เสถียรต่อการบริหาร (14%) และอันดับสุดท้ายคือ เพิ่มการประคอง (0.50) จากนั้นจะนำข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ TRIZ ในการศึกษาและพัฒนาการอุปกรณบริหารกล้านเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน ผู้วิจัยได้นำข้อมูล QFD เฟสที่ 2 เมทริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) โดยพิจารณาจากน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยสมบูร์มที่ต้องมาปรับปรุงเทียบกับตารางเมทริกซ์ของ TRIZ โดยเรียงจากระบวนการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์กายอุปกรณบริหารกล้านเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาหวานนำผลจากตารางที่ 4.3 มาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบและพัฒนา โดยเลือกอันดับที่ผ่านเกณฑ์ที่ค่าเฉลี่ย 5% ซึ่งมี 8 อันดับเป็นเกณฑ์ที่ลูกค้ายากให้พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่าง QFD กับ TRIZ ของกายอุปกรณบริหารกล้านเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน

QFD เฟสที่ 2 ส่วนประกอบย่อย	% Relative part char. important	QFD กับ TRIZ	ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้ง TRIZ
C19 ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน	17.0	↔	- พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (5) - พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (19) - ความสามารถในการปรับตัวได้ (35)
C3 เสถียรต่อการบริหาร	14.0	↔	- เสถียรภาพของวัตถุ (13)
C15 กระจายส่วนแรงบริหาร	8.52	↔	- แรง (10)
C14 โครงสร้างต้านและรับแรง	6.8	↔	- แรงดึง แรงดัน (11) - ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (15)
C8 ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	6.2	↔	- น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (1) - ความยาวของวัตถุที่ซึ่งเคลื่อนที่ (3) - รูปร่าง (12)
C4 รายละเอียดระบุการใช้งาน	5.66	↔	- การสูญเสียไปของข้อมูล (24) - ความน่าเชื่อถือ (27)
C5 รายละเอียดการบริหาร	5.66	↔	- ผลิตภาพ (39)
C11 ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม	5.5	↔	- ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ (30) - ความสามารถในการผลิต (32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการวิเคราะห์การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม (Theory Of Inventive Problem Solving : TRIZ)

ตารางที่ 4.5 ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้ง

QFD เฟสที่ 2 ส่วนประกอบย่อย	ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง		ลักษณะสมบัติที่ด้อย	หลักการจากเครื่องมือ TRIZ นำมาแก้ปัญหา			
C19 ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน	- พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (5)	เกิดความคิดเชิงเทคนิค	33	15	17	13	16
	- พลังงานที่ใช้โดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (19)		33	19	35		
	- ความสามารถในการปรับตัวได้ (35)		33	15	34	1	16
C3 เสถียรต่อการบริหาร	- เสถียรภาพของวัตถุ (13)		5	2	11	13	
C15 กระจายส่วนแรงบริหาร	- แรง (10)		19	19	17	10	
C14 โครงสร้างต้านและรับแรง	- แรงดึง แรงดัน (11)		19	14	24	10	37
	- ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (15)		14	27	3	10	
C8 ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	- น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (1)		14	28	27	18	40
	- ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (3)		14	8	35	29	34
	- รูปร่าง (12)		14	30	14	10	40
C4 รายละเอียดระบุการใช้งาน	- การสูญเสียไปของข้อมูล (24)	27	10	28	23		
	- ความน่าเชื่อถือ (27)	31	35	2	40	26	
C5 รายละเอียดการบริหาร	- ผลិតภาพ (39)	33	1	28	7	10	
C11 ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม	- ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ (30)	29	26	28	10	18	
	- ความแข็งแรง (14)	32	11	3	10	32	

4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรมตามหลักการ 40 ข้อของ

TRIZ

หลักการ 1 แบ่งส่วน (Segmentation)

หลักการย่อย

- แบ่งวัตถุออกเป็นส่วนๆ ให้มีความอิสระกัน ทำให้วัตถุแบ่งย่อยออกไป
- เพิ่มระดับขึ้นของการแบ่งส่วนวัตถุ

สาระสำคัญ

เป็นการแยกระบบออกเป็นส่วนๆ โดยออกแบบระบบให้ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถประกอบเข้าเป็นหน่วยเดียวกัน

หลักการ 2 สกัดออก (Extraction)

หลักการย่อย

- สกัดออกเฉพาะส่วนหรือลักษณะสมบัติที่จำเป็น
- สกัดส่วนหรือลักษณะสมบัติที่ รบกวน ของวัสดุออก

สาระสำคัญ

เป็นการใช้กระบวนการเพื่อดึงหรือแยกออก เพื่อนำลักษณะสมบัติที่เป็นประโยชน์มาใช้หรือส่วนที่ไม่มีคุณภาพกำจัดทิ้ง

หลักการ 3 ลักษณะเฉพาะ (Local Quality)

หลักการย่อย

- เปลี่ยนวัตถุหรือโครงสร้างภายนอกจากสิ่งที่เป็นเนื้อเดียวกันให้ต่างกันเฉพาะส่วน
- แต่ละส่วนของวัตถุควรอยู่ภายใต้เงื่อนไขซึ่งเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งาน

สาระสำคัญ

เป็นการเลือกเฉพาะส่วนที่มีลักษณะสมบัติพิเศษมาใช้ให้เกิดประโยชน์และสามารถใช้งานได้

หลักการ 10 กระทำก่อน (Prior Action)

หลักการย่อย

- ทำการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการกับวัตถุล่วงหน้าทั้งหมดหรือบางส่วน

สาระสำคัญ

เป็นการเตรียมการกระทำบางอย่างไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การทำงานตามกลไกที่ต้องการเป็นไปได้ อย่างราบรื่น เป็นขั้นตอน

หลักการ 11 ป้องกันไว้ก่อน (Cushion In Advance)

หลักการย่อย

- เตรียมมาตรการฉุกเฉินไว้ล่วงหน้า เพื่อชดเชยความน่าเชื่อถือที่ตัววัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาระสำคัญ

เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นก่อนเกิดความเสียหาย ทั้งยังเป็นการลดความผิดพลาดที่ส่งผลกระทบต่อระบบ เช่น สินค้าในร้านที่ติดแม่เหล็กส่งสัญญาณกันการขโมย

หลักการ 15 ผลวัต (Dynamicity)

หลักการย่อย

- เปลี่ยนลักษณะสมบัติของวัตถุหรือสภาพแวดล้อมภายนอก เพื่อทำให้เกิดการทำงานที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละขั้นตอนของการทำงาน

- ถ้าวัตถุไม่เคลื่อนที่ให้ทำวัตถุนั้นเคลื่อนที่ ทำให้เปลี่ยนกลับไปกลับมาได้

สาระสำคัญ

เป็นการสร้างระบบที่สามารถจัดการกับการเปลี่ยนแปลงและการกระทำจากภายนอก โดยสร้างระบบการเคลื่อนไหว การสั่นสะเทือน การลอยตัว ความยืดหยุ่นเพื่อลดการกระแทก

หลักการ 16 กระทำบางส่วนหรือมากกว่า (Partial Or Excessive Action)

หลักการย่อย

- ถ้าเป็นการยากที่จะสร้างผลที่ต้องการให้สำเร็จ พยายามทำให้ได้ผลใกล้เคียง

สาระสำคัญ

เป็นการกระทำหรือใช้ประโยชน์จากระบบให้มากกว่าหรือน้อยกว่าที่ออกแบบไว้

หลักการ 17 แปลงสู่มิติใหม่ (Transition Into A New Dimension)

หลักการย่อย

- เปลี่ยนการเคลื่อนไหวหนึ่งมิติของวัตถุไปเป็นสองมิติ จากสองมิติเป็นสามมิติ

- ใช้ประโยชน์จากองค์ประกอบหลายระดับของวัตถุ

- วางเอียงวัตถุหรือวางตะแคง

สาระสำคัญ

เป็นการเปลี่ยนเป้าหมายในมิติปกติจากระบบเชิงเส้น จากหนึ่งมิติสู่หลายมิติ จากแนวตั้งสู่แนวนอนจากแนวนอนสู่แนวทแยง

หลักการ 19 กระทำเป็นจังหวะ (Periodic Action)

หลักการย่อย

- เปลี่ยนการกระทำต่อเนื่องเป็นการกระทำเป็นจังหวะหรือแทนที่ด้วยการกระทำเป็นช่วงเป็นตอน

สาระสำคัญ

เป็นการเปลี่ยนจังหวะการกระทำออกเป็นช่วงๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการ 26 เลียนแบบ (Copying)

หลักการย่อย

- ควรใช้วัสดุที่ง่ายและราคาไม่แพง แทนที่จะใช้ของเดิมที่เปราะบาง หรือวัสดุที่ใช้งานยาก

สาระสำคัญ

เป็นการเลียนแบบ ทำซ้ำ หรือจำลองระบบหรือรูปแบบการทำงานเพื่อลดต้นทุน

หลักการ 27 ใช้แล้วทิ้ง (Dispose)

หลักการย่อย

- ใช้วัสดุราคาถูกแทนวัสดุราคาแพง โดยยอมเสียลักษณะสมบัติบางประการ เช่น ความ

ทนทาน

สาระสำคัญ

เป็นการทดแทนผลิตภัณฑ์เดิมโดยใช้วัสดุที่ถูกกว่า ง่ายต่อการใช้งานกว่า สามารถกำจัดได้สะดวกเพื่อลดต้นทุน

หลักการ 28 แทนระบบเชิงกล (Replacement Of Mechanical System)

หลักการย่อย

- แทนระบบเชิงกล ฟันเฟือง กลไก ใช้คุณภาพแม่เหล็ก

สาระสำคัญ

แทนที่การทำงานด้วยระบบเชิงกล ปฏิสัมพันธ์เชิงกล เครื่องมือ กลไก ด้วยลักษณะทางกายภาพอื่นๆ

หลักการ 35 การเปลี่ยนสภาพลักษณะสมบัติ (Transformation Of The Properties)

หลักการย่อย

- เปลี่ยนระดับความยืดหยุ่น เปลี่ยนโครงสร้างหรือลักษณะสมบัติ เปลี่ยนความเข้มข้นหรือ

ความหนาแน่น

สาระสำคัญ

เป็นการแปลงลักษณะสมบัติของวัสดุหรือระบบเพื่อให้ได้คุณลักษณะที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงของรูปทรงเรขาคณิตหรือแปลงความยืดหยุ่นเชิงกล

หลักการ 40 วัสดุคอมโพสิต (Composite Materials)

หลักการย่อย

- เปลี่ยนจากวัสดุเนื้อเดียวเป็นวัสดุคอมโพสิต

สาระสำคัญ

เป็นแนวคิดของการใช้วัสดุคอมโพสิตเนื่องจากต้องการลดปัญหาน้ำหนักทั้งยังช่วยเพิ่มความ

ยืดหยุ่นและทนแรงบิดแรงหักงอต่างๆได้มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเพื่อการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยซึ่งได้แก่ แบบร่าง (Sketch Design) รูปแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมจำนวน 3 แบบ โดยนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ 3 ท่าน ทำการประเมินข้อมูลซึ่งแปรผลของการวิเคราะห์ อธิบายดังต่อไปนี้

1. ผลการประเมินโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ที่ทำการประเมินกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม รูปแบบที่1 รูปแบบที่2 รูปแบบที่3 โดยมีเกณฑ์แปลความหมายค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นดังนี้

ความหมาย	ช่วงคะแนน	น้ำหนักคะแนน
ระดับดีมาก	4.51 - 5.00	5
ระดับดี	3.51 - 4.50	4
ระดับปานกลาง	2.51 - 3.50	3
ระดับน้อย	1.51 - 2.50	2
ระดับน้อยมาก	1.00 - 1.50	1

แบบที่1



แบบที่2



แบบที่3



ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยความคิดเห็นของของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 3 ท่านที่ประเมินการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม (N=3) ปรากฏผลการวิเคราะห์ ดังนี้

รายการประเมิน	รูปแบบที่1			รูปแบบที่2			รูปแบบที่3		
	N=3		ระดับความเหมาะสม	N=3		ระดับความเหมาะสม	N=3		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.	
1. ด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม									
1.1 มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้สะดวก	5.0	0	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	4.33	0.58	ดี
1.2 โครงสร้างมีความแข็งแรงยืดหยุ่นรับน้ำหนัก เพิ่มการประคองเข่า	4.33	0.58	ดี	4.33	0.58	ดี	3.33	0.58	ปานกลาง
1.3 มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.58	ดี	4.0	0	ดี	3.67	0.58	ดี
1.4 มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว	4.0	0	ดี	3.67	0.58	ดี	3.33	0.58	ปานกลาง
1.5 มีรูปแบบที่สวยงาม	4.67	0.58	ดีมาก	4.0	0	ดี	3.67	0.58	ดี
1.6 มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	5.0	0	ดีมาก
1.7 แสดงรายละเอียดระบุการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	3.67	0.58	ดี
1.8 ออกแบบให้เข้ากับท่ากายบริหารผู้ที่เป็นโรคเข่าเสื่อม	4.67	0.58	ดีมาก	4.0	0	ดี	4.0	0	ดี
1.9 ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก	4.0	0	ดี	5.0	0	ดีมาก
รวม	4.56	0.45	ดีมาก	4.11	0.32	ดี	4.0	0.38	ดี
2. ด้านวัสดุ									
2.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเหมาะสมสอดคล้องกับรูปแบบผลิตภัณฑ์	4.33	0.58	ดี	4.33	0.58	ดี	4.0	0	ดี
2.2 ผลิตภัณฑ์ผลิตจากวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	3.0	0	ปานกลาง
2.3 การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการบำรุงรักษา	4.67	0.58	ดีมาก	4.67	0.58	ดีมาก	4.0	0	ดี

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

รายการประเมิน	รูปแบบที่1			รูปแบบที่2			รูปแบบที่3		
	N=3		ระดับความ เหมาะสม	N=3		ระดับความ เหมาะสม	N=3		ระดับความ เหมาะสม
	\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.		\bar{X}	S.D.	
2.4 วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุที่มีต้นทุนไม่สูงจนเกินไป	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	4.0	0	ดี
2.5 วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย	4.0	0	ดี	4.0	0	ดี	4.0	0	ดี
2.6 วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ	5.0	0	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	4.7	0.58	ดีมาก
รวม	4.56	0.36	ดีมาก	4.33	0.48	ดี	3.90	0.10	ดี
3. ด้านการผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม									
3.1 ใช้หลักการทฤษฎีด้านต่างๆ มาประยุกต์ในการพัฒนาารูปแบบ	4.67	0.58	ดีมาก	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี
3.2 มีความทนทานคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน	4.33	0.58	ดี	4.0	0	ดี	3.33	0.58	ปานกลาง
3.3 ผลิตภัณฑ์มีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับ	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	4.33	0.58	ดี
3.4 ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับราคา	4.67	0.58	ดีมาก	4.33	0.58	ดี	4.33	0.58	ดี
3.5 การออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก	4.0	0	ดี
3.6 แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์	4.0	0	ดี	4.0	0	ดี	3.0	0	ปานกลาง
3.7 การผลิตมีแบบและแม่พิมพ์สอดคล้องและง่ายต่อการผลิต	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก
3.8 สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก
3.9 ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก	5.0	0	ดีมาก
3.10 จำนวนขั้นตอนการผลิตมีความไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	ดี	4.0	0	ดี	4.0	0	ดี
รวม	4.67	0.29	ดีมาก	4.53	0.17	ดีมาก	4.23	0.23	ดี

จากตารางที่ 4.6 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ทั้ง 3 รูปแบบซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอนได้แก่

1. ด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

พบว่าความคิดเห็นโดยรวมในด้านการออกแบบตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.56$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.11$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.32 และลำดับสุดท้ายคือ รูปแบบที่ 3 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.11$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.32

2. ด้านวัสดุ

พบว่าความคิดเห็นโดยรวมในด้านวัสดุตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม รูปแบบที่ 1 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.56$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.36 รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 และลำดับสุดท้ายคือ รูปแบบที่ 3 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 3.90$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.10

3. ด้านการผลิตภณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม

พบว่าความคิดเห็นโดยรวมในด้านการผลิตภณฑ์ในระบบอุตสาหกรรมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม รูปแบบที่ 1 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.29 รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.53$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 และลำดับสุดท้ายคือ รูปแบบที่ 3 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.23$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3 หัวข้อ ของระดับความคิดเห็นจาก

ผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบที่ 1 แบบที่ 2 และแบบที่ 3 ทั้ง 3 ด้าน ทางการผลิตภณฑ์อุตสาหกรรม (N=3)

รายการประเมิน	แบบที่ 1		แบบที่ 2		แบบที่ 3	
	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
1. การออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม	4.56	0.45	4.11	0.32	4.0	0.38
2. ด้านวัสดุ	4.56	0.36	4.33	0.48	3.90	0.10
3. ด้านการผลิตภณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม	4.67	0.29	4.53	0.17	4.23	0.23
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.37	4.32	0.32	4.04	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลวิเคราะห์ คือ รูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมรูปแบบที่1 ได้รับคะแนนรวมทุกด้านสูงสุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.60$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

สรุปค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในรูปแบบกายอุปกรณ์ที่ได้คะแนนดีที่สุด (N=3)

ตารางที่ 4.8 ด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.1 มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้อย่างสะดวก	5.0	0	ดีมาก
1.2 โครงสร้างมีความแข็งแรงยืดหยุ่นรับน้ำหนัก เพิ่มการประคองเข่า	4.33	0.58	ดี
1.3 มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.58	ดี
1.4 มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว	4.0	0	ดี
1.5 มีรูปแบบที่สวยงาม	4.67	0.58	ดีมาก
1.6 มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
1.7 แสดงรายละเอียดกระบวนการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
1.8 ออกแบบให้เข้ากับท่ากายบริหารผู้ที่เป็นโรคเข่าเสื่อม	4.67	0.58	ดีมาก
1.9 ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
รวม	4.56	0.45	ดีมาก

จากตารางที่ 4.8 ผลการประเมินด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม พบว่า

1. มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้อย่างสะดวก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
2. โครงสร้างมีความแข็งแรงยืดหยุ่นรับน้ำหนัก เพิ่มการประคองเข่า พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี
3. มีความปลอดภัยในการใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี
4. มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มีรูปแบบที่สวยงาม พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

6. มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านการใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

7. แสดงรายละเอียดระบุการใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

8. ออกแบบให้เข้ากับท่ากายบริหารผู้ที่เป็โรคน้ำหนักเกิน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

9. ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยรวมพบว่า ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.56$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.9 ด้านวัสดุ

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเหมาะสมสอดคล้องกับรูปแบบผลิตภัณฑ์	4.33	0.58	ดี
2.2 ผลิตภัณฑ์ผลิตจากวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง	4.67	0.58	ดีมาก
2.3 การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการบำรุงรักษา	4.67	0.58	ดีมาก
2.4 วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุที่มีต้นทุนไม่สูงจนเกินไป	4.67	0.58	ดีมาก
2.5 วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย	4.0	0	ดี
2.6 วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ	5.0	0	ดีมาก
รวม	4.56	0.36	ดีมาก

จากตารางที่ 4.8 ผลการประเมินด้านวัสดุ พบว่า

1. วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเหมาะสมสอดคล้องกับรูปแบบผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี

2. ผลิตภัณฑ์ผลิตจากวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

3. การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการบำรุงรักษา พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุที่มีต้นทุนไม่สูงจนเกินไป พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

5. วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลต่อร่างกาย พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี

6. วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยรวมพบว่า ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.56$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.10 ด้านการผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
3.1 ใช้หลักการทฤษฎีด้านต่างๆ มาประยุกต์ในการพัฒนารูปแบบ	4.67	0.58	ดีมาก
3.2 มีความทนทานคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน	4.33	0.58	ดี
3.3 ผลิตภัณฑ์มีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับ	4.67	0.58	ดีมาก
3.4 ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับราคา	4.67	0.58	ดีมาก
3.5 การออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย	5.0	0	ดีมาก
3.6 แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์	4.0	0	ดี
3.7 การผลิตมีแบบและแม่พิมพ์สอดคล้องและง่ายต่อการผลิต	5.0	0	ดีมาก
3.8 สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม	5.0	0	ดีมาก
3.9 ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต	5.0	0	ดีมาก
3.10 จำนวนขั้นตอนการผลิตมีความไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	ดี
รวม	4.67	0.29	ดีมาก

จากตารางที่ 4.8 ผลการประเมินด้านการผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม พบว่า

1. ใช้หลักการทฤษฎีด้านต่างๆ มาประยุกต์ในการพัฒนารูปแบบ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

2. มีความทนทานคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี

3. ผลิตภัณฑ์มีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับราคา พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

5. การออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

6. แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี

7. การผลิตมีแบบและแม่พิมพ์สอดคล้องและง่ายต่อการผลิต พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

8. สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

9. ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

10. จำนวนขั้นตอนการผลิตมีความไม่ซับซ้อน พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.33$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี

สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยรวมพบว่า ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 4.11 สรุปค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รูปแบบกายอุปกรณ์ที่มีระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากที่สุด 3 ด้านในการประเมิน

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. การออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม	4.56	0.45	ดีมาก
2. ด้านวัสดุ	4.56	0.36	ดีมาก
3. ด้านการผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม	4.67	0.29	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.37	ดีมาก

จากตารางที่ 4.11 พบว่าการประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยรวมจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 3 ด้าน พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 รูปแบบจากการผลวิเคราะห์ข้อมูลด้านรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.2.5.1 ในการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม โดยคำนึงถึงกรอบแนวคิดในการวิจัยให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแยกประเด็นในการพัฒนาดังต่อไปนี้

(1) การพัฒนาที่สัมพันธ์กับการวิเคราะห์สัดส่วนมิติของร่างกายส่วนขา

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ผู้วิจัยได้วิเคราะห์กายวิภาคของร่างกายส่วนขาที่สัมพันธ์กับหลักการรักษา ตามกรอบแนวคิดของการวิจัย และขอบเขตของการวิจัย สรุปได้ดังนี้ คือ

