สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

(PULSE SIMULATOR for HEART DISEASE)

T046015

โดย

นายวรสิทธิ์ วิมลประภาพร

นายอนุ วัฒน์ เนียมกุล

นายอนุศักดิ์ ครรชิตกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46015
วัน, เดือน, ปี 27 ก.พ. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

PULSE SIMULATOR FOR HEART DISEASE

ผู้จัดทำ

1. นายวรสิทธิ์ วิมลประภาพร รหัสประจำตัว 41014733
2. นายอนุ วัฒน์ เนียมกุล รหัสประจำตัว 41014799
3. นายอนุศักดิ์ ครรชิตกุล รหัสประจำตัว 41014800

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

นายวรสิทธิ์ วิมลประภาพร 41014733
นายอนุวัฒน์ เนียมกุล 41014799
นายอนุศักดิ์ ครรชิตกุล 41014800
รศ.ดร. มงคล มงคลวงศ์โรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้อธิบายการออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจสำหรับนักศึกษาแพทย์และแพทย์เพื่อให้มีความชำนาญในการวินิจฉัยโรคหัวใจของคนที่เป็นโรคหัวใจได้อย่างถูกต้อง. ในปริญญานิพนธ์นี้ได้แสดงข้อมูลการเต้นของชีพจรโรคหัวใจนี้ประกอบด้วย ระบบกลไกลูกเบี้ยว, และมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเปลี่ยนความเร็วรอบได้ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่. การจำลองระยะการกระจัดของค่าชีพจรได้ถูกนำมาคำนวณและเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้มาจากผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PULSE SIMULATOR for HEART DISEASE

Vorrasit Wimolprapaporn

Anuwat Neamkul

Anusak Kunchitkul

Assist. Prof. Dr. Mongkol Mongkolvongroj

ABSTRACT

This project describes the design and development of the pulse simulator for heart disease for medical students and doctors to investigate heart disease correctly. The data for instaneous amplitude of pulse from heart disease patient for twenty difference kind of heart disease included in this study. The pulse simulator for heart disease is a mechanical elements and consist of mechanism link cam, and electrical motor which can be adjusted to vary frequency and amplitude. Simulation of the instantaneous amplitude are calculated and compared with the data of the instantaneous displacement from heart disease patient.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ มงคล มงคลวงศ์โรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วรสิทธิ์ วิมลประภาพร

อนุวัฒน์ เนียมกุล

อนุศักดิ์ ครรชิตกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

1. ตารางที่ 3.1 ค่าWAVE FORM ที่ 1 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS 14
2. ตารางที่ 3.2 ค่าWAVE FORM ที่ 2 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS 15
3. ตารางที่ 3.3 ค่าWAVE FORM ที่ 3 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS 16
4. ตารางที่ 3.4 ค่าWAVE FORM ที่ 4 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS 17
5. ตารางที่ 3.5 ค่าWAVE FORM ที่ 5 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS 18
6. ตารางที่ 3.6 ค่าWAVE FORM ที่ 6 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS 19
7. ตารางที่ 3.7 ค่าWAVE FORM ที่ 1 ของตำแหน่ง CAROTIDS 20
8. ตารางที่ 3.8 ค่าWAVE FORM ที่ 2 ของตำแหน่ง CAROTIDS 21
9. ตารางที่ 3.9 ค่าWAVE FORM ที่ 3 ของตำแหน่ง CAROTIDS 22
10. ตารางที่ 3.10 ค่าWAVE FORM ที่4 ของตำแหน่ง CAROTIDS 23
11. ตารางที่ 3.11 ค่าWAVE FORM ที่ 5 ของตำแหน่ง CAROTIDS 24
12. ตารางที่ 3.12 ค่าWAVE FORM ที่ 6 ของตำแหน่ง CAROTIDS 25
13. 13. ตารางที่ 3.12 ค่าWAVE FORM ที่ 6 ของตำแหน่ง CAROTIDS 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

1. รูปที่1.1 ตำแหน่งการเต้นของชีพจรและหัวใจของร่างกาย 2
2. รูปที่ 1.2 การแสดงผลการเต้นของชีพจร โรคหัวใจของแบบจำลอง 2
3. รูปที่2.1 กลไกการทำงานแบบรางเลื่อน 5
4. รูปที่2.2 กลไกการทำงานแบบปัจจุบัน 8
5. รูปที่ 3.1 กราฟแสดงการเต้นของชีพจรบริเวณคอส่วนล่างของคนปกติ 10
6. รูปที่ 3-2 การซ้อนทับของกราฟบนลูกเบี้ยว 10
7. รูปที่ 3.3 ตัวอย่างลูกเบี้ยว 27
8. รูปที่ 3.4 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 1 28
9. รูปที่ 3 5 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 2 28
10. รูปที่ 3.6 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 3 29
11. รูปที่ 3.7 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 4 29
12. รูปที่ 3.8 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 5 30
13. รูปที่ 3.9 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 6 30
14. รูปที่ 3.10 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 1 31
15. รูปที่ 3.11 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 2 32
16. รูปที่ 3.12 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 3 32
17. รูปที่ 3.13 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 4 33
18. รูปที่ 3.14 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 5 33
19. รูปที่ 3.15 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 6 34
20. รูปที่ 3.16 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 7 34
21. รูปที่ 4.1 หกเหลี่ยม 35
22. รูปที่ 4.2 ตัวยึดหกเหลี่ยม 36
23. รูปที่ 4.3 ชุดทีบาร์ 36
24. รูปที่ 4.4 เฟืองขับหลัก 36
25. รูปที่ 4.5 เฟืองปรับระดับ 37
26. รูปที่ 4.6 เฟืองขับลูกเบี้ยว 37
27. รูปที่ 4.7 ลูกเบี้ยว 37
28. รูปที่ 4.8 ประกับ 38
29. รูปที่ 4.9 ชุดหกเหลี่ยม 39
30. รูปที่ 4.10 ชุด ที-บาร์ 39
31. รูปที่ 4.11 ฟอลโลเวอร์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32. รูปที่ 4.12 ส่วนแสดงผล 40
33. รูปที่ 4.13 การแสดงอุปกรณ์ของเครื่องวัดแอมพลิจูด 42
34. รูปที่ 4.14 เครื่องวัดแอมพลิจูด 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 การดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ระบบกลไกการเคลื่อนที่	5
2.1 ระบบกลไกแบบรางเลื่อน	5
2.1.1 หลักการทำงาน	5
2.1.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบกลไกแบบรางเลื่อน	5
2.2 ระบบกลไกของหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม	6
2.2.1 หลักการทำงาน	6
2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม	7
2.3 ระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบัน	8
2.3.1 หลักการทำงาน	8
2.3.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบัน เปรียบเทียบกับหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม	9
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างลูกเบี้ยว	10
3.1 กราฟแสดงการเต้นของชีพจร	10
3.2 ทฤษฎีการซ้อนทับ	10
3.3 การหาสมการการเคลื่อนที่	11
3.4 ทฤษฎีผลต่างจากการแบ่งย่อยของนิวตัน	12
3.5 การพล็อตกราฟการกระจัดเชิงมุม	13
3.6 การสร้างลูกเบี้ยว	27
3.7 ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการสร้างลูกเบี้ยว	27
บทที่ 4 หลักการออกแบบ	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ชุดต้นกำลัง 35
4.2 ส่วนประกอบของชุดทำงาน 35
4.3 การถอดประกอบแบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ 38
4.4 การออกแบบเครื่องวัดแอมพลิจูด 41
4.4.1 หลักการทำงาน 41
4.4.2 การออกแบบ 41
บทที่ 5 การทดลองและปรับแก้ 44
5.1 การเปรียบเทียบกราฟการเต้นของชีพจรโรคหัวใจกับผลการทดลอง 44
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 94
5.3 วิธีการปรับแก้ 94
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 96
6.1 สรุป 96
6.2 ข้อเสนอแนะ 96
ภาคผนวก 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

(PULSE SIMULATOR for HEART DISEASE)

นายวรสิทธิ์ วิมลประภาพร
นายอนุ วัฒน์ เนียมกุล
นายอนุศักดิ์ ครรชิตกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในการศึกษาเกี่ยวกับโรคหัวใจของนักศึกษาแพทย์นั้นนอกจากจะมีการศึกษาทางทฤษฎีแล้วนั้น การลงมือตรวจโรคหัวใจก็เป็นเรื่องที่สำคัญเช่นกันและการลงมือตรวจโรคหัวใจนั้นเป็นการยากที่จะหาผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจมาได้ครบทุกโรคและการลงมือตรวจโรคนั้นทำได้ยากเพราะโรคหัวใจนั้นมีอยู่หลายชนิดและการเต้นของหัวใจและชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกายของแต่ละผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจแต่ละโรคนั้นแตกต่างกัน ดังนั้นทางโรงพยาบาลพระมงกุฎจึงได้มีการนำเข้าหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจจากต่างประเทศและมีราคาแพงมากประมาณ 17 ล้านบาท โดยหุ่นจำลองตัวนี้สามารถที่จะเปลี่ยนการเต้นของหัวใจและชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกายได้ครบทุกโรค ซึ่งในประเทศไทยมีอยู่เพียง 1 เครื่องและใช้งานมาประมาณ 10 ปีแล้ว ทำให้ในปัจจุบันเครื่องนี้ชำรุดทรุดโทรมมากถ้าจะซื้อหุ่นจำลองตัวใหม่ก็จะเสียงบประมาณมากและไม่สามารถซื้อได้หลายตัวให้พอกับความต้องการของโรงพยาบาลต่างๆและนักศึกษาแพทย์ได้ จึงได้เกิดแนวความคิดในการที่จะสร้างหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจและชีพจรขึ้นมาเพื่อที่จะลดต้นทุนในการนำเข้าและสามารถสร้างขึ้นมาได้หลายตัวได้ตามความต้องการ

หุ่นจำลองการเต้นของหัวใจและชีพจรนี้จะสามารถแยกเป็นส่วนต่างๆ ด้วยกัน 3 ส่วน คือ

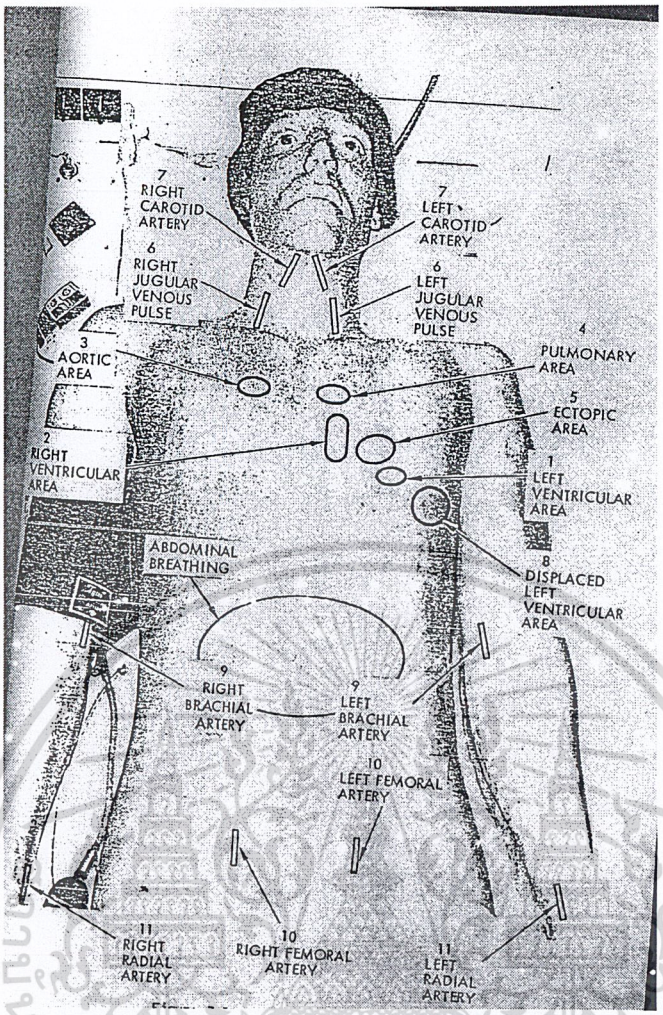
1.ส่วนที่เป็นระบบกลไกแสดงการเคลื่อนที่ ในส่วนนี้ทางคณะสิศวกรรมศาสตร์ ภาพวิชาวิศวกรรมเครื่องกลจะเป็นผู้รับผิดชอบในการสร้าง

2.ส่วนที่เป็นระบบเสียงการเต้นของหัวใจและชีพจร ในส่วนนี้ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นผู้รับผิดชอบ

3.ส่วนที่เป็นตัวหุ่น ในส่วนนี้ทางคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ได้ เป็นผู้รับผิดชอบ

โดยในส่วนที่เป็นระบบกลไกแสดงการเคลื่อนที่นั้นยังสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนที่แสดงการเต้นของหัวใจและส่วนแสดงการเต้นของชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกาย ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับวิธีการสร้างระบบกลไกแสดงการเต้นของชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกายและระบบกลไกต้นแบบแสดงการเต้นของชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกาย โดยจะใช้ระบบกลไกที่ใช้พื้นฐานมาจากการเคลื่อนที่ตามเส้นรอบวงของลูกเบี้ยวทำให้เกิดการเต้นของชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกาย โดยในการตรวจร่างกายสำหรับคนที่เป็นโรคหัวใจจะมีการวัดตามจุดต่างๆของร่างกายทั้งหมด 11 จุด แบ่งเป็น บริเวณหน้าอก 6 จุด คือ AORTA, RV, PA, LV, ECTOPIC, และDLV และส่วนต่างๆของร่างกาย 5 จุด คือ JUGULAR VENOUS, CAROTIDS, BRACHIALS, RADIALS, และFEMORALS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่1.1 ตำแหน่งการเต้นของชีพจรและหัวใจของร่างกาย

รูปที่1.2 การแสดงผลการเต้นของชีพจรโรคหัวใจของแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในปริญญานิพนธ์นี้จะทำในส่วนของส่วนต่างๆของร่างกาย ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากทางโรงพยาบาลพระมงกุฎ ซึ่งแบบจำลองที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถตรวจการเต้นของชีพจรได้ทั้ง 5 จุดและยังจะสามารถเปลี่ยนโรคหัวใจได้ทั้งหมด 19 โรคและการเต้นของหัวใจปกติด้วยและหลักการการทำงานขั้นพื้นฐานของแบบจำลองตัวนี้จะให้หลักการเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นรอบวงของลูกเบี้ยวดังที่จะกล่าวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1เพื่อพัฒนาระบบกลไกการเต้นของชีพจรโรคหัวใจตามจุดต่างๆของร่างกายของหุ่นจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

1.2.2เพื่อทำการศึกษาระบบกลไกการเคลื่อนที่บนลูกเบี้ยวและนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างหุ่นจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

1.2.3เพื่อทำการสร้างต้นแบบแบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจตามจุดต่างๆของร่างกายของหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจและชีพจร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะสร้างแบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ โดยใช้ข้อมูลที่ได้มาจากทางโรงพยาบาลพระมงกุฎโดยจะแสดงผลการเต้นของชีพจรโรคหัวใจและจะไม่คำนึงถึงส่วนที่เป็นระบบเสียงและตัวหุ่น ซึ่งทำการศึกษาและพัฒนาระบบกลไกที่เกี่ยวกับการเต้นของชีพจรของจุดต่างๆของร่างกาย 5 จุด คือ

1บริเวณคอช่วงล่าง (JUGULAR VENOUS)

2.บริเวณคอช่วงบน (CAROTIDS)

3.บริเวณข้อศอก (BRACHIALS)

4.บริเวณข้อมือ (RADIALS)

5.บริเวณขาหนีบ (FEMORALS)

ซึ่งจะแสดงผลในรูปของระยะการกระจัดให้คล้ายกับกราฟการเต้นของชีพจรโรคหัวใจที่ได้ข้อมูลมาและสร้างตัววัดแอมพลิจูดการเต้นของหัวใจ แล้วทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการสร้างหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจและชีพจรโรคหัวใจด้วย

1.4 การดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงงานนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีโรคหัวใจ ซึ่งจะแบ่งเป็นทั้งการเต้นของหัวใจและการเต้นของชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกาย. และการศึกษาเกี่ยวกับระบบกลไกการเคลื่อนที่ตามเส้นรอบวงของลูกเบี้ยว จะแสดงในบทที่ 2 จากนั้นจะทำการศึกษาและสร้างลูกเบี้ยวที่แสดงการเต้นของชีพจรโรคหัวใจตามจุดต่างๆของร่างกาย โดยใช้เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรตามจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

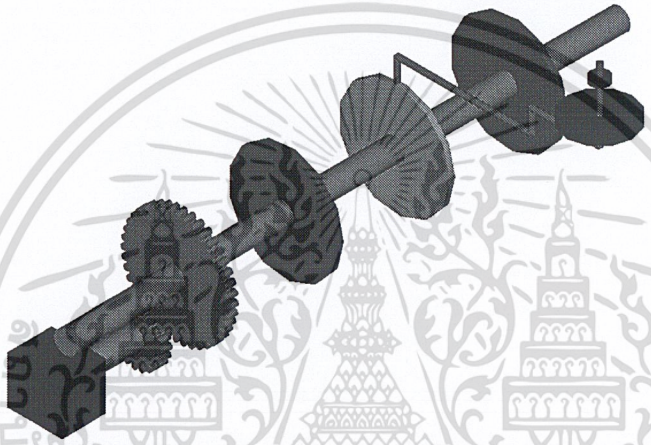
ต่างๆของร่างกาย โดยรายละเอียดต่างๆจะแสดงบทที่ 3 จากนั้นจะเป็นการออกแบบและสร้างต้นแบบจำลองการเต้นของชีพจรตามจุดต่างๆของร่างกายโดยรายละเอียดต่างๆจะแสดงอยู่ในบทที่ และการออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดแอมพลิจูดการเต้นของชีพจรดังแสดงในบทที่ 4 จากนั้นจะเป็นการทดลองปรับแก้ค่าผลการทดลองที่ได้โดยรายละเอียดของผลการทดลองและวิธีการปรับแก้จะแสดงอยู่ในบทที่ 5 จากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจและชีพจรโรคหัวใจซึ่งรายละเอียดและการสรุปจะอยู่ในบทที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบกลไกการเคลื่อนที่

2.1 ระบบกลไกแบบรางเลื่อน

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ได้มีการทดลองใช้ระบบกลไกต่างๆมากมายหลายแบบ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองการเต้นของชีพจร ในหัวข้อนี้เราจะนำเสนอระบบกลไกแบบรางเลื่อนซึ่งเป็นระบบกลไกที่เราเคยทดลองใช้ในอดีต เพื่อที่จะได้ทราบถึงความเป็นไปในการสร้างแบบจำลองการเต้นของชีพจรในปัจจุบัน อีกทั้งจะเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียอีกด้วย



รูปที่2.1 กลไกการทำงานแบบรางเลื่อน

2.1.1 หลักการทำงาน

ระบบกลไกแบบรางเลื่อนนี้ เข็มแสดงผลจะเคลื่อนที่บนผิวสัมผัสของลูกเบี้ยวโดยตรง โดยลักษณะโครงสร้างจะคล้ายๆกล่องสี่เหลี่ยมสองกล่องวางซ้อนกัน โดยทั้งสองกล่องสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยสะดวก

การเปลี่ยนโรคหัวใจที่จะทำการแสดงกราฟการเต้นของชีพจรนั้น สามารถทำได้โดยการเลื่อนรางเลื่อนตัวที่ติดกับชุดลูกเบี้ยวให้เคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้ชุดลูกเบี้ยวเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนเข็มแสดงผลนั้นจะยังคงอยู่ในตำแหน่งเดิม เพราะจะติดอยู่กับที่กับกล่องสี่เหลี่ยมอีกหนึ่งกล่อง เพราะฉะนั้นก็จะทำให้เข็มแสดงผลสัมผัสกับหน้าลูกเบี้ยวลูกถัดไปได้ เป็นการเปลี่ยนการแสดงกราฟการเต้นของชีพจรของโรคหัวใจโรคอื่นๆได้

2.1.2 ข้อดีและข้อเสียของระบบกลไกแบบรางเลื่อน

ข้อดี

1.ระบบกลไกแบบรางเลื่อนเป็นระบบกลไกที่สร้างง่าย และเป็นระบบที่เข้าใจง่าย

ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.เนื่องจากจุดที่จะทำการวัดชีพจรนั้น มีทั้งหมด 5 จุด และมีโรคหัวใจที่จะทำการวัดได้ทั้งหมด 20 โรค ทำให้ต้องสร้างระบบกลไกแบบรางเลื่อนถึง 5 ชุด และจะต้องสร้างลูกเบี้ยวถึง 200 ลูก เป็นการไม่สะดวกที่จะทำเช่นนั้น และจะทำให้แบบจำลองการเต้นของชีพจรมีขนาดใหญ่มากด้วย

2.เมื่อจะทำการเปลี่ยนการแสดงกราฟการเต้นของชีพจรไปเป็นกราฟการเต้นของชีพจรของโรคอื่นๆ จะทำการเลื่อนรางเลื่อน และเมื่อเลื่อนรางเลื่อน ก็อาจจะทำให้เข็มแสดงผล กระแทกกับลูกเบี้ยวทำให้เกิดความเสียหายได้

3.ระบบกลไกแบบรางเลื่อนนี้ เข็มแสดงผลจะสัมผัสกับผิวของลูกเบี้ยวโดยตรง ซึ่งทำให้ต้องสร้างเข็มแสดงผลที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อที่จะไวต่อการตอบสนองกับการเคลื่อนที่ของผิวของลูกเบี้ยว และยากต่อการออกแบบเข็มแสดงผลด้วย

4.ในการเปลี่ยนการแสดงกราฟการเต้นของชีพจรไปยังกราฟการเต้นของชีพจรของโรคอื่นๆนั้น จะใช้วิธีการเลื่อนรางเลื่อน ซึ่งเป็นการยากที่จะเลื่อนรางเลื่อนให้ลูกเบี้ยวตั้งอยู่ตรงกับเข็มแสดงผลได้ และยังยากที่จะทำการเลื่อนรางเลื่อนให้ได้ตามโรคที่ต้องการได้

2.2 ระบบกลไกของหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

เราได้ ทำการศึกษาหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม เพื่อที่จะได้พัฒนาระบบกลไกต่างๆในหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม ในหัวข้อนี้จะทำการอธิบายระบบการทำงานของระบบกลไกของหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม และจะมีการเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียด้วย

2.2.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของระบบกลไกของหุ่นจำลองการต้นของหัวใจตัวเดิมนั้น จะแบ่งอธิบายเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

2.2.1.1 ส่วนที่ใช้ในการแสดงผล

ในส่วนนี้จะมีการพิจารณาในส่วนของ ฟอลโลเวอร์ (Follower) กับในส่วนของเข็มแสดงผล

โดยผิวของลูกเบี้ยวจะสัมผัสกับแกนยาง (Rubber Covered Cam Follower) ซึ่งติดอยู่กึ่งกลางของฟอลโลเวอร์ และจะทำให้ฟอลโลเวอร์เคลื่อนที่ไปมา

