การศึกษาและพัฒนาขาเทียมสำหรับผู้พิการขาขาดเหนือเข่า

STUDY AND DEVELOPMENT OF
ABOVE-KNEE PROSTHESIS
:KNEE UNIT

ชัยรัตน์ ชัยชิต
CHOLATHORN RAKDEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเครื่องมือและวัสดุอุตสาหกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2543
ISBN 974-13-2892-7

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

# STUDY AND DEVELOPMENT OF ABOVE–KNEE PROSTHESIS :KNEE UNIT

ชลธร รักดี

CHOLATHORN RAKDEE

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 63297
วัน,เดือน,ปี 25 ส.ค. 2549

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2549

ISBN 974 -15 -2508 -7

# STUDY AND DEVELOPMENT OF ABOVE–KNEE PROSTHESIS :KNEE UNIT

CHOLATHORN RAKDEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTAIL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974 -15 -2508 -7

**COPYRIGHT 2006**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า |
| **นักศึกษา** | ชลธร รักดี |
| **รหัสประจำตัว** | 44064819 |
| **ปริญญา** | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม |
| **พ.ศ.** | 2549 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวัตร เจริญสุข |

# บทคัดย่อ


การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าประเภท Polycentric ของขาเทียมชนิดเหนือเข่า และศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ทั้งในด้านความสะดวกสบายและด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล คือบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน และผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและแบบประเมิน เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปว่า

การใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการนั้นทำได้คล่องตัวและมั่นคงดีเนื่องจากมีน้ำหนักเบา มีการป้องกันการพับงอของข้อเข่าเทียมทำให้มีความเชื่อมั่นในการเดิน การเคลื่อนไหวต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลของการประเมินประสิทธิผลการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่า การทดลองใช้งานข้อเข่าเทียมพบปัญหาเกี่ยวกับเสียงที่ดังขณะข้อเข่าเทียมดีดกลับ เกิดจากไม่มียางกันกระแทกไว้รองรับการดีดกลับของข้อเข่าเทียม

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Study And Development Of Above-Knee Prosthesis : Knee Unit |
| **Student** | Mr. Cholathorn Rakdee |
| **Student ID.** | 44064819 |
| **Degree** | Master Of Science In Industrial Education |
| **Programme** | Industrial Design Technology |
| **Year** | 2006 |
| **Thesis Advisor** | Assistant Professor Dr.Lertlak Klinhom |
| **Thesis Co-Advisor** | Assistant Professor Dr.Jaruwat Charoensuk |

## ABSTRACT

The purpose of the thesis is to study the problem of using Above-Knee prosthesis device to patients in terms of facility and safety during operation. In this work, the polycentric Above-Knee prosthesis device is researched, developed and set up. The apparatus is then applied to patients at The Prostheses foundation. The data are collected from three inpatients and five therapists by questionnaires to reckon the mean and standard variation. The finding shows that the implement is dextrous and stable because it has light weight. Besides, anti-pliable system increases the confident of patients in movement. The trouble of the kit is that it makes noise when moving back since there is no rubber shockproof.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยการชี้นำแนวทาง เอื้อเฟื้อข้อมูล ให้กำลังงาน และให้กำลังใจ เพื่อสนับสนุน ช่วยเหลือของบุคคลต่างๆหลายฝ่ายทั้งในทางตรงและทางอ้อม ซึ่งอาจกล่าวถึงได้ไม่ครบถ้วนในที่นี้ แต่ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณผู้ชี้นำแนวทางให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้บรรลุถึงจุดหมาย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวัตร เจริญสุข และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน

ขอขอบพระคุณผู้เอื้อเฟื้อข้อมูล

รองศาสตราจารย์ นพ. เทอดชัย ชีวเกตุ คุณบุญอยู่ ทิพยะ อาจารย์ วิชาญ คงเกียรติไพบูลย์ อาจารย์ พิสณห์ ศิริกุล และเจ้าหน้าที่กายอุปกรณ์ มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนช่วยเหลือด้านกำลังงาน

คุณบุญเลี้ยง เจ้าหน้าที่กายอุปกรณ์ มูลนิธิขาเทียม คุณจะแล คุณศักดิ์ และเจ้าหน้าที่โรงประลองวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนช่วยเหลือด้านกำลังใจ

ครอบครัวรักดี และเพื่อนๆรวมรุ่น เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รุ่น 2 ที่ช่วยเตรียมความพร้อมในวันสอบ

ขอขอบคุณเพื่อนๆและบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์ใดๆที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ด้วยความเคารพอย่างสูง

ชลธร รักดี

# สารบัญ

หน้า


**บทคัดย่อภาษาไทย**.....I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ**.....II

**กิตติกรรมประกาศ**.....III

**สารบัญ**.....IV

**สารบัญตาราง**.....V I

**สารบัญภาพ**.....VII

**บทที่ 1 บทนำ**.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....3

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....4

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....5

**บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**.....6

2.1 กายวิภาคของขา.....7

2.2 วงจรการเดิน.....22

2.3 ชีวะกลศาสตร์ของขาเทียมเหนือเข่า.....27

2.4 การตัดขา.....33

2.5 การดูแลผู้ป่วยหลังการถูกตัดขา.....35

2.6 กายอุปกรณ์เทียม.....42

2.7 ส่วนประกอบของขาเทียมเหนือเข่า.....44

2.8 การออกแบบกลไกขาเทียม.....52

2.9 การฝึกใช้ขาเทียมเหนือเข่า.....54

2.10 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....77

2.11 วัสดุในการผลิต.....83

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....84

# สารบัญ (ต่อ)

**บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย**..... 86
3.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่า..... 86
3.2 ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า..... 87
3.3 ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า.90

**บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**..... 94
4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ.....95
4.2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า..... 98
4.3 ผลการวิเคราะห์การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิด
เหนือเข่า..... 103

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ** 106
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 106
5.2 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล..... 106
5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 107
5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 107
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 107
5.6 สรุปผลการวิจัย..... 108
5.7 อภิปรายการวิจัย..... 109
5.8 ข้อเสนอแนะ..... 110

**บรรณานุกรม**.....111

**ภาคผนวก**.....112
ภาคผนวก ก. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 113
ภาคผนวก ข. แบบร่าง..... 118

**ประวัติผู้เขียน**.....131

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

**4.1** ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินการออกแบบ..... 101

**4.2** ผลการวิเคราะห์แบบประเมินการหาประสิทธิผล ระดับความเหมาะสมของผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีและบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ..... 104

# สารบัญภาพ


ภาพที่ หน้า

**2.1** ลักษณะของท่าทางกายวิภาค..... 7

**2.2** ลักษณะการเชื่อมต่อส่วนต่างๆของร่างกาย..... 8

**2.3** ลักษณะระนาบและแกนของการเคลื่อนที่..... 9

**2.4** ลักษณะระนาบและแกนซึ่งแบ่งโดยอาศัยความสัมพันธ์ของร่างกายเป็นเกณฑ์..... 9

**2.5** ลักษณะของกระดูกสะโพก(Hip Bone) (a) วงสะโพก (Pelvic Girdle) (b) กระดูกสะโพกทางด้านข้าง (c) กระดูกสะโพกทางด้านใน..... 12

**2.6** ลักษณะของกระดูกจากสะโพกถึงปลายเท้า ..... 14

**2.7** ลักษณะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกางขา..... 16

**2.8** ลักษณะกล้ามเนื้อทำหน้าที่เหยียด..... 17

**2.9** ลักษณะกล้ามเนื้อทางด้านหน้าของต้นขาส่วนบน..... 18

**2.10** ลักษณะกล้ามเนื้อทางด้านหน้าของต้นขาส่วนบนและกล้ามเนื้อทางด้านหน้าของต้นขาส่วนกลาง..... 20

**2.11** ระยะการเดินในช่วงรับน้ำหนักมี 4 จังหวะ..... 23

**2.12** การแกว่งของจุดศูนย์ถ่วง..... 24

**2.13** แสดงถึงน้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อขาเทียม..... 25

**2.14** การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะส้นเท้าถึงระยะยืนกลางในแนวราบ..... 26

**2.15** การเดินในช่วงเหวียงขาในแนวราบต่างๆ กัน..... 27

**2.16** ลักษณะการถ่ายทอดน้ำหนักลงที่ปลายเท้า..... 28

**2.17** ลักษณะของโมเมนต์ที่ทำต่อข้อตะโพกในคนปกติ(ภาพ ก.) กับโมเมนต์ที่ทำต่อข้อตะโพกในคนที่ถูกตัดขาเหนือเข่า (ภาพ ข.)..... 28

**2.18** ลักษณะการจัดแนวของขาเทียมเหนือเข่า..... 31

**2.19** ลักษณะแรงปฏิกิริยาของโลกต่อน้ำหนักตัวจะผ่านทางด้านหลังของจุดหมุน..... 32

**2.20** ลักษณะการจัดจุดหมุนของข้อเข่าต่อแนว TKA ตามลักษณะของตอขา..... 33

**2.21** ลักษณะการพันตอขาระดับใต้เข่าและเหนือเข่า..... 38

**2.22** ลักษณะท่าที่ต้องหลีกเลี่ยงหลังการผ่าตัดใหม่ๆ..... 39

**2.23** ลักษณะเท้าเทียมชนิด SACH Foot ..... 44

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า


**2.24** ลักษณะเท้าเทียมชนิด Single Axis Foot ..... 45

**2.25** ลักษณะเท้าเทียมชนิด Multiple Axis ..... 46

**2.26** ลักษณะเท้าเทียมชนิด Energy Storing Foot..... 46

**2.27** ลักษณะข้อเข่าชนิด Outside Knee Hinge Joint..... 47

**2.28** ลักษณะข้อเข่าชนิด Single Axis..... 48

**2.29** ลักษณะข้อเข่าชนิด Safety Knee..... 48

**2.30** ลักษณะข้อเข่าชนิด Locked Knee..... 49

**2.31** ลักษณะข้อเข่าชนิด Polycentric Knee ..... 49

**2.32** ลักษณะเบ้าขาเทียม..... 50

**2.33** ลักษณะที่ยึดขาเทียมชนิด Silesian Band, Pelvic Belt..... 51

**2.34** ลักษณะที่ยึดขาเทียมชนิด TES..... 51

**2.35** ลักษณะที่ยึดขาเทียมชนิด Suction Valve..... 52

**2.36** แสดง การดึงปลายแถบผ้าผ่านรูวาล์วและมือดันที่ด้านหน้าของขาเทียม เพื่อช่วยให้เข่าตึง (Extend Knee)..... 55

**2.37** แสดงการแกว่งขาไปหน้า-หลัง ..... 57

**2.38** แสดงการหุบ-กางขา..... 57

**2.39** แสดงการหมุนเท้า เข้า-ออก..... 58

**2.40** แสดงการฝึกย่ำเท้า และก้าวเท้าอยู่กับที่..... 59

**2.41** แสดงการก้าวเดินพร้อมถ่ายเทน้ำหนัก..... 60

**2.42** แสดงการก้าวเดินสลับขา..... 61

**2.43** แสดงการก้าวเดินไปข้างหน้า..... 62

**2.44** แสดงการหมุนตัว เพื่อลงนั่งที่เก้าอี้..... 63

**2.45** แสดงการลุกจากเก้าอี้..... 63

**2.46** แสดงการขึ้นบันได..... 64

**2.47** ลักษณะแสดงการลงบันได..... 65

**2.48** แสดงการลงนั่งกับพื้น..... 65

**2.49** แสดงการลุกนั่งจากพื้น..... 66

# สารบัญภาพ (ต่อ)


ภาพที่ หน้า

**2.50** ลักษณะเดินเอียงตัวไปด้านข้างขาเทียม..... 69

**2.51** ลักษณะ เดินขากางมากกว่าปกติ (2-4 นิ้ว) ..... 69

**2.52** ลักษณะเดินแกว่งเป็นวงกลม..... 70

**2.53** ลักษณะเดินเขย่งเท้าข้างเดียว..... 71

**2.54** ลักษณะการเดินในท่าที่สะบัดส้นเท้าเทียมเข้า และสะบัดเท้าออก..... 72

**2.55** ลักษณะเดินบิดเข้าหรือออกของเท้าเทียม..... 72

**2.56** ลักษณะเดิมมีการตบฝ่าเท้าลงกับพื้น..... 73

**2.57** ลักษณะเดินยกส้นเท้าสูงไม่เท่ากัน..... 74

**2.58** ลักษณะเดินแบบข้อเข่ากระแทก..... 75

**2.59** ลักษณะเดินหลังแอ่น..... 76

**3.1** ขั้นตอนการพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า..... 93

**4.1** ขาเทียมชนิดเหนือเข่า ของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี..... 95

**4.2** ผู้พิการทดลองใส่ขาเทียมที่กำลังตกแต่งขั้นตอนสุดท้าย..... 96

**4.3** ลักษณะการทรงตัวขณะยืน ผู้พิการ ..... 97

**4.4** ลักษณะการเดินบนพื้นราบของ ผู้พิการ..... 97

**4.5** ลักษณะการก้มเก็บวัตถุจากพื้นของ ผู้พิการ..... 98

**4.6** ภาพประกอบข้อเข่าเทียม..... 99

**4.7** ภาพแสดงการทำงานของระบบเบรกในชิ้นส่วน (b) ในภาพที่ 4.6..... 100

**4.8** ผลงานออกแบบข้อเข่าเทียมก่อนการประเมิน..... 100

**4.9** ชิ้นส่วนใต้เข่าที่ใช้ร่วมกับข้อเข่าเทียม..... 102

**4.10** ชิ้นส่วนเหนือเข่าที่ใช้ร่วมกับข้อเข่าเทียม..... 102

**4.11** ผลงานออกแบบข้อเข่าเทียมขั้นสุดท้ายก่อนนำไปทดลองใช้..... 103

**4.12** ผลงานออกแบบข้อเข่าเทียมขั้นสุดท้ายประกอบกับชิ้นส่วนขาเทียมชนิดเหนือเข่าของมูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี..... 103

# บทที่1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความก้าวหน้าของวิทยาการทางด้านชีวะกลศาสตร์ในปัจจุบันนี้ ได้มีการออกแบบอวัยวะเทียมขึ้นมาหลากหลาย เพื่อใช้ในการทำงานแทนอวัยวะเดิมของผู้ป่วยที่พิการ สูญเสีย หรือเสื่อมสมรรถภาพ ไปเช่น ขาเทียม แขนเทียม ลิ้นหัวใจเทียม เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้ป่วยนั้นสามารถที่จะดำเนินชีวิตต่อไปได้ตามปกติ โดยอวัยวะเทียมต่างๆเหล่านี้ก็ได้มี การพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง นับแต่สมัยโบราณกาลที่มักมีการทำศึกสงครามระหว่างเผ่าพันธ์อยู่เนืองๆ ซึ่งทำให้เหล่าผู้รับภัยสงครามเกิดการสูญเสียแขน ขา มือ หรือเท้าไป ก็ได้มีการนำวัสดุที่หาได้ง่ายและน้ำหนักเบาในยุคนั้นคือ ไม้ มาทำแขน ขา มือ หรือเท้าเทียมขึ้น เพื่อให้ผู้พิการเหล่านี้สามารถช่วยเหลือตนต่อไปได้ ถึงแม้จะไม่ดีเท่าอวัยวะเดิมที่สูญเสียไปก็ตาม นับจากยุคสมัยเริ่มแรกของการสร้างอวัยวะเทียมจากไม้ มาจนถึงปัจจุบันนี้ ได้มีการค้นคว้าวิจัยในเรื่องต่างๆเกี่ยวกับอวัยวะเทียมกันมากมาย ซึ่งยังผลให้ได้อวัยวะเทียมหลากหลายประเภทและหน้าที่การทำงานมากขึ้น แม้กระทั่งในเรื่องของวัสดุศาสตร์หรือโลหะวิทยา ก็ได้มีการคิดค้นวัสดุทั้งโลหะและอโลหะที่มีความแข็งแรงสูงและน้ำหนักเบามากขึ้น เพื่อให้อายุการใช้งานของอวัยวะเทียมเหล่านี้ยืนยาวขึ้น ตลอดจนผู้ป่วยหรือผู้พิการมีความสะดวกสบายในการใช้งานมากยิ่งขึ้น ( ปกรณ์ เหล่ากุลดิลก และคณะ. 2537:1 )

ผู้พิการแขนขาขาดในปัจจุบันมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ วิทยาการด้านการแพทย์ก็เจริญก้าวหน้าทั้งวิธีการผ่าตัด และการประดิษฐ์แขนขาเทียมชนิดใหม่ๆ โดยมุ่งหวังให้ผู้ป่วยสามารถใช้แขนขาเทียมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ช่วยตัวเองได้และอยู่ในสังคมได้อย่างปกติ หรือใกล้เคียงปกติที่สุด การฟื้นฟูผู้ป่วยที่ถูกวิธีจะช่วยป้องกันความพิการซ้ำซ้อน หรือปัญหาแทรกซ้อนที่ทำให้ไม่สามารถใส่แขนขาเทียมได้หรือใช้แขนขาเทียม ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ สาเหตุของความพิการทางแขนและขา แบ่งเป็น 1. ความพิการแต่กำเนิดช่วงวัยเด็ก 2. ความพิการที่เกิดขึ้นภายหลัง มักเกิดช่วงวัยรุ่นจนถึงกลางคน ซึ่งเกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนหรือจากการประกอบอาชีพและโรคมะเร็ง ส่วนผู้สูงอายุมักเป็นผลแทรกซ้อนจากโรค เช่น เบาหวาน หรือ โรคหลอดเลือดส่วนปลายตีบตัน (ราชวิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย. 2544: 1) [Online]

ความพิการที่ทำให้เกิดการสูญเสียขา เป็นคนพิการชนิดหนึ่งที่พบมากในประเทศไทยจากสถิติการถูกตัดขาของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี (2543)[Online] ที่รวบรวมไว้ 8 ปี จาก พ.ศ.2535 ถึง พ.ศ.2543 พบสาเหตุดังนี้

| | |
|---|---|
| อุบัติเหตุ ร้อยละ | 40 |
| เหยียบกับระเบิด ร้อยละ | 25 |
| แผลเรื้อรังจากเบาหวาน ร้อยละ | 15 |
| ความพิการผิดปกติแต่กำเนิด ร้อยละ | 10 |
| มะเร็ง, งูกัด ฯลฯ ร้อยละ | 10 |

ปัจจุบันมีกายอุปกรณ์เทียมเพื่อช่วยให้ผู้ที่สูญเสียอวัยวะได้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นในกรณีขาขาดมีอยู่ 2 กรณี คือ ใต้เข่าและเหนือเข่าซึ่งมีกายอุปกรณ์เทียมสำหรับขาหรือขาเทียม การใช้ขาเทียมใต้เข่ามักไม่มีปัญหามากนักเนื่องจากผู้ป่วยสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าได้ แต่ในกรณีที่ผู้ป่วยสูญเสียขาในระดับเหนือเข่า การใช้ขาเทียมจะซับซ้อนมากกว่าเพราะ การควบคุมการเคลื่อนไหวของขอเข่าจะควบคุมยาก ซึ่งการจะทำให้ควบคุมได้ดีก็ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเข้ามาควบคุมจึงทำให้มีราคาสูง ในปัจจุบันที่มีใช้อยู่ก็จะเป็นขาเทียมที่มีน้ำหนักมาก ผู้ป่วยบางคนอาจจะไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับขาเทียมในประเทศไทยนั้น มีมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีได้ผลิตขาเทียมขึ้น เพื่อแจกจ่ายให้กับผู้พิการยากไร้ด้อยโอกาสตามต่างจังหวัด โดยไม่คิดมูลค่า มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จะจัดหน่วยเคลื่อนที่ไปทำขาเทียมให้ผู้ป่วยในจังหวัดต่างๆ โดยไปตั้งโรงงานชั่วคราว ด้วยหน่วยเคลื่อนที่ ณ โรงพยาบาลประจำจังหวัด ที่มีการวางแผนและติดต่อล่วงหน้า ในการปฏิบัติงานคณะทำงานประกอบด้วย แพทย์และเจ้าหน้าที่กายอุปกรณ์จากโรงพยาบาลนครเชียงใหม่ และโรงพยาบาลที่จัดตั้งหน่วย ขาเทียมชนิดเหนือเข่าที่ผลิตโดยมูลนิธิ ขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี มีการทำงานของข้อเข่าเป็นแบบแกนหมุนเดี่ยว (Single-Axis Knee Unit) สามารถงอเหยียดได้คล้ายบานพับซึ่งจะไม่เหมือนการเคลื่อนที่ของข้อเข่าจริง โดยข้อเข่าจริงเมื่อมีการงอ ส่วนปลายของกระดูกต้นขา (Femur)จะเลื่อนไปบนส่วนบนของกระดูกหน้าแข้ง (Tibia)ทางด้านหน้าเล็กน้อย ปัจจุบันมีข้อเข่าเทียมที่เรียกว่า แบบจุดหมุนหลายแกน (Polycentric Knee) ซึ่งข้อเข่าชนิดนี้ออกแบบให้มีแกนของการงอข้อเข่ามากกว่า 1 แกนทำให้การงอ-เหยียดคล้ายกับการเคลื่อนไหวข้อเข่าจริงมากขึ้น ผู้ป่วยจะสามารถควบคุมข้อเข่าขณะเดินได้ดีขึ้น แต่ในขณะที่ก้าวขึ้นที่สูง เช่นการก้าวขึ้นบันไดจะต้องงอข้อเข่าซึ่งผู้ใช้จะไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ จากประเด็นดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาข้อเข่าเทียมที่มีการเคลื่อนไหวใกล้เคียงกับการเคลื่อนไหวปกติ โดยเฉพาะจะพัฒนาระบบควบคุมการงอของข้อเข่าในขณะที่ก้าวขึ้นที่สูง

จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าขึ้นมาใหม่ สำหรับงานวิจัยเรื่อง ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าที่นำเสนอ จะเป็นการแสดงถึงผลงานวิจัยในขั้นต้น กล่าวคือ จะมุ่งเน้นหากลไกข้อเข่าเทียมที่สามารถทำงานได้เหมือนข้อเข่าจริงและใช้ได้ดีทัดเทียมของที่ผลิตจากต่างประเทศ โดยจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เกิดขึ้นจากความคิดที่ว่า โดยพื้นฐานของข้อเข่าเทียมเองนั้น เป็นการนำหลักการของกลศาสตร์เครื่องจักรกลมาประยุกต์ เพื่อหาระบบต่อโยงที่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ดังนั้น การวิเคราะห์หรือพัฒนาข้อเข่าเทียมนั้น ก็คือการวิเคราะห์หรือพัฒนาระบบต่อโยงธรรมดาขึ้นมานั่นเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิจัยในประเทศไทยสามารถที่จะทำการวิเคราะห์ได้ทัดเทียมกับต่างประเทศ อันหมายถึงข้อเข่าเทียมสร้างในประเทศไทยที่มีสมรรถภาพไม่ด้อยกว่าของต่างประเทศ แต่จะมีราคาถูกกว่า

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการในโครงการของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

## 1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยมีแนวทางในการศึกษาตามกรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1.3.1 การศึกษาปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ ได้ใช้กรอบแนวความคิดของ มนตรี ยอดบางเตย (2538:72-73) ที่ได้กล่าวถึงหลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ที่ดีว่าควรมีองค์ประกอบที่ควรคำนึงถึง คือ

1.3.1.1 ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

1.3.1.2 ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

1.3.2 การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดในการวิจัยของ วิรุณ ตั้งเจริญ (2539:90) มีทั้งหมด 3 ด้านดังนี้

1.3.2.1 การเลือกสรรวัสดุ

1.3.2.2 รูปแบบ

1.3.2.3 กรรมวิธีในการผลิต

1.3.3 การหาประสิทธิผลข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ผู้วิจัยได้แนวคิดในการออกแบบของ มนตรี ยอดบางเตย (2538:72-73) ที่ได้กล่าวถึงหลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกณฑ์ในการกำหนดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ที่ดีว่าควรมีองค์ประกอบที่ควรคำนึงถึง คือ

1.3.3.1 ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน

1.3.3.2 ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่านั้น ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัยโดยมีตัวแปร และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลที่จะทำการศึกษา ดังนี้

### 1.4.1 ตัวแปรที่ศึกษา

1.4.1.1 ปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

1.4.1.2 ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

### 1.4.2 ผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

1.4.2.1 ขั้นตอนศึกษาปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ

1. บุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน

2. ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน

1.4.2.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

1. บุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน

2. วิศวกร จำนวน 2 คน

1.4.2.3 ขั้นตอนการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

1. บุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน

2. ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. การศึกษาและพัฒนา หมายถึง การศึกษาปัญหาข้อดีข้อด้อยของขาเทียมเดิมแล้วนำมาพัฒนาปรับปรุงแก้ไข

2. ข้อเข่าของขาเทียม หมายถึง ส่วนต่อจากเบ้าขาเทียมที่ทำหน้าที่งอเหยียดขาและสามารถรับน้ำหนักตัวของผู้ป่วยในขณะยืนหรือเดินได้ด้วย

3. ขาเทียม หมายถึง วัสดุที่ทำขึ้นมาทดแทนขาที่ขาดหายไป

4. ผู้พิการทางขาระดับเหนือเข่า หมายถึง ผู้ที่ได้รับการรักษาพยาบาลด้วยการตัดขาข้างใดข้างหนึ่งในระดับเหนือเข่าแต่ไม่ถึงสะโพก

5. ปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ของผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี หมายถึง ปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน และปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ด้านความสะดวกในการใช้งาน

6. ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า หมายถึง ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ของผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ในด้านความปลอดภัยในการใช้งาน และด้านความสะดวกในการใช้งาน

7. บุคลากรทางการแพทย์ หมายถึง บุคคลที่ปฏิบัติหน้าที่ทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการให้การรักษา แนะนำผู้ป่วยที่ใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่า ได้แก่ แพทย์ทางออร์โธปีดิกส์ แพทย์ทางเวชศาสตร์ฟื้นฟู ในมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

8. วิศวกร หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้าน การออกแบบระบบกลไกชิ้นต่อโยงของขาเทียม ขบวนการผลิต และวัสดุวิศวกรรม

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยทางการศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารตำรา งานวิจัย รวมถึงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ จากหน่วยงานภาครัฐบาลและเอกชน ห้องสมุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 กายวิภาคของขา

2.2 วงจรการเดิน

2.3 ชีวะกลศาสตร์ของขาเทียมเหนือเข่า

2.4 การตัดขา

2.5 การดูแลผู้ป่วยหลังการถูกตัดขา

2.6 กายอุปกรณ์เทียม

2.7 ส่วนประกอบของขาเทียมเหนือเข่า

2.8 การออกแบบกลไกขาเทียม

2.9 การฝึกใช้ขาเทียม

2.10 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2.11 วัสดุในการผลิต

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

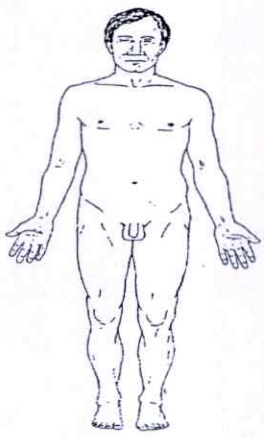
## 2.1 กายวิภาคของขา

เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม(2537: 1-6) กล่าวไว้ว่า การเคลื่อนไหวร่างกายเป็นสิ่งสำคัญและ มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างยิ่งเมื่อใดที่ร่างกายขาดการเคลื่อนไหว หรือมีการเคลื่อนไหวไม่เพียงพอแล้วย่อมทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของร่างกายด้อยลงไป หรืออาจจะเกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆขึ้นได้ การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นโดยเฉพาะในผู้ที่มีอาชีพที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกาย เช่น นักกีฬา ผู้ฝึกซ้อม นักกายภาพบำบัด ทั้งนี้เพื่อที่จะได้สามารถวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและเข้าใจกลไกการทำงานของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างถูกต้อง

### 2.1.1 ท่าทางกายวิภาค (Anatomical Position)

ท่าทางกายวิภาคเป็นท่ายืนตัวตรง ใบหน้ามองตรง แขนห้อยตรงอยู่ข้างลำตัวโดยหันฝ่ามือออกไปทางด้านหน้า เข่าตรง เท้าชิดกันโดยนิ้วเท้าชี้ตรงไปข้างหน้า

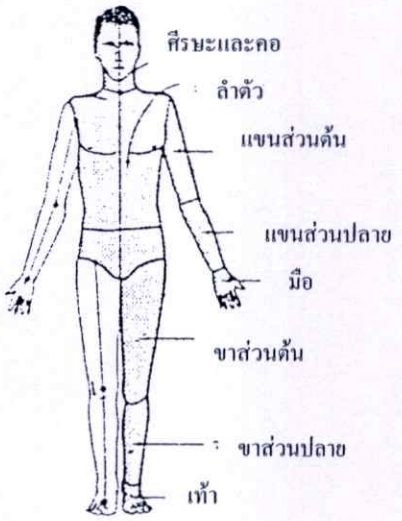
การที่ต้องกำหนดท่าทางกายวิภาคขึ้นนี้ก็เพื่อความสะดวกในการอธิบายการเคลื่อนไหวของร่างกายให้เข้าใจตรงกัน ท่าทางกายวิภาคจึงนับว่าเป็นท่ามาตรฐานที่ทุกคนจะต้องมีความเข้าใจที่ตรงกัน อย่างไรก็ตามท่าทางกายวิภาคนี้มิได้เป็นท่าที่นำมาใช้ในทักษะทางกีฬาหรือการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวันทั้งนี้เพราะกิจกรรมหรือการเคลื่อนไหวทางการกีฬาหรือในชีวิตประจำวันจะมีท่าเริ่มต้น (Starting Position) ที่แตกต่างกันออกไป มิได้มีท่าเริ่มต้นมาจากท่าทางกายวิภาคแต่ การกำหนดท่าทางกายวิภาคขึ้นมาก็เพื่อ เป็นกรอบในการอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหว รวมทั้งบอกตำแหน่งของกล้ามเนื้อ กระดูก เอ็นและอวัยวะต่างๆของร่างกาย เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน



**ภาพที่ 2.1** ลักษณะของท่าทางกายวิภาค

### 2.1.2 ระบบการเชื่อมต่อของร่างกาย (The Link System of the Body)

เมื่อพิจารณาโครงร่างของมนุษย์เรานั้น จะพบว่าร่างกายมนุษย์นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆเป็นท่อน (Segment) แต่ละท่อนจะเชื่อมติดต่อกันตรงบริเวณข้อต่อ และเมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายก็จะเป็นการเคลื่อนที่ แต่ละส่วนของร่างกายเหล่านั้นในลักษณะต่างๆ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสะดวกในการอธิบายการเคลื่อนไหวของร่างกายก็จะถือว่าร่างกายของเราประกอบไปด้วยส่วนต่างๆที่มีลักษณะเป็นท่อนตรงและ เชื่อมติดต่อกันที่บริเวณแกนของข้อต่อ




**ภาพที่ 2.2** ลักษณะการเชื่อมต่อส่วนต่างๆของร่างกาย

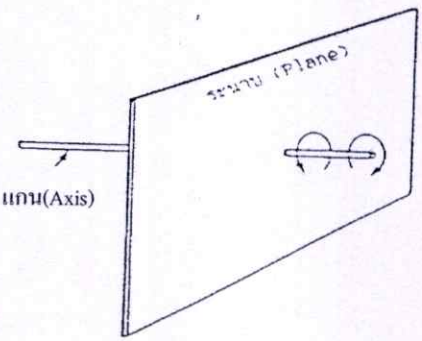
สำหรับการแบ่งส่วนของร่างกายออกเป็นส่วนๆนั้นจะมีการแบ่งหลายแบบ ขึ้นอยู่กับว่าจะต้องการรายละเอียดมากน้อยแค่ไหน เช่นที่มือ ถ้าไม่สนใจการเคลื่อนไหวของนิ้วมือก็จะถือว่ามือเป็น 1 ส่วน แต่ถ้าต้องการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในรายละเอียดของนิ้วมือก็จะแบ่งย่อยๆลงไปอีกหลายส่วน ในที่นี้จะแบ่งการเชื่อมต่อของร่างกายออกเป็น 8 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ศีรษะและคอ (Head - Neck)
ส่วนที่ 2 ลำตัว (Trunk)
ส่วนที่ 3 แขนส่วนต้น (Arm)
ส่วนที่ 4 แขนส่วนปลาย (Forearm)
ส่วนที่ 5 มือ (Hand)
ส่วนที่ 6 ขาส่วนปลาย (Leg)
ส่วนที่ 8 เท้า (Foot)

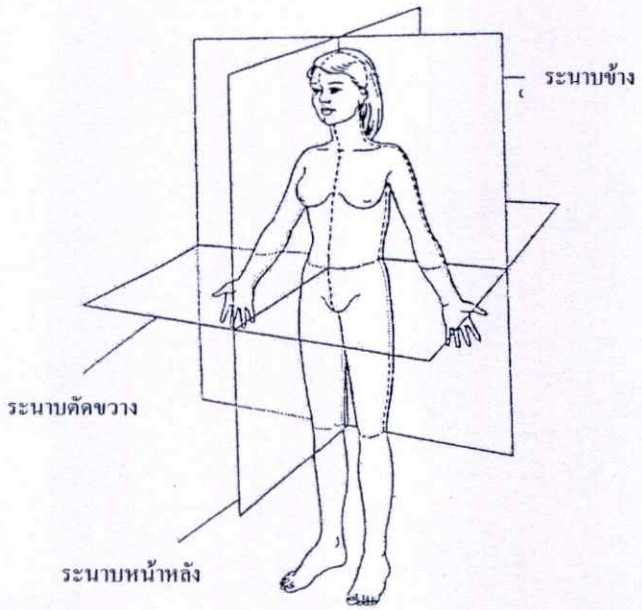
ส่วนของร่างกายที่เป็นแขนส่วนต้น แขนส่วนปลาย มือ ขาส่วนต้น ขาส่วนปลาย และเท้า จะมีส่วนละ 2 ข้าง ซ้ายขวา

**2.1.3 ระนาบและแกน (Plane and Axis)**

ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของร่างกายไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ของร่างกายทั้งหมดหรือเป็นการเคลื่อนที่เพียงบางส่วนของร่างกาย เช่นส่วนแขน ส่วนขา ก็ตาม จะต้องมีการอธิบายว่าการเคลื่อนที่นั้นเคลื่อนที่ในระนาบใดและเคลื่อนที่รอบแกนใด ถ้านำกระดาษแข็งมาเจาะรูตรงกลางแล้วใช้ดินสอหรือไม้เสียบเข้าไปตรงรูที่เจาะ แผ่นกระดาษจะทำหน้าที่เป็นระนาบ ส่วนแท่งดินสอหรือไม้ก็จะทำหน้าที่เป็นแกน ดังนั้นระนาบก็คือพื้นที่ราบนั่นเอง ส่วนแกนก็คือแนวตรงที่ผ่านทะลุระนาบ แกนกับระนาบจะต้องตั้งฉากกันเสมอ




**ภาพที่ 2.3** ลักษณะระนาบและแกนของการเคลื่อนที่




**ภาพที่ 2.4** ลักษณะระนาบและแกนซึ่งแบ่งโดยอาศัยความสัมพันธ์ของร่างกายเป็นเกณฑ์

ชนิดของระนาบและแกน

การแบ่งชนิดของระนาบและแกนโดยอาศัยความสัมพันธ์ของร่างกายเป็นเกณฑ์ นั้นจะแบ่งระนาบและแกนออกเป็นอย่างละ 3 ชนิด

**2.1.3.1 ชนิดของระนาบ**

1. ระนาบหน้าหลัง (Anteroposterior Plane) ระนาบหน้าหลังนี้อาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าระนาบ ซาจิทอล (Sagittal Plane) เนื่องจากระนาบนี้เป็นระนาบที่ขนานกับรอยเชื่อมซาจิทอล (Sagittal Suture) ในกะโหลกศีรษะ ระนาบหน้าหลังจะเป็นระนาบที่แบ่งส่วนของร่างกายออกเป็นซีกซ้ายและซีกขวา ถ้าระนาบนี้อยู่ตรงกลางลำตัวระนาบนี้ก็จะผ่านจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย (ในท่ายืน) และแบ่งส่วนของร่างกายออกเป็นสองซีกซ้ายขวาเท่าๆกัน

2. ระนาบข้าง (Lateral Plane) ระนาบนี้อาจจะเรียกว่าระนาบด้านหน้า (Frontal Plane) เนื่องจากระนาบนี้อยู่ด้านหน้าของวัตถุ และระนาบนี้อาจจะเรียกว่าระนาบโคโรนอล (Coronal Plane) เนื่องจากระนาบนี้จะขนานกับรอยเชื่อมโคโรนอล (Coronal Suture) ในกะโหลกศีรษะ ระนาบข้างจะเป็นระนาบที่แบ่งส่วนของร่างกายออกเป็นด้านหน้าและด้านหลัง

3 ระนาบตัดขวาง (Transverse Plane) หรือระนาบแนวนอน (Horizontal Plane) เป็นระนาบที่แบ่งส่วนของร่างกายเป็นส่วนบนและส่วนล่าง

ระนาบทั้ง 3 ชนิดนี้ถ้าแบ่งผ่านจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายก็จะถือว่าเป็นระนาบหลัก (Principle Plane หรือ Cardinal Plane) และจุดตัดกันของระนาบหลักทั้ง 3 ชนิดก็จะตรงกับตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย เมื่ออยู่ในท่าทางการวิภาค

**2.1.3.2 ชนิดของแกน**

1. แกนหน้าหลัง (Anteroposterior Axis) หรือแกนซาจิททอล (Sagittal Plane) เป็นแนวตรงที่ตั้งฉากกับระนาบข้าง

2. แกนข้าง (Lateral Axis) หรือแกนด้านหน้า (Frontal Axis) หรือแกนโคโรนอล (Coronal Axis) เป็นแนวตรงที่ตั้งฉากกับระนาบหน้าหลัง

3. แกนดิ่ง (Vertical Axis) หรือแกนตามยาว (Longitudinal Axis) เป็นแนวตรงที่ตั้งฉากกับระนาบตัดขวาง

**2.1.4 กายวิภาคที่มองเห็นภายนอก (Surface Anatomy)**

เทอดชัย ชีวะเกตุ (2541: 4-14) ได้กล่าวไว้ว่ากายวิภาคที่มองเห็นภายนอก มีความสำคัญมากสำหรับการทำขาเทียมเพราะการวัดการบันทึกข้อมูลของตอขาจะทำไม่ได้ถ้าไม่รู้จัก Surface Anatomy ซึ่งประกอบไปด้วย

1. Iliac crest คือ ส่วนบนสุดของกระดูก Ilium ที่สามารถคลำได้ในระดับเอว หลายคนได้ใช้จัดนี้เป็นตัวบอกระดับความสูง-ต่ำของขาเทียม

2. Greater Trochanter เป็นปุ่มกระดูกนูนใหญ่ ทางด้านข้างของเชิงกรานเป็นส่วนของกระดูก Femur ในการทำขาเทียม เบ้า ICS นั้น ขอบบนของเบ้าทางด้านข้างจะต้องอยู่เหนือ Greater Trochanter

3. Anterior Superior Iliac Spine เป็นปุ่มทางด้านหน้าของกระดูก Ilium ซึ่งขอบบนของเบ้าทางด้านหน้าจะต้องไม่กดที่ปุ่มนี้ไม่ว่าจะอยู่ในท่ายืนหรือท่านั่ง

4. Pubic Symphysis เป็นรอยเชื่อมต่อของกระดูก pubis 2 ข้าง ชาวบ้านเรียกว่ากระดูกหัวหน่าว ที่สำคัญ คือ ด้านข้าง (Pubic Tubercle และ Pubic Ramus) เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ

5. Adductor Muscles เป็นลำของกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับด้านข้างของ Pubic Symphysis มีความสำคัญในการทำเบ้าขาเทียมที่จะต้องทำเบ้าให้เป็นร่องเพื่อให้กล้ามเนื้อนี้อยู่เพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีและการกดซึ่งจะทำให้เจ็บปวดเวลาเดิน

6. Gluteal Fold เป็นร่องที่บริเวณก้น ที่ชาวบ้านเรียกว่าก้นย้อย เป็นระดับขอบล่างของกล้ามเนื้อ Gluteus Maximus

7. Inguinal Fold (ขาหนีบ) เป็นร่องที่โคนขาทางด้านหน้าพาดจากบริเวณ Anterior Superior Iliac Spine มายัง Pubis เวลาแต่งขอบของเบ้าทางด้านหน้าจะต้องตัดแต่งให้ต่ำกว่าระดับ Inguinal Fold เมื่อเวลานั่งแล้วขอบของเบ้าจะต้องไม่เข้าไปกดหรือค้ำที่ Inguinal Fold

8. Perinum (ฝีเย็บ) เป็นพื้นที่ที่อยู่ใต้ Pubis ระหว่างด้านในของต้นขาทั้ง 2 ข้าง มีรูเปิดของอวัยวะขับถ่ายอยู่ ขอบทางด้านใน (Medial Border) ของเบ้าจะต้องไม่ไปกดหรือเสียดสีเพราะจะทำให้เจ็บ

9. Anal Cleft เป็นร่องที่อยู่ระหว่างแก้มก้น (Buttock) ทั้ง 2 ข้าง

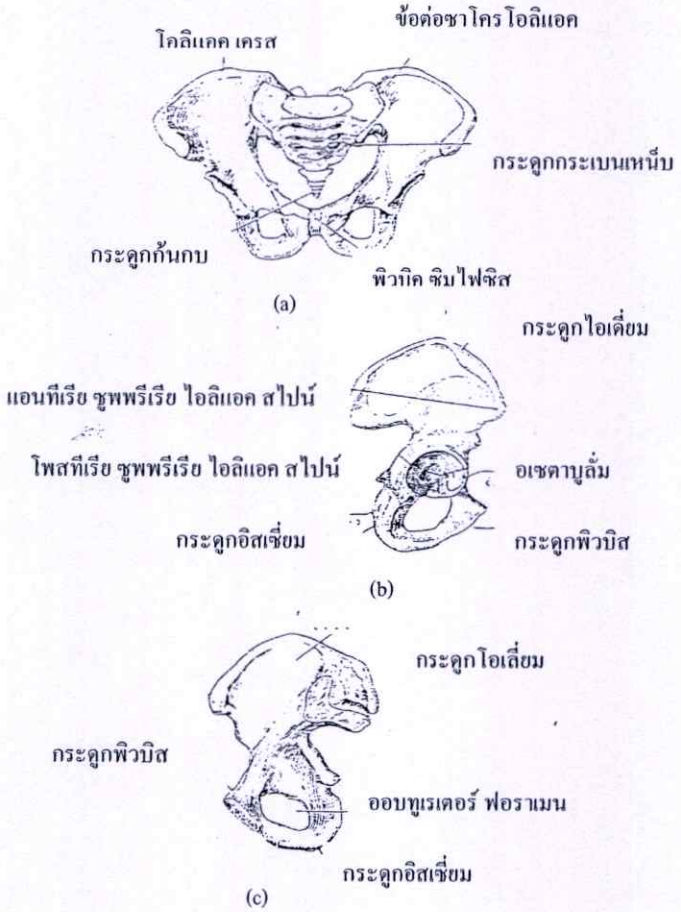
### 2.1.5 สำหรับกายวิภาคภายในขาที่จำเป็นจะต้องเรียนรู้คือ