(1.1) มิติส่วนขาที่อ่อนล้าจากสันเท้าถึงหัวเข่า 45-50 เซนติเมตร

(1.2) มิติส่วนขาที่อ่อนล้าจากก้นถึงหัวเข่า 50-55 เซนติเมตร

(2) การวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดเส้นประสาทถูกกดทับ

ในการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ปัจจัยที่ก่อให้เกิดเส้นประสาทถูกกดทับ ได้แก่ ปุ่มกระดูกส่วนหัวเข่า กล้ามเนื้อบริเวณขา จึงจำเป็นต้องออกแบบให้มีส่วนรองรับหรือหลบเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงของปุ่มกระดูกร่างกายส่วนขา และกล้ามเนื้อบริเวณขา ดังกล่าว

(3) การพัฒนาที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์

การพัฒนาที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์เพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมทางร่างกายส่วนขา โดยคำนึงถึงการทำงานของกายอุปกรณ์ที่ตรงกับหลักการฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกายส่วนขา ดังนี้

(3.1) วัตถุประสงค์ของช่วงมิติส่วนขาให้เหมาะสม

(3.2) โครงสร้างป้องกันการเคลื่อนไหวข้อเข่า

(3.3) การงอและเหยียดปรับตั้งแต่ 0-100 องศา

(3.4) รูปฟองน้ำชนิดยางเทียมรับแรงกดและสั่นสะเทือนที่อ่อนล้าและบน

(3.5) ออกแบบให้มีส่วนรองรับร่างกายส่วนขา ให้สัมพันธ์กับการแก้ปัญหาที่ก่อให้เกิดเส้นประสาทถูกกดทับ

(3.6) คำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานของกายอุปกรณ์ เช่นการพกพาเก็บและการทำความสะอาด

(4) การพัฒนาที่คำนึงถึงความงามที่สัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

(4.1) รูปแบบที่ทันสมัยเมื่อนำมาใช้งานรู้สึกไม่ทำให้เขินอายอีกทั้งมีความปลอดภัยสอดคล้องกับหลักการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

(4.2) การเลือกใช้สีให้สอดคล้องกับรูปแบบของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อ

ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ผู้วิจัยได้ศึกษาจิตวิทยาของกลุ่มผู้ที่สร้างความรู้สึกที่แสดงเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันกับอวัยวะร่างกายของมนุษย์ โดยเลือกสีให้ตรงกับผิวหนังมากที่สุด

(5) รูปแบบของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน จากการศึกษาข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับรูปแบบของผลิตภัณฑ์สรุปได้ดังในภาพที่ 4.00



ภาพที่ 4.1 รูปแบบของผลิตภัณฑ์

ที่มา : สมานทิ เทพมะที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4.3.1 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

ข้อ	ตัวแปร		องศาการงอ	ระดับ	องศาการเหยียด	ระดับ
1	ท่านอน	ยกขา	F+Pl/0-90	ดี	E+Pl/0	ดี
		ขนานพื้น	F+Pf/0-90	ดี	E+Pf/0	ดี
2	ท่านั่ง	ยกขาต่างระดับ	F+Sf/0-90	ดี	E+Sf/0	ดี
		ขนานพื้น	F+Sf/0-80	ดี	E+Sf/0	ดี
3	ท่านยืน	ยกขา	F+Stl/0-90	ดี	E+Stl/0	ดี
		ย่อตัว	F+Sts/0-85	ดี	E+Sts/0	ดี

จากตารางที่ 4.8 สรุปผลการวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion) ทำการใช้เครื่องโกนิโอมิเตอร์สำหรับวัดการงอและเหยียดของเข่า พบว่ามีความเหมาะสมระดับดีในการทำงานได้กับอิริยาบถท่านอน, ท่านั่ง, ท่านยืน มีระดับมุมมองขาที่ 0-90

4.3.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟู โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์แบบเจาะจงจำนวน 3 คน (N=3) ซึ่งได้มีผลดังนี้

รายการ	ประสิทธิภาพทางกายภาพ		
	N=3		ระดับความเหมาะสม
	\bar{X}	S.D.	
1. ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม			
1.1 สามารถบริหารกล้ามเนื้อและข้อเข่าได้สะดวกขึ้น	4.17	0.41	ดี
1.2 อุปกรณ์สามารถบริหารได้ตามหลักการแพทย์มาตรฐานท่า (นอน นั่ง ยืน)	4.17	0.41	ดี
1.3 ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า	4.00	0	ดี
1.4 มีการกระจายส่วนแรงบริหาร	3.50	0.55	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

รายการ	ประสิทธิภาพทางกายภาพ		
	N=3		ระดับความเหมาะสม
	\bar{x}	S.D.	
1.5 ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่	4.67	0.52	ดีมาก
1.6 ลดความเจ็บปวดของผู้ป่วยเมื่อบริหารกล้ามเนื้อ	3.67	0.52	ดี
1.7 ความปลอดภัยในการใช้งาน (ผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม)	3.83	0.41	ดี
1.8 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการงอ 0-100 องศา	4.50	0.55	ดี
1.9 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการเหยียด 100-0 องศา	4.00	0	ดี
1.10 สามารถยืนทรงตัวได้โดยไม่มีเครื่องช่วยพยุง	4.17	0.41	ดี
1.11 ปัจจัยที่เกิดหลังการสวมใส่เป็นเวลานานในสถานการณ์ถูกกดทับทางเส้นประสาท	4.33	0.52	ดี
1.12 การสวมใส่กายอุปกรณ์ใช้เวลาไม่นาน	4.22	0.55	ดี
รวม	4.10	0.40	ดี

จากตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบสอบถาม โดยผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x} = 4.10$) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ซึ่งสามารถอธิบายในแต่ละข้อของผลการประเมินพบว่าข้อ 1.5 ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.67$) โดยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือข้อ 1.8 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการงอ 0-100 องศา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.50$) โดยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย ไว้ดังนี้

- 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 5.6 สรุปผลการวิจัย
- 5.7 อภิปรายผล
- 5.8 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข้าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม
2. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม

5.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้เลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งพิจารณาเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรแบบเดียวกันดังนี้

กลุ่มที่ 1 ตามวัตถุประสงค์ 1 เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข้าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ แพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู และผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข้าเสื่อม 3 หน่วยงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่าง คือ แพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู และผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข้าเสื่อม 3 หน่วยงาน จำนวน 20 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์ออร์โธปิดิกส์ จากศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ, โรงพยาบาลลาดกระบัง, คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 3 คน
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านกายภาพบำบัดทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ จากศูนย์กายภาพบำบัดมหิตล ปิ่นเกล้า จำนวน 3 คน
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ 3 คน จากศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ จำนวน 3 ท่าน
4. ผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข้าเสื่อม 11 คน จากศูนย์กายภาพบำบัด มหิตล ปิ่นเกล้า

กลุ่มที่ 2 ตามวัตถุประสงค์ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ด้านพัฒนาแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในสถาบันการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

กลุ่มที่ 3 ตามวัตถุประสงค์ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ บุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู 1 หน่วยงาน

กลุ่มตัวอย่าง คือ แพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู 1 หน่วยงาน คือ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ จำนวน 3 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ 3 คน

5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาการวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือดังต่อไปนี้

5.3.1 ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงานวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม เพื่อนำไปใช้ในส่วนของคุณสมบัติ การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1.1 กรอบแนวความคิดตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

ตอนที่ 1 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความต้องการของแพทย์และบุคลากรในกลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู 3 หน่วยงาน ได้แก่ ศูนย์ สิรินครเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ, ศูนย์กายภาพบำบัด มหิดล ปิ่นเกล้า, โรงพยาบาลลาดกระบัง และผู้ที่มารับการฟื้นฟูโรคเข่าเสื่อม (Voice of Customer) ซึ่งเป็นการสำรวจความต้องการเพื่อนำไปใช้จัดเรียงถ้อยคำใหม่ให้เป็นภาษาทางการ ออกแบบ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเป็นแบบสอบถามมาตรวัด จำแนกออกเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง เล็กน้อย ไม่พอใจ

5.3.1.2 กรอบแนวความคิดตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2

กลุ่มที่ 1 ใช้กับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ชุดที่ 1 การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ” (Quality Function Deployment : QFD) จุดมุ่งหมายเพื่อความพึงพอใจของลูกค้าและถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายของการออกแบบ

ชุดที่ 2 ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม” (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ) เป็นการนำปัญหาการประดิษฐ์ต่างๆ มาจัดเป็นระบบ และกำหนดแนวทางแก้ปัญหาสำหรับระบบเหล่านั้น

ชุดที่ 3 แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยแบ่งได้ 3 ส่วนคือ ด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ด้านวัสดุ และด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

5.3.1.3 กรอบแนวความคิดตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3

กลุ่มที่ 2 ใช้กับผู้เชี่ยวชาญด้านงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู

ชุดที่ 1 แบบประเมินทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์

5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.4.1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องของข้อมูลปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการทำงานของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

2. ทำการติดต่อขอพบเพื่อพูดคุยด้วยวาจาพร้อมแนะนำตัวเองและวัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อสร้างความคุ้นเคย ความสัมพันธ์อันดี นัดหมาย วัน เวลา ขออนุญาตเข้าสัมภาษณ์อย่างเป็นทางการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้เชี่ยวชาญเพื่อเก็บข้อมูลในการศึกษาและพัฒนา ภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมโดยผู้เชี่ยวชาญ

4. ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและผลิตต้นแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไข ผลิตภัณฑ์ต้นแบบกายอุปกรณ์ตามคำแนะนำ

5. ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์เป็นผู้บันทึกและเก็บข้อมูล โดยนำต้นแบบกายอุปกรณ์บริหาร กล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมไปทดสอบประสิทธิภาพประเมินผลด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์

6. ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์เป็นผู้บันทึกและเก็บข้อมูล โดยนำต้นแบบกายอุปกรณ์บริหาร กล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมไปทดสอบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือทางกายภาพด้วยการ บริหารเพื่อการฟื้นฟู โดยผู้ที่มารับการรักษาโรคเข่าเสื่อม อยู่ในความดูแลของผู้เชี่ยวชาญด้าน กายภาพบำบัด

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจำแนกได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลในการแบบประเมินความต้องการของลูกค้าเพื่อนำไปใช้ในการกระจาย หน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์ โดยทำการหา ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมของงานออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญโดยการ หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ของ ระดับความเหมาะสม

3. การวิเคราะห์ข้อมูลในการผลเพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหาร กล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

4. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

5.6 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนาภายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม มาสรุปและดำเนินงานในการพัฒนาตามกระบวนการออกแบบสรุปผลดังนี้

5.6.1 ผลการพัฒนาระบบกลไก ในการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรค เข่าเสื่อมได้แก่

5.6.1.1 ด้านระบบกลไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (1) ระบบเพื่อการปรับองศา ใช้รีดและประกบยึดเพื่อให้มีความตรงในการเคลื่อนไหว
- (2) ระบบการป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหวเกินกำหนดของผู้ป่วยโดยมีตัวเบรกติดที่ตัวประกบ

5.6.1.2 ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านวัสดุและการผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตดังนี้

- (1) ส่วนโครงสร้าง ซึ่งใช้วัสดุโลหะเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมเข้ากระบวนการซึ่งในระบบอุตสาหกรรมการเลเซอร์โดยระบบ CNC (Computer Numerical Control) เป็นการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมการเคลื่อนที่เชิงตัวเลขของเครื่องจักรกลต่างๆ โดยการสั่งงานและควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และปรับความโค้งโดยโมลเพื่อให้ได้องศาที่แม่นยำ
- (2) ส่วนควบคุมองศา ใช้เลเซอร์โดยระบบ CNC (Computer Numerical Control) ควบคุมโดยโมล
- (3) ส่วนรองรับส่วนหน้าขา โพรียูเรเทน ชนิดยางเทียมโดยเข้ากระบวนการฉีดและตัดขึ้นรูปตามโครงสร้าง

5.6.1.3 ด้านรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้านรูปแบบโดยมีประเด็นการพัฒนา ดังนี้ คือ

- (1) การพัฒนารูปแบบที่สัมพันธ์กับการวิเคราะห์สัดส่วนมิติของร่างกายส่วนขา ได้แก่ สัดส่วนมิติของร่างกายส่วนขา ซึ่งมีมิติส่วนขาที่อ่อนล่างจากสันเท้าถึงหัวเข่า 45 เซนติเมตรและสูงสุด 50 เซนติเมตร และมีมิติส่วนขาที่อ่อนบนจากกันถึงหัวเข่าต่ำสุด 50 เซนติเมตรและสูงสุด 55 เซนติเมตร ซึ่งกายอุปกรณ์ดังกล่าววัดและจัดเป็นมาตรฐานความยาวของขาผู้ป่วยซึ่งมีมิติสัดส่วนแตกต่างกันได้ ปัจจัยที่ก่อให้เกิดเส้นประสาทถูกกดทับ ได้แก่ ปุ่มกระดูกส่วนหัวเข่า กล้ามเนื้อบริเวณขา กายอุปกรณ์มีมิติความโค้งที่ 15 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร และเสริมรูปฟองน้ำ ชนิดยางเทียมรับแรงกดและสันสะท้อน ดังภาคผนวก จ
- (2) การพัฒนารูปแบบที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงการทำงานของกายอุปกรณ์ที่ตรงกับหลักการฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกายส่วนขา ดังนี้
- (2.1) วัดระดับของช่วงมิติส่วนขาให้เหมาะสม
 - (2.2) โครงสร้างป้องกันการเคลื่อนไหวข้อเข่า
 - (2.3) การงอและเหยียดปรับตั้งแต่ 0-100 องศา
 - (2.4) รูปฟองน้ำชนิดยางเทียมรับแรงกดและสันสะท้อนที่อ่อนล่างและบน
 - (2.5) ออกแบบให้มีส่วนรองรับร่างกายส่วนขา ให้สัมพันธ์กับการแก้ปัญหาที่ก่อให้เกิดเส้นประสาทถูกกดทับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2.6) คำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานของกายอุปกรณ์ เช่นการผูกพาเก็บและ การทำความสะอาด

(3) การพัฒนาการพัฒนานำที่คำนึงถึงความงามที่สัมพันธ์กับลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ โดยใช้แนวคิดในการออกแบบรูปทรงโดยอุปมาเปรียบเทียบกับเชิงสัญลักษณ์จากรูปทรงต่างๆ เพื่อออกแบบให้เข้ากับอวัยวะร่างกายส่วนขา และคำนึงถึงรูปแบบที่ทันสมัยเมื่อนำมาใช้งานรู้สึกไม่ทำให้เงินอายุอีกทั้งมีความปลอดภัยสอดคล้องกับหลักการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเลือกใช้สีให้สอดคล้องจิตวิทยาของกลุ่มสีที่สร้างความรู้สึกที่แสดงเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันกับอวัยวะร่างกายของมนุษย์โดยเลือกสีให้ตรงกับผิวหนังมากที่สุด

5.6.2 สรุปผลประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ทั้ง 3 รูปแบบซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอนได้แก่

5.6.2.1 ด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ด้านการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมพบว่าความคิดเห็นโดยรวมในด้านการออกแบบตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบที่1 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.56$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

5.6.1.2 ด้านวัสดุ

ด้านวัสดุตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบที่ 1 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.56$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.36

5.6.1.3 ด้านการผลิตภัณฑในระบบอุตสาหกรรม

ด้านการผลิตภัณฑในระบบอุตสาหกรรมตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ได้ประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบที่ 1 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.67$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.29

สรุปค่าเฉลี่ยความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบที่1 แบบที่2 และแบบที่3 ทั้ง3 ด้านทางการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลวิเคราะห์ คือ รูปแบบกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมรูปแบบที่1 ได้รับคะแนนรวมทุกด้านสูงสุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.60$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

5.6.3 สรุปทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

5.6.3.1 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion) ทำการใช้เครื่องโคโนมิเตอร์สำหรับวัดการเอียงสะโพกเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งอและเหยียดของเข่า พบว่ามีความเหมาะสมระดับดีในการใช้งานได้กับอิริยาบถ ท่านอน, ท่านั่ง, ทำยืน มีระดับมุมมองขาที่ 0-90

5.6.3.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม แบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x} = 4.10$) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ซึ่งสามารถอธิบายในแต่ละข้อของผลการประเมินพบว่าข้อ 1.5 ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.67$) โดยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือข้อ 1.8 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการงอ 0-100 องศา มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.50$) โดยมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

5.7 อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยสามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

5.7.1 อภิปรายผลการศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมสามารถแบ่งอภิปรายผลได้แก่

5.7.1.1 ข้อมูลด้านปัญหาโรคเข่าเสื่อม

กลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไปมีเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงของร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สูงต้องการความดูแลเอาใจใส่จากบุตรหลานเป็นสำคัญ แรงจูงใจและแรงสนับสนุนทางสังคมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้สูงอายুর่วมมือในการช่วยฟื้นฟูอาการของโรคเข่าเสื่อม โดยการได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากบุคคลในครอบครัว และบุคลากรด้านสาธารณสุข จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้ผู้สูงอายุบริหารฟื้นฟูสุขภาพ ซึ่งลักษณะของเข่าเสื่อมมีการจำแนกที่แตกต่างกันไปแต่โดยทั่วไปมักจำแนกเป็น 2 ชนิดตามสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค ดังนี้ โรคเข่าเสื่อมปฐมภูมิ มักเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของอายุและลักษณะการใช้งานของข้อ โรคเข่าเสื่อมทุติยภูมิ การติดเชื้อมาในข้อ ความผิดปกติของข้อแต่กำเนิด และอุบัติเหตุต่างๆ กระบวนการเกิดพยาธิสภาพของเข่าเสื่อมเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระดูกอ่อนผิดข้อ ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลภายในข้อ ซึ่งในคนสูงอายุทั้งคอลลาเจนและโปรทีโอไกลเคนได้มีการเสื่อมสภาพอยู่แล้วทำให้ผิวข้อทนต่อแรงกดได้น้อยเกิดการเสื่อมสภาพของกระดูกอ่อนนอกจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังทำให้การเคลื่อนไหวการงอและเหยียดข้อเกิดการติดขัดเพิ่มขึ้น การออกกำลังกายของผู้ป่วยนั้น เป็นการช่วยให้ร่างกายมีการขยับเคลื่อนไหวในทางการรักษาฟื้นฟูสุขภาพเพื่อป้องกันการอ่อนกำลังของกล้ามเนื้อและช่วยลดการติดขัดของข้อบริเวณกล้ามเนื้อ โดยเพิ่มการเคลื่อนไหวและป้องกันการติดของข้อจำแนกชนิดของการออกกำลังกายได้แก่ Active exercise คือการออกกำลังกายที่ให้ผู้ป่วยออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อร่วมกับมีแรงจากภายนอกช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหว Passive exercise คือการออกกำลังกายที่ข้อกระดูกมีการเคลื่อนไหวเต็มที่โดยที่ผู้ป่วยไม่ต้องออกแรงเลย

5.7.1.2 ข้อมูลด้านการใช้งานกายอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายอุปกรณ์เสริมข้อเข่า (Knee Orthosis) กายอุปกรณ์ที่ใช้ในการประคองสภาพความเสื่อมของเข่าและกล้ามเนื้อ ทำหน้าที่หลักคือ กระจายน้ำหนักและสามารถรับน้ำหนักตัวของผู้ป่วย ในขณะที่เดินได้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ กองการประกอบโรคศิลปะ. 2542 ใช้เพื่อเสริมการทำหน้าที่ของอวัยวะที่มีปัญหาในการทำงาน เช่น อ่อนแรง, เจ็บปวด, เสื่อมสมรรถภาพ เป็นต้น อาจเรียกชื่อสามัญว่า อุปกรณ์เสริม, อุปกรณ์ตาม หรือที่ประคองมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อการฟื้นฟูร่างกาย มีองค์การเคลื่อนไหวตามการยศาสตร์ของค่าย่านมุมข้อเข่าที่ 0 – 100 องศา ซึ่งกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อ ที่เหมาะสมควรตอบสนองความต้องการทางด้านการบำบัดฟื้นฟู รวมทั้งยังช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์การแพทย์

5.7.1.3 ข้อมูลด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

วัสดุที่นำมาใช้เพื่อประกอบการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม การใช้วัสดุทางการแพทย์เป็นการใช้ทดแทนส่วนอวัยวะหรือทำหน้าที่ของอวัยวะที่เสียไปและเสื่อมสภาพ ในขณะเดียวกันต้องเป็นวิธีการที่ปลอดภัย เชื่อถือได้ ประหยัด และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายการ บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวได้ต้องขึ้นอยู่กับความมั่นคง แสดงคุณสมบัติและการทำงานของวัสดุทางการแพทย์ ชนิด คุณสมบัติ การใช้ เช่น วัสดุผสมประกอบ (Composite) วัสดุที่เลือกใช้มีความหลากหลายในการนำมาใช้ในการผลิต

5.7.2 อภิปรายผลความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD)

ในการดำเนินการใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ แบบ 4 เมทริกซ์ กับกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม โดยเริ่มจากการสำรวจความต้องการของลูกค้าจากแบบสำรวจ ซึ่งสอดคล้องกับ มณฑริ ศาสนันท์. 2546 หลังจากนั้นนำความต้องการเหล่านั้นมาจัดเรียงถ้อยคำใหม่และจัดกลุ่มคุณลักษณะของความต้องการที่มีความหมายซ้ำซ้อนเข้าด้วยกันแล้วนำความต้องการมาจัดทำเป็นแบบสอบถามเพื่อให้ได้ทำการประเมินความสำคัญของความต้องการ รวมทั้งการตัดสินใจจากผู้วิจัยให้คะแนนการผลิตกายอุปกรณ์ของคู่แข่ง และกรณีศึกษา ซึ่งคะแนนความสำคัญที่ได้จากการประเมินและความต้องการของลูกค้าจะนำเข้าสู่เมทริกซ์ที่ 1 ของ QFD หรือเรียกว่าเมทริกซ์การวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ จากนั้นจะมีการนำข้อมูลที่ได้จากเมทริกซ์ที่ 1 ไปใช้ในเมทริกซ์ถัดไปคือ เมทริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) เมื่อทราบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์จากการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD แล้วจึงนำคุณลักษณะเหล่านั้นมาทำการออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมรูปแบบใหม่ 3 รูปแบบ โดยเป็นข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยสมบูรณ์ในการออกแบบและพัฒนาโดยเลือกอันดับที่ผ่านเกณฑ์ที่ค่าเฉลี่ย 5% ซึ่งมี 8 อันดับเป็นเกณฑ์ที่ผู้ชื้ออยากให้พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน 17.0% เสถียรต่อการบริหาร 14.0%, กระจายส่วนแรงบริหาร 8.52%, โครงสร้างต้านและรับแรง 6.8%,

ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ 6.2%, รายละเอียดกระบวนการใช้งาน 5.66%, รายละเอียดการบริหาร 5.66%, ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม 5.5%

5.7.3 อภิปรายผลการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ)

การประยุกต์ใช้ TRIZ ในการศึกษาและพัฒนาการออกแบบอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ผู้วิจัยได้นำข้อมูล QFD เมทริกซ์ที่ 2 การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) โดยพิจารณาจากน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยสมบูรณ์ ที่ข้อกำหนดในการออกแบบและพัฒนาโดยเลือกอันดับที่ผ่านเกณฑ์ที่ค่าเฉลี่ย 5% ซึ่งมี 8 อันดับเป็นเกณฑ์ที่ลูกค้าอยากให้พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ โดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่าง QFD กับ TRIZ ของข้อมูลเมทริกซ์ความขัดแย้ง TRIZ ซึ่งสอดคล้องกับ (ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์ และคณะ. 2550) และนำมาวิเคราะห์การแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม ซึ่งสรุปผลได้ตามแนวทางการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรมตามหลักการ ได้แก่

- หลักการ 1 แบ่งส่วน (segmentation)
- หลักการ 3 ลักษณะเฉพาะ (Local quality)
- หลักการ 10 กระทำก่อน (Prior action)
- หลักการ 11 ป้องกันไว้ก่อน (Cushion in advance)
- หลักการ 15 พลวัต (Dynamicity)
- หลักการ 16 กระทำบางส่วนหรือมากกว่า (Partial or excessive action)
- หลักการ 17 แปลงสู่มิติใหม่ (Transition into a new dimension)
- หลักการ 19 กระทำเป็นจังหวะ (Periodic action)
- หลักการ 26 เลียนแบบ (Copying)
- หลักการ 27 ใช้แล้วทิ้ง (Dispose)
- หลักการ 28 แทนระบบเชิงกล (Replacement of mechanical system)
- หลักการ 35 การเปลี่ยนสภาพลักษณะสมบัติ (Transformation of the properties)
- หลักการ 40 วัสดุคอมโพสิท (Composite materials)

นำคุณลักษณะเหล่านั้นมาทำการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมรูปแบบใหม่ 3 รูปแบบ เพื่อที่จะนำไปประเมินผลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่อไป

5.7.4 อภิปรายผลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ด้านวัสดุ ด้านการผลิตภายในระบบอุตสาหกรรม สามารถอภิปรายผลได้ว่า

5.7.4.1 ด้านการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการนำเสนอผลการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมส่งผลให้การประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้อย่างสะดวก ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับ (นวลน้อย บุญวงษ์. 2539 : 94-95) ประโยชน์ใช้สอยที่ส่งผลโดยตรงต่อผู้ใช้ทางร่างกายมีความชัดเจนสามารถจับต้องใช้งานตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ประโยชน์ใช้สอยทางกายภาพ

ในการประเมินผลที่มีค่าต่ำสุด พบว่า มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะควรปรับปรุงในส่วนระบบกลไกที่มาเชื่อมต่อจุดส่งกำลังก้านลิงค์ (Link) เนื่องจากเกิดการเสียดสีกันบ่อยครั้งอาจเกิดการเสียหายได้ง่าย ควรมียุกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนหรือซ่อมแซมทดแทนได้ใหม่รวมทั้งการอบหรือฉีดยาเพื่อให้เกิดความคงทนไม่หลุดหล่อน ซึ่งสอดคล้องกับ (ทรงวุฒิ เอกภูมิจวงศา. 2557 : 13-14) ผลิตภัณฑ์ที่ดีมีใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทนทานที่สุด ใช้วัสดุที่ดีที่สุด มีประโยชน์ใช้สอยที่หลากหลาย สวยงาม แข็งแรง หากแต่ผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับราคาในระดับที่ผู้บริโภคสามารถรับได้แต่ละกลุ่ม

5.7.4.2 ด้านวัสดุ

จากการนำเสนอผลการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมส่งผลให้การประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก สำหรับตัวต้นแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม ได้สร้างจากวัสดุที่สั่งผลิตตามท้องตลาดในประเทศได้ในราคาที่ไม่น่าสูงจนเกินไป สามารถนำไปใช้ในฐานการผลิตอุตสาหกรรมใหญ่ๆในประเทศได้ ซึ่งสอดคล้องกับ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 106-109) ในการเลือกใช้วัสดุต่างๆมาใช้เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้นมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับเลือกใช้ที่ถูกต้องและเหมาะสม การเลือกใช้วัสดุมีข้อกำหนดและกฎในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

ในการประเมินผลที่มีค่าต่ำสุด พบว่า วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลต่อร่างกาย พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับ (พิบูลย์ อิทธิระวิวงศ์ .2551) โดยแนวคิดศึกษาวัสดุทางออร์โทพีดิกส์ การใช้วัสดุทางการแพทย์ทดแทนส่วนอวัยวะที่เชื่อมต่อได้และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น วัสดุผสมประกอบ (Composite) โดยมีวัสดุอื่นที่มีการเปรียบเทียบคุณภาพ, ราคา ซึ่งจะนำมาทดแทนโลหะได้ เช่น อลูมิเนียม, ไฟเบอร์กลาส

5.7.4.3 ด้านการผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรม

จากการนำเสนอผลการพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อมส่งผลให้การประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่าการออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย การผลิตมีแบบและแม่พิมพ์สอดคล้องและง่ายต่อการผลิตสามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 5.0$) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 106 - 109) กับกรรมวิธีการผลิต การผลิตเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมา จากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ การดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอน กล่าวคือ จากวัตถุดิบที่มีอยู่จะถูกแปรสภาพให้เป็นผลผลิตที่มีอยู่ในรูปเพิ่มความต้องการเพิ่มให้การผลิตบรรลุ

ในการประเมินผลที่มีค่าต่ำสุด พบว่า แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.0$) ซึ่งหมายความว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับ พระราชบัญญัติการประกอบโรคศิลปะ. 2556 การผลิตประดิษฐ์ ดัดแปลง แก้ไข ซ่อมแซม อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้กับร่างกาย ให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย เพื่อช่วยเหลือการเคลื่อนไหวเท่านั้น งานกายอุปกรณ์ต้องอาศัยทักษะฝีมือและความเชี่ยวชาญชำนาญเฉพาะบุคคลค่อนข้างสูง ร่วมกับความรู้ความเข้าใจในเรื่องวัสดุศาสตร์ และเรื่องวิทยาศาสตร์การแพทย์ด้านกายวิภาคประยุกต์

5.7.5 อภิปรายผลด้านประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

จากการนำต้นแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมไปทดสอบด้านประสิทธิภาพกับผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ โดยการทดสอบดังกล่าวแบ่งตามกรอบแนวคิด ดังนี้

5.7.5.1 การวิเคราะห์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อคงหรือเพิ่มพิสัยของข้อ (Range of Motion)

ระบบการเคลื่อนไหวในอิริยาบถ นอน นั่ง ยืน : อยู่ในระดับดีหรือเหมาะสมกับการใช้งานในองศาการงอ-เหยียดเข่าอยู่ที่ 0-90 องศา ซึ่งสอดคล้องกับ (อารมณ ขุนภาชี. 2553 : 39) โดยในอิริยาบถของผู้ป่วย มักจะเป็นท่าที่มีความจำเป็นต่อการเดินทางในชีวิตประจำวัน เช่นการเดิน การยืน การนั่ง การก้าวขาขึ้นลงบันไดส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถลดความเจ็บปวด และเป็นการถือส่วนการเคลื่อนไหวเข้าได้ สำหรับแกนหมุนเพื่อปรับเปลี่ยนการงอและเหยียด เป็นจุดสำคัญของกายอุปกรณ์ โดยเน้นไปที่การกระจายส่วนแรงบริหารเพื่อใช้บริหารกล้ามเนื้อบริเวณเข่า

5.7.5.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

จากการวิเคราะห์กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม การสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์ ในสภาวะการใช้งานกายอุปกรณ์นั้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวม ($\bar{x} = 4.10$) ซึ่งสอดคล้องกับ (อารมณ ขุนภาชี. 2553 : 39) สามารถอธิบายได้ว่าโดยการออกแบบให้ใช้งานในระยะยาวผู้ป่วยจะสามารถรับความสะดวกจากกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ไม่ว่าจะเป็นการทำงานทั้งภายในและภายนอกสถานที่ ซึ่งจะส่งผลให้พิสัยของเข่ามีการเคลื่อนไหวได้ถูกองศาการงอ-เหยียดเข่าอยู่ที่ 0-90 องศา ทำให้ลดแรงกดต่อข้อกระดูกสะบ้าในการลงน้ำหนักตัวจะมีการกระจายส่วนแรงเพื่อเพิ่มให้กล้ามเนื้อได้ทำงานทดแทนซึ่งทำให้สามารถหยุดยืนทรงตัวได้ ลดอาการเจ็บปวดได้เป็นระยะ ปัจจัยที่เกิดหลังการสวมใส่เป็นเวลานานในส่วนการถูกกดทับทางเส้นประสาทอยู่ในระดับดี แต่ไม่ควรมองข้ามผลกระทบที่ตามมา เช่นมีความปวดชาและเมื่อยล้าหลังจากการใช้งานกายอุปกรณ์ที่ตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 ข้อเสนอแนะ

5.8.1 ข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

5.8.1.1 ควรมีการปรับขนาดความยืดหยุ่นของกายอุปกรณ์ตามกายวิภาคศาสตร์ของผู้ที่ใช้งานให้มีหลายมิติเพิ่มมากขึ้น เช่น การตัดหรือปรับโครงสร้างได้อิสระตามร่างกายของผู้ใช้

5.8.1.2 ควรใช้วัสดุให้มีความหลากหลายโดยพิจารณาปรับการใช้โลหะมาเป็นวัสดุอื่นที่สามารถทดแทนได้ดี เช่น อลูมิเนียม, ไฟเบอร์กลาส และอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงในด้านความแข็งแรง, น้ำหนัก, ราคา

5.8.1.3 ควรเพิ่มเติมในส่วนของอุปกรณ์ติดตั้งที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับส่วนต่างๆของกายอุปกรณ์โดยทำให้มีความง่ายต่อการใช้ประกอบเข้ากับชิ้นส่วนของงาน ไม่ทำให้ผู้ใช้งานสับสนกับส่วนต่างๆที่เป็นส่วนเชื่อมต่อ เช่น ตีนตุ๊กแกที่ทำหน้าติดเป็นสายรัดขา, ตัวล็อกสายปรับระดับสายรัด เป็นต้น

5.8.1.4 ออกแบบระบบกลไกในการเคลื่อนไหวให้มีความแข็งแรงมีน้ำหนักเบายิ่งขึ้นและสะดวกต่อการเคลื่อนไหวร่างกาย

5.8.1.5 ไม่ควรมุ่งในเรื่องของราคามากเกินไปเนื่องจากในการออกแบบงานวิจัยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม ได้กำหนดในส่วนของแก้ไขปัญหาด้านประสิทธิภาพด้านราคาและวัสดุซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดี แต่ควรเน้นด้านรูปทรงและความสวยงามเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ต่อกลุ่มของผู้ใช้งานซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจไม่ทำให้ผู้ใช้รู้สึกเขินอายเมื่อใช้งาน

5.8.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.8.2.1 ศึกษากระบวนการในการผลิตในรูปแบบอุตสาหกรรมเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาตัวรูปแบบผลิตภัณฑ์กายอุปกรณ์ ให้มีราคาที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งานเพิ่มทางเลือกในการใช้งานมากขึ้น

5.8.2.2 ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อมูลเฉพาะด้านซึ่งผู้วิจัยยังไม่ศึกษาได้อย่างครอบคลุมรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการออกแบบกายอุปกรณ์เพื่อนำข้อมูลไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นและตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด

5.8.2.3 เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านสาธารณสุขเป็นการเสริมสร้างคุณภาพชีวิตในการดูแลฟื้นฟูกลุ่มผู้ใช้งาน โดยการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้พัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของกายอุปกรณ์ประเภทต่างๆที่ใช้ในส่วนของร่างกาย เช่น กายอุปกรณ์ที่ใช้กับข้อต่อส่วนแขน, ข้อมือ, ไหล่, ข้อเท้า และอื่นๆ เพื่อผลิตภัณฑ์จะได้มีความหลากหลายด้านการใช้งานเพิ่มมากขึ้น

5.8.2.4 ควรมีการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมเพื่อสามารถวัดความพึงพอใจและผลการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมอนามัย. 2553. **การดูแลสุขภาพผู้สูงอายุระยะยาว**. กรุงเทพฯ : ชุมชน สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมอนามัย. 2556. **โครงการสำรวจสุขภาพผู้สูงอายุไทย ปี พ.ศ.2556 ภายใต้แผนงานส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุและผู้พิการ**. กรุงเทพฯ : สปสช.
- กองการประกอบโรคศิลปะ. 2542. **พระราชบัญญัติการประกอบโรคศิลปะ พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กองการประกอบโรคศิลปะ.
- กองควบคุมเครื่องมือแพทย์. 2544. **พระราชบัญญัติเครื่องมือแพทย์**. กรุงเทพฯ : กฎกระทรวงประกาศกระทรวงสาธารณสุข ควบคุมเครื่องมือแพทย์.
- กิตติ อินทรานนท์. 2548. **การยศาสตร์**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขวัญตา ตรีสกุลวัฒนา. 2541. **การศึกษาพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุโรคข้อเข่าเสื่อม**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เครือข่ายการศึกษาพยาบาลและการสาธารณสุข (SC-net). 2555. **กายวิภาคศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. นนทบุรี : บริษัท ธนาเพรส จำกัด.
- ฉก ฉนะสิริ. 2539. **ทำอย่างไรชีวิตจะยืนยาวละมีความสุข**. กรุงเทพฯ : แพลนพับลิชชิง.
- ณัฐธิดา ตันติศิริวัฒน์. 2553. **ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดุจใจ ชัยวานิชศิริ, วสุวัฒน์ กิตติสมประยูรกุล. 2553. **ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์, พงศ์ศักดิ์ วิวรรณเดชะ และพันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์. 2550. **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดย TRIZ**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. 2557. **หลักการคิดวิเคราะห์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์พื้นฐานการคิดเชิงพัฒนาผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : หจก มิน เซอร์วิสซัพพลาย.
- ธเนศชัย โชตนฤดี, ดุษฎี ทัดตานนท์ และศักดิ์สม กู้เกียรตินันท์. 2548 **Orthopaedics for medical students**. กรุงเทพฯ : โครงการตำราวิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า
- ธวัชชานนท์ สิบปากกุล. 2548. **การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล**. กรุงเทพฯ : วาดศิลป์ จำกัด.
- ธัญย์ สุภัทรพันธุ์. 2535. **ออร์โธปิดิกส์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทศาลศิลป์ การพิมพ์.
- ธีระชัย สุขสด. 2544. **การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นวลน้อย บุญวงษ์. 2542. **หลักการออกแบบ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บรรลุ ศิริพานิช. 2542. **ผู้สูงอายุไทย**. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.
- มณฑรี ศาสนันท์. 2546. **การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อการสร้างสรรค่นวัตกรรมและวิศวกรรม**

ย้อนรอย. กรุงเทพฯ : ดวงกลมสมัย จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

ลักขณา สรวิวัฒน์. 2544. จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน. กรุงเทพฯ: โอ. เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์.

วรรณภา อรุณแสง และลัดดา ดำริการเลิศ. 2553. การจัดการความรู้และสังเคราะห์แนวทางปฏิบัติของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล แนวปฏิบัติในการบริการผู้สูงอายุ.

กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

วรวิทย์ เล่าห์เรขา. 2546. โรคข้อเสื่อม. เชียงใหม่ : ธนบรรณการพิมพ์.

วิไล ชินสกุล. 2545. เข้าเสื่อมกับกล้ามเนื้อหลักการทำงาน. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยรัตนนคร.

สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2545. การออกกำลังกายทั่วไปและเฉพาะโรคผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สมภพ เรืองตระกูล. 2547. ตำราจิตเวชผู้สูงอายุ. กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์.

สาคร คันธโชติ. 2529. วัสดุผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

สุทธิ ศรีบุรพา. 2540. เออร์گونอมิกส์-วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

อมรา สุนทรธาดา และสุพัตรา เลิศชัยเพชร. 2552. การลดลงของครอบครัวสามช่วงวัยในสังคมไทย นัยเชิงนโยบาย ครอบครัวในสถานการณ์เปลี่ยนแปลงทางสังคมและประชากร.

นครปฐม : สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

อรพิน สว่างวัฒนเศรษฐ์. 2540. ปัจจัยที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพกล้ามเนื้อต้นขาควอดเอร์เซ็ปส์ในผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม. กรุงเทพฯ : มหาลัยมหิดล.

อรรถฤทธิ์ ศฤงคไพบูลย์. 2553. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารมณ ขุนภาชี. 2554. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์

อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา. 2553. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำพล ช่อตรง. 2545. วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ

อุดม วิศิษฐสุนทร และรัตนวดี ณ นคร. 2543. โรคข้อเสื่อม-เข่าเสื่อม. กรุงเทพฯ : ทรงสิทธิ์วรรณ.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์.

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก ใบขอความอนุเคราะห์จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ภาคผนวก ข แบบประเมินผลประสิทธิภาพ
- ภาคผนวก ค กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล
- ภาคผนวก ง ภาพขั้นตอนการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูล
- ภาคผนวก จ ภาพแสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. The entire design is enclosed within a circular border containing the university's name in Thai script.

ภาคผนวก ก

ใบขอความอนุเคราะห์จากคณะกรรมการอุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง

หนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อขอข้อมูลเบื้องต้น

หนังสือขอเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม

หนังสือขอเชิญผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิจัย

รองรับพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 2035

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒ มิถุนายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นุชจรี ศิริ

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อเนื้อขา เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อเนื้อขา”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 2035

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

มิถุนายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขออนุญาตออกใบให้แก่นักศึกษา

เรียน คณบดีคณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล

ด้วย นายสมชาติ เทพมะณี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อข้อ เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อข้อ”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 2035

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

ณ มิถุนายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผศ.ชมพูนุท สุวรรณศรี

ด้วย นายสมาริ เทพมะณี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อขา เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อขา”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 2035

คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

มิถุนายน ๒๕๕๗

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผศ.ดร.จิตวรี ขำเดช

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อขา เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การออกแบบและพัฒนาเครื่องกายภาพบำบัดผู้ป่วยกล้ามเนื้อขา”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.๓๖๙๒
ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / 0373 วันที่ ๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์

ด้วย นายสมathi เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายสมathi เทพมะที มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*พรพรรณ เสือ
ดร.กฤษณี ฟูพันธ์
14 มกราคม*

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ข้อสังเกต.

1. เสนอเพิ่มภาพของหลอดไฟที่ซ่อน
2. ทบทวนขอมูลในบัตรรายการแบบสอบถาม
3. รศ.พรพรรณ เสือ



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.๓๖๙๒
ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / **0379** วันที่ ๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน รศ.ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.อุดมศักดิ์ สารีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายสมานี เทพมะที มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.๓๖๐๘๒
ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / 0379 วันที่ ๑๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์

ด้วย นายสมานี เทพมะณี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม" โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาพะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสมานี เทพมะณี มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมทั้งได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรภณพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เรียน ผศ.ดร.รัฐไท พรเจริญ

ด้วย นายสมชาติ เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เสาะห์เพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านกรออกแบบกราฟิก ของ นายสมชาติ เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เรียน ผศ.ดร.สุรกานต์ รวยสูงเนิน

ด้วย นายสมathi เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบกราฟิก ของ นายสมathi เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒
โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖
ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

อ.ดร.วิมลวรรณรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร. 3692
ที่ ศธ 0524.04/ **0381** วันที่ 28 มกราคม 2558

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เรียน รศ.บุญสนอง รัตนสุนทรสุนทกุล

ด้วย นายสมานธิ เทพมะณี นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาวัดจากเส้นใยปาล์มน้ำมันเพื่อการ
ออกแบบผลิตภัณฑ์” โดยมี รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.
ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบของ นายสมานธิ เทพมะณี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

จ.ศ. น.ส. บุญสนอง
ต.น.ส. เสง.