เมื่อฟอลโลวอร์เคลื่อนที่ไปมา จะทำให้แขน (Ramp Arm) ซึ่งจะติดอยู่ด้านบนของฟอลโลเวอร์ และสัมผัสกับเข้มแสดงผล เคลื่อนที่ไปมาด้วย

เมื่อแขนซึ่งถูกงอให้สัมผัสกับเข็มแสดงผลเคลื่อนที่ไปมา จะทำให้เข็มแสดงผลเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นกราฟการเต้นของหัวใจ ดังแสดงในรูปข้างต้น

2.2.1.2 ส่วนที่ทำให้ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่

ในส่วนนี้จะมีชิ้นส่วนที่สำคัญ ดังนี้

ที-บาร์ (T-bars) จะใช้สำหรับเป็นตัวรองรับอุปกรณ์ต่างๆ มีลักษณะเหมือนตัวที ทำมาจากไม้

เพลาส่งกำลังหลัก (Cam Drive Shaft) จะใช้สำหรับการส่งต่อกำลังจากมอเตอร์

เฟืองไทม์มิ่งและสายพานไทม์มิ่ง (Timing Gear and Timing Belt) จะใช้สำหรับส่งต่อกำลังจากเพลาส่งกำลังหลักไปยังลูกเบี้ยว โดยเฟืองไทม์มิ่งจะแบ่งออกมาเป็น 3 ตัว คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวที่ติดอยู่กับเพลาส่งกำลัง ทำหน้าที่ส่งต่อกำลังจากเพลาส่งกำลังหลัก
- ตัวที่ติดอยู่กับลูกเบี้ยว ทำหน้าที่ส่งต่อกำลังให้ลูกเบี้ยวหมุน
- ตัวที่ติดอยู่ตรงกลางที-บาร์ ทำหน้าที่ปรับความตึงของสายพานไทม์มิ่ง

หลักการทำงานของส่วนนี้ก็คือ มอเตอร์จะหมุนแล้วส่งต่อกำลังไปยังเพลาส่งกำลังหลัก ซึ่งจะมีเฟืองไทม์มิ่งติดอยู่ที่เพลาส่งกำลัง และเฟืองไทม์มิ่งตัวนี้จะส่งต่อกำลังไปยังเฟืองไทม์มิ่งที่ติดอยู่กับลูกเบี้ยว ทำให้ลูกเบี้ยวหมุน จะเห็นได้ว่าตราบใดที่ยังคงเปิดเครื่องอยู่ ลูกเบี้ยวก็จะคงหมุนอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน

2.2.1.3 ส่วนที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนลูกเบี้ยว

หลักการสำคัญในการเปลี่ยนลูกเบี้ยว ก็คือ การยกที-บาร์ให้สูงขึ้นจนลูกเบี้ยวไปชนกันกับแกนยางของฟอลโลเวอร์ โดยใช้น๊อตที่ติดอยู่บนแท่งทองเหลือง (Index Bar With Adjustment Screws) เป็นตัวที่จะนำไปดันให้ที-บาร์ยกสูงขึ้น

โดยบนแต่ละหน้าของแท่งทองเหลือง จะมีน๊อตขึ้นมาในตำแหน่งที่ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของโรคหัวใจที่ต้องการให้ทำงานในแต่ละหน้า และในแต่ละหนานั้นไม่จำเป็นต้องมีน๊อตเพียงแค่หนึ่งตัว อาจจะมีสองหรือสามตัวก็ได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนของลูกเบี้ยวที่ต้องการให้แสดงผลในแต่ละโรค

ในการปรับเปลี่ยนหน้าของทองเหลืองนั้น จะใช้ระบบเอ็นโคดเดอร์ (Encoder) โดยจะทำงานร่วมกันกับคลัตซ์ไฟฟ้า (Electro-Mechanical Clutch/Brake)

โดยเมื่อต้องการเปลี่ยนหน้าขอแท่งทองเหลือง คลัตซ์ไฟฟ้าจะทำการต่อกำลังจากเพลาส่งกำลังรอง (Clutch Drive Shaft) ทำให้ห้าทองเหลืองหมุนไป เมื่อสัญญาณที่เอ็นโคดเดอร์ตรงกับสัญญาณที่ส่งมาจากส่วนควบคุมการเปลี่ยนหัวใจ ก็จะทำการส่งสัญญาณให้คลัตซ์ไฟฟ้า ตัดกำลังออกจากเพลาส่งกำลังรอง จึงเป็นการเปลี่ยนหน้าทองเหลือง และเป็นการล็อคแท่งทองเหลืองไปในตัว ทำให้เกิดการเปลี่ยนลูกเบี้ยวที่จะไปเตะแกนยางได้

ส่วนหลักการทำงานของเอ็นโคดเดอร์นั้น จะมีจาน (Code Disc) และจะมีตัวเซ็นเซอร์ (Optical Sensor) เป็นตัวส่งแสง ถ้าแสงทะลุรูที่จานไปยังอีกด้านหนึ่งของเซ็นเซอร์ ก็จะทำให้เกิดการส่งสัญญาณไปยังคลัตซ์ไฟฟ้าได้

2.2.2 ข้อดีและข้อเสียของหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

ข้อดี

1.การเปลี่ยนหน้าของลูกเบี้ยว สามารถทำได้สะดวกและมีความแม่นยำสูง

2.การที่ลูกเบี้ยวไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับเข็มแสดงผล ทำให้ง่ายต่อการประกอบเครื่อง และมีความแม่นยำในการทำงานสูง

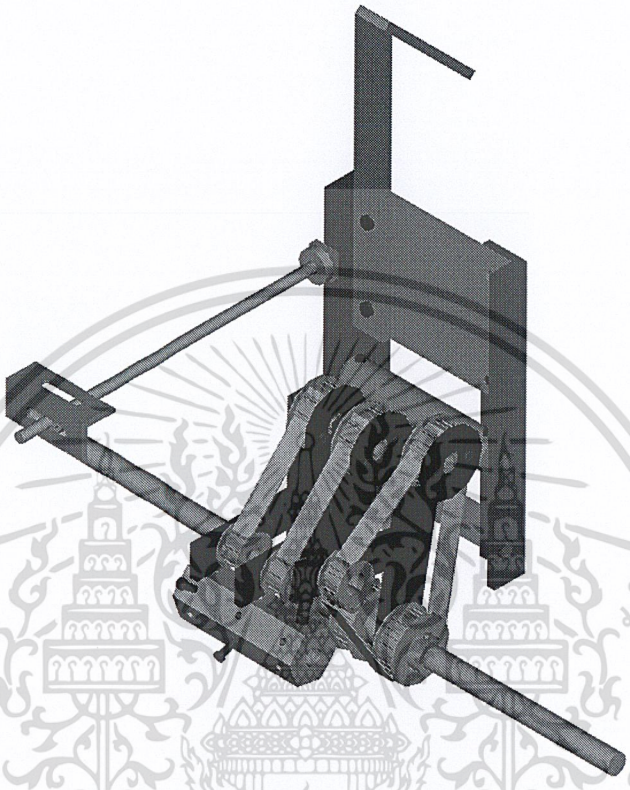
ข้อเสีย

1.ราคาของคลัตซ์ไฟฟ้าและเอ็นโคดเดอร์มีราคาแพงมาก อีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการประกอบเครื่องด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3ระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบัน

ระบบกลไกที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น ทำการดัดแปลงมาจากหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม โดยมีการประยุกต์เพื่อให้มีราคาถูกลง มีการประกอบเครื่องที่ง่ายขึ้น และมีความยุ่งยากน้อยลง แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการทำงานเหมือนเดิม



รูปที่2.2 กลไกการทำงานแบบปัจจุบัน

2.3.1หลักการทำงาน

หลักการทำงานของระบบกลไกที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น ก็จะแยกอธิบายเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.3.1.1ส่วนที่ใช้ในการแสดงผล

ในส่วนนี้หลักการทำงานยังคงใช้ระบบเดียวกันกับหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

2.3.1.2ส่วนที่ทำให้ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่

ในส่วนนี้หลักการทำงานยังคงใช้ระบบเดียวกันกับหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

2.3.1.3ส่วนที่ใช้ในการเปลี่ยนลูกเบี้ยว

ในส่วนนี้จะมีการดัดแปลงจากหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจ เพื่อให้สามารถประกอบเครื่องได้ง่ายขึ้น โดยจะแตกต่างกับหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม คือเราจไม่ใช้คลัตซ์ไฟฟ้ากับเอ็นโคดเดอร์ โดยเราจะใช้มือหมุนแท่งทองเหลืองแทนการใช้คลัตซ์ไฟฟ้า และจะมีการทำตัวล็อคแท่งทองเหลืองแทนการใช้เอ็นโคดเดอร์

และที่แกนเพลาของแท่งทองเหลือง จะไม่ได้ต่อกับเพลาส่งกำลัง เพียงแค่จะวางอยู่บนตัวรองรับเฉยๆ เมื่อเราต้องการจะเปลี่ยนหน้าทองเหลือง ก็จะทำการปลดล็อคที่ตัวปรับแท่งทองเหลือง จากนั้นก็เอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มือหมุนแท่งทองเหลืองไปยังหน้าที่ต้องการให้แสดงผล จากนั้นจึงทำการล็อคแท่งทองเหลืองด้วยตัวล็อคแท่งทองเหลือง

2.3.2ข้อดีและข้อเสียของระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบัน เปรียบเทียบกับหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

ข้อดี

1.ระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบันนั้น มีการประกอบที่ง่ายกว่าหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

2.ระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบันนั้น มีค่าใช้จ่ายในการจัดทำถูกกว่าหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม

3.ระบบกลไกที่นำมาใช้ในปัจจุบันนั้น เหมาะที่จะนำมาสร้างเป็นตัวต้นแบบมากกว่าหุ่นจำลองการเต้นของหัวใจตัวเดิม เพราะสามารถปรับแก้ได้ง่ายกว่า

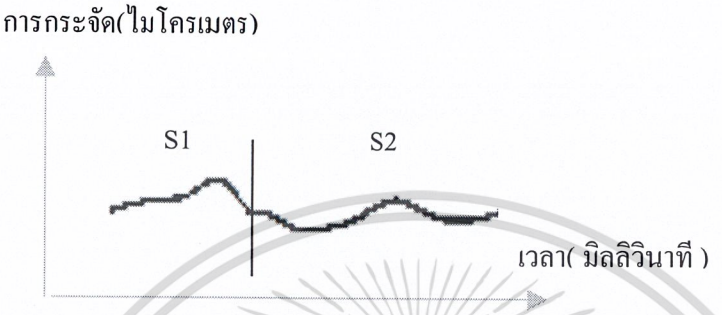
ข้อเสีย

1.ระบบการล็อคแท่งหกเหลี่ยมนั้น ถ้าทำการล็อคได้ไม่ดีพอ อาจจะทำให้แท่งทองเหลืองเกิดการเคลื่อนที่ได้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างลูกเบี้ยว

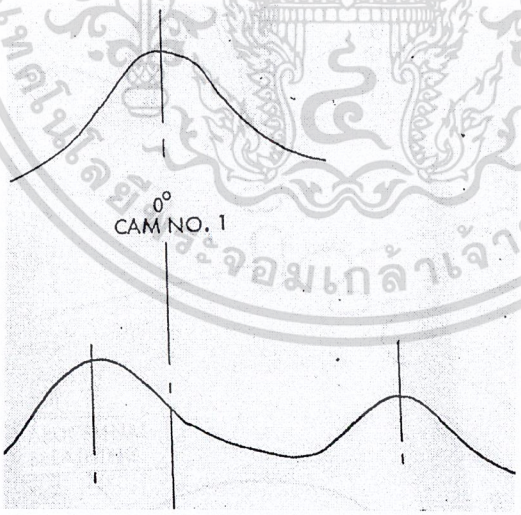
3.1 กราฟแสดงการเต้นของชีพจร



รูปที่ 3-1 กราฟแสดงการเต้นของชีพจรบริเวณ คอส่วนล่างของคนปกติ

จากกราฟแสดงการเต้นหัวใจ จะสังเกตได้ว่ามีการแบ่งเส้นกราฟออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วง S_1และช่วง S_2

3.2 ทฤษฎีการซ้อนทับ



รูปที่ 3-2 การซ้อนทับของกราฟบนลูกเบี้ยว

จากรูปจะเห็นว่าเส้นกราฟบางเส้นนั้นจะมีการใช้ลูกเบี้ยวเพียงจุดเดียว ดังเช่น CAROTID WAVE ของ # 7 INDEX BAR แต่บางเส้นก็จะมีการใช้ลูกเบี้ยว 2 ลูก ดังเช่น JVP WAVE # 6 INDEX BAR ซึ่งจะใช้ลูกเบี้ยวลูกที่ 1 และลูกที่ 2 ในการเขียนเส้นกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ลูกเบี้ยว 2 ลูกในการเขียนเส้นกราฟนี้ เรียกว่า " ทฤษฎีการซ้อนทับ "ซึ่งจะกล่าวได้ว่า เส้นกราฟจะถูกแสดงโดยลูกเบี้ยวลูกที่มีแอมพลิจูดสูงที่สุดในขณะนั้น กล่าวคือ เส้นกราฟ S_1 ในลูกเบี้ยวลูกที่หนึ่ง มีแอมพลิจูดสูงกว่าเส้นกราฟ S_2 ของลูกเบี้ยวลูกที่สอง แต่เส้นกราฟ S_2ของลูกเบี้ยวลูกที่สอง มีแอมพลิจูดสูงกว่าเส้นกราฟ S_2 ของลูกเบี้ยวลูกที่หนึ่ง เพราะฉะนั้นถ้าเดินลูกเบี้ยวทั้งสองพร้อมกัน เส้นกราฟที่ปรากฏจะเป็นเส้นกราฟ S_1 ของลูกที่หนึ่งและเส้นกราฟ S_2 ของลูกเบี้ยวลูกที่สอง ซึ่งการใช้ทฤษฎีนี้ในการออกแบบลูกเบี้ยวสามารถลดจำนวนลูกเบี้ยวลงมาได้

3.3 การหาสมการการเคลื่อนที่

ในการหาสมการการเคลื่อนที่ของเส้นกราฟ S_1 และ S_2 นั้นจะใช้วิธีประมาณค่าในช่วงโดยใช้วิธีผลต่างจากการแบ่งย่อยของนิวตัน โดยรายละเอียดในการหาสมการการเคลื่อนที่ดังต่อไปนี้

3.3.1 การนำกราฟแสดงการเต้นชีพจร มาแบ่งเป็นเส้นกราฟ S_1 และเส้นกราฟ S_2

3.3.2 การนำกราฟ S_1 มาหาค่าพิกัดของจุดต่างๆ บนเส้นกราฟ โดยจะแบ่งเส้นกราฟเป็น 10 ส่วนเท่าๆกัน แล้วหาพิกัด 10 จุด บนเส้นกราฟ S_1ส่วนเส้นกราฟ S_2นั้นจะทำการแบ่งออกเป็น 18 ส่วน เท่าๆกัน แล้วหาพิกัดทั้ง 18 จุด

3.3.3 การเลือกพิกัดของเส้นกราฟแต่ละชุดมาหาค่าคงที่ (C_0,C1,C2,…,C_n) โดยใช้โปรมแกรม Pascal ซึ่งรูปร่างของโปรแกรมเป็นดังนี้

```
PROGRAM NEWDIV ;
VAR     X : ARRAY [1..10] OF real ;
        FX : ARRAY [1..10,1..10] OF real ;
        I,ICOL,IROW,N,M : INTEGER ;
BEGIN
        WRITELN ( ' PLEASE ENTER NUMBER OF POINT ') ;
        READLN(N) ;
        FOR  IRON  : = 1 TO N  DO
        BEGIN
                WRITELN ( ' PLEASE ENTER  X ', N-1,'VALUE');
                READLN (X [IROW]) ;
                WRITELN ( ' PLEASE ENTER  Y ', N-1,'VALUE');
                READLN ('FX [IROW],1I) ;
        END;
M: = N;
FOR  ICOL :=2  TO  N  DO
BEGIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
M:= M-1;
FOR  IROW  :=  10  TO M  DO
BEGIN
        FX[IROW ,ICOL] :=FX[IROW+1, ICOL-1] – FX[ IROW,ICOL-1];
        FX[IROW ,ICOL] :=FX[IROW, ICOL]/ (X[ IROW+ICOL-1]- X[IROW]);
END;
FOR     I:= 1  TO  N  DO
        WRITELN (‘   C’,I-1,’  =  ‘, FX[1,I]: 10);
        READLN;
END.
```

วิธีการใช้โปรมแกรมหาค่าคงที่นี้มีดังนี้

1) ทำการ Run Program จะปรากฏข้อความว่า PLEASE ENTER NUMBER OF POINT

2) กรอกจำนวนของพิกัดที่จะนำมาใช้หาสมการเคลื่อนที่หลังหน้าจอจะปรากฏข้อความว่า PLEASE ENTER X 0 VALUE

3) กรอกค่า X_1ลงในหน้าจอ แล้วหน้าจอจะปรากฏข้อความว่า PLEASE ENTER Y 1 VALUE

4) กรอกค่า Y_0ลงในหน้าจอ แล้วหน้าจอจะให้กรอกค่าพิกัดจ่อไปเรื่อยๆ จนครบทุกค่า

5) เมื่อกรอกค่าพิกัดจนครบ โปรแกรมจะแสดงผลค่าคงที่ออกมาและนำค่าคงที่ที่หามาได้มาหาสมการเคลื่อนที่ได้ดังนี้

$$Y = c_0+c_1(x-x_0)+c_2(x-x_0)(x-x_1)+c_3(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)+\ldots+c_n(x-x_0)(x-x_1)\ldots(x-x_{n-1})$$

3.4 ทฤษฎีผลต่างจากการแบ่งย่อยของนิวตัน

เราสามารถทำการประมาณค่าในช่วงพหุนาม (polynomial interpulation) โดยทั่วๆไปได้ นั่นคือ หากเรามีข้อมูลทั้งหมด n+1 ข้อมูลที่ตำแหน่ง $x_0, x_1, x_2, \ldots, x_n$ เราสามารถสร้างฟังก์ชันพหุนามโดยทั่วไปขึ้นมาได้

ลักษณะของฟังก์ชันในรูปแบบของฟังก์ชันพหุนาม สามารถเขียนได้ในรูปแบบดังนี้

$$Y = c_0+c_1(x-x_0)+c_2(x-x_0)(x-x_1)+c_3(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)+\ldots+c_n(x-x_0)(x-x_1)\ldots(x-x_{n-1})$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์ c_i, i = 0, 1, 2, …, n สามารถคำนวณได้ดังนี้

$c_0 = f(x_0)$

$c_1 = f[x_1, x_0]$

$c_2 = f[x_2, x_1, x_0]$

.

.

.

.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$c_n = f[x_n, x_{n-1}, \ldots, x_2, x_1, x_0]$$

โดยวงเล็บที่แสดงถึงผลต่างจากการแบ่งย่อย(divided difference) เช่น ผลต่างจากการแบ่งย่อยครั้งที่ 1 คือ

$$f[x_i, x_j] = (f(x_i) - f(x_j)) / (x_I - x_j)$$

ในทำนองเดียวกันผลต่างจกาการแบ่งย่อยครั้งที่ 2 คือ

$$f[x_i, x_j, x_k] = (f[x_i, x_j] - f[x_j, x_k]) / (x_j - x_k)$$

ดังนั้นผลต่างจากการแบ่งย่อยครั้งที่ n คือ

$$f[x_n, x_{n-1}, \ldots, x_2, x_1, x_0] = (f[x_n, x_{n-1}, \ldots, x_2, x_1] - f[x_{n-1}, x_{n-2}, \ldots, x_2, x_1, x_0]) / (x_n - x_0)$$

ค่าของผลต่างจากการแบ่งย่อยนั้นสามารถทำการคำนวณแบบสืบเนื่องไปทีละขั้นทีละตอนได้ดังนี้

ผลจากการแบ่งย่อย

I	f(x)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	f(x0)	f[x1, x0]	f[x2, x1, x0]	f[x3, x2, x1, x0]
1	f(x1)	f[x2, x1]	f[x3, x2, x1]	
2	f(x2)	f[x3, x2]		
3	f(x3)			

ค่าที่คำนวณได้ในแถวนอนแรก คือ ค่าคงตัวที่ c_i, i = 0, 1, 2, …, n นั่นเอง ดังนั้นเมื่อเราคำนวณค่าเหล่านี้ได้ เราจึงสามารถแทนกลับลงในสมการ ซึ่งก่อให้เกิดฟังก์ชันพหุนาม คือ

3.5 การพล็อตกราฟการกระจัดเชิงมุม

เนื่องจากค่าสมการการเคลื่อนที่ที่คำนวณมาได้นั้นยังคงเป็นเชิงเส้นอยู่ ในการสร้างลูกเบี้ยวจำเป็นที่จะต้องมาพล็อตค่าลงบนวงกลมมาตรฐานเพื่อที่จะทำให้เกิดเป็นลูกเบี้ยวของเส้นกราฟเกิดขึ้นโดยมีวิธีการแปลงค่า ดังนี้

3.5.1 การนำสมการการเคลื่อนที่ที่คำนวณมาได้มาทำการหาแอมพลิจูดของแต่ละจุด โดยแบ่งเส้นกราฟเป็นช่วงๆที่เท่ากัน

หมายเหตุ จะแบ่งเส้นกราฟเป็นกี่ช่วงนั้นขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการนั่นเอง

3.5.2 การพล็อตค่าแอมพลิจูดลงบนวงกลมมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร เพราะฉะนั้น นำค่าแอมพลิจูดที่คำนวณมาได้นั้นไปบวกเพิ่มกับระยะรัศมีของวงกลมที่เราตั้งค่าไว้ คือ 25 มิลลิเมตร