#### 2.1.5.1 กระดูก (Bone)

กระดูก(Bone) เป็นโครงสร้างของร่างกายที่รับน้ำหนัก, รับแรงที่เกิดขึ้น เป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ (Muscle) เอ็นของกล้ามเนื้อ (Tendon) และเอ็นที่ยึดกระดูกสองอันไว้ด้วยกัน (Ligament) ในการทำขาเทียมกระดูกจะเป็นแกนของการเคลื่อนไหว เป็นส่วนที่จะต้องระวังไม่ให้เบ้าไปกดบนกระดูก เพราะนอกจากจะทำให้เกิดความเจ็บปวดแล้ว ยังจะทำให้เนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างกระดูและเบ้าได้รับอันตรายเป็นแผล ดังนั้น จึงต้องเรียนรู้ลักษณะของกระดูกที่เกี่ยวข้องสำหรับการทำขาเทียมเหนือเข่าโดยเฉพาะจะต้องรู้จักกระดูกต่อไปนี้

1. กระดูกเชิงกราน (Pelvis)
2. กระดูกก้นกบ (Sacrum)
3. กระดูกต้นขา (Femur)

1. กระดูกเชิงกราน (Pelvis) เป็นโครงกระดูกที่ป้องกันอวัยวะภายในช่องท้องส่วนกลาง โครงกระดูกนี้ประกอบไปด้วย กระดูก Innominate 2 ข้าง และกระดูก Sacrum มาเชื่อมต่อกันเป็นลักษณะเหมือนวงแหวน กระดูก Innominate เป็นกระดูกที่ใหญ่เกือบครึ่งหนึ่งของเชิงกราน ประกอบไปด้วยกระดูก 3 ชิ้น มาเชื่อมต่อกันโดยจุดที่ต่อกันนั้นจะเป็นโพรงรูปครึ่งวงกลมที่ประกอบเป็นส่วนของข้อตะโพก (Hip Joint) โพรงนี้เราเรียกว่าเบ้าข้อตะโพก หรือ Acetabulum ที่จะหุ้มหัวของกระดูก Femur ข้อตะโพกนี้เป็นข้อที่ใหญ่และเคลื่อนไหวได้ทุกทิศทาง (Flexion, Extension, Abduction, Adduction และ Circumduction) กระดูกแต่ละชิ้นของกระดูก Innominate มีดังนี้




**ภาพที่ 2.5** ลักษณะของกระดูกสะโพก(Hip Bone) (a) วงสะโพก (Pelvic Girdle) (b) กระดูกสะโพกทางด้านข้าง (c) กระดูกสะโพกทางด้านใน

1.1 Ilium เป็นกระดูกชิ้นใหญ่อยู่บนสุดในบรรดากระดูกทั้ง 3 ชิ้น มีลักษณะเป็นแผ่นโค้ง ขอบบนเรียกว่า Iliac Crest ในคนผอมจะเห็นชัด และคลำได้ชัดเจน ด้านหน้า (Anterior) ของขอบเป็นปุ่มกระดูกคลำได้ เรียกว่า Anterior Superior Iliac Spine ด้านหลัง (Posterior) ของขอบมีปุ่มกระดูกคลำได้ เรียกว่า Posterior Superior Iliac Spine สันกระดูก Iliac (Iliac Crest) นี้ เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อหน้าท้อง (Abdominal Muscles) ผิวด้านใน (Inner Surface) เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ Iliacus ซึ่งช่วยในการงอข้อตะโพก ผิวด้านนอก (Outer Surface) ส่วนใหญ่เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ Tensor Fascia Latae Gluteus Minimus, Gluteus Medius ซึ่งใช้ในการกางขา (Abduct) ส่วนล่าง (Inferior) ของกระดูกจะเรียวแคบลงมาเชื่อมต่อกับกระดูก Pubis ที่มาจากทางด้านหน้า และกระดูก Ischium ที่มาจากทางด้านหลัง และตรงที่กระดูกทั้ง 3 ชิ้น มาเชื่อมต่อกันจะมีลักษณะเป็นเบ้าเรียกว่า Acetabulum ซึ่งเป็นส่วนประกอบของข้อตะโพก (Hip Joint)

1.2 กระดูก Pubis เป็นกระดูกที่อยู่ทางด้านหน้าและล่างต่อกระดูก Ilium ยึดเชื่อมติดกระดูก Ilium ทาง Superior Rami และเชื่อมติดกระดูก Ischium ทาง Inferior Rami และเชื่อมต่อกระดูก Pubis ด้านตรงกันข้าม ทางด้านหน้า (Anterior) ที่เรียกว่า Symphysis Pubis ทางด้านหน้าของกระดูก Pubis มีปุ่มกระดูกที่เรียกว่า Pubic tubercle โดยเป็นที่ยึดของกล้ามเนื้อ Adductor Brevis ปลายหลังของกระดูกส่วน Superior Rami จะไปเชื่อมต่อกับกระดูก Ilium และส่วน Inferior Rami จะไปเชื่อมต่อกับ Rami ของ Ischium ในการทำเบ้า ICS ถ้าทำไม่ดีขอบเบ้าด้านใน (Medial) จะกดบน Rami นี้ จะทำให้เจ็บปวด

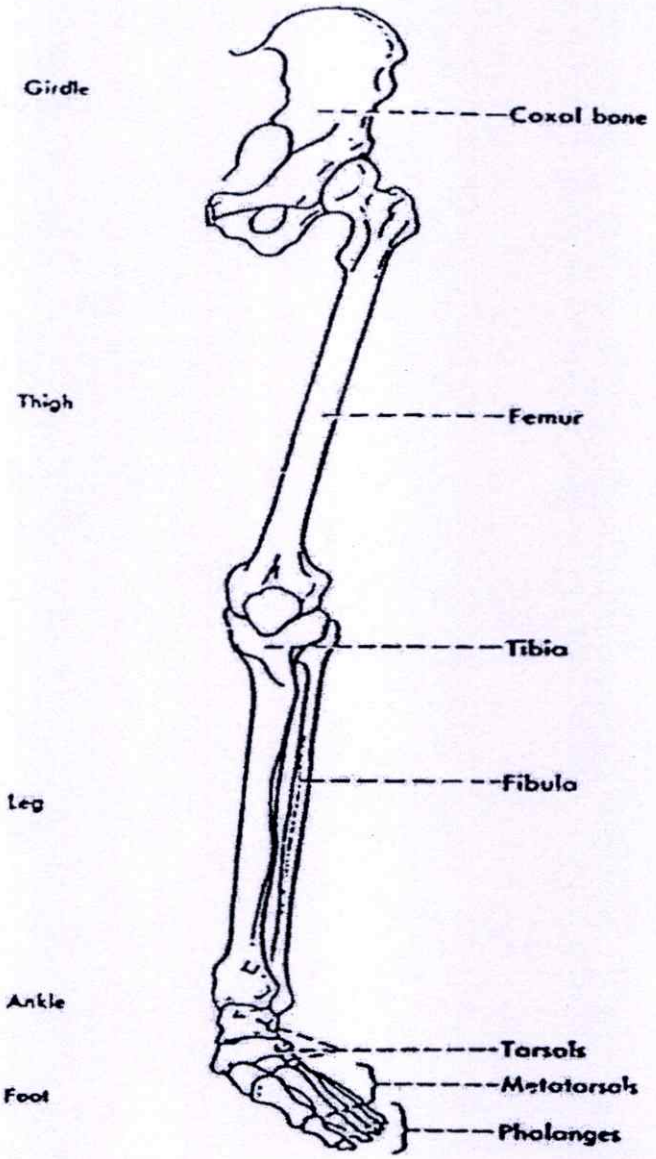
1.3 กระดูก Ischium เป็นส่วนของกระดูก Innominate ที่อยู่ล่าง (Inferior) สุด มีปุ่มกระดูกที่สำคัญซึ่งใหญ่ ปุ่มนี้เรียกว่า Ischial Tuberosity ซึ่งเวลานั่งจะรับน้ำหนักตัว ปุ่มนี้มี Superior Rami ไปเชื่อมกับ Inferior Rami ของกระดูก Pubis ที่ Superior Rami จะเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ Adductor และกล้ามเนื้อ Hamstring ส่วนบนด้านหลังจะไปเชื่อมต่อกับกระดูก Ilium และ Pubic เป็นเบ้า Acetabulum Ischial Tuberosity นี้มีความสำคัญมากในการทำเบ้าขาเทียมเหนือเข่า เพราะเป็นปุ่มกระดูกที่จะบังคับไม่ให้เบ้าและตอขาเคลื่อนที่เลื่อนไปมา ซึ่งจะทำให้ท่าเดินดีขึ้น และทำให้เบ้าของเทียมนี้มีชื่อว่า Ischial Containment Socket

2. กระดูกก้นกบ (Sacrum) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกบ รูปร่างโค้งนูนออกมาทางด้านหลัง ขอบทั้ง 2 ข้าง (ซ้ายและขวา) ของกระดูกเชื่อมต่อกับกระดูก Ilium ข้างซ้ายและขวาตรงข้อต่อที่เรียกว่า Sacro-Iliac Joint และขอบด้านข้างทั้ง 2 ข้าง เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ Gluteus Maximus

3. กระดูกต้นขา (Femur) เป็นกระดูกยาว (Long Bone) ที่ใหญ่ที่สุด และแข็งแรงที่สุด มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

3.1 หัวกระดูกฟีเมอร์ (Femoral Head) มีลักษณะกลมอยู่ในเบ้า Acetabulum ประกอบเป็นข้อตะโพก (Hip Joint)

3.2 Greater Trochanter มีลักษณะเป็นปุ่มกระดูกใหญ่ทางด้านข้าง (Lateral) ของกระดูก Pelvis ในคนผอมจะมองเห็นชัด ปุ่มนี้คลำได้ง่าย และเป็นเครื่องหมาย (Land Mark) ที่ร่างกายอุปกรณ์ทุกคนต้องรู้จักด้านใน (Medial aspect) ปุ่มนี้เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกางขา (Abduct) และหมุน (Rotate) ขาออกด้านนอก (Extermal Rotate) หรือหมุนขาเข้าข้างใน (Internal Rotate)




**ภาพที่ 2.6** ลักษณะของกระดูกจากสะโพกถึงปลายเท้า (The Skeleton of the lower limb)

3.3 Lesser Trochanter เป็นปุ่มกระดูกเล็กอยู่ทางด้านใน (Medial) ใต้คอกระดูก (Femoral Neck) เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอข้อตะโพก

3.4 Femoral Shaft คือ ส่วนยาวของกระดูก Femur ทั้งหมด เป็นแกนในของต้นขา (Thigh) ทางด้านหน้าของแกนเป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ Quadriceps โดยเฉพาะกล้ามเนื้อมัด Vastus Intermedius

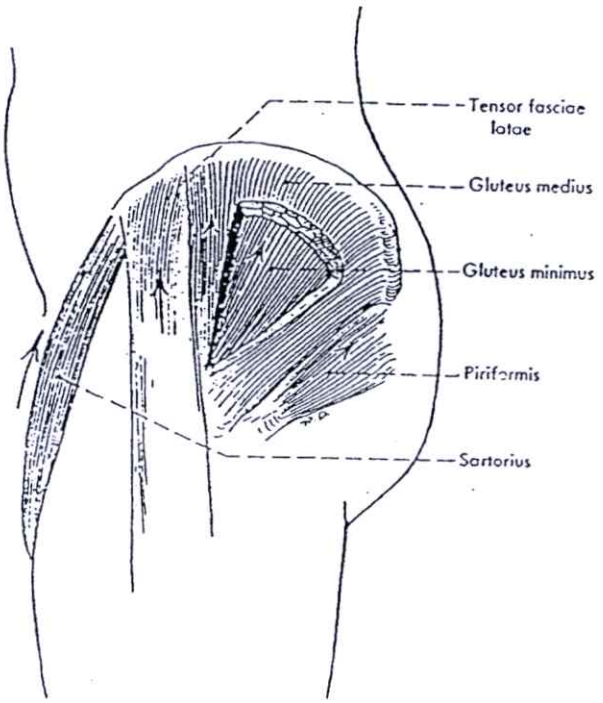
3.5 Femoral Condyle เป็นส่วนปลายของกระดูก Femur ที่บานออก มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อจะเพิ่มพื้นที่ของข้อเข่า เพราะข้อเข่าต้องรับน้ำหนักตัวและรับแรงที่มากระทำมาก ปลายของ Femoral Condyle จะเป็นส่วนประกอบของข้อเข่า ดังนั้นจึงมีกระดูกอ่อน (Hyaline Cartilage) คลุมอยู่ Condyle นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนใหญ่อยู่ชิกแนวกลางลำตัวเรียกว่า Medial Femoral Condyle ส่วนนอกเรียกว่า Lateral Femoral Condyle ส่วนที่เหนือ Condyle คือ ส่วนที่กระดูกเริ่มบานออก เราเรียกว่า Supracondyle (Supra แปลว่า เหนือ) ส่วนนี้มีความสำคัญในการทำขาเทียมใต้เข่าที่ไม่ต้องใส่สายรัดเหนือเข่า (Supracondylar Suspension Strap) เพราะเราจะแต่งให้ขอบบนของเบ้าโค้งเข้าไปยึดตรงบริเวณ Supracondyle นี้ เบ้าแบบนี้เราเรียกว่า PTB Supracondylar Suspension Socket

4. กระดูกกระดูกสะบ้า (Patella) เป็นกระดูกทางด้านหน้าของข้อเข่า แทรกอยู่ระหว่าง Quadriceps Tendon และ Patella Tendon มีประโยชน์ในทางเชิงกลที่ช่วยในการเหยียดข้อเข่า

**2.1.5.2 กล้ามเนื้อ (Muscle)**

สิ่งแรกที่ต้องจำ คือ การทำงานของกล้ามเนื้อ คือ การหดตัว และกล้ามเนื้อจะทำงาน (หดตัว) ได้ดีที่สุด เมื่อตัวกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพความยาวตามธรรมชาติ (Anatomical Length) ของมัน ถ้าก่อนกล้ามเนื้อจะทำงานนั้นอยู่ในสภาพที่สั้นหรือยาวกว่าปกติ กล้ามเนื้อก็จะทำงานไม่ได้เต็มที่ เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้งานจะบรรยายตามกลุ่มของลักษณะการทำงาน ได้แก่

**Abductors** เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกางขา กลุ่มนี้มีความสำคัญมากนอกจากจะใช้กางขาแล้ว ยังเป็นกล้ามเนื้อที่ป้องกันไม่ให้ลำตัวล้มไปด้านตรงข้าม เช่น ขณะเดินลงน้ำหนักขาซ้าย (Stance Phase) ขาขวาลอยเหวี่ยงไปข้างหน้า (Swing Phase) กล้ามเนื้อกลุ่มนี้จะช่วยดึงให้กระดูกเชิงกรานอยู่ในระดับขนานกับพื้นลำตัวจึงไม่ล้มไปทางด้านขวา กล้ามเนื้อเหล่านี้ ได้แก่




**ภาพที่ 2.7** ลักษณะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกางขา (The Abductors of the Thigh)

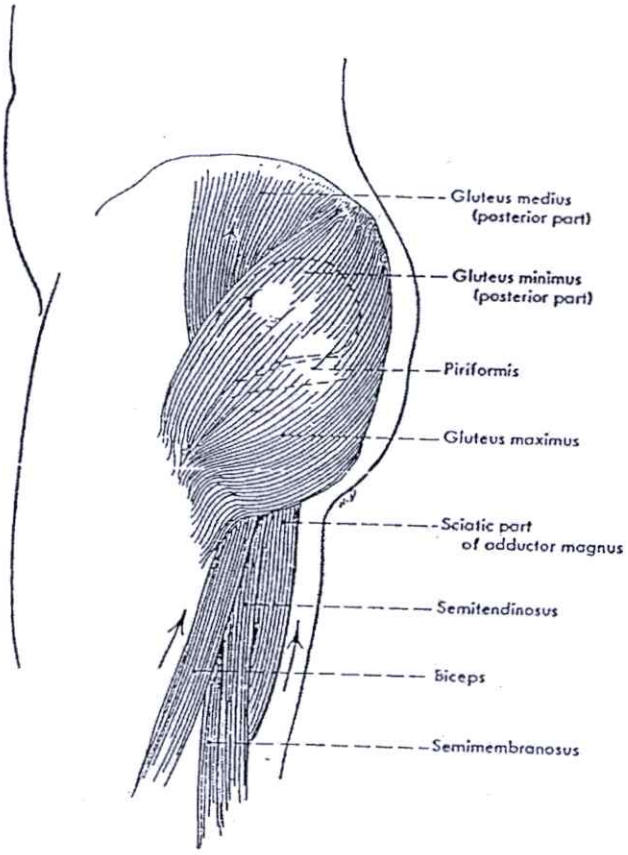
1. Gluteus Medius และ Gulteus Minimus สองมัดนี้ เกาะที่ผิวด้านนอกของกระดูก Ilium ทั้งหมดทอดออกไปเกาะที่ปลายบนของ Greater Trochanter เมื่อกล้ามเนื้อทำงานก็จะดึงให้ขากางออก (abduct) แต่ถ้าเท้าหรือขายันบนพื้นรับน้ำหนักตัว กล้ามเนื้อนี้จะดึงรั้งไม่ให้กระดูกเชิงกราน (Pelvis) เอียง (Drop) ไปด้านตรงกันข้าม

2. Tensor Fascia Latae เกาะจากขอบนอกของ Iliac Crest ส่วนหน้าเป็นแนวลงมาที่ Iliotibial Band มาเกาะที่ทางด้านนอก (Lateral) ของข้อเข่า

**Extensors** กล้ามเนื้อกลุ่มนี้ทำหน้าที่เหยียด (Extend) ข้อตะโพก (Hip Joint) คือ ดึงกระดูก Femur ไปทางด้านหลัง ถ้าเท้าข้างนั้นไม่ได้รับน้ำหนักตัว แต่ถ้าขาและเท้าข้างนั้นรับน้ำหนักตัวก็จะทำหน้าที่ดึงให้กระดูก Pelvis หมุน (Rotate) มาทางด้านหลัง (Posterior) เป็นการป้องกันไม่ให้ลำตัวล้มไปทางด้านหน้า (Anterior) จึงมีความสำคัญมากในการเดิน เพราะจะทำให้ลำตัวยืดตรงตั้งแต่ข้อตะโพกขึ้นมา ถ้ากล้ามเนื้อกลุ่มนี้เสียเราก็จะเดินเหมือนลิง คือ เดินแบบข้อตะโพกงอ กล้ามเนื้อกลุ่มนี้ ได้แก่

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง






**ภาพที่ 2.8** ลักษณะกล้ามเนื้อทำหน้าที่เหยียด (The Extensors of the Thigh)

1. Gluteus Maximus เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่เกาะจากด้านข้างของกระดูก Sacrum (ก้นกบ) และบางส่วนของ Iliac crest ที่ Postirior Superior Iliac Spine ไปเกาะที่ Iliotibial Band กระดูก Femur ทางด้านหลัง ขอบล่างของกล้ามเนื้อนี้จะตรงกับ Glutial Fold

2. Hamstring เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ทางด้านหลังของต้นขาหรือโคนขา โดยมีจุดต้น (Origin) ที่ Ischial Tuberosity แล้วแยกเป็น

2.1 Lateral Hamstring อันประกอบไปด้วย Biceps ซึ่งไปเกาะ (Insert) ทางด้านหลังของหัวกระดูด Fibula

2.2 Medial Hamstring ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Semitendinosus และ Semimembranosus จากจุดต้น (Origin) ที่ Ischial Tuberosity ไปเกาะ (Insert) ที่ด้านหลัง (Posterior) ของ Medial Tibial Condyle

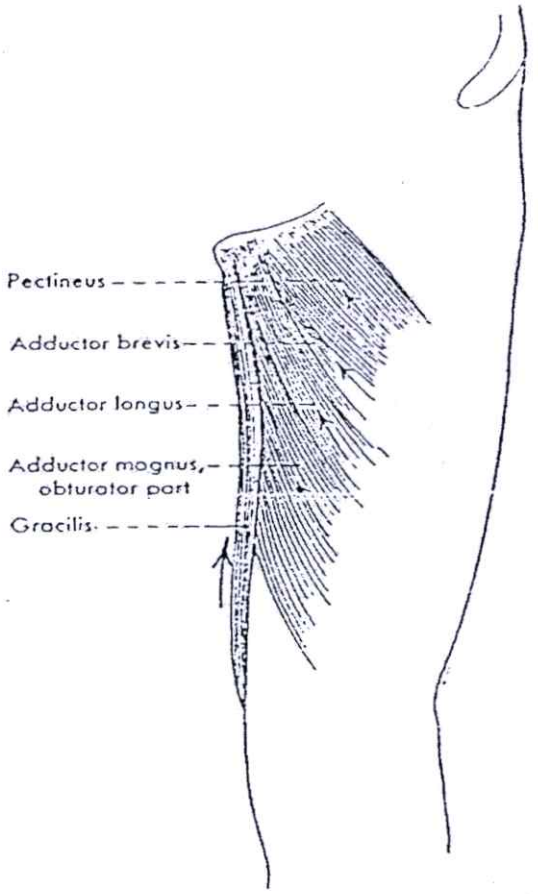
กล้ามเนื้อ Hamstring นี้ นอกจากจะทำหน้าที่ช่วยเหยียด (Extend) ข้อตะโพกแล้วยังช่วยในการงอเข่าด้วย

3. Adductor Magnus ซึ่งมีจุดเริ่มต้น (Origin) ที่ Ischial Rami ซึ่งอยู่หน้าต่อ Ischial Tuberosity และไปเกาะ (Insert) ที่ Adductor Tubercle เนื่องจากแนวของกล้ามเนื้ออยู่ทางด้านหลัง

63297

ข้อต่อตะโพก (Hip Joint) จึงช่วยทำให้ข้อตะโพกเหยียด แต่ไม่ใช่เป็นตัวหลักในการเหยียดข้อตะโพก

**Adductors** กล้ามเนื้อกลุ่มนี้ทำหน้าที่หุบ (Adduct) ข้อตะโพกและยังช่วยในการงอ (Flex) ข้อตะโพกและช่วยหมุน ข้อตะโพกออก (External Rotate) ทำให้เกิดความมั่นคงในขณะที่ขาข้างนั้นรับน้ำหนัก (Stance Phase) กล้ามเนื้อกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย




**ภาพที่ 2.9** ลักษณะกล้ามเนื้อทางด้านหน้าของต้นขาส่วนบน

(The Anteriorly Placed Adductors of the Thigh)

1. Adductor Longus จุดต้น (Origin) ที่ Pubic Tubercle ไปเกาะที่ Linea Aspera

2. Adductor Brevis มีจุดต้น (Origin) ที่ Inferior Ramus ของกระดูก Pubis ไปเกาะ (Insert) ที่ส่วนต้นของ Linea Aspera

3. Adductor Magnus จุดต้นอยู่ต่ำลงมาอีก คือ ที่ Inferior Ramus ของกระดูก Pubis และ Upper Ramus ของกระดูก Ischium และ Ischial Tuberosity แผ่ออกไปเหมือนพัดไปเกาะตลอดแนวความยาวด้านใน (Medial Aspect) ของกระดูก Femur ไปจนถึง Adductor Tubercle เป็นกล้ามเนื้อที่

ใหญ่ที่สุดในบรรดากล้ามเนื้อที่ใช้หุบเขา จึงมีกำลังมาก และเนื่องจากแนวของกล้ามเนื้ออยู่ด้านหลังต่อข้อตะโพกจึงมีหน้าที่ช่วยเหยียดข้อตะโพกด้วย

4. Gracilis มีจุดต้น (Origin) ที่ Inferior Ramus ของกระดูก Pubis และ Superior Ramus ของกระดูก Ischium เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ทางด้านใน (Medial) สุดของต้นขา มีรูปแบบเรียวลงไปเกาะที่ผิวด้านในส่วนบนของกระดูก Tibia (Medial Surface of Tibial Plateau)

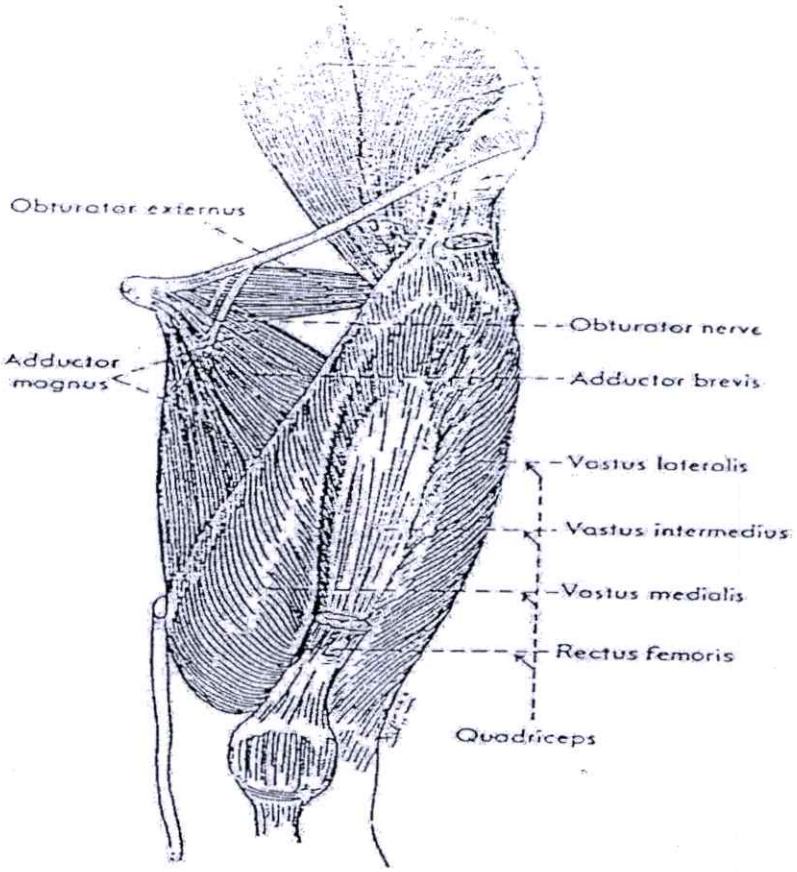
**Flexors** เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่งอ (Flex) ข้อตะโพก คือ ดึงให้กระดูก Femur เคลื่อนที่มาข้างหน้า เพราะแนวของกล้ามเนื้อที่ออกแรงอยู่ด้านหน้าต่อข้อตะโพก มีความสำคัญในการเดินช่วงปลายของ Stance Phase ตอนส้นเริ่มลอยจากพื้นเพื่อป้องกันไม่ให้ข้อตะโพกเหยียดมากเกินไป (Huperextension) และดึงให้กระดูก Femur มาทางด้านหน้า (Flexion) เพื่อเริ่ม Swing Phase กล้ามเนื้อที่สำคัญได้แก่

1. Iliopsoas เป็นกล้ามเนื้อใหญ่มัดหนึ่งที่มีจุดต้น (Origin) 2 จุด จุดหนึ่งเกาะที่ผิวด้านในของกระดูก Iliac เราเรียกกล้ามเนื้อส่วนนี้ว่า Iliacus อีกจุดหนึ่งเกาะที่ Transverse Process ของกระดูกเอว (Lumbar Vertebrae) กล้ามเนื้อส่วนนี้เรียกว่า Psoas กล้ามเนื้อ 2 มัดนี้ มารวมกันเกาะที่กระดูก Lesser Trochanter โดยทอดผ่านหน้าข้อต่อตะโพก ดังนั้น แนวของแรงก็อยู่หน้าข้อตะโพก จึงทำให้กระดูก Femur เคลื่อนมาข้างหน้า นั่นคือ ทำให้ข้อตะโพกงอ

2. Pectineus เป็นกล้ามเนื้อมัดไม่ใหญ่ จุดต้น (Origin) ที่ Superior Ramus ของกระดูก Pubis และไปเกาะ (Insert) ที่ใต้ Lessor Trochanter

**Knee Extensors** กล้ามเนื้อกลุ่มนี้มีความสำคัญมากในการทำขาเทียมสำหรับผู้ป่วยที่ถูกตัดขาใต้ข้อเข่า เพราะจะช่วยเหยียด (Extend) ข้อเข่าป้องกันข้อเข่าไม่ให้พับ ในขณะที่รับน้ำหนักตัว กล้ามเนื้อนี้ได้แก่

Quadriceps เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่อยู่ทางด้านหน้าของต้นขา (Thigh) เป็นกลุ่มของกล้ามเนื้อ 4 มัด มารวมกัน จึงได้ชื่อรวมว่า Quadriceps (Quad แปลว่า 4) กล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด คือ Rectus Femoris, Vastus Intermedius, Vastus Lateralis และ Vastus Medialis ส่วนปลายของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดจะมารวมกันที่เหนือกระดูกสะบ้า เป็น Quadriceps Tendon และเกาะบนขอบบน (Upper Bonder) ของกระดูก Patella และจากกระดูก Patclla เป็น Patellar Tendon ไปเกาะที่ Tibial Tuberosity




**ภาพที่ 2.10** ลักษณะกล้ามเนื้อทางด้านหน้าของต้นขาส่วนบนและกล้ามเนื้อทางด้านหน้าของต้นขาส่วนกลาง

**2.1.5.3 เส้นเลือด เส้นประสาท**

เส้นเลือดและเส้นประสาทมักจะอยู่และไปด้วยกัน โดยเส้นเลือดนำอาหาร และออกซิเจนไปยังเซลล์ส่วนต่างๆ ของร่างกาย นำของเสียกลับมายังตับและไต เส้นประสาทนำคำสั่งที่สมองสั่งมายัง Motor Cell ในไขสันหลังเพื่อ Motor Cell จะออกคำสั่งไปยังกล้ามเนื้อ บังคับให้กล้ามเนื้อทำงานตามต้องการ และยังรับความรู้สึกจากอวัยวะรับความรู้สึกที่กระจายอยู่ในผิวหนังและเนื้อเยื่อทั่วไปกลับมายังไขสันหลังเพื่อขึ้นไปแปลผลที่สมอง ในการทำขาเทียมโดย เฉพาะขาเทียมเหนือเข่าจะต้องรู้จุดที่เส้นเลือดและเส้นประสาทผ่านอยู่ทางด้านหน้าของข้อตะโพกใน Femoral Triangle ตรงบริเวณขาหนีบซึ่งเราสามารถคลำชีพจนได้อย่างชัดเจนในการทำเบ้าขาเทียมแบบQuadrilate-Ral Socket ขอบด้านหน้าของเบ้าจะเว้าเข้ามากดที่จุดนี้ ซึ่งถ้ากดมากเกินไปจะทำให้ชาที่ผิวหนังบริเวณปลายคอขาได้ ทางด้านหลังของต้นขาจะมีเส้นประสาทใหญ่ผ่านกึ่งกลางเส้นประสาทนี้ฝังลึกอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ Hamstring เส้นประสาทเส้นนี้คือ เส้นประสาท Sciatic

ในการตัดขาหรือแขน ถ้าเทคนิคการตัดเส้นประสาทไม่ดี จะทำให้เกิดปมประสาท (Meuroma) อยู่ใต้ผิวหนังซึ่งจะไว (Sensitive) ต่อแรงกดของเบ้าก่อให้เกิดความเจ็บปวดมาก ทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถจะใส่ใช้ขาเทียมได้

**2.1.6 การเคลื่อนไหวและการทำงานของ อวัยวะมนุษย์ ขณะเดิน**

**2.1.6.1 ตะโพก**

ขณะที่เรายืนน้ำหนักตัวจะผ่านลงมาทางกระดูกก้นกบ ผ่านข้อตะโพก และ ขาทั้งสองข้างไปยังเท้าและไปสู่พื้น แต่ ในขณะนั่งนั้นน้ำหนักจะไม่ผ่านตั้งแต่เข่า ไปจนถึงเท้า

**2.1.6.2 ข้อตะโพก**

(1) การงอตะโพก (Flexion) มี 3 ลักษณะคือ

1.1 งอโดยยกต้นขาขึ้นมาด้านหน้า ทำได้ประมาณ 120-135 องศา

1.2 งอโดยแอ่นลำตัวไปทางด้านหน้า ทำให้ขาช่วงล่างแอ่นไปทางด้านหลัง ซึ่งลักษณะการแอ่นไปทางหลังนี้ ต้องมีในขาเทียมเช่นกัน

1.3 งอโดยทั้ง 2 แบบที่กล่าวมาแล้วรวมกัน

(2) เหยียด (Extendsion) จะทำได้ประมาณ 30 องศา

(3) กางขา (Abduction) ทำได้ประมาณ 45-50 องศา

(4) หุบขาเข้า (Adduction) ทำได้ประมาณ 20-30 องศา

(5) บิดขาเข้า (Internal Rotation) ทำได้ประมาณ 35 องศา

(6) บิดขาออก (External Rotate) ทำได้ประมาณ 45 องศา

**2.1.6.3 ข้อเข่า**

ข้าเข่าทำหน้าที่งอและเหยียดขา ซึ้งมองดูเผินๆ แล้วทำงานคล้ายข้อศอกแต่จริงๆไม่ใช้เพราะข้อศอกเป็นเพียงแบบบานพับแท้ๆ (Pure Hinge Joint) ความแตกต่างของ 2 ข้อนี้ถูกค้นพบโดยสองพี่น้องตระกูล Weber

ขณะที่ข้อเข่างอมากขึ้นนั้น แนวแกนของข้อเข่าจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆเพราะกระดูกต้นขาส่วนล่างไม่ได้โค้งสม่ำเสมอ ซึ้งความจริงทำให้เกิดอุปสรรคยุ่งยาก ไม่น้อยในการวางข้อเข่าเทียม เนื่องจาก ข้อเข่าเทียมนั้นอยู่คงที่ ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งแนวแกนของข้อตามการงอของข้อเข่าอย่างในข้อเข่าธรรมชาติ เว้นเสียแต่จะใช้ข้อเข่าชนิดพิเศษ ที่มีหลายแนวแกน (Polycentric Below Knee Leg Joint) ซึ้งมีน้ำหนักมากกว่า เทอะทะกว่า และราคาแพง

ข้อเข่านี้ถ้าเปรียบเทียบตามขนาดของกระดูกแล้ว ถือได้ว่าเป็นข้อเข่าที่ใหญ่ที่สุดของร่างกายคนเรา แต่ถ้าพิจารณาเพียงผิวหน้ากระดูกที่มารับเป็นข้อ (Bony Surface) แล้วข้อเข่ากลับเป็นข้อที่อ่อนแอที่สุด เพราะจะหาท่าของข้อเข่าท่าใดที่ผิวกระดูก ข้อมารับกันอย่างเต็มที่ แทบไม่มี แต่ธรรมชาติได้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของ ข้อเข่า โดยมีเอ็นและพังผืดยึดอยู่โดยรอบ

ข้อเข่าทำหน้าที่ ยืดและงอ รับน้ำหนักของร่างกายในขณะเดิน ส่วนในขณะวิ่งจะทำหน้าที่ทั้งรับน้ำหนัก และดีดให้ลำตัวไป ข้างหน้า ซึ่งวงจรการเดิน การวิ่งจะได้ศึกษากันในบทต่อไป

**2.1.6.4 ข้อเท้า**

ทำหน้าที่เหมือนบานพับกระโดดขึ้น (Doris Flexsion) และ (Plantar Flexsion) เนื่องจากกระดูกปลายเท้าส่วนหน้ายาวกว่าด้านหลัง ดังนั้นในขณะที่เขย่งปลายเท้า ข้อเท้าจะหลวมกว่าปกติ ถ้าปลายเท้ากระดกขึ้นข้อเท้าจะแน่นกว่า มุมการกระดกเท้าจะไม่เกิน 90 องศา

นอกจากนี้ยังสามารถพลิกไปทางซ้ายและขวา (Inversion and Eversion) ของเท้าขวาและเท้าซ้ายมุมการพลิกของเท้าจะไม่เกิน 20องศาเข้าหาตัว คุณสมบัติเหล่านี้สามารถถูกพัฒนาได้ในข้อเท้าเทียม

**2.1.6.5 เท้า**

เท้าของมนุษย์ มีกระดูกถึง 26ชิ้น ซึ่งเป็นอวัยวะที่ซับซ้อนมาก มีเอ็นและกล้ามเนื้อยึดอยู่มากมาย เท้าจริงจะไม่อ่อนมากและไม่แข็งเกินไป (Semirigid) สามารถปรับตัวได้ทุกสถานการณ์ แข็งได้เมื่อรับน้ำหนัก เช่น ยืน วิ่ง ดัน ไปข้างหน้า แต่ก็อ่อนเป็นสปริงเมื่อก้าวเดิน เต้นรำ เท้าคนเรามีข้อต่อมากมายจึงเคลื่อนไหวได้ดี และยังสามารถดูดซับแรงได้เป็นอย่างดี เดินในที่ขรุขระได้ ซึ่งตรงจุดนี้เท้าเทียมส่วนใหญ่ ยังทำไม่ได้ ในปัจจุบันเท้าเทียมโดยมากอาศัยเพียงยางและวัสดุจำพวกโฟม รองรับแรงและการยืดหยุ่นไปหน้าและหลัง

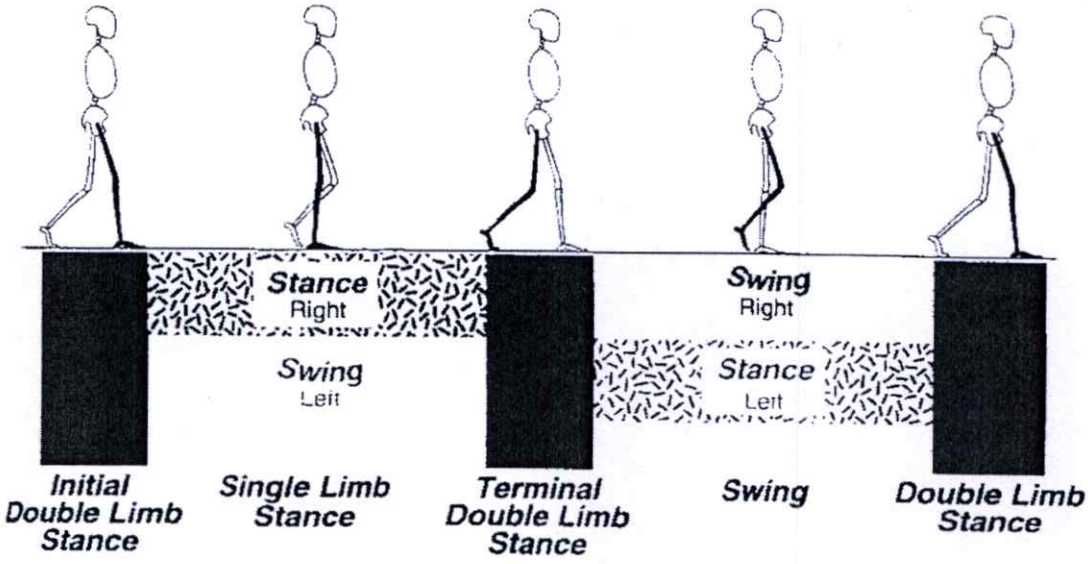
## 2.2 วงจรการเดิน (Walking Cycle)

หนึ่งวงจรการเดินเริ่มจากระยะที่ส้นเท้าของขาข้างหนึ่งแตะพื้น สิ้นสุดเมื่อเท้าของขาข้างนั้นแตะพื้นอีกครั้งหนึ่ง จะคิดเป็นระยะทางมีค่าเท่ากับ 100% หนึ่งวงจรการเดินแบ่งได้ 2 ช่วงคือ

**2.2.1 ช่วงรับน้ำหนัก (Stance Phase)** เริ่มจากส้นเท้าแตะพื้น สิ้นสุดเมื่อเท้าข้างนั้นพ้นพื้น คิดเป็นระยะทางประมาณ 60% ของวงจรการเดินช่วงนี้แบ่งได้อีก 4 ระยะคือ

1. ระยะส้นเท้าแตะพื้น (Hell Strike) เป็นระยะที่ส้นเท้าของขา ข้างนั้นแตะพื้น
2. ระยะเท้าวางราบ (Foot Flat) เป็นระยะสั้นๆหลังจากที่ส้นเท้าแตะพื้น ฝ่าเท้าทั้งหมดวางราบกับพื้น

3. ระยะยืนกลาง (Mid Stance) เท้าข้างนั้นจะรับน้ำหนักของร่างกายทั้งหมดระยะนี้สิ้นสุดเมื่อส้นเท้าพ้นพื้น
4. ระยะถีบเท้า (Push Off หรือ Toe Off) เป็นระยะที่ปลายเท้ากำลังถีบพื้น




**ภาพที่ 2.11** ระยะการเดินในช่วงรับน้ำหนักมี 4 จังหวะ

**2.2.2 ช่วงแกว่งขา (Swing Phase)** เป็นช่วงที่ขาแกว่งเท้าพ้นพื้น คิดเป็นระยะทางประมาณ 40% ของวงจรการเดิน การเดินช่วงนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ

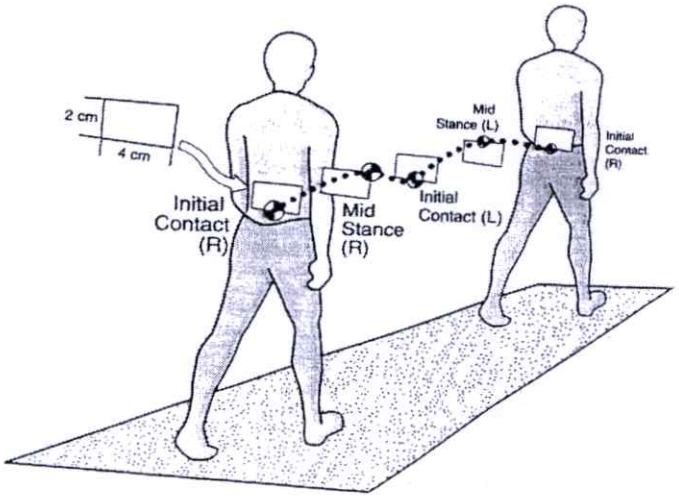
1. ระยะมีอัตราเร่ง (Acceleration) เป็นระยะแรกของช่วงแกว่งขา ขาจะมีอัตราเร่งเพื่อให้เท้าก้าวต่อไป ระยะนี้ลำตัวจะอยู่หน้าต่อขาที่แกว่ง
2. ระยะแกว่ง (Mid Swing) เป็นระยะที่ขากำลังแกว่งอยู่ในแนวใต้ ลำตัว เป็นระยะที่ขาหดสั้นมากที่สุดเพื่อให้เท้าพ้นพื้น
3. ระยะลดอัตราเร่ง(Deceleration) เป็นระยะที่ขาที่เคลื่อนไหวมาด้านหน้าต่อลำตัวและมีการลดอัตราเร่งของขาลงโดยกล้ามเนื้อ เพื่อให้ส้นเท้าแตะพื้นระยะนี้ลำตัวจะอยู่หลังต่อขาที่แกว่ง

**2.2.3 ช่วงที่เท้าทั้งสองข้างแตะพื้นพร้อมกัน (Double Support)** คิดเป็นระยะทางประมาณ 22% ของวงจรการเดิน เกิดในระยะแรกและระยะหลังของช่วงขาที่รับน้ำหนัก คือขณะที่เท้าของขาหน้ากำลังสัมผัสพื้น และเท้าของขาหลังยังคงสัมผัสพื้นอยู่ เมื่อเดินเร็วขึ้นระยะเวลาที่เท้าทั้ง 2 ข้างแตะพื้นพร้อมกัน จะสั้นลงและระยะนี้จะหายไปเมื่อเป็นการวิ่ง

**ลักษณะทั่วไปของการเดินปกติ จะประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้**

1. แขนทั้ง 2 ข้าง จะแกว่งสลับกัน และแกว่งไปพร้อมกับขาด้านตรงกันข้ามโดยมีระยะการแกว่งที่เท่ากัน

2. การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง ขณะเดินปกติ จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปจากขณะยืนปกติ โดยจะเคลื่อนที่ขึ้นจุดสูงสุดเมื่อขาอยู่ในระยะยืนกลาง ประมาณ 1 นิ้ว จะเคลื่อนลงต่ำสุดในช่วงที่ขา 2 ข้างรับน้ำหนัก ประมาณ 1 นิ้ว รวมเป็นระยะการเคลื่อนไหวของจุดศูนย์ถ่วงในแนวดิ่ง2 นิ้ว