จ.ศ. น.ส. บุญสนอง
15 พ.ค. 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนักรายภาพบำบัด

เรียน อาจารย์ยศวิน สกฤตกรณา

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สารินบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านด้านนักรายภาพบำบัด ของ นายสมานี เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๔-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๔-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนักกายภาพบำบัด

เรียน กภ.สุธิดา สุกุลกรุณา

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สารีบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านนักกายภาพบำบัด ของ นายสมานี เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติกรแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/0381

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านนักรายภาพบำบัด

เรียน กภ.นุชจรี ศิริ

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านด้านนักรายภาพบำบัด ของ นายสมานี เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบการอุปกรณ์

เรียน อาจารย์รัชชัย จันทร์สอาด

ด้วย นายสมathi เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบการอุปกรณ์ ของ นายสมathi เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

ทวป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา (รัชชัย จันทร์สอาด) ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงชื่อผู้เขียนเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๖ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบการอุปกรณ์

เรียน นางสาวจุฑารัตน์ ภูมุลนา

ด้วย นายสมชาติ เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบการอุปกรณ์ ของ นายสมชาติ เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๕-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๕-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 0381

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๐ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบการอุปกรณ์

เรียน นายฤชา ชันธเดช

ด้วย นายสมานี เทพมะที นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม” โดยมี ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาะห์เพ็ญแสง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบการอุปกรณ์ ของ นายสมานี เทพมะที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๕-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๕๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๕-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๒-๓๐๒-๗๗๒๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04 (1.9)/0251

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

27 เมษายน 2558

เรื่อง รับรองผลการพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เรียน คุณสมานี เทพมะที

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเรื่อง “การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรค
เข่าเสื่อม” เพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรมนันทางกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณาแล้ว
ว่าบทความของท่านสามารถตีพิมพ์ในวารสารดังกล่าวได้ ในปีที่ 15 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม 2559

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ)
บรรณาธิการ

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 0 2329 8000 ต่อ 3720
โทรสาร. 0 2329 8435

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความกับวัตถุประสงค์ ด้านพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้วิจัย นายสมานิ เทพมะณี

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จตุรงค์ เล่าหะเพ็ญแสง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
2. เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ตามกรอบแนวความคิด ดังนี้

1. กรอบแนวความคิด การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) ของ มณฑรี ศาสนันท์
2. กรอบแนวความคิด ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์กรรม (Theory of Inventive Problem Solving : TRIZ) ของ ผศ.ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์ และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้
ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณา โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของ
ท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1	หมายถึง	รายการประเมินสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
0	หมายถึง	รายการประเมินไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่
-1	หมายถึง	รายการประเมินไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ความกรุณาประเมินคุณภาพของแบบประเมิน เพื่อนำไปประเมินผลงานการออกแบบและพัฒนาการปฏิบัติการกล่อมเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายสมานี เทพมะที

ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังนี้

1. ชื่อของผู้ประเมิน.....
2. ตำแหน่ง/หน้าที่ปัจจุบัน.....
-
-
3. สถานที่ทำงาน.....
-

ตอนที่ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
1.	การออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม			
	1.1 มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้สะดวก			
	1.2 โครงสร้างมีความแข็งแรงยืดหยุ่นรับน้ำหนัก เพิ่มการประคองเข่า			
	1.3 มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
	1.4 มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว			
	1.5 มีรูปแบบที่สวยงาม			
	1.6 มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านการใช้งาน			
	1.7 แสดงรายละเอียดระบุการใช้งาน			
	1.8 ออกแบบให้เข้ากับท่ากายบริหารผู้ที่เป็นโรคเข่าเสื่อม			
	1.9 ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการใช้งาน			
2.	ด้านวัสดุ			
	2.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเหมาะสมสอดคล้องกับรูปแบบผลิตภัณฑ์			
	2.2 ผลิตภัณฑ์ผลิตจากวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
	2.3 การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการบำรุงรักษา			
	2.4 วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุที่มีต้นทุนไม่สูงจนเกินไป			
	2.5 วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย			
	2.6 วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ			
3.	ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม			
	3.1 ใช้หลักการทฤษฎีด้านต่างๆ มาประยุกต์ในการพัฒนารูปแบบ			
	3.2 มีความทนทานคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน			
	3.3 ผลิตภัณฑ์มีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับ			
	3.4 ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับราคา			
	3.5 การออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย			
	3.6 แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์			
	3.7 การผลิตมีแบบและแม่พิมพ์สอดคล้องและง่ายต่อการผลิต			
	3.8 สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม			
	3.9 ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต			
	3.10 จำนวนขั้นตอนการผลิตมีความไม่ซับซ้อน			

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
การหาคุณภาพแบบประเมินของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
(ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ)

รายการของความคิดเห็น	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน			IOC	แปลผล
	1	2	3		
1. การออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม					
1.1 มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้สะดวก	1	1	0	0.67	ใช้ได้
1.2 โครงสร้างมีความแข็งแรงยืดหยุ่นรับน้ำหนัก เพิ่มการประคองเข่า	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.3 มีความปลอดภัยในการใช้งาน	1	1	0	0.67	ใช้ได้
1.4 มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.5 มีรูปแบบที่สวยงาม	1	1	0	0.67	ใช้ได้
1.6 มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านการใช้งาน	1	1	0	0.67	ใช้ได้
1.7 แสดงรายละเอียดระบุการใช้งาน	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.8 ออกแบบให้เข้ากับท่ากายบริหารผู้ที่เป็นโรคเข่าเสื่อม	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.9 ผลิตด้วยวัสดุที่เบาสะดวกต่อการใช้งาน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2. ด้านวัสดุ					
2.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเหมาะสมสอดคล้องกับรูปแบบผลิตภัณฑ์	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.2 ผลิตจากวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง	1	1	0	0.67	ใช้ได้
2.3 การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการบำรุงรักษา	1	0	1	0.67	ใช้ได้
2.4 วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุที่มีต้นทุนไม่สูงจนเกินไป	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2.5 วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลต่อร่างกาย	1	0	1	0.67	ใช้ได้
2.6 วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3. ด้านการผลิตภายในระบบอุตสาหกรรม					
3.1 ใช้หลักการทฤษฎีด้านต่างๆ มาประยุกต์ในการพัฒนารูปแบบ	1	1	0	0.67	ใช้ได้
3.2 มีความทนทานคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน	1	0	1	0.67	ใช้ได้
3.3 ผลิตด้วยวัสดุที่มีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.4 ผลิตด้วยวัสดุที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับราคา	1	1	0	0.67	ใช้ได้
3.5 การออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย	1	0	1	0.67	ใช้ได้
3.6 แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.7 การผลิตมีแบบและแม่พิมพ์สอดคล้องและง่ายต่อการผลิต	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.8 สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม	1	1	0	0.67	ใช้ได้
3.9 ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต	1	0	1	0.67	ใช้ได้
3.10 จำนวนขั้นตอนการผลิตมีความไม่ซับซ้อน	1	1	1	1.00	ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความกับวัตถุประสงค์
ด้านประสิทธิภาพการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้วิจัย นายสมานิ เทพมะณี

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จตุรงค์ เล่าหะเพ็ญแสง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
2. เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านการหาประสิทธิภาพทางกายภาพด้วยการบริหารเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณา โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1	หมายถึง	รายการประเมินสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
0	หมายถึง	รายการประเมินไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่
-1	หมายถึง	รายการประเมินไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ความกรุณาประเมินคุณภาพของแบบประเมิน เพื่อนำไปประเมินผลงานการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายสมานี เทพมะที

ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังนี้

1. ชื่อของผู้ประเมิน.....
2. ตำแหน่ง/หน้าที่ปัจจุบัน.....
-
-
3. สถานที่ทำงาน.....
-

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพทางกายภาพด้วยการบริหารเพื่อการฟื้นฟู

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
1.	ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม			
	1.1 สามารถบริหารกล้ามเนื้อและข้อเข่าได้สะดวกขึ้น			
	1.2 อุปกรณ์สามารถบริหารได้ตามหลักการแพทย์มาตรฐาน ท่า (นอน นั่ง ยืน)			
	1.3 ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า			
	1.4 มีการกระจายส่วนแรงบริหาร			
	1.5 ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่			
	1.6 ลดความเจ็บปวดของผู้ป่วยเมื่อบริหารกล้ามเนื้อ			
	1.7 ความปลอดภัยในการใช้งาน (ผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม)			
	1.8 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการงอ 0-100 องศา			
	1.9 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการเหยียด 100-0 องศา			
	1.10 สามารถยืนทรงตัวได้โดยไม่มีเครื่องช่วยพยุง			
	1.11 ปัจจัยที่เกิดหลังการสวมใส่เป็นเวลานานในส่วนการ ถูกกดทับทางเส้นประสาท			
	1.12 การสวมใส่กายอุปกรณ์ใช้เวลาไม่นาน			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

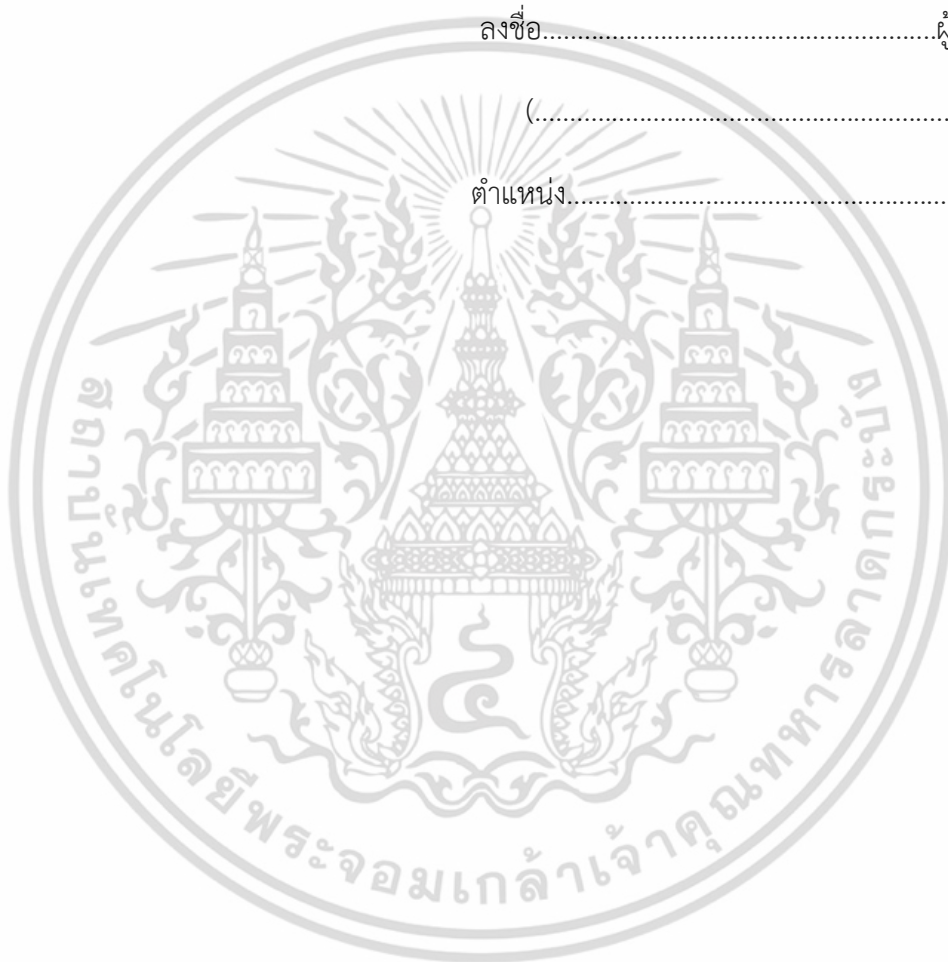
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

การหาคุณภาพแบบประเมินประสิทธิภาพของกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
(ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ)

รายการของความคิดเห็น	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ แต่ละท่าน			IOC	แปลผล
	1	2	3		
1. ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม					
1.1 สามารถบริหารกล้ามเนื้อและข้อเข่าได้สะดวกขึ้น	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.2 อุปกรณ์สามารถบริหารได้ตามหลักการแพทย์มาตรฐานท่า (นอน นิ่ง ยืน)	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.4 มีการกระจายส่วนแรงบริหาร	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.5 ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.6 ลดความเจ็บปวดของผู้ป่วยเมื่อบริหารกล้ามเนื้อ	1	1	0	0.67	ใช้ได้
1.7 ความปลอดภัยในการใช้งาน (ผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม)	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.8 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการงอ 0-100 องศา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.9 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการเหยียด 100-0 องศา	1	1	0	0.67	ใช้ได้
1.10 สามารถยืนทรงตัวได้โดยไม่มีเครื่องช่วยพยุง 2 นาที	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.11 ปังจจัยที่เกิดหลังการสวมใส่เป็นเวลานานในสถานการณ์ถูกกดทับทางเส้นประสาท	1	0	1	0.67	ใช้ได้
1.12 การสวมใส่กายอุปกรณ์ใช้เวลาไม่นาน	1	1	0	0.67	ใช้ได้

หมายเหตุ มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 เป็นเกณฑ์ความหมายที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาที่
ต้องการวัดวัตถุประสงค์การวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความคิดเห็นด้านพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้วิจัย นายสมานธิ เทพมะณี

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จตุรงค์ เลาะห์เพ็ญแสง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการทำงานของกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

2. เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณา โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้ให้ความกรุณาประเมินความคิดเห็น เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข้าเสื่อม มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายสมานี เทพมะที

ผู้วิจัย

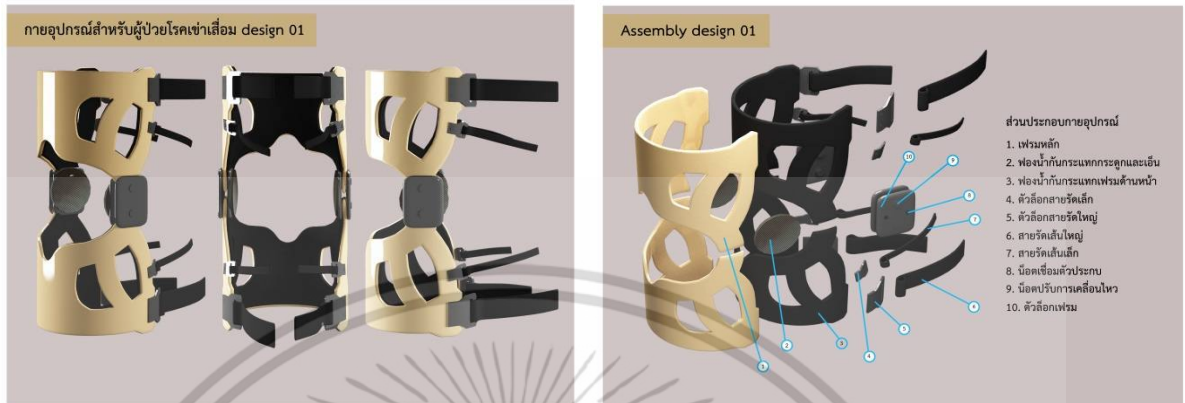
หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมจำนวน 3 แบบ

รูปแบบที่ 1



รูปแบบที่ 2



รูปแบบที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังนี้

1. ชื่อของผู้ประเมิน.....
2. ตำแหน่ง/หน้าที่ปัจจุบัน.....
3. สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 เพื่อพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น														
		แบบที่1					แบบที่2					แบบที่3				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1.	การออกแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม															
	1.1 มีคุณสมบัติเหมาะสมใช้งานได้สะดวก															
	1.2 โครงสร้างมีความแข็งแรงยืดหยุ่นรับน้ำหนัก เพิ่มการประคองเข่า															
	1.3 มีความปลอดภัยในการใช้งาน															
	1.4 มีความทนทานใช้งานได้ในระยะยาว															
	1.5 มีรูปแบบที่สวยงาม															

ตอนที่ 2 (ต่อ)

	รายการประเมิน	แบบที่1					แบบที่2					แบบที่3				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1.	1.6 มีเอกลักษณ์เฉพาะด้านการใช้งาน															
	1.7 แสดงรายละเอียดกระบวนการใช้งาน															
	1.8 ออกแบบให้เข้ากับท่ากายบริหารผู้ที่เป็นโรคเข้าเสื่อม															
	1.9 ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการใช้งาน															
2.	ด้านวัสดุ															
	2.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเหมาะสมสอดคล้องกับรูปแบบผลิตภัณฑ์															
	2.2 ผลิตภัณฑ์ผลิตจากวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรง															
	2.3 การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการบำรุงรักษา															
	2.4 วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นวัสดุที่มีต้นทุนไม่สูงจนเกินไป															
	2.5 วัสดุที่ใช้ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย															
	2.6 วัสดุสามารถจัดหาได้ในประเทศ															
3.	ด้านการผลิตภัณ์ในระบบอุตสาหกรรม															
	3.1 ใช้หลักการทฤษฎีด้านต่างๆ มาประยุกต์ในการพัฒนารูปแบบ															
	3.2 มีความทนทานคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน															
	3.3 ผลิตภัณฑ์มีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับ															
	3.4 ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับราคา															

ตอนที่ 2 (ต่อ)

	รายการประเมิน	แบบที่1					แบบที่2					แบบที่3				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
3.	3.5 การออกแบบที่สัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย															
	3.6 แสดงถึงความปลอดภัยของตัวผลิตภัณฑ์															
	3.7 สามารถพัฒนากายอุปกรณ์ต่อไปได้															
	3.8 สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรม															
	3.9 ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในการผลิต															
	3.10 จำนวนขั้นตอนการผลิตมีความไม่ซับซ้อน															

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

**แบบประเมินความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อ
เพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม**

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้วิจัย นายสมานิ เทพมะณี

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จตุรงค์ เล่าหะเพ็ญแสง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาโรคเข่าเสื่อมและการใช้งานกายอุปกรณ์บริหารร่างกายเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
2. เพื่อพัฒนาอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
3. เพื่อหาประสิทธิภาพด้านการฟื้นฟูด้วยกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านการหาประสิทธิภาพทางกายภาพด้วยการบริหารเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณา โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- | | | |
|---|---------|------------------------|
| 5 | หมายถึง | มีความเหมาะสมมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | มีความเหมาะสมมาก |
| 3 | หมายถึง | มีความเหมาะสมปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | มีความเหมาะสมน้อย |
| 1 | หมายถึง | มีความเหมาะสมน้อยสุด |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้ให้ความกรุณาประเมินความคิดเห็น เพื่อนำไปใช้ในการ
ออกแบบและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายสมานี เทพมะที

ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังนี้

1. ชื่อของผู้ประเมิน.....
2. ตำแหน่ง/หน้าที่ปัจจุบัน.....
3. สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพกายอุปกรณ์กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ประสิทธิภาพเพื่อการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม					
	1.1 สามารถบริหารกล้ามเนื้อและข้อเข่าได้สะดวกขึ้น					
	1.2 อุปกรณ์สามารถบริหารได้ตามหลักการแพทย์มาตรฐาน ท่า (นอน นั่ง ยืน)					
	1.3 ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า					
	1.4 มีการกระจายส่วนแรงบริหาร					
	1.5 ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกสถานที่					
	1.6 ลดความเจ็บปวดของผู้ป่วยเมื่อบริหารกล้ามเนื้อ					
	1.7 ความปลอดภัยในการใช้งาน (ผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม)					
	1.8 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการงอ 0-100 องศา					
	1.9 เพิ่มพิสัยของเข่าในท่าการเหยียด 100-0 องศา					
	1.10 สามารถยืนทรงตัวได้โดยไม่มีเครื่องช่วยพยุง 2 นาที					
	1.11 ปัจจัยที่เกิดหลังการสวมใส่เป็นเวลานานในสถานการณ์ถูก กีดทับทางเส้นประสาท					
	1.12 การสวมใส่กายอุปกรณ์ใช้เวลาไม่นาน					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

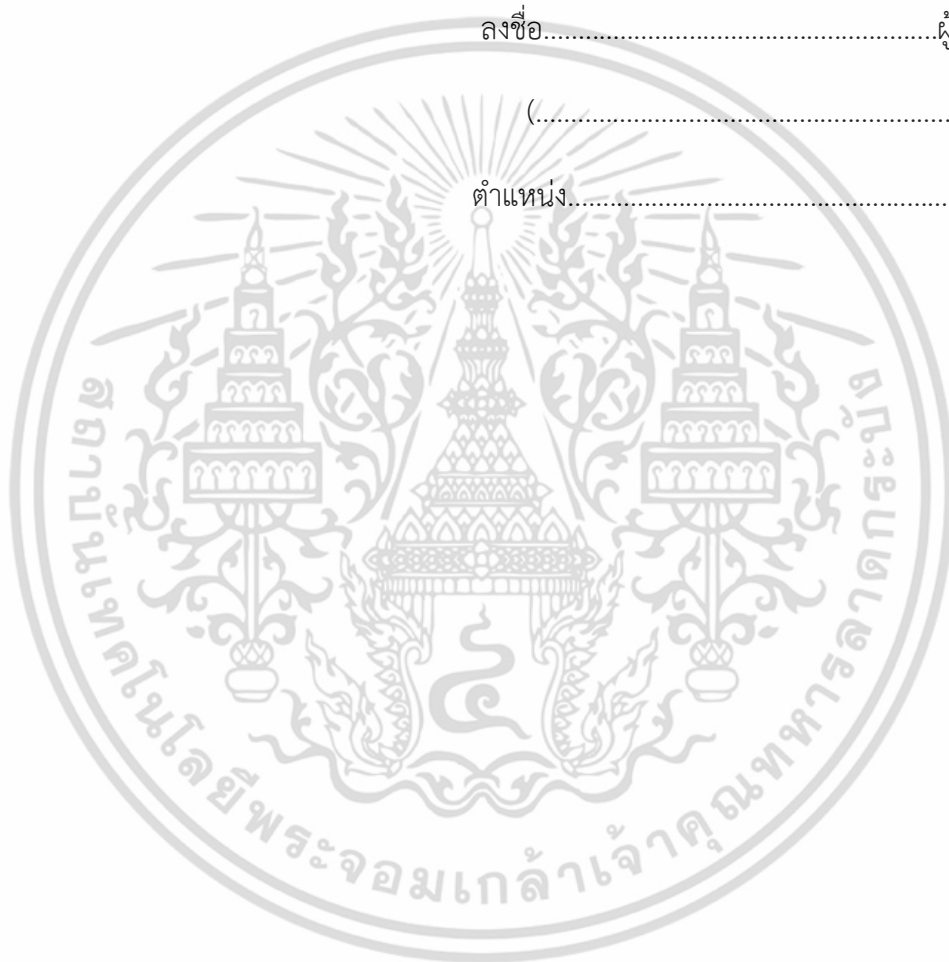
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment)