3.5.3 นำค่าแอมพลิจูดที่คำนวณได้ในขั้นตอน 3.5.2 ไปคำนวณหาค่าพิกัด x, y ที่จะพล็อตลงไปเป็นลูกเบี้ยว โดยใช้โปรแกรม MS Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	5.9	30.9	0.000	30.900	0.000
1	4.8	29.8	0.224	29.053	6.631
2	4.9	29.9	0.449	26.939	12.973
3	4.1	29.1	0.673	22.751	18.144
4	3.8	28.8	0.898	17.957	22.517
5	3.4	28.4	1.122	12.322	25.588
6	3.8	28.8	1.346	6.409	28.078
7	3.9	28.9	1.571	0.000	28.900
8	4.1	29.1	1.795	-6.475	28.370
9	4.7	29.7	2.020	-12.886	26.759
10	5.1	30.1	2.244	-18.767	23.533
11	5.6	30.6	2.468	-23.924	19.079
12	5.4	30.4	2.693	-27.389	13.190
13	4.9	29.9	2.917	-29.150	6.653
14	4.4	29.4	3.142	-29.400	0.000
15	4.2	29.2	3.366	-28.468	-6.498
16	4.2	29.2	3.590	-26.308	-12.669
17	4.3	29.3	3.815	-22.908	-18.268
18	4.9	29.9	4.039	-18.642	-23.377
19	5.1	30.1	4.264	-13.060	-27.119
20	5	30	4.488	-6.676	-29.248
21	5.1	30.1	4.712	0.000	-30.100
22	5.3	30.3	4.937	6.742	-29.540
23	5.5	30.5	5.161	13.233	-27.480
24	5.7	30.7	5.386	19.141	-24.002
25	6	31	5.610	24.237	-19.328
26	7	32	5.834	28.831	-13.884
27	6.2	31.2	6.059	30.418	-6.943
28	5.9	30.9	6.283	30.900	0.000

ตารางที่ 3.1 ค่าWAVE FORM ที่ 1 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	6	31	0	31	0
1	4.9	29.9	0.224	29.150	6.653
2	5	30	0.449	27.029	13.017
3	4.3	29.3	0.673	22.908	18.268
4	3.8	28.8	0.898	17.957	22.517
5	3.3	28.3	1.122	12.279	25.497
6	3.6	28.6	1.346	6.364	27.883
7	3.9	28.9	1.571	0.000	28.900
8	4.1	29.1	1.795	-6.475	28.370
9	4.9	29.9	2.020	-12.973	26.939
10	5.1	30.1	2.244	-18.767	23.533
11	5.8	30.8	2.468	-24.080	19.203
12	5.7	30.7	2.693	-27.660	13.320
13	5	30	2.917	-29.248	6.676
14	4.8	29.8	3.142	-29.800	0.000
15	4.2	29.2	3.366	-28.468	-6.498
16	4.1	29.1	3.590	-26.218	-12.626
17	4.2	29.2	3.815	-22.829	-18.206
18	4.9	29.9	4.039	-18.642	-23.377
19	5.1	30.1	4.264	-13.060	-27.119
20	5	30	4.488	-6.676	-29.248
21	5.1	30.1	4.712	0.000	-30.100
22	5.7	30.7	4.937	6.831	-29.930
23	5.9	30.9	5.161	13.407	-27.840
24	5.9	30.9	5.386	19.266	-24.159
25	5.9	30.9	5.610	24.159	-19.266
26	6	31	5.834	27.930	-13.450
27	7	32	6.059	31.198	-7.121
28	6	31	6.283	31.000	0.000

ตารางที่ 3.2 ค่าWAVE FORM ที่ 2 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	6.9	31.9	0.000	31.900	0.000
1	4.3	29.3	0.224	28.565	6.520
2	4.8	29.8	0.449	26.849	12.930
3	4.1	29.1	0.673	22.751	18.144
4	3.5	28.5	0.898	17.769	22.282
5	3.2	28.2	1.122	12.236	25.407
6	3.1	28.1	1.346	6.253	27.395
7	3.5	28.5	1.571	0.000	28.500
8	3.9	28.9	1.795	-6.431	28.175
9	4.5	29.5	2.020	-12.800	26.579
10	5	30	2.244	-18.705	23.455
11	5.2	30.2	2.468	-23.611	18.829
12	5.2	30.2	2.693	-27.209	13.103
13	5	30	2.917	-29.248	6.676
14	4.2	29.2	3.142	-29.200	0.000
15	4	29	3.366	-28.273	-6.453
16	4	29	3.590	-26.128	-12.583
17	4.1	29.1	3.815	-22.751	-18.144
18	4.2	29.2	4.039	-18.206	-22.829
19	5	30	4.264	-13.017	-27.029
20	5	30	4.488	-6.676	-29.248
21	5	30	4.712	0.000	-30.000
22	5.1	30.1	4.937	6.698	-29.345
23	5.2	30.2	5.161	13.103	-27.209
24	5.3	30.3	5.386	18.892	-23.689
25	5.5	30.5	5.610	23.846	-19.016
26	5.9	30.9	5.834	27.840	-13.407
27	6.1	31.1	6.059	30.320	-6.920
28	6.9	31.9	6.283	31.900	0.000

ตารางที่ 3.3 ค่าWAVE FORM ที่ 3 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	10.2	35.2	0.000	35.200	0.000
1	7.5	32.5	0.224	31.685	7.232
2	6.9	31.9	0.449	28.741	13.841
3	4.8	29.8	0.673	23.299	18.580
4	4	29	0.898	18.081	22.673
5	3.9	28.9	1.122	12.539	26.038
6	4.5	29.5	1.346	6.564	28.760
7	5	30	1.571	0.000	30.000
8	5.4	30.4	1.795	-6.765	29.638
9	5.9	30.9	2.020	-13.407	27.840
10	6	31	2.244	-19.328	24.237
11	5.9	30.9	2.468	-24.159	19.266
12	5.2	30.2	2.693	-27.209	13.103
13	4.9	29.9	2.917	-29.150	6.653
14	4.7	29.7	3.142	-29.700	0.000
15	4.3	29.3	3.366	-28.565	-6.520
16	4.5	29.5	3.590	-26.579	-12.800
17	4.8	29.8	3.815	-23.299	-18.580
18	5	30	4.039	-18.705	-23.455
19	5	30	4.264	-13.017	-27.029
20	5.7	30.7	4.488	-6.831	-29.930
21	5.8	30.8	4.712	0.000	-30.800
22	5.9	30.9	4.937	6.876	-30.125
23	6	31	5.161	13.450	-27.930
24	7.1	32.1	5.386	20.014	-25.097
25	10.2	35.2	5.610	27.520	-21.947
26	11.1	36.1	5.834	32.525	-15.663
27	10.2	35.2	6.059	34.317	-7.833
28	10.2	35.2	6.283	35.200	0.000

ตารางที่ 3.4 ค่าWAVE FORM ที่ 4 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46015

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	10.3	35.3	0	35.3	0
1	7.2	32.2	0.224	31.393	7.165
2	5.5	30.5	0.449	27.480	13.233
3	4.8	29.8	0.673	23.299	18.580
4	4	29	0.898	18.081	22.673
5	4.1	29.1	1.122	12.626	26.218
6	4.2	29.2	1.346	6.498	28.468
7	4.8	29.8	1.571	0.000	29.800
8	5.1	30.1	1.795	-6.698	29.345
9	5.8	30.8	2.020	-13.364	27.750
10	6	31	2.244	-19.328	24.237
11	6.1	31.1	2.468	-24.315	19.391
12	5.8	30.8	2.693	-27.750	13.364
13	5.1	30.1	2.917	-29.345	6.698
14	4.8	29.8	3.142	-29.800	0.000
15	4.7	29.7	3.366	-28.955	-6.609
16	4.8	29.8	3.590	-26.849	-12.930
17	4.9	29.9	3.815	-23.377	-18.642
18	5	30	4.039	-18.705	-23.455
19	5	30	4.264	-13.017	-27.029
20	5.8	30.8	4.488	-6.854	-30.028
21	5.8	30.8	4.712	0.000	-30.800
22	5.9	30.9	4.937	6.876	-30.125
23	6	31	5.161	13.450	-27.930
24	6.5	31.5	5.386	19.640	-24.628
25	8.1	33.1	5.610	25.879	-20.638
26	10.9	35.9	5.834	32.345	-15.576
27	11.1	36.1	6.059	35.195	-8.033
28	10.3	35.3	6.283	35.300	0.000

ตารางที่ 3.5 ค่าWAVE FORM ที่ 5 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	10.5	35.5	0	35.5	0
1	8	33	0.224	32.173	7.343
2	5.9	30.9	0.449	27.840	13.407
3	5	30	0.673	23.455	18.705
4	4	29	0.898	18.081	22.673
5	4	29	1.122	12.583	26.128
6	4.1	29.1	1.346	6.475	28.370
7	4.5	29.5	1.571	0.000	29.500
8	5.3	30.3	1.795	-6.742	29.540
9	5.8	30.8	2.020	-13.364	27.750
10	6	31	2.244	-19.328	24.237
11	6	31	2.468	-24.237	19.328
12	5.5	30.5	2.693	-27.480	13.233
13	5	30	2.917	-29.248	6.676
14	4.8	29.8	3.142	-29.800	0.000
15	4.9	29.9	3.366	-29.150	-6.653
16	5	30	3.590	-27.029	-13.017
17	5	30	3.815	-23.455	-18.705
18	5.2	30.2	4.039	-18.829	-23.611
19	5.9	30.9	4.264	-13.407	-27.840
20	6	31	4.488	-6.898	-30.223
21	6.2	31.2	4.712	0.000	-31.200
22	6.3	31.3	4.937	6.965	-30.515
23	7.2	32.2	5.161	13.971	-29.011
24	7.8	32.8	5.386	20.450	-25.644
25	10	35	5.610	27.364	-21.822
26	11.2	36.2	5.834	32.615	-15.707
27	10.5	35.5	6.059	34.610	-7.899
28	10.5	35.5	6.283	35.500	0.000

ตารางที่ 3.6 ค่าWAVE FORM ที่ 6 ของตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	4	29	0	29	0
1	3.5	28.5	0.273	27.443	7.689
2	9	34	0.546	29.050	17.666
3	12.2	37.2	0.820	25.391	27.187
4	12.9	37.9	1.093	17.436	33.651
5	12.5	37.5	1.366	7.630	36.716
6	11.8	36.8	1.639	-2.511	36.714
7	11.5	36.5	1.912	-12.223	34.393
8	11	36	2.185	-20.760	29.411
9	9.5	34.5	2.459	-26.762	21.773
10	9	34	2.732	-31.185	13.546
11	8.9	33.9	3.005	-33.584	4.616
12	8.9	33.9	3.278	-33.584	-4.616
13	8	33	3.551	-30.268	-13.147
14	8	33	3.825	-25.598	-20.826
15	7.2	32.2	4.098	-18.569	-26.306
16	7	32	4.371	-10.716	-30.152
17	6.5	31.5	4.644	-2.150	-31.427
18	6	31	4.917	6.307	-30.352
19	5.8	30.8	5.190	14.170	-27.347
20	5.2	30.2	5.464	20.613	-22.071
21	5	30	5.737	25.633	-15.588
22	4.8	29.8	6.010	28.695	-8.040
23	4	29	6.283	29.000	0.000

ตารางที่ 3.7 ค่าWAVE FORM ที่ 1 ของตำแหน่ง CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	4	29	0	29	0
1	3.4	28.4	0.273	27.347	7.662
2	11.8	36.8	0.546	31.443	19.121
3	16.8	41.8	0.820	28.531	30.549
4	18.9	43.9	1.093	20.197	38.978
5	18.2	43.2	1.366	8.789	42.296
6	17.5	42.5	1.639	-2.900	42.401
7	17.2	42.2	1.912	-14.132	39.763
8	17.5	42.5	2.185	-24.509	34.721
9	16	41	2.459	-31.804	25.875
10	15.2	40.2	2.732	-36.872	16.016
11	14.5	39.5	3.005	-39.132	5.379
12	13.7	38.7	3.278	-38.340	-5.270
13	12.8	37.8	3.551	-34.671	-15.060
14	12	37	3.825	-28.701	-23.350
15	11.1	36.1	4.098	-20.818	-29.493
16	10.2	35.2	4.371	-11.788	-33.168
17	8.9	33.9	4.644	-2.313	-33.821
18	7.5	32.5	4.917	6.612	-31.820
19	6.6	31.6	5.190	14.538	-28.057
20	5.7	30.7	5.464	20.954	-22.437
21	5	30	5.737	25.633	-15.588
22	4	29	6.010	27.925	-7.824
23	4	29	6.283	29.000	0.000

ตารางที่ 3.8 ค่าWAVE FORM ที่ 2 ของตำแหน่ง CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	4	29	0	29	0
1	3.5	28.5	0.273	27.443	7.689
2	6	31	0.546	26.487	16.107
3	9	34	0.820	23.207	24.848
4	9	34	1.093	15.642	30.188
5	8.5	33.5	1.366	6.816	32.799
6	8	33	1.639	-2.252	32.923
7	7.5	32.5	1.912	-10.884	30.623
8	7	32	2.185	-18.454	26.143
9	6	31	2.459	-24.047	19.564
10	6.2	31.2	2.732	-28.617	12.430
11	6	31	3.005	-30.711	4.221
12	6	31	3.278	-30.711	-4.221
13	5.8	30.8	3.551	-28.250	-12.271
14	5.5	30.5	3.825	-23.659	-19.248
15	5.2	30.2	4.098	-17.416	-24.672
16	5	30	4.371	-10.046	-28.268
17	4.5	29.5	4.644	-2.013	-29.431
18	4	29	4.917	5.900	-28.393
19	5	30	5.190	13.802	-26.637
20	4.8	29.8	5.464	20.340	-21.779
21	4.5	29.5	5.737	25.205	-15.328
22	4.2	29.2	6.010	28.117	-7.878
23	4	29	6.283	29.000	0.000

ตารางที่ 3.9 ค่าWAVE FORM ที่ 3 ของตำแหน่ง CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	3.5	28.5	0	28.5	0
1	4	29	0.273	27.925	7.824
2	14	39	0.546	33.322	20.264
3	15.2	40.2	0.820	27.439	29.380
4	12.5	37.5	1.093	17.252	33.296
5	11.5	36.5	1.366	7.426	35.737
6	13	38	1.639	-2.593	37.911
7	13.5	38.5	1.912	-12.893	36.277
8	11	36	2.185	-20.760	29.411
9	10	35	2.459	-27.150	22.088
10	9	34	2.732	-31.185	13.546
11	8.6	33.6	3.005	-33.287	4.575
12	8	33	3.278	-32.693	-4.493
13	8	33	3.551	-30.268	-13.147
14	7.5	32.5	3.825	-25.211	-20.510
15	7	32	4.098	-18.454	-26.143
16	6.8	31.8	4.371	-10.649	-29.964
17	5.2	30.2	4.644	-2.061	-30.130
18	4.8	29.8	4.917	6.063	-29.177
19	4	29	5.190	13.342	-25.749
20	3.8	28.8	5.464	19.658	-21.048
21	3.5	28.5	5.737	24.351	-14.808
22	3.5	28.5	6.010	27.443	-7.689
23	3.5	28.5	6.283	28.500	0.000

ตารางที่ 3.10 ค่าWAVE FORM ที่ 4 ของตำแหน่ง CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	3.8	28.8	0	28.8	0
1	3.2	28.2	0.273	27.154	7.608
2	10	35	0.546	29.905	18.185
3	15	40	0.820	27.302	29.233
4	15.2	40.2	1.093	18.495	35.693
5	15	40	1.366	8.138	39.163
6	14	39	1.639	-2.661	38.909
7	13	38	1.912	-12.725	35.806
8	12.5	37.5	2.185	-21.626	30.636
9	11.5	36.5	2.459	-28.313	23.035
10	10.9	35.9	2.732	-32.928	14.303
11	10.2	35.2	3.005	-34.872	4.793
12	10	35	3.278	-34.674	-4.766
13	9.5	34.5	3.551	-31.644	-13.745
14	9	34	3.825	-26.374	-21.457
15	8.5	33.5	4.098	-19.319	-27.368
16	8	33	4.371	-11.051	-31.095
17	7.5	32.5	4.644	-2.218	-32.424
18	7	32	4.917	6.511	-31.331
19	5	30	5.190	13.802	-26.637
20	4.2	29.2	5.464	19.931	-21.340
21	4	29	5.737	24.778	-15.068
22	4	29	6.010	27.925	-7.824
23	3.8	28.8	6.283	28.800	0.000

ตารางที่ 3.11 ค่าWAVE FORM ที่ 5 ของตำแหน่ง CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	3.7	28.7	0	28.7	0
1	3.2	28.2	0.273	27.154	7.608
2	4	29	0.546	24.778	15.068
3	6	31	0.820	21.159	22.656
4	8.6	33.6	1.093	15.458	29.833
5	9.1	34.1	1.366	6.938	33.387
6	9.6	34.6	1.639	-2.361	34.519
7	9.6	34.6	1.912	-11.587	32.602
8	8.7	33.7	2.185	-19.434	27.532
9	8	33	2.459	-25.598	20.826
10	8.2	33.2	2.732	-30.451	13.227
11	8	33	3.005	-32.693	4.493
12	7.6	32.6	3.278	-32.296	-4.439
13	6.8	31.8	3.551	-29.167	-12.669
14	6.3	31.3	3.825	-24.280	-19.753
15	5.5	30.5	4.098	-17.589	-24.918
16	5	30	4.371	-10.046	-28.268
17	4.8	29.8	4.644	-2.034	-29.731
18	4.6	29.6	4.917	6.022	-28.981
19	4.4	29.4	5.190	13.526	-26.104
20	4	29	5.464	19.794	-21.194
21	3.8	28.8	5.737	24.607	-14.964
22	3.7	28.7	6.010	27.636	-7.743
23	3.7	28.7	6.283	28.700	0.000

ตารางที่ 3.12 ค่าWAVE FORM ที่ 6 ของตำแหน่ง CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงของเส้นกราฟ	แอมพลิจูด	แอมพลิจูด+25	มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว	X	Y
0	3.6	28.6	0	28.6	0
1	3.4	28.4	0.273	27.347	7.662
2	5.8	30.8	0.546	26.316	16.003
3	6.9	31.9	0.820	21.773	23.314
4	7.8	32.8	1.093	15.090	29.123
5	8	33	1.366	6.714	32.310
6	9	34	1.639	-2.320	33.921
7	9.6	34.6	1.912	-11.587	32.602
8	9	34	2.185	-19.607	27.777
9	8.7	33.7	2.459	-26.141	21.268
10	8	33	2.732	-30.268	13.147
11	7.7	32.7	3.005	-32.395	4.453
12	7.1	32.1	3.278	-31.801	-4.371
13	6.9	31.9	3.551	-29.259	-12.709
14	6.3	31.3	3.825	-24.280	-19.753
15	6	31	4.098	-17.877	-25.326
16	5.8	30.8	4.371	-10.314	-29.022
17	5.5	30.5	4.644	-2.081	-30.429
18	5.2	30.2	4.917	6.144	-29.568
19	5	30	5.190	13.802	-26.637
20	4	29	5.464	19.794	-21.194
21	3.8	28.8	5.737	24.607	-14.964
22	3.6	28.6	6.010	27.539	-7.716
23	3.6	28.6	6.283	28.600	0.000

ตารางที่ 3.13 ค่าWAVE FORM ที่ 7 ของตำแหน่ง CAROTIDS

มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว = ช่วงของเส้นกราฟแต่ละจุด * 2π (เรเดียน)

ค่าพิกัด X ของแต่ละจุด = (ค่าแอมพลิจูด + 25) * cos(มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว) (มิลลิเมตร)

ค่าพิกัด Y ของแต่ละจุด = (ค่าแอมพลิจูด + 25) * cos(มุมของแต่ละจุดบนลูกเบี้ยว) (มิลลิเมตร)

3.5.4 การนำค่าพิกัด X, Y ที่คำนวณได้ไปวาดแบบจุดต่อจุดลงใน Auto CAD จะได้รูปลูกเบี้ยวออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างลูกเบี้ยว

3.6 การสร้างลูกเบี้ยว

ลูกเบี้ยวที่เราจะสร้างขึ้นมานั้น สร้างมาโดยใช้วัสดุจากแผ่นพลาสติกใส มีความหนา 2 มิลลิเมตร โดยมีวิธีการสร้างดังต่อไปนี้

1) นำเส้นกราฟการเต้นของชีพจรที่เราต้องการจะนำมาสร้างเป็นลูกเบี้ยวมาหาสมการการเคลื่อนที่ ดังที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 4.4

2) นำสมการการเคลื่อนที่ที่คำนวณได้มาทำการพล็อตการกระจัดเชิงมุมลงบน Auto CAD

3) พิมพ์ภาพการกระจัดเชิงมุมออกมา

4) นำไปติดบนแผ่นพลาสติกใส

5) ทำการตัดพลาสติกใสด้วยเลื่อยฉลุ ได้เป็นลูกเบี้ยว

6) ทำการเจาะรูปรับลูกเบี้ยวเป็นมุมด้านละ 40^0 ทำการตกแต่งลูกเบี้ยวที่ตัดมาได้ด้วยกระดาษทราย

3.7 ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการสร้างลูกเบี้ยว

เมื่อพิจารณาเส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจร จะสังเกตได้ว่ามีเส้นกราฟที่แตกต่างกันทั้งหมด 16 เส้นกราฟ โดยมีข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้

3.7.1 JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 1

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \le x \le 10$ $y = 5.9-1.1(x-0)+0.6(x-0)(x-1)-0.1125(x-0)(x-1)(x-2)+0.01469(x-0)(x-1)(x-2)(x-6) -0.001766(x-0)(x-1)(x-2)(x-6)(x-9)$

$10 \le x \le 28$ $y = 5.1+0.15(x-10)+0.03333(x-10)(x-12)+0.003968(x-10)(x-12)(x-16)-0.0001887(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)+0.00000171(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)(x-23)-0.000002642(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)(x-23)(x-27)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.4 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 1

3.7.2 JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 2

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \le x \le 10$ $y = 6-1.1(x-0)+0.6(x-0)(x-1)-0.1533(x-0)(x-1)(x-2)+0.02462(x-0)(x-1)(x-2)(x-5) - 0.003353(x-0)(x-1)(x-2)(x-5)(x-8)+0.0002778(x-0)(x-1)(x-2)(x-5)(x-8)(x-9)$

$10 \le x \le 28$ $y = 5.1+0.3(x-10)-0.1167(x-10)(x-12)+0.0246(x-10)(x-12)(x-16)-0.002758(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)+0.0002165(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)(x-23)-0.00002448(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)(x-23)(x-27)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.5 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 2

3.7.3 JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 3

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \le x \le 10$ $y = 6.9-2.6(x-0)+1.55(x-0)(x-1)-0.2892(x-0)(x-1)(x-2)+0.0419(x-0)(x-1)(x-2)(x-6)-0.005437(x-0)(x-1)(x-2)(x-6)(x-8)+0.0005952(x-0)(x-1)(x-2)(x-6)(x-8)(x-9)$

$10 \le x \le 28$ $y = 5.0+0.1(x-10)-0.0667(x-10)(x-12)+0.01746(x-10)(x-12)(x-16)-0.001989(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)+0.0001791(x-10)(x-12)(x-16)(x-$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19)(x-24)-0.00001174(x-10)(x-12)(x-16)(x-19)(x-24)(x-28)

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.6 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 3

3.7.4 JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 4

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 10$ $y = 10.2-2.7(x-0)+0.3262(x-0)(x-1)-0.2421(x-0)(x-1)(x-7)-7.937X10^{-5}(x-0)(x-1)(x-7)(x-9)$