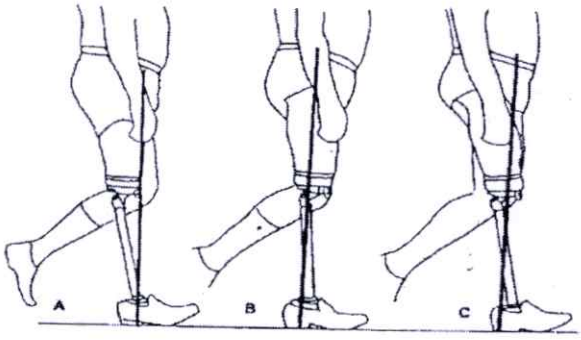



**ภาพที่ 2.12** การแกว่งของจุดศูนย์ถ่วง

3. การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายไปด้านข้างการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงนี้จะเกิดขึ้นขณะมีการเปลี่ยนมารับน้ำหนัก โดยที่จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายขณะยืนปกติจะเลื่อนไปด้านที่ขารับน้ำหนักประมาณ 1 นิ้ว รวมเป็นระยะการเคลื่อนไหวทั้งหมด 2 นิ้ว

4. การลดระดับของกระดูกเชิงกรานไปด้านที่ขาแกว่ง การลดระดับของกระดูกเชิงกรานนี้จะเกิดรอบข้อตะโพกข้างขาที่รับน้ำหนัก โดยกระดูกเชิงกรานจะลดระดับลงมาทำมุมประมาณ 5 องศากับแนวราบ

5. การหมุนกระดูกเชิงกรานไปด้านหน้าแนวราบดิ่ง กระดิ่งเชิงกรานด้านที่ขากำลังแกว่งจะเคลื่อนไปด้านหน้าประมาณ 4 องศา โดยใช้ข้อตะโพกของขาที่รับน้ำหนักเป็นจุดหมุนและจะเคลื่อนไปด้านหลัง 4 องศาเช่นกัน




**ภาพที่ 2.13** แสดงถึงน้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อขาเทียม

6. การงอเข้าในช่วงที่ขารับน้ำหนัก ข้อเข่าจะงอตลอดเวลาของการเดินช่วงนี้ยกเว้นขณะที่ส้นเท้าแตะพื้นเท่านั้น เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งมากเกินไป

7. ความกว้างของฐานการเดิน เป็นระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของส้นเท้าข้างหนึ่งไปยังจุดกึ่งกลางของส้นเท้าอีกข้างหนึ่งในคนปกติมีค่าประมาณ 2-4 นิ้ว คนไทยในเพศชายมีค่าเฉลี่ย 7.9 ซ.ม เพศหญิงเฉลี่ย 6.7 ซ.ม

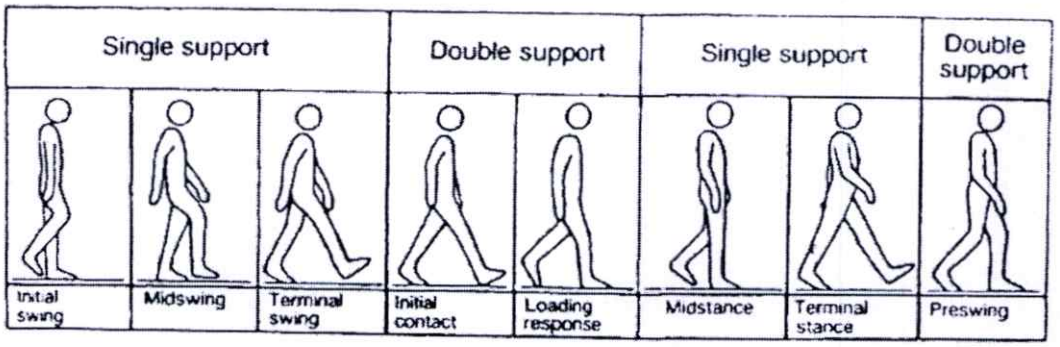
8. ความยาวของการเดิน เป็นความยาวของก้าว ระหว่างส้นเท้าขอขาข้างหนึ่งกับส้นของขาอีกข้างหนึ่ง ค่าประมาณ 15 นิ้ว เพศชาย 62.5 ซ.ม เพศหญิง 59.2 ซ.ม

9. จำนวนก้าวในเวลาที่กำหนด (Cadence) ในคนที่เดินช้ามีจำนวน 70 ก้าวใน 1นาที แต่คนเดินเร็ว 130 ก้าวใน 1 นาที การเดินปกติจะมีค่าประมาณ 110-115 ก้าวใน 1 นาที คนไทย เพศชาย-หญิง ค่าเฉลี่ย 106 ก้าว

**การวิเคราะห์การเดิน**

ในที่นี้จะวิเคราะห์ในระนาบหน้าหลัง (Sagittal Plane) เท่านั้น โดยจะวิเคราะห์เกี่ยวกับคิเนแมติคส์ (Kinematics) ของข้อต่อขา และคิเนติคส์ (Kinetics) ของร่างกล้ามเนื้อ ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ระยะคือ

1. ระยะส้นเท้าแตะถึงพื้นระยะกลาง (Heel Strike to Mid Stance)
2. ระยะยืนกลางถึงระยะถีบเท้าหรือระยะปลายเท้าพ้นพื้น (Mid Stance Push Off or Toe Off)
3. ระยะแกว่ง (Swing Phase)




**ภาพที่ 2.14** การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะส้นเท้าถึงระยะยืนกลางในแนวราบ

1. การวิเคราะห์การเดินจากระยะส้นเท้าแตะพื้นถึงระยะกลาง

การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะส้นเท้าถึงระยะยืนกลางในแนวราบต่างๆกัน

ข้อเข่า – การวิเคราะห์คิเนแมติคส์ (Kinematics) ก่อนที่ส้นเท้าจะแตะพื้นแล้วจะเริ่มมีการงอข้อเข่าไปจนถึงระยะวางเท้าวางราบกับพื้น ข้อเข่าจะงอประมาณ 20 องศา แต่ในระยะยืนกลางข้อเข่าจะงอเพียง 15 องศา

ข้อเท้า – ขณะที่ส้นเท้าแตะพื้น ข้อเท้าจะอยู่ในท่ากลางระหว่างการกระดกปลายเท้าขึ้น กับการเหยียดปลายเท้าลง ต่อมาจะมีการเหยียดปลายเท้าลง จนกระทั่งฝ่าเท้าวางราบกับพื้น ในระยะนี้ปลายเท้าจะเหยียดลงประมาณ 15 องศา จากนั้นขาท่อนล่างจะเคลื่อนมาด้วนหน้าจนถึงระยะยืนกลาง ซึ่งทำให้ข้อเข่ากระดกขึ้นประมาณ 2-3 องศา

2. การวิเคราะห์การเดินจากระยะกลางจนถึงระยะปลายเท้าพ้นพื้น

ข้อเข่า – การวิเคราะห์ทางดิเนติคส์ (Kinetics) ในระยะยืนกลางข้อเข่าจะงอประมาณ 15 องศาหลังจากระยะนี้ไปข้อเข่าจะเหยียดมากขึ้น จนถึงก่อน ระยะส้นเท้าพ้นพื้น ข้อเข่าจะงอเพียง 4 องศา และจากระยะ ส้นเท้าพ้นพื้นจนไปถึงระยะปลายเท้าพ้นพื้นข้อเข่าจะเริ่ม งอมากขึ้นจน ถึง 40 องศา การวิเคราะห์ทางคิเนติคส์ (Kinetics) ในระยะยืนกลางผลของ แรงกระทำจากพื้นจะผ่านหลังต่อข้อเข่า ทำให้เกิดการงอเข่า

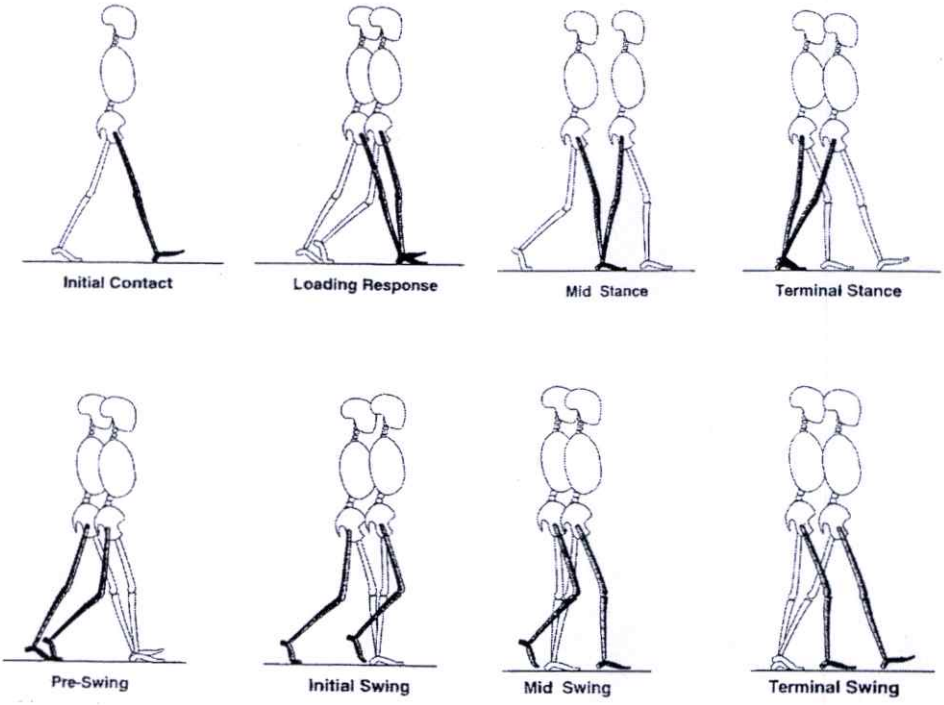
ข้อเท้า – จะกระดกขึ้นประมาณ 3 องศา และก่อนส้นเท้าพ้นพื้นจะกระดกขึ้นประมาณ 15 องศา จากระยะนี้ถึงระยะเท้าพ้นพื้นข้อเท้าจะค่อยๆเหยียดลงประมาณ 20 องศา

3. การวิเคราะห์ท่าเดินในช่วงแกว่งขา

ข้อเข่า – ระยะแรกของการแกว่งขาจะเกิดอัตราเร่งที่เกิดจากการถีบปลายเท้าในระยะ Push Off กล้ามเนื้อ Quadriceps ที่ทำงานแบบเหยียดออกในช่วงก่อนถีบปลายเท้านั้น ก็เพื่อป้องกันการยกส้นเท้ามากเกินไป ระยะต่อมากล้ามเนื้อมัดนี้จะทำงานแบบหดสั้น เพื่อแกว่งขาท่อนล่างไป

ด้านหน้าตลอดระยะแกว่งขา ข้อเข่า จะงอโดยกล้ามเนื้อในการงอเข่าจะทำงานแบบหดสั้นจะงอมากที่สุดในระยะขาแกว่งกลาง มีค่าประมาณ 65 องศาในช่วงหลังระยะการแกว่งขาจะมีอัตราเร็วลงโดยการทำงานของกล้ามเนื้อ Hamstrings จะช่วยให้ส้นเท้าแตะพื้นอีก

ข้อเท้า – กล้ามเนื้อจะทำงานหดสั้นตลอดเวลาเพื่อหดขาสั้นขึ้นและทำให้ปลายเท้าพ้นพื้นก่อนที่ขาจะแกว่งไปได้

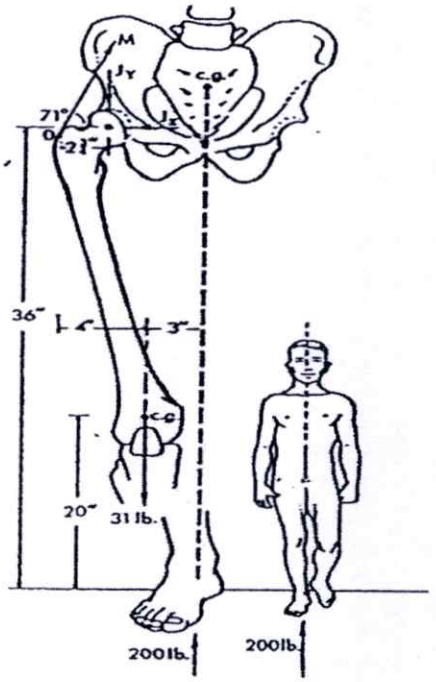



**ภาพที่ 2.15** การเดินในช่วงเหวียงขาในแนวราบต่างๆ กัน

## 2.3 ชีวะกลศาสตร์ของขาเทียมเหนือเข่า (Biomechanics of the A-K Prosthesis)

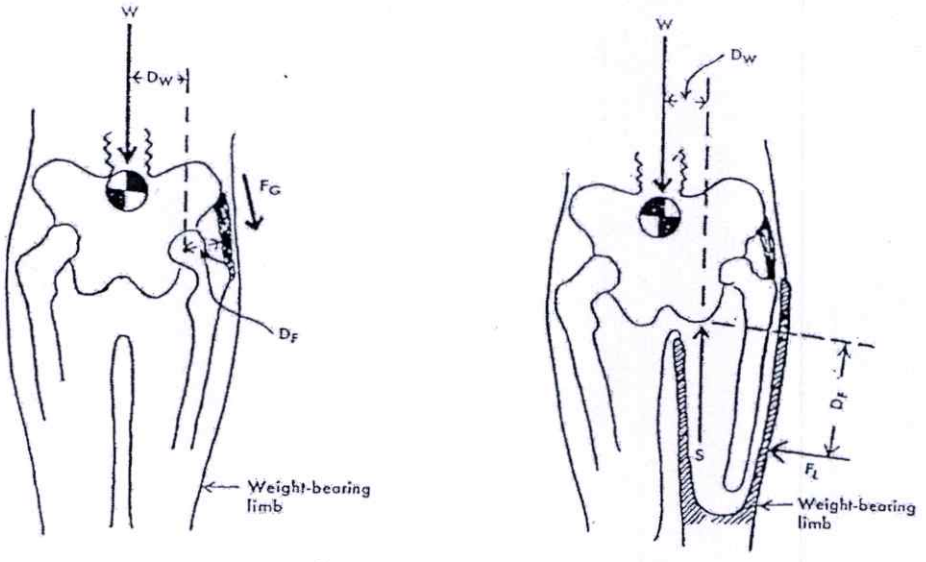
เทอดชัย ชีวะเกตุ (2541: 23-29) ได้กล่าวไว้ว่าเมื่อคนเดินลงน้ำหนักบนขาข้างใดข้างหนึ่ง น้ำหนักตัวจะถ่ายทอดลงบนพื้นโลกตรงจุดที่เท้าสัมผัส ในขณะเดียวกันก็จะมีแรงปฏิกิริยาของพื้นโลกเกิดขึ้นในด้านตรงกันข้าม แรงปฏิกิริยานี้จะมุ่งไปสู่จุดศูนย์ถ่วง (C.G) ของร่างกายที่อยู่หน้า (Anterior) ต่อกระดูกก้นกบ (Sacrum) อันที่ 2 แนวของแรงนี้จะไม่ผ่านจุดศูนย์กลางของข้อเข่า, ข้อตะโพก แต่ผ่านด้านใน (Medial) ต่อข้อทั้ง 2 ดังรูป ทำให้เกิดแรงหมุน (Moment) ที่จะทำให้เกิดการหมุน (Angular motion) ขึ้นที่แต่ละข้อ แต่เนื่องจากแต่ละข้อก็จะมีเอ็น (Ligaments) กล้ามเนื้อ (Muscles) รั้งต่อด้านกับแรงหมุน ดังนั้น จึงทำให้เกิดแรงในข้อต่างๆ ซึ่งสามารถวิเคราะห์-คำนวณออกมาได้ เช่น เมื่อคนน้ำหนัก 200 lb (90 ก.ก.) ยืนลงน้ำหนักขาขวาดังในรูป จะมีแรงเกิดขึ้นในข้อตะโพก 4.75 lb หรือ 214 กิโลกรัม หรือประมาณ 2.4 เท่าของน้ำหนักตัว และในข้อเข่าประมาณ 1.5

เท่าของน้ำหนักตัว แต่ถ้าคำนวณในขณะเดิน แรงที่เกิดขึ้นในข้อตะโพกจะขึ้นไปถึง 7-8 เท่า ในข้อเข่าจะขึ้นไปถึง 3 เท่าของน้ำหนักตัว




**ภาพที่ 2.16** ลักษณะการถ่ายทอดน้ำหนักลงที่ปลายเท้า

ในคนปกติเมื่อยืนลงน้ำหนักบนขาซ้ายดังรูป จุดหมุนอยู่ที่ข้อตะโพก และเกิดโมเม้นท์ (Moment) ตามเข็มนาฬิกา และ โมเม้นต์(Moment) ทวนเข็มนาฬิกา




ภาพ ก. ภาพ ข.

**ภาพที่ 2.17** ลักษณะของโมเมนต์ที่ทำต่อข้อตะโพกในคนปกติ(ภาพ ก.) กับโมเมนต์ที่ทำต่อข้อตะโพกในคนที่ถูกตัดขาเหนือเข่า (ภาพ ข.)

W = น้ำหนักตัว

Dw = ระยะทางจากแนวน้ำหนักตัวถึงจุดหมุนที่ข้อตะโพก

Fg = แรงดึงของกล้ามเนื้อ Hip Abductor เพื่อป้องกันไม่ให้ลำตัวเซล้มไป

Df = ระยะทางระหว่างแรงดึงของกล้ามเนื้อ Hip Abductor ถึงจุดหมุนที่ข้อตะโพก

โมเม้นต์(Moment) ทวนเข็มนาฬิกา (จากน้ำหนักตัว) = $M_1$

โมเม้นต์(Moment) ตามเข็มนาฬิกา (จากแรงดึงของกล้ามเนื้อ) = $M_2$

$M_1 = W \times Dw$

$M_2 = Fg \times Df$

นี้เป็นชีวะกลศาสตร์ (Biomechanics) ที่เกิดขึ้นในคนปกติ

ในคนที่ถูกตัดขาเหนือเข่าและยืนลงน้ำหนักบนขาเทียม ดังรูป (ข) จะมีแรงเกิดขึ้นระหว่างเบ้าขาเทียมกับตอขา ในขาเทียมเหนือเข่าแบบเดิม คือ เบ้าแบบ Quadrilateral Socket จุดหมุนระหว่างร่างกายกับขาเทียมอยู่ที่จุดรับน้ำหนัก คือ ที่ Ischial Tuberosity ดังรูป ข. เกิดโมเม้นต์ (Moment) ทั้งทวนเข็มนาฬิกา และตามเข็มนาฬิกา

W = น้ำหนักตัว

Dw = ระยะทางจากแนวน้ำหนักตัวถึงจุดหมุน คือ Ischium

FL = แรงต้านจากผิวในด้านข้างของเบ้าเพื่อให้ร่างกายทรงตัวไม่ล้ม

Df = ระยะทางระหว่างแรงต้านของผิวของเบ้าขาเทียมถึงจุดหมุนที่ Ischium

$M_1$ = โมเม้นต์ (Moment) ทวนเข็มนาฬิกา = $W \times Dw$

$M_2$ = โมเม้นต์ (Moment) ตามเข็มนาฬิกา = $FL \times Df$

ในกรณีที่ผู้ป่วยใส่ขาเทียมยืนลงน้ำหนักบนขาเทียมและทรงตัวอยู่ได้ โมเม้นต์(Moment) ตามเข็มนาฬิกาจะต้องเท่ากับโมเม้นต์(Moment) ทวนเข็มนาฬิกา

$$M_1 = W \times Dw$$

$$M_2 = FL \times Df$$

เพราะฉะนั้น $W \times Dw = FL \times Df$

ถ้าสมมติว่า ผู้ป่วยรายนี้น้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ระยะทางระหว่างน้ำหนักตัวถึง Ischium เท่ากับ 10 เซนติเมตร ตอขายาว 20 เซนติเมตร นำมาคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นที่ผนังด้านข้างของเบ้าจะได้ดังนี้

$$M_1 = M_2$$

$$W \times Dw = FL \times Df$$

$$50 \times 10 = FL \times 20$$

เพราะฉะนั้น $FL = \frac{50 \times 10}{20}$

$= 25$ กิโลกรัม

ถ้าตอขายาว $= 10$ เซนติเมตร

ดังนั้น $FL = \frac{50 \times 10}{10}$

$= 50$ กิโลกรัม

ถ้าตอขายาว $= 5$ เซนติเมตร

$FL = \frac{50 \times 10}{5}$

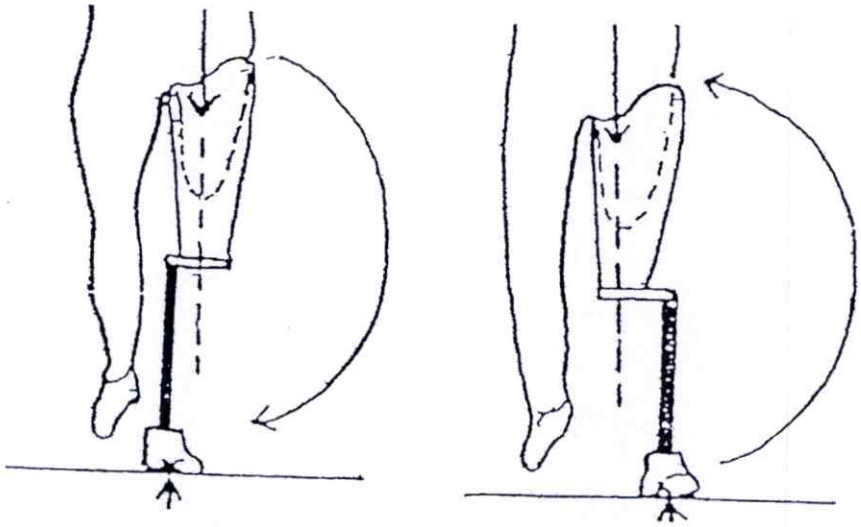
$= 100$ กิโลกรัม

จะเห็นว่า ถ้าตอขาสั้นแรงที่เกิดระหว่างตอขาและผนังด้านข้างของเบ้ายิ่งสูง ถ้าจุดไหนจุดหนึ่ง เช่น ปลายของตอขาด้านนอก (Disto-Lateral) มากดทับผนังของเบ้า แรงที่สูงมากนี้ก็จะทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อบริเวณนั้น ทำให้เกิดความเจ็บปวด เพื่อจะลดความเจ็บปวดก็จะต้องกระจายแรงออกไป นั้นคือ เราจะต้องแต่งหุ่นปูนเพื่อให้ผนังด้านข้าง (Lateral Wall) ของเบ้าแนบกับกระดูกต้นขาตลอดแนว แรงจึงกระจายไปตลอดความยาวของตอขาด้านนอก ความเจ็บปวดก็จะไม่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ว่าตอขาจะสั้นหรือยาว ถ้าแต่งหุ่นปูนให้ผิวด้านนอกของตอขาแนบกับผนังด้านข้างของเบ้าตลอดความยาวก็จะทำให้ผู้ป่วยรู้สึกสบาย และการควบคุมขาเทียมก็จะดีขึ้น

**2.3.1 การจัดแนว (Alignment)**

**2.3.1.1 ในแนว Frontal Plane** การประกอบขาเทียมไม่ว่าจะเป็นขาเทียมใต้เข่าหรือขาเทียมเหนือเข่า ถ้าจัดเท้าให้อยู่ใน (Medial) ต่อแกนหรือแนวของเบ้าเราเรียกว่า Inset ถ้าอยู่นอก (Lateral) ต่อแกนหรือแนวของเบ้าเรียกว่า Outset

ในขาเทียมเหนือเข่า ถ้าจัดให้เท้า Inset (ดังรูป) จะมีแรงหมุน (Moment) ตามเข็มนาฬิกา ทำให้เบ้าหมุนตาม (Angular Motion) เมื่อเบ้าหมุนก็จะเกิดการกดที่ขอบบนด้านใน (Proximo-Medial) และปลายล่างด้านนอก (Disto-Lateral) ของตอขา ถ้า Inset มากแรงที่จะเกิดขึ้นมาก จะทำให้เกิดความเจ็บปวดบริเวณนี้ได้



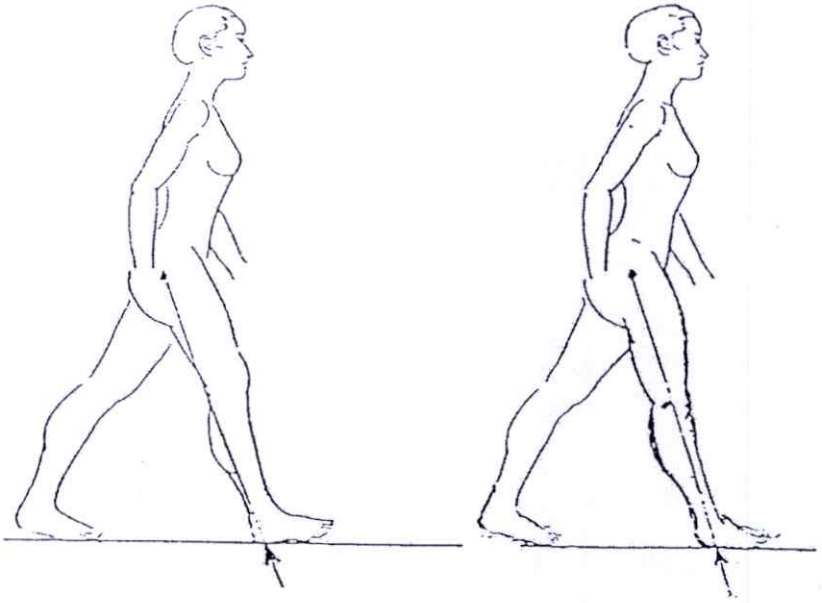
Inset Outset

**ภาพที่ 2.18** ลักษณะการจัดแนวของขาเทียมเหนือเข่า

ถ้าจัดให้เท้า Outset (ดังรูป) ก็จะเกิดปรากฏการณ์ตรงกันข้าม คือ จะมีการกดที่ขอบบนด้านนอก (Proximo-Lateral) และขอบล่างด้านใน (Disto-medial) เช่นเดียวกันถ้าจัดให้เท้า Outset มากก็จะทำให้เกิดความเจ็บปวดบริเวณที่กดได้

เนื่องจากเวลาผู้ป่วยลงน้ำหนักบนขาเทียม แรงรวมของน้ำหนักตัวไม่มีวันที่จะอยู่ในแนวเดียวกับแรงปฏิกิริยาของพื้นโลก เพราะฉะนั้นจะต้องมีการหมุนระหว่างตอขาและเบ้าเสมอ เราจะต้องพยายามทำให้แรงหมุนนี้น้อยที่สุด และเราจะเลือกจัดให้เท้าอยู่ค่อนข้าง Inset มากกว่า Outset เพราะเมื่อเท้าอยู่ Outset ปลายเท้าจะหมุนออก เมื่อหมุนออกก็จะไม่มีแรงต้านที่ตอขาด้านนอก (Lateral) กระดูกเชิงกรานก็จะเอียงลงทางด้านตรงกันข้าม (ข้างที่กำลังลอยอยู่ Swing) ผู้ป่วยก็จะล้มไปทางด้านนั้น เพื่อไม่ให้ล้มผู้ป่วยจะต้องรีบเอียงตัว (Lateral Trunk Bending) มาทางด้านขาเทียมที่รับน้ำหนัก จึงทำให้ท่าเดินผิดปกติไปที่เรียกว่า Lateral Trunk Bending

**2.3.1.2 ในแนว Sagital Plane** การจัดในแนวนี้มีความสำคัญมาก เพราะเกี่ยวกับความมั่นคง (Stability) ของการเดิน โดยปกติเมื่อส้นเท้าของขาที่ต้องรับน้ำหนักกระทบพื้น แรงปฏิกิริยาของโลกต่อน้ำหนักตัวจะผ่านทางด้านหลังของจุดหมุน หรือจุดศูนย์กลางของข้อ (ดังรูป) ทำให้เกิดโมเม้นต์(Moment) ตามเข็มนาฬิกา ทำให้ข้อเข่ามีแรงหมุนมาทางด้านหลัง คือ ทำให้ข้อเข่างอ



**ภาพที่ 2.19** ลักษณะแรงปฏิกิริยาของโลกต่อน้ำหนักตัวจะผ่านทางด้านหลังของจุดหมุน

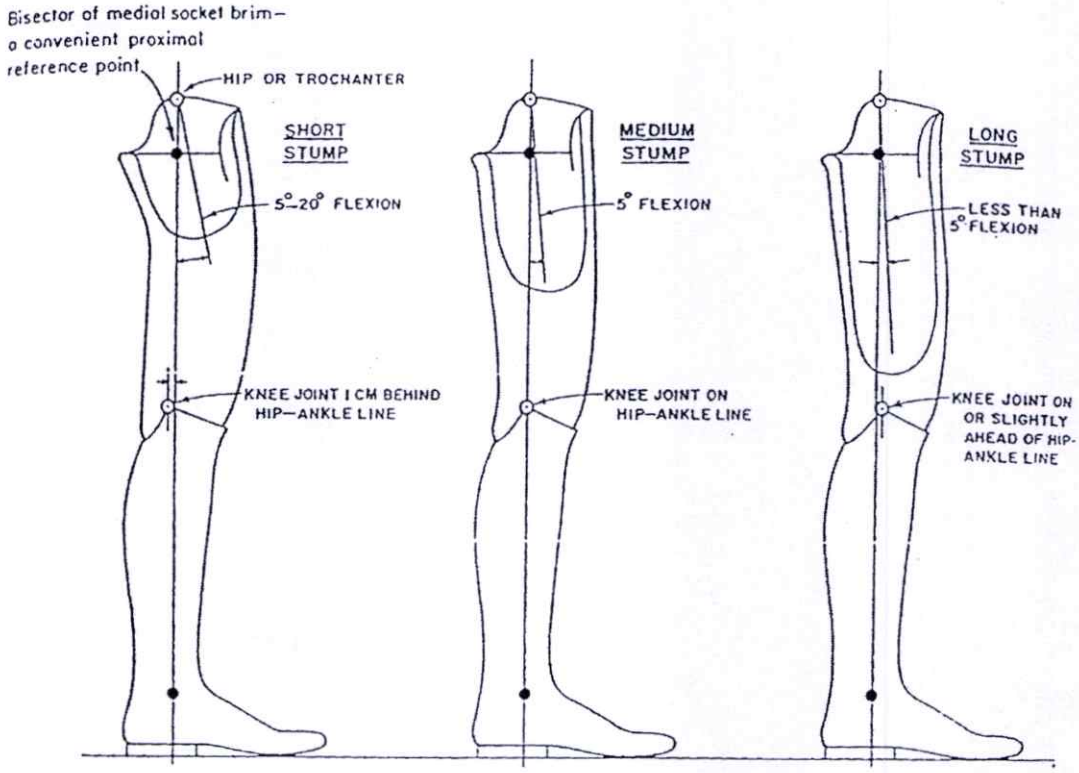
เมื่อเท้าวางราบกับพื้นและลำตัวเคลื่อนมาข้างหน้า แนวแรงปฏิกิริยาของพื้นโลกจะย้ายจากด้านหลังของข้อเข่าผ่านจุดหมุนมาทางด้านหน้ จะทำให้แรงหมุนที่จะทำให้เข่างอน้อยลงและเมื่อผ่านจุดหมุนพอดี ก็จะไม่มีแรงหมุน เมื่อแนวของแรงปฏิกิริยาของพื้นโลกผ่านหน้าต่อจุดหมุนก็จะทำให้เกิดโมเม้นท์ทวนเข็มนาฬิกา ทำให้ข้อเข่าเหยียด

ในคนปกติขณะที่ส้นเท้ากระทบพื้น และเริ่มรับน้ำหนักตัวเข่าจะงอตามโมเม้นต์ (Moment) การที่ข้อเข่าไม่งอพับมากจนทำให้ทรุดล้มลง ก็เพราะว่ามีกล้ามเนื้อ Quadriceps ต่อต้านไว้อยู่ ถากล้ามเนื้อ Quadriceps อ่อนกำลังหรือเป็นอัมพาต ขาข้างนั้นก็จะไม่สามารถรับน้ำหนักตัวในขณะเดินได้ จำเป็นต้องใช้มือช่วยดันเข้าไปข้างหลัง หรือมิฉะนั้นเราจะต้องใช้ Long Leg Brace ใส่ให้เข่าอยู่ในท่าเหยียดไว้ตลอดเวลาที่เดิน

เมื่อผู้ป่วยใส่ขาเทียมเดินก็จะมีแรงหมุนที่จะทำให้ข้อเข่าเทียมงอเช่นเดียวกัน ในระยะที่ส้นเท้าเทียมกระทบพื้นแต่กล้ามเนื้อ Gluteus Maximus จะดึงต้นขา (Thigh) มาทางด้านหลังทำให้เข่าเทียมเหยียด เพื่อสู้กับโมเม้นท์ที่จะงอเข่าในการประกอบขาเทียมถ้ามีการติดตั้งเท้าเทียมมาทางด้านหลังมากเกินไป โมเม้นต์(Moment) ที่จะทำให้ข้อเข่าเทียมงอจะมากจนกล้ามเนื้อ Gluteus Maximus ไม่สามารถจะต้านได้ ก็จะทำให้ข้อเข่าเทียมงอพับทันที เป็นเหตุให้ผู้ป่วยเข่าทรุดล้มลง

แต่ถ้าจัดให้เท้าเทียมอยู่ด้านหน้ามากเกินไป เกิดโมเม้นท์ที่เหยียดเข่าเทียมมากตลอดเวลาก็จะทำให้ข้อเข่าเทียมอยู่ในท่าเหยียดไม่ยอมงอ ผู้ป่วยก็เดินลำบากเหมือนเดินบนแกนที่ไม่มีข้อ (Peg Leg)

ดังนั้น การจัดแนว (Alignment) ระหว่างเบ้าข้อเข่าและเท้าจึงมีความสำคัญมาก โดยทั่วไป ถ้าตอขาสั้นก็มักจะจัดให้จุดหมุนของข้อเข่าอยู่หลังต่อแนว TKA (Trochanter–Knee–Ankle) ถ้าตอขามาตรฐานก็จัดให้จุดหมุนของข้อเข่าอยู่พอดีกับแนว TKA แต่ถ้าตอขายาวก็จัดให้จุดหมุนอยู่หน้า TKA เล็กน้อย




**ภาพที่ 2.20** ลักษณะการจัดจุดหมุนของข้อเข่าต่อแนว TKA ตามลักษณะของตอขา

จากทั้งหมดที่ผ่านสายตาไปจะเห็นว่า ถ้าเราเข้าใจเรื่องชีวะกลศาสตร์ (Biomechanics) เราก็จะสามารถปรับจัดแนว (Alignment) ถูกต้อง ทำให้ไม่มีปัญหาการเดินและท่าเดินเมื่อขาเทียมต้องรับน้ำหนัก (Stance Phase)

## 2.4 การตัดขา (Amputation)

ดิเรก อิศรางกูร ณ อยุธยา(2541: 30-44) กล่าวว่าการตัดขา

- เป็นการผ่าตัดที่เก่าแก่ดึกดำบรรพ์ที่สุดของมนุษย์
- ยังคงเป็นวิธีการที่ทำกันบ่อยติดตามมนุษย์มาจนถึงปัจจุบัน แม้จะมีวิธีการก้าวหน้ามาไกลก็ตาม

- ประเทศที่เจริญมากๆ เช่น สหรัฐ ปัจจุบันมีผู้พิการแขนขาขาดไม่ต่ำกว่า 1.85 ล้านคน มีการตัดแขนตัดขาไม่ต่ำกว่า 30,000 ต่อปี 8.6 คน / 1000
- ในจำนวนนี้ 90% เป็นส่วนขา (ขา : แขน 11 : 1)

**สถิติการตัดขาในบ้านเรา**

สถิติผู้พิการขาขาด การสำรวจผู้พิการขาขาดของสำนักงานสถิติแห่งชาติ 2539
20.6 คน / ประชากร 1,000 คน (ไม่ได้แยกระดับเหนือเข่า / ใต้เข่า)

**2.4.1 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 1**

1. อุบัติเหตุต่างๆ เช่น ยวดยาน การก่อสร้าง ตกจากที่สูง เครื่องจักร เครื่องยนต์ เครื่องตัด อาวุธปืนสงคราม ปืนลูกซอง กับระเบิด เชือกอวน-ลวดสลิงรัด ถูกไฟดูด ไฟช็อต ของร้อนลวกไหม้ ถูกสารเคมี ฯลฯ

การบาดเจ็บที่ทำให้ต้องตัดขา

2. อันตรายอย่างรุนแรงต่อเส้นเลือดและระบบการหมุนเวียนของโลหิตเกินกว่าที่จะซ่อมแซมได้
3. แผลติดเชื้อ
4. กรณีมีวินาศภัย อุบัติเหตุกลุ่มชนจำนวนมากมาในเวลาพร้อมกัน

**2.4.2 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 2**

- งูมีพิษกัด: พิษงูมีผลโดยตรง ทำลายเนื้อเยื่อ และทำให้เลือดให้เป็นลิ่มแข็งในหลอดเลือด ขาจะขาดเลือดไปเลี้ยงทำให้เนื้อเยื่อตายอย่างรวดเร็วและขาเน่า

**2.4.3 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 3**

- ขาดเลือดไปเลี้ยงขา เช่น เป็นโรคเส้นโลหิตตีบแข็ง (Vascular Diseases) เส้นโลหิตอุดตันจากลิ่มเลือด เส้นโลหิตถูกทับถูกกด ถูกดึงรั้งจนขาด เส้นโลหิตหดตัวเกร็งทำให้ตีบ-เลือดเดินไม่สะดวก (Vascular Spasm)

**2.4.4 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 4**

1. โรคติดเชื้อเฉียบพลัน : Gas Gangrene
2. โรคติดเชื้อเรื้อรัง : แผลเบาหวานเนื้อตายและลุกลาม โรคเรื้อน (Leprosy) กระดูกเป็นหนอง (Oateomyelitis) แผลเรื้อรังที่ผิวหนัง (Major Line Ulcer)
3. โรคเบาหวานทำให้เนื้อเยื่อร่างกายทุกส่วนเหมือนแช่อิ่ม
4. โรคเบาหวานทำให้แผลติดยาก ติดไม่ดี ติดช้า ติดเชื้อง่าย

5. กระดูกบาง เม็ดเลือดขาว และเส้นใยโปรตีนคอลลาเจ็นบกพร่อง

6. ประสาทส่วนปลายอักเสบ ด้อยประสิทธิภาพ ทำให้มือเท้าชาเวลาถูกอะไรไม่ค่อยรู้สึก และไม่เจ็บปวด จึงเป็นแผลเรื้อรัง และแผลกดทับง่าย

7. การตัดขาต้องควบคุมเบาหวานอย่างเข้มงวด ทั้งก่อน ขณะ และหลังผ่าตัด เพื่อให้เนื้อเยื่อมีคุณภาพดีขึ้น ทั้งคอลลาเจ็น การตอบโต้การอักเสบ และการต้านเชื้อโรค คือ ต้องให้แผลหายได้แบบคนไม่เป็นเบาหวาน

**2.4.5 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 5**

1. เนื้องอกขนาดใหญ่มากของขา หรือผ่าตัดแล้วเป็นอีก ซ้ำซาก

2. เป็นมะเร็งร้ายแรงของกระดูก หรือเนื้อเยื่ออื่นๆ ของขา ผ่าตัดเอาออกไม่ได้หมด

3. มะเร็งกระจายมาจากที่อื่น

**2.4.6 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 6**

1. ขาด้วน ขากุด ขาบกพร่อง ผิดรูปโดยกำเนิด (Congenital Amputation, Limb Deficiency, Pseudo-Arthrosis of Tibia)

2. ปลายกระดูกโผล่ทะลุเนื้อ ที่ส่วนปลายตอขา (Bone Stump Overgrowth)

**2.4.7 สาเหตุที่พบบ่อย กลุ่มที่ 7**

1. ตัดซ้ำ : แผลที่ตัดไว้ไม่ติด หรือมีหนองมีน้ำเหลืองไหลโรคเดิมที่ตัดขาไว้ลุกลามขึ้นอีก

2. ตอขาผิดรูปมาก : กระดูกที่หัก เชื่อมติดกันอย่างคด เนื้อปลายตอขามีส่วนเกินมาก ยุ้ย / หย่อน / ยาน ต้องปรับแต่งใหม่

## 2.5 การดูแลผู้ป่วยหลังการถูกตัดขา

การฟื้นฟูผู้ป่วยแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะก่อนผ่าตัด และ หลังผ่าตัดจาก พรรณทิพย์ มูลศาสตรสาทร (2541:45-52)

**2.5.1 การประเมินสภาพและดูแลผู้ป่วยก่อนผ่าตัด (Preoperative)** ประกอบด้วย

1. การให้คำปรึกษาก่อนผ่าตัด (Preoperative Counseling)

เพื่อบอกให้ผู้ป่วยทราบถึงความจำเป็นของการผ่าตัด สภาพภายหลังผ่าตัดจะมีการสูญเสียความสามารถในการทำงานเพียงใด แนวทางการรักษา การใส่กายอุปกรณ์เทียม การฝึกใช้ การป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น การที่ได้พูดคุยกับผู้ป่วยในช่วงนี้ โดยเฉพาะถ้าร่วมกับผู้ป่วย

ได้คุยกับบุคคลที่สามารถใช้ขาเทียมได้เป็นอย่างดีแล้วจะช่วลดความวิตกกังวลและการซึมเศร้า ท้อแท้ที่ต้องถูกตัดแขนขาได้

2. การประเมินทางสุขภาพ (Assessment of Medical Problem)

ประเมินถึงโรคประจำตัวอื่นๆ เช่น โรคของระบบหลอดเลือดและหัวใจ ได้แก่ กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ภาวะหัวใจล้มเหลว โรคปอดเรื้อรัง ซึ่งพบร่วมได้บ่อยในรายที่ถูกตัดขาจากโรคหลอดเลือดส่วนปลายตีบตัน โรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น ข้อเข่าเสื่อม การซักถามถึงความสามารถเดิมของผู้ป่วย เช่น เดินได้หรือไม่ ด้วยวิธีใด สิ่งต่างๆ เหล่านี้จะนำมาใช้วางแผนและตั้งเป้าหมายการรักษาให้แก่ผู้ป่วย

3. การให้คำแนะนำในการออกกำลังกาย

เพื่อเตรียมกล้ามเนื้อแขนให้แข็งแรงเพียงพอที่จะใช้ไม้ค้ำยันในการช่วยเดิน การเตรียมกล้ามเนื้อขาด้านปกติให้แข็งแรงเพื่อทำงานแทนขาข้างที่ถูกตัดในช่วงที่ยังไม่ได้ขาเทียม การเตรียมกล้ามเนื้อต้นขาที่ถูกตัดเพื่อให้แข็งแรงพอที่จะใช้ขาเทียมได้

**การประเมินสภาพและดูแลผู้ป่วยหลังผ่าตัด (Postoperative)**

**1. การประเมินสภาพผู้ป่วยหลังผ่าตัด** ประกอบด้วย

1.1 พิสัยของข้อ (Rang of Motion) ตรวจทั้งข้างที่ถูกตัด และส่วนอื่นๆ คือ แขน ขาอีกข้าง และลำตัว ซึ่งถ้ามีการติดยึด (Contracture) และไม่ได้รับการแก้ไขจะเกิดความผิดรูปของร่างกาย (Deformity) และไม่สามารถเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อได้เต็มที่ การป้องกัน วิธีการที่สำคัญก็คือการจัดทำให้ถูกต้องก่อนและหลังผ่าตัด