ตารางเมทริกซ์ความขัดแย้ง (Theory of Inventive Problem Solving)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment)

1. การแปลงเสียงของลูกค้าให้อยู่ในรูปแบบความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 1 ความต้องการของลูกค้า (ที่มีปัญหาเกี่ยวกับอาการของโรคเข้าเสื่อม) และผู้เชี่ยวชาญ

(เฉพาะด้านงานวิจัย) ที่ใช้กายอุปกรณ์เสริม

ความต้องการของลูกค้า : กายอุปกรณ์เสริม	ความต้องการของลูกค้า : กายอุปกรณ์เสริม
1. ขนาดกะทัดรัด	11. กำหนดเวลาการใช้งาน
2. กันความชื้น	12. มีอุปกรณ์เปลี่ยน
3. รูปทรงสวยงาม	13. ผลิตได้ง่าย
4. ใช้งานง่าย	14. วัสดุหาได้ในประเทศ
5. ชยับ/งอและเหยียดได้	15. ใช้ปริมาณวัสดุน้อย
6. เปลี่ยนรูปแบบการใช้งาน	16. น้ำหนักเบา
7. มีความยืดหยุ่น	17. ตัวล็อกแข็งแรง
8. ระบายอากาศได้ดี	18. ใส่สบาย
9. สามารถใส่สูงร้อน-เย็น	19. มีคู่มืออธิบายการบริหารข้อเข้า
10. มีความเหมือนจริง	20. ทำความสะอาดง่าย

2. คุณลักษณะความต้องการทางคุณภาพ

ตารางที่ 2 คุณลักษณะความต้องการทางคุณภาพ

ความต้องการ	ข้อเรียกร้องของลูกค้าและผู้เชี่ยวชาญ	กิจกรรม
1. ขนาดกะทัดรัด	- เก็บในกระเป๋าพกส่วนตัวได้ - แยกเก็บได้ในกระเป๋า	- จัดเก็บ
2. กันความชื้น	- เวลาใส่หลังทำกิจกรรมแล้วไม่มีกลิ่น - ใส่แล้วไม่เปียกเหงื่อและไม่ชื้นเชื้อรา	- ทำความสะอาด
3. รูปทรงสวยงาม	- มีรูปทรงทันสมัย - ใส่แล้วไม่เหมือนคนพิการ	- การออกแบบ
4. ใช้งานง่าย	- มีสัญลักษณ์ติดกับตัวอุปกรณ์ - มีรูปแบบที่เป็นพื้นฐาน	- สวมใส่บริหาร
5. ชยับ/งอและเหยียดได้	- มีความยืดหยุ่นกับองศาของเข้าได้ดี - มีจุดงอพับที่ตรงกับการบริหาร	- สวมใส่บริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ความต้องการ	ข้อเรียกร้องของลูกค้าและผู้เชี่ยวชาญ	กิจกรรม
6. เปลี่ยนรูปแบบการใช้งาน	- ให้ออกแบบเป็นเขตชนิดการบริหารเช่น ใช้กับการเดิน / การบริหาร	- การปรับรูปแบบบริหาร
7. มีความยืดหยุ่น	- สบายเมื่อพับงอเหยียดข้อเข่า	- สวมใส่บริหาร
8. ระบายอากาศได้ดี	- ระบายแล้วไม่ต้องถอดออกในเวลาที่ยืนๆ - ระบายอากาศในช่วงออกกำลังกาย	- บริหารข้อเข่า
9. สามารถใส่ถุงร้อน-เย็น	- มีช่องใส่ถุงร้อน-เย็นได้เมื่อประกอบ	- สวมใส่
10. มีความเหมือนจริง	- สีสน้อยกว่าให้เหมือนกับสีผิวของจริง - ติดกับผิวหนังโดยไม่มีความแตกต่างมากจนเกินไป	- การออกแบบ
11. กำหนดเวลาการใช้งาน	- จับเวลาในการใช้ออกกำลังกายบริหาร	- สวมใส่บริหาร
12. มีอุปกรณ์เปลี่ยน	- เมื่อเกิดใช้งานแล้วชำรุด	- การบำรุงรักษา
13. ผลิตได้ง่าย	- มีเครื่องจักรที่รองรับการผลิต	- การออกแบบ
14. วัสดุหาได้ในประเทศ	- หาวัสดุที่จะนำมาออกแบบได้ง่ายมีจำนวนมากและราคาประหยัดกับต้นทุน	- การออกแบบ
15. ใช้ปริมาณวัสดุน้อย	- ปริมาณของวัสดุใช้น้อยได้ผลประโยชน์ตรงตามวัตถุประสงค์ - ประหยัดต้นทุนได้คุณภาพที่ดีตามหลักการออกแบบ	- การออกแบบ
16. น้ำหนักเบา	- มีน้ำหนักเบาเมื่อสวมใส่ในการบริหาร	- การสวมใส่
17. ตัวล็อกแข็งแรง	- มีการใช้ตัวล็อกในแบบต่างๆที่แน่นและปลอดภัย	- การสวมใส่
18. ใส่สบาย	- ใส่แล้วไม่รัดแน่นจนเกินไป พับ งอ ในส่วนของช่วงเข่าได้สะดวก - พื้นผิวของกายอุปกรณ์ไม่ระคายเคืองผิวหนัง	- การสวมใส่
19. มีคู่มืออธิบายการบริหารข้อเข่า	- มี पैกเก็ตที่ใส่กายอุปกรณ์พร้อมมีคำแนะนำการใช้งาน	- การศึกษาใช้งาน
20. ทำความสะอาดง่าย	- ถอดออกตากหรือเช็ดได้ง่าย	- การบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การจัดระเบียบข้อมูลความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 3 การจัดแบ่งความต้องการของลูกค้าและผู้เชี่ยวชาญ (กายอุปกรณ์เสริม)

ความต้องการระดับที่ 1	ความต้องการระดับที่ 2	ความต้องการระดับที่ 3
- กายอุปกรณ์ใช้งานได้ดี	- การสวมใส่	- สวมใส่ง่าย - น้ำหนักเบา - ไม่ระคายเคือง
	- การบริหารข้อเท้า	- คู่มืออธิบายการบริหารข้อเท้า - กำหนดเวลาการใช้งาน - เปลี่ยนรูปแบบการใช้
	- การระบาย	- ป้องกันความชื้น - ระบายอากาศ - ระงับกลิ่น
- กายอุปกรณ์มีลักษณะดี	- โครงสร้าง	- รับน้ำหนัก - ประคองข้อเท้า - ยึดหยุ่น
	- การตกแต่ง	- สีสันทันเหมือนจริง - ลวดลายทันสมัย - มีผิวสัมผัส
	- บำรุงรักษา	- ทำความสะอาดง่าย - ไม่ทิ้งคราบเหนียว - มีอุปกรณ์เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการสร้างแบบสอบถาม หลังจากที่ได้ทำการจัดกลุ่มคุณลักษณะความต้องการของผลิตภัณฑ์แล้ว หลังจากนั้นได้ทำการสร้างแบบสอบถามขึ้นมา 3 ชุด เพื่อผู้เชี่ยวชาญและลูกค้าที่ใช้ผลิตภัณฑ์ทำการประเมินดังนี้

- แบบสอบถามชุดที่ 1 ทำเพื่อหาระดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความต้องการของลูกค้าในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ภายใต้การบริหารกล้ำเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาเสื่อม

- แบบสอบถามชุดที่ 2 ทำขึ้นเพื่อสำรวจระดับคะแนนของปัจจัยที่มีผลต่อความพอใจของลูกค้าของผลิตภัณฑ์ภายใต้การบริหารกล้ำเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาเสื่อม โดยจะนำข้อมูลจากแบบสอบถามนี้มาใช้ในการหาอัตราการปรับปรุง

- แบบสอบถามชุดที่ 3 ทำขึ้นเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์คู่แข่ง กรณีศึกษากับผลิตภัณฑ์ภายใต้การบริหารกล้ำเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเบาเสื่อม

ในการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนของลูกค้าที่จะให้ทำการประเมินแบบสอบถามนั้นได้ทำการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สมการกรณีไม่ทราบจำนวนประชากรของ W.G cochrane ซึ่งมีสมการในการคำนวณ ดังนี้

$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P คือ สัดส่วนของการประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม (โดยทั่วไปนิยมใช้ 0.08-0.30)

Z คือ ระดับความมั่นใจที่กำหนด หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ เช่น

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 เท่ากับ 1.65 (ความเชื่อมั่น 90%) >> $Z=1.65$

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่ากับ 1.96 (ความเชื่อมั่น 95%) >> $Z=1.96$

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เท่ากับ 2.58 (ความเชื่อมั่น 99%) >> $Z=2.58$

d คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น เช่น สัดส่วนความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% และค่าสัดส่วนความคลาดเคลื่อนจะต้องสอดคล้องกับค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นนั้นๆเช่น

ระดับความเชื่อมั่นที่ 90% สัดส่วนคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10

ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% สัดส่วนคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05

ระดับความเชื่อมั่นที่ 99% สัดส่วนคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01

$$n = \frac{0.08 (1 - 0.08) 1.65^2}{0.10^2}$$

n = 20.0376

2. หาค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม หลังจากที่ได้ข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 3 ชุดแล้วต่อไปก็จะทำการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถาม และเนื่องจากข้อมูลจากแบบสอบถามมีลักษณะเป็นการเลือกให้ระดับคะแนน (Rating) จากข้อมูล (Date) ที่ได้รับ เพราะฉะนั้นในการสรุปค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลประเภทนี้จะต้องทำการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) จึงจะให้ค่าเฉลี่ยที่น่าเชื่อถือที่สุด (Voice, 1996:6 อ้างอิงโดย อภิชาติ จำปา. 2541)

$$GM = \sqrt[N]{X_1 \times X_2 \times X_3 \times \dots \times X_N}$$

เมื่อ N = ค่าของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม
 X1, X2, X3....., Xn = จำนวนข้อมูล

สมการที่ 2

- ทำการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตที่ได้จากแบบสอบถามชุดที่ 1 ซึ่งจะนำไปใช้เป็นค่าความสำคัญ (Important : IMP) ในเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality : HOQ)
- ทำการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตที่ได้จากแบบสอบถามชุดที่ 2-3 ซึ่งจะนำไปใช้เป็นค่าเฉลี่ยโดยจะอยู่ในส่วนที่ 2 ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านแห่งคุณภาพ

ตารางที่ 4 ผลสำรวจของความต้องการของลูกค้าในแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์กายอุปกรณ์
บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม (แบบสอบถามชุดที่1)

ความต้องการ	ความสำคัญ					จำนวน ผู้ตอบ สูงสุด	ระดับ ความสำ คัญ	ร้อยละ (%)
	1	2	3	4	5			
1. การสวมใส่								
1.1 สวมใส่ง่าย					20	20	5	100.0
1.2 น้ำหนักเบา					20	20	5	100.0
1.3 ไม่ระคายเคือง				3	17	17	5	85.0
2. การบริหารข้อเข่า								
2.1 คู่มืออธิบายการบริหารข้อ เข่า			1	10	9	10	4	50.0
2.2 กำหนดเวลาการใช้งาน				13	7	13	4	65.0
2.3 เปลี่ยนรูปแบบการใช้			12	3	5	12	3	60.0
3. การระบาย								
3.1 ป้องกันความชื้น				11	9	11	4	55.0
3.2 ระบายอากาศ				4	16	16	5	80.0
3.3 ระงับกลิ่น				12	8	12	4	60.0
4. โครงสร้าง								
4.1 รับน้ำหนัก					20	20	5	100.0
4.2 ประคองเข่า					20	20	5	100.0
4.3 ยึดหยุ่น				9	11	11	5	55.0
5. การตกแต่ง								
5.1 สีสันทเหมือนจริง				12	8	12	4	60.0
5.2 ลวดลายทันสมัย				11	9	11	4	55.0
5.3 มีผิวสัมผัส			12	5	3	12	3	60.0
6. บำรุงรักษา								
6.1 ทำความสะอาดง่าย			9	5	6	9	3	45.0
6.2 ไม่ทิ้งคราบเหลือง			11	5	4	11	3	55.0
6.3 มีอุปกรณ์เปลี่ยน				13	7	13	4	65.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลจากการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตที่ได้จากแบบสอบถามที่ 1-3

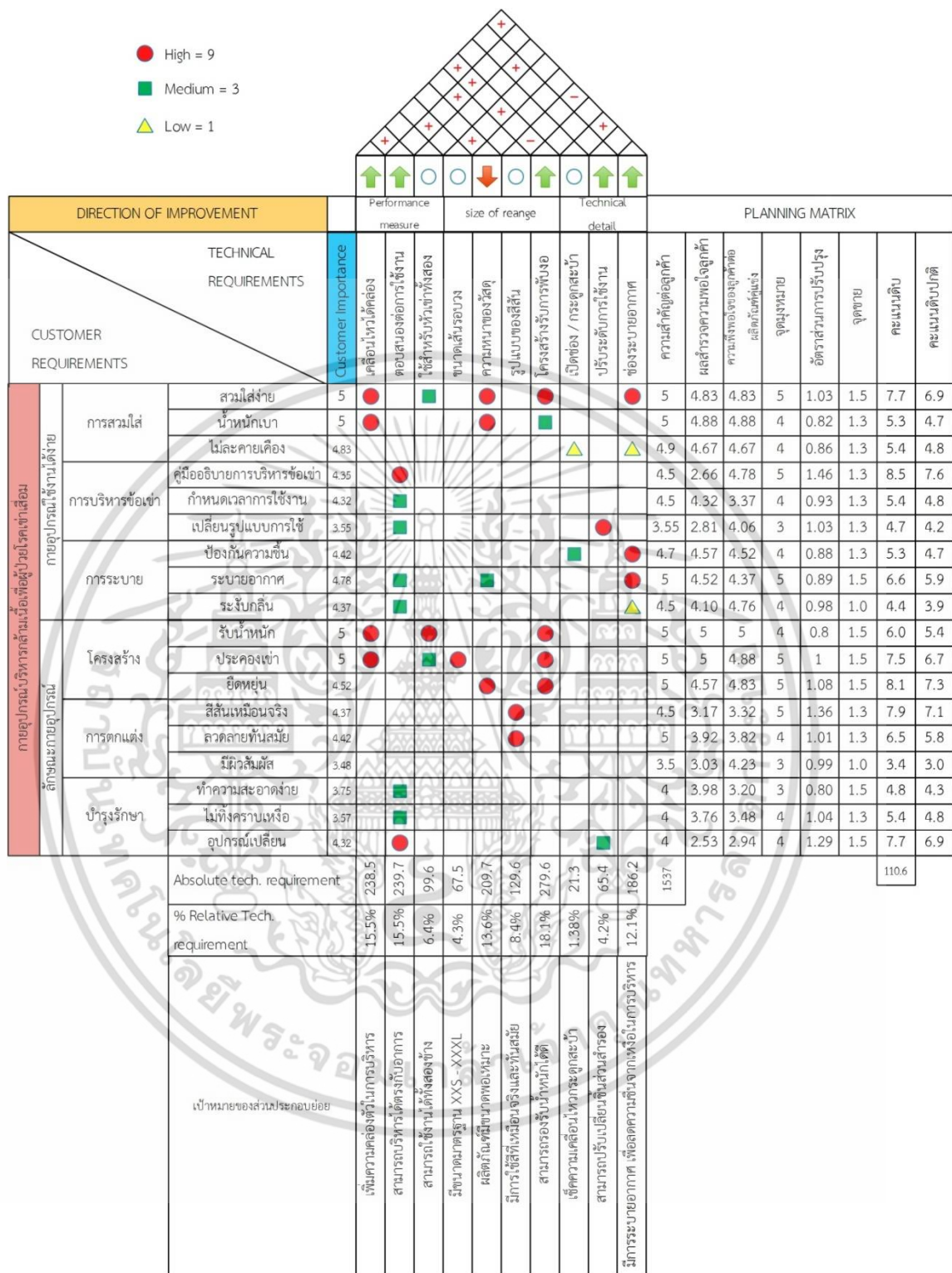
ความต้องการของลูกค้า		ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนของปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ (IMP)	ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความพึงพอใจผลิตภัณฑ์	
			พอใจผลิตภัณฑ์	เปรียบเทียบกับคู่แข่ง
การสวมใส่	สวมใส่ง่าย	5.00	4.83	4.83
	น้ำหนักเบา	5.00	4.88	4.88
	ไม่ระคายเคือง	4.83	4.67	4.67
การบริหารซื้อเช่า	คู่มืออธิบายการบริหารซื้อเช่า	4.35	2.66	4.78
	กำหนดเวลาการใช้งาน	4.32	4.32	3.37
	เปลี่ยนรูปแบบการใช้	3.55	2.81	4.06
การระบาย	ป้องกันความชื้น	4.42	4.57	4.52
	ระบายอากาศ	4.78	4.52	4.37
	ระงับกลิ่น	4.37	4.10	4.76
โครงสร้าง	รับน้ำหนัก	5.00	5.00	5.00
	ประคองเช่า	5.00	5.00	4.88
	ยืดหยุ่น	4.52	4.57	4.83
การตกแต่ง	สีสันทันเหมือนจริง	4.37	3.17	3.32
	ลวดลายทันสมัย	4.42	3.92	3.82
	มีผิวสัมผัส	3.48	3.03	4.23
บำรุงรักษา	ทำความสะอาดง่าย	3.75	3.98	3.20
	ไม่ทิ้งคราบเหนียว	3.57	3.76	3.48
	มีอุปกรณ์เปลี่ยน	4.32	2.53	2.94

ผลการประยุกต์ใช้เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

หลังจากที่ได้จัดเตรียมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์แล้วต่อไปจะนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาเข้าสู่เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ หรือบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) โดยในเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์จะประกอบไปด้วยส่วนย่อยๆ 6 ส่วน ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างบ้านแห่งคุณภาพจะแสดงดังภาพที่ 1 และสามารถอธิบายผลของแต่ละส่วนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ / บ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality : HOQ)



ภาพที่ 1 เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ หรือบ้านแห่งคุณภาพ

ที่มา : สมานี เทพมะณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการของลูกค้า (Customer need) เป็นการนำความต้องการของลูกค้าที่ได้ทำการจัดเรียงถ้อยคำใหม่ (Reword data) ผ่านการจัดกลุ่มความต้องการโดยใช้แผนผังเชื่อมโยง และนำกลุ่มของความต้องการมาวิเคราะห์รวมความต้องการที่คล้ายกันหรือซ้ำซ้อนเข้าด้วยกันโดยใช้แผนผังต้นไม้ (Tree diagram) มาใส่ทางด้านซ้ายมือของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงดังนี้

ตารางที่ 6 ความต้องการของลูกค้า (Customer need)

ความต้องการของลูกค้า				ความต้องการของลูกค้า			
		imp	No.			imp	No.
การสวมใส่	สวมใส่ง่าย	5	A1	โครงสร้าง	รับน้ำหนัก	5	A10
	น้ำหนักเบา	5	A2		ประกอบเข้า	5	A11
	ไม่ระคายเคือง	4.83	A3		ยืดหยุ่น	4.52	A12
การบริหารข้อเท้า	คู่มืออธิบายการบริหารข้อเท้า	4.35	A4	การตกแต่ง	สีสันทันเหมือนจริง	4.37	A13
	กำหนดเวลาการใช้งาน	4.32	A5		ลวดลายทันสมัย	4.42	A14
	เปลี่ยนรูปแบบการใช้	3.55	A6		มีผิวสัมผัส	3.48	A15
การระบาย	ป้องกันความชื้น	4.42	A7	บำรุงรักษา	ทำความสะอาดง่าย	3.75	A16
	ระบายอากาศ	4.78	A8		ไม่ทิ้งคราบเหนียว	3.57	A17
	ระงับกลิ่น	4.37	A9		มีอุปกรณ์เปลี่ยน	4.32	A18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างเมทริกซ์การวางแผน (Planning matrix) หลังจากที่ได้ความต้องการของลูกค้าแล้ว จะทำการสร้างส่วนที่ 2 ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์นั้นคือ เมทริกซ์การวางแผนซึ่งในส่วนนี้จะ ประกอบไปด้วย 6 ส่วนหลักๆ ดังภาพที่ 2

เมทริกซ์การวางแผน(Planning matrix)

				PLANNING MATRIX							
				ความสำคัญของลูกค้า	ผลสำรวจความพอใจลูกค้า	ความพึงพอใจของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์คู่แข่ง	จุดมุ่งหมาย	อัตราส่วนการปรับปรุง	จุดขาย	คะแนนดิบ	คะแนนปรับปรุง
การปรับปรุงบริการลูกค้าเพื่อผู้ป่วยโรคเบาหวาน	การสวมใส่	สวมใส่ง่าย	5	5	4.83	4.83	5	1.03	1.5	7.7	6.9
		น้ำหนักเบา	5	5	4.88	4.88	4	0.82	1.3	5.3	4.7
		ไม่ระคายเคือง	4.83	4.9	4.67	4.67	4	0.86	1.3	5.4	4.8
	การบริหารข้อเท้า	คู่มืออธิบายการบริหารข้อเท้า	4.35	4.5	2.66	4.78	5	1.46	1.3	8.5	7.6
		กำหนดเวลาการใช้งาน	4.32	4.5	4.32	3.37	4	0.93	1.3	5.4	4.8
		เปลี่ยนรูปแบบการใช้	3.55	3.55	2.81	4.06	3	1.03	1.3	4.7	4.2
	การระบาย	ป้องกันความชื้น	4.42	4.7	4.57	4.52	4	0.88	1.3	5.3	4.7
		ระบายอากาศ	4.78	5	4.52	4.37	5	0.89	1.5	6.6	5.9
		ระงับกลิ่น	4.37	4.5	4.10	4.76	4	0.98	1.0	4.4	3.9
	โครงสร้าง	รับน้ำหนัก	5	5	5	5	4	0.8	1.5	6.0	5.4
		ประคองข้อเท้า	5	5	5	4.88	5	1	1.5	7.5	6.7
		ยืดหยุ่น	4.52	5	4.57	4.83	5	1.08	1.5	8.1	7.3
การตกแต่ง	สีสันทเหมือนจริง	4.37	4.5	3.17	3.32	5	1.36	1.3	7.9	7.1	
	ลวดลายทันสมัย	4.42	5	3.92	3.82	4	1.01	1.3	6.5	5.8	
	มีผิวสัมผัส	3.48	3.5	3.03	4.23	3	0.99	1.0	3.4	3.0	
บำรุงรักษา	ทำความสะอาดง่าย	3.75	4	3.98	3.20	3	0.80	1.5	4.8	4.3	
	ไม่ทิ้งคราบเหงื่อ	3.57	4	3.76	3.48	4	1.04	1.3	5.4	4.8	
	อุปกรณ์เปลี่ยน	4.32	4	2.53	2.94	4	1.29	1.5	7.7	6.9	
										110.6	