$10 \leq x \leq 27$ $y = 6-0.1(x-10)-0.06(x-10)(x-11)+0.01465(x-10)(x-11)(x-15)-9.515X10^{-4}(x-10)(x-11)(x-15)(x-19)-2.917X10^{-5}(x-10)(x-11)(x-15)(x-19)(x-26)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.7 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 4

3.7.5 JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 5

สมการการเคลื่อนที่ คือ

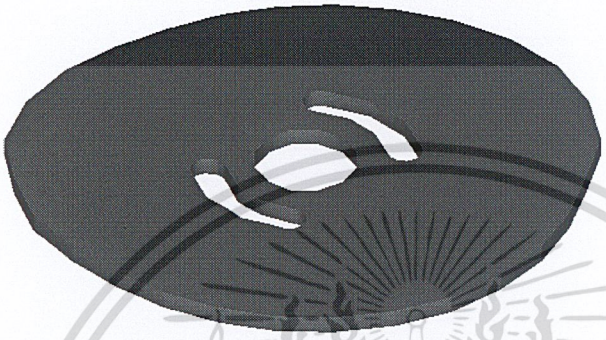
$0 \leq x \leq 10$ $y = 10.3-3.1(x-0)+0.7(x-0)(x-1)-0.09583(x-0)(x-1)(x-2)+0.009375(x-0)(x-1)(x-2)(x-4) - 9.226X10^{-4}(x-0)(x-1)(x-2)(x-4)(x-)+1.984X10^{-5}(x-0)(x-1)(x-2)(x-4)(x-8)(x-9)$

$10 \leq x \leq 28$ $y = 6.0-0.1(x-10)-0.2(x-10)(x-11)+0.035\ x-10)(x-11)(x-12)-0.003512$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)+1.124X10^{-4}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-18)+2.195X10^{-5}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-18)(x-19)-3.510X10^{-6}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-18)(x-19)(x-23)-1.283X10^{-7}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-18)(x-19)(x-23)(x-26)-5.288X10^{-8}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-18)(x-19)(x-23)(x-26)(x-27)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้



รูปที่ 3.8 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 5

3.7.6 JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 6

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 10$ $y = 6.1-0.2(x-0)+0.35(x-0)(x-1)-0.1167(x-0)(x-1)(x-2)+0.01685(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)-0.002661(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-8)+0.0002282(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-8)(x-9)$

$10 \leq x \leq 28$ $y = 1.5-0.8(x-10)-0.6(x-10)(x-11)+0.08958(x-10)(x-11)(x-12)-0.007377(x-10)(x-11)(x-12)(x-18)+0.0004607(x-10)(x-11)(x-12)(x-18)(x-22)-0.00003106(x-10)(x-11)(x-12)(x-18)(x-22)(x-25)+0.000002199(x-10)(x-11)(x-12)(x-18)(x-22)(x-25)(x-26)-0.00000008717(x-10)(x-11)(x-12)(x-18)(x-22)(x-25)(x-26)(x-28)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.9 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง JUGULAR VENOUS WAVE รูปแบบที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.7 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 1

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 10$ $y = 4-0.5(x-0)+3(x-0)(x-1)-1.383(x-0)(x-1)(x-2)+0.3375(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)-0.05417(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)+0.005972(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)-3.175X10^{-4}(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)(x-6)-3.858X10^{-5}(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)(x-6)(x-7)+1.764X10^{-5}(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)(x-6)(x-7)(x-9)$

$10 \leq x \leq 23$ $y = 9-0.1(x-10)+0.05(x-10)(x-11)-0.02417(x-10)(x-11)(x-12)+0.003507(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)-3.706X10^{-4}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-20)+2.494X10^{-5}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-20)(x-21)-8.303X10^{-6}(x-10)(x-11)(x-12)(x-16)(x-20)(x-21)(x-22)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.10 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 1

3.7.8 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 2

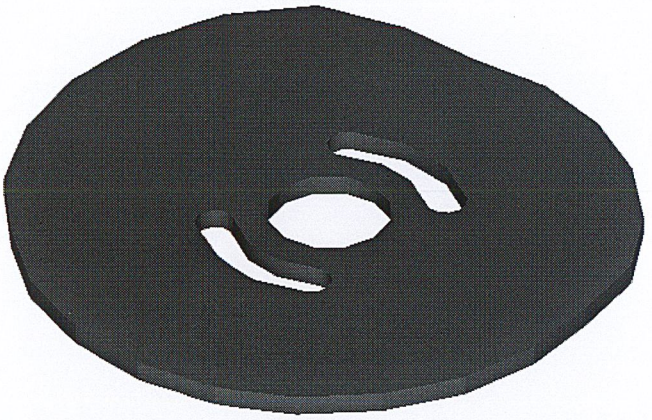
สมการการเคลื่อนที่ คือ

$9 \leq x \leq 22$ $y = 16-0.8(x-9)+0.05(x-9)(x-10)-0.01095(x-9)(x-10)(x-11)+9.704X10^{-4}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)+7.937X10^{-6}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)(x-20)-3.694X10^{-5}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)(x-20)(x-21)$

$0 \leq x \leq 9$ $y = 4-0.6(x-0)+4.5(x-0)(x-1)-6.955(x-0)(x-1)(x-2)+0.0872(x-0)(x-1)(x-2)(x-8)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 2

3.7.9 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 3

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 9$ $y = 9-0.5(x-3)$

$9 \leq x \leq 23$ $y = 6+0.2(x-9)-0.2(x-9)(x-10)+0.02857(x-9)(x-10)(x-11)-0.002305(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)+1.462X10^{-4}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)(x-21)-9.713X10^{-7}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)(x-21)(x-22)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.12 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 3

3.7.10 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 4

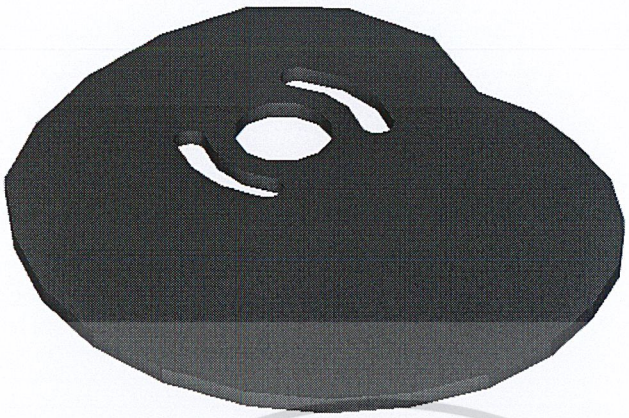
สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 9$ $y = 3.5+0.5(x-0)+4.75(x-0)(x-1)-3.050(x-0)(x-1)(x-2)+0.9667(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)-0.1875(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)+0.02361(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)-0.002183(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)(x-6)+2.555X10^{-4}(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)(x-6)(x-7)-4.326X10^{-5}(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-5)(x-6)(x-7)(x-8)$

$9 \leq x \leq 21$ $y = 10-1(x-9)+0.3(x-9)(x-10)-0.03532(x-9)(x-10)(x-11)+0.003373(x-9)(x-10)(x-11)(x-18)-1.491X10^{-4}(x-9)(x-10)(x-11)(x-18)(x-19)(x-20)+4.329X10^{-5}(x-9)(x-10)(x-11)(x-18)(x-19)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้



รูปที่ 3.13 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 4

3.7.11 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 5

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 9$ $y = 3.8-0.6(x-0)+3.7(x-0)(x-1)-1.533(x-0)(x-1)(x-2)+0.1914(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)-0.01958(x-0)(x-1)(x-2)(x-3)(x-8)$

$9 \leq x \leq 22$ $y = 11.5-0.6(x-9)-0.05(x-9)(x-10)+0.01333(x-9)(x-10)(x-11)-0.002121(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)-4.091X10^{-4}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)(x-20)-6.624X10^{-5}(x-9)(x-10)(x-11)(x-16)(x-20)(x-21)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.14 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 5

3.7.12 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 6

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 9$ $y = 3.7-0.5x-0.65x(x-1)0.01667x(x-1)(x-2)-0.02083x(x-1)(x-2)(x-3)-0.001528\ x(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)+0.002758\ x(x-1)(x-2)(x-3)(x-4)(x-6)-0.001012\ x(x-1)(x-2)(x-3)(x-4))x-6)(x-7)+0.0002557\ x(x-1)(x-2)(x-3)(x-4))x-6)(x-7)(x-8)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$9 \leq x \leq 22$ $y = 8+0.2(x-9)-0.2(x-9)(x-10)+0.01917(x-9)(x-10)(x-11)-0.0007151$
$(x-9)(x-10)(x-11)(x-15)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.15 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 6

3.7.13 CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 7

สมการการเคลื่อนที่ คือ

$0 \leq x \leq 9$ $y = 3.6-0.2x+1.3x(x-1)-0.4417\ x(x-1)(x-2)+0.08583\ x(x-1)(x-2)(x-4)-$
$0.01353\ x(x-1)(x-2)(x-4)(x-6)+0.001344\ x(x-1)(x-2)(x-4)(x-6)(x-$
$7)+0.0001042\ x(x-1)(x-2)(x-4)(x-6)(x-7)(x-8)$

$9 \leq x \leq 22$ $y = 8.7+0.7(x-9)+0.2(x-9)(x-10)-0.0375(x-9)(x-10)(x-11)+0.003093$
$(x-9)(x-10)(x-11)(x-15)$

รูปลูกเบี้ยวที่คำนวณได้

รูปที่ 3.16 ลูกเบี้ยวตำแหน่ง CAROTIDS WAVE รูปแบบที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
หลักการออกแบบ

4.1 ชุดต้นกำลัง

4.1.1 มอเตอร์ใช้เป็นต้นกำลังของกำลังของแบบจำลองการเต้นของชีพจร มอเตอร์ที่มีกำลัง ¼ แรงม้า รอบ/นาที

4.1.2 ประกับยึดมอเตอร์ ใช้สำหรับต่อส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังเพลาหลัก

4.1.3 เพลาหลัก ใช้เป็นต้นกำลังหลักของแบบจำลองการเต้นของชีพจร

4.2 ส่วนประกอบของชุดการทำงาน

4.2.1 ชุดปรับเปลี่ยนหน้าลูกเบี้ยว

4.2.1.1 แท่งทองเหลือง ใช้สำหรับเป็นตัวติดตั้งน็อตปรับที่บาร์ มีลักษณะเป็นแท่งทองเหลืองหกเหลี่ยมมีอยู่จำนวน 5 ตัวจะมีการเจาะรูตรงกลางตามยาวเพื่อที่จะใช้แกนรองรับแท่งทองเหลืองมีการเจาะรูและต๊าปเกลียว ที่ผิวหน้าของแท่งทองเหลือง

รูปที่ 4.1 หกเหลี่ยม

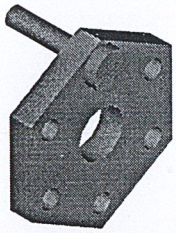
4.2.1.2 แกนใส่แท่งทองเหลือง จะมีลักษณะเป็นเพลาใช้รองรับแท่งทองเหลืองมีจำนวน 5 ตัว

4.2.1.3น็อตปรับระดับทีบาร์ใช้เพื่อดันทีบาร์ที่ต้องการจะให้ลูกเบี้ยวแสดงผลกราฟการเต้นของชีพจร

4.2.1.4 ประกับยึดแท่งทองเหลือง ใช้สำหรับยึดแท่งทองเหลืองไม่ให้เคลื่อนที่ไปในแนวแกนเพลา มีจำนวน 5 ตัว

4.2.1.5 ตัวล็อคหน้าแปลนแท่งทองเหลือง มีลักษณะเป็นแท่งทองเหลืองและมีการเจาะรูต๊าปเกลียวสำหรับใช้น๊อตยึดกับฐานรองแท่งทองเหลืองเพื่อให้อยู่กับที่ มีจำนวน 5 ตัว

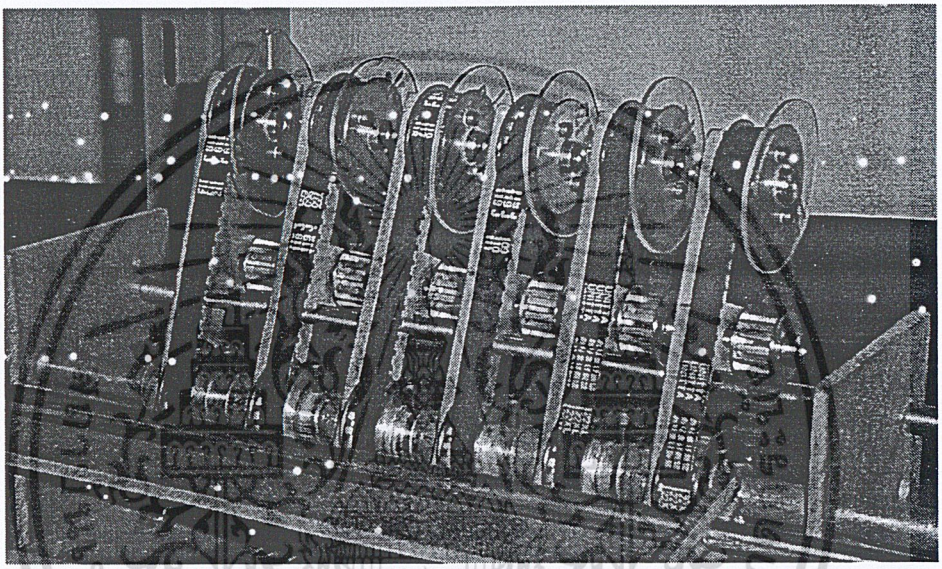
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตัวยึดหกเหลี่ยม

4.2.1.6 ฐานรองแท่งทองเหลือง ในตัวต้นแบบนี้จะใช้เป็นไม้อัด เจาะรูทะลุ

4.2.2 ชุด-ทีบาร์



รูปที่ 4.3 ชุดทีบาร์

4.2.2.1 ทีบาร์ ใช้สำหรับเป็นตัวติดตั้งลูกเบี้ยว, เฟืองไทม์มิ่ง และสายพานไทม์มิ่งมีจำนวน โดยมีลักษณะดังรูป

4.2.2.2ชุดเฟืองไทม์มิ่งและสายพานไทม์มิ่ง

- เฟืองขับหลัก และน็อตยึดเฟือง ใช้สำหรับส่งกำลังต่อจากเพลาใช้สำหรับส่งกำลังหลักมีจำนวน 22 ตัว

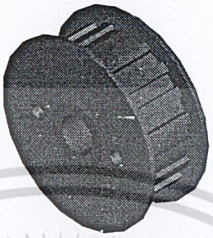
รูปที่ 4.4 เฟืองขับหลัก

- เฟืองปรับระดับ และน็อตยึด ใช้สำหรับปรับระดับความตึงของสายพานไทม์มิ่งมีจำนวน 22 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 เฟืองปรับระดับ

- เฟืองขับลูกเบี้ยว และน๊อตยึด ใช้สำหรับยึดลูกเบี้ยวเพื่อให้หมุนไปตามกำลังที่ส่งมาจากเพลา มีจำนวน 22 ตัว



รูปที่ 4.6 เฟืองขับลูกเบี้ยว

- สายพานไทม์มิ่ง ใช้สำหรับส่งต่อกำลัง มีจำนวน 22 ตัว

4.2.2.3ลูกเบี้ยว ใช้สำหรับแสดงผลการเต้นของชีพจร ทำมาจากพลาสติก

รูปที่ 4.7 ลูกเบี้ยว

4.2.2.4น๊อตค้ำที-บาร์ ใช้สำหรับค้ำที-บาร์ไม่ให้โยกเมื่อเดินเครื่อง และเปลี่ยนหน้าลูกเบี้ยว จำนวน 22 ตัว

4.2.2.5ปะกับค้ำที-บาร์ ใช้สำหรับค้ำที-บาร์ไม่ให้เคลื่อนที่ จำนวน 22 ชิ้น

4.2.3ชุดฟอลโลเวอร์

4.2.3.1 ฟอลโลเวอร์ มีทั้งหมด 5 ชุดมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- แกนหมุน ทำมาจากแท่งพลาสติก เจาะรูด้านข้าง จำนวน 5 ชิ้น
- โครงสร้างไม้ ใช้สำหรับวางอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชุดฟอลโลเวอร์ มีจำนวน 5 ชิ้น
- ลิงค์ (Link) ใช้สำหรับถ่ายทอดการเคลื่อนที่จากฟอลโลเวอร์ ไปยังชุดแสดงผลทำจากอะลูมิเนียมนำมางอเข้ามุมจำนวน 5 ชิ้น

4.2.3.2สปริง ใช้สำหรับดึงฟอลโลเวอรให้ติดกับลูกเบี้ยว จำนวน 5 ชิ้น

4.2.3.3ตัวค้ำฟอลโลเวอร์ ใช้สำหรับค้ำยันไม่ให้ฟอลโลเวอร์ชนกับลูกเบี้ยวตอนที่ยังไม่ได้ทำงาน จำนวน 5 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4ฟองน้ำ ใช้สำหรับป้องกันไม่ให้ฟอลโลเวอร์สั่น จำนวน 5 ชิ้น

4.2.3.5แกนเพลาใส่ฟอลโลเวอร์ ใช้สำหรับเป็นจุดหมุนของฟอลโลเวอร์ จำนวน 5 ชิ้น

4.2.3.6ประกับยึดฟอลโลเวอร์ ใช้สำหรับป้องกันไม่ให้ฟอลโลเวอร์เคลื่อนที่ตามแนวแกนเพลา จำนวน 10 ชิ้น

รูปที่ 4.8 ประกับ

4.2.4ชุดแสดงผล

4.2.4.1ลูกล้อ ใช้สำหรับแนบเพื่อส่งสัญญาณแสดงผล มาจากลิงค์ มีจำนวน 5 ชิ้น

4.2.4.2แกนแสดงผล ใช้สำหรับส่งสัญญาณแสดงผล จำนวน 5 ชิ้น

4.2.4.3สปริง ใช้สำหรับดันแกนแสดงผลให้ติดกับลิงค์ตลอดเวลา จำนวน 5 ชิ้น

4.2.4.4บู๊ทค้ำแกน ใช้สำหรับปรับไม่ให้แกนแสดงผลโยก จำนวน 5 ชิ้น

4.2.4.5ประกับปรับระดับ ใช้สำหรับปรับระดับความสูงของแกนแสดงผล จำนวน 5 ชิ้น

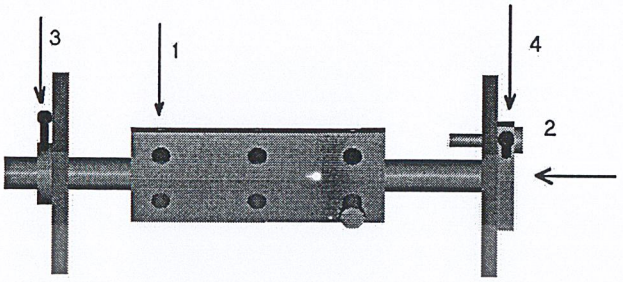
4.2.4.6ชุดผิวหนัง เป็นชดแสดงผล

- ยางพารา
- แท่นรอง
- ไม้ยึดยางพารา

4.3 การถอดประกอบแบบจำลองการเต้นของชีพจรโรคหัวใจ

4.3.1การประกอบแท่งทองเหลือง

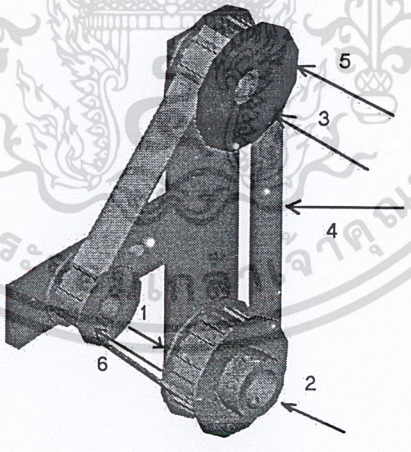
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ชุดหกเหลี่ยม

1. ประกอบน็อตปรับระดับเข้ากับแท่งทองเหลือง
2. ประกอบแกนทองเหลืองทะลุโครงสร้าง โดยใช้น็อตยึด
3. ประกอบประกับยึดแท่งทองเหลือง
4. ประกอบหน้าแปลนปรับหน้าแท่งทองเหลือง

4.3.2 การประกอบชุดที-บาร์



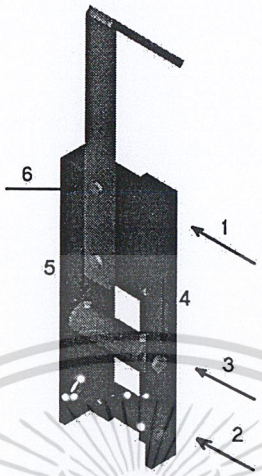
รูปที่ 4.10 ชุด ที-บาร์

1. สอดที-บาร์ทะลุเพลาส่งกำลังหลัก
2. ประกอบเฟืองตัวขับเข้ากับที-บาร์และเพลาส่งกำลังหลัก โดยใช้น็อตยึด
3. ประกอบเฟืองตัวตามเข้ากับที-บาร์
4. ประกอบสายพานไทม์มิ่ง
5. ประกอบลูกเบี้ยวเข้ากับเฟืองตัวตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ประกอบเฟืองตัวปรับระยะสายพาน พร้อมทั้งปรับระยะสายพาน

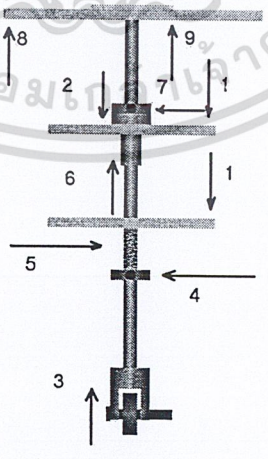
4.3.3 การประกอบชุดฟอลโลเวอร์



รูปที่ 4.11 ฟอลโลเวอร์

1. ประกอบโครงสร้างตัวบนของฟอลโลเวอร์เข้ากับโครงสร้างตัวด้านข้างทั้งสองชิ้น
2. ประกอบโครงสร้างตัวล่างของฟอลโลเวอร์ข้ากับโครงสร้างตัวด้านข้างทั้งสองชิ้น
3. สอดเพลาอะลูมิเนียม ทะลุโครงสร้างตัวด้านข้างของฟอลโลเวอร์ และต่อกันกับแกนยาง
4. ยึดปะกับสองข้างของเลาอะลูมิเนียม
5. ใส่น็อตยึดแกนยาง ให้ติดกันกับเพลาอะลูมิเนียม
6. ประกอบแกนแสดงผลเข้ากับโครงสร้างตัวบนของฟอลโลเวอร์

4.3.4 การประกอบชุดแสดงผล



รูที่ 4.12 ส่วนแสดงผล

1. ประกอบแผ่นไม้ทั้งสองแผ่นเข้ากับชุดโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประกอบบู๊ทค้ำแกนเข้ากับแผ่นไม้ตัวบน