1.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength) ตรวจทั้งขาข้างที่ถูกตัดและทั่วไป ที่สำคัญคือ

- Hip Adductor มีความสำคัญเกี่ยวกับความมั่นคงของข้อสะโพก
- Hip Extensor เป็นตัวสำคัญในการใช้ขาเทียมระดับเหนือเข่า
- Hip Internal และ External Rotator ถ้าไม่สมดุลกันจะทำให้เกิด Strain ทั้งในช่วงยืนและเดิน
- Shoulder Depressor, Elbow Extensor, Wrist Extensor และ Hand Grip เป็นกล้ามเนื้อที่ต้องในการเดินด้วยไม้ค้ำยัน

**2. การดูแลตอขา**

ความสามารถปกติด้านชีวะกลศาสตร์ของร่างกาย ควรได้รับการแก้ไขก่อนใส่ขาเทียม มิฉะนั้นจะไม่สามารถใช้ขาเทียมได้ หรือมีรูปแบบการเดินที่ผิดปกติได้

ตอขา (Stump) ที่ดีและเหมาะสมที่จะใส่ขาเทียม นอกจากต้องอาศัยเทคนิคการผ่าตัดที่ดีแล้วยังต้องมีแผลที่ติดสนิท มีความยาวของตอขาที่เหมาะสม มีความรู้สึก ไม่มีพังผืดยึดปลายประสาท ไม่มีปมที่จะก่อให้เกิดความเจ็บปวด (Neuroma) ไม่มีอาการบวมที่จะเป็นอุปสรรคต่อการใส่ขาเทียม เป็นต้น การบรรลุจุดประสงค์ดังกล่าวให้เร็วที่สุด ประกอบด้วย

2.1 การทำแผลหลังผ่าตัด (Dressing) มีหลายวิธีการ คือ

2.1.1 Soft Dressing เป็นการทำแผลธรรมดาแล้วพันทับด้วยผ้ายืด (Elastic Bandage) มีข้อดี คือ สะดวก เปิดออกดูแผลได้ง่าย จึงเหมาะในรายที่มีการติดเชื้อบริเวณแผลผ่าตัด ต้องเปิดทำแผลบ่อยๆ หรือในรายที่มีโอกาสเกิดแผลแยกง่าย เช่น ตอขาของผู้สูงอายุ ผู้ป่วยที่มีเส้นเลือดส่วนปลายตีบตัน

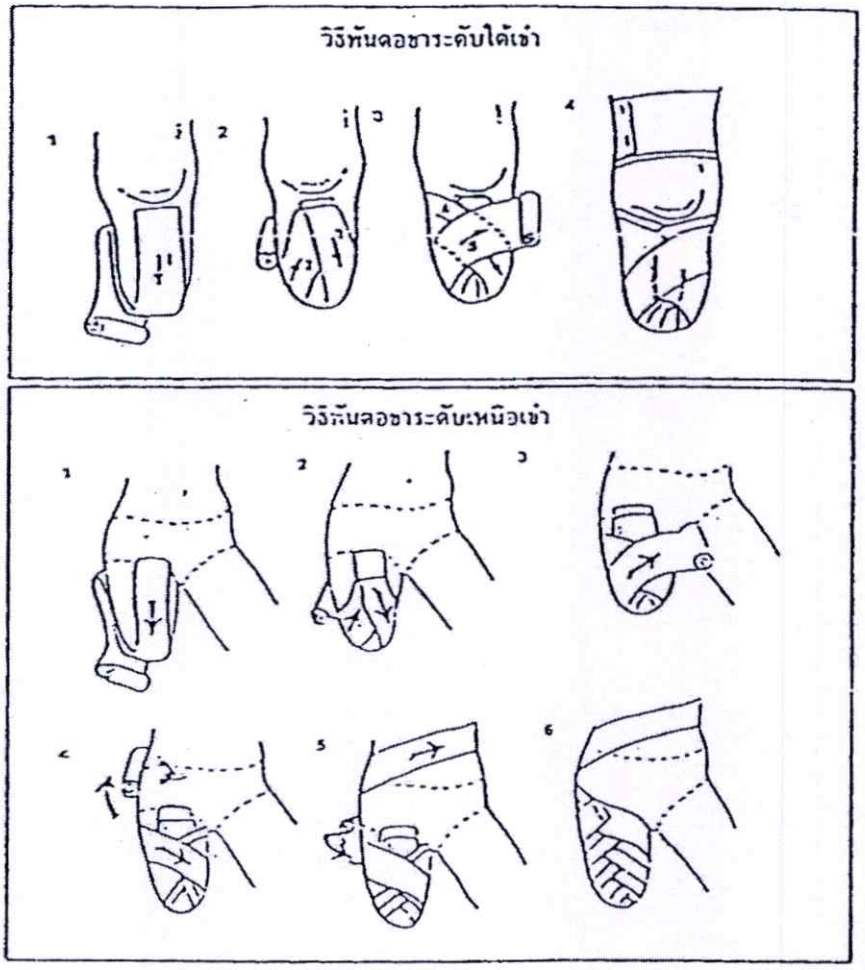
2.1.2 Rigid Dressing เป็นการทำแผลธรรมดาแต่พันทับด้วยเฝือกปูน (Plaster of Paris) จะแกะออกเปลี่ยนภายหลังผ่าตัดประมาณ 10 - 14 วัน เป็นวิธีที่นิยมมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีข้อดี คือ ตอขายุบบวมเร็ว แผลสะอาด ติดง่าย ป้องกันตอขาจากการถูกกระแทก ได้ตอขาที่เข้ารูปตั้งแต่แรก ผู้ป่วยสามารถลุกเดินได้เร็ว โดยเฝือกปูนทำหน้าที่เป็นเบ้าต่อกับ Pylon ใช้เป็นขาเทียมชั่วคราว การที่ผู้ป่วยสามารถลุกเดินได้เร็ว โดยใช้ Pylon จะมีประโยชน์อย่างมากกล่าวคือ ลดการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการนอนนาน (Immobilization Syndrome) สามารถฟื้นฟูกล้ามเนื้อให้กลับคืนสภาวะปกติ โดยไม่ต้องมุ่งที่จะออกกำลังเฉพาะส่วนโดยตรง ผลจากการยืน เดิน จะมีการเคลื่อนไหวของข้อตลอดเวลา ทำให้การติดของข้อน้อยลง สามารถกลับไปประกอบอาชีพและช่วยเหลือตัวเองได้ในขณะที่รอขาเทียมถาวร ผู้ป่วยเกิดความเชื่อมั่นและรอคอยขาที่มีรูปร่างลักษณะการทำงานใกล้เคียงธรรมชาติ ทำให้สภาพจิตใจดีขึ้นเร็ว

2.2 การให้คำแนะนำในการดูแลตอขา

ภายหลังการผ่าตัดจะมีอาการตอขาบวมซึ่งพบได้ทุกราย เพื่อลดอาการบวมซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการใส่ขาเทียม และอาจเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยของตอขา ผู้ป่วยจึงควรเรียนรู้การพันตอขาของตนเองดังรูป

สำหรับตอขาระดับใต้เข่าควรใช้ผ้ายืด (Elastic Bandage) ขนาด 4 นิ้ว ตอขาระดับเหนือเข่าใช้ขนาด 6 นิ้ว และถอดพันใหม่อย่างน้อยทุก 6 ชั่วโมง เพื่อให้มีความกระชับตลอดเวลา และระยะเวลาที่คลายออกไม่ควรเกิน 15-20 นาที

การพันตอขาจะพันจนกว่าจะยุบตัวดี (Shrinkage) พอที่จะใส่ขาเทียมถาวรได้ วิธีง่ายๆ ในการตรวจดูว่าตอขายุบตัวดีคือ ใช้ปลายนิ้วหยิบผิวหนังบริเวณตอขา ถ้าหยิบขึ้นแสดงว่ายุบได้พอเหมาะแล้ว ถ้าหยิบไม่ขึ้นแสดงว่ายุบตัวยังไม่พอ ต้องพันขาต่อ




**ภาพที่ 2.21** ลักษณะการพันตอขาระดับใต้เข่าและเหนือเข่า

**เรามักจะพบตอขายึดติดในท่างอ เนื่องจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ**

1) ความไม่สมดุลของแรงดึงของกล้ามเนื้อ เกิดจากกล้ามเนื้อบางกลุ่มถูกตัดไป เช่น ตอขาระดับเหนือเข่า ขามักติดในท่างอและกางออก (Flexion & Abduction) จากกล้ามเนื้อ Hip Adductor และ Hamstring ถูกตัด

2) การอยู่ในท่าทางที่ผิด ในการนอน นั่ง ยืน และเคลื่อนไหว โดยทั่วไปภายหลังการผ่าตัด ผู้ป่วยจะรู้สึกสบาย ถ้านอนในท่าที่งอต้นขา เพราะทำให้อาการตึงของกล้ามเนื้อน้อยลง อาการปวดก็จะลดลงด้วย ดังรูป ภายหลังแผลติดดีแล้ว ควรตรวจตอขาทุกวัน ล้างด้วยสบู่และซับให้แห้ง และทาด้วยแป้ง

**ภาพที่ 2.22** ลักษณะท่าที่ต้องหลีกเลี่ยงหลังการผ่าตัดใหม่ๆ

### 3. การดูแลผู้ป่วยทั่วไป

เนื่องจากผู้ป่วยส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง เป็นต้น บางโรคก็เป็นสาเหตุให้ผู้ป่วยต้องถูกตัดขา ฉะนั้นเราจึงต้องดูแลและแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น เช่น การดูแลเท้าข้างที่ดีในผู้ป่วยเบาหวาน (Diabetic Foot Care) เพราะมีโอกาสถูกตัดอีก การควบคุมปัญหาเรื่องเบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ ฯลฯ การใช้จิตวิทยาในการดูแลผู้ป่วยเนื่องจากการสูญเสียขาไป

**4. การออกกำลังกาย**

นอกจากวิธีการผ่าตัดที่ดีการออกกำลังกายก็มีความจำเป็นมากเพื่อที่จะได้ตอขาที่สมบูรณ์แบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อป้องกันและแก้ไขข้อที่ติดในท่างอ ทำให้การไหลเวียนโลหิตของตอขาดี ทำให้เกิดความสมดุลของกำลังกล้ามเนื้อ เพิ่มกำลัง ความทนทานและการทำงานอย่างประสานกันของกล้ามเนื้อ และป้องกันการลีบของกล้ามเนื้อตอขา ทั้งนี้ให้พิจารณาตามสภาพของผู้ป่วยแต่ละคนและควรเริ่มเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ พร้อมทั้งเน้นให้ผู้ป่วยทราบถึงจุดมุ่งหมาย ตลอดจนผลเสียที่จะเกิดขึ้นถ้าละเลย

การบริหารเพื่อเตรียมร่างกายก่อนใส่ขาเทียม (Preprosthetic Training Program) ประกอบด้วยการเตรียมร่างกายทั่วๆ ไป และการเตรียมตอขา

4.1 การบริหารเพื่อเตรียมร่างกายทั่วๆ ไป เคลื่อนไหวแขนและขาให้สุดพิสัยของข้อ 2-3 ครั้ง วันละ 2 ชุด เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อแขนเพื่อใช้ไม้ค้ำยัน การฝึกหายใจ (Breathing Exercise)

4.2 การบริหารเพื่อเตรียมตอขา ในระดับต่างๆ

Hip Amputation เนื่องจากการทำงานของขาเทียมประเภทนี้ต้องใช้กล้ามเนื้อลำตัวและสะโพก คือช่วง Swing ใช้การยกและแอ่นของสะโพก (Elevate and Posterior Tilting of Pelvis) ร่วมกับการบิดลำตัว (Body Rotation)

จุดประสงค์ของการบริหารคือ เพิ่มความยืดหยุ่นของลำตัวและกำลังของกล้ามเนื้อสะโพก ได้แก่ ยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างและลำตัว เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อสะโพกที่เหลืออยู่

**Short Above Knee (AK) Amputation** การทำงานของขาเทียมใช้กล้ามเนื้อสะโพกเป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้อยจากกล้ามเนื้อตอขา การบริหารในกลุ่มนี้เหมือนใน Hip Amputation ร่วมกับการยืดกล้ามเนื้องอสะโพก และเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อรอบสะโพก

**Midthigh และ Long Above Knee Amputation** มีตอขอที่ยาวกว่า Short AK ทำให้ได้เปรียบเชิงกลในการใช้ขาเทียม และโอกาสเกิดข้อติดน้อยกว่า การบริหารเหมือน Short AK ทั้งในท่าการยืดและเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ

4.3 การเตรียมตัวเพื่อหัดเดิน ประกอบด้วย

4.3.1 การฝึกทรงตัว (Balancing Exercise) เริ่มทันทีที่สามารถลุกนั่งได้ ได้แก่ การนั่งทรงตัวที่เตียง การยืนทรงตัวโดยเกาะเก้าอี้ข้างเตียง

4.3.2 การกระโดดขาเดียว (Hopping) เริ่มจากผู้ป่วยสามารถยืนได้มั่นคงดีแล้ว ทำให้สามารถไปไหนมาไหนในระยะใกล้ได้โดยไม่ต้องใช้ไม้ค้ำยันหรือเก้าอี้ล้อเข็น เพิ่มความมั่นคงในการทรงตัวและลดความกลัวที่จะล้ม

4.3.3 การหัดเดินด้วยไม้ค้ำยัน (Crutch Walking) ควรเริ่มเร็วที่สุด เพื่อป้องกันการใช้เก้าอี้ล้อเข็นเกินไป ซึ่งจะเพิ่มโอกาสเกิดข้องอติดได้ โดยเริ่มจากการฝึกกำลังกล้ามเนื้อแขนที่ใช้สำหรับการเดินด้วยไม้ค้ำยัน การเดินด้วยไม้ค้ำยันรักแร้ (Axillary Crutches) เริ่มจาก Tripod Alternate Gait หรือ Tripod Simultaneous Gait เมื่อทรงตัวได้ดีจึงเปลี่ยนเป็น Swing Through Gait

**ปัญหาของตอขาและการแก้ไข**

พบว่าผู้ป่วยที่ใส่ขาเทียมไม่ได้ ปัญหาหลักเกิดจากตอขา จะขอแบ่งปัญหาของตอขาที่เกิดขึ้นเป็น 2 ระยะ คือ ก่อนและหลังใส่ขาเทียม

**1. ปัญหาของตอขาก่อนใส่ขาเทียม**

1.1 การติดเชื้อ (Infection)

ตอขาที่มีการอักเสบจากติดเชื่อไม่ควรใช้ Rigid Gressing และควรได้รับยาปฏิชีวนะที่เหมาะสม เชื้อที่พบบ่อยๆ คือ Staphylococcus แก้ไขโดยการทำแผลและผ่าเพื่อระบายหนองออกในรายที่จำเป็น

1.2 รอยแตกของตอขา (Maceration)

เกิดจากตอขาแห้งเกินไปมักเกิดจากการใช้แอลกอฮอล์เดทำความสะอาดตอขามากเกินไป ควรใช้ครีมทา

1.3 ปลายกระดูกงอก (Bone Overgrowth)

ชนิดที่พบบ่อยที่สุด คือ Bone Spur ซึ่งเกิดจากเทคนิคการผ่าตัดไม่ดี ถ้าแก้ไขที่ตัวเบ้าขาเทียมไม่ได้ และทำให้ผู้ป่วยมีอาการเจ็บปวดเวลายืน ต้องแก้ไขด้วยการผ่าตัดเอาปลายกระดูกงอกออก

1.4 ปมปลายประสาท (Neuroma)

ปลายเส้นประสาทที่ถูกตัดทุกเส้นจะหดเป็นก้อนแทรกในเนื้อเยื่อแต่ถ้าอยู่บริเวณผิวและถูกกระทบมักจะทำให้เกิดความเจ็บปวด เช่น เวลาใส่ขาเทียม การลดอาการทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ปลายนิ้วเคาะเบาๆ บริเวณที่มีปมปลายประสาทบ่อยๆ (Desensitization Technique) ใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (TENS) ยาต้านการอักเสบ (NSAID) Ultrasound Diathermy การนวด (Massage) จนถึงการฉีด Steroid เพื่อลดการอักเสบ, ฉีด Xylocain หรือ Phenol Block เพื่อลดอาการปวด ถ้ายังไม่สามารถลดอาการเจ็บปวดได้ก็ต้องแก้ไขด้วยการผ่าตัด

1.5 ตอขาบวม (Stump Edema)

ผู้ป่วยทุกรายหลังผ่าตัดจะมีตอขาบวม ถ้าได้รับการดูแลที่ดี รู้จักพันตอขาด้วยวิธีที่ได้กล่าวไปแล้ว อาการบวมจะยุบได้ในเวลาไม่ช้า

1.6 การยึดติดของตอขา (Contracture)

มักเกิดในช่วงก่อนและหลังผ่าตัด ซึ่งถ้าได้ปฏิบัติตามคำแนะนำ รวมทั้งได้ใช้ขาเทียมเดินแล้วจะลดการเกิดข้อติดได้มาก แต่ถ้าเกิดขึ้นแล้วการใช้ความร้อน เช่น Untrasound Diathermy ตามด้วยการยืดด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น PNF, Reciprocal Inhibition นวดบริเวณที่มีพังผืดยึด (Deep Friction Massage) และทำ Serial Cast อาจลดการติดได้ ถ้าแก้ไขไม่ได้ต้องใช้วิธีผ่าตัด ควรคำนึงถึงเสมอว่าการป้องกันนั้นง่ายกว่าการรักษา

1.7 Phantom Sensation

เป็นปรากฏการณ์ปกติในผู้ป่วยที่ถูกตัดแขนขาไป โดยรู้สึกว่าส่วนของแขนขาที่ถูกตัดไปยังคงอยู่และมีความรู้สึกแปลกๆ แต่ไม่เจ็บ ต่อมาความรู้สึกนี้จะค่อยๆ หายไปอาจเหลือเฉพาะบริเวณปลายสุด เช่น รู้สึกว่าหัวแม่มือหรือนิ้วหัวแม่เท้าเหลือติดอยู่ที่ปลายตอ ถ้าแขนหรือขาที่ถูกตัดไปนั้นเดิมไม่มีความรู้สึกหรือเป็นอัมพาตมาก่อนมักไม่มี Phantom Sensation

1.8 อาการปวดของตอขา (Stump Pain)

ในกรณีที่ผู้ป่วยรู้สึกปวดบริเวณขาที่ถูกตัดไปจะต้องซักถามและตรวจเพื่อแยกให้ได้ว่าอาการเจ็บปวดของผู้ป่วยเกิดจากสาเหตุใด เนื่องจากการรักษาแตกต่างกัน จึงขอแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม

1.8.1 อาการปวดบริเวณตอขา (Residual Limb Pain) หมายถึง อาการเจ็บปวดที่เกิดจากปัญหาของตอขา เช่น อักเสบ ติดเชื้อปมของปลายประสาท ปลายกระดูกงอ เป็นต้น

1.8.2 ปวดร้าว (Referred Pain) ผู้ป่วยรู้สึกเจ็บปวดใน Phantom Limb หรือในตอขาจากการปวดร้าวมาจากพยาธิสภาพบริเวณอื่น เช่น หมอนรองกระดูกแตกทำให้ปวดบริเวณปลายเท้าใน Phantom Limb ซึ่งต้องรักษาที่พยาธิสภาพสาเหตุ

## 2.6 กายอุปกรณ์เทียม (Prosthesis)

เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม(2538:99-101) กล่าวไว้ว่ากายอุปกรณ์เทียมเป็นอุปกรณ์ที่ทำขึ้นเพื่อใช้แทนส่วนของร่างกายที่หายไปเช่นฟันปลอม หัวกระดูกปลอม ลิ้นหัวใจ แขนเทียม นิ้วเทียม ขาเทียม เป็นต้น กายอุปกรณ์เทียมนั้นไม่ว่าจะเป็นประเภทใดก็ตาม ย่อมจะไม่สามารถนำมาทดแทนได้เหมือนของจริง แต่เมื่อมีการสูญเสียอวัยวะที่เป็นของจริงไปจะเนื่องมาจากสาเหตุใดก็ตาม การได้ของเทียมมาใช้แทนก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานของอวัยวะนั้นดีขึ้นกว่าที่จะไม่มีอะไรมาทดแทนเลย กายอุปกรณ์เสริมที่จะกล่าวในที่นี้จะกล่าวเฉพาะขาเทียมและแขนเทียมเท่านั้น

หลักในการพิจารณาแขนเทียมและขาเทียม

การสร้างแขนเทียมและขาเทียมนั้นได้มีการพัฒนาการสร้างมาเรื่อยๆ ซึ่งเราจะมีหลักโดยทั่วไปในการเลือกดังนี้

1. น้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงและทนทาน
2. ราคาไม่แพง
3. ใช้งานได้ดีและใส่สบาย
4. ง่ายแก่การบำรุงรักษา
5. ใช้ประโยชน์ได้มาก
6. สวยงามคล้ายของจริง

**2.6.1 ขาเทียม (Lower Extremities Prostheses)**

ขาเทียม จะแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้สองพวก คือ ขาเทียมที่ใช้ในระดับเหนือเข่าและขาเทียมที่ใช้ในระดับใต้เข่า ตามปกติแล้วผู้ที่ใช้ขาเทียมระดับใต้เข่าจะสามารถเดินได้ดีกว่าพวกที่ใช้ขาเทียมในระดับเหนือเข่า ซึ่งถ้าหากไม่สังเกตจะไม่ทราบเลยว่าผู้นั้นใส่ขาเทียมอยู่ ผู้ใส่ขาเทียมในระดับใต้เข่าส่วนมากจะสามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้เหมือนคนปกติ เช่น การเดิน การเล่นกีฬาเบาๆ การขับรถ ส่วนผู้ที่ใส่ขาเทียมในระดับเหนือเข่า การทำงานจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชนิดใต้เข่า การเดินส่วนใหญ่อาจจะต้องใช้ไม้เท้าช่วย ทั้งนี้เพราะไม่สามารถควบคุมบริเวณข้อเข่าได้เหมือนข้อเข่าจริง

ส่วนประกอบของขาเทียม จะแบ่งออกเป็นสองส่วนดังนี้

1. ส่วนที่ลงน้ำหนัก ส่วนนี้จะทำรูปร่างคล้ายกับขาส่วนที่ขาด ซึ่งมักทำด้วยพลาสติกและไม้ ส่วนบนจะมีลักษณะเป็นเบ้าเพื่อสวมเข้ากับขาส่วนที่ขาด (Stump) คล้ายกับการใส่รองเท้า ส่วนนี้จะมีความสำคัญมากเพราะต้องทำให้พอดี และจะต้องสามารถที่จะกระจายน้ำหนักจากส่วนปลายของขาข้างที่ขาดไปยังส่วนอื่น ถ้าทำไม่ดีน้ำหนักของร่างกายจะตกไปที่จุดหนึ่งจุดใด ทำให้เกิดการเจ็บได้ ที่บริเวณเท้าและข้อเท้าของขาเทียม จะทำให้มีความยืดหยุ่นเมื่อเวลาเดินจะมีลักษณะคล้ายการเดินตามปกติ ส่วนตรงข้อเท้าที่ใช้กันมักจะทำเพียงแกนเดียวซึ่งเพียงพอในการเดิน สำหรับขาเทียมในระดับเหนือเข่า ส่วนที่สำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้องคือบริเวณข้อเข่าซึ่งมีความสำคัญในการเดินและการนั่ง ดังนั้น การงอและเหยียดข้อเข่าของขาเทียมนี้จึงมีความสำคัญมาก ได้มีการสร้างข้อเข่าให้มีประสิทธิภาพการใช้งานแตกต่างกันหลายชนิดตามความสะดวกในการใช้ แต่ก็จะมีราคาแตกต่างกันออกไป แบบทั่วๆ ไปก็จะใช้แรงเหวี่ยงในขณะเดินเพื่อบังคับข้อให้เหยียด บางชนิดก็ใช้มือบังคับบางชนิดก็ใส่อุปกรณ์อีเล็คโทรนิคเข้าไปเพื่อช่วยในการเดินเหมือนธรรมชาติมากที่สุด

2. ส่วนที่ยึดติดกับร่างกาย ส่วนที่ยึดขาเทียมให้ติดกับร่างกายนั้นส่วนมากจะมีลักษณะเป็นสายรัดเพื่อยึดขาเทียมเข้ากับส่วนของร่างกาย ในการใส่ขาเทียมให้มีประสิทธิภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายองค์ประกอบ เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของผู้ใส่ ความพอดีของขาที่ใส่เข้าไป รูปร่างของตอขา (Stump) ในบางคนเมื่อใช้ขาเทียมไปแล้วไม่ได้ออกกำลังบริหารขาอย่างสม่ำเสมอก็อาจจะทำให้หลวมได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการสวมถุงที่ตอขาหลายๆ ชั้น แต่ถ้าหลวมมากก็จะต้องนำขาเทียมไปปรับปรุงแก้ไข หรือในรายที่ใช้แล้วเจ็บก็จะต้องปรับปรุงแก้ไขเช่นกัน สำหรับผู้ที่ใช้ขาเทียมนั้นจะต้องบริหารกล้ามเนื้อขาอย่างสม่ำเสมอ เพราะผู้ที่มีกล้ามเนื้อขาที่แข็งแรงจะทำให้การเดินมีประสิทธิภาพ

## 2.7 ส่วนประกอบของขาเทียมเหนือเข่า (Component of Above-Knee Prosthesis)

อนุวัฒน์ ดวงประทีป (2541:53-58) กล่าวว่าโดยทั่วไปขาเทียมเหนือเข่าจะมีส่วนประกอบที่สำคัญๆ คือ

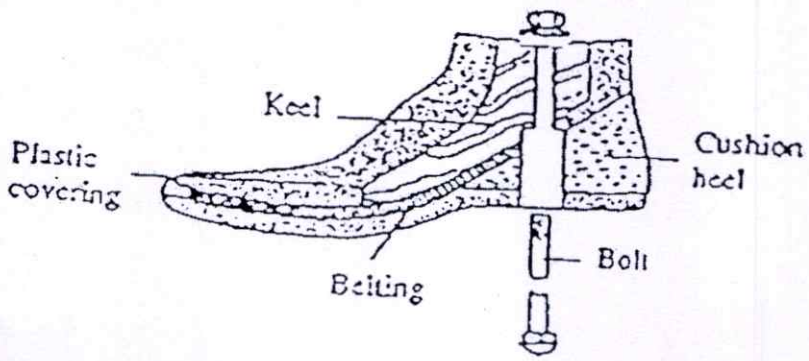
1) เท้าเทียม (Prosthetic Foot)
2) แกนขา (Shank)
3) ข้อเข่า (Knee Joint)
4) เบ้าขาเทียม (Socket)
5) ที่ยึดขาเทียม (Suspension)

### 2.7.1 เท้าเทียม (Prosthetic Foot)

ในปัจจุบันนี้เท้าเทียมมีอยู่ด้วยกัน หลายชนิดคือ

**2.7.1.1 SACH Foot (Solid Ankle Cushion Heel)** เป็นชนิดที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักเบา, ราคาไม่แพง และมีส่วนประกอบน้อยชิ้น ทำให้มีความทนทานพอสมควร

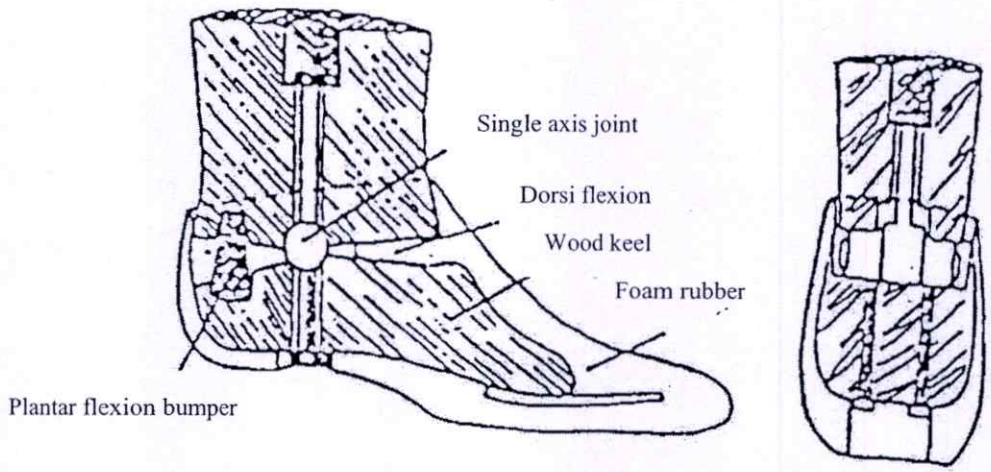
ส่วนประกอบที่สำคัญของ SACH Foot คือ (ดังรูป)




**ภาพที่ 2.23** ลักษณะเท้าเทียมชนิด SACH Foot

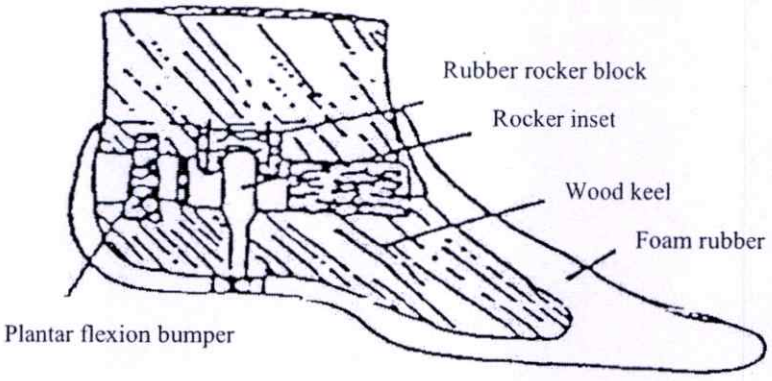
- Keel เป็นโครงสร้างภายในของตัวเท้า โดยทั่วไปมักจะทำด้วยไม้ หรือ Plastic
- Cushion Heel เป็นส่วนประกอบที่สำคัญตรงบริเวณตำแหน่งของส้นเท้า ทำจาก Foam หรือยางสังเคราะห์ชนิดพิเศษที่มีความยืดหยุ่นดี ทั้งนี้เพราะว่า เท้าชนิดนี้จะไม่มีการกระดกของข้อเท้า เวลาผู้ป่วยเดินลงน้ำหนักในจังหวะที่ส้นเท้ากระแทกพื้น (Heel Strike) จะต้องมีการยุบตัวของส้นเท้า เพื่อรับแรงกระแทก และทำให้มีลักษณะคล้ายกับการกระดกข้อเท้าลง (Plantar Flexion)
- Belting มักจะเป็นแถบผ้าใบที่ยึดกับส่วนปลายของ Keel เพื่อเป็นการเสริมความแข็งแรงของส่วนปลายเท้า (Forefoot)
- Plastic Covering เป็นตัวหุ้มที่ทำด้วยยางแข็ง เพื่อให้รูปร่างคล้ายเท้าจริง
- Bolt เป็นที่ใช้สำหรับยึดติดกับส่วนปลายของ Shank

**2.7.1.2 Single Axis Foot** มีข้อต่อบริเวณตำแหน่งของข้อเท้า ทำให้สามารถกระดกข้อเท้าขึ้น-ลงในแนว Sagittal Plane (Dorsi Flexion – Plantar Flexion) ซึ่งจะทำให้มีความมั่นคง (Stability) เพิ่มขึ้นในขณะเดินเทียบกับเท้าชนิด SACH Foot เมื่อเดินในพื้นที่ไม่เรียบ



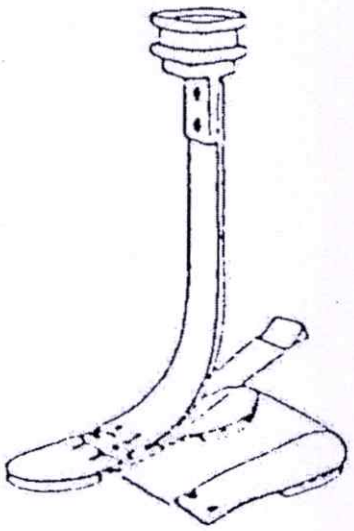

**ภาพที่ 2.24** ลักษณะเท้าเทียมชนิด Single Axis Foot

**2.7.1.3 Multiple Axis** มีข้อต่อทั้งในแนว Antero-Posterior และ Medio-Lateral เพื่อให้ข้อเท้าสามารถเคลื่อนไหวทั้งในแนวขึ้น-ลง (Sagittal Plane) และแนวด้านข้าง (Inversion & Eversion) แต่ไม่นิยมใช้เพราะว่ามีน้ำหนักมาก, มีส่วนที่เคลื่อนที่มาก ทำให้ชำรุดง่าย และราคาแพง




**ภาพที่ 2.25** ลักษณะเท้าเทียมชนิด Multiple Axis

**2.7.1.4 Energy Storing Foot** เป็นเท้าเทียมรุ่นใหม่ๆ ที่ทำโดยใช้โครงสร้างภายในชนิดพิเศษที่มีความยืดหยุ่น (Flexible) มาก ทำให้เวลาเดินเหมือนมีการเคลื่อนไหวได้ทุกทิศทาง และช่วยในการ Push off เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเดิน เหมาะสำหรับใช้ในนักกีฬา หรือผู้ป่วยที่ต้องใช้งานหนัก เช่น Dynamic Foot, Flex Foot เป็นต้น



**ภาพที่ 2.26** ลักษณะเท้าเทียมชนิด Energy Storing Foot

**2.7.2 แกนขา (Shank)**

เป็นส่วนต่อระหว่างเท้าเทียมและข้อเข่า ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด (ตามชนิดของขาเทียม)

2.1 ระบบ Exoskeleton ทำจากไม้ หรือ Foam สังเคราะห์ เชื่อมต่อระหว่างข้อเข่าและเท้าเทียม เพื่อที่จะรับน้ำหนักจากต่อขาลงไปสู่เท้าเทียม และเมื่อหลังจากจัดแนวขาเทียมเรียบร้อยแล้ว จึงแต่งไม้หรือ Foam ให้เข้ารูปมีขนาดใกล้เคียงกับหน้าแข้งอีกข้างหนึ่ง แล้วนำมาเคลือบด้วย Polyester resin อีกชั้นหนึ่ง

2.2 ระบบ Endoskeleton หรือ Modular Type มีลักษณะเป็นท่อโลหะกลวงที่เชื่อมต่อระหว่างข้อเข่าและเท้าเทียม โดยส่วนที่เรียกว่า Adaptor ที่สามารถปรับแนวขาเทียมให้อยู่ในแนวที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแล้วจึงหุ้มด้วย Foam ชนิดนิ่ม (Soft Foam) หรือฟองน้ำ แต่งให้เข้ารูปและมีขนาดใกล้เคียงกับหน้าแข้งอีกข้าง

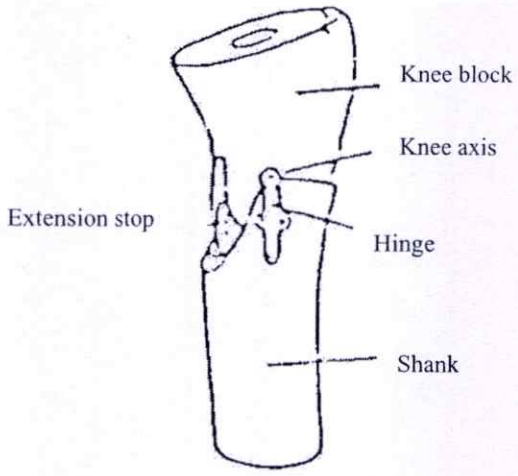
**2.7.3 ข้อเข่า (Knee Joint)**

เป็นส่วนต่อจากเบ้าขาเทียมที่ทำหน้าที่หลักคือ งอเหยียดในช่วง Swing Phase ให้มีความมั่นคงในช่วง Stance Phase และสามารถรับน้ำหนักตัวของผู้ป่วยในขณะเดินได้ด้วย มีหลายชนิดด้วยกันคือ

2.7.3.1 Outside Knee Hinge Joint มีลักษณะเป็นข้อเข่าที่ต้องติดอยู่ภายนอกของ Socket & Shank ใช้ในผู้ป่วยที่มี Stump ยาวมาก ทำให้ไม่สามารถใช้ข้อเข่าปกติได้

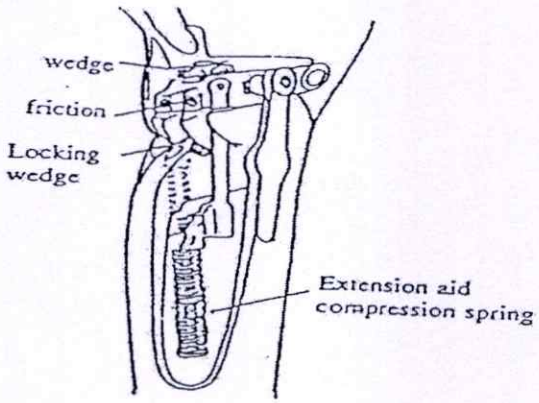
**ภาพที่ 2.27** ลักษณะข้อเข่าชนิด Outside Knee Hinge Joint

2.7.3.2 Single Axis, Constant – Friction Knee สามารถงอเหยียดได้คล้ายบานพับ โดยไม่มีกลไกอื่นควบคุม แต่สามารถ Control ความเร็วของช่วง Swing โดยใช้การขันสกรูที่ข้อเข่าเพื่อเพิ่มความฝืดหรือคลายความตึงเพื่อเพิ่มความเร็วของการเหยียดเข่า ส่วนการ Control ในช่วง Stance อาศัยการจัดแนวขาให้ศูนย์ถ่วงน้ำหนักตัว (CG) ตกผ่านหน้าข้อเข่า



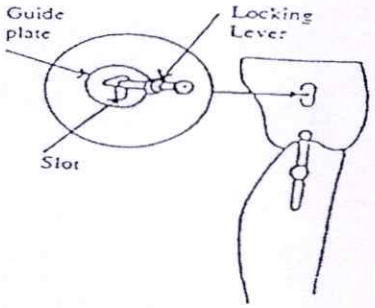

**ภาพที่ 2.28** ลักษณะข้อเข่าชนิด Single Axis

2.7.3.3 Weight-Activated Knee (Safety Knee) เป็นข้อชนิด Single Axis โดยมีกลไกช่วยป้องกันไม่ให้เข้าพับงอในขณะเดินลงน้ำหนักในช่วง Stance Phase เหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มี Stump สั้น, กล้ามเนื้อสะโพกไม่ค่อยแข็งแรง หรือผู้ป่วยสูงอายุ ซึ่งมักจะมีปัญหาในการ Control ข้อเข่าที่มักจะพับงอหรือทรุดตัวในช่วง Stance Phase



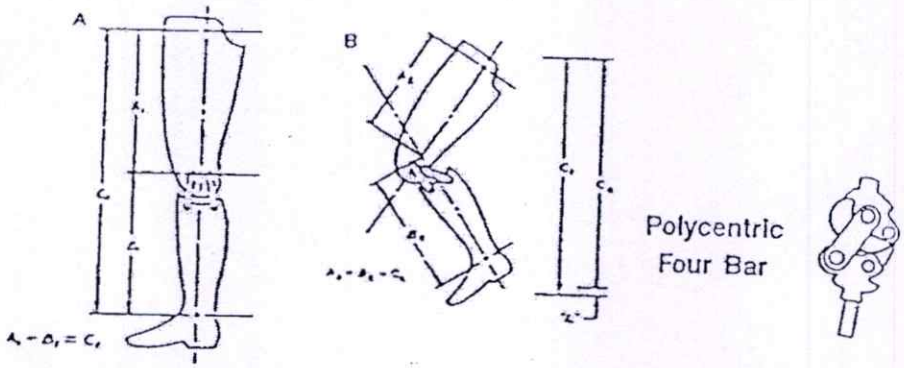

**ภาพที่ 2.29** ลักษณะข้อเข่าชนิด Weight-Activated Knee (Safety Knee)

2.7.3.4 Locked Knee มักใช้กับผู้ป่วยสูงอายุหรือการทรงตัวไม่ดี ไม่สามารถ Controlข้อเข่าได้ โดยใช้กลไก Locked ข้อเข่าไม่ให้งอได้ ทั้งในช่วง Stance & Swing แต่จะทำให้มีปัญหาของท่าเดินในช่วง Swing ของขาเทียม ซึ่งผู้ป่วยต้องชดเชย (Compensate) ด้วยการเอียงตัวไปข้างปกติ




**ภาพที่ 2.30** ลักษณะข้อเข่าชนิด Locked Knee

2.7.3.5 Polycentric Knee ข้อชนิดนี้ออกแบบให้มีแกนของการงอข้อเข่ามากกว่า 1 แกน ทำให้การงอ-เหยียดคล้ายกับการเคลื่อนไหวข้อเข่าจริงมากขึ้น ผู้ป่วยจะสามารถ Control ข้อเข่าขณะเดินได้ดีขึ้น มักจะมีในข้อชนิด Modular และมีราคาแพงมาก

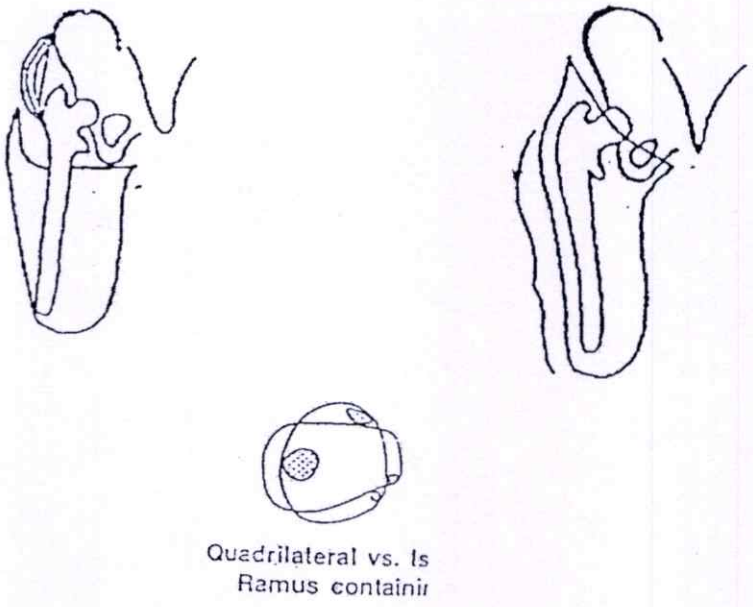



**ภาพที่ 2.31** ลักษณะข้อเข่าชนิด Polycentric Knee

**2.7.4 เบ้าขาเทียม (Socket)**

โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.7.4.1Quadrilateral Socket เป็นชนิดที่นิยมผลิตใช้กันมากที่สุด โดยมีรูปร่างในแนวตัดขวางเป็นรูปเกือบสี่เหลี่ยม (ดังรูป) และมีจุดลงน้ำหนักที่บริเวณขอบหลัง (Posterior Rim) ตรงกับตำแหน่งของ Ischial Tuberosity ที่เรียกว่า Ischial Seat เหมือนผู้ป่วยนั่งอยู่บนขอบหลัง ทำให้ปลายตอขา (Stump) ไม่ไปกดกับบริเวณล่างสุดของ Socket




**ภาพที่ 2.32** ลักษณะเบ้าขาเทียม

2.7.4.2 Ischial Containment Socket (IC) เป็นออกแบบเบ้าตอขา เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้เบ้าชนิด Quadrilateral ที่พบบ่อย คือ การเลื่อนไปทางด้านนอก (Lateral) ของ Socket และ Abductes ของ Stump ใน Socket ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อ gluteus Medius ลดลง เวลาเดินผู้ป่วยต้องเอียงตัวเวลาเดิน (Trenderenberg's Gait)