ภาพที่ 2 เมทริกซ์การวางแผน (Planning Matrix)

ที่มา : สมาชิก เทพมะที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ต้องการ (Technical requirement) เป็นเทคนิคที่ได้จากการระดมสมองของฝ่ายนักออกแบบ และใช้แผนผังก้างปลาช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เพื่อหาเทคนิคที่สามารถทำให้ตอบสนองแต่ละความต้องการของลูกค้าได้ จากนั้นได้ทำการกำหนดเป้าหมายทางเทคนิค โดยพยายามกำหนดให้เป็นค่าที่สามารถวัดได้ นอกจากนั้นจะทำการกำหนดค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงทิศทางในการทำการปรับปรุงโดยอธิบายดังตารางที่ 7 ได้กำหนดทางเทคนิค 10 ข้อกำหนดดังนี้

ตารางที่ 7 ข้อกำหนดทางเทคนิค เป้าหมายทางด้านเทคนิค และค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย

ลำดับ	ข้อกำหนดทางเทคนิค	เป้าหมายทางด้านเทคนิค	ค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย
B1	เคลื่อนไหวได้คล่อง	เพิ่มความคล่องตัวในการบริหาร	↑
B2	ตอบสนองต่อการใช้งาน	สามารถบริหารได้ตรงกับอาการ	↑
B3	ใช้สำหรับหัวเข้าทั้งสอง	สามารถใช้งานได้ทั้งสองข้าง	○
B4	ขนาดเส้นรอบวง	มีขนาดมาตรฐาน XXS - XXXL	○
B5	ความหนาและวัสดุในการผลิต	ผลิตภัณฑ์มีขนาดพอเหมาะ	↓
B6	รูปแบบของสีสัน	มีการใช้สีที่เหมือนจริงและทันสมัย	○
B7	โครงสร้างรับการพับงอ	สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี	↑
B8	เปิดช่อง / กระจุกสะบ้า	เช็คความเคลื่อนไหวกระจุกสะบ้า	○
B9	ปรับระดับการใช้งาน	สามารถปรับเปลี่ยนขึ้นส่วนสำรอง	↑
B10	ช่องระบายอากาศ	มีการระบายอากาศ เพื่อลดความชื้นจากเหงื่อในการบริหาร	↑

เมทริกซ์ความสัมพันธ์ (Relationships) เป็นการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างส่วนที่ 1 (ความต้องการของลูกค้า) และส่วนที่3 (ข้อกำหนดทางเทคนิค) ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ โดยจะได้ผลจากการให้คะแนนของความสัมพันธ์ดังภาพที่ 3 การให้คะแนนนั้นจะเปรียบเทียบแบบเป็นคู่โดยใช้การระดมความคิดของฝ่ายออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์
A-B

			Performance measure		size of range		Technical detail					
			↑	↑	○	○	↓	○	↑	↑		
สถานะภายในโครงการ	การสวมใส่	สวมใส่ง่าย	5	●	■	●	●	●	●	●	●	
		น้ำหนักเบา	5	●		●	■					
		ไม่ระคายเคือง	4.8						▲		▲	
	การบริหารข้อเข้า	คู่มืออธิบายการบริหารข้อเข้า	4.3		●							
		กำหนดเวลาการใช้งาน	4.3		■							
		เปลี่ยนรูปแบบการใช้	3.5		■						●	
	การระบาย	ป้องกันความชื้น	4.4							■		●
		ระบายอากาศ	4.7		■		■					●
		ระงับกลิ่น	4.3		■							▲
	โครงสร้าง	รับน้ำหนัก	5	●	●					●		
		ประกอบเข้า	5	●	■	●				●		
		ยืดหยุ่น	4.5				●			●		
	การตกแต่ง	สีลื่นเหมือนจริง	4.3							●		
		ลวดลายทันสมัย	4.4							●		
		มีผิวสัมผัส	3.4									
บำรุงรักษา	ทำความสะอาดง่าย	3.7		■								
	ไม่ทิ้งคราบเหงื่อ	3.5		■								
	อุปกรณ์เปลี่ยน	4.3		●						■		
Absolute tech. requirement		238.5										
% Relative Tech. requirement		15.5%										
เป้าหมายของส่วนประกอบย่อย											1537	

ภาพที่ 3 เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

ที่มา : สมาชิก เทพมะที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการสร้างเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์แล้วหลังจากนั้นนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้มาทำการเรียงลำดับความสำคัญตามค่าของน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ (Relative technique Requirement important) จากคะแนนที่มากไปหาน้อยดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคสมบูรณ์และโดยเปรียบเทียบ

ลำดับ	ข้อกำหนดทางเทคนิค	Absolute tech. requirement	% Relative Tech. requirement
B7	โครงสร้างรับการพียงอ	279.6	18.1
B2	ตอบสนองต่อการใช้งาน	239.7	15.5
B1	เคลื่อนไหวได้คล่อง	238.5	15.5
B5	ความหนาของวัสดุ	209.7	13.6
B10	ช่องระบายอากาศ	186.2	12.1
B6	รูปแบบของสีส้น	129.6	8.4
B3	ใช้สำหรับหัวเข้าทั้งสอง	99.6	6.4
B4	ขนาดเส้นรอบวง	67.5	4.3
B9	ปรับระดับการใช้งาน	65.4	4.2
B8	เปิดช่อง / กระจุกสะบ้า	21.3	1.38

จากตารางที่ 8. พบว่าการจัดเรียงค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบคะแนนที่มากที่สุดคือ ข้อกำหนดทางเทคนิคโครงสร้างรับการพียงอ (18.1 %) ซึ่งกับคุณลักษณะความต้องการของลูกค้ามากที่สุด เป็นการแสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดทางเทคนิคโครงสร้างรับการพียงอ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้มากที่สุด รองลงมาคือ ตอบสนองต่อการใช้งาน (15.5) และอันดับสุดท้ายเป็นข้อกำหนดเทคนิคด้าน เปิดช่อง / กระจุกสะบ้า (1.38 %) จากนั้นจะนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้ผ่านการจัดเรียงลำดับแล้วมาทำการสร้างเมทริกซ์ที่สองคือ เมทริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) ขึ้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประยุกต์ใช้เมทริกซ์การแปลงการออกแบบ

หลังจากที่ได้เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product planning) แล้วต่อไปจะทำการสร้างเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) ซึ่งจะเป็นการนำข้อกำหนดทางเทคนิค (Thechnical requirment) ที่ผ่านการจัดเรียงค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบจากเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาทำการแปลงให้กลายเป็นข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics)

เมทริกซ์การแปลงการออกแบบสามารถแบ่งส่วนของการจัดข้อมูลออกได้เป็น 4 ส่วน ซึ่งมีความคล้ายกับส่วนเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. การเลือกข้อกำหนด และค่า imp ที่ได้นำมาใช้ โดยเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคที่จัดลำดับมีความสำคัญและมีผลต่อความต้องการของลูกค้าจากตารางที่ 8 มาใส่ในด้านทางซ้ายของเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ

2. ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics) เป็นข้อกำหนดที่ได้จากการระดมด้านความคิดจาก ฝ่ายออกแบบ และใช้แผนผังกางปลาช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เพื่อหาข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยที่จะสามารถทำให้ตอบสนองต่อข้อกำหนดทางเทคนิคที่ส่งผลไปยังความต้องการของลูกค้า จากนั้นได้ทำการกำหนดเป้าหมายของส่วนประกอบย่อย ค่าเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงทิศทางในการทำการปรับปรุง โดยสามารถกำหนดของส่วนประกอบย่อยได้ 21 ข้อ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อกำหนดทางเทคนิค เป้าหมายทางด้านเทคนิคและค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย

ลำดับ	ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย	เป้าหมายข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย	ค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย
C1	กระชับเข้าทรง	ใช้วัสดุที่เข้ารูปกับร่างกายได้ดี	↑
C2	เยื่ออ่อนนุ่ม	ใช้วัสดุที่อ่อนโยนไม่รัดจนเกินไป	↑
C3	เสถียรต่อการบริหาร	มีความคล่องตัวเมื่อทำงาน	↑
C4	รายละเอียดระบุการใช้งาน	มีคู่มือเงื่อนไขการดูแลรักษาและใช้งานผลิตภัณฑ์ 1 ชุด	○
C5	รายละเอียดการบริหาร	มีเอกสารประกอบตามหลักการบริหาร	○
C6	อุปกรณ์เปลี่ยนทดแทนได้	มีอุปกรณ์สำรองสำหรับลูกค้าเพื่อเปลี่ยน	↑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ	ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย	เป้าหมายข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย	ค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย
C7	สัมพันธ์กันทั้งสอง	ปรับเปลี่ยนสลับใส่ได้ทั้งสองข้าง	↑
C8	มีแบบขนาดมาตรฐานให้เลือก	ขนาดกำหนดตามมาตรฐาน	○
C9	ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	ใช้ชิ้นส่วนที่มีขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	↑
C10	ความทนของชิ้นงาน	ไม่เกิดการชำรุดจากการใช้งานภายในเวลา 1 ปี	↑
C11	ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม	ใช้ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพราคาต่ำ	↓
C12	ความหลากหลายของสี	สามารถเลือกโทนสีได้หลากหลาย	○
C13	ใช้ลดลายกราฟฟิก	เพิ่มความเป็นเอกลักษณ์ให้กับชิ้นงาน	↑
C14	โครงสร้างต้านและรับแรง	ออกแบบให้เข้ากับสัดส่วนร่างกาย	↑
C15	กระจายส่วนแรงบริหาร	ผลิตภัณฑ์แบ่งรับแรงในส่วนต่างๆ	↑
C16	เพิ่มการประคอง	รับน้ำหนักและเพิ่มการทรงตัว	↑
C17	ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า	รับน้ำหนักด้านหน้าลดอาการปวด	↑
C18	เปลี่ยนระดับให้เข้ากับช่วงเข่า	สามารถปรับระดับให้เข้าผู้ใช้งาน	○
C19	ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน	ออกแบบให้เหมาะกับการเดินและนั่ง	↑
C20	วิธีปรับปรุงการระบาย	ไม่เกิดความอับชื้นเมื่อใช้งาน	↑
C21	รูปแบบของการระบาย	ออกแบบให้มีช่องที่โปร่งรับการระบาย	↑

เมตริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment)

เมตริกซ์ความสัมพันธ์ (Relationships) เป็นการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิค และข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยของเมตริกซ์การแปลงการออกแบบ โดยจะได้ผลการให้คะแนนความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4 การให้คะแนนครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆโดยใช้การวิเคราะห์ของ ฝ่ายออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย

ลำดับ	ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย	Absolute part char. important	% Relative part char. important
C19	ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน	441	17.0
C3	เสถียรต่อการบริหาร	348	14.0
C15	กระจายส่วนแรงบริหาร	209.4	8.52
C14	โครงสร้างต้านและรับแรง	167	6.8
C8	ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	152.4	6.20
C4	รายละเอียดกระบวนการใช้งาน	139	5.66
C5	รายละเอียดการบริหาร	139	5.66
C11	ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม	135.3	5.5
C2	เยื่ออ่อนนุ่ม	122.4	4.8
C10	ความทนของชิ้นงาน	122.4	4.8
C20	วิธีปรับปรุงการระบาย	108	4.3
C1	กระชับเข้าทรง	79.5	3.23
C12	ความหลากหลายของสี	75.6	3.07
C17	ลดแรงกดต่อกระดูกสะบ้า	50.6	2.0
C7	สัมพันธ์กันทั้งสอง	38.7	1.57
C8	มีแบบขนาดมาตรฐานให้เลือก	38.7	1.57
C21	รูปแบบของการระบาย	36.3	1.39
C6	อุปกรณ์เปลี่ยนทดแทนได้	31.8	1.29
C13	ใช้ลวดลายกราฟฟิก	25.2	1.07
C18	เปลี่ยนระดับให้เข้ากับช่วงเช่า	12.6	0.51
C16	เพิ่มการประคอง	12.4	0.50

จากตารางที่ 10 พบว่าการจัดเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบคะแนนที่มากที่สุดคือ ข้อกำหนดส่วนประกอบย่อยด้านปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน (17%) มีความสัมพันธ์กับข้อกำหนดทางเทคนิคที่มีค่าความสำคัญสูง จึงทำให้ข้อกำหนดด้านปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวันมีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ เสถียรต่อการบริหาร (14%) และอันดับสุดท้ายคือ เพิ่มการประคอง (0.50)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้ TRIZ ในการศึกษาและพัฒนากายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเฟสที่ 2 ของ QFD พิจารณาจากน้ำหนักน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยสมบูรณ์ที่ต้องมาปรับปรุงมาเทียบกับตารางเมทริกซ์ของ TRIZ โดยเรียงจากกระบวนการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์กายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อมได้นำผล จากตารางที่ 4.3 มาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบและพัฒนาโดยเลือกอันดับที่ผ่านเกณฑ์ที่ค่าเฉลี่ย 5% ซึ่งมี 8 อันดับเป็นเกณฑ์ที่ลูกค้าอยากให้พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลในตารางที่ 4 ความเชื่อมโยงระหว่าง QFD กับ TRIZ ซึ่งสามารถสร้างออกมาเป็นตารางของ TRIZ ในลักษณะตารางเมทริกซ์

QFD เฟสที่ 2 ส่วนประกอบย่อย	ลักษณะสมบัติที่จะต้องปรับปรุง	ลักษณะสมบัติที่ด้อย	หลักการจากเครื่องมือ TRIZ นำมาแก้ปัญหา			
C19 ปรับลักษณะการใช้เข้ากับชีวิตประจำวัน	- พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (5)	33	15	17	13	16
	- พลังงานที่ใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (19)	33	19	35		
	- ความสามารถในการปรับตัวได้ (35)	33	15	34	1	16
C3 เสถียรต่อการบริหาร	- เสถียรภาพของวัตถุ (13)	5	2	11	13	
C15 กระจายส่วนแรงบริหาร	- แรง (10)	19	19	17	10	
C14 โครงสร้างต้านและรับแรง	- แรงดึง แรงดัน (11)	19	14	24	10	37
	- ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (15)	14	27	3	10	
C8 ขนาดเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	- น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (1)	14	28	27	18	40
	- ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (3)	14	8	35	29	34
	- รูปร่าง (12)	14	30	14	10	40
C4 รายละเอียดระบุการใช้งาน	- การสูญเสียไปของข้อมูล (24)	27	10	28	23	
	- ความน่าเชื่อถือ (27)	31	35	2	40	26
C5 รายละเอียดการบริหาร	- ผลิตภาพ (39)	33	1	28	7	10
C11 ราคาของวัสดุมีความเหมาะสม	- ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุ (30)	29	26	28	10	18
	- ความแข็งแรง (14)	32	11	3	10	32

คิดค้นและพัฒนาโดย



ภาคผนวก ง

ภาพขั้นตอนการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูล

ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ

ภาพขั้นตอนการสร้างต้นแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

ภาพการประเมินประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพขั้นตอนการเก็บข้อมูลผู้เชี่ยวชาญด้านนักกายภาพบำบัดทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ



ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ ก.ก.สุธิดา สุกุลกรรณา นักกายภาพบำบัด บุคลากรศูนย์
กายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ยศวิน สกกุลกรรณา นักกายภาพบำบัด บุคลากรศูนย์
กายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล



ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ กภ.นุชจรี ศิริ นักกายภาพบำบัด บุคลากรศูนย์กายภาพบำบัด
มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพขั้นตอนการเก็บข้อมูลผู้เชี่ยวชาญด้านแพทย์อโรโปติกส์



ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ นพ.ปิติ ฉลองวิริยะเลิศ ร.พ.ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญนพ.อาทมะ วิเชียรฉาย ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ



ภาพขั้นตอนการสร้างต้นแบบกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



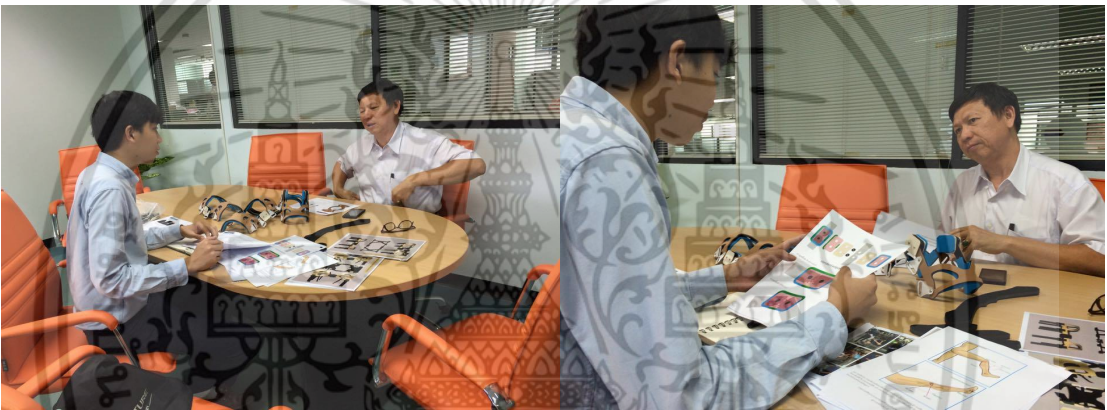
ขอความอนุเคราะห์พิจารณาตรวจแบบประเมินจากความต้องการของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์



ขอความอนุเคราะห์ที่พิจารณาตรวจแบบประเมินและงานแบบร่างและโมเดลต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญ
ผศ.ดร.รัฐไท พรเจริญ อาจารย์ประจำภาควิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



ขอความอนุเคราะห์ที่พิจารณาตรวจแบบประเมินและงานแบบร่างและโมเดลต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญ
รศ.บุญสนอง รัตนสุนทรากุล อาจารย์ประจำสาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ขอความอนุเคราะห์ที่พิจารณาตรวจแบบประเมินและงานแบบร่างและโมเดลต้นแบบจากผู้เชี่ยวชาญ
ผศ.ดร.สุรกันต์ รวยสูงเนิน อาจารย์ประจำสาขาวิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพการประเมินประสิทธิภาพกายอุปกรณ์บริหารกล้ามเนื้อเพื่อผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม
ผู้เชี่ยวชาญด้านกายอุปกรณ์



ภาพขั้นตอนการขอความอนุเคราะห์พิจารณาตรวจแบบประเมินประสิทธิภาพ อาจารย์ธวัชชัย จันทร์สอาด
หัวหน้าภาคกายอุปกรณ์ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



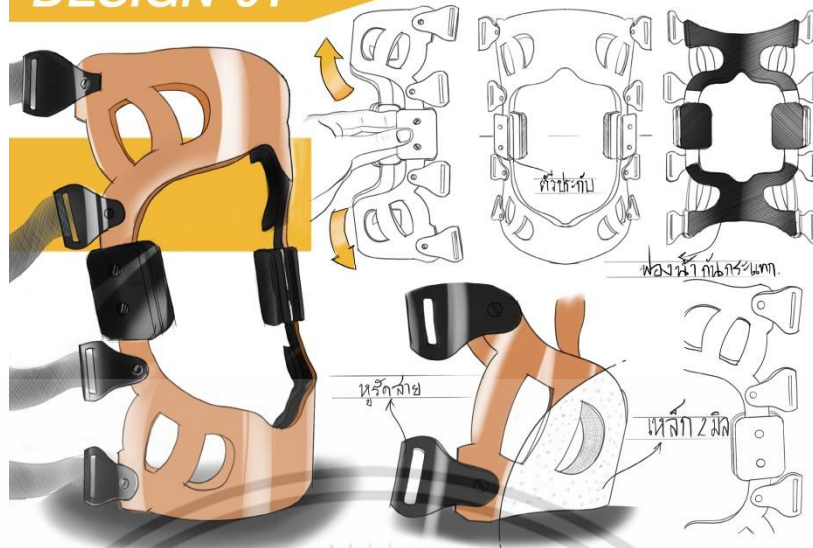
ภาพขั้นตอนการขอความอนุเคราะห์พิจารณาตรวจแบบประเมินประสิทธิภาพ นางสาวจุฑารัตน์ ภูมุลนา
นักกายอุปกรณ์ ระดับปฏิบัติการ ศูนย์สิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