3. ประกอบลูกล้อเข้ากับแกนแสดงผล

4. ประกอบปะกับปรับระดับเข้ากับแกนแสดงผล

5. สอดสปริงเข้าไปในแกนแสดงผล

6. สอดแกนแสดงผลทะลุแผ่นไม้ทั้งสองแผ่น และทะลุบู๊ทค้ำแกน

7. ประกอบปะกับปรับแกนแสดงผล เขากับแกนแสดงผล

8. ประกอบแผ่นไม้แผ่นที่สามลงบนโครงสร้าง

9. ประกอบแผ่นยางพารา ลงบนแผ่นไม้แผ่นที่สาม

4.4 การออกแบบเครื่องวัดแอมพลิจูด

เนื่องจากการแสดงผลของแบบจำลองการเต้นของหัวใจเป็นการกระจัดในแนวดิ่งและได้เลือกวิธีการวัดผลโดยใช้เครื่องวัดแอมพลิจูดนี้ใช้หลักการเหมือนเครื่องวัดการสั่นสะเทือน คือ จะเป็นการพล็อตกราฟระหว่างการกระจัดของแบบจำลองกับเวลาโดยความถี่ของการแสดงผลการกระจัดจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์แบบจำลองแต่ความถี่ของกราฟแต่ละชุดจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์เครื่องวัดแอมพลิจูด

4.4.1 หลักการทำงาน

มอเตอร์จะติดกับเพลาโดยจะมีกระดาษติดอยู่กับเพลาซึ่งเมื่อเครื่องทำงานมอเตอร์จะหมุนดึงกระดาษผ่านจุดที่ทำการวัดผลของแบบจำลองโดยที่ปลาย link แสดงผลจะมีปากกาติดอยู่ซึ่งปลายปากกาจดอยู่ที่กระดาษดังนั้นเมื่อมีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงที่ link แสดงผล ปากกาก็จะบันทึกผลบนกระดาษที่ feed ผ่าน

4.4.2 การออกแบบ

ส่วนประกอบของเครื่องวัดแอมพลิจูด มีดังนี้คือ

1. มอเตอร์พร้อมเฟืองติด

2. แกนเสียบกระดาษทำจากทองเหลือง

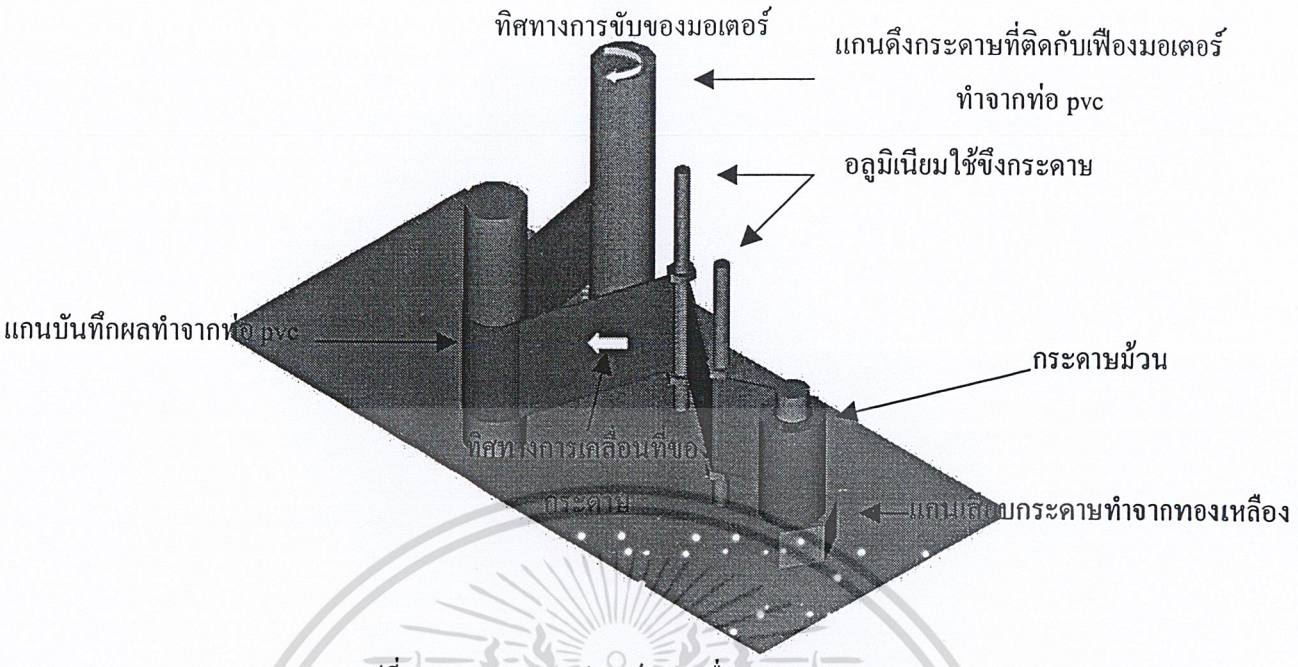
3. อลูมิเนียม 2 เส้นใช้ขึงกระดาษให้ได้แนวระดับ

4. แกนบันทึกผลทำจากท่อ pvc

5. แกนดึงกระดาษที่ติดกับเฟืองมอเตอร์ทำจากท่อ pvc

6. กระดาษม้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

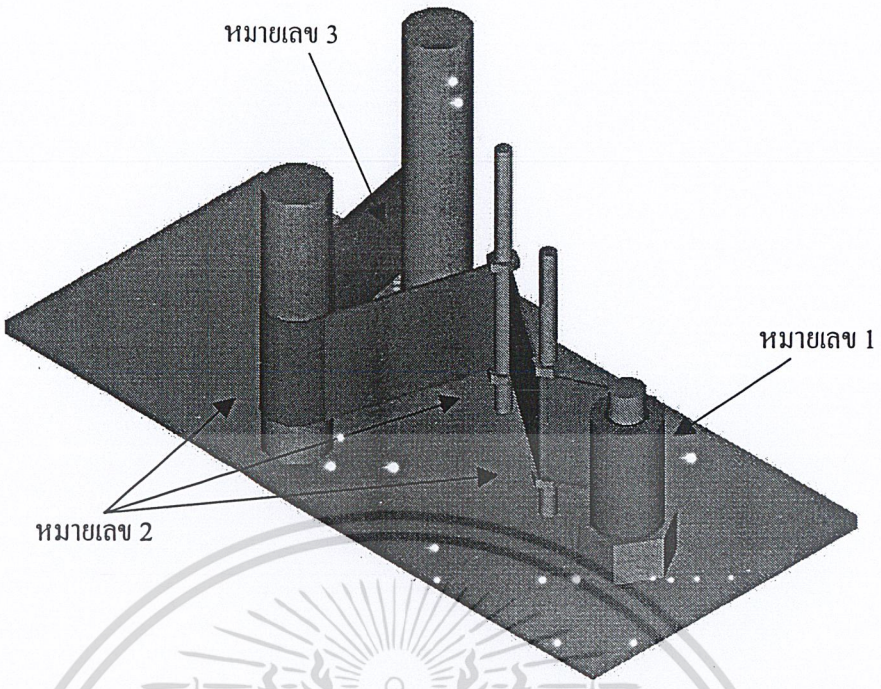


รูปที่ 4.13 การแสดงอุปกรณ์ของเครื่องวัดแอมพลิจูด

4.4.2 วิธีทำการทดลอง

1. เสียบกระดาษม้วนลงบนแกนเสียบกระดาษ ตามหมายเลข 1
2. เซ็ทระดับของกระดาษที่เคลื่อนที่ผ่านแกนบันทึกผลให้อยู่ในระดับเดียวกับระดับของกระดาษม้วน ตามหมายเลข 2 ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
3. จากนั้นทำการเดินมอเตอร์เพื่อดึงกระดาษเพื่อทำการบันทึกผลความเปลี่ยนแปลงของการแสดงผลของแบบจำลองการเต้นของชีพจร ตามหมายเลข 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 เครื่องวัดแอมพลิจูด

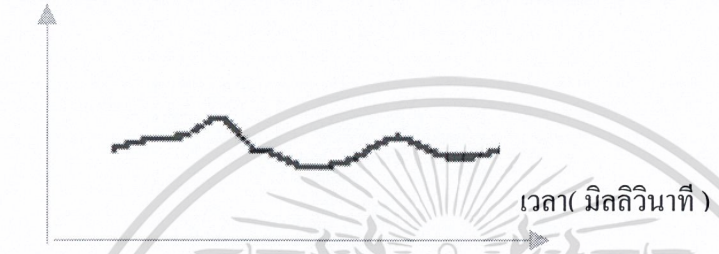
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและการปรับแก้

5.1 การเปรียบเทียบกราฟโรคหัวใจกับผลการทดลอง

5.1.1 การเต้นของชีพจรแบบปกติ

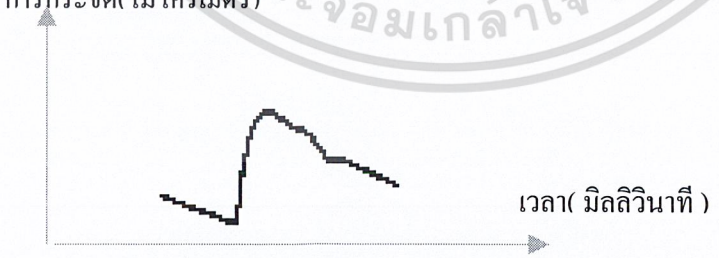
5.1.1.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



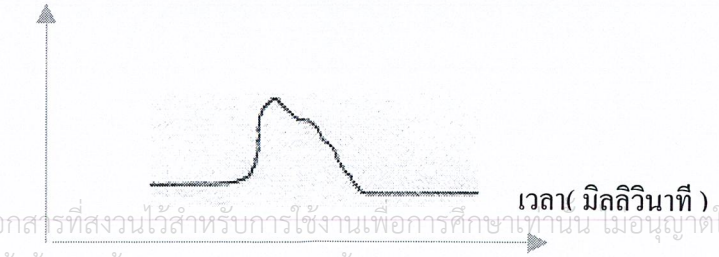
กราฟการเต้นของชีพจรแบบปกติ

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรแบบปกติ

5.1.1.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



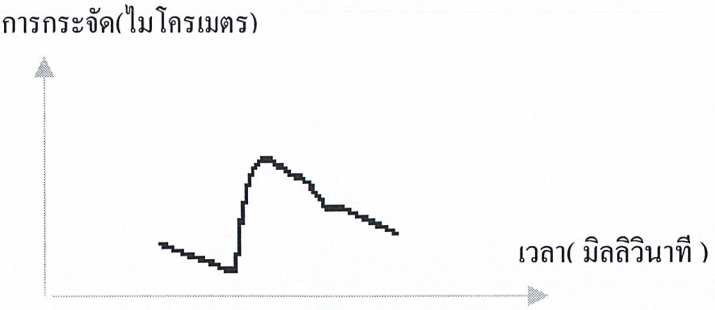
กราฟการเต้นของชีพจรแบบปกติ



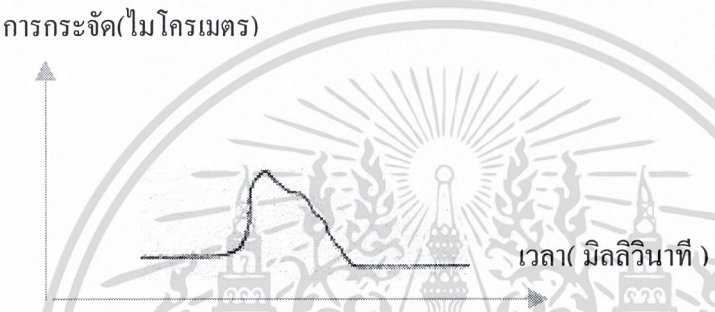
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.3 ตำแหน่ง RADIALS

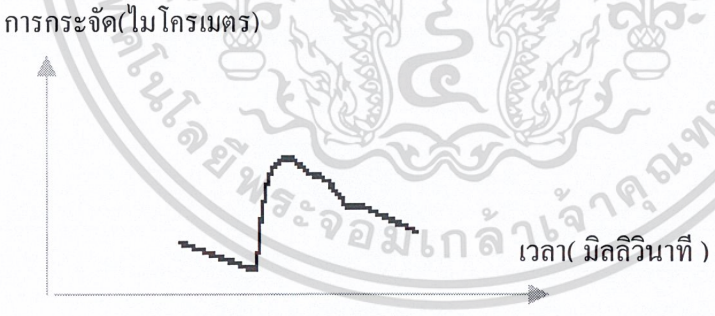


กราฟการเต้นของชีพจรแบบปกติ

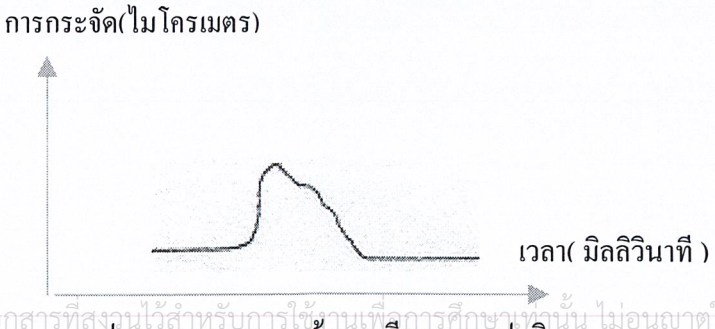


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรแบบปกติ

5.1.1.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



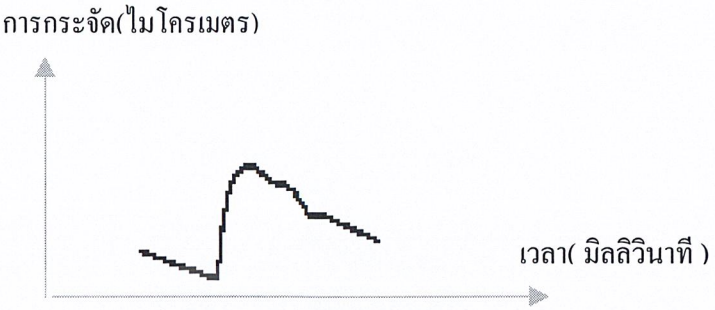
กราฟการเต้นของชีพจรแบบปกติ



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1.5 ตำแหน่ง FEMORIALS



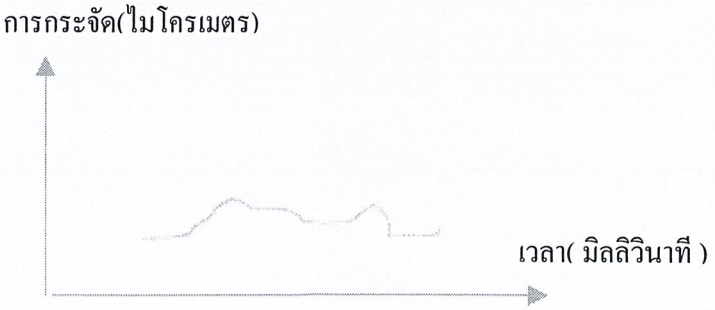
กราฟการเต้นของชีพจรแบบปกติ

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรแบบปกติ

5.1.2 การเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

5.1.2.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

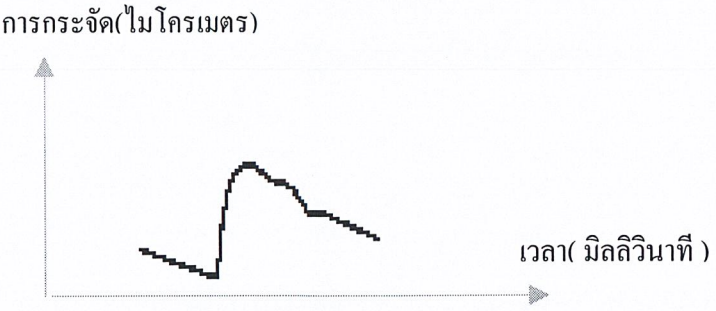
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

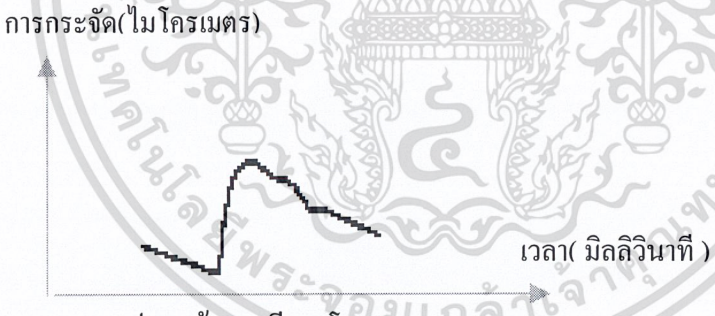
5.1.2.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



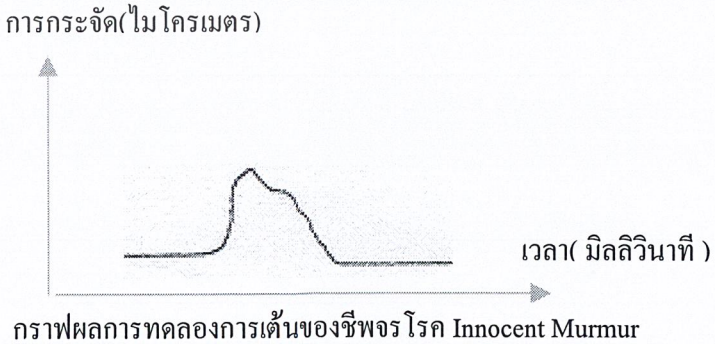
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

5.1.2.3 ตำแหน่ง RADIALS



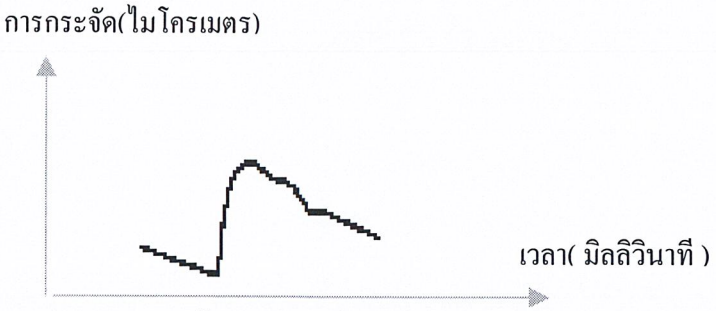
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

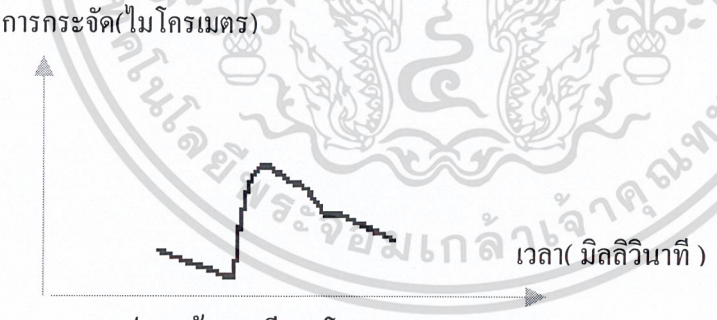
5.1.2.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



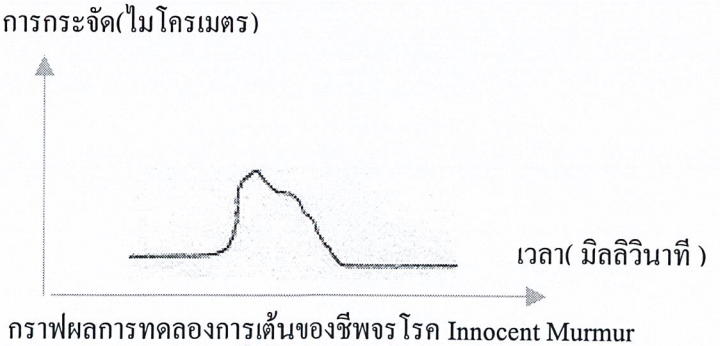
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

5.1.2.5 FEMORIALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

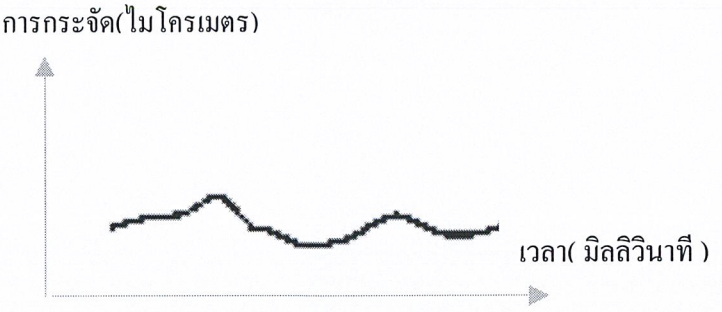


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Innocent Murmur

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การเต้นของชีพจรโรค Hypertension

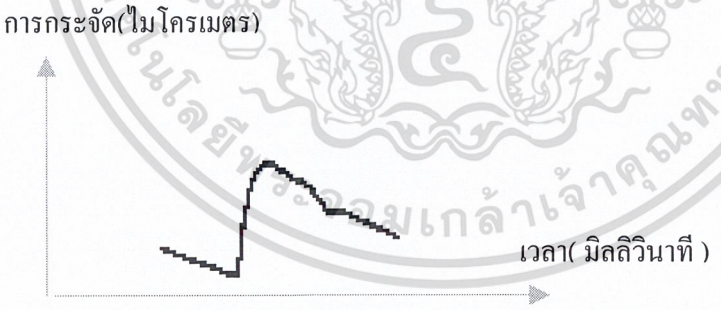
5.1.3.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



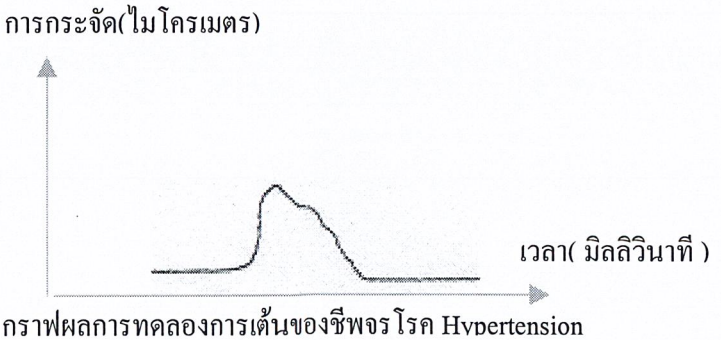
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

5.1.3.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



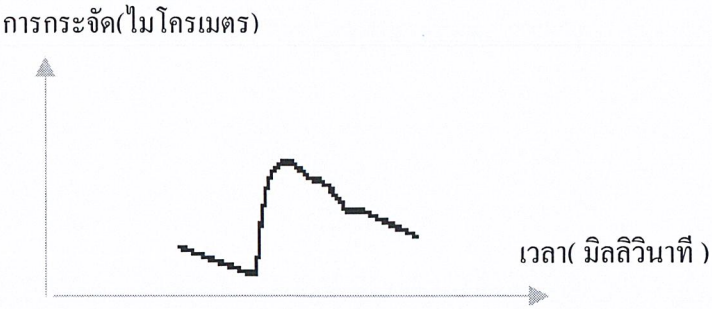
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Hypertension