เบ้าชนิดนี้จะมีขอบด้านในที่ค่อนข้างสูงเพื่อคลุม Ischial Tuberosity และมีขนาดของความกว้าง (Medio-Lateral) ลดลงเมื่อเทียบกับในแนว Antero-Posterior เพื่อป้องกันการเลื่อนของ Socket และ Abduct ของ Stump

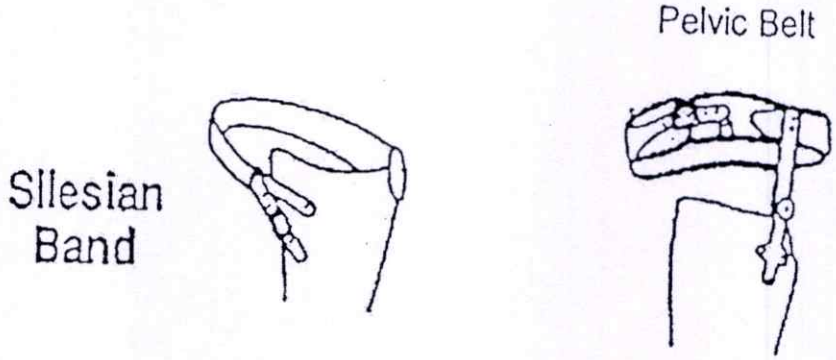
เบ้าชนิดนี้ยังมีชื่อเรียกได้อีกหลายชื่อ เช่น Narrow Medio-Lateral Socket (NML), Normal Shape-Normal Alignment (NSNA), Contoured Adducted Trochanteric Controlled Alignment Method (CAT-CAM)

**2.7.5 ที่ยึดขาเทียม (Suspension)**

สำหรับ AK Prosthesis ที่ใช้กันอยู่มี 4 แบบ คือ

2.7.5.1 Silesian Band มีลักษณะคล้ายเข็มขัด ปลายข้างหนึ่งยึดต่อบริเวณ Greater Trochanter แล้วอ้อมสะโพกทางด้านหลังมายึดปลายอีกข้างบริเวณกลางเบ้าด้านหน้าตรงกับ

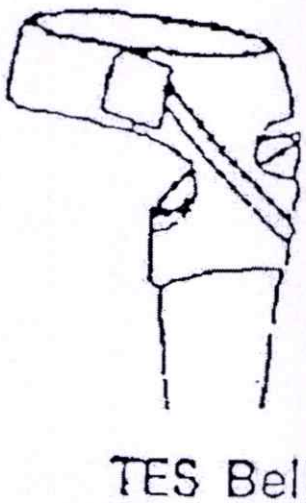
ตำแหน่งของ Ischial Tuberosity Suspension ชนิดนี้จะช่วยได้มากในผู้ป่วยที่มี Weakness ของ Hip Abductor




**ภาพที่ 2.33** ลักษณะที่ยึดขาเทียมชนิด Silesian Band, Pelvic Belt

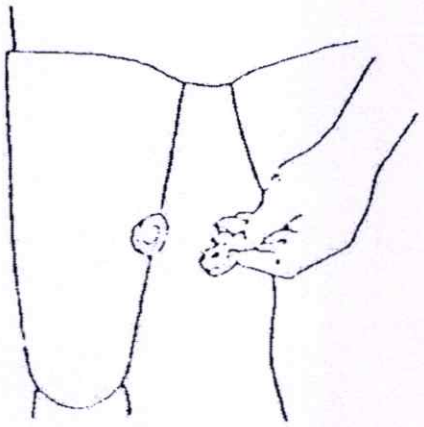
2.7.5.2 Pelvic Belt เป็นเข็มขัดรัดอ้อมสะโพก โดยมีการยึดกับ Socket ด้านข้างด้วย Hip Joint Suspension ชนิดนี้จะช่วยป้องกันการหมุนของ Socket และเพิ่มความมั่นคงทางด้าน Medio-Lateral

2.7.5.3 TES (Total Elastic Suspension) มีลักษณะคล้าย Silesian Band แต่ทำจากวัสดุ Elastic Neoprene




**ภาพที่ 2.34** ลักษณะที่ยึดขาเทียมชนิด TES

2.7.5.4 Suction Valve โดยมี Way Valve ติดที่ส่วนปลายด้าน Medial ของ Socket และใช้หลักการของสุญญากาศภายในเบ้ายึด Stump ไว้ใน Socket



**ภาพที่ 2.35** ลักษณะที่ยึดขาเทียมชนิด Suction Valve

## 2.8 การออกแบบกลไกขาเทียม

ในการออกแบบข้อเข่าเทียมและข้อเข่าเทียมนั้น เราจะคำนึงถึงรูปแบบของการเคลื่อนที่ของระบบต่อโยงเป็นสำคัญ ซึ่งระบบจะต้องสามารถเคลื่อนที่ได้ คล้ายคลึงกับองศาของการเดินตามธรรมชาติ และเมื่อได้แบบจำลองการทำงานของระบบต่อโยงแล้ว ก็ต้องพิจารณาถึงรูปร่างของชิ้นส่วนใช้งานจริงด้วย สำหรับข้อเข่าเทียมในท้องตลาดเป็นระบบต่อโยงแบบ 4 ชิ้น (4 Bar-Linkage) ซึ่งใช้ชิ้นส่วนไม่มาก และสามารถเลื่อนที่ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด

สำหรับข้อเท้านั้น เราจะใช้ชิ้นต่อโยง 2 ชิ้น มีจุดหมุน 1 จุด เรียกได้ว่าเป็นเท้าเทียมแบบแกนเดียว คอจะเคลื่อนที่ในแนวพับงอขึ้นลง เพื่อให้ฝ่าเท้าสามารถสัมผัสกับพื้นได้ดีช่วยในการทรงตัวได้ดีและทำให้เกิดความนุ่มนวลสบายเท้า

การออกแบบข้อเข่าเทียมและข้อเท้าเทียมของเรานั้นต้องการให้มีความง่ายในการสร้างชิ้นงานจริง เราจึงพยายามออกแบบให้ข้อเท้าและข้อเข่ามีการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์ โดยจะใช้ผลการวิเคราะห์การเดินและ Diagram การเดินเป็นตัวกำหนดองสาการเคลื่อนที่

### 2.8.1 ระบบต่อโยงแบบ 4 ชิ้น (Four-Bar Linkage)

ระบบต่อโยงแบบ 4 ชิ้น เป็นระบบต่อโยงแบบพื้นฐานและง่ายต่อการวิเคราะห์รูปแบบของการเคลื่อนที่ซึ่งระบบต่อโยงแบบ 4 ชิ้นนั้นสามารถเลือกชิ้นต่อโยงที่อยู่กับที่ (Fix Link) ได้ คือ มีการเปลี่ยนแปลงชิ้นต่อโยงอยู่กับที่หรือ Inversion นั้น ทำให้การเคลื่อนที่ของชิ้นต่อโยงเปลี่ยนแปลงไป ในระบบต่อโยง 4 ชิ้น จะมีชิ้นต่อโยงทั้งหมด 4 ชิ้น จึงสามารถเปลี่ยนแปลงชิ้นที่อยู่กับที่ได้ 4 แบบ หรือ 4 Inversion

ในการออกแบบข้อเท้าเทียม มุมงอของขาจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าจะเลือกกลไกแบบใดจึงจะสามารถให้มุมงอของหัวเข่าได้มากพอ และเมื่อใช้งานจริงแล้วจะไม่ทำให้กลไกติดขัด หรือชุดต่อโยงพบจุดเปลี่ยน (Change Points) ซึ่ง ณ. จุดนี้ ชิ้นต่อโยงจะทับกันสนิทเป็นเส้นตรง ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการเคลื่อนที่ขึ้น เราจึงควรหลีกเลี่ยงการเกิดจุดเปลี่ยนโดยจะออกแบบตามทฤษฎีของ Grashof Oriterion กล่าวคือ ผลบวกของความยาวของชิ้นต่อโยงด้านที่สั้นที่สุดกับด้านที่ยาวที่สุดจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับผลบวกของความยาวชิ้นต่อโยงอีก 2 ด้านที่เหลือจะมีชิ้นต่อโยงอย่างน้อย 1 ชิ้น ที่สามารถหมุนได้ครบรอบ 360 องศา

**การวิเคราะห์และออกแบบระบบต่อโยงอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ**

1.วิธีเชิงกราฟ (Graphical Method) ซึ่งวิธีนี้เราจะใช้วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแบบจำลองกลไกการทำงาน (Kinematics Diagram) เพื่อให้เห็นการเคลื่อนที่ของกลไก และความเป็นไปได้เมื่อนำมาสร้างเป็นงานจริง

2.วิธีเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Method) เราจะใช้ในการวิเคราะห์หามุมที่สัมพันธ์กันขณะชิ้นต่อโยงกำลังเคลื่อนที่ เพื่อประโยชน์ในการคำนวณหาแรงที่กระทำภายในชิ้นต่อโยง ดังนั้นในขั้นตอนแรกเราจะต้องใช้วิธีเชิงกราฟิกออกแบบแบบจำลองกลไกการทำงานก่อน โดยจะต้องกำหนดเงื่อนไขการทำงานก่อนว่าเราจะให้การเคลื่อนที่ของชิ้นต่อโยงด้านรับเคลื่อนที่เป็นมุมเท่าไรและชิ้นต่อโยงด้านส่งจะเคลื่อนที่เป็นมุมเท่าไหร่

**2.8.2 การใช้วิธีทางกราฟิกออกแบบกลไกข้อเข่าเทียม**

โดยปกติเราต้องการให้เข่าเทียมสามารถพับงอได้มาก ๆ ซึ่งนั่นหมายถึงว่า ชิ้นต่อโยงด้านรับจะต้องเคลื่อนที่แบบ Crank เพราะจะได้มีมุมงอมาก ๆ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจะต้องหมุนได้รอบ เพียงแต่ความต้องการให้มีมุมงอมาก ๆ ส่วนชิ้นต่อโยงด้านส่งนั้นเราจะใช้เป็นส่วนที่ใช้กดสปริง เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่กลับเมื่อสปริงส่งแรงดันกลับมา หรืออาจจะมองชิ้นส่วนต่อโยงด้านส่งได้ทำหน้าที่เป็นชิ้นต่อโยงด้านรับในขณะเดียวกัน เพราะฉะนั้นมุมของชิ้นต่อโยงด้านส่งจึงควรจะน้อยเพื่อให้ระยะยืดหดของสปริงน้อย เพื่อป้องกันการดุ้ง (Buckling) ของสปริง

ในส่วนที่เป็นจุดหมุนของชิ้นต่อโยงด้านรับนั้นเปรียบเสมือนจุดหมุนของหัวเข่า หากแต่จุดหมุนของหัวเข่าจริงนั้นจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งได้เพื่อทำให้ความยาวของขาเปลี่ยนแปลง แต่สำหรับเรานั้นจุดหมุนจะอยู่ตำแหน่งเดิม แต่จะใช้ลักษณะการเคลื่อนของข้อเท้าช่วยไม่ให้ปลายเท้ากระทบพื้นในขณะที่มีการแกว่งขา

## 2.9 การฝึกใช้ขาเทียมเหนือเข่า (Gait and Activities Training for Above Knee Amputee)

นงนุช จิรวีรกุล(2541: 82-112) กล่าวว่า การฝึกให้ผู้ป่วยสามารถใช้ขาเทียมเป็นกระบวนการสำคัญอันหนึ่งในการผลิตกายอุปกรณ์เทียม เพราะจะทำให้ผู้ป่วยสามารถสวมใส่ และใช้เดินหรือใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นายช่างอาจมีความสามารถผลิตขาเทียมได้ดี แต่หากขาดการฝึกให้ผู้ป่วยรู้จักใช้ให้ถูกวิธี ขาเทียมนั้นก็คงไม่มีประสิทธิภาพดีเท่ากับคุณภาพที่ผลิตได้

ควรฝึกให้ผู้ป่วยมีความสามารถใช้ขาเทียมเหนือเข่าได้ครอบคลุม 12 หัวข้อ ดังนี้

1. การใส่ (Apply)
2. การฝึกทรงตัว (Balance)
3. การเดินบนพื้นราบ (Walking)
4. การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้ (Sitting and Rising from Chairs)
5. ขึ้น-ลงบันได (Ascending and Descending Stairs and Curbs)
6. ขึ้น-ลงทางลาดเอียง (Ascending and Descending Inclines)
7. เก็บวัตถุจากพื้น (Picking up Objects from the Floor)
8. การเดินด้วยเข่า และลุกขึ้น (Kneeling and Rising)
9. นั่งและลุกนั่งจากพื้น (Sitting and Rising from Floor)
10. ก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง (Clearing Obstacles)
11. วิ่งแบบก้าวกระโดด (Hop-Skip Method of Running)
12. ป้องกันไม่ให้ล้ม (Self-Protection in Falling)

### 2.9.1 การใส่ (Apply)

การสอนให้ผู้ป่วยใส่ขาเทียมได้ถูกต้องจะช่วยให้กล้ามเนื้อหรือปุ่มกระดูกอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องของขาเทียมที่นายช่างได้จัดทำไว้ จะช่วยให้ผู้ป่วยมีความรู้สึกสบาย ไม่เจ็บและสามารถใช้ขาเทียมได้ดี

**อุปกรณ์ที่ช่วยในการใส่** มีดังนี้

1) แถบผ้า จะยืดหรือไม่ก็ได้ ควรมีขนาดกว้าง 2-6 ซม. ยาวประมาณ 75 ซม. ความยาวควรพิจารณาให้เหมาะสมกับความยาวของตอขา

2) แป้งฝุ่นทาตัว (Talcum Powder)

3) ราวฝึกเดิน (Parallel Bar)

4) เก้าอี้นั่ง (Chair)

**ขั้นตอนการใส่**

1) ทาแป้งและพันตอขา ให้ผู้ป่วยนั่งหรือยืน ทาแป้งฝุ่นทาตัวบางๆ ให้ทั่วตอขาว ไม่ควรทาแป้งให้หนาเกินไป เนื่องจากแป้งอาจไปอุดตันวาล์วได้ ต่อจากนั้นพันตอขาด้วยแถบผ้าให้เหลือปลายที่ปลายตอขายาวประมาณ 30 ซม. เพื่อใช้ในการดึง และขอบบนให้พันสูงถึงบริเวณขาหนีบ

2) ปลดวาล์ว ปลดวาล์วจากขาเทียมด้วยนิ้วมือ

3) ใส่ปลายแถบผ้า ผ่านรูวาล์ว และใส่ตอขาลงในเบ้า

4) ใส่ตอขาลงในเบ้า ขั้นตอนนี้มักให้ผู้ป่วยยืน วางเท้าของขาเทียมให้อยู่หน้าต่อขาปกติ มักให้ส้นเท้าของฝ่าเท้าเทียมอยู่ระดับเดียวกับนิ้วเท้าของขาปกติ

5) จัดตอขาก่อนดึง ให้วางมือที่อยู่ด้านเดียวกับตอขาไว้ด้านหน้าของเบ้า บริเวณเหนือหัวเข่าและออกแรงกดไปด้านหลัง เพื่อป้องกันการงอของข้อเข่าซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยล้มได้ และอีกมือหนึ่งดึงปลายแถบผ้าจนรู้สึกว่าตึง

6) จัดส่วนของหัวกระดูก สะโพก กล้ามเนื้อและเส้นเอ็น โดยเฉพาะบริเวณขาหนีบให้เข้าที่

7) การดึงแถบผ้า เพื่อให้ตอขาลงสู่เบ้าได้ดี ใช้เทคนิคการปั๊มตอขา โดยการงอและเหยียดเข่าข้างปกติพร้อมๆ กับการดึงแถบผ้า จะช่วยให้เกิดแรงดันให้ตอขาลงในเบ้าได้ง่ายขึ้น

8) ขยับเนื้อหรือผิวหนังบริเวณขอบของเบ้า

9) ใส่วาล์วกลับเข้าที่เดิม

**ภาพที่ 2.36** แสดงการดึงปลายแถบผ้าผ่านรูวาล์วและมือดันที่ด้านหน้าของขาเทียม เพื่อช่วยให้ เข่าตึง (Extend Knee)

**2.9.2 การฝึกทรงตัว (Balance)**

**2.1 การลงน้ำหนัก และการทรงตัว (Weight-Bearing and Balancing)**

2.1.1 ให้ผู้ป่วยยืนในราวคู่ขนาน และมีกระจกอยู่ด้านหน้า

2.1.2 ยืนแยกขา ให้ขอบในของเท้าห่างกันประมาณ 10-15 ซม. แนะนำให้ผู้ป่วยยืดตัวตรง และลงน้ำหนักที่ขา 2 ข้างเท่าๆ กัน

2.1.3 ฝึกให้ยืดตัวตรง และลงน้ำหนักที่ขา 2 ข้างเท่าๆ กัน จนผู้ป่วยรู้สึกคุ้นเคยกับการทรงตัว

**2.2 การถ่ายเทน้ำหนักตัวด้านข้าง (Weight Shifting Side to Side)**

2.2.1 ยืนตัวตรง ลงน้ำหนักขาสองข้างเท่ากัน

2.2.2 ถ่ายน้ำหนักตัวมาทางด้านขาเทียม โดยเข่าตรง และเท้าอยู่ติดพื้นทั้งสองเท้า ถ่ายน้ำหนักจากบริเวณสะโพก มิใช่เอียงตัว ควรให้ระดับไหล่และกระดูกเชิงกรานอยู่ในแนวระนาบเสมอ

2.2.3 ถ่ายน้ำหนักสู่ข้างปกติ แล้วทำซ้ำหลายๆครั้งเพื่อให้คุ้นเคยการถ่ายเทน้ำหนักด้านข้าง ทำอย่างนุ่มนวลช้าๆ

**2.3 การถ่ายเทน้ำหนักตัว หน้า-หลัง (Weight Shifting Forward and Backward)**

2.3.1 ยืนตัวตรง ลงน้ำหนักขาทั้งสองข้างเท่ากัน

2.3.2 ถ่ายเทน้ำหนักไปที่ด้านหน้าของเท้า (Fore Feet) โดยไม่งอเข่าหรือสะโพก แล้วกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น

2.3.3 ถ่ายเทน้ำหนักไปที่ส้นเท้า (Heel) โดยไม่งอเข่าหรือสะโพกเช่นกัน แล้วกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น

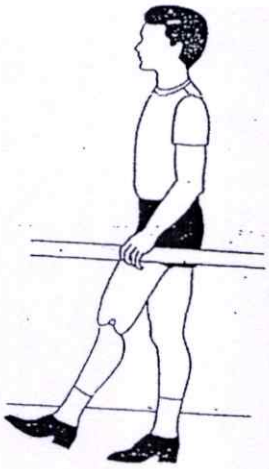
**2.4 แกว่งขาหน้า-หลัง (Forward and Back Ward Swing)**

2.4.1 เริ่มด้วยการยืนตัวตรง ลงน้ำหนักขาเท่ากันทั้งสองข้าง

2.4.2 ถ่ายเทน้ำหนักมาที่ขาข้างปกติ ยืนทรงตัวด้วยขาข้างปกติเพียงข้างเดียว แกว่ง (Swing) ขาที่ใส่ขาเทียมไปด้านหน้า-หลัง ทำซ้ำพอประมาณ

2.4.3 กลับสู่ท่าเริ่มต้น คือ ยืนตรง ลงน้ำหนักขาเท่ากันสองข้าง ต่อจากนั้นถ่ายน้ำหนักมาที่ขาเทียม ยืนทรงตัวด้วยขาเทียม แล้วแกว่ง (Swing) ขาปกติไปด้านหน้า-หลัง

2.4.4 ทำซ้ำอีก 2.4.2, 2.4.3 สลับกันไปมา



**ภาพที่ 2.37** แสดงการแกว่งขาไปหน้า-หลัง (Forward and Backward Swing)

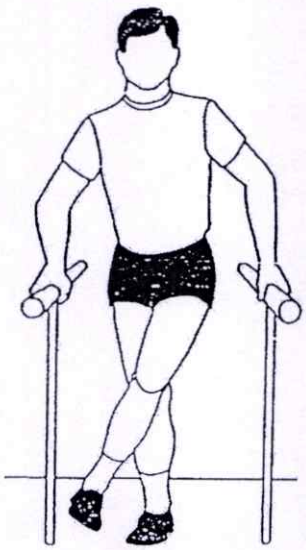
**2.5 การฝึกหุบ-กางขา (Abduction and Adduction)**

2.5.1 เริ่มด้วยการยืนตัวตรง ลงน้ำหนักขาเทากันทั้งสองข้าง

2.5.2 แกว่ง (Swing) ขาเทียมมาด้านขาปกติ ผ่านหน้าต่อขาปกติ แล้วแกว่งกลับไปด้านขาเทียม

2.5.3 แกว่งขาเทียมต่อ แต่แกว่งเป็นรูปวงกลม (Circular Movement)

2.5.4 สลับ ยืนลงน้ำหนักตัวด้วยขาเทียม แล้วแกว่งขาปกติ



**ภาพที่ 2.38** แสดงการหุบ-กางขา(Abduction and Adduction)

**2.6 หมุนขาบนส้นเท้า (Pivot on Heel)**

2.6.1 ยืนตัวตรง ลงน้ำหนักขาสองข้างเท่ากัน

2.6.2 ถ่ายเทน้ำหนักไปที่ส้นเท้าทั้งสองข้าง

2.6.3 หมุนปลายเท้าออกด้านนอก แล้วกลับที่เดิม

2.6.4 หมุนปลายเท้าเข้าด้านใน แล้วกลับที่เดิม

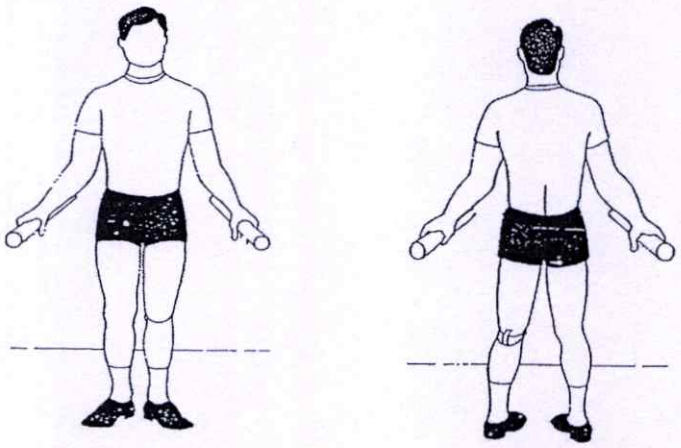
**2.7 หมุนขาบน ปลายเท้า (Pivot on Toe)**

2.7.1 ยืนตัวตรง ลงน้ำหนักขาสองข้างเท่ากัน

2.7.2 ถ่ายเทน้ำหนักไปที่ปลายเท้าทั้งสองข้าง

2.7.3 หมุนปัดส้นเท้าออกนอก แล้วกลับที่เดิม

2.7.4 หมุนปัดส้นเท้าเข้าในแล้วกลับที่เดิม



**ภาพที่ 2.39** แสดงการหมุนเท้า เข้า-ออก(Heel In, Heel Out)

**2.9.3 การย่ำเท้า และเดินอยู่กับที่ (Marking Time and Walking in Place)**

เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญที่จะฝึกให้ผู้ป่วยก้าวเดินได้ถูกต้อง หลักการควรเน้นให้ผู้ป่วย

งอตะโพก (Flex Hip)

งอเข่า (Flex Knee)

เหยียดตะโพก (Extend Hip)

เหยียดเข่า (Extend Knee)

เพื่อให้มีการก้าวเดินใกล้เคียงกับธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยให้ใช้พลังงานในการเดินน้อยลง ท่าทางในการเดินดีใกล้เคียงปกติ หากไม่ฝึกซ้อมในหลักการที่นำเสนอ แล้วปล่อยให้ผู้ป่วยเดินโดยการเหวี่ยงขา (Swing) จะทำให้ผู้ป่วยเดิน โดยท่าทางการเดินผิดปกติ และทำให้เหนื่อย เนื่องจาก

ต้องใช้พลังงานมาก ท่าเดินที่ผิดปกติต่อไปก็จะทำให้ผู้ป่วยมีปัญหา หลังคดและกล้ามเนื้อบริเวณตะโพกและต้นขาลีบเล็กตามมา

3.1 เริ่มต้นด้วยท่ายืน ยืดตัวตรง ลงน้ำหนักขาทั้งสองข้างเท่ากัน ต่อจากนั้นจะฝึกด้วยการฝึกงอเข่าของขาสองข้างสลับกัน

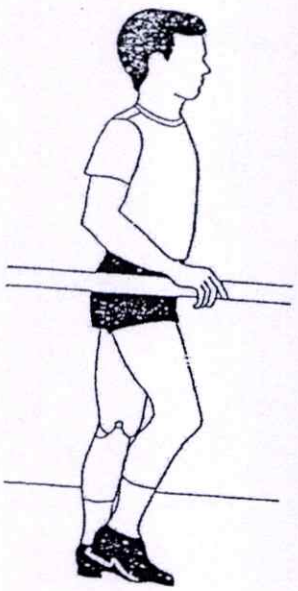
3.2 ถ่ายเทน้ำหนักมาที่ขาข้างปกติ พยายามงอข้อเขาของขาเทียม (Flex Knee) โดยออกแรงที่กลายตอขา ดันมาข้างหน้า พร้อมกับการงอตะโพก (Flex Hip) เข่าของขาเทียมจะเริ่มงอให้งอเพียงเล็ก ให้ส้นเท้าพ้นพื้น แต่ปลายเท้ายังติดพื้น (เปิดส้นเท้า)

3.3 ย่ำเท้ากลับ โดยการเหยียดเข่าของขาเทียม (Extend Knee) โดยออกแรงที่ปลายตอขาดันมาข้างหลัง พร้อมกับออกแรง เหยียดตะโพก (Extend Hip) โดยการเกร็งกล้ามเนื้อบริเวณก้น (Hip Extensor)

3.4 ต่อมาบังคับให้ข้อเข่าเหยียดตลอดเวลา โดยการเหยียดตะโพก และถ่ายเทน้ำหนักมาที่ขาเทียม ทรงตัวด้วยขาเทียม จากนั้นค่อยๆ งอเข่าของขาปกติ เช่นเดียวกันคือเพียงส้นเท้าพ้นพื้น แต่ปลายเท้ายังติดพื้นอยู่

3.5 เหยียดหัวเข่า ขาปกติ กลับสู่ท่ายืน ลงน้ำหนักขาสองข้างเท่ากัน แล้วฝึกย่ำเท้าสลับขาเช่นนี้

3.6 ต่อจากย่ำเท้าแล้วให้ฝึกก้าวเดิน ขั้นตอนทำเช่นเดียวกันแต่ขอให้งอเข่า งอตะโพกให้มากขึ้นจนเท้าสูงลอยพ้นจากพื้น ประมาณ 2.5 ซม.



**ภาพที่ 2.40** แสดงการฝึกย่ำเท้า และก้าวเท้าอยู่กับที่(Marking Time and Walking in Place)

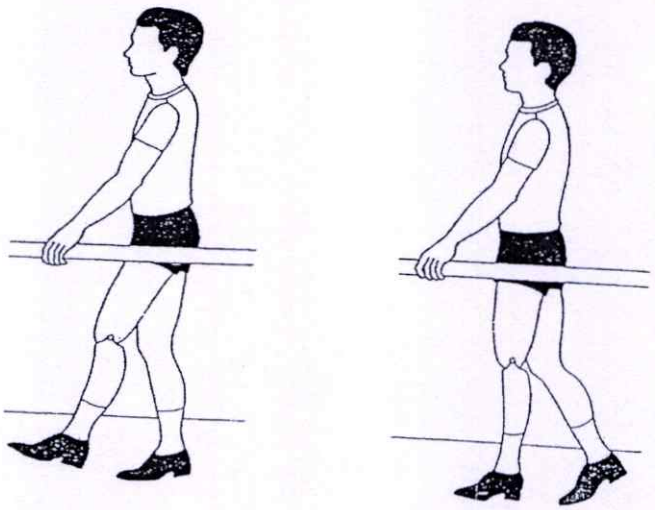
**2.9.4 ก้าวเดินพร้อมถ่ายเทน้ำหนัก (Weight Shifting-in-Step Position)**

4.1 ยืนให้ส้นเท้าของขาเทียม อยู่หน้าต่อเท้าปกติ ประมาณ 5-10 ซม.

4.2 ถ่ายเทน้ำหนักมาด้านหน้าที่ขาเทียม โดยการเคลื่อนย้ายกระดูกเชิงกรานมาด้านหน้าพร้อมกับเหยียดข้อตะโพก (Extend Hip) เพื่อช่วยให้ข้อเข่าเทียมเหยียดตึง (Extend Knee) ขณะถ่ายน้ำหนักมาด้านหน้า งอเข่าของขาปกติได้เล็กน้อยก็จะทำให้เกิดการก้าวเดิน และถ่ายน้ำหนักมาที่ขาเทียมที่อยู่ด้านหน้า

4.3 ถ่ายเทน้ำหนักกลับ โดยยกเท้าเทียมกลับที่ท่าเริ่มต้น

4.4 ทำซ้ำข้อ 4.1-4.3 โดยยืนบนขาเทียม แล้วก้าวเท้าปกติออกไปด้านหน้า งอเข่าของขาเทียมเล็กน้อย ใช้นิ้วเท้าของขาเทียมติดพื้นตลอดเวลา



**ภาพที่ 2.41** แสดงการก้าวเดินพร้อมถ่ายเทน้ำหนัก(Weight Shifting-in-Step Position)

**2.9.5. ก้าวเดินสลับขา (Swing 3 Through 3 Alternate Limb)**

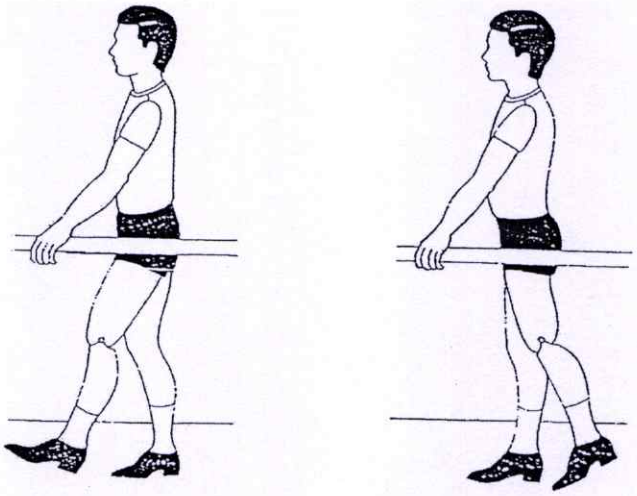
5.1 ยืนให้ส้นเท้าของขาเทียมอยู่หน้าต่อเท้าปกติ 5-10 ซม.

5.2 ฝึกการเดินโดยถ่ายเทน้ำหนักไปที่ขาเทียม เหวี่ยง (Swing) ขาข้างปกติให้มาอยู่หน้าต่อขาเทียม

5.3 ถ่ายน้ำหนักมาที่ขาปกติ

5.4 กลับสู่ท่าเริ่มต้น

5.5 ทำซ้ำ 5.1-5.4 แต่ให้ขาดีอยู่หน้าต่อขาเทียม ควรให้ผู้ป่วยงอตะโพก (Flex Hip) เพื่อช่วยเหวี่ยงขาเทียมไปอยู่หน้าต่อขาดี เพื่อให้เกิดการก้าว)



**ภาพที่ 2.42** แสดงการก้าวเดินสลับขา(Swing 3 Through 3 Alternate Limbs)

**2.9.6 ฝึกร่วมการถ่ายเทน้ำหนักและก้าวเดิน (Combined Shift and Swing)**

6.1 เริ่มต้นให้ขาเทียมอยู่หน้าต่อขาดี ประมาณ 5-10 ซม. ถ่ายเทน้ำหนักไปด้านหน้าที่ขาเทียม แล้วถ่ายเทน้ำหนักกลับมาที่ขาดี แล้วถ่ายเทน้ำหนักกลับไปที่ขาเทียมอีก พร้อมกับก้าวขาดีไปข้างหน้า

6.2 ทำเช่นเดียวกับข้อ 6.1 แต่เริ่มต้นที่ขาปกติ อยู่หน้าต่อขาเทียม

**2.9.7 ฝึกการทรงตัว (Balance Recovery)**

7.1 ยืนให้ขาเทียมอยู่หน้าต่อขาปกติ 10-15 ซม.

7.2 ฝึกการทรงตัว โดยพยายามถ่ายเทน้ำหนักไปที่ด้านหน้าขาเทียม จนส้นเท้าอยู่สูงจากพื้นจนเกือบจะเสียสมดุล แล้วรีบถ่ายเทน้ำหนักกลับมาด้านหลัง

7.3 ทำเช่นเดียวกับข้อ 7.2 แต่ครั้งนี้ขณะที่จะเสียสมดุลให้รีบก้าวเท้าปกติไปด้านหน้า

**2.9.8 เดินไปข้างหน้า (Forward Walking)**

ฝึกก้าวเดินไปข้างหน้าในราวฝึกเดิน พยายามให้ก้าวเดินขาเทียมโดยการงอตะโพก (Flex Hip) และงอเข่า (Flex Knee)

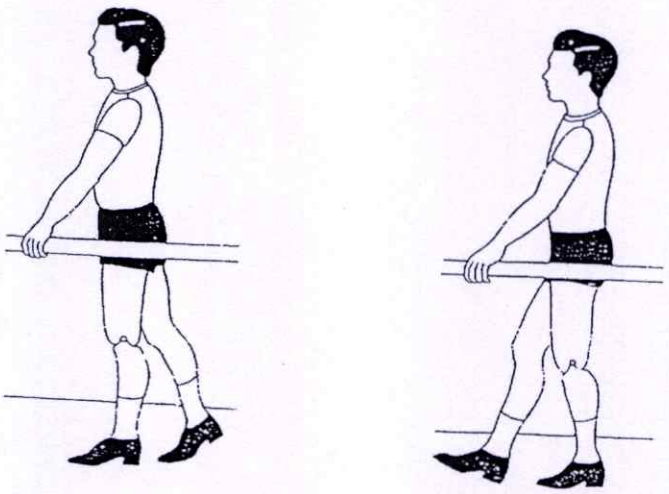
8.1 ยืนลงน้ำหนักที่ขาทั้งสองข้างเท่ากัน แยกเท้าห่างกันประมาณ 10 ซม.

8.2 ถ่ายเทน้ำหนักตัวไปด้านหน้า จนกระทั่งกำลังจะเสียสมดุลแล้วก้าวเท้าปกติออกไปรับน้ำหนักด้านหน้า

8.3 ถ่ายเทน้ำหนักตัวลงที่ขาปกติ ต่อจากนั้นเริ่มงอเข่าของขาเทียม และแกว่งขาเทียมมาวางหน้าต่อขาปกติ พยายามให้เคลื่อนไหวเป็นจังหวะและนุ่มนวล

8.4 ถ่ายเทน้ำหนักมาที่ขาเทียม และแกว่งขาข้างปกติมาด้านหน้าต่อขาเทียมอีก เมื่อส้นเท้าของขาปกติสัมผัสพื้น ก็ถ่ายน้ำหนักมาที่ขาข้างปกติ เริ่มงอเขาของขาเทียมแล้วแกว่งขาเทียมมาวางหน้าต่อขาปกติ

8.5 ทำสลับกันจะทำให้เกิดการก้าวเดินไปข้างหน้า



**ภาพที่ 2.43** แสดงการก้าวเดินไปข้างหน้า(Forward Walking)

**2.9.9 การนั่งเก้าอี้ (Sitting in a Chair)**

ควรใช้เก้าอี้ฝึกที่มีที่วางแขน และวางให้พนักพิงพิงกับกำแพง

9.1 หันหน้าเข้าหาเก้าอี้ ก้าวเท้าปกติเข้าหาเก้าอี้ และขาเทียมอยู่หลังต่อขาปกติเล็กน้อย

9.2 ค่อยๆ หมุนตัว โดยถ่ายน้ำหนักตัวที่ขาปกติ และหมุนขาเทียมออกมาที่วงนอกและหมุนขาเทียมออกมาที่วงนอกของเก้าอี้ จนหันหลังให้เก้าอี้

9.3 แล้วจึงค่อยทรุดตัวลงนั่ง

**ภาพที่ 2.44** แสดงการหมุนตัว เพื่อลงนั่งที่เก้าอี้(Sitting in a Chair)

**2.9.10 การลุกนั่งจากเก้าอี้ (Rising from Chair)**

10.1 วางเท้าปกติให้อยู่ชิดเก้าอี้ วางเท้าขาเทียมอยู่ห้าต่อเท้าปกติ

10.2 มือสามารถนำมาใช้ในการพยุงตัวลุกขึ้น โดยสามารถวางที่

10.2.1 หน้าขาของขาปกติ

10.2.2 ที่วางแขนของเก้าอี้

10.3 โน้มตัวมาข้างหน้าที่ระดับเอว แล้วยันตัวลุกขึ้นโดยเหยียดสะโพก และเข่าของขาปกติ พร้อมกับออกแรงยันที่มือทั้งสองข้าง

10.4 เมื่อยืนขึ้นแล้วจึงถ่ายเทพน้ำหนักมาที่ขาเทียม แล้วก้าวมาข้างหน้าด้วยขาปกติ

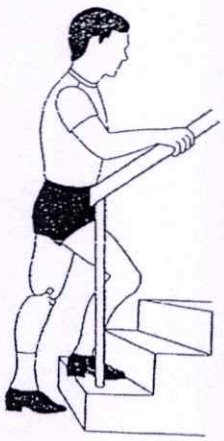
**ภาพที่ 2.45** แสดงการลุกจากเก้าอี้(Rising from a Chair)

**2.9.11 การขึ้นบันได (Ascending Stairs)**

11.1 ก้าวขึ้นบันไดก้าวแรกด้วยขาข้างปกติ วางเท้าข้างปกติบนขั้นบันไดขั้นแรก

11.2 เหยียดตะโพก และเหยียดเข่าของขาปกติ (Extend Hip and Knee) เพื่อช่วยยกตัวขึ้น และนำขาเทียมมาวางบนขั้นบันได

11.3 ก้าวต่อไปทำลักษณะเดียวกับข้อ 11.1, 11.2 โดยก้าวขาดีนำ



**ภาพที่ 2.46** แสดงการขึ้นบันได(Ascending Stair)

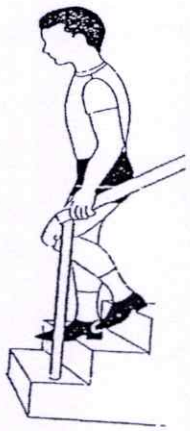
**2.9.12 การลงบันได (Descending Stairs)**

การเริ่มฝึกลงบันได โดยฝึกที่ระดับความสูงขั้นสุดท้ายก่อนถึงพื้น

12.1 ถ่ายเทน้ำหนักมาที่ขาข้างปกติ ยืนทรงตัวด้วยขาข้างปกติ

12.2 หย่อนขาเทียมลง โดยงอตะโพกขาเทียมเล็กน้อย แล้ววางเท้าด้านขาเทียมลงที่บันไดขั้นต่ำลงมา แล้วถ่ายเทน้ำหนักมาที่ขาเทียม

12.3 หย่อนเท้าข้างปกติ ตามลงมา อยู่ที่ขั้นเดียวกับขาเทียม จากนั้นจึงก้าวต่อไปทำซ้ำข้อ 12.1-12.2



**ภาพที่ 2.47** ลักษณะแสดงการลงบันได(Descending Stairs)

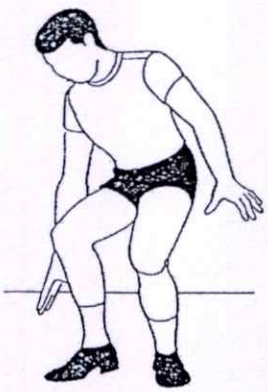
**2.9.13 การลงนั่งกับพื้น (Sitting on Floor)**

ต้องอาศัยแรงจากขา และแขนข้างปกติ

13.1 วางขาเทียมให้อยู่หน้าต่อขาดีเล็กน้อย

13.2 หมุนตัวมาด้านขาปกติเล็กน้อย

13.3 ค่อยๆ โน้มตัวลงจากระดับเอว และงอเข่า งอตะโพกลง จนมือแตะพื้น ค่อยๆ พยุงตัวลงต่อ และนั่งลงกับพื้น



**ภาพที่ 2.48** แสดงการลงนั่งกับพื้น(Sitting on Floor)

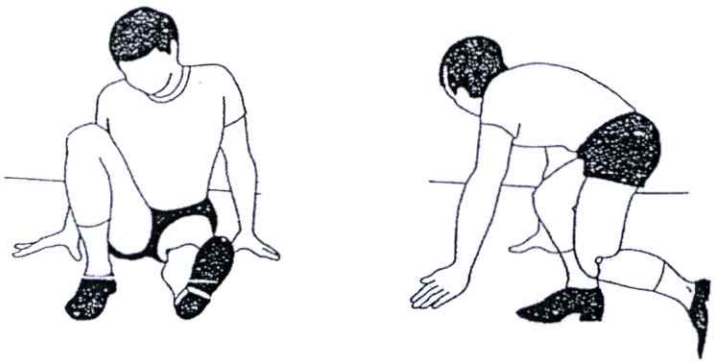
**2.9.14 การลุกจากพื้น (Rising from Floor)**

14.1 งอขาดีจนมาอยู่หน้าต่อลำตัว

14.2 วางมือไว้ข้างลำตัวทั้งสองด้าน

14.3 หมุนตัวมาด้านขาปกติ จากนั้นใช้มือยันตัวลุกขึ้น พร้อมกับเหยียดขาปกติขึ้น

14.4 ลากขาเทียมมาให้อยู่ระดับเดียวกับขาปกติ แล้วยันตัวลุกขึ้น



**ภาพที่ 2.49** แสดงการลุกนั่งจากพื้น(Rising from Floor)

**การวิเคราะห์ท่าการเดินในผู้ป่วยใส่ขาเทียมระดับเหนือเข่า**

สาเหตุของความผิดปกติในการเดินอาจมาจาก

1. ตัวผู้ป่วยเอง

   การฝึกการใช้กายอุปกรณ์ที่ไม่ดีหรือไม่ถูกต้อง

   ความกลัว

   นิสัยของการเดิน

   ความสามารถของผู้ป่วยขณะนั้น

   ความพิการที่แตกต่างกันหลายระดับ

   การบาดเจ็บที่อวัยวะอื่นๆ รวมด้วย

2. จากขาเทียม

   ความผิดพลาดในการสร้างเบ้า (Socket)

   การจัดแนว(Alignment)

   การปรับส่วนประกอบต่างๆ ของขาเทียม เช่น เบรก, ข้อเทียม เป็นต้น

**วิธีการวิเคราะห์ท่าเดิน**

1. สังเกตการเดินในจังหวะต่างๆ ดังนี้

   1.1 จังหวะส้นเท้ากระทบพื้น (Heel strike)

      1.1.1 เดินเท้าบิดขณะส้นเท้ากระทบพื้น

      1.1.2 เดินตบเท้า

   1.2 จังหวะวางฝ่าเท้าเหยียบพื้น (Mid Stance)

1.2.1 เดินตัวเองข้าง

1.2.2 เดินขากาง

1.2.3 เดินหลังแอ่น

1.3 จังหวะฝ่าเท้าผลักพื้นจะยกลอยขึ้น (Push Off)

1.3.1 เดินเขย่งเท้า

1.3.2 เดินสะบัดขาและเท้า

1.4 จังหวะเหวี่ยงเท้าลอย (Swing)

1.4.1 เดินแกว่งขาเป็นวง

1.4.2 เดินยกส้นเท้าสูงไม่เท่ากัน

1.4.3 เดินแบบข้อเข่ากระแทก

1.5 ดูตลอดช่วงการเดิน (Gait Cycle)