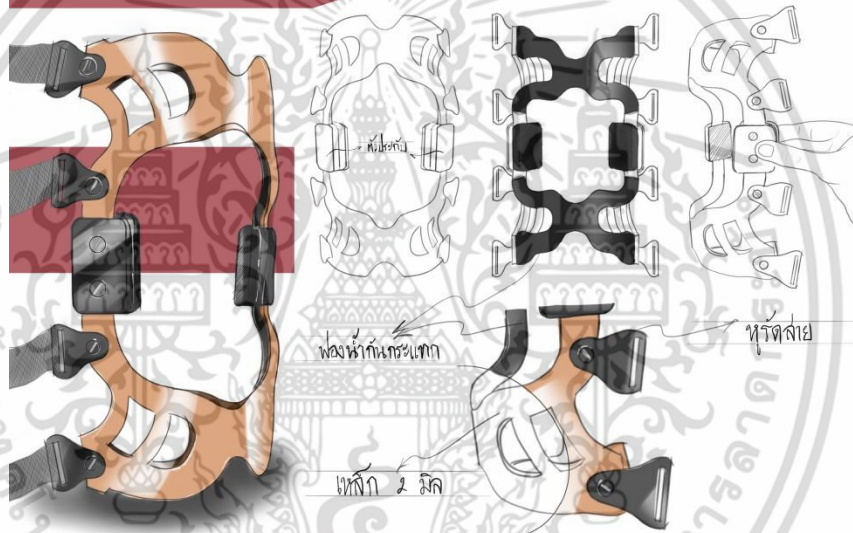


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

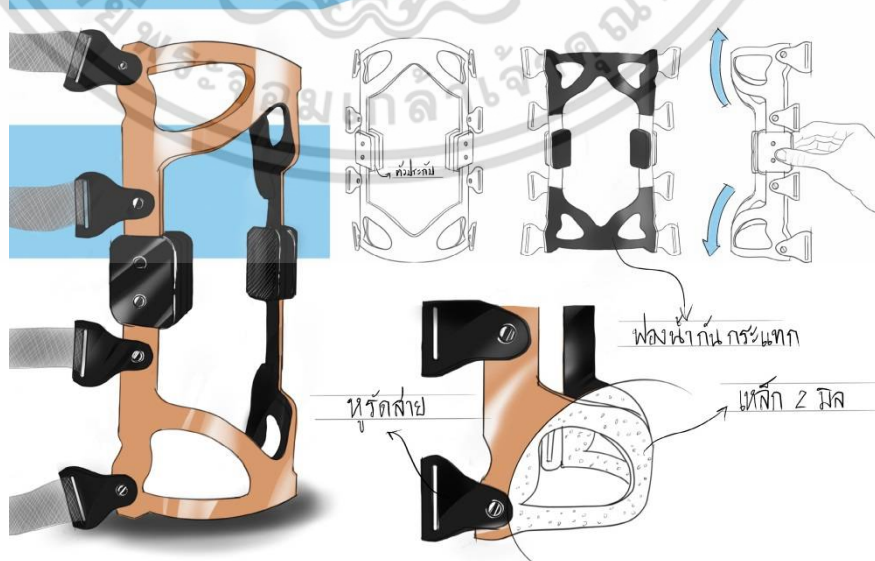
DESIGN 01



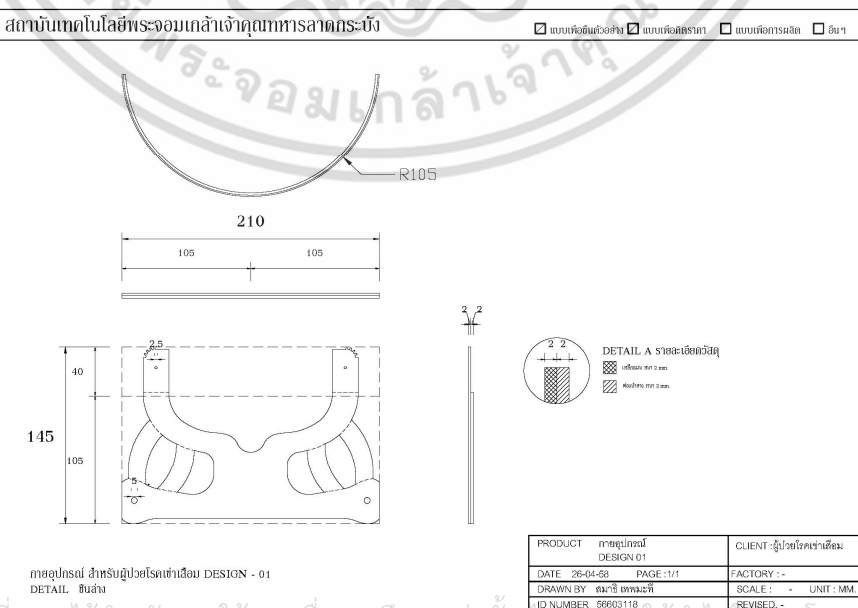
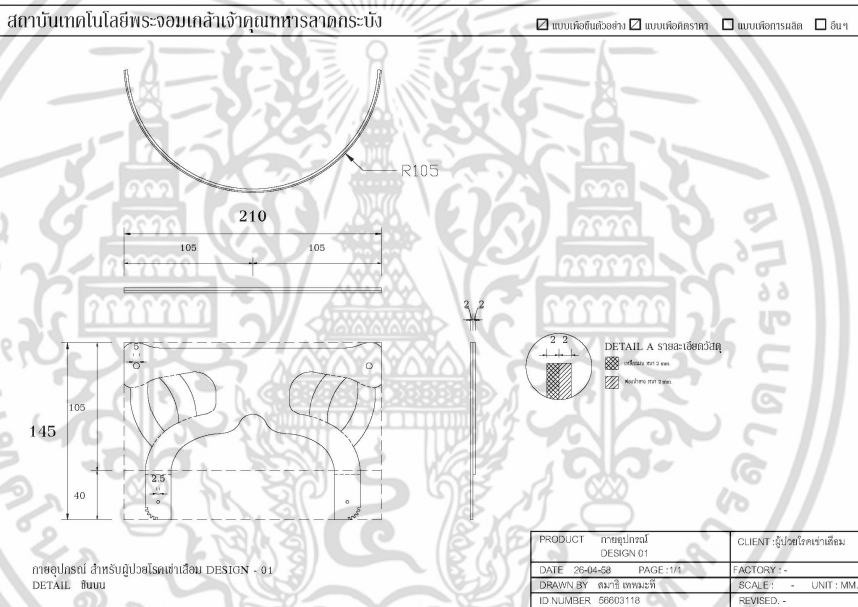
DESIGN 02



DESIGN 03



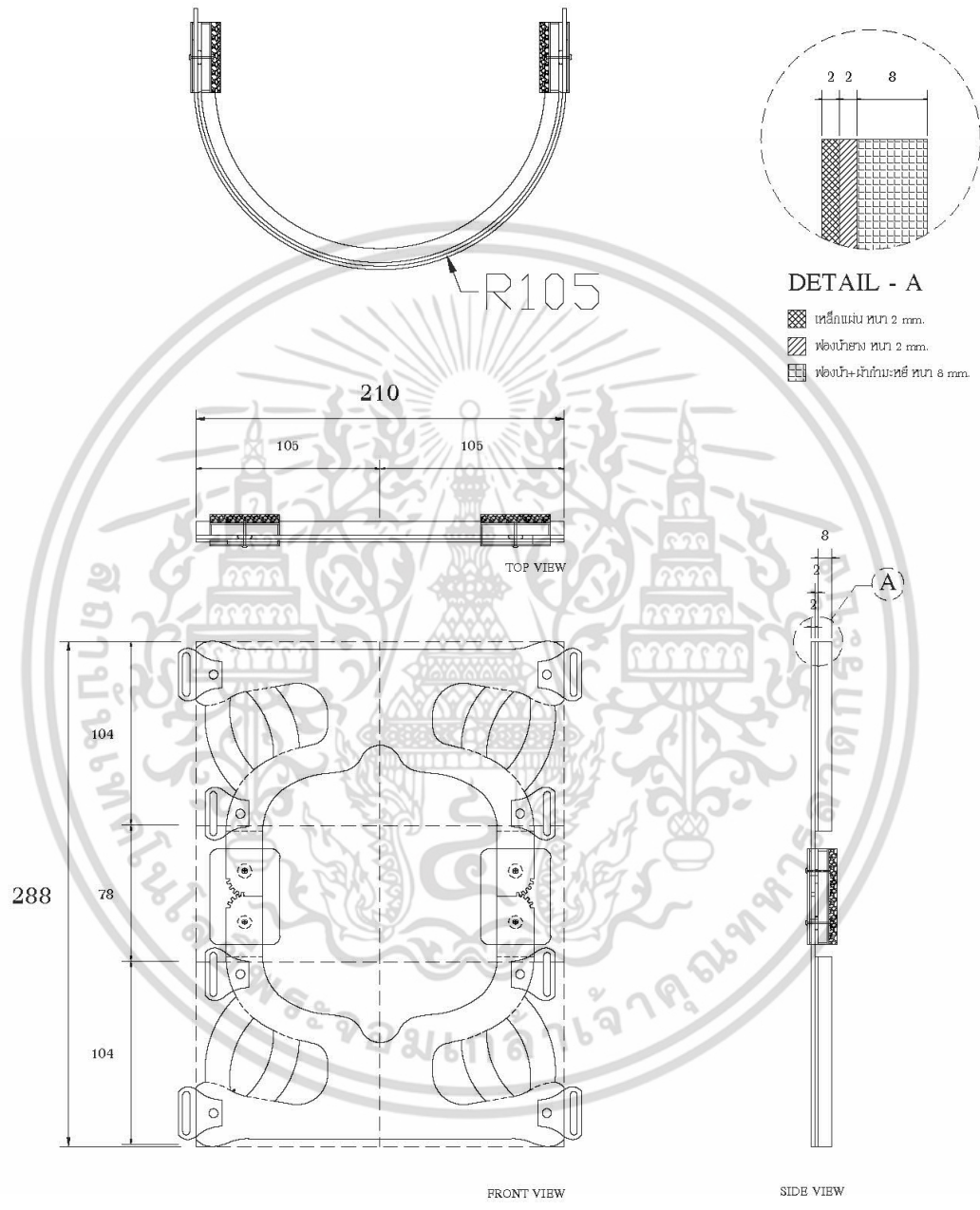
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านไปเผยแพร่ข้อมูลด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

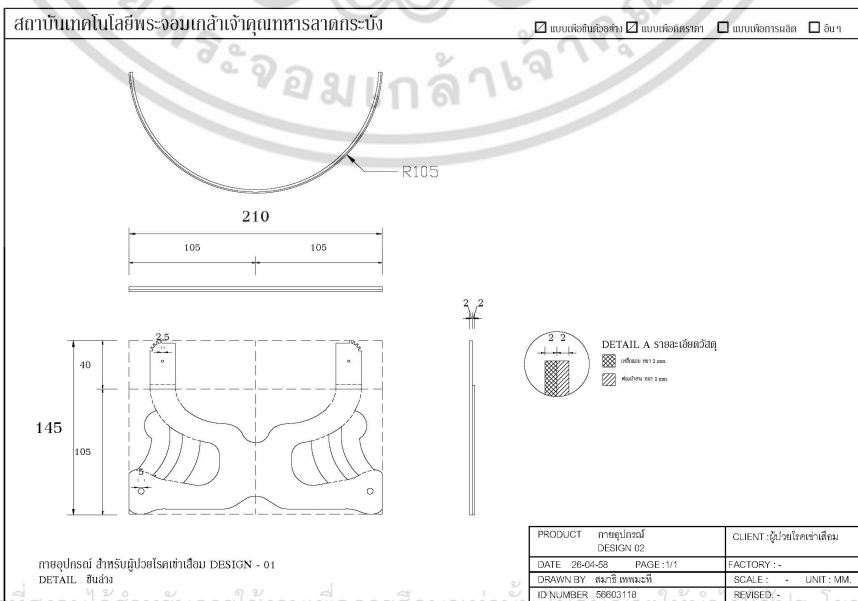
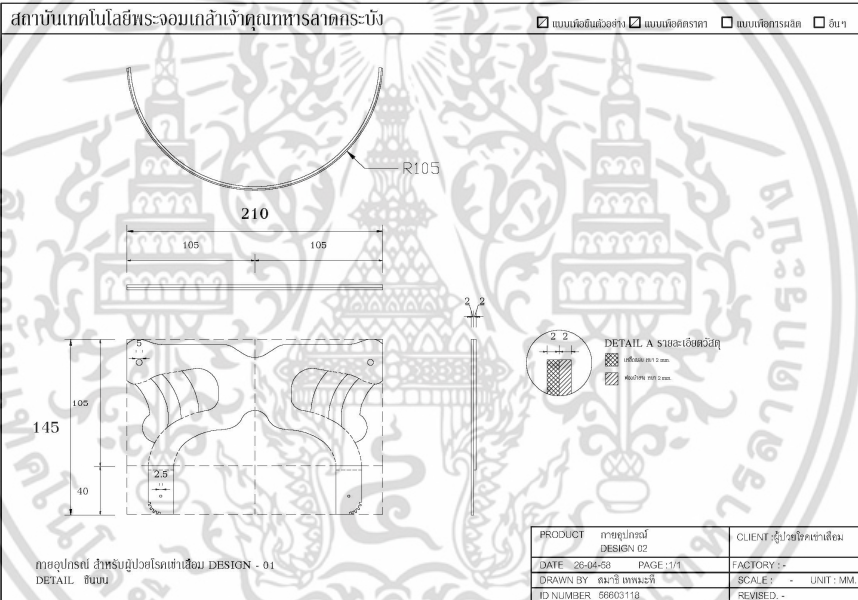
แบบเพื่อขึ้นตัวอย่าง อื่นๆ



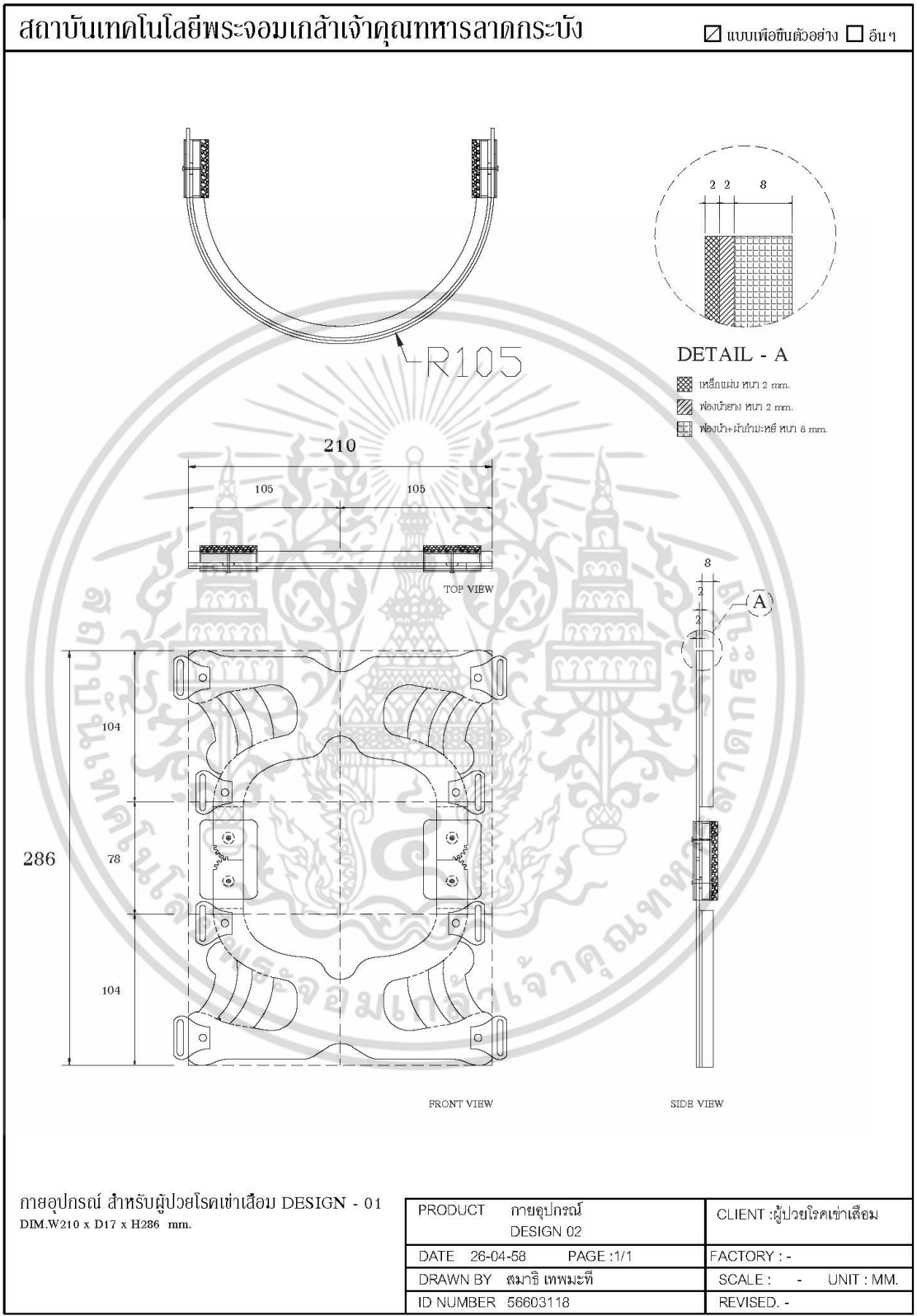
กายอุปกรณ์ สำหรับผู้ป่วยโรคเท้าเสื่อม DESIGN - 01
DIM.W210 x D17 x H288 mm.

PRODUCT	กายอุปกรณ์ DESIGN 01	CLIENT	:ผู้ป่วยโรคเท้าเสื่อม
DATE	26-04-58 PAGE :1/1	FACTORY	: -
DRAWN BY	สมาธิ เทพมะที	SCALE	: - UNIT : MM.
ID NUMBER	56603118	REVISED	: -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้สำหรับนักเรียนในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเอกสารนี้เป็นการนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



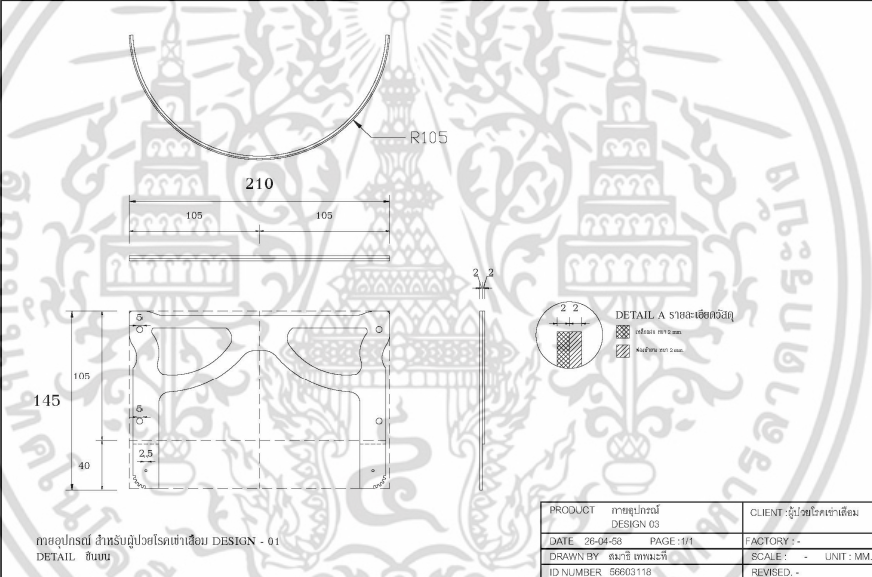
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายอุปกรณ์สำหรับผู้ป่วยโรคเข่าเสื่อม design 03



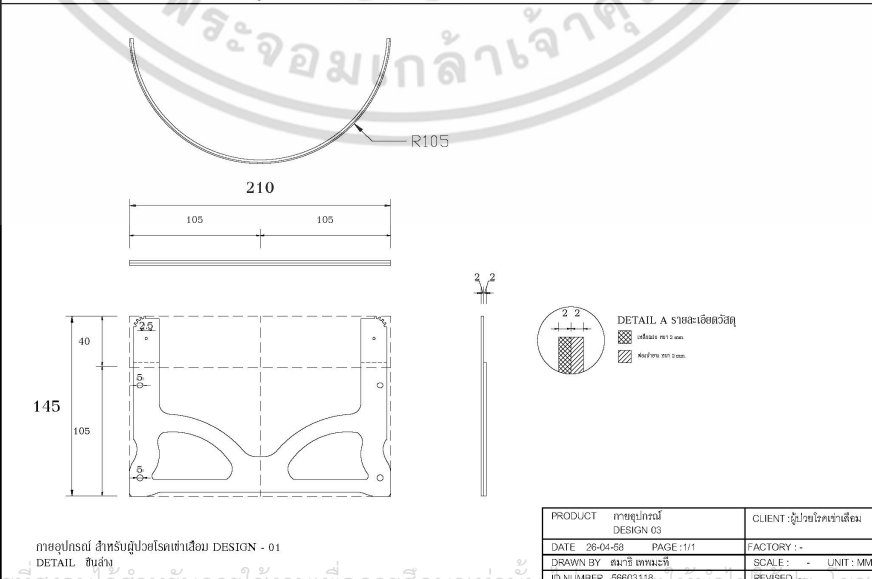
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบเพื่อชิ้นงาน แบบเพื่อกระดาษ แบบเพื่อการผลิต อื่นๆ