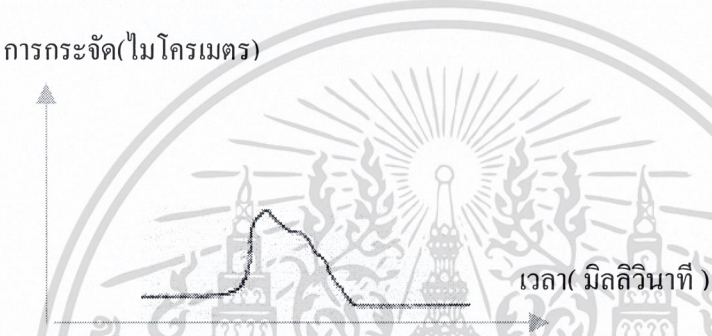
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.3 ตำแหน่ง RADIALS

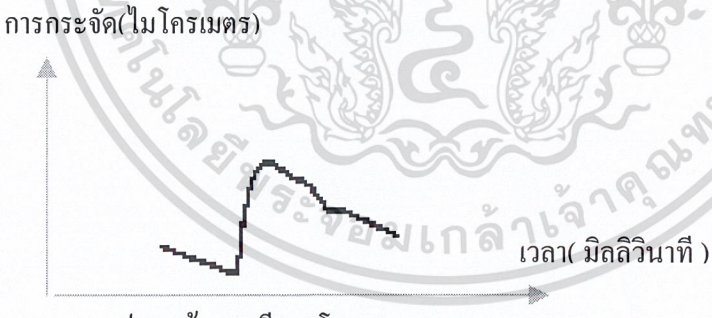


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

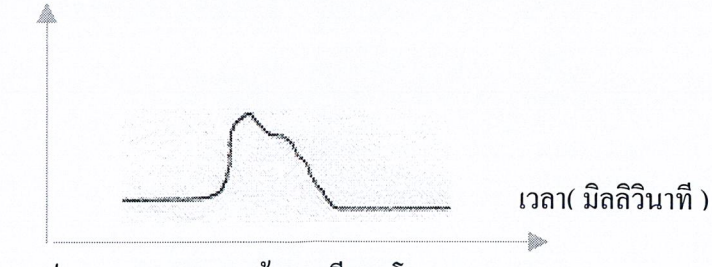


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

5.1.3.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



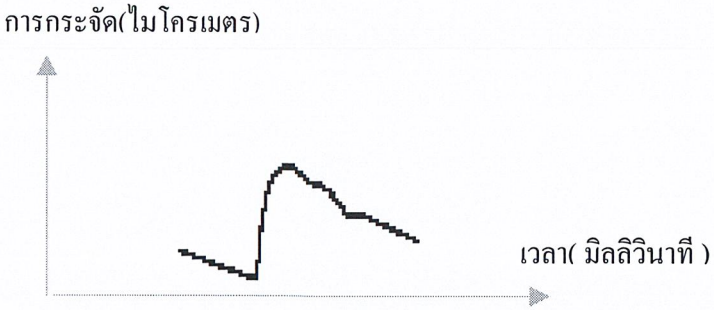
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Hypertension



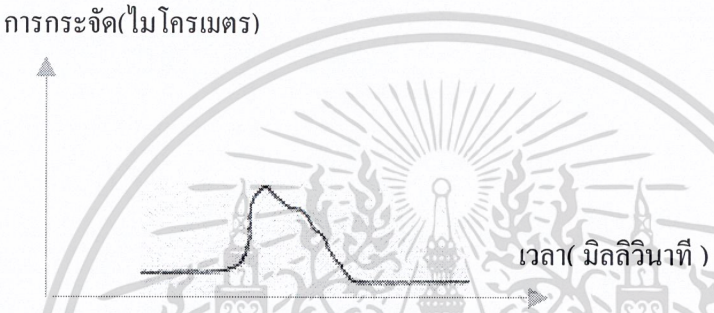
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3.5 ตำแหน่ง FEMORIALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

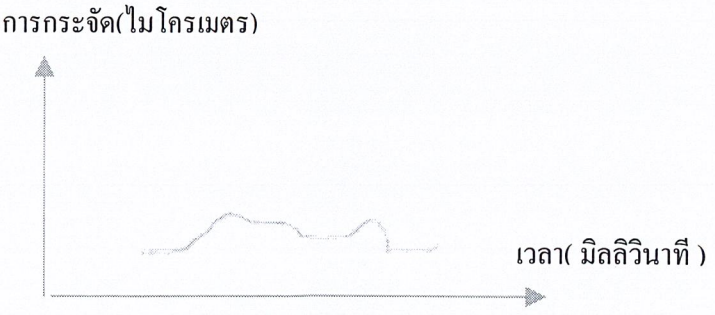


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Hypertension

5.1.4 การเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris

5.1.4.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

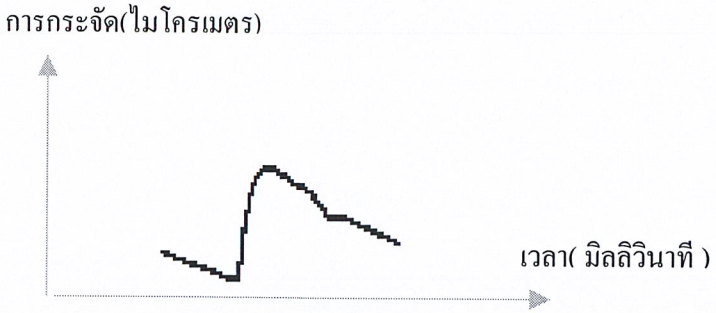
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris



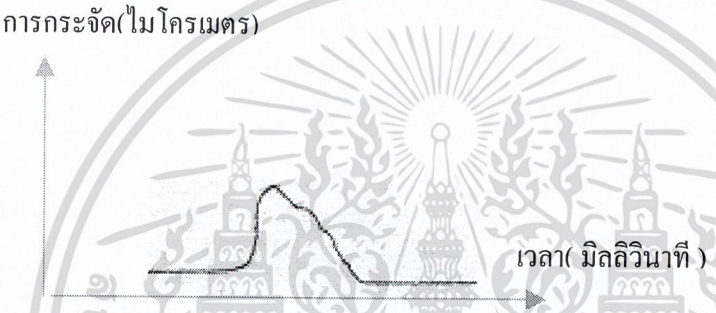
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

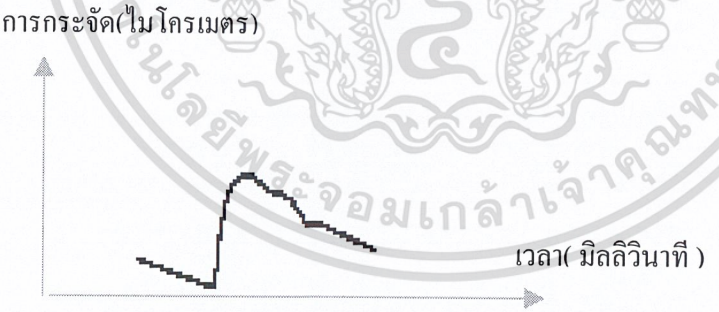


กราฟการเต้นของชีพจร โรค Angina Pectoris

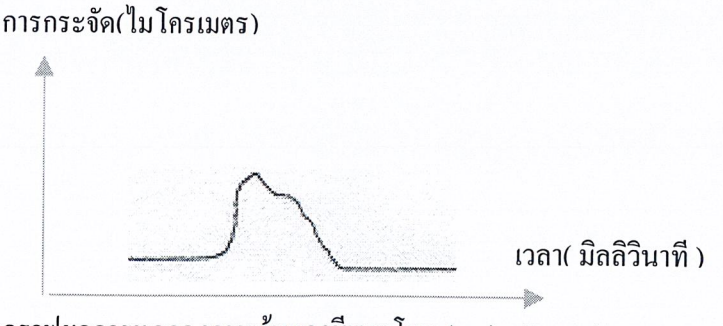


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Angina Pectoris

5.1.4.3 ตำแหน่ง RADIALS



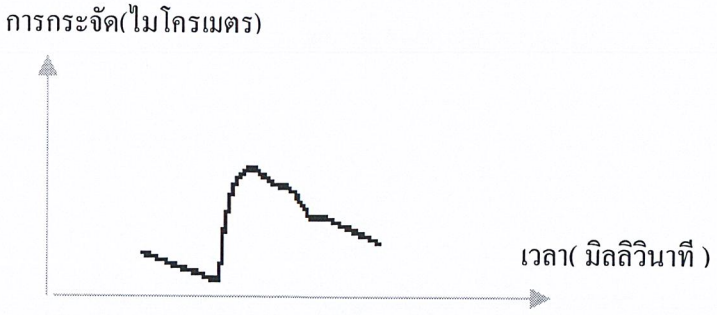
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Angina Pectoris



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Angina Pectoris

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

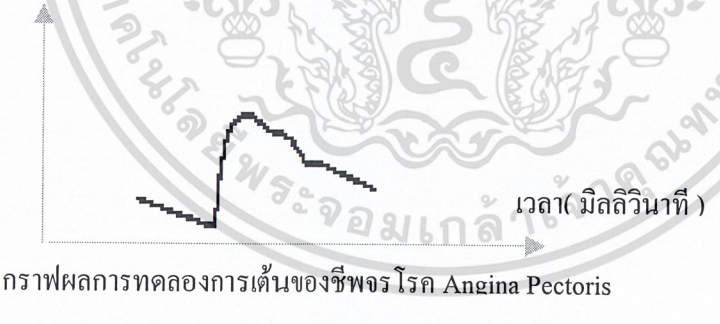
5.1.4.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



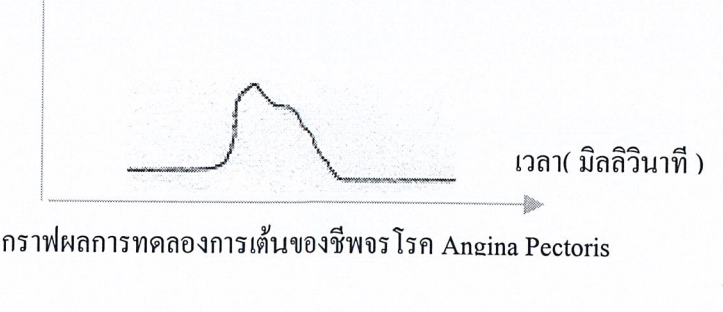
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris

5.1.4.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris

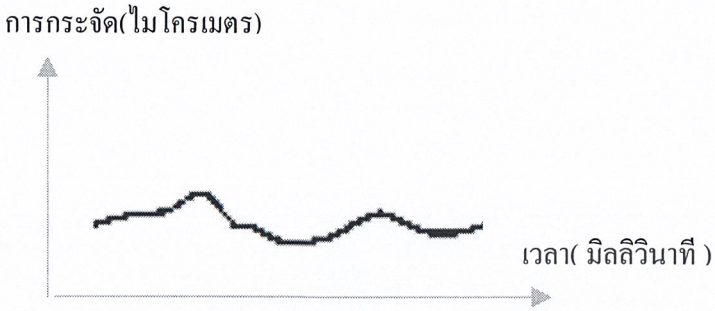


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Angina Pectoris

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 การเต้นของชีพจรโรค Mitral Valve Prolapse

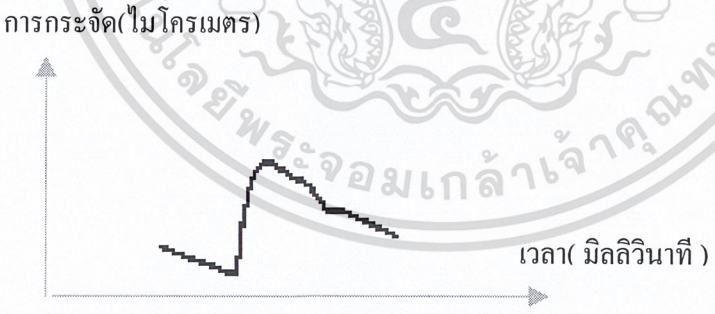
5.1.5.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



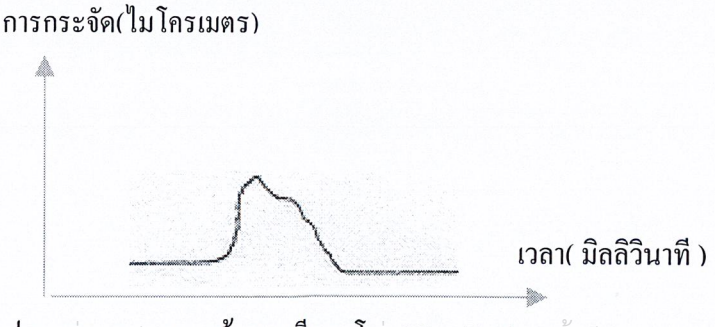
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

5.1.5.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



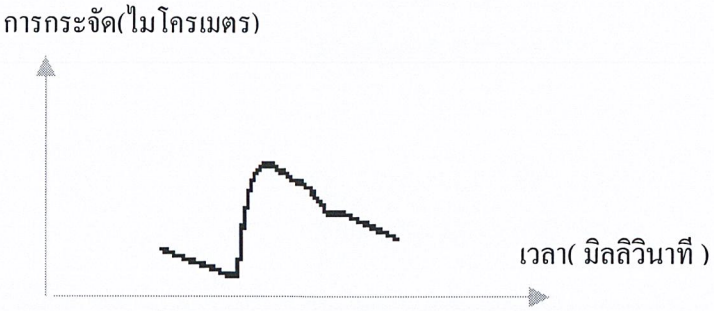
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse



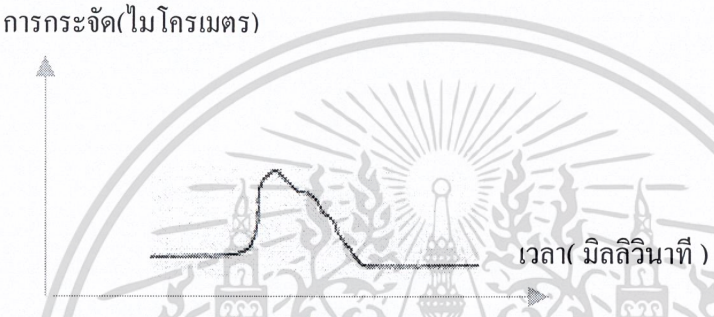
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5.3 ตำแหน่ง RADIALS

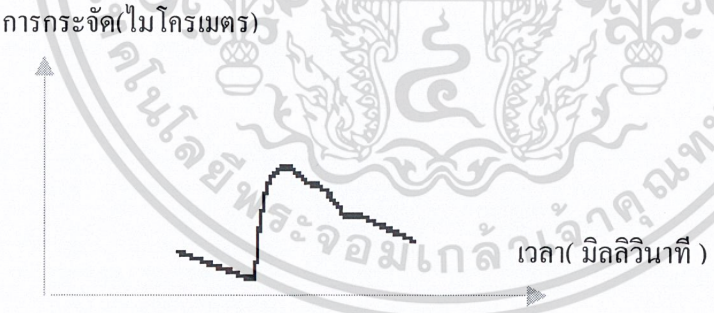


กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

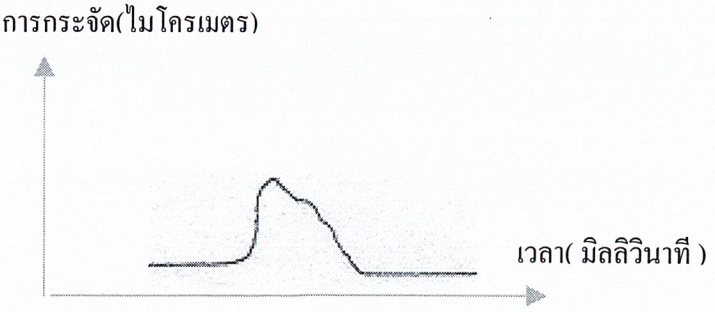


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

5.1.5.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



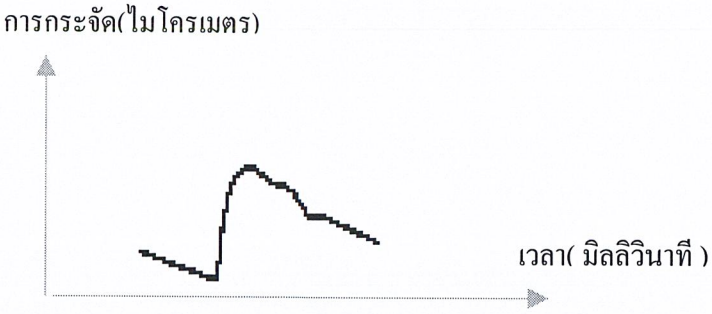
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse



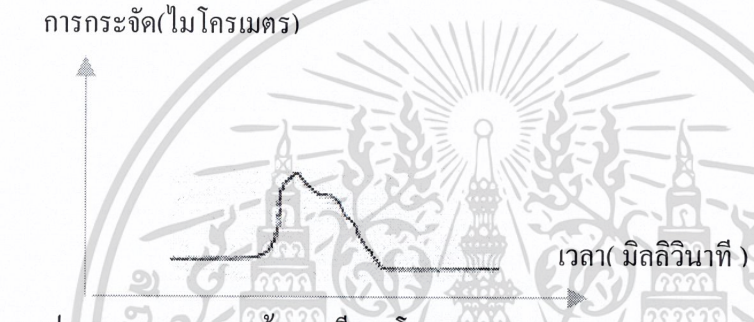
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5.5 ตำแหน่ง FEMORALS



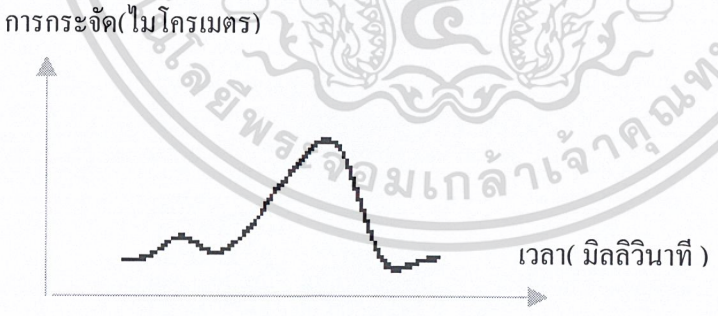
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse



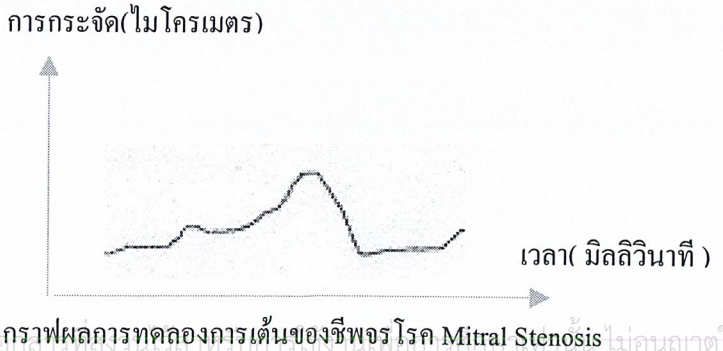
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Valve Prolapse

5.1.6 การเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

5.1.6.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



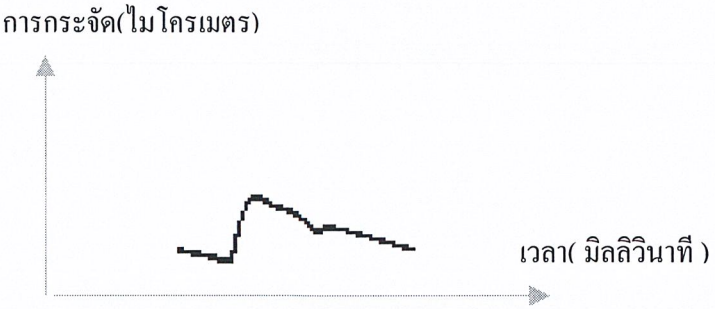
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Stenosis



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

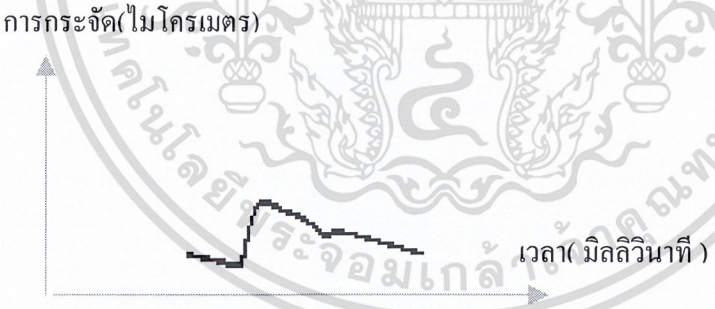
5.1.6.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



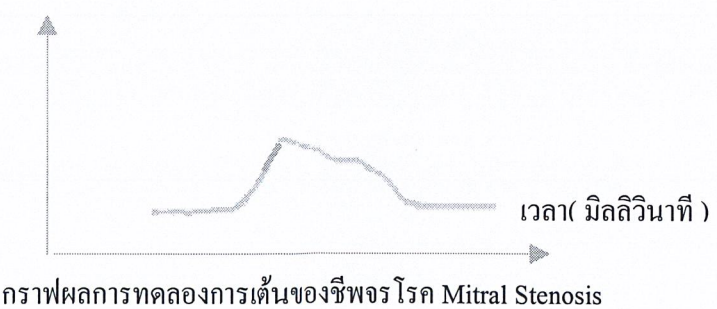
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

5.1.6.3 ตำแหน่ง RADIALS



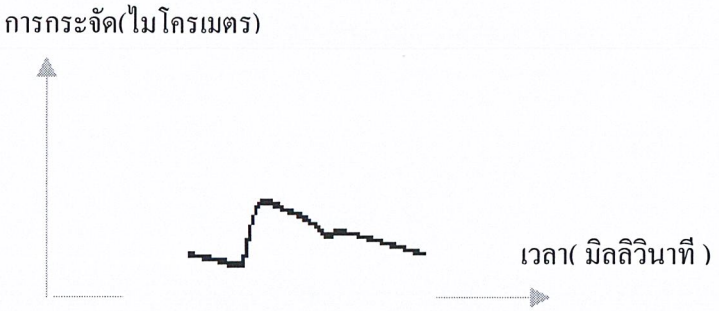
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