1.5.1 เดินก้าวขายาวไม่เท่ากัน

2. สังเกตการเดินในตำแหน่งต่างๆ

2.1 มองจากด้านหลังของผู้ป่วย (Behind)

2.1.1 เดินตัวเอียงข้าง (Lateral Trunk Bending)

2.1.2 เดินขากาง (Abducted Gait)

2.1.3 เดินแกว่งขาเป็นวง (Circumfusion)

2.1.4 เดินสะบัดขาและเท้า (Swing-Whips)

2.2 มองจากทางด้านหน้าของผู้ป่วย (Front)

2.3.1 เดินเท้าสะบัดขณะส้นเท้ากระทบพื้น (Foot Rotation at Heel Strike)

2.3 มองจากทางด้านข้างของผู้ป่วย (Side)

2.3.1 เดินเขย่งเท้า (Vaulting)

2.3.2 เดินตบเท้า (Foot Slap)

2.3.3 เดินยกเท้าสูงไม่เท่ากัน (Uneven Heel Rise)

2.3.4 เดินแบบข้อเข้ากระแทก (Terminal Impact)

2.3.5 เดินก้าวขายาวไม่เท่ากัน (Uneven Strop Length)

2.3.6 เดินหลังแอ่น (Exaggerated Lord sis)

**การวิเคราะห์ท่าเดิน 11 ท่า (Gait analysis)**

1. เดินตัวเอียงข้าง (Lateral Trunk Bending)
2. เดินขากาง (Abducted Gait)
3. เดินแกว่งขาเป็นวง (Circumfusion)
4. เดินเขย่งเท้า (Vaulting)
5. เดินสะบัดขาและเท้า (Swing Phase Whips)
6. เดินเท้าบิดขณะส้นเท้ากระทบพื้น (Foot Rotation at Heel Strike)
7. เดินตบเท้า (Foot Slap)
8. เดินยกส้นเท้าสูงไม่เท่ากัน (Uneven Heel Rise)
9. เดินแบบข้อเข่ากระแทก (Terminal Impact)
10. เดินก้าวขายาวไม่เท่ากัน (Uneven Step Length)
11. เดินหลังแอ่น (Exaggerated Loardosis)

**1. เดินตัวเอียงข้าง (Lateral trunk bending)**

**ลักษณะ** เดินเอียงตัวไปด้านข้างขาเทียม เมื่อมีการลงน้ำหนักใน Stance Phase

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ภายหลัง Heel Strike ถึง Mid Stance ของขาเทียม

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหลังของผู้ป่วย

**สาเหตุ** - จากตัวผู้ป่วย

1. เจ็บปลายด้านนอก (Pain Stump)
2. กล้ามเนื้อกางสะโพกอ่อนแรง (Weak Hip Abductors)
3. เดินขากาง (Abducted Gait)

- จากขาเทียม

4. เบ้าตั้งกาง (Abducted Socket)
5. การประคองทางด้านข้างของเบ้าไม่พอเพียง (Insufficient Support by Lateral Socket Wall)
6. ขาเทียมสั้น (Short Prosthesis)

**ภาพที่ 2.50** ลักษณะเดินเอียงตัวไปด้านข้างขาเทียม

**2. เดินขากาง (Abducted Gait)**

**ลักษณะ** เดินขากางมากกว่าปกติ (2-4 นิ้ว)

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง Double Support

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหลังของผู้ป่วย

**สาเหตุ** - จากตัวผู้ป่วย

1. เจ็บด้านในตอขา
2. กลัว
3. กล้ามเนื้อกลางสะโพกดึงรั้ง (Contracted Hip Abductors)

- จากขาเทียม

4. ขาเทียมยาว (Long Prosthesis)
5. แกนหน้าแข้งกางออก (Val Gus Shank)

**ภาพที่ 2.51** ลักษณะ เดินขากางมากกว่าปกติ (2-4 นิ้ว)

**3. เดินแกว่งขาเป็นวง (Circumfusion)**

**ลักษณะ** เดินในท่าเหวี่ยงขาออกด้านข้าง เท้าเทียมเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง แกว่งเป็นวงกลม

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง Swing Phase

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหลังของผู้ป่วย

**สาเหตุ** - จากตัวผู้ป่วย

1. ผู้ป่วยงอเข้าไม่พอ เพราะกลัว

- จากขาเทียม

2. เบ้าคับ ตอขาใส่ไม่เต็มที่ Ischial อยู่เหนือ Seat ขาเทียมจึงยาวกว่าขาดีขณะเดิน
3. ขาเทียมไม่กระชับ เช่น เบ้าหลวม, สายรัดไม่เหมาะสม (Inadequate Suspension)
4. ความยาวขาเทียมมากกว่าขาดี จาก
   - ข้อเข่าฝืด (Excessive Friction)
   - อุปกรณ์ช่วยเหยียดเข่าตั้งไว้แข็งเกินไป (Tight Extension Aid)
   - การล็อคข้อเข่าเทียมด้วยมือ (Manual Knee Lock)
5. เท้าเทียมอยู่ท่า ปลายเท้าจิกเหยียดลงมากเกินไป (Excessive Plantar Flexion)

**ภาพที่ 2.52** ลักษณะเดินแกว่งเป็นวงกลม

**4. เดินเขย่ง (Vaulting)**

**ลักษณะ** เดินเขย่งเท้าข้างเดียวเพื่อให้ตัวสูงขึ้น จะได้ช่วยในการเหวี่ยงขาเทียมผ่านพ้นไปได้โดยสะดวก

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง Swing Phase

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหลังหรือด้านข้างของผู้ป่วย

**สาเหตุ**

1. ขาเทียมยาวเกินไป (Excessive Length of Prosthesis)
2. ข้อเข่าเทียมหลวม (Insufficient Friction in Prosthetic Knee)
3. ข้อเข่าฝืด ไม่งอในช่วง Swing Phase

**ภาพที่ 2.53** ลักษณะเดินเขย่งเท้าข้างเดียว

**5. เดินสะบัดขาและเท้า (Swing Phase Whip)**

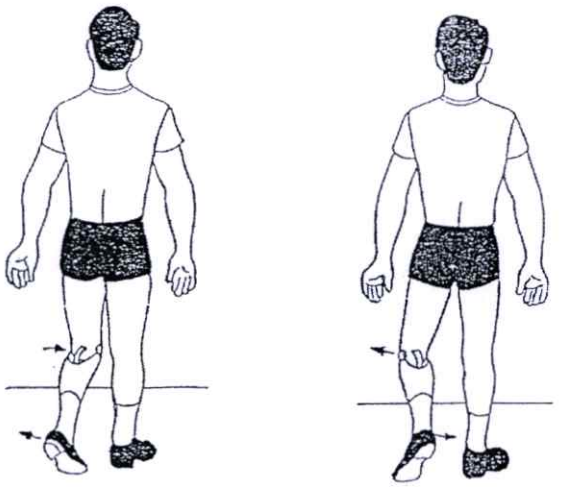
**ลักษณะ** การเดินในท่าที่สะบัดส้นเท้าเทียมเข้า (Medial Whip) และสะบัดเท้าออก (Lateral Whip) ขณะเดียวกันจะมีการหมุนของขาเทียมในทิศทางตรงกันข้ามกับการสะบัดของส้นเท้า

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง (Toe-Off)

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหลังของผู้ป่วย

**สาเหตุ**

1. การจัดแนวผิด (Improper Alignment of Knee Bolt in Transverse Plane)
2. สำหรับ Suction Socket เกิดจาก
   - กล้ามเนื้ออ่อนแรง และเหลว
   - เบ้าคับ หรือรูปร่างไม่เหมาะสม กล้ามเนื้อหด เบ้าจะหมุน



Lateral Whip – At toe-off
The Heel Moves Laterally

Medial Whip

**ภาพที่ 2.54** ลักษณะการเดินในท่าที่สะบัดส้นเท้าเทียมเข้า และสะบัดเท้าออก

**6. เดินทางบิดขณะส้นเท้ากระทบพื้น (Foot Rotation at Heel Strike)**

**ลักษณะ** เดินบิดเข้าหรือออกของเท้าเทียมส่วนปลายเท้าในจังหวะเท้ากระทบพื้น

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง Heel Strike

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหน้าของผู้ป่วย

**สาเหตุ**

1. ส้นเท้าเทียม (Heel Cushion) แข็งไป
2. Plantar Flexion Bumper แข็งไป

**ภาพที่ 2.55** ลักษณะเดินบิดเข้าหรือออกของเท้าเทียม

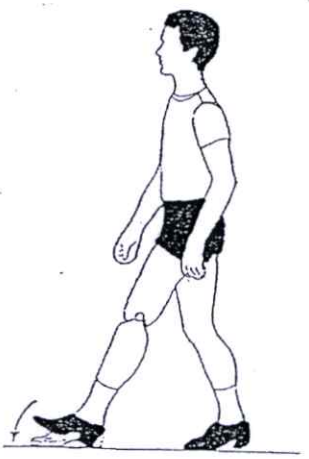
**7. เดินตบเท้า (Foot Slap)**

**ลักษณะ** เดิมมีการตบฝ่าเท้าลงกับพื้นเร็วและแรงเกินไป มักมีเสียงฝ่าเท้าตบพื้นดังกว่าปกติ

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วงหลังส้นเท้ากระทบพื้น

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านหลัง หรือฟังเสียง

**สาเหตุ** Plantar Flexion Bumper



**ภาพที่ 2.56** ลักษณะเดิมมีการตบฝ่าเท้าลงกับพื้น

**8. เดินยกส้นเท้าสูงไม่เท่ากัน (Uneven Heel Rise)**

**ลักษณะ** เดินยกส้นเท้าเทียมในจังหวะเหวี่ยงขาเทียมสูงไม่เท่ากับขาข้างปกติ

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง Swing Phase

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านข้างของผู้ป่วย

**สาเหตุที่ส้นเท้ายกสูงเกินไป**

1. ความฝืดข้อเข่าเทียมไม่พอ
2. อุปกรณ์ช่วยเหยียดเข่าเทียม (Extension Aid) ไม่มีกำลังพอ เข่าจึงงอเร็วเกิน
3. งอสะโพกแรงเกินไป เพราะกลัวเหยียดเข่าไม่สุดขณะ Heel Strike

**สาเหตุที่ส้นเท้ายกน้อยเกินไป**

1. ความฝืดข้อเข่าเทียมมากเกินไป
2. อุปกรณ์ช่วยเหยียดเขาเทียมตึงเกินไป
3. กลัว
4. การล็อคข้อเข่าเทียมด้วยมือ (Manual Lock)

**ภาพที่ 2.57** ลักษณะเดินยกส้นเท้าสูงไม่เท่ากัน

**9. เดินแบบข้อเข่ากระแทก (Terminal Swing Impact)**

**ลักษณะ** เดินเหวี่ยงขาเทียมท่อนล่าง แรงกว่าปกติ Shank หยุดทันที โดยมองเห็นหรือได้ยินเสียงกระแทก เมื่อเข้าเหยียดสุด

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ตอนท้ายสุดของการเหวี่ยงขา

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านข้างหรือได้ยินเสียง

**สาเหตุ**

1. ความฝืดข้อเข่าไม่พอ
2. อุปกรณ์ช่วยเหยียดเข่าเทียมตึงเกินไป
3. กลัวทรุดจึงเหยียด สะโพกทันทีขณะเข้าใกล้จะเหยียดสุดผลคือ Shank กระแทกแรง
4. ไม่มี Extension Bumper ที่เข่า

**ภาพที่ 2.58** ลักษณะเดินแบบข้อเข่ากระแทก

**10. เดินก้าวขายาวไม่เท่ากัน (Uneven Step Length)**

**ลักษณะ** ระยะก้าวของขาเทียมต่างจากขาดี

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ตลอดช่วงการเดิน

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านข้าง

**สาเหตุ**

1. เจ็บหรือกลัว
2. ความฝืดข้อเข่าไม่พอ หรืออุปกรณ์ช่วยเหยียดเข่าเทียมหลวม ขาเทียมจะก้าวได้ยาวกว่า
3. การหดลงของตอขา (Hip Flexion Contractors) หรือเบ้างอไม่พอ (Insufficient Socket Flexion) อิน ขาข้างดีจะก้าวได้สั้นกว่า

**11. เดินหลังแอ่น (Exaggerated Lord sis)**

**ลักษณะ** เดินเอวแอ่น (Lumbar Lord sis) ลำตัวเอนไปด้านหลัง

**จังหวะที่สังเกตเห็น** ช่วง Stance Phase

**ตำแหน่งที่สังเกต** มองทางด้านข้าง

**สาเหตุ**- จากตัวผู้ป่วย

1. การหดงอของตอขา (Hip Flexion Contractors)
2. กล้ามเนื้อสะโพก, กล้ามเนื้อหน้าท้องอ่อนแอจากขาเทียม
3. การพยุงของเบ้าด้านหน้าไปพอเพียง
4. การตั้งองศางอเบ้าไม่พอ (Insufficient Socket Flexion)

**ภาพที่ 2.59** ลักษณะเดินหลังแอ่น

**ศัพท์ต่างๆ ที่ควรรู้เบื้องต้น**

| | | |
|---|---|---|
| Stump | (สตั๊มป์) | ตอขา |
| Greater Trochanter | (เกร็ทเตอร์โทแคนเตอร์) | ปุ่มประดูกนูนใหญ่ของต้นขา |
| Femoral End | (ฟีเมอรัลเอ็น) | ปลายกระดูกฟีเมอร์ |
| Ischial Tuberosity | (อีสเคียล ทูเบอโรซิตี้) | ปุ่มกระดูกก้นที่รับน้ำหนักตัวเวลานั่ง |
| Adductor Muscle | (แอ็คดัคเตอร์ มัซเซิล) | กล้ามเนื้อหุบข้อตะโพก |
| Ischial Rami | (อีสเซียล เรมายค์) | ขากระดูกก้นกบ |
| Iliac Crest | (อีลีแอ็ค เครสท์) | สันบนสุดของตะโพก |
| Tender Spot | (เทนเดอร์ สปอท) | จุดที่เจ็บปวด |
| Patella | (พาเตลล่า) | กระดูกสะบ้า |
| Calf | (คาล์ฟ) | น่อง |
| Ankle | (แองเคิล) | ข้อเท้า |
| Foot | (ฟุต) | เท้า |
| Perinium | (เพอริเนี่ยม) | ฝีเย็บ |
| Femur | (ฟีเมอร์) | กระดูกต้นขา |
| Tibia | (ทิเบีย) | กระดูกหน้าแข้ง |
| Hip | (ฮิป) | ตะโพก |
| Scar | (สคาร์) | แผลเป็น |
| Trigger Point | (ทริคเกอร์ พอยท์) | จุดกระตุ้นกดเจ็บ |

| | | |
|---|---|---|
| Edema | (เอดีม่า) | บวม |
| Bone Spur | (โบน สเปอร์) | ปุ่มกระดูกปูดนูน |
| Abrasion | (อะเบรชั่น) | แผลถลอก |
| Socket | (ซอคเค็ท) | เบ้า |
| Flexion | (เฟล็กชั่น) | การงอเข้า |
| Extension | (เอ็กซเตนชั่น) | การเหยียดออก |
| Medial | (มีเดียล) | ด้านใน |
| Lateral | (แลทเตอรัล) | ด้านข้างๆ, ด้านนอก |
| Proximal | (พร็อกซิมัล) | ส่วนต้นๆ, ใกล้ต้นทาง |
| Distal | (ดิสทัล) | ส่วนปลายๆ, ไกลจากศูนย์กลาง |
| Adduct | (แอ็ดดัค) | หุบขา, หนีบเข้า |
| Abduct | (แอ็บดัค) | กางออก, อ้าถ่างออก |

## 2.10 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยที่ได้ทำการค้นคว้าวิจัยอันเกี่ยวกับ ข้อมูลต่างๆ ซึ่งนักออกแบบจะต้องทำความเข้าใจอย่างดีและนำมาเป็นแนวทาง สิ่งที่นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงหลักดังต่อไปนี้(มนตรี ยอดบางเตย.2538: 72 - 73)

1. หน้าที่ใช้สอย (Function)

หน้าที่ใช้สอยนับเป็นสิ่งสำคัญ เพราะผลิตภัณฑ์ที่ดีนั้นจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามความเป็นจริง สนองความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด เช่นที่เขี่ยบุหรี่สำหรับเฉพาะบุคคล หรือสำหรับใช้ในห้องประชุม ย่อมมีที่ใช้สอยแตกต่างกัน การออกแบบต้องคำนึงถึงหน้าที่ให้ความสามารถตอบสนองได้จริง

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีระบบกลไก หรือเครื่องจักรเข้ามาประกอบด้วยควรมีการทำงานหรือสมรรถภาพการทำงานที่คล่องตัวทำงานได้สะดวกไม่ขัดข้องง่ายเป็นต้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ในลักษณะที่มีหน้าที่ใช้สอยได้หลายอย่าง ที่เรียกว่า อเนกประสงค์ นับเป็นหลักการที่น่าสนใจสำหรับปัจจุบันและอนาคต เพราะจะส่งผลในด้านการประหยัดได้ดีอีกทางหนึ่ง เช่นที่บดอาหาร และยังสามารถทำน้ำผลไม้ได้อีกเป็นต้น

2. ความปลอดภัย (Safety)

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่า สิ่งที่อำนวยประโยชน์ได้มากเพียงใดย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่มีความสะดวกต่างๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกล เครื่องผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า การออกแบบ

ควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจน หรือคำมีอธิบายไว้

ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็ก ต้องคำนึงถึงวัตถุที่เป็นพิษ เวลาที่เด็กเอาเข้าปากกัดหรืออม นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้เป็นสำคัญ

3. ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Construction)

หมายถึง ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ นักออกแบบจะต้องรู้จักเลือกโครงสร้างให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ เพื่อการรับน้ำหนักมากน้อยเพียงใด ให้มีความแข็งแรงทั้งจะต้องประหยัดด้วย ทั้งนี้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุ และขนาดของรูปแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์ ปัญหาอยู่ที่ว่ารูปแบบที่มีความแข็งแรงจะขาดความสวยงาม ซึ่งนักออกแบบจะต้องใช้ความสามารถแก้ปัญหาให้มีความเหมาะสม

4. ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomics)

หมายถึง ความสะดวกสบายในการใช้ผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม ดังนั้น นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดของอวัยวะส่วนต่างๆ ของผู้ใช้ เช่น เก้าอี้ ต้องมีขนาดความสูงพอเหมาะไม่เล็กหรือไม่ใหญ่เกินไป และไม่เมื่อยง่าย

การออกแบบประตูรถยนต์ในระดับที่เปิดสูงขึ้น โดยมีบานพับอยู่บนส่วนของหลังคา นับเป็นการออกแบบที่ให้ความสะดวกในการใช้งานและสามารถประหยัดเนื้อที่ขณะใช้งานอีกด้วย

5. ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics)

หมายถึง นักออกแบบจะต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปร่างสีสันสวยงาม น่าใช้ชวนให้ผู้ซื้ออยากซื้อความแปลกใหม่ของรูปแบบ ผลิตภัณฑ์มีส่วนทำให้ประชาชนสนใจซื้อไว้ทั้งๆ ที่ของเดิมยังใช้การได้อยู่เป็นต้น

ในทางรู้สึกทางสุนทรียภาพ นักออกแบบสามารถช่วยยกระดับรสนิยม เกี่ยวกับรูปแบบและสีสันของผลิตภัณฑ์แก่ประชาชนและผู้ใช้ได้ดีขึ้น

6. ราคาพอสมควร (Cost)

นักออกแบบควรจะต้องรู้จักเลือกใช้วัสดุ และกรรมวิธีผลิตเพื่อให้ผลิตได้ง่ายและรวดเร็ว อันเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มารคาพอสมควร เหมาะสมกับค่าครองชีพ

ราคาพอสมควรแก้ปัญหาโดยการทำหลายๆ ขนาด โดยให้ประชาชนสามารถเลือกซื้อใช้ตามความเหมาะสมกับความเป็นอยู่ และเศรษฐกิจของตน

7. สามารถซ่อมแซมได้ง่าย (Ease of Maintenance)

หมายถึง การออแบบผลิตภัณฑ์ ต้องออกแบบให้มีการแก้ไขซ่อมแซมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เมื่อใช้งานแล้วเกิดชำรุดเสียหายขึ้น การมีอะไหล่เพื่อสามารถเปลี่ยนใหม่อันเกี่ยวพันกับการบริการ

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบางประเภทที่มีวัตถุประสงค์ในการใช้สอย เพียงระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้มีการผลิตใหม่เป็นการตอบสนองความสามารถในการผลิตไอย่างรวดเร็ว โดยที่การซ่อมทำให้เสียเวลา และสิ้นเปลืองแรงงงานมากกว่า จึงทำให้เกิดระบบการผลิตแล้วทำลาย หมุนเวียนกันเท่านั้น

**2.10.1 ข้อควรคำนึงในการออกแบบ**

1. ผลิตภัณฑ์ ต้องมีกลไกถูกต้องและไม่ยุ่งยาก ผลิตภัณฑ์ที่มีกลไกจะต้องมีการทดสอบในการทำงานอย่างถูกต้อง และเมื่อใช้ก็มีความสะดวกปลอดภัย ไม่ซับซ้อน การดูแลรักษาง่าย

2. ผลิตภัณฑ์ ต้องมีกรรมวิธีการผลิตที่ง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบ ซึ่งต้องมีลักษณะเรียบเพื่อให้สามารถหล่อ หรือทำพิมพ์อัดปั๊มได้ง่าย ทั้งสามารถประกอบง่าย ขนส่งง่าย

**2.10.2 ลักษณะงานออกแบบ**

สถาปนิกคนหนึ่งกล่าวถึงงานออกแบบสถาปัตยกรรมของเขาว่า "น้อยคือมาก" โดยนัยความหมายที่ว่า การออกแบบของเขายึดถือรูปแบบที่เรียบง่าย ไม่ยุ่งยากเกินความจำเป็น แต่ให้ได้ความสง่างามมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ให้ได้คุณประโยชน์มากที่สุด ถ้าพิจารณาความคิดข้อนี้จะพบว่า เป็นลักษณะความคิดร่วมสมัย เพราะงานออกแบบในปัจจุบันส่วนมากจะเน้นรูปแบบที่เรียบง่าย (Simplicity) และความเด่นน่าสนใจ (Readability) ความเรียบง่ายอาจจะเป็นผลมาจากความต้องการวัสดุอุปกรณ์ และกรรมวิธีการผลิตตามที่กล่าวถึงแล้ว และความเด่นน่าสนใจอาจจะเป็นความงามในรูปแบบใหม่ที่ทดแทนออกแบบที่มีลักษณะตกแต่งหรูหราในรูปแบบเก่าๆ ก็ได้ ลักษณะเด่นน่าสนใจจะเป็นความเด่นบนพื้นฐานของความเรียบง่ายที่สะดุดตา หรือประทับใจด้วยโครงสร้าง (Structure) ของรูปแบบ มิใช่ประทับใจด้วยการตกแต่ง (Decoration)

**2.10.3** ประเภทของงานออกแบบ

1. งานออกแบบเพื่อการอยู่อาศัย
2. งานออกแบบเพื่อการใช้สอย
3. งานออกแบบเพื่อการดำรงชีวิต

**1. งานออกแบบเพื่อการอยู่อาศัย**

งานออกแบบเพื่อการอยู่อาศัย คือ การออกแบบสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์ทางกาย ทั้งชีวิตในบ้านและในสังคม เป็นงานออกแบบขนาดใหญ่ที่คนสามารถเข้าไปอยู่อาศัย หรือมีส่วนร่วมในงานออกแบบนั้นๆ เช่น งานออกแบบสถาปัตยกรรม งานออกแบบตกแต่งภายในและภายนอก งานออกแบบผังเมือง เป็นต้น

งานออกแบบเพื่อการอยู่อาศัยเช่นนี้ นอกจากผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงการใช้งานบริเวณว่าง และความงามแล้ว ยังต้องคำนึงถึงเรื่องโครงสร้าง วัสดุ และการก่อสร้าง ซึ่งต้องสัมพันธ์กับงานของวิศวกรอีกด้วย งานออกแบบเช่นนี้จึงมิใช่งานออกแบบในขอบข่ายของศิลปะเท่านั้น แต่จะต้องเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยตรงด้วย ยกเว้นการออกแบบตกแต่งภายในและภายนอก (Interior and Exterior Design) ที่อาจจะออกแบบโดยไม่ต้องเกี่ยวข้องกับงานของวิศวกรโดยตรง

**2. งานออกแบบเพื่อการใช้สอย**

งานออกแบบเพื่อการใช้สอย เป็นการออกแบบสิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวันทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก งานออกแบบขนาดใหญ่ คือ ยานพาหนะ เช่น รถยนต์ เรือ เกวียน เครื่องบิน งานออกแบบเพื่อการใช้สอยขนาดเล็ก เช่น งานออกแบบเครื่องเรือน งานออกแบบเครื่องปั้นดินเผา งานออกแบบของเด็กเล่น งานออกแบบเครื่องประดับ เป็นต้น สำหรับงานออกแบบเครื่องประดับ (Jewelry Design) อาจมีข้อสังเกตว่า ไม่ได้เป็นงานออกแบบที่มีประโยชน์ทางกายโดยตรง แต่เป็นสิ่งประดับประดาร่างกายให้สวยงาม ในที่นี้พิจารณาในแง่การนำมาใช้สอยตกแต่งร่างกาย

การออกแบบสิ่งของเครื่องใช้เหล่านี้ ประโยชน์ใช้สอยและความงามได้กลายเป็นสิ่งที่สัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออก อดีตที่ผลิตกันจำนวนน้อยเพื่อใช้ในชุมชนของตน ปัจจุบันได้มีแนวโน้มไปสู่การผลิตจำนวนมาก (Mass Production) เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชน ทำให้รูปแบบ วัสดุ ประโยชน์ใช้สอย และกรรมวิธีการผลิตได้พัฒนาไปอย่างกว้างขวางด้วย

**3. งานออกแบบเพื่อการดำรงชีวิต**

งานออกแบบเพื่อการดำรงชีวิต เป็นการออกแบบเพื่อชีวิตการเป็นอยู่หรืออาชีพในชุมชนโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การออกแบบเพื่องานกสิกรรม เลี้ยงสัตว์ การประมง ซึ่งเป็นอาชีพหลักสำหรับคนไทย เช่น การจัดวางแนวปลูกพืชผัก การจัดช่วงห่างปลูกต้นไม้ ทำโรงเลี้ยงสัตว์ ทำโป๊ะปลาทู ฯลฯ การออกแบบเพื่อการดำรงชีวิตเช่นนี้อาจจะดูเป็นเรื่องปกติธรรมดา แต่ผู้ดำรงอาชีพต่างๆ ก็ได้มีการออกแบบวางแผนกันอยู่ตลอดเวลา แม้จะไม่ได้ออกแบบบนกระดาษให้รับรู้ได้ แต่ก็ได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโดยออกแบบหรือวางแผนกันอยู่ในใจ

ถ้าได้มีการศึกษาค้นคว้าหรือฝึกฝนการออกแบบเพื่อการดำรงชีวิตให้เหมาะสมกับอาชีพแต่ละด้าน เช่น การกสิกรรมที่ออกแบบให้สัมพันธ์กับการระบายน้ำธรรมชาติของพืชผักแต่ละอย่าง หรือออกแบบให้สัมพันธ์กับการใช้เครื่องทุ่นแรง ฯลฯ ถ้าได้มีการออกแบบกันอย่างเหมาะสมแล้วก็ย่อมเป็นที่หวังได้ว่า อาชีพการงานต่างๆ จะได้ผลงานที่มีทั้งความงาม ความประณีต และผลิตผลอันสมบูรณ์เพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อกล่าวถึงการออกแบบนั้น ย่อมกินความหมายกว้างขวางมาก ทั้งการออกแบบที่แสดงความงามในตัวของมันเอง เช่น ออกแบบโฆษณา ออกแบบทัศนศิลป์ และการออกแบบเพื่อนำไปสร้างเป็นผลงานขึ้นมา เช่น ออกแบบงานช่างออกแบบอุตสาหกรรม ออกแบบเครื่องจักรกล โดยทั่วไปแล้ว การออกแบบแต่ละชนิดย่อมมีเป้าหมาย วิถีทาง และคุณภาพเฉพาะตัว ในที่นี้จะได้กล่าวถึงคุณภาพของงานออกแบบโดยส่วนรวม เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกันไว้ชั้นหนึ่งก่อน (วิรุณ ตั้งเจริญ.2539: 87-91)

**2.10.4 คุณภาพของงานออกแบบที่ควรคำนึงถึง**

1. คุณภาพทางประโยชน์ใช้สอย
2. คุณภาพทางรูปแบบที่สัมพันธ์กับการผลิต
3. คุณภาพวัสดุที่สัมพันธ์กับรูปแบบ
4. คุณภาพทางรูปแบบที่สร้างสรรค์
5. คุณภาพที่สัมพันธ์กับชีวิตการเป็นอยู่

**1. คุณภาพทางประโยชน์ใช้สอย**

งานออกแบบที่มีคุณประโยชน์ทางกาย ผู้ออกแบบจำเป็นต้องออกแบบโดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ให้ความงามหรือรูปทรงเป็นสิ่งสนับสนุนประโยชน์ (Form Follows Function) เพราะถ้าเน้นประโยชน์ใช้สอย สนับสนุนความงามแล้ว งานออกแบบชิ้นนั้นแทนที่จะใช้สอยได้อย่างเหมาะสม สะดวกสบาย ก็กลับต้องนำมาไว้ชื่นชมความงาม

ในงานออกแบบสิ่งของเครื่องใช้ หรือครุภัณฑ์ต่างๆ ประการแรกที่ควรคำนึงถึงก็คือประโยชน์ใช้สอยของวัสดุสิ่งนั้น เพื่อให้สามารถออกแบบหรือสร้างรูปทรงที่มีความงามสัมพันธ์กับลักษณะประโยชน์ใช้สอยได้ การออกแบบที่เน้นความงามสนับสนุนประโยชน์ มิได้หมายความว่างานออกแบบนั้นจะมีความงามลดลง หรือหาความงามไม่ได้ แต่เป็นการสร้างความหมายอย่างสูงสุดให้สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอย

ตัวอย่างเช่น การออกแบบบันได จำเป็นต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยเป็นอันดับแรกว่าสามารถขึ้นลงได้สะดวกสบายหรือไม่เพียงใด วางเท้าได้เต็มเท้าหรือไม่ เมื่อก้าวขึ้นไปบันไดขั้นถัดไปจะถูกหน้าแข้งหรือไม่ ช่วงห่างของบันไดเหมาะกับช่วงก้าวหรือไม่ ขึ้นไปแล้วตกง่ายหรือยาก เป็นต้น เมื่อได้สัดส่วนที่เป็นประโยชน์แล้วจึงสร้างสรรค์ความงามให้สัมพันธ์กับสัดส่วนที่กำหนดไว้ หรือการออกแบบเครื่องปั้นดินเผาเป็นแจกัน ก็อาจจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ที่ใช้เสียบดอกไม้ การทำความสะอาดง่าย บริเวณที่จะยกได้ไม่ลื่น ส่วนฐานจะต้องตั้งได้อย่างมั่นคง เป็นต้น

การพิจารณาคุณภาพทางประโยชน์ใช้สอยเช่นนี้ย่อมเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่างานออกแบบที่มุ่งประโยชน์ใช้สอยทางกาย (Physical Function) ถ้าเพียงแต่ออกแบบให้สวยงามเลิศเลอโดยที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ดีหรือความสวยงามนั้นไม่สัมพันธ์กับประโยชน์ งานออกแบบนั้นย่อมมีคุณค่าน้อย

**2. คุณภาพทางรูปแบบที่สัมพันธ์กับการผลิต**

งานออกแบบสมัยก่อน จะเป็นการออกแบบและผลิตกันเพื่อใช้สอยในชุมชน ต่อเมื่อสังคมขยายตัวกว้างขึ้น ประชากรมากขึ้น วิธีการผลิตพัฒนาไปให้สอดคล้องกับความต้องการที่มีจำนวนมากขึ้นแทนที่จะผลิตด้วยมือและแรงงานมนุษย์อยู่อย่างเดียว ได้มีการผลิตด้วยเครื่องทุ่นแรงและเครื่องจักรกลเพิ่มขึ้น

ด้วยเหตุนี้ รูปแบบการออกแบบในอดีตเพื่อผลิตด้วยมือ ซึ่งสัมพันธ์กับความต้องการจำนวนน้อยจึงมีลักษณะการออกแบบอย่างที่อาจจะเน้นลวดลายและความวิจิตรบรรจงเป็นหลัก แต่การออกแบบที่ต้องผลิตด้วยเครื่องจักรเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของคนจำนวนมาก ไม่อาจจะยึดถือรูปแบบการออกแบบในลักษณะเดิมได้อีก เพราะลวดลายอันวิจิตรบรรจงนั้นเครื่องจักรไม่สามารถผลิตได้รวดเร็ว ลวดลายไม่เหมาะสมกับวัสดุ หรือถ้าผลิตได้ต้นทุนก็จะสูง ราคาจำหน่ายก็จะเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ซึ่งก็จะขัดแย้งกับสภาพเศรษฐกิจในสังคมด้วย แต่ถ้าเป็นการออกแบบเพื่อผลิตเป็นงานฝีมือ (Handicraft) ก็อาจจะยังคงรักษาความวิจิตรบรรจงไว้ได้

**3. คุณภาพวัสดุที่สัมพันธ์กับรูปแบบ**

การออกแบบใดๆ ก็ตาม ผู้ออกแบบจำเป็นจะต้องคำนึงถึงความสำคัญในคุณสมบัติของวัสดุไปพร้อมกัน เพราะคุณสมบัติของวัสดุจะสัมพันธ์กับรูปแบบของงานออกแบบโดยตรง เช่น การออกแบบโมบิล (Mobile) ที่ใช้โครงสร้างไม้กับโครงสร้างโลหะย่อมมีรูปแบบที่แตกต่างกัน โครงสร้างของโมบิลไม้อาจจะมีลักษณะเป็นโครงสร้างเส้นตรง แต่โครงสร้างของโมบิลโลหะสามารถที่ตัดให้เป็นเส้นโค้งในลักษณะต่างๆ ได้ หรือเก้าอี้ที่ผลิตด้วยวัสดุต่างกัน เช่น หวาย เหล็ก ไม้สัก ความจำเป็นในการรับน้ำหนัก การสร้างรูปทรง และคุณสมบัติแข็ง กรอบ เหนียว เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงถึง มิใช่วัสดุใดก็ออกแบบเหมือนกันทั้งหมด ซึ่งก็จะยุ่งยากทั้งการผลิตและเป็นไปไม่ได้สำหรับสภาพการรับน้ำหนัก

การพิจารณาคุณภาพงานออกแบบใดก็ตาม จึงจำเป็นต้องพิจารณาวัสดุที่สัมพันธ์กับรูปแบบด้วยประการหนึ่ง เพราะเป็นคุณภาพที่สำคัญไม่น้อยไปกว่าความสำคัญด้านอื่นๆ เลย ยิ่งในปัจจุบันมนุษย์นำวัสดุต่างๆ มากมาย ทั้งจากธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้นใหม่มาใช้ในงานออกแบบ จึงทำให้รูปทรงแบบงานออกแบบเปลี่ยนแปลงยิ่งขึ้นเป็นเงาตามตัว

**4. คุณภาพทางรูปแบบที่สร้างสรรค์**

สังคมที่เปลี่ยนแปลงในทุกด้านและการติดต่อสื่อสารที่สะดวกง่ายดาย ทำให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกันอย่างรวดเร็ว ศาสตร์และรูปแบบการดำรงชีวิตไม่คงตัวอยู่นิ่ง สังคมมีสภาพเป็นสังคมที่เคลื่อนไหว การออกแบบก็เช่นกัน มีอิทธิพลต่อกันอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว งานออกแบบได้รับการสร้างสรรค์ให้เปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ถ้าการสร้างสรรค์หมายถึงการพัฒนาไปสู่สิ่งที่ดีกว่าเหมาะสมกว่า รูปแบบของงานออกแบบก็ควรได้รับการสร้างสรรค์อยู่เสมอ เพื่อให้งานออกแบบก้าวหน้าและสัมพันธ์สอดคล้องกับปัจจัยการผลิตในแต่ละช่วงเวลาและสอดคล้องกับรสนิยมของประชาชนในวงกว้างยิ่งขึ้นด้วย

**5. คุณภาพที่สัมพันธ์กับชีวิตการเป็นอยู่**

เมื่อเทคโนโลยีต่างๆ พัฒนาไปอย่างรวดเร็วก้าวหน้า ศักดิ์ศรีการทำงานและการผลิตด้วยแรงงานมนุษย์ย่อมลดลง ถ้าเรายอมรับสิ่งเปลี่ยนแปลงก้าวหน้านั้นมาใช้โดยไม่คำนึงถึงสภาพสังคมพื้นฐานของเรา ปัญหาต่างๆ ย่อมเกิดขึ้นแน่ เช่น การก่อสร้างโรงงานโดยไม่คำนึงถึงมลภาวะ การส่งเสริมการผลิตอุตสาหกรรมไม้โดยไม่คำนึงถึงป่าไม้ การส่งเสริมอุตสาหกรรมโดยไม่คำนึงถึงเกษตรกร

ทางด้านการออกแบบที่สัมพันธ์กับการผลิตก็เช่นกัน จำเป็นต้องคำนึงถึงชีวิตการเป็นอยู่ทั้งด้านศิลปวัฒนธรรม สภาพเศรษฐกิจ และสภาพสังคม งานออกแบบไม่ควรจะทำลายความดีงามในสังคม เช่น งานออกแบบที่เกี่ยวข้องกับเพศ การออกแบบที่ทำลายสภาพแวดล้อมในชุมชน การออกแบบที่สร้างความฟุ้งเฟ้อ หรือการออกแบบที่สร้างความสกปรกรกรุงรังในสังคม เป็นต้น คุณภาพงานออกแบบที่สัมพันธ์กับชีวิตการเป็นอยู่เช่นนี้เป็นคุณภาพที่ผู้ออกแบบควรจะได้ตระหนัก และร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาให้เหมาะสมในแต่ละชุมชนต่อไป

## 2.11 วัสดุในการผลิต

### 2.11.1 อลูมิเนียมและอลูมิเนียมผสม

คุณสมบัติและลักษณะทั่วไปของอลูมิเนียม

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบาโลหะผสมของอลูมิเนียมบางอย่างมีความโปร่ง เช่น เหล็กเหนียวธรรมดา และมีคุณสมบัติในการดัดโค้ง เป็นอย่างดี ถึงจะอยู่ในอุณหภูมิ 0 ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีต่างๆ ในสถานะปกติ ไม่มีเกลือ และเป็นสารพิษปรากฏอยู่ อลูมิเนียมบริสุทธิ์เป็นสารละลายที่นำไฟฟ้าและความร้อนได้ดี นอกจากนั้นอลูมิเนียมเป็นโลหะที่ไม่มีประกายไฟและไม่เป็นสื่อนำแผ่นเหล็กเช่นกัน

อลูมิเนียมสามารถทำเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ เช่น เป็นแผ่น เส้น ฟรอยด์ ได้โดยวิธีการหล่อ รีดขึ้นรูป ปั๊ม ดึง นอกจากนี้ยังสามารถตีขึ้นรูปด้วยค้อน ตีด้วยความร้อน มีคุณสมบัติในการกลึง

ตกแต่งได้ง่าย แต่การใช้ความเร็วในการกลึงแต่งเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของการทำชิ้นส่วนอลูมิเนียม ฉะนั้นต้องเลือกความเร็วในการกลึงแต่งให้ถูกต้อง

อลูมิเนียมบริสุทธิ์หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1220 ฟาเรนไฮ

อลูมิเนียมผสมมีจุดหลอมละลายทีระหว่าง 900 – 1220 ฟาเรนไฮ อลูมิเนียมผสม เป็นอลูมิเนียมที่มีส่วนผสมของสารอื่นๆ ส่วนผสมที่ผสมลงไปมีส่วนทำให้อลูมิเนียมมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป ในเรื่องความแข็งแรง การอดทนต่อการรับน้ำหนัก สารที่นิยมผสมลงไปได้แก่ ซิลิกอน แมกนีเซียม ทองแดง มังกานีส

อลูมิเนียมอัลลอยย์ ในปัจจุบันมีอยู่หลายร้อยชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้ทำชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์ในเมืองไทยมีอยู่ไม่กี่ชนิด แต่ละชนิดใช้ในงานที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ ที่ต้องการสำหรับงานนั้นๆ

**สรุปคุณสมบัติของอลูมิเนียม**

**ข้อดี**
1. น้ำหนักเบามาก (1/3 เท่าของเหล็ก)
2. ไม่เป็นสนิม
3. ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี
4. หาซื้อได้ง่าย
5. ขึ้นรูปได้ง่าย
6. เมื่อชุบสีแล้วจะเพิ่มความแข็งแรงขึ้นมาก
7. เป็นตัวนำไฟฟ้า
8. เป็นโลหะที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์
9. อายุการใช้งานพอประมาณ
10. การบำรุงรักษาง่าย

**ข้อเสีย**
1. เกิดรอยขูดขีดได้ง่าย
2. รับน้ำหนักได้ไม่ค่อยดี

## 2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ์ เหล่ากุลดิลก และคณะ(2537:บทคัดย่อ) กล่าวไว้ว่า โครงงาน การออกแบบขาเทียม นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหารูปแบบของขาเทียม ที่สามารถนำมาใช้ในประเทศได้ โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ ของต่างประเทศแต่มีราคาถูก วิธีการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์เพื่อออกแบบขาเทียม โดยขาเทียมที่ออกแบบเป็นแบบที่มีท่อเป็นโครงร่าง ในส่วนของ

กลไกขาเทียมจะออกแบบให้มีลักษณะการทำงานตามผลวิเคราะห์การเดิน สำหรับกลไกข้อเข่าเทียมเป็นระบบชิ้นต่อโยง 4 ชิ้น แบบหมุนและแกว่ง ส่วนกลไกข้อเท้าเป็นระบบแกนเดียว เมื่อได้ทำการออกแบบและ เลือกวัสดุเพื่อใช้ในการสร้างขาเทียม จึงได้นำขาเทียมต้นแบบที่ปรับปรุง แล้วไปทำการทดลองกับผู้ป่วย ผลการทดลองพบว่าขาเทียมต้นแบบสามารถแสดงลักษณะการทำงานได้คล้ายคลึงกับการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ หากแต่ขาเทียมต้นแบบนั้นยังมีการประกอบชิ้นส่วนที่ไม่ดีพอ จึงทำให้เกิดเสียงดังขณะเดิน

เมธี ใบงาม และคณะ(2538: บทคัดย่อ) กล่าวไว้ว่า การออกแบบขาเทียมรุ่นที่สองนั้น เพื่อจะพัฒนาขาเทียมที่มีคุณสมบัติในการเดินให้ใกล้เคียงกับการเดินจริง และสามารถใช้งานได้คงทนแข็งแรง ใช้งานได้ในพื้นผิวหลายๆลักษณะ โดยการออกแบบได้มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหลักทฤษฎีการเดินและจากข้อบกพร่องของขาเทียมรุ่นที่ 1 จึงได้พัฒนาออกแบบขาเทียมรุ่นที่ 2 ให้มีกลไกข้อเข่าเป็นแบบชิ้นต่อโยง 6 ชิ้นและกลไกข้อเท้าเป็นแบบสองแกน จากนั้นจึงได้สร้างขาเทียมต้นแบบขึ้น เพื่อนำไปทดสอบในสภาพใช้งานจริง ซึ่งปรากฏผลว่า ขาเทียมรุ่นที่ 2 สามารถแสดงลักษณะการทำงานได้ตามที่ออกแบบ