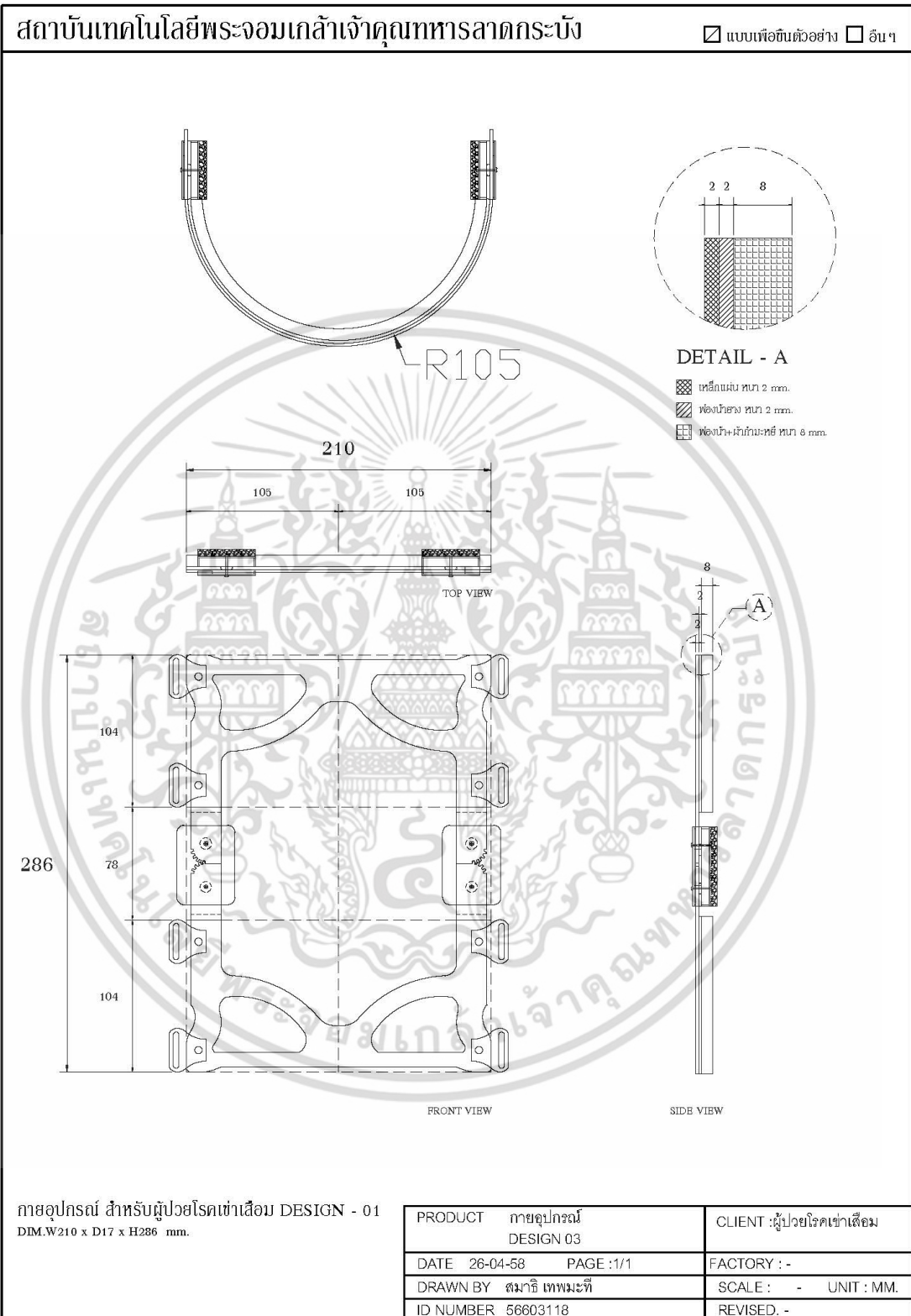


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบเพื่อชิ้นงาน แบบเพื่อกระดาษ แบบเพื่อการผลิต อื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานการใช้งานที่อาคารศึกษานานาชาติ ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แบบเพื่อต้นแบบ แบบเพื่อผลิต แบบเพื่อการตลาด อื่นๆ

รายละเอียดสำหรับผู้ประกอบ DESIGN - 01
DETAIL ภายนอก

PRODUCT	ภายใน	CLIENT	ผู้วิจัยและพัฒนา
DATE	26-04-58	PAGE	1/1
DRAWN BY	สมชาย ทรัพย์ดี	SCALE	- UNIT: MM
ID NUMBER	56603118	REVISED	-

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แบบเพื่อต้นแบบ แบบเพื่อผลิต แบบเพื่อการตลาด อื่นๆ

รายละเอียดสำหรับผู้ประกอบ DESIGN - 01
DETAIL ภายนอก

PRODUCT	ภายใน	CLIENT	ผู้วิจัยและพัฒนา
DATE	26-04-58	PAGE	1/1
DRAWN BY	สมชาย ทรัพย์ดี	SCALE	- UNIT: MM
ID NUMBER	56603118	REVISED	-

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แบบเพื่อต้นแบบ แบบเพื่อผลิต แบบเพื่อการตลาด อื่นๆ

รายละเอียดสำหรับผู้ประกอบ DESIGN - 01
DETAIL ภายนอก

DETAIL 2 เหล็กขึ้นหน้า

PRODUCT	ภายใน	CLIENT	ผู้วิจัยและพัฒนา
DATE	26-04-58	PAGE	1/1
DRAWN BY	สมชาย ทรัพย์ดี	SCALE	- UNIT: MM
ID NUMBER	56603118	REVISED	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แบบข้อเขียนเบื้องต้น แบบเพื่อวิเคราะห์ แบบเพื่อการผลิต อื่นๆ

3
DETAIL 3 ฟองน้ำหนา 1 mm.

กายอุปกรณ์ สำหรับผู้ปวยโรคเข่าเสื่อม DESIGN - 01
DETAIL 3 ฟองน้ำ

PRODUCT	กายอุปกรณ์	CLIENT	ผู้ปวยโรคเข่าเสื่อม
DATE	26-04-58 PAGE:1/1	FACTORY	-
DRAWN BY	สมวธิ ทัพพะรังษิ	SCALE	- UNIT : MM
ID NUMBER	56603118	REVISED	-

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แบบข้อเขียนเบื้องต้น แบบเพื่อวิเคราะห์ แบบเพื่อการผลิต อื่นๆ

5
DETAIL 5 ฟองน้ำหนา 4 mm.

กายอุปกรณ์ สำหรับผู้ปวยโรคเข่าเสื่อม DESIGN - 01
DETAIL 5 ฟองน้ำ

PRODUCT	กายอุปกรณ์	CLIENT	ผู้ปวยโรคเข่าเสื่อม
DATE	26-04-58 PAGE:1/1	FACTORY	-
DRAWN BY	สมวธิ ทัพพะรังษิ	SCALE	- UNIT : MM
ID NUMBER	56603118	REVISED	-

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แบบข้อเขียนเบื้องต้น แบบเพื่อวิเคราะห์ แบบเพื่อการผลิต อื่นๆ

6
DETAIL 2 เหล็กขึ้นทล้า

กายอุปกรณ์ สำหรับผู้ปวยโรคเข่าเสื่อม DESIGN - 01
DETAIL 2 เหล็กขึ้นทล้า

PRODUCT	กายอุปกรณ์	CLIENT	ผู้ปวยโรคเข่าเสื่อม
DATE	26-04-58 PAGE:1/1	FACTORY	-
DRAWN BY	สมวธิ ทัพพะรังษิ	SCALE	- UNIT : MM
ID NUMBER	56603118	REVISED	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริการและชิ้นส่วน

1.



เฟรม			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
โลหะ ผิวเคลือบกันสนิม	สีครีม	2 ชิ้น	เฟืองสำหรับช่วย ในการเคลื่อนไหว แกมมร เหยียดแขนงอ

2.



ประกบ			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
โลหะ ผิวเคลือบกันสนิม	สีดำ	2 คู่	ช่วยในการยึดติดอุปกรณ์ เฟรมที่มีเป็นเฟืองให้ เคลื่อนไหวโดยไม่หลุดจากกัน

3.



สายรัด			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
ผ้าใยสังเคราะห์ แบบเป็นติ๊กซ์ + แมจิกเทป	สีดำสลับขาว	4 ชิ้น	ช่วยในการรัดอุปกรณ์ ให้เข้าที่ส่วนของขง ผู้ใช้งาน

4.



ฟองน้ำกันกระแทกด้านข้าง			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
ผ้าใยสังเคราะห์ แบบเป็นติ๊กซ์ + ฟองน้ำ	สีดำ	2 ชิ้น	ป้องกันแรงจากการ กระแทกในส่วนด้านข้าง

5.



ฟองน้ำกันกระแทกด้านหน้า			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
ผ้าใยสังเคราะห์ แบบเป็นติ๊กซ์ + ฟองน้ำ	สีดำ	2 ชิ้น	ป้องกันแรงจากการ กระแทกในส่วนด้านหน้า

6.



ยางรับการเสียดสี			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
ยางพอลิเมอร์ Polymer	สีดำ	2 ชิ้น	ป้องกันการเกิดเสียงดัง จากการเสียดสี

7.



สกรูหัว combi + น็อตทกเหลี่ยมบาง			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
สแตนเลส stainless	สีเงิน	4 คู่ M4 5/30 mm	ช่วยยึดตัวของเฟรม เข้ากับตัวประกอบ

8.



สกรูหัวพ่า + น็อตสี่เหลี่ยมบาง			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
สแตนเลส stainless	สีเงิน	8 คู่ M4 5/10 mm	ช่วยยึดตัวล็อกสายรัด เข้ากับตัวเฟรม

9.



โอรัง			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
ยางพอลิเมอร์ Polymer	สีดำ	8 ชิ้น 5.5 mm	ป้องกันการเสียดสี และทำให้เกิดความ ฉีกขาดในการยึด

10.

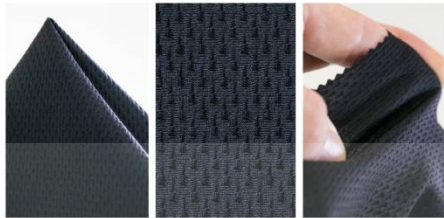


ตัวล็อกสายรัด			
วัสดุ	สี	จำนวนชิ้นงาน	รูปแบบการทำงาน
พลาสติก พอลิเมอร์	สีดำ	8 ชิ้น	ช่วยในการแนบแน่นของ กับสายรัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Librarymaterialconnexion

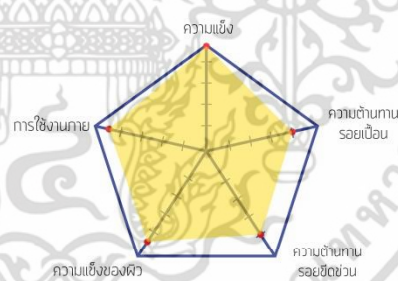
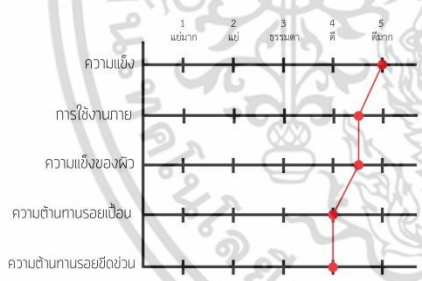
ประเภทวัสดุ: พอลิเมอร์
Vega



ประสิทธิภาพสูงตกผลึกประกอบด้วยสังเคราะห์ 80% (ในล่อน), และ 20% elastane (แปนเด็กซ์) วัสดุที่มีความยืดหยุ่นจะไม่ยืดขวางหรือทำงานได้ง่ายมีความต้านทานสูง เหมาะสำหรับการ ใช้จนวนจนถึงกีฬา, Activewear (ยักรยาน, วิ่ง, เสนสกี), แจ็กเก็ต, แฟชั่น, รองเท้าและอุปกรณ์เสริม

สมบัติในการใช้งาน
Cradle to Cradle: N/A
ความต้านทานไฟ: ปานกลาง
อุณหภูมิในการใช้งาน: ต่ำ
การติดของสี: สูง
ความต้านทานการสึกหรอ: ปานกลาง
ความต้านทานน้ำ: สูง
สมบัติการป้องกันเสียง: การดูดซับเสียง
ความทนทานต่อสารเคมี: ปานกลาง
ความต้านทานรังสียูวี: สูง
ความต้านทานรอยขีดข่วน: ปานกลาง
การใช้งานภายนอกอาคาร: ได้
สภาพการสะท้อน: ดูดกลืนแสง
ความต้านทานรอยเปื้อน: ปานกลาง
สภาพการนำความร้อน: ต่ำ

สมบัติทางกายภาพ
ความแข็ง: อ่อนตัวได้
โครงสร้าง: ปิด
ความต้านทานต่อการกระแทก: ปานกลาง
ลักษณะผิว/ความขนตัว: ด้าน
ความใส: กึ่งแสง
ความแข็งของผิว : นุ่ม



Vega

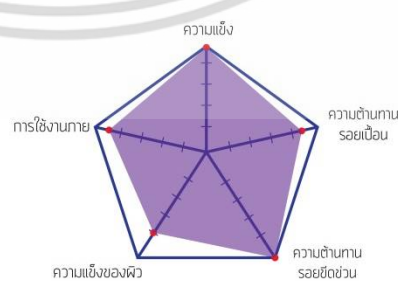
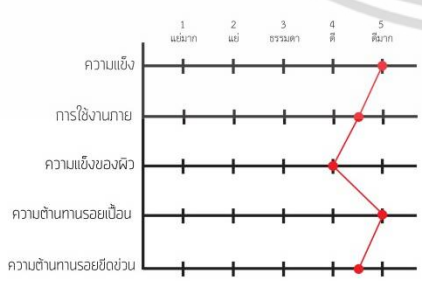
ประเภทวัสดุ: พอลิเมอร์
Neonet



โพลีเอสเตอร์ที่ระบายอากาศได้ส่วนใหญ่ทำจากส่วนผสมของ Polychloroprene มันสามารถตัดได้อย่างง่ายดายและยืด ใช้จนวนจนถึงเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายที่เล่นสนุกอัดกันกระแทกและการป้องกันผลกระทบ

สมบัติในการใช้งาน
Cradle to Cradle: N/A
ความต้านทานไฟ: ปานกลาง
อุณหภูมิในการใช้งาน: ต่ำ
การติดของสี: สูง
ความต้านทานการสึกหรอ: สูง
ความต้านทานน้ำ: ปานกลาง
สมบัติการป้องกันเสียง: การดูดซับเสียง
ความทนทานต่อสารเคมี: ปานกลาง
ความต้านทานรังสียูวี: สูง
ความต้านทานรอยขีดข่วน: สูง
การใช้งานภายนอกอาคาร: ได้
ความต้านทานการฉีกขาด: สูง
สภาพการสะท้อน: ดูดกลืนแสง
ความต้านทานรอยเปื้อน: สูง
สภาพการนำความร้อน: ต่ำ

สมบัติทางกายภาพ
ความแข็ง: อ่อนตัวได้, เหมือนยาง
โครงสร้าง: เปิด, ปิด
ความต้านทานต่อการกระแทก: ต่ำ
ลักษณะผิว/ความขนตัว: ด้าน, สວดสาย
ความใส: กึ่งแสง
ความแข็งของผิว: นุ่ม



Neonet

อ้างอิง : <http://library.materialconnexion.com/home.aspx>

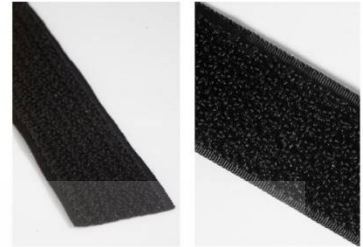
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Librarymaterialconnexion

ประเภทวัสดุ: โลหะ
เหล็กแผ่นม้วน



ประเภทวัสดุ: พอลิเมอร์
Magic Tape



เคลือบสีของกันรอยมีทั้งสีหลักทำสีโรตัมได้โดยไม่เสียคุณสมบัติของวัสดุ ตัวเคลือบดังกล่าวมีคุณสมบัติทนต่อการขีดข่วน ทนความร้อนและสารเคมี เคลือบแบบรูปทรงต่างๆ ใด้ง่ายและสังเกตเห็นไม่ชัดโดยในการผลิตแผ่นเหล็กทำสีโรตัมจะถูกเคลือบอย่างแบบและทาด้วยชั้นเคลือบสีใด้ในสีด้วยความหนา 2-3 ไมครอน ซึ่งตัวเคลือบจะมีไม่ผ่านการด้วยรังสียูวี (ซึ่งจากการทอนด้วยความร้อน) เป็นกระบวนการที่ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้ตัวเคลือบมีคุณสมบัติทนทานต่อความเสียดสีต่างๆ ที่ใช้ในครัว ด้วยความเข้มของรังสี ประกอบกับชั้นเคลือบสีในตัวเคลือบทำให้ตัวเคลือบมีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานโดยมีคุณสมบัติทนทานต่อการขีดข่วนโดยการใส่ลูกยางขนาดนาในของวัสดุที่ซึ่งมากเข้าไปในวัสดุเคลือบ

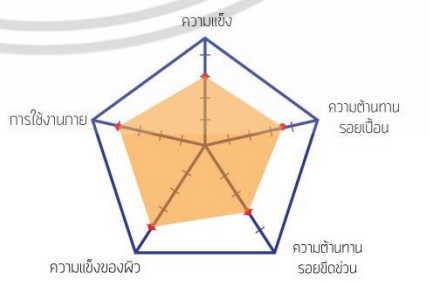
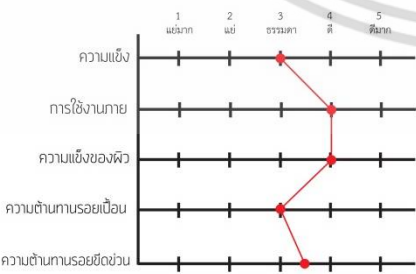
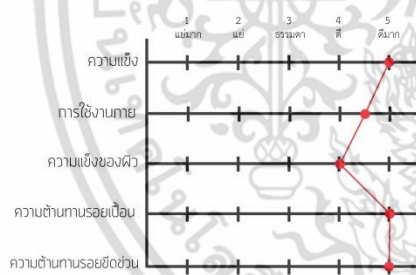
องค์ประกอบหลักกับแถวของตะขอยึดลอนและห่วงในด้านพื้นผิวเดียวกัน วัสดุที่เป็นสารกึ่งอินทรีย์ ที่สามารถเมมไปกับตัวเองเพื่อยึดติดกัน สามารถยึดกับผ้าบังชนิดใดก็ได้เป็นอย่างดี

สมบัติในการใช้งาน
Cradle to Cradle: N/A
ความต้านทานไฟ: สูง
อุณหภูมิในการใช้งาน: ต่ำ
การยึดติดของสี: สูง
ความต้านทานการสึกหรบ: สูง
ความต้านทานน้ำ: สูง
สมบัติการป้องกันเสียง: ทดสอบเสียง
ความทนทานต่อสารเคมี: N/A
ความต้านทานรังสียูวี: สูง
ความต้านทานรอยขีดข่วน: สูง
ความต้านทานการฉีกขาด: สูง
สภาพการสะท้อน: สะท้อนได้โดย
ความต้านทานรอยเปื้อน: สูง
สภาพการนำความร้อน: N/A

สมบัติทางกายภาพ
ความแข็ง: แข็ง
โครงสร้าง: ปิด
ความต้านทานต่อการกระแทก: N/A
ลักษณะผิว/ความขรุขระ: ด้าน
ความใส: กึ่งแสง
ความแข็งของผิว: แข็ง

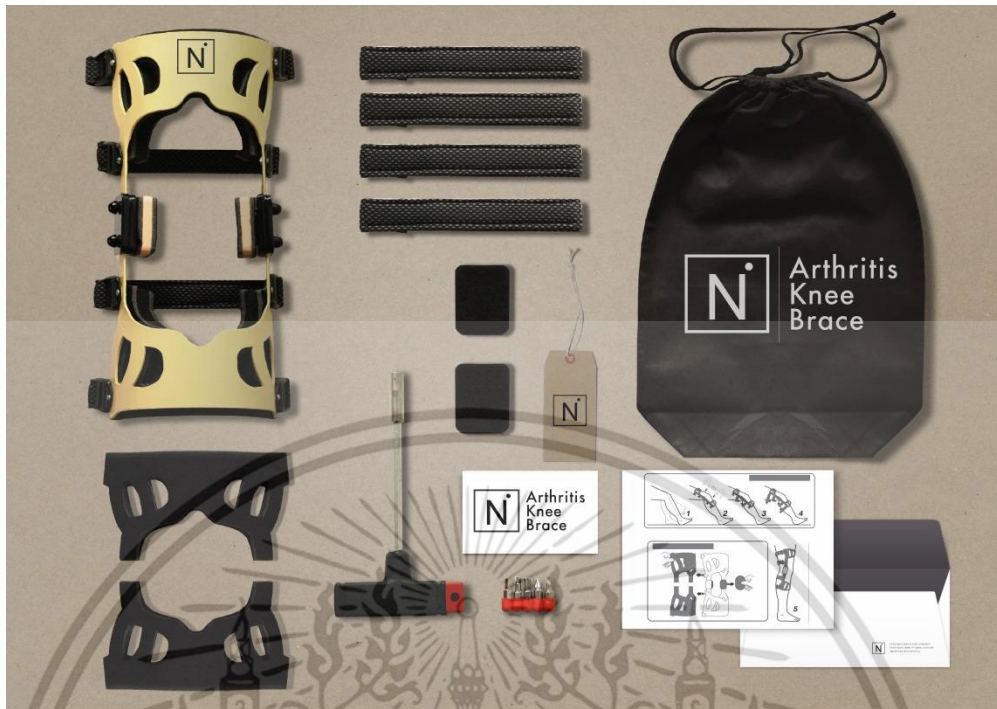
สมบัติในการใช้งาน
Cradle to Cradle: N/A
ความต้านทานไฟ: ปานกลาง
อุณหภูมิในการใช้งาน: ต่ำ
การยึดติดของสี: สูง
ความต้านทานการสึกหรบ: สูง
ความต้านทานน้ำ: สูง
สมบัติการป้องกันเสียง: การดูดซับเสียง
ความทนทานต่อสารเคมี: ปานกลาง
ความต้านทานรังสียูวี: สูง
ความต้านทานรอยขีดข่วน: ปานกลาง
การใช้งานภายนอกอาคาร: ใช้
ความต้านทานการฉีกขาด: สูง
สภาพการสะท้อน: ดูดกลืนแสง
ความต้านทานรอยเปื้อน: ปานกลาง
สภาพการนำความร้อน: ต่ำ

สมบัติทางกายภาพ
ความแข็ง: อ่อนตัวได้
โครงสร้าง: ปิด
ความต้านทานต่อการกระแทก: ปานกลาง
ลักษณะผิว/ความขรุขระ: ด้าน, ความขรุขระ
ความใส: กึ่งแสง
ความแข็งของผิว: นุ่ม



อ้างอิง : <http://library.materialconnexion.com/home.aspx>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพด้านหน้า

ภาพด้านข้าง

ภาพด้านหลัง



ภาพด้านบน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
อุปกรณ์เสริม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายสมานธิ เทพมะที
 วัน เดือน ปีเกิด 29 มิถุนายน 2533
 ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 4 หมู่ที่ 7 ตำบลแว้งใหญ่ อำเภอแว้งใหญ่ จังหวัดขอนแก่น
 40330

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2556 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
 การออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยขอนแก่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้