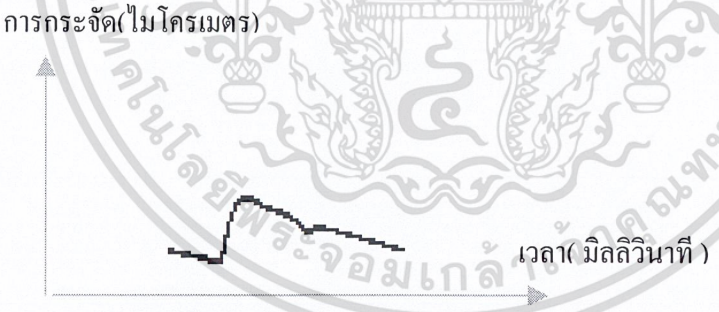
5.1.6.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



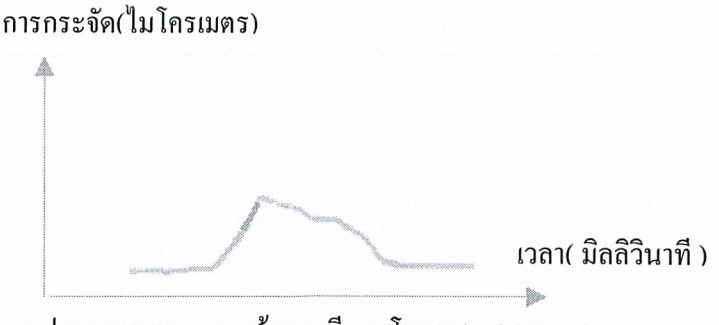
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

5.1.6.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

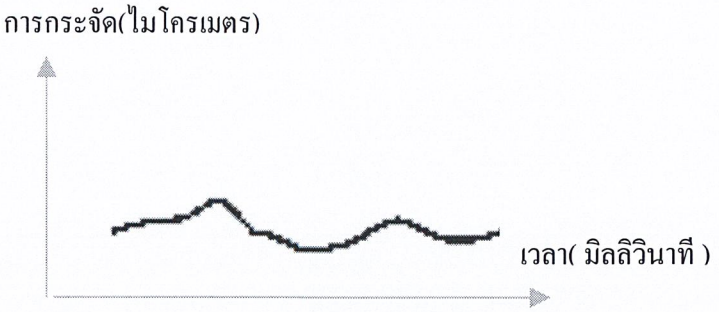


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7 การเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

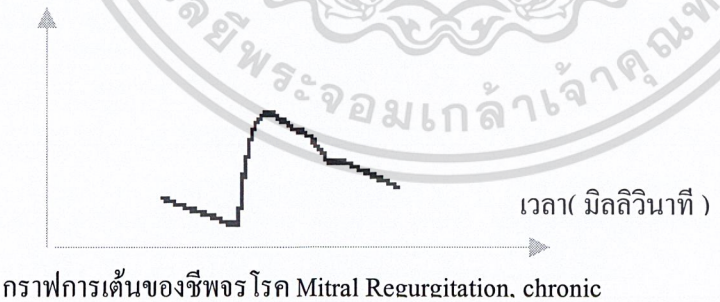
5.1.7.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



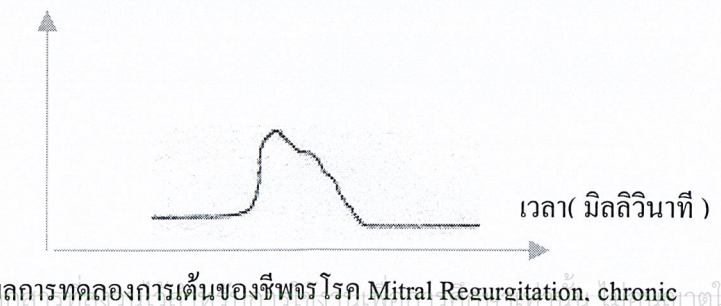
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

5.1.7.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



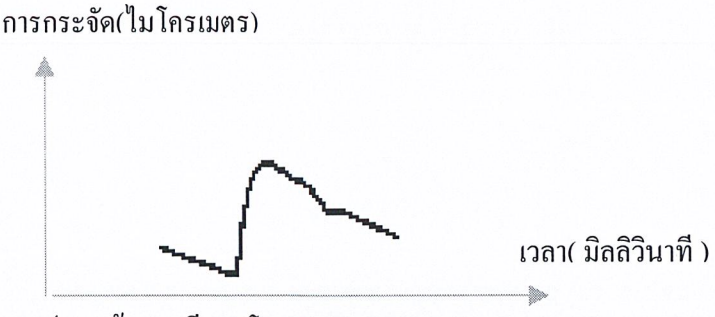
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic



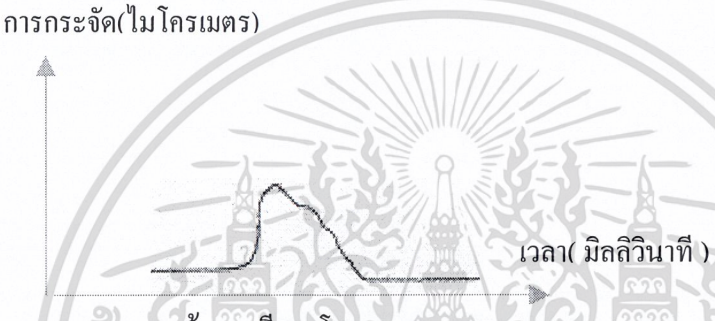
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น และอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7.3 ตำแหน่ง RADIALS

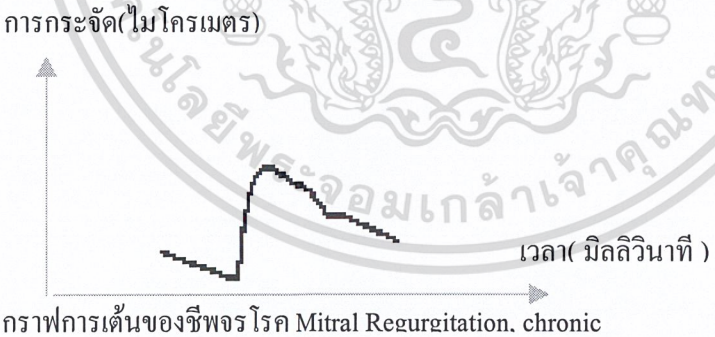


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

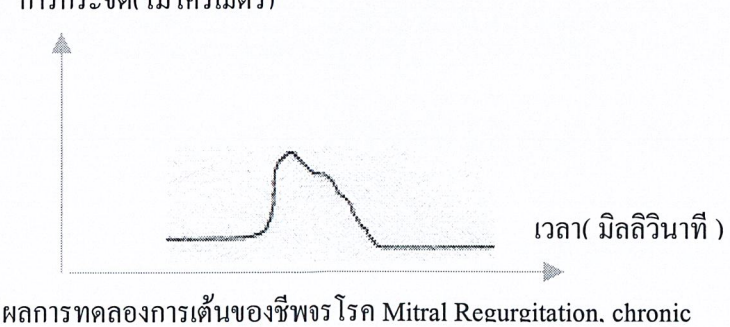


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

5.1.7.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



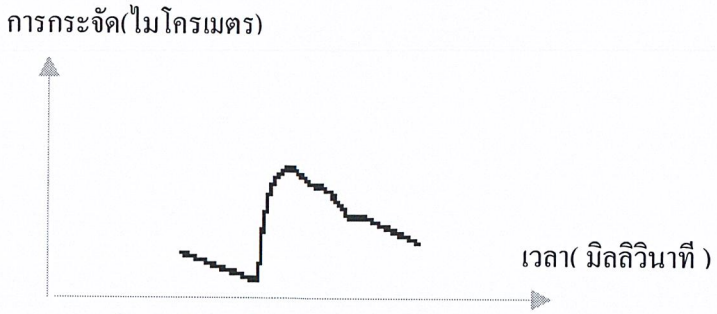
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic



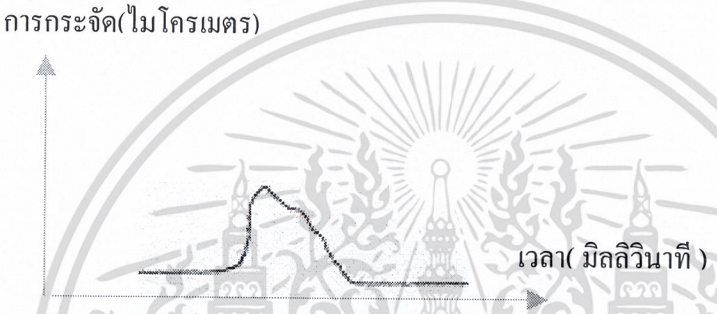
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7.5 ตำแหน่ง FEMORIALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

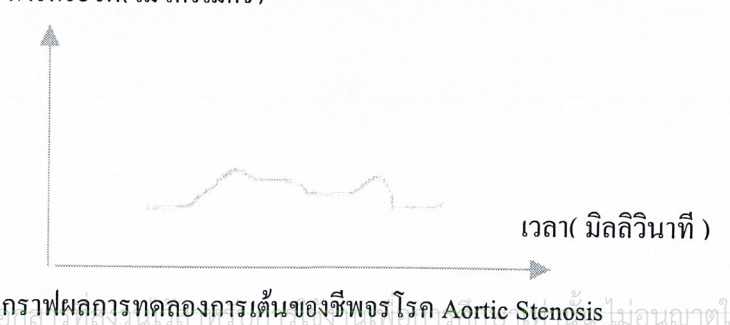


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, chronic

5.1.8 การเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

5.1.8.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

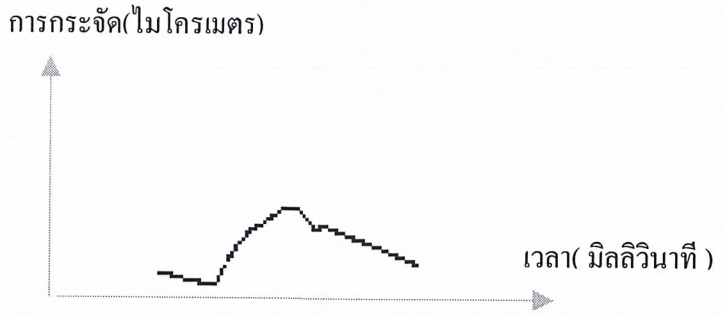
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.8.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

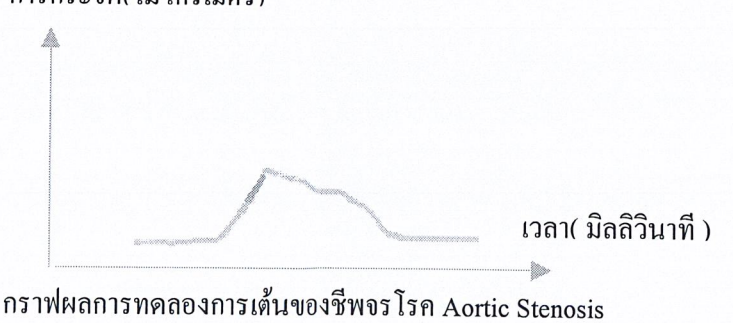


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

5.1.8.3 ตำแหน่ง RADIALS

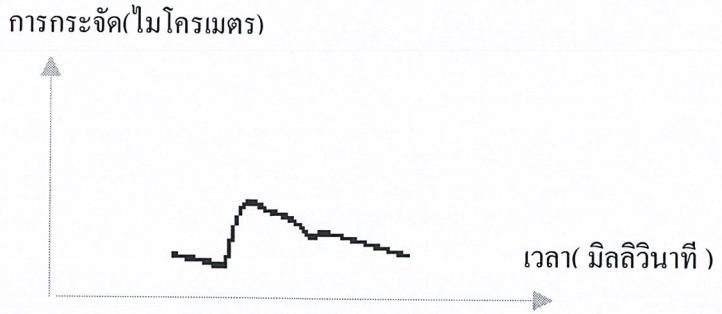
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

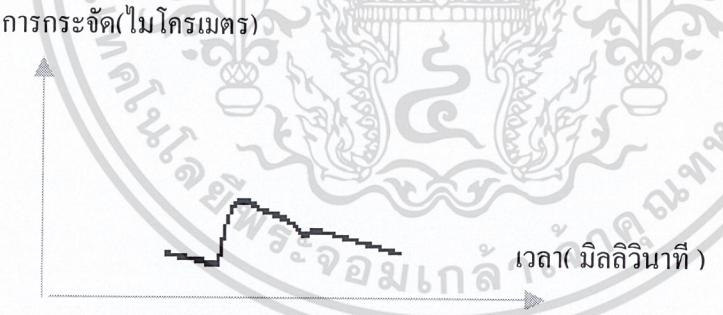
5.1.8.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



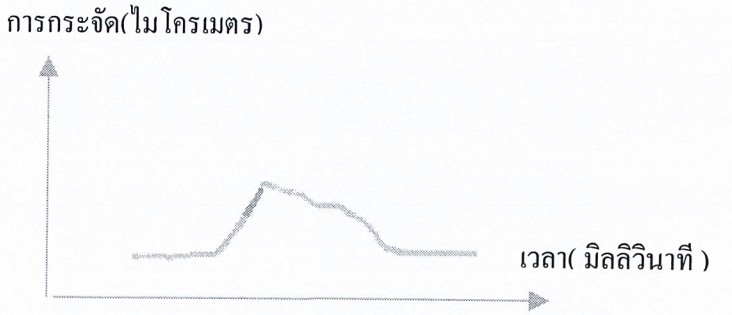
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

5.1.8.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

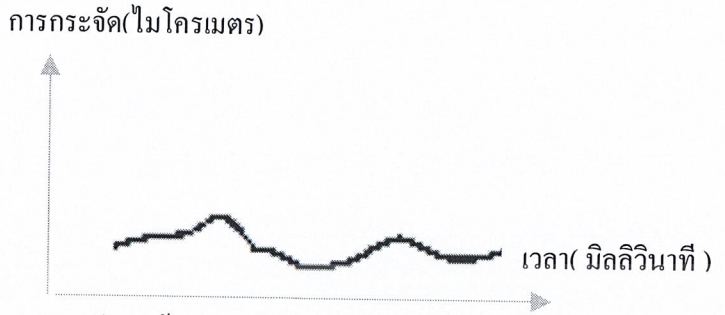


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.9 การเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation

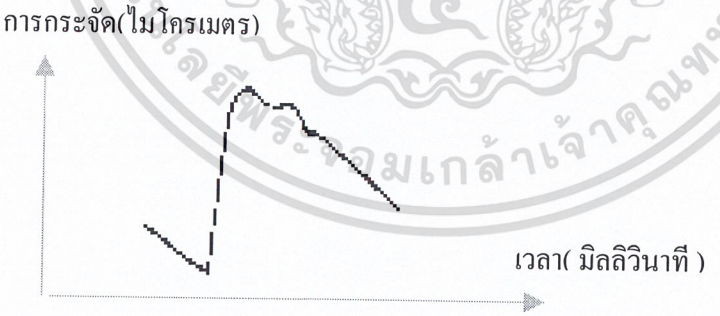
5.1.9.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



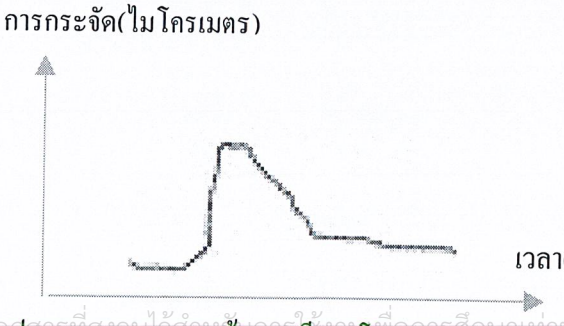
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation

5.1.9.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



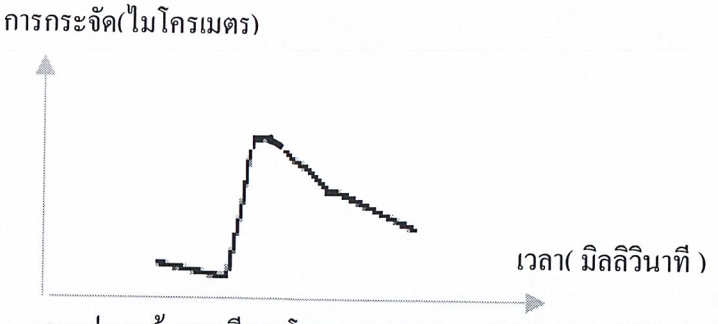
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

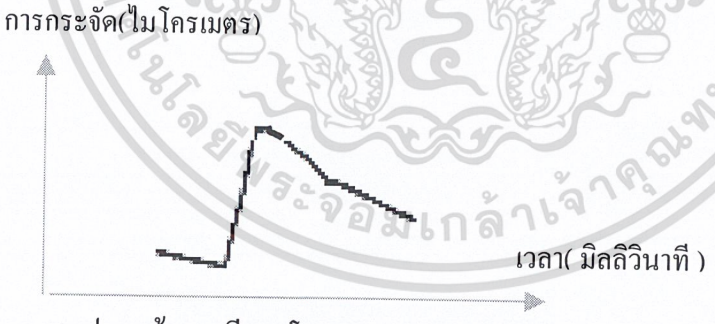
5.1.9.3 ตำแหน่ง RADIALS



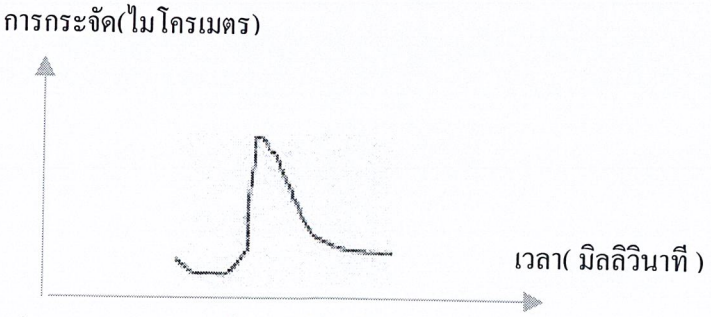
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Aortic Regurgitation

5.1.9.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



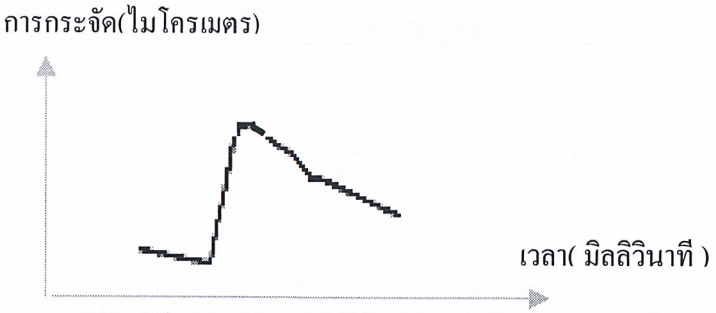
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation



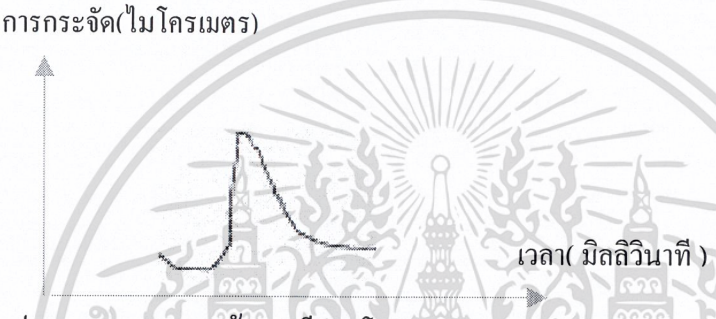
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.9.5 ตำแหน่ง FEMORALS



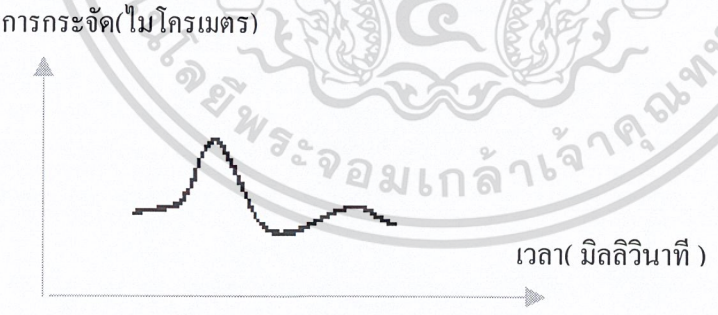
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Aortic Regurgitation



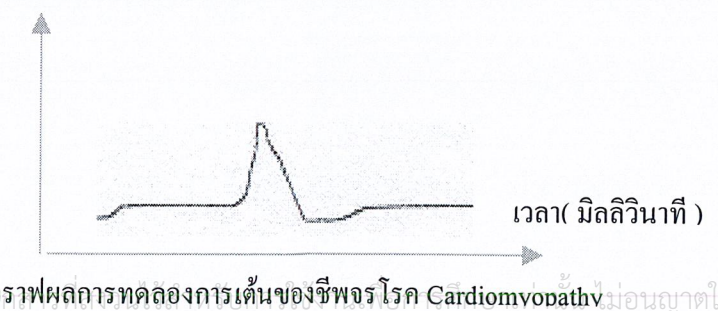
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Aortic Regurgitation

5.1.10การเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

5.1.10.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



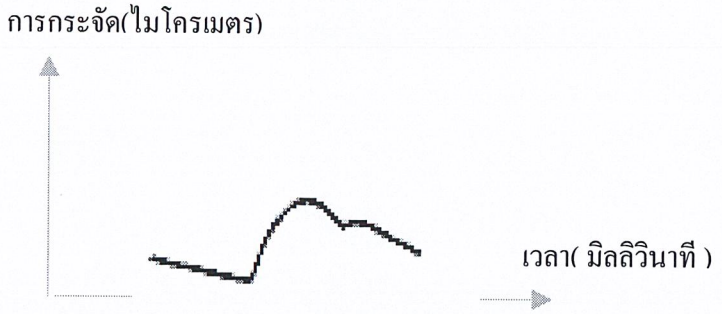
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Cardiomyopathy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

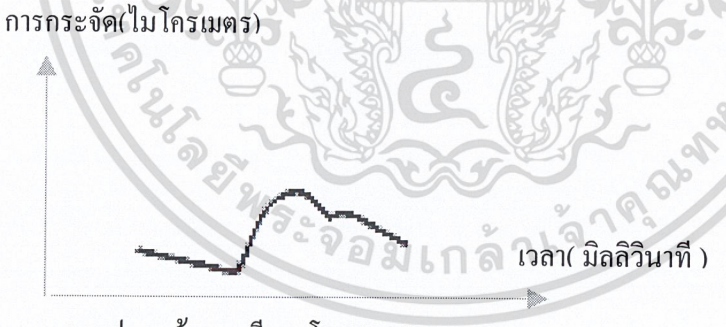
5.1.10.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