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าผู้วิจัยได้จัดลำดับของการวิจัยโดยการแบ่งขั้นตอนในการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 3.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ

### 3.1.1 ผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

3.1.1.1 บุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน

3.1.1.2 ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน

### 3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าแบบมีโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการกำหนดประเด็นสัมภาษณ์ประกอบด้วย ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

### 3.1.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1.3.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขาเทียมชนิดเหนือเข่า

3.1.3.2 ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.3.3 กำหนดประเด็นและจำนวนข้อของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.3.4 ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าแบบมีโครงสร้างตามตัวแปรที่ทำการศึกษา

3.1.3.5 นำแบบสัมภาษณ์ เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบและรับคำแนะนำไปทำการปรับปรุงแก้ไข

3.1.3.6 นำแบบสัมภาษณ์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยดูดัชนีความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์แต่ละข้อตรงกับวัตถุประสงค์และนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย (Index of Item Objective Congruence: IOC) และความถูกต้องของภาษา

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผู้ทรงคุณวุฒิจะต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์เกี่ยวข้องกับขาเทียม หรือเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

1. ผศ. ดร. นิรัช สุดสังข์ อาจารย์ประจำหลักสูตร ค.อ.ม
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. พ.อ. นพ. ฟูเศรษฐ จงเฟื่องปริญญา หัวหน้าภาควิชา ออร์โธปิดิกส์
คณะแพทยศาสตร์
โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

3. พญ. ดวงจิตร สมิทธ์นราเศรฐ์ หัวหน้าภาควิชา เวชศาสตร์ฟื้นฟู
โรงพยาบาลโพธาราม
จังหวัดราชบุรี

3.1.3.7 ทำการแก้ไขปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ ตามข้อเสนอแนะ

**3.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงเลขาธิการมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เพื่อขอเก็บข้อมูลและ ขอสัมภาษณ์ บุคลากรทางการแพทย์ ผู้พิการขาขาดเหนือเข่า เกี่ยวกับปัญหาการใช้ขาเทียมเหนือเข่า

**3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อย และความถูกต้องของแบบสัมภาษณ์ทุกฉบับ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา และการบรรยายข้อสรุป

## 3.2 ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

**3.2.1 การออกแบบและพัฒนา**

3.2.1.1 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 มาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบ

3.2.1.2 ทำการออกแบบร่าง

3.2.1.3 นำแบบร่างข้อเข่าเทียมไปเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอคำแนะนำตอบแบบประเมินในการออกแบบโดยมีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญดังนี้

| | |
|---|---|
| 1. รศ. นพ. เทอดชัย ชีวเกตุ | เลขาธิการ<br>มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี |
| 2. พ.อ.(พิเศษ) นพ. ศักดิ์สม กู้เกียรตินันท์ | รองผู้อำนวยการ<br>โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า |
| 3. นายบุญอยู่ ทิพยะ | หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนา<br>มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี |
| 4. นายวิชาญ คงเกียรติไพบูลย์ | อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 5. นายพิสณห์ ศิริกุล | อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |

3.2.1.4 ปรับปรุงแบบร่างข้อเข่าเทียมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.5 ทำการผลิตตามแบบร่างที่ทำการแก้ไขแล้วโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องจักรกล CNC (Computer Numerical Control)

2) ประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน

**3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

แบบประเมินการออกแบบ สำหรับบุคลากรทางการแพทย์ วิศวกร ตอบแบบประเมินด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม ด้านกรรมวิธีในการผลิต และการเลือกสรรวัสดุ

**3.2.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.2.3.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขาเทียมชนิดเหนือเข่า

3.2.3.2 ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.3.3 กำหนดประเด็นและจำนวนข้อของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.3.4 ดำเนินการสร้างแบบประเมินการออกแบบ ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

3.2.3.5 นำแบบประเมิน เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบและรับคำแนะนำไปทำการปรับปรุงแก้ไข

3.2.3.6 นำแบบประเมิน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยดูดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินแต่ละข้อตรงกับวัตถุประสงค์และนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย (Index of Item Objective Congruence: IOC) และความถูกต้องของภาษา

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผู้ทรงคุณวุฒิจะต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์เกี่ยวข้องกับขาเทียม หรือเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

1. ผศ. ดร. นิรัช สุดสังข์ อาจารย์ประจำหลักสูตร ค.อ.ม
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. พ.อ. นพ. ฟูเศรษฐ จงเฟื่องปริญญา หัวหน้าภาควิชา ออร์โธปิดิกส์
คณะแพทยศาสตร์
โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

3. พญ. ดวงจิตร สมิทธ์นราเศรฐ์ หัวหน้าภาควิชา เวชศาสตร์ฟื้นฟู
โรงพยาบาลโพธาราม
จังหวัดราชบุรี

3.2.3.7 ทำการแก้ไขปรับปรุงแบบแบบประเมิน ตามข้อเสนอแนะ

**3.2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงเลขาธิการมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เพื่อขอเก็บข้อมูลและขอให้ตอบแบบประเมินจากบุคลากรทางการแพทย์ วิศวกร

**3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อย และความถูกต้องของแบบประเมินทุกฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา หาค่าเฉลี่ย (Mean: $\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D) เสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยายข้อสรุป โดยแบ่งเป็นเกณฑ์การแปลความหมายค่า เฉลี่ย ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมาก

2.50-3.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อย

1.00-1.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

## 3.3. ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

**3.3.1 ผู้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า**

3.3.1.1 บุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน

3.3.1.2 ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า จำนวน 2 คน (หมายเหตุ ผู้พิการไม่สามารถมาทำการทดลองใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ได้จำนวน1 คน จากจำนวน3 คน)

**3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

แบบประเมินการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า สำหรับผู้พิการ และบุคลากรทางการแพทย์ ตอบแบบประเมินในประเด็นด้านความสะดวกในการใช้งาน ประเด็นด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

**3.3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.3.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขาเทียมชนิดเหนือเข่า

3.3.3.2 ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.3.3 กำหนดประเด็นและจำนวนข้อของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.3.4 ดำเนินการสร้างแบบประเมินการออกแบบ ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

3.3.3.5 นำแบบประเมิน เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบและรับคำแนะนำไปทำการปรับปรุงแก้ไข

3.3.3.6 นำแบบประเมิน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยดูดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินแต่ละข้อตรงกับวัตถุประสงค์และนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย (Index of Item Objective Congruence: IOC) และความถูกต้องของภาษา

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผู้ทรงคุณวุฒิจะต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์เกี่ยวข้องกับขาเทียม หรือเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

1. ผศ. ดร. นิรัช สุดสังข์ อาจารย์ประจำหลักสูตร ค.อ.ม
สาขาวิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. พ.อ. นพ. ฟูเศรษฐ จงเฟื่องปริญญา หัวหน้าภาควิชา ออร์โธปิดิกส์
คณะแพทยศาสตร์
โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

3. พญ. ดวงจิตร สมิทธ์นราเศรฐ์ หัวหน้าภาควิชา เวชศาสตร์ฟื้นฟู
โรงพยาบาลโพธาราม
จังหวัดราชบุรี

3.3.3.7 ทำการแก้ไขปรับปรุงแบบแบบประเมิน ตามข้อเสนอแนะ

**3.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

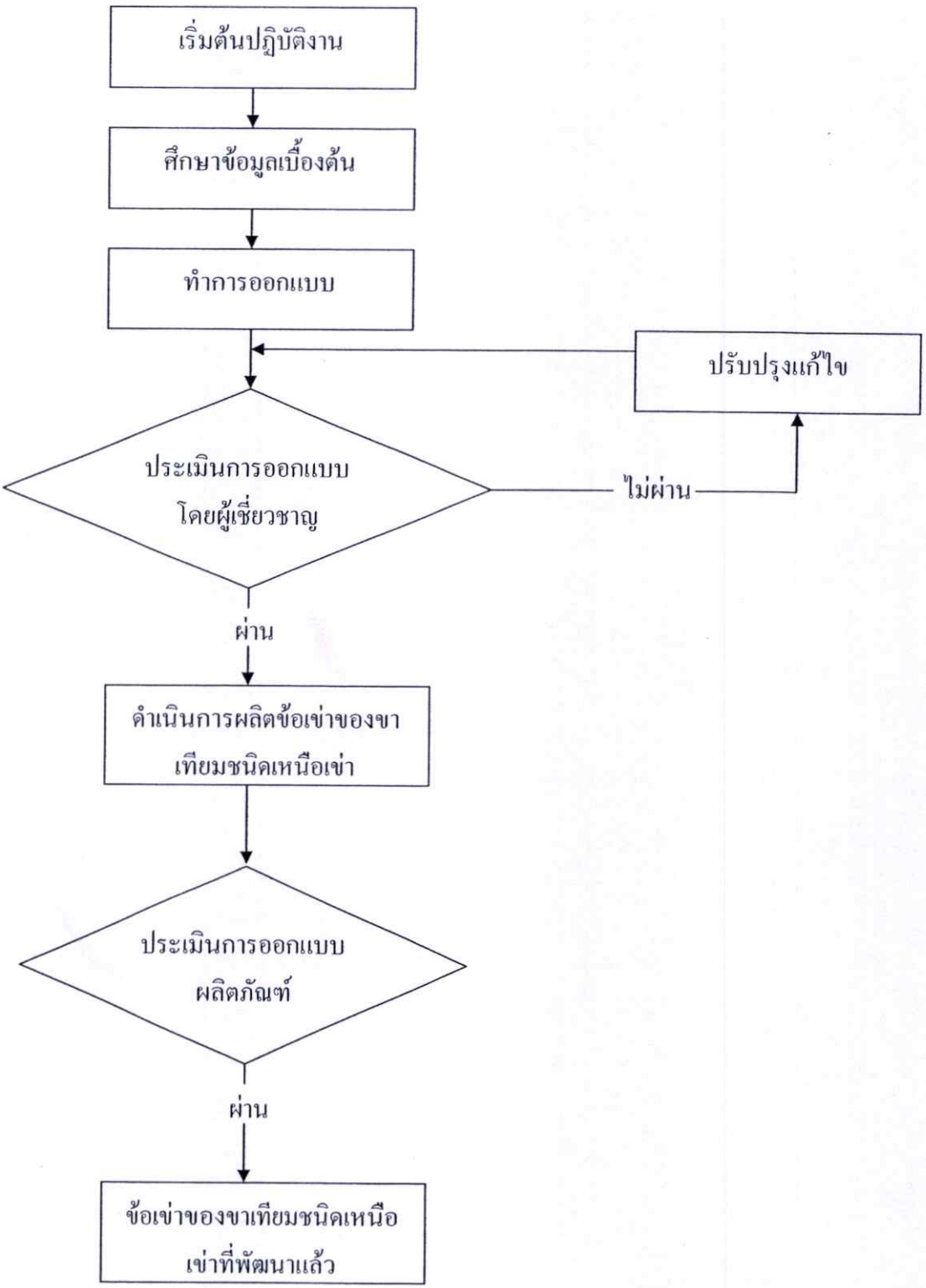
ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงเลขาธิการมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เพื่อขอเก็บข้อมูลการประเมิน 1.ด้านความสะดวกในการใช้งาน 2.ด้านความปลอดภัยในการใช้งานโดยนำเอาขาเทียมที่มีข้อเข่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาให้คณะบุคลากรทางการแพทย์ตอบแบบประเมิน และผู้พิการขาขาดเหนือเข่า ที่เคยใช้ขาเทียมของ มูลนิธิฯมาทดลองใช้ขาเทียมที่มีข้อเข่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นแล้วจึง ตอบแบบประเมินการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

**3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล**

เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อย และความถูกต้องของแบบประเมินทุกฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา และหาค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D) เสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยายข้อสรุปโดยแบ่งเป็นเกณฑ์การแปลความหมายค่า เฉลี่ย ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด
3.50-4.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมาก
2.50-3.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมปานกลาง
1.50-2.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อย
1.00-1.49 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนารูปแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยมีขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบดังต่อไปนี้




**ภาพที่3.1** ขั้นตอนการพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ตอบแบบประเมินของบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี และวิศวกร มาวิเคราะห์แล้วนำเสนอในรูปแบบการเรียบเรียงโดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

ตอน 1. ผลการวิเคราะห์ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ ดำเนินงานโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

(1) ผลการวิเคราะห์เนื้อหาแบบสัมภาษณ์ ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

(2) ผลการวิเคราะห์เนื้อหาแบบสัมภาษณ์ ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

ตอน 2. ผลการวิเคราะห์การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ดำเนินงานโดยแบ่งออกเป็น 1 ตอน ดังนี้

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินของ บุคลากรทางการแพทย์ และ วิศวกรผู้เชี่ยวชาญ นำเสนอตามลำดับดังนี้

(1) ด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม
- ขนาดสัดส่วนของข้อเข่าเทียม
- การดูแลรักษาข้อเข่าเทียม
- การทำงานของข้อเข่า
- ความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว

(2) ด้านกรรมวิธีในการผลิตข้อเข่าเทียม
- การผลิตขึ้นรูปชิ้นงาน

(3) การเลือกสรรวัสดุในการผลิตข้อเข่าเทียม
- วัตถุดิบที่เลือกใช้
- ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เลือกใช้

ตอน 3. ผลการวิเคราะห์การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าดำเนินงานโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

(1) การวิเคราะห์แบบประเมินการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าของบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

(2) การวิเคราะห์แบบประเมินการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

## 4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ ดำเนินงานโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

### 4.1.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาแบบสัมภาษณ์ ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

จากการสัมภาษณ์ ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่าโดยบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องพบปัญหาในด้านต่างๆดังนี้

1. ด้านความสะดวกสบาย

1.1 ขนาดสัดส่วนของ ข้อเข่ามีขนาดใหญ่พอสมควรจึงทำให้น้ำหนักรวมของขาเทียมมีมากตามไปด้วย ดังภาพที่ 4.1

**ภาพที่4.1** ขาเทียมชนิดเหนือเข่า ของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

1.2 การดูแลรักษาข้อเข่าเทียม เนื่องจากมีจำนวนชิ้นส่วนมากทำให้ผู้พิการมีความยุ่งยากที่จะต้องดูแล

2. ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

2.1 การทรงตัวขณะยืนไม่มีปัญหา แต่จะมีเกิดขึ้นเฉพาะตอนทดลองใส่ขาเทียมใหม่ๆเท่านั้น ดังภาพที่ 4.2

**ภาพที่4.2** ผู้พิการทดลองใส่ขาเทียมที่กำลังตกแต่งขั้นตอนสุดท้าย

2.2 ส่วนการเดินบนพื้นราบนั้นใช้งานได้ไม่มีปัญหา คือสามารถเดินได้

2.3 การก้าวข้ามสิ่งกีดขวางจะต้องเป็นสิ่งกีดขวางไม่สูงและใหญ่มากนัก เนื่องจากข้อเข่างอได้น้อย

2.4 การเดินขึ้นลงทางลาดเอียง ไม่ปลอดภัยทำได้ยากเนื่องจากข้อเท้าเป็นแบบแข็ง คืองอไม่ได้ จึงทำให้การเดินลงข้อเข่าจะงอพับและล้มได้ จะต้องมีราวบันไดไว้จับประคองเพื่อการทรงตัว

2.5 การเดินขึ้นลงบันไดจะต้องมีราวบันไดเหมือนการเดินทางลาดเอียง การก้าวขึ้นนั้นต้องเอาขาข้างที่ดีก้าวนำแล้วจึงยกขาเทียมตาม ส่วนการเดินลงต้องก้าวขาข้างที่เป็นขาเทียมนำก่อนแล้วจึงก้าวขาที่ดีตาม

2.6 การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้ ทำได้ยากเพราะข้อเข่าเทียมเบรกขณะงอไม่ได้ ต้องใช้มือช่วยประคองค่อยๆนั่งลง แต่ตอนลุกขึ้นจากเก้าอี้จะต้องเอียงตัวไปข้างหน้าแล้วใช้ขาข้างที่ดีออกแรงดันตัวขึ้น

2.7 การนั่งและลุกนั่งจากพื้นทำได้ยากเพราะการงอของข้อเข่าเทียมงอได้ไม่มาก

2.8 การก้มเก็บวัตถุจากพื้นผู้พิการที่มีตอขายาวจะทำได้แต่ไม่ดีเนื่องจากข้อเข่าเทียมเบรกขณะงอไม่ได้

2.9 การวิ่งก้าวกระโดดนั้นทำไม่ได้เนื่องจากข้อเข่าเทียมเป็นแบบ Single Axis ระบบการเบรกของข้อเข่าเทียมไม่สามารถรับแรงได้มากอาจเกิดการพับงอหรือทรุดตัวได้

**4.1.2** ผลการวิเคราะห์เนื้อหาแบบสัมภาษณ์ ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

จากการสัมภาษณ์ ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่าที่ใช้ขาเทียมของ มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี พบปัญหาในด้านต่างๆดังนี้

1. ด้านความสะดวกสบาย

1.1 ขนาดสัดส่วนข้อเข่าเทียมซึ่งมีขนาดใหญ่พอสมควร จึงทำให้น้ำหนักรวมของขาเทียมมาก ผู้พิการที่เป็นผู้หญิงกล้ามเนื้อสะโพกจะไม่แข็งแรงเท่าผู้ชาย การใช้ขาเทียมจึงทำให้ร่างกายส่วนอื่นเกิดอาการเมื่อยล้า และขาดความมั่นใจในการเดิน

1.2 การดูแลรักษามีความยุ่งยาก มีชิ้นส่วนและกลไกจำนวนมาก

2. ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

2.1 การทรงตัวขณะยืน ทำได้ไม่มีปัญหาไม่มีการล้มหรือยืนไม่ได้ ดังภาพที่ 4.3

**ภาพที่4.3** ลักษณะการทรงตัวขณะยืน ผู้พิการ

2.2 การเดินบนพื้นราบนั้นทำได้ คือสามารถเดินได้มีการเหวี่ยงขาเล็กน้อย ดังภาพที่ 4.4

**ภาพที่4.4** ลักษณะการเดินบนพื้นราบของ ผู้พิการ

2.3 การก้าวข้ามสิ่งกีดขวางจะต้องเป็นสิ่งกีดขวางไม่สูงและใหญ่มากนัก

2.4 การเดินขึ้นลงทางลาดเอียงจะต้องมีราวบันไดไว้จับประคองเพื่อการทรงตัวไม่สามารถเดินโดยไม่มีที่จับยึดได้

2.5 การเดินขึ้นลงบันไดจะต้องมีราวบันไดเหมือนการเดินทางลาดเอียง การก้าวขึ้นนั้นต้องเอาขาข้างที่ดีก้าวนำแล้วจึงยกขาเทียมตาม ส่วนการเดินลงต้องก้าวขาข้างที่เป็นขาเทียมนำก่อนแล้วจึงก้าวขาที่ดีตาม

2.6 การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้ทำได้ด้วยการใช้มือช่วยประคองค่อยๆนั่งลง แต่ตอนลุกขึ้นจากเก้าอี้จะต้องเอียงตัวไปข้างหน้าแล้วใช้ขาข้างที่ดีออกแรงดันตัวขึ้น ผู้พิการต้องมีขาข้างที่ดีที่แข็งแรงมาก หรือต้องใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น ไม้ค้ำยัน ราวจับ เก้าอี้แบบมีที่ท้าวแขน

2.7 การนั่งและลุกนั่งจากพื้นทำได้ยากเพราะการงอของข้อเข่าเทียมงอได้ไม่มากต้องถอดขาเทียมออกก่อน

2.8 การก้มเก็บวัตถุจากพื้นผู้พิการที่มีตอขายาวจะทำได้ด้วยการวางขาเทียมไปด้านข้างเล็กน้อยแล้วจึงงอขาข้างที่ดีก้มลงเก็บของ ดังภาพที่ 4.5

**ภาพที่4.5** ลักษณะการก้มเก็บวัตถุจากพื้นของ ผู้พิการ

2.9 การวิ่งก้าวกระโดดนั้นทำไม่ได้เพราะไม่มั่นใจเนื่องจากข้อเข่าเทียมเป็นแบบ Single Axis ระบบการเบรกของข้อเข่าเทียมไม่สามารถรับแรงได้มากอาจเกิดการพับงอหรือทรุดตัวได้

## 4.2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ดำเนินงานโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากการตอบแบบสัมภาษณ์ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง ของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีและผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียม ในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราช

ชนนี มาใช้ในการสรุปเป็นแนวคิดเพื่อออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าทั้งในด้านความสะดวกสบาย และด้านความปลอดภัยในการใช้งาน ดังนี้

### 4.2.1 การออกแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

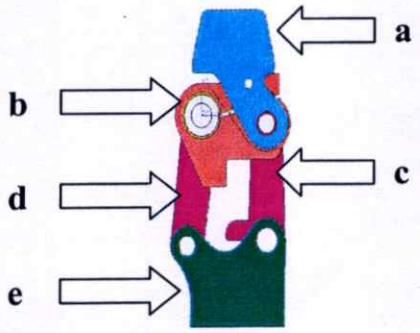
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าโดยบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีและ ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่าที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียม ในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี โดยสรุปเป็นผลงานออกแบบในด้านต่างๆ ดังนี้

**ด้านความสะดวกสบาย**

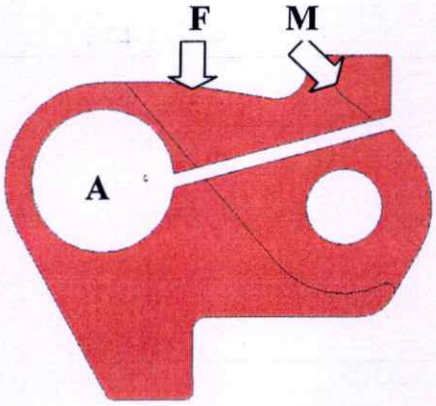
ทำการออกแบบขนาดสัดส่วนของข้อเข่าเทียมให้มีขนาดเล็กลง และเลือกใช้วัสดุหลักเป็นอลูมิเนียม ประกอบกับชิ้นส่วนอุปกรณ์มาตรฐานที่มีขายอยู่ทั่วไป รูปแบบของข้อเข่าเป็นแบบจุดหมุนหลายแกน (Polycentric Knee) จึงทำให้มีจำนวนชิ้นส่วนกลไกน้อยลงและน้ำหนักเบา มีการดูแลรักษาที่ง่าย

**ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน**

การออกแบบด้านความปลอดภัย ออกแบบข้อเข่าเป็นแบบจุดหมุนหลายแกน (Polycentric Knee) ซึ่งมีระบบชิ้นต่อโยงแบบ 4 ชิ้นเป็นระบบที่ปลอดภัยไม่เกิดการพับงอที่ง่าย และให้มีระบบเบรกเข้ามาช่วยในการหยุดและหน่วงของระบบชิ้นต่อโยง ดังภาพที่ 4.7 เมื่อข้อเข่าเทียมอยู่ในลักษณะตรงน้ำหนักตัวของผู้พิการจะตกลงตรงจุด (F) จึงมีแรงบีบที่ตำแหน่ง (A) ทำให้ข้อเข่าเทียมไม่พับงอง่าย และเมื่อผู้พิการก้าวเดินจะมีแรงกระทำที่จุด (M) จึงเกิดแรงบีบที่ตำแหน่ง (A) อีกทางหนึ่งด้วยช่วยไม่ให้ผู้พิการหกล้มง่าย

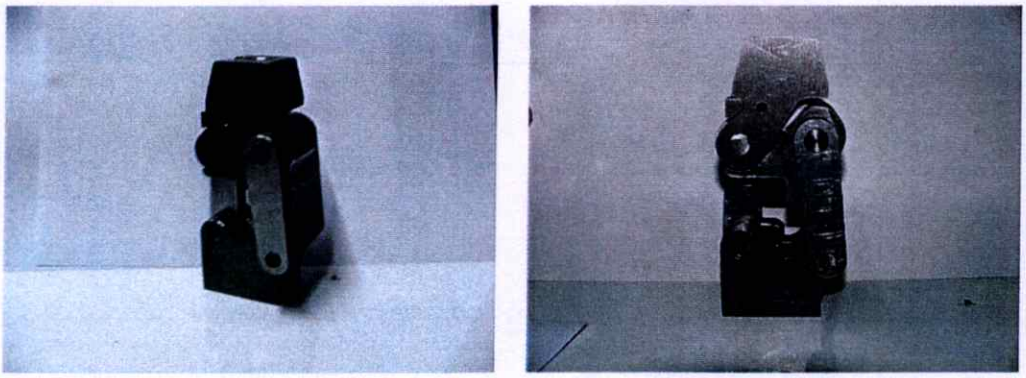



**ภาพที่4.6** ภาพประกอบข้อเข่าเทียม




**ภาพที่4.7** ภาพแสดงการทำงานของระบบเบรกในชิ้นส่วน (b) ในภาพที่ 4.6

ออกแบบจุดต่อระหว่างข้อเข่าเทียมกับชิ้นส่วนขาเทียมของมูลนิธิขาเทียม ในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ให้สามารถใช้ด้วยกันได้ ดังภาพที่ 4.8



**ภาพที่4.8** ผลงานออกแบบข้อเข่าเทียมก่อนการประเมิน

**4.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการประเมินผลการออกแบบ ของ บุคลากรทางการแพทย์ และวิศวกรผู้เชี่ยวชาญ นำเสนอตามลำดับดังนี้**

4.2.2.1 การประเมินผลงานการออกแบบ

เพื่อนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาใช้ในการประเมินผลงานออกแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า โดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ และวิศวกร ทั้งในด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม ด้านกรรมวิธีในการผลิตข้อเข่าเทียม และการเลือกสรรวัสดุในการผลิตข้อเข่าเทียมเพื่อสรุปหารูปแบบของข้อเข่า

เทียมที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำมาพัฒนาสร้างข้อเข่าเทียมต้นแบบแล้วนำไปทดลองใช้กับผู้พิการในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.1 ระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญในผลงานการออกแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

| หัวข้อในการประเมิน | ผู้เชี่ยวชาญ (n=5) | | |
|---|---|---|---|
| | $\bar{X}$ | S.D | ระดับความเหมาะสม |
| 1. ด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม | | | |
| - ขนาดสัดส่วน | 2.40 | 0.55 | น้อย |
| - การดูแลรักษา | 4.00 | 0.84 | มาก |
| - การทำงานของข้อเข่า | 4.40 | 0.55 | มาก |
| - ความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว | 4.40 | 0.55 | มาก |
| 2. ด้านกรรมวิธีในการผลิต | | | |
| - การผลิตขึ้นรูปชิ้นงาน | 4.00 | 0.71 | มาก |
| 3. การเลือกสรรวัสดุ | | | |
| - วัตถุดิบที่เลือกใช้ | 3.80 | 0.45 | มาก |
| - ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เลือกใช้ | 4.60 | 0.55 | มากที่สุด |

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญในผลงานการออกแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า มีระดับความเหมาะสมในด้านต่างๆ ดังนี้

**ด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม**

1. ขนาดสัดส่วนของข้อเข่าเทียม มีระดับความเหมาะสมน้อย (ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.4)
2. การดูแลรักษาข้อเข่าเทียม มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.0)
3. การทำงานของข้อเข่า มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.4)
4. ความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.4)

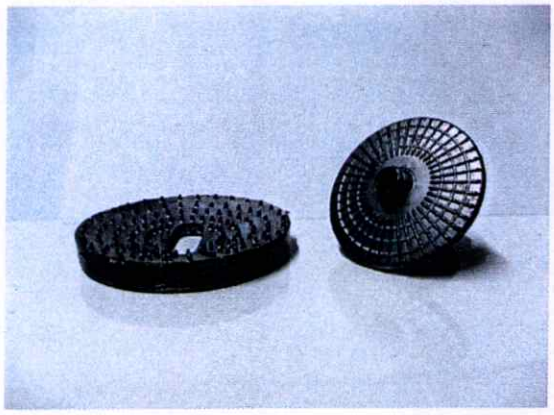
**ด้านกรรมวิธีในการผลิตข้อเข่าเทียม**

การผลิตขึ้นรูปชิ้นงาน มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.0)

**การเลือกสรรวัสดุในการผลิตข้อเข่าเทียม**

1. วัตถุดิบที่เลือกใช้ มีระดับความเหมาะสมมาก (ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.8)
2. ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เลือกใช้ มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด (ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.6)

**ภาพที่4.9** ชิ้นส่วนใต้เข่าที่ใช้ร่วมกับข้อเข่าเทียม



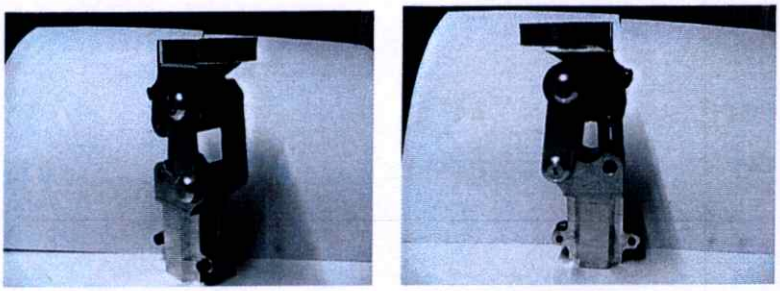
**ภาพที่4.10** ชิ้นส่วนเหนือเข่าที่ใช้ร่วมกับข้อเข่าเทียม

**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ**

1. ควรออกแบบให้จุดต่อของข้อเข่าเทียมสามารถใช้กับแกนหน้าแข้งของขาเทียมของมูลนิธิขาเทียม ในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีดังภาพที่ 4.9 และขยายขนาดด้านบนข้อเข่าเทียมให้ได้ขนาดใกล้เคียงกับชิ้นส่วนเหนือเข่า ดังภาพที่ 4.10

2. แก้ไขจุดที่หยุดของตำแหน่งเหยียดตรงของข้อเข่าเทียม

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในผลงานการออกแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ใน 3 ด้าน ด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม ด้านกรรมวิธีในการผลิตข้อเข่าเทียม และการเลือกสรรวัสดุในการผลิตข้อเข่าเทียมได้นำไปแก้ไขแบบเพื่อสร้างข้อเข่าเทียมต้นแบบแล้วนำไปทดลองใช้ต่อไป ดังภาพที่ 4.11 และภาพที่ 4.12



**ภาพที่4.11** ผลงานออกแบบข้อเข่าเทียมขั้นสุดท้ายก่อนนำไปทดลองใช้

**ภาพที่4.12** ผลงานออกแบบข้อเข่าเทียมขั้นสุดท้ายประกอบกับชิ้นส่วนขาเทียมชนิดเหนือเข่าของมูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

## 4.3 ผลการวิเคราะห์การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ดำเนินงานดังนี้

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี และบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

| หัวข้อในการประเมิน | ผู้พิการ(n=2) | | | บุคลากรทางการแพทย์(n=5) | | | รวม | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{X}$ | SD | ระดับความเหมาะสม | $\bar{X}$ | SD | ระดับความเหมาะสม | $\bar{X}$ | SD | ระดับความเหมาะสม |
| 1.ด้านความสะดวกสบาย | | | | | | | | | |
| - ขนาดสัดส่วน | 3.50 | 0.71 | มาก | 4.00 | 0.71 | มาก | 3.86 | 0.69 | มาก |
| - น้ำหนัก | 4.00 | 0 | มาก | 4.00 | 0.71 | มาก | 4.00 | 0.58 | มาก |
| - การดูแลรักษา | 3.50 | 0.71 | มาก | 3.60 | 0.55 | มาก | 3.57 | 0.53 | มาก |
| **รวม ด้านความสะดวกสบาย** | 3.67 | 0.52 | มาก | 3.87 | 0.64 | มาก | 3.81 | 0.60 | มาก |
| 2.ด้านความปลอดภัย | | | | | | | | | |
| - การทรงตัวขณะยืน | 5.00 | 0 | มากที่สุด | 4.40 | 0.55 | มาก | 4.57 | 0.53 | มากที่สุด |
| - การเดินบนพื้นราบ | 5.00 | 0 | มากที่สุด | 4.00 | 0 | มาก | 4.29 | 0.49 | มาก |
| - การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง | 3.50 | 0.71 | มาก | 3.60 | 0.55 | มาก | 3.57 | 0.53 | มาก |
| - การเดินขึ้น-ลงทางลาดเอียง | 4.00 | 0 | มาก | 3.80 | 0.84 | มาก | 3.86 | 0.69 | มาก |
| - การเดินขึ้น-ลงบันได | 4.50 | 0.71 | มากที่สุด | 3.80 | 0.45 | มาก | 4.00 | 0.58 | มาก |
| - การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้ | 4.00 | 0 | มาก | 4.00 | 0.71 | มาก | 4.00 | 0.58 | มาก |
| - การนั่งและลุกนั่งจากพื้น | 2.00 | 0 | น้อย | 2.00 | 0.71 | น้อย | 2.00 | 0.58 | น้อย |
| - การก้มเก็บวัตถุจากพื้น | 2.50 | 0.7 | ปานกลาง | 2.40 | 0.55 | น้อย | 2.43 | 0.53 | น้อย |
| - วิ่งแบบก้าวกระโดด | 1.00 | 0 | น้อยที่สุด | 1.40 | 0.55 | น้อยที่สุด | 1.29 | 0.49 | น้อยที่สุด |
| **รวม ด้านความปลอดภัย** | 3.50 | 1.38 | มาก | 3.27 | 0.62 | ปานกลาง | 3.33 | 0.84 | ปานกลาง |

จากตารางที่ 4.2 พบว่าในภาพรวมในการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ ด้านความสะดวกสบาย มีความเหมาะสมในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.81$ ) และในด้านความปลอดภัยมีความเหมาะสมในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.33$ ) ซึ่ง การทรงตัวขณะยืนมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.57$ ) และการวิ่งแบบก้าวกระโดดมีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด ( $\bar{X} = 1.29$ )

**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้พิการ**

1. มีเสียงดังตอนเหวี่ยงขาตรง ควรแก้ไข
2. แก้ไขระบบเบรกให้ใช้งานได้

**ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง**

1. มีเสียงดังตอนเหวี่ยงขาตรง ควรแก้ไข
2. แก้ไขระบบเบรกให้ใช้งานได้
3. เพิ่มเติมระบบปรับความฝืดของข้อเข่าเทียม

# บทที่5

# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่ามีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. เพื่อศึกษาปัญหาการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการในโครงการของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

2. เพื่อออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

## 5.2 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยประกอบด้วย

1. ขั้นตอนศึกษาปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ

    1. บุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน

    2. ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน

2. ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

    1. บุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 3 คน

    2. วิศวกร จำนวน 2 คน

3. ขั้นตอนศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

    1. บุคลากรทางการแพทย์ ที่เกี่ยวข้องของ มูลนิธิขาเทียมใน สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 5 คน

    2. ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จำนวน 2 คน (หมายเหตุ ผู้พิการไม่สามารถมาทำการทดลองใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าได้ จำนวน1 คน จากจำนวน3 คน)

## 5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่

**ขั้นตอนที่ 1** ศึกษาปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ

แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ผู้วิจัยได้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการกำหนดประเด็นสัมภาษณ์ประกอบด้วย ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

**ขั้นตอนที่ 2** การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

แบบประเมิน สำหรับบุคลากรทางการแพทย์ วิศวกร ตอบแบบประเมินด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม ด้านกรรมวิธีในการผลิต และการเลือกสรรวัสดุ

**ขั้นตอนที่ 3** ขั้นตอนศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

แบบประเมิน สำหรับผู้พิการ และบุคลากรทางการแพทย์ ตอบแบบประเมินในประเด็นด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ประเด็นด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

## 5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงเลขาธิการมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เมื่อได้รับอนุญาตแล้วจึงได้ไปเก็บรวบรวมข้อมูล ขอสัมภาษณ์ และแจกแบบประเมิน บุคลากรทางการแพทย์ ผู้พิการขาขาดเหนือเข่า วิศวกร เกี่ยวกับปัญหาการใช้ขาเทียมเหนือเข่า ขอเก็บข้อมูลการประเมิน ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน โดยนำเอาขาเทียมที่มีข้อเข่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาให้คณะบุคลากรทางการแพทย์ตอบแบบประเมิน และผู้พิการขาขาดเหนือเข่า ที่เคยใช้ขาเทียมของ มูลนิธิฯ มาทดลองใช้ขาเทียมที่มีข้อเข่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นแล้วจึง ตอบแบบประเมิน ในการออกแบบสอบถามตลอดจนการให้สัมภาษณ์ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สัมภาษณ์ แจกแบบประเมินและเก็บรวบรวมข้อมูลกลับคืนด้วยตนเอง

## 5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อย และความถูกต้องของแบบสัมภาษณ์ทุกฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา

และ การบรรยายข้อสรุป การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา หาค่าเฉลี่ยเสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยายข้อสรุป และการสังเคราะห์ข้อมูล

## 5.6 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยเป็น 3 ตอนตามวัตถุประสงค์ดังนี้

ตอนที่ 1 ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของเดิมของผู้พิการ

ผลการศึกษาปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่าโดยบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง และผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี พบปัญหาใน ด้านความสะดวกสบาย ขนาดสัดส่วนของข้อเข่ามีขนาดใหญ่จึงทำให้น้ำหนักรวมของขาเทียมมีมาก การดูแลรักษามีความยุ่งยากเพราะมีชิ้นส่วนและกลไกจำนวนมาก

ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน การทรงตัวขณะยืน การเดินบนพื้นราบนั้นไม่มีปัญหา การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง การเดินขึ้นลงทางลาดเอียง ไม่ปลอดภัยทำได้ยาก การเดินขึ้นลงบันไดจะต้องมีราวบันไดเหมือนการเดินทางลาดเอียง การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้ ทำได้ยากต้องใช้มือช่วยประคอง การนั่งและลุกนั่งจากพื้นทำได้ยาก การก้มเก็บวัตถุจากพื้น ผู้พิการทำได้แต่ไม่ดี การวิ่งก้าวกระโดดนั้นทำไม่ได้

ตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

การออกแบบข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าด้านความสะดวกสบายทำการออกแบบขนาดสัดส่วนของข้อเข่าเทียมให้มีขนาดเล็กลง และเลือกใช้วัสดุหลักเป็นอลูมิเนียม ประกอบกับชิ้นส่วนอุปกรณ์มาตรฐานที่มีขายอยู่ทั่วไป รูปแบบของข้อเข่าเป็นแบบจุดหมุนหลายแกน (Polycentric Knee) มีการดูแลรักษาที่ง่าย

ด้านความปลอดภัยในการใช้งานการออกแบบด้านความปลอดภัย ได้ออกแบบข้อเข่าเป็นแบบจุดหมุนหลายแกน ซึ่งมีระบบชิ้นต่อโยงแบบ 4 ชิ้นเป็นระบบที่ปลอดภัยไม่เกิดการพับงอที่ง่าย และให้มีระบบเบรกเข้ามาช่วยในการหยุดและหน่วงของระบบชิ้นต่อโยง ออกแบบจุดต่อระหว่างข้อเข่าเทียมกับชิ้นส่วนขาเทียมของมูลนิธิขาเทียม ในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ให้สามารถใช้ด้วยกันได้

ตอนที่ 3 ศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

การศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่ พบว่าบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง และผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี มีความคิดเห็นต่อการใช้ข้อเข่า

ของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน ในภาพรวมดังนี้ ขนาดสัดส่วน น้ำหนัก การดูแลรักษามีระดับความเหมาะสมมาก การทรงตัวขณะยืนอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด การนั่งและลุกนั่งจากพื้น การก้มเก็บวัตถุจากพื้น อยู่ในระดับความเหมาะสมน้อย และวิ่งแบบก้าวกระโดด อยู่ในระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

## 5.7 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าได้รับข้อมูลจาก ผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ที่ให้ข้อมูลด้านปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่า โดยผลสรุปของการวิจัยพบว่าผู้พิการนั้นต้องการขาเทียมที่ดีเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกายและจิตใจให้ดียิ่งขึ้น มีความสอดคล้องกับบทความของ รายการสยามานุสติ (2544: 1) [Online] ว่าปัจจุบันสังคมได้เปิดโอกาสให้คนพิการได้แสดงความสามารถเพิ่มมากขึ้น สามารถทำงานหรือเรียนหนังสือร่วมกับคนปกติได้ นอกจากนี้ผู้พิการยังมีความสามารถเล่นกีฬาประเภทต่างๆได้เป็นอย่างดี ซึ่งความสามารถต่างๆดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพทั้งร่างกายและจิตใจและการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ช่วยให้ผู้พิการ ได้รับการบำบัดให้มีความสามารถเพิ่มขึ้นจนสามารถช่วยตัวเองและสามารถประกอบอาชีพได้ องค์ประกอบของการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์ ได้แก่ กายอุปกรณ์เสริมและกายอุปกรณ์เทียมสำหรับผู้พิการ

จากการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่ พบว่าบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง และผู้พิการขาขาดระดับเหนือเข่า ที่ใช้ขาเทียมของมูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี มีความคิดเห็นต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ด้านความสะดวกสบาย ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน ในภาพรวมซึ่งสรุปได้ว่าการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ นั้นทำได้คล่องตัวและมั่นคงดีเนื่องจากมีน้ำหนักเบา มีการป้องกันการพับงอของข้อเข่าเทียม ทำให้มีความเชื่อมั่นในการเดิน การเคลื่อนไหวต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ มนตรี ยอดบางเตย (2538: 72) ซึ่งกล่าวไว้ว่า หน้าที่ใช้สอยนับเป็นสิ่งสำคัญ เพราะผลิตภัณฑ์ที่ดีนั้นจะต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามความเป็นจริง สนองความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด การออกแบบต้องคำนึงถึงหน้าที่ให้ความสามารถตอบสนองได้จริง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีระบบกลไก หรือเครื่องจักรเข้ามาประกอบด้วยควรมีการทำงานหรือสมรรถภาพการทำงานที่คล่องตัวทำงานได้สะดวกไม่ขัดข้องง่ายและปลอดภัย

และเนื่องจากการนั่งและลุกนั่งจากพื้นข้อเข่าเทียมจะพับงอจนสุด ไม่มากพอที่จะพับงอเท่าข้อเข่าจริงและข้อเข่าเทียมไม่สามารถหมุนได้ ทำการนั่งต้องเหยียดขาตรง การทดลองใช้งานข้อเข่า

เทียมพบปัญหาเกี่ยวกับเสียงที่ดังขณะข้อเข่าเทียมดีดกลับ เกิดจากไม่มียางกันกระแทกไว้รองรับการดีดกลับของข้อเข่าเทียม และยังพบว่าระบบเบรกที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ไม่สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้ ว่าระบบเบรกจะช่วยหยุดการพับงอขณะเกิดอุบัติเหตุได้ ต้องมีการออกแบบเพิ่มเติมระบบเบรกให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

## 5.8 ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า ครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้ดังนี้

1. เพื่อนำผลการวิจัยไปผลิตใช้ใน มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เพื่อมอบให้แก่ ผู้พิการยากไร้ ด้อยโอกาส

2. เพื่อนำผลการวิจัยเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่าต่อไป

### 2. ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบเบรก ให้สามารถหยุดการงอของข้อเข่าเทียมให้ได้ในทุกๆ องศาเพื่อช่วยให้เกิดความปลอดภัยยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับจุดหยุดของข้อเข่าเทียมให้มียางกันกระแทกเพื่อไม่ให้เกิดเสียงดังในขณะที่ข้อเข่าเทียมเหยียดตรง

# บรรณานุกรม


ดิเรก อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2541. "การตัดขา." กรุงเทพฯ : เอกสารการสอน คณะแพทย์ศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

เทอดชัย ชีวเกตุ. 2541. "กายวิภาคของขา." กรุงเทพฯ : เอกสารการสอน คณะแพทย์ศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

เทอดชัย ชีวเกตุ. 2541. "ชีวะกลศาสตร์ของขาเทียมเหนือเข่า." กรุงเทพฯ : เอกสารการสอน คณะแพทย์ศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

นงนุช จิรวีรกุล. 2541. "การฝึกใช้ขาเทียมเหนือเข่า." กรุงเทพฯ : เอกสารการสอน คณะแพทย์ศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปกรณ์ เหล่ากุลดิลก และคณะ. 2537. "การออกแบบขาเทียม." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

พรรณทิพย์ มูลศาสตรสาทร. 2541. "การดูแลผู้ป่วยหลังการถูกตัดขา." กรุงเทพฯ : เอกสารการสอน คณะแพทย์ศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

มนตรี ยอดบางเตย. 2538.**ออกแบบผลิตภัณฑ์.**กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

มูลนิธิขาเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี. 2543. ความเป็นมาของมูลนิธิ. [Online]. Available :http://www.medicine.cmu.ac.th/dept/rehab/Mulniti/history.htm.