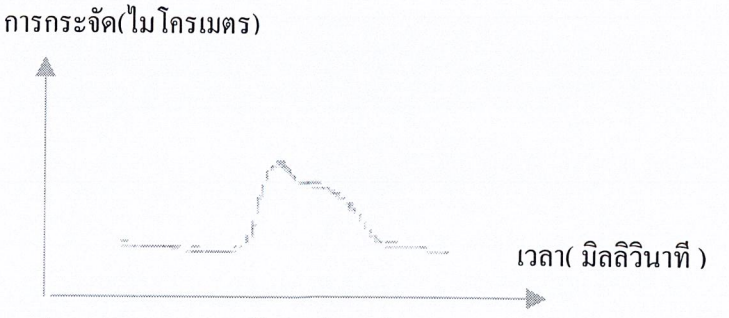
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

5.1.10.3 ตำแหน่ง RADIALS



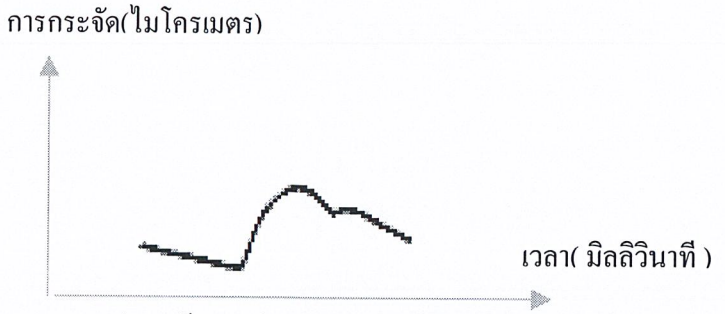
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

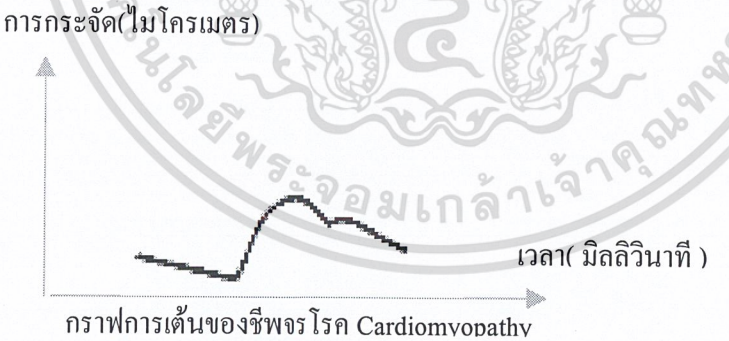
5.1.10.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



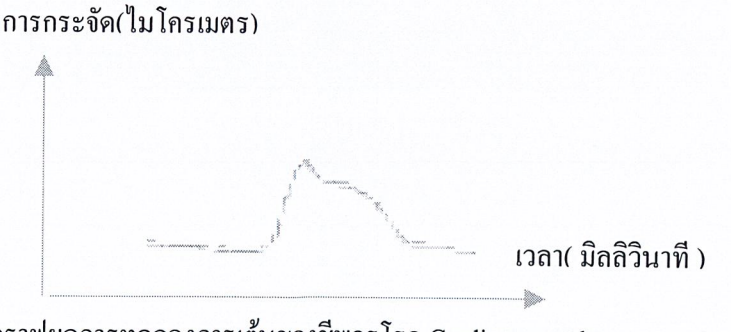
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

5.1.10.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

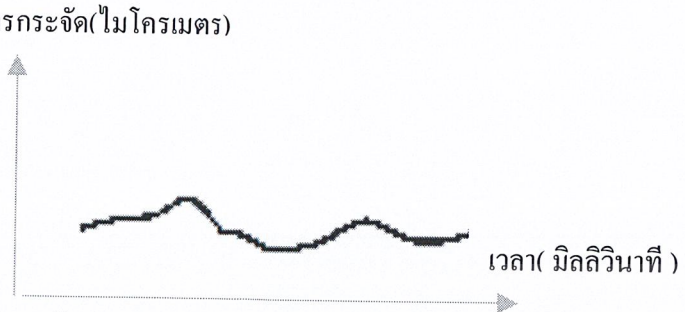


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Cardiomyopathy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.11 การเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

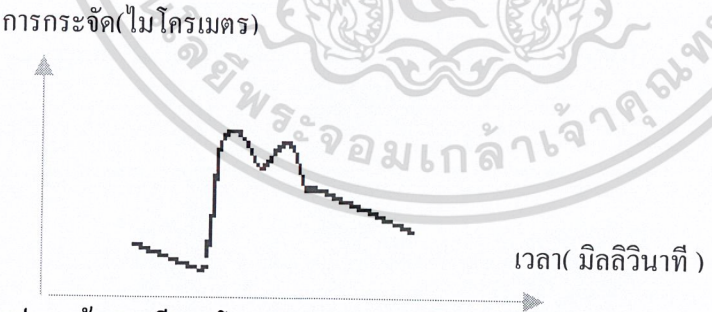
5.1.11.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



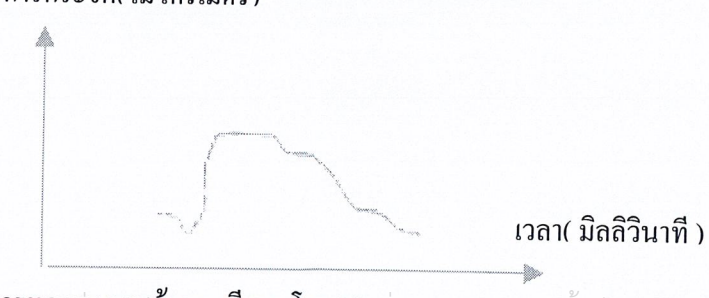
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

5.1.11.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



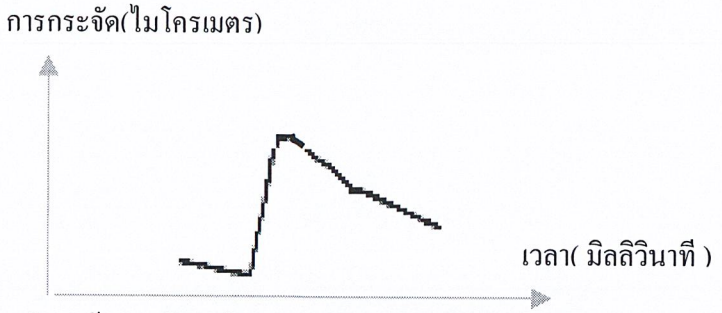
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic



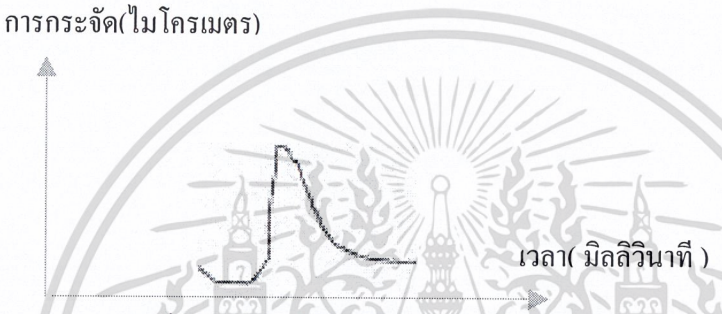
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.11.3 ตำแหน่ง RADIALS

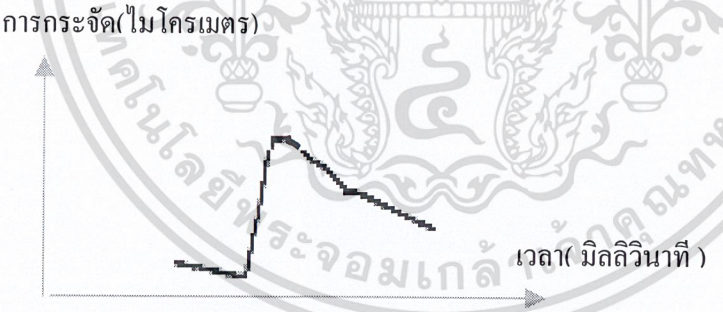


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

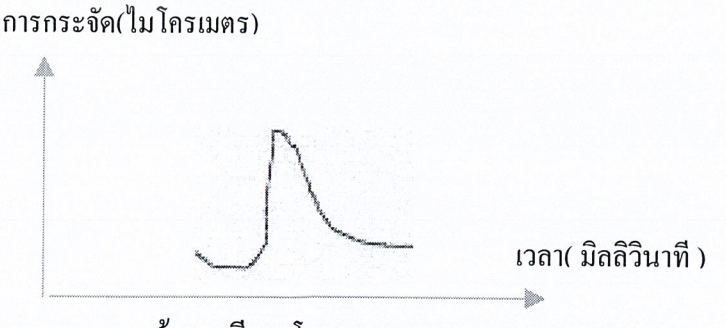


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

5.1.11.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



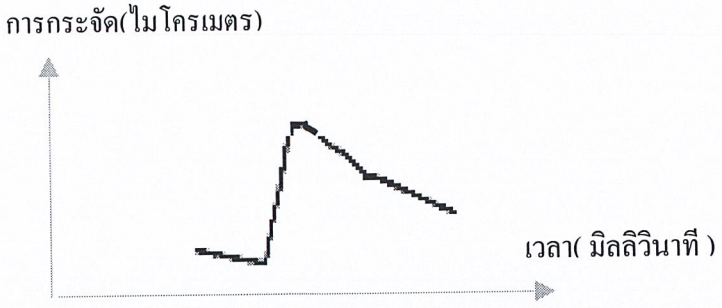
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.11.5 ตำแหน่ง FEMORALS

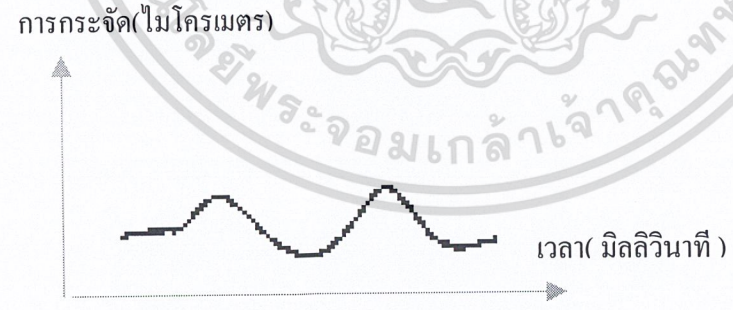


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

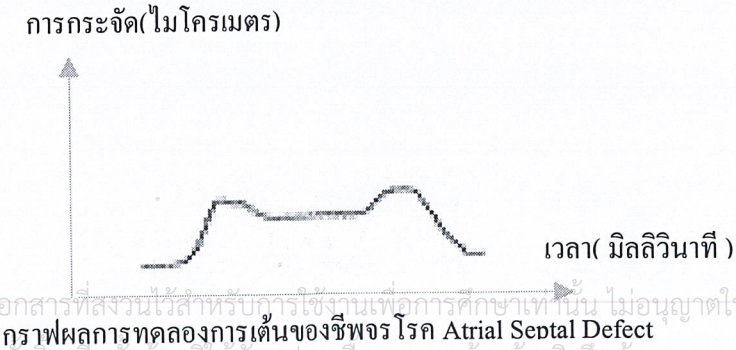
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Idiopathic Hypertrophic Subaortic

5.1.12 การเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

5.1.12.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



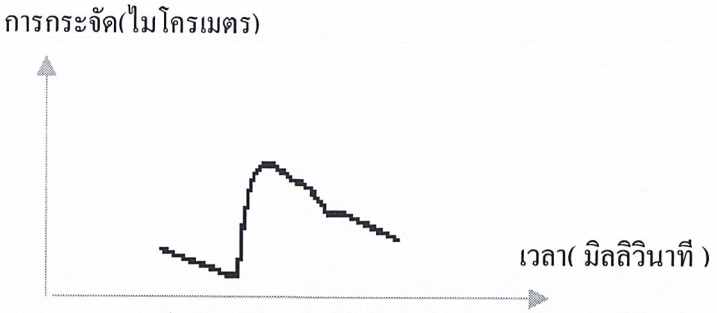
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect



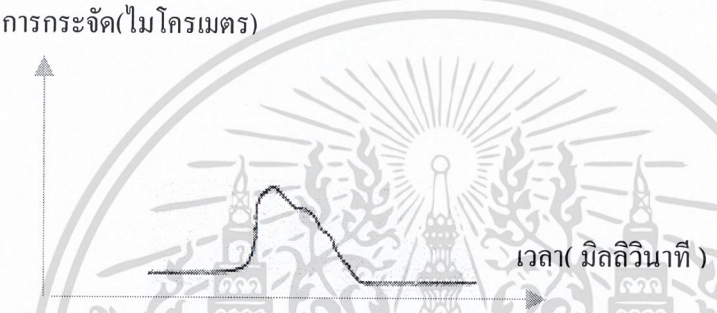
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.12.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

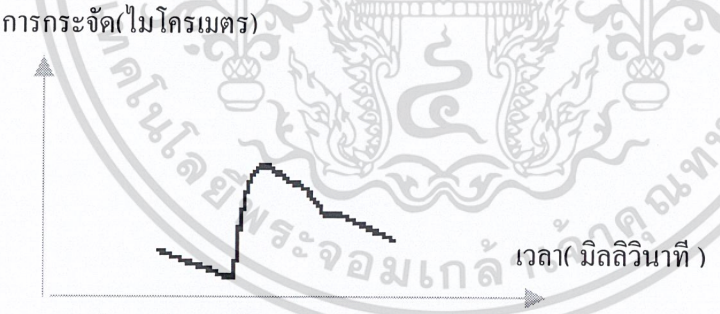


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

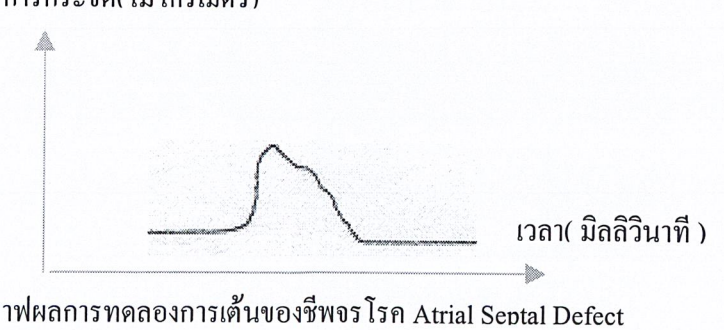


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

5.1.12.3 ตำแหน่ง RADIALS



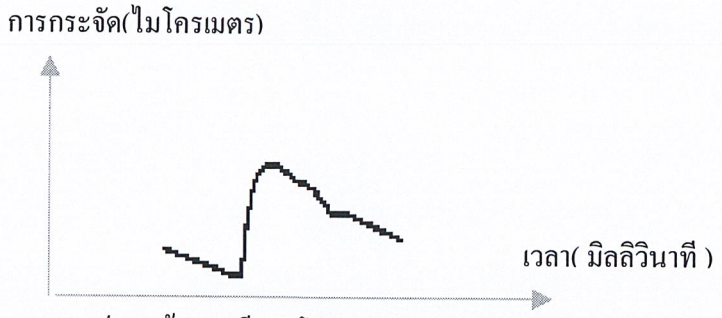
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect



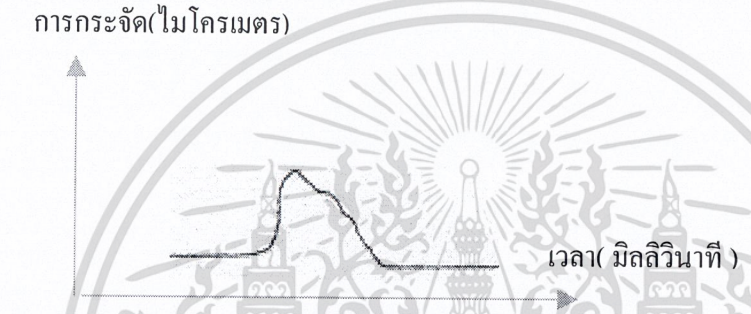
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.12.4 ตำแหน่ง BRACHIALS

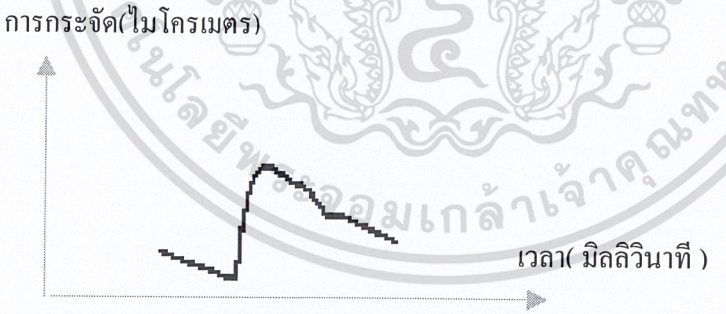


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

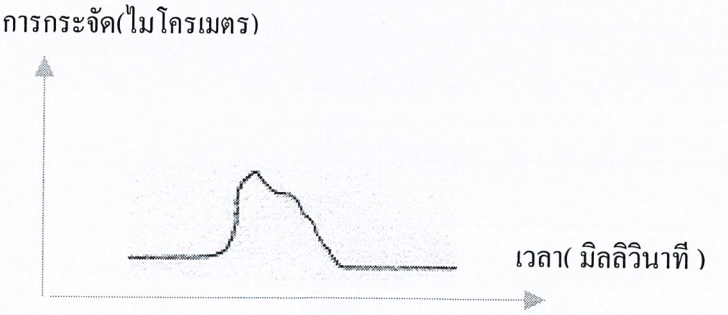


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

5.1.12.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

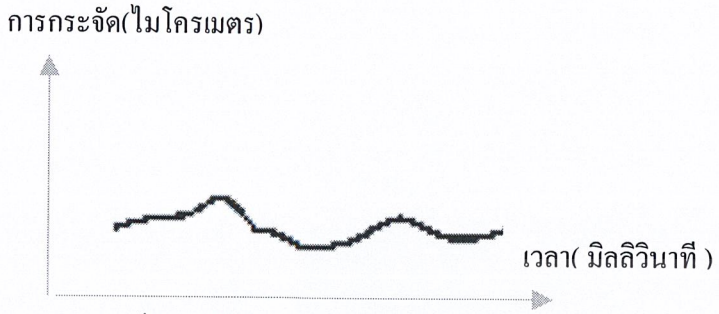


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Atrial Septal Defect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.13 การเต้นของชีพจรโรค Ventricular Septal Defect

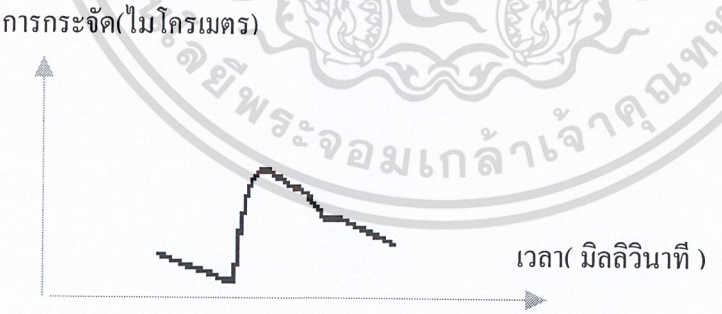
5.1.13.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



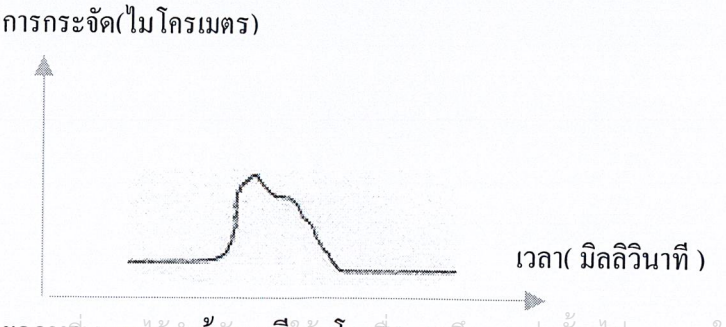
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

5.1.13.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



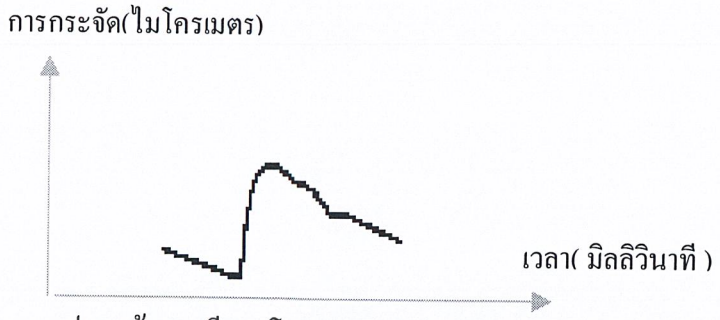
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Septal Defect



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

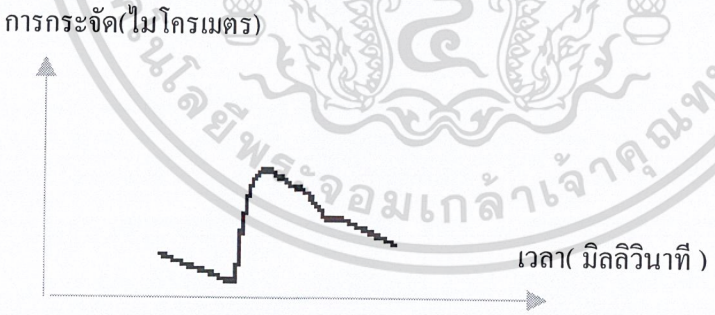
5.1.13.3 ตำแหน่ง RADIALS



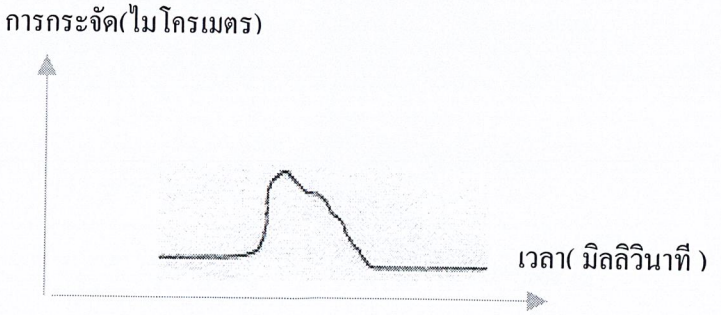
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

5.1.13.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



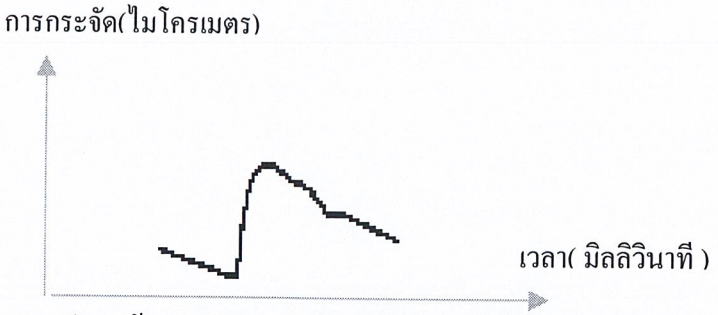
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect



กราฟการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.13.5 ตำแหน่ง FEMORALS