เมธี ใบงาม และคณะ.2538. "การออกแบบขาเทียม รุ่น สอง." กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

ราชวิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย. 2544. แนวทางปฏิบัติการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยแขนขาขาดหาย. [Online]. Available :http://www.rehabmed.or.th/royal/rc_thai/trcenter/trcenter_8.htm.

รายการสยามานุสติ. 2544. มูลนิธิมหาวชิราลงกรณ์. [Online]. Available :http://www.rta.mi.th/stt11/article/radio/saim_50y.htm.

เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม. 2537.**การเคลื่อนไหวของมนุษย์.**กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ ประสานมิตร.

เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม. 2538.**กายภาพบำบัด.**กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ ประสานมิตร.

วิรุณ ตั้งเจริญ. 2539.**การออกแบบ.**กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

อนุวัฒน์ ดวงประทีป. 2541. "ส่วนประกอบของขาเทียมเหนือเข่า." กรุงเทพฯ : เอกสารการสอน คณะแพทย์ศาสตร์รามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก.

# เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

## แบบสัมภาษณ์

ปัญหาการใช้ขาเทียมชนิดเหนือเข่าของผู้พิการ ด้านความสะดวกในการใช้งานทางการเคลื่อนไหว

วัน/เดือน/ปี................................................. ผู้สัมภาษณ์..............................................

ผู้ให้การสัมภาษณ์..................................................................

| หัวข้อสัมภาษณ์ | ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 1. ด้านความสะดวกสบาย ในการใช้งาน<br>- ขนาดสัดส่วน<br>- น้ำหนัก<br>- การดูแลรักษา<br>2. ด้านด้านความปลอดภัย ในการใช้งาน<br>- การทรงตัวขณะยืน<br>- การเดินบนพื้นราบ<br>- การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง<br>-การเดินขึ้น-ลงทางลาดเอียง<br>- การเดินขึ้น-ลงบันได<br>-การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้<br>- การนั่งและลุกนั่งจากพื้น<br>- การก้มเก็บวัตถุจากพื้น<br>- วิ่งแบบก้าวกระโดด | ...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>...............................................................................<br>............................................................................... | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

**แบบประเมินความคิดเห็นใน การออกแบบและพัฒนาข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า**

**ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ**

ชื่อ/สกุล.....วันเดือนปีที่ทำการประเมิน.....

| หัวข้อในการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 1. ด้านรูปแบบของข้อเข่าเทียม<br>- ขนาดสัดส่วน | | | | | |
| - การดูแลรักษา | | | | | |
| - การทำงานของข้อเข่า | | | | | |
| - ความปลอดภัยในการเคลื่อนไหว | | | | | |
| 2. ด้านกรรมวิธีในการผลิต<br>- การผลิตขึ้นรูปชิ้นงาน | | | | | |
| 3. การเลือกสรรวัสดุ<br>- วัตถุดิบที่เลือกใช้ | | | | | |
| - ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เลือกใช้ | | | | | |

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

( )

ผู้ประเมินการออกแบบ

## แบบประเมินการศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ข้อเข่าของขาเทียมชนิดเหนือเข่า

**ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ**

ชื่อ/สกุล.....วันเดือนปีที่ทำการประเมิน.....

| หัวข้อในการประเมิน | ระดับความเหมาะสม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 1. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน | | | | | |
| - ขนาดสัดส่วน | | | | | |
| - น้ำหนัก | | | | | |
| - การดูแลรักษา | | | | | |
| 2. ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน | | | | | |
| - การทรงตัวขณะยืน | | | | | |
| - การเดินบนพื้นราบ | | | | | |
| - การก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง | | | | | |
| - การเดินขึ้น-ลงทางลาดเอียง | | | | | |
| - การเดินขึ้น-ลงบันได | | | | | |
| - การนั่งและลุกนั่งจากเก้าอี้ | | | | | |
| - การนั่งและลุกนั่งจากพื้น | | | | | |
| - การก้มเก็บวัตถุจากพื้น | | | | | |
| - วิ่งแบบก้าวกระโดด | | | | | |

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

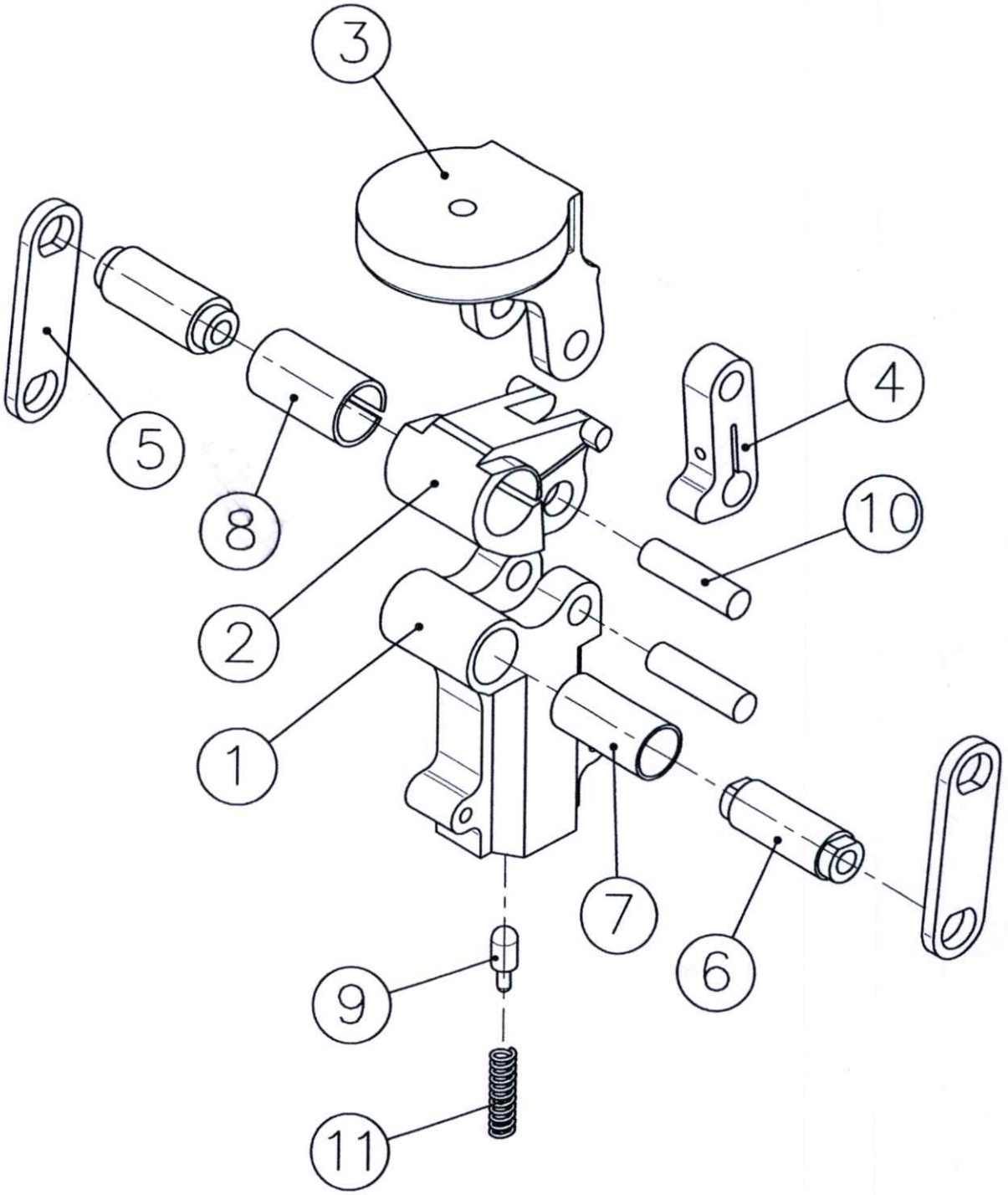
.....

( )

ผู้ประเมิน

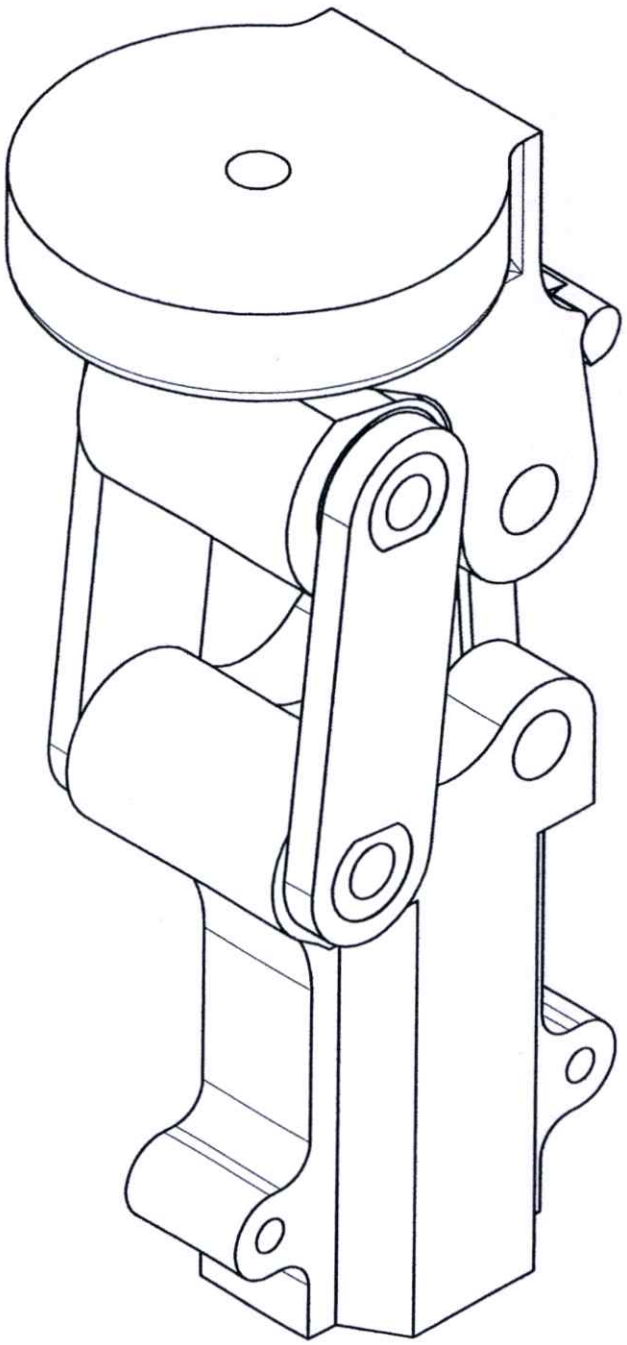
# ภาคผนวก ข.

# แบบร่างข้อเข่าเทียม




| | NAME | DATE | TITLE: KHEE PROSTHESIS |
|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | |
| CHECKED | | | PART NAME: EXPLODED VIEW |
| ENG APPR | | | |

| KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG | SIZE: A4 | DWG. NO. KPT 0002 | QTY. - |
|---|---|---|---|
| | PROJECTION ANGLE: FIRST ANGLE | | |
| | SCALE: 1:2 | UNITS: MM | SHEET: 2/12 |



| | NAME | DATE | TITLE: KHEE PROSTHESIS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | | | |
| CHECKED | | | PART NAME: ASSEMBLY VIEW | | |
| ENG APPR | | | | | |
| KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG | | | SIZE: A4 | DWG. NO. KPT 0001 | QTY. - |
| | | | PROJECTION ANGLE: FIRST ANGLE | | |
| | | | SCALE: 1 : 2 | UNITS: MM | SHEET: 1/12 |

| NO. | DESCRIPTION | QTY. | STANDARD | DRAWING NO. | MATERIAL | REMARK |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 11. | SPRING 1×8×50 | 1 | DIN 2098 | | | |
| 10. | PIN 10 m6×32 | 1 | DIN 7 | | | |
| 9. | PUSHING | 1 | | KPT 009 | POM | |
| 8. | BUSH TOP | 1 | | KPT 008 | BRASS | |
| 7. | BUSH BOTTOM | 1 | | KPT 007 | BRASS | |
| 6. | PIN BREAK | 2 | | KPT 006 | STEEL | |
| 5. | LINK 2 | 2 | | KPT 005 | ALUMINUM | |
| 4. | LINK 1 | 1 | | KPT 004 | ALUMINUM | |
| 3. | TOP BODY | 1 | | KPT 003 | ALUMINUM | |
| 2. | BREAKING | 1 | | KPT 002 | ALUMINUM | |
| 1. | BODY | 1 | | KPT 001 | ALUMINUM | |

| | NAME | DATE |
|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 |
| CHECKED | | |
| ENG APPR | | |

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

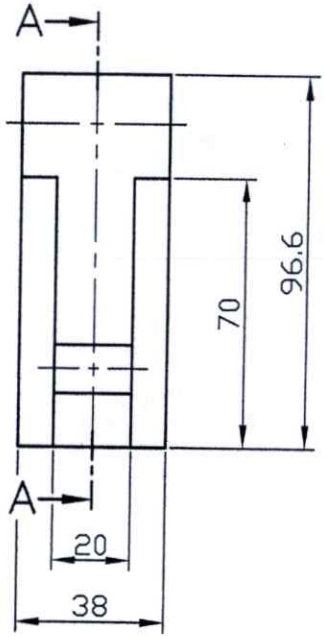
TITLE: KHEE PROSTHESIS

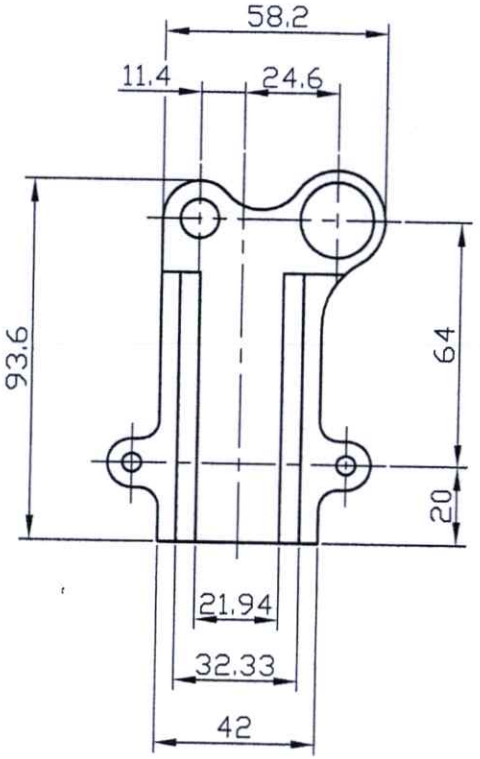
PART NAME: PART LIST

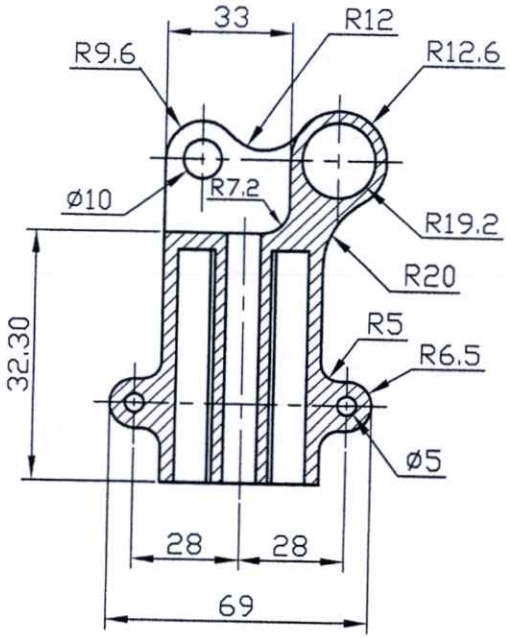
| SIZE: A4 | DWG. NO. KPT 0003 | QTY. - |
|---|---|---|

PROJECTION ANGLE: FIRST ANGLE

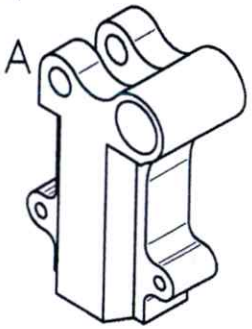
| SCALE: 1 : 2 | UNITS: MM | SHEET: 3/12 |
|---|---|---|

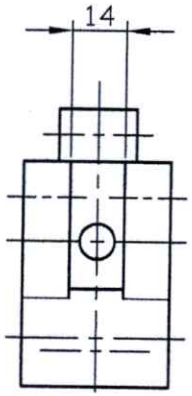


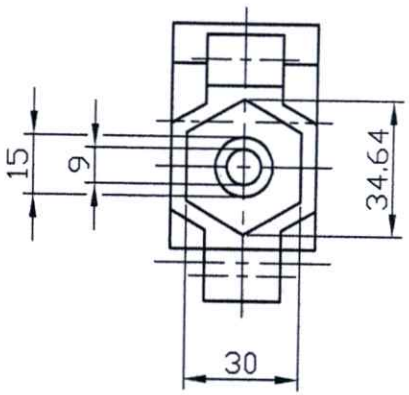




SECTION A–A

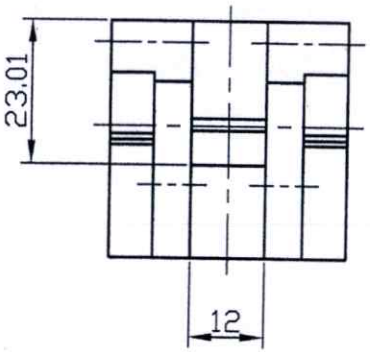


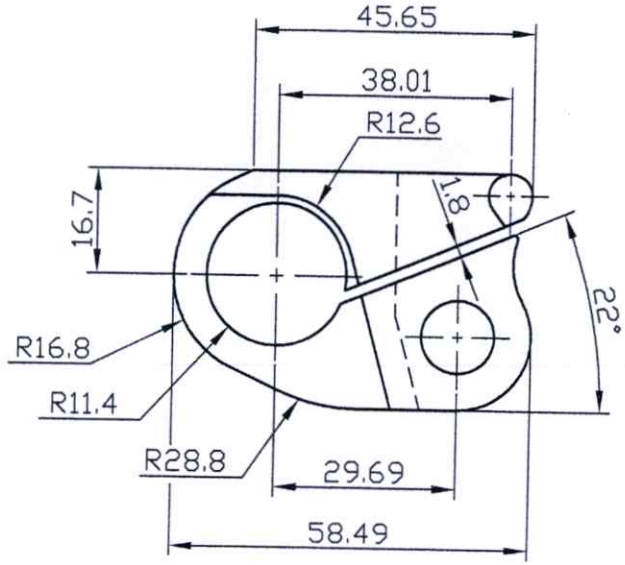


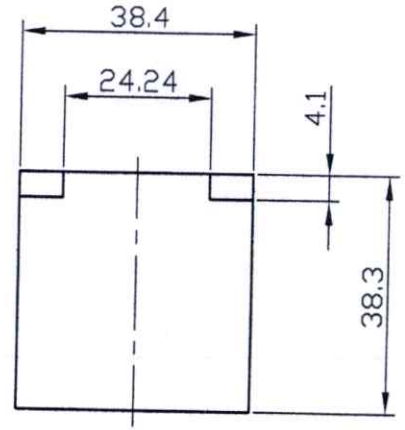



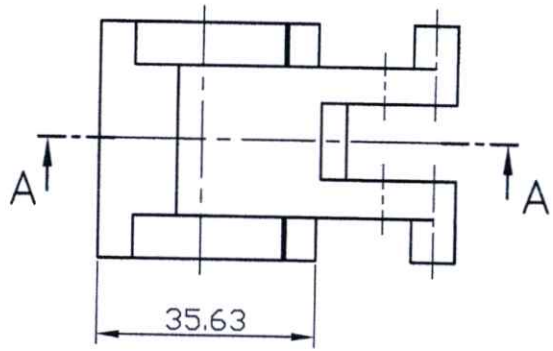

BOTTOM VIEW

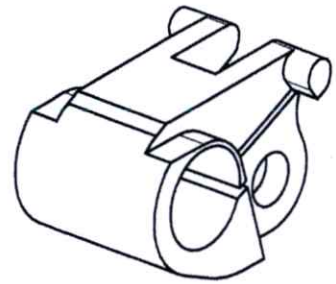
| | Name | Date | TITLE: KHEE PROSTHESIS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | | | |
| CHECKED | | | PART NAME: BODY | | |
| ENG. APPR. | | | | | |
| KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG | | | SIZE A4 | DWG. No. KPT 001 | QTY. 1 |
| | | | PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE | | |
| | | | SCALE: 1 : 1.25 | UNITS: MM | SHEET: 4/12 |

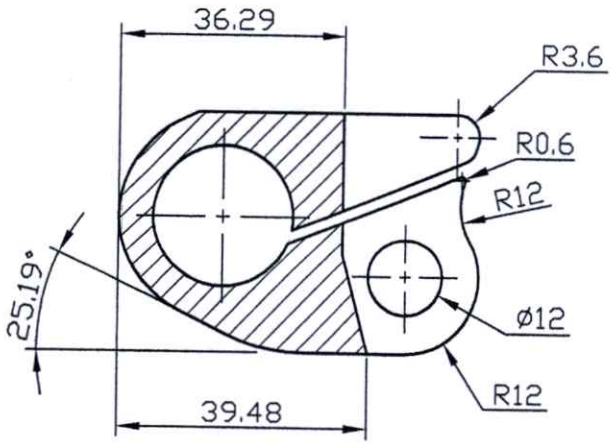





SECTION A–A

| | Name | Date |
|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 |
| CHECKED | | |
| ENG. APPR. | | |

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

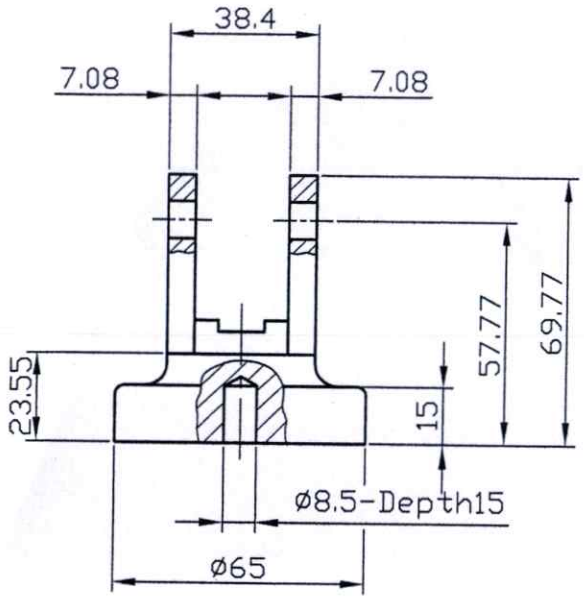
TITLE: KHEE PROSTHESIS

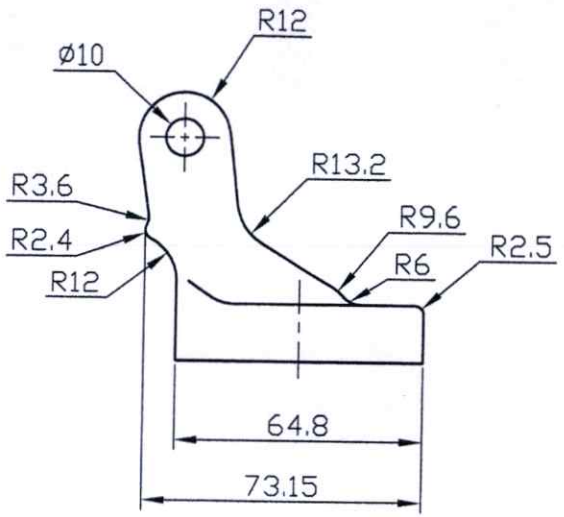
PART NAME: BREAKING

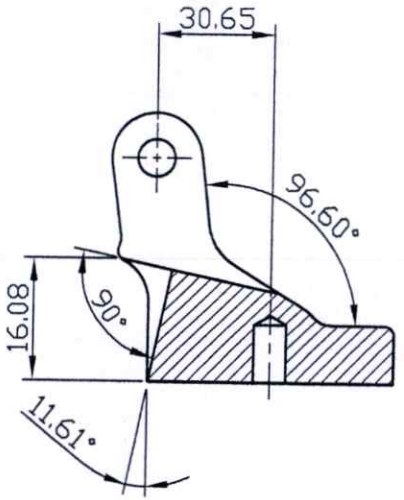
| SIZE | DWG. No. | QTY. |
|---|---|---|
| A4 | KPT 002 | 1 |

PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE

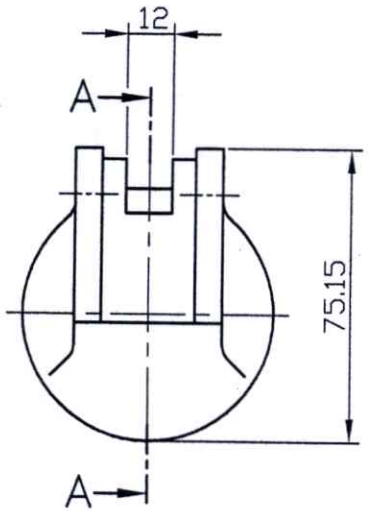
SCALE: 1 : 1.25 | UNITS: MM | SHEET: 5/12

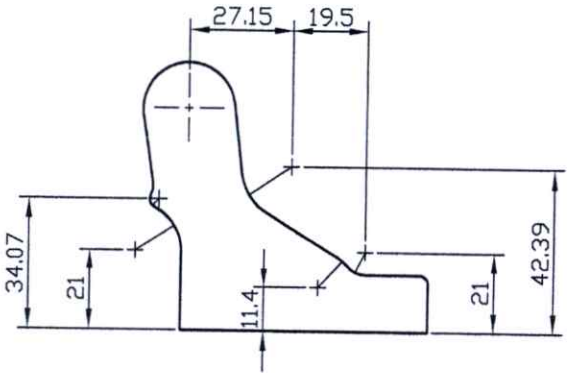


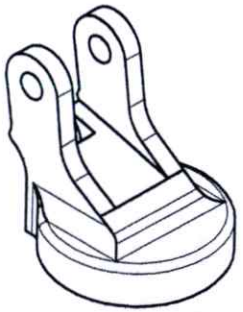




SECTION A–A



| | Name | Date |
|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 |
| CHECKED | | |
| ENG. APPR. | | |

TITLE: KHEE PROSTHESIS

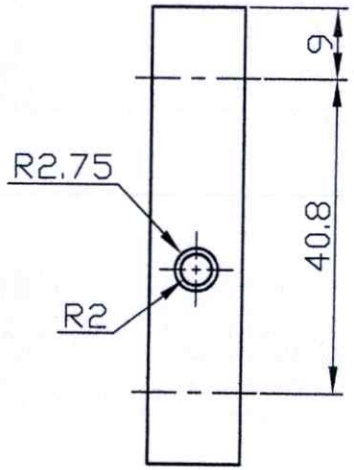
PART NAME: TOP BODY

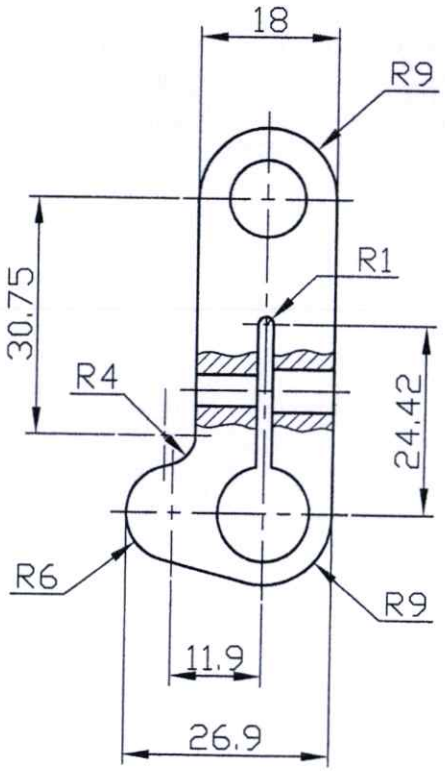
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

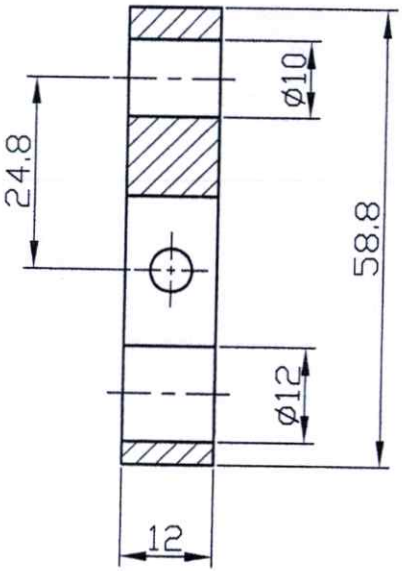
| SIZE | DWG. No. | QTY. |
|---|---|---|
| A4 | KPT 003 | 1 |

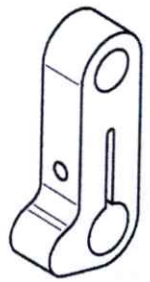
PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE

SCALE: 1 : 2 | UNITS: MM | SHEET: 6/12



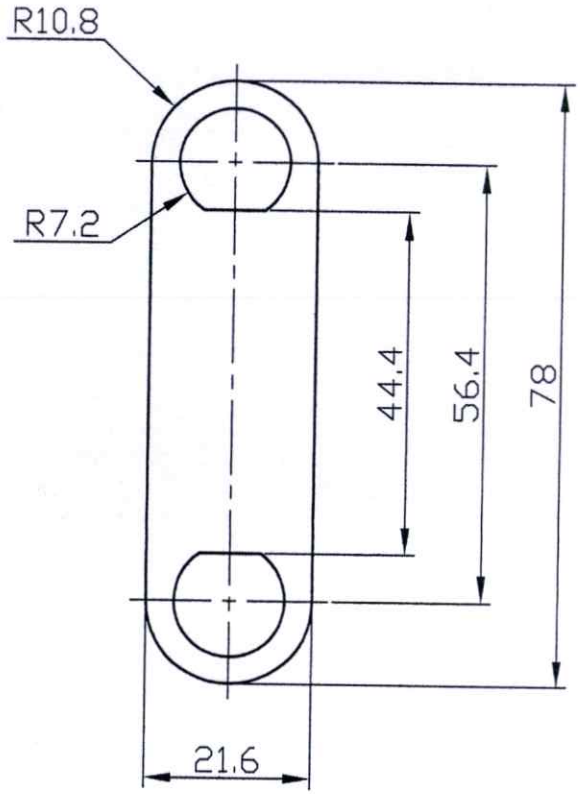
| | Name | Date | TITLE: KHEE PROSTHESIS |
|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | |
| CHECKED | | | PART NAME: LINK 1 |
| ENG. APPR. | | | |

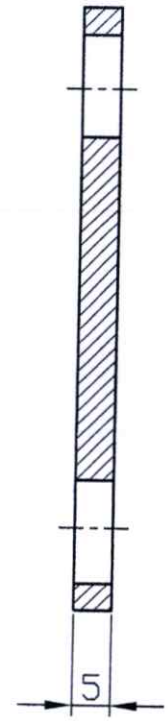
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

| SIZE | DWG. No. | QTY. |
|---|---|---|
| A4 | KPT 004 | 1 |

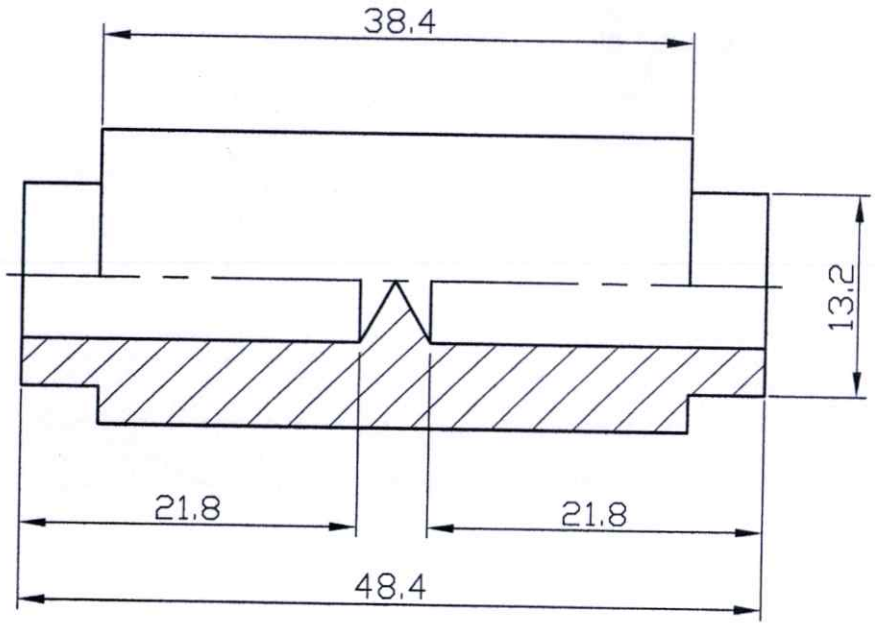
PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE

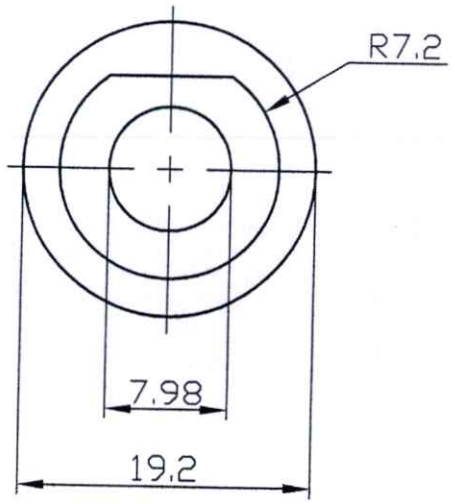
SCALE: 1:1 | UNITS: MM | SHEET: 7/12

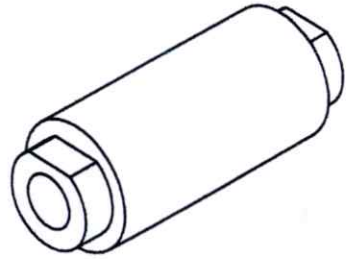


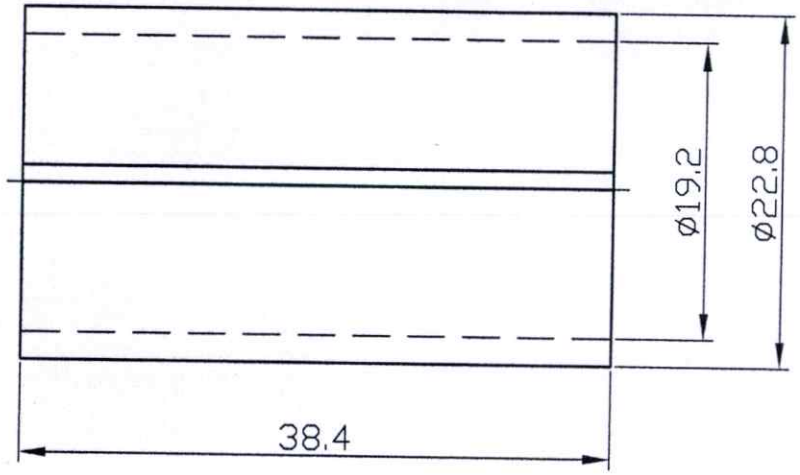
| | Name | Date | TITLE: KHEE PROSTHESIS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | | | |
| CHECKED | | | PART NAME: LINK 2 | | |
| ENG. APPR. | | | | | |
| KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG | | | SIZE A4 | DWG. No. KPT 005 | QTY. 2 |
| | | | PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE | | |
| | | | SCALE: 1:1 | UNITS: MM | SHEET: 8/12 |

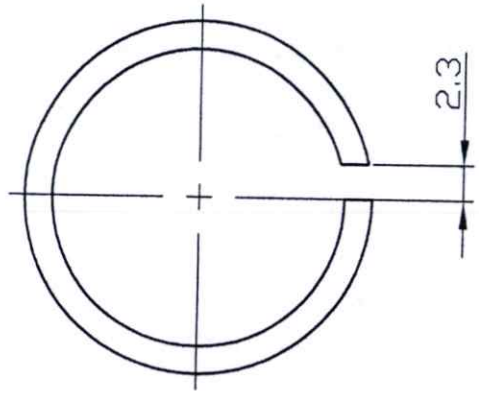


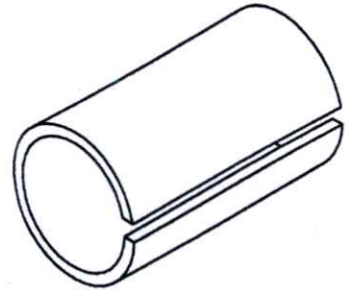



| | Name | Date | TITLE: KHEE PROSTHESIS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | | | |
| CHECKED | | | PART NAME: PIN BREAK | | |
| ENG. APPR. | | | | | |
| KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG | | | SIZE A4 | DWG. No. KPT 006 | QTY. 2 |
| | | | PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE | | |
| | | | SCALE: 2 : 1 | UNITS: MM | SHEET: 9/12 |

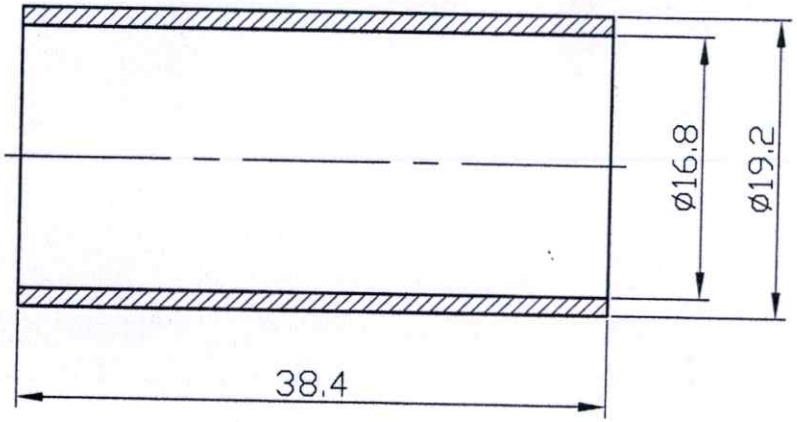


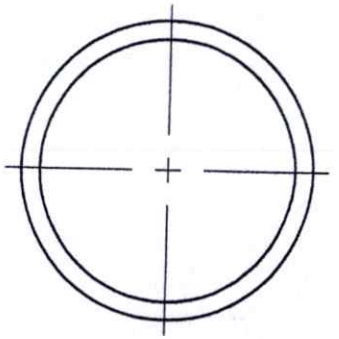



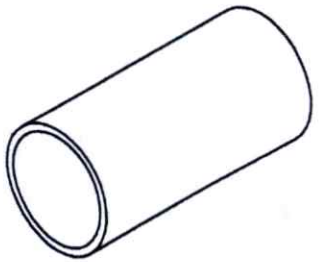



| | Name | Date | TITLE: KHEE PROSTHESIS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 | | | |
| CHECKED | | | PART NAME: BUSH BOTTOM | | |
| ENG. APPR. | | | | | |
| KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG | | | SIZE A4 | DWG. No. KPT 007 | QTY. 1 |
| | | | PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE | | |
| | | | SCALE: 2 : 1 | UNITS: MM | SHEET: 10/12 |

1:28





| | Name | Date |
|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 |
| CHECKED | | |
| ENG. APPR. | | |

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

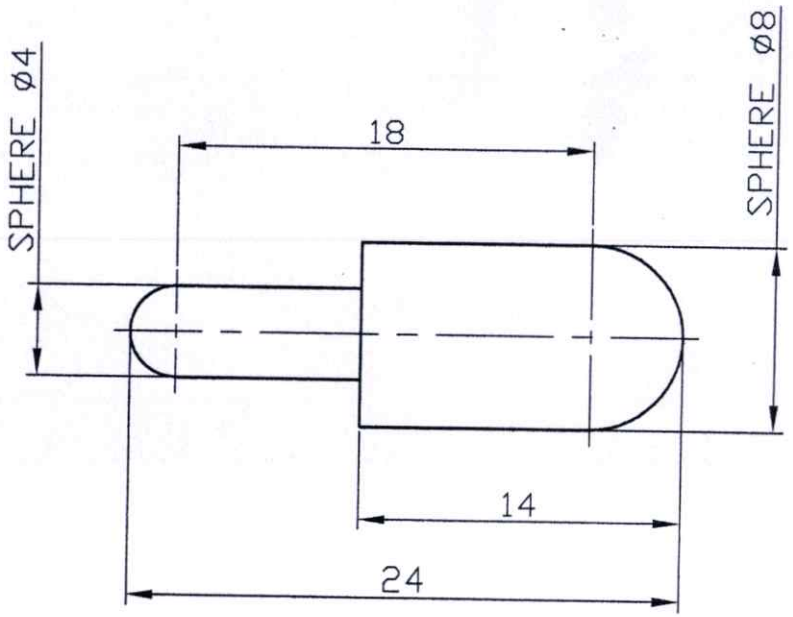
TITLE: KHEE PROSTHESIS

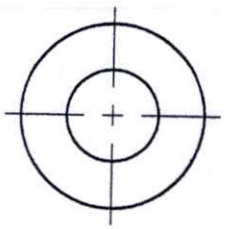
PART NAME: BUSH TOP

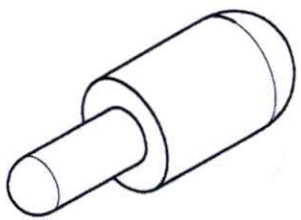
| SIZE | DWG. No. | QTY. |
|---|---|---|
| A4 | KPT 008 | 1 |

PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE

SCALE: 2 : 1 | UNITS: MM | SHEET: 11/12





| | Name | Date |
|---|---|---|
| DRAWN | R. CHOLATHORN | 20/04/49 |
| CHECKED | | |
| ENG. APPR. | | |

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

TITLE: KHEE PROSTHESIS

PART NAME: PUSHING

| SIZE | DWG. No. | QTY. |
|---|---|---|
| A4 | KPT 009 | 1 |

PROJ. ANGLE: FIRST ANGLE

| SCALE: 3 : 1 | UNITS: MM | SHEET: 12/12 |
|---|---|---|

130

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อผู้เขียน** | นาย ชลธร รักดี |
| **วัน/เดือน/ปี เกิด** | 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2513 |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 108/473 ม.4 แขวง คลองสองต้นนุ่น เขต ลาดกระบัง<br>กรุงเทพฯ 10520 โทร. 0-2915-0478 |
| **สำเร็จการศึกษา** | ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมเครื่องกล)<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร<br><br>ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต<br>สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| **ประวัติการทำงาน** | ที่ปรึกษาด้าน CAD/CAM แผนกแม่พิมพ์<br>บริษัท บางกอกเมลามิน มาร์เก็ตติ้ง แอนด์ โฮลดิ้ง จำกัด<br>จังหวัดฉะเชิงเทรา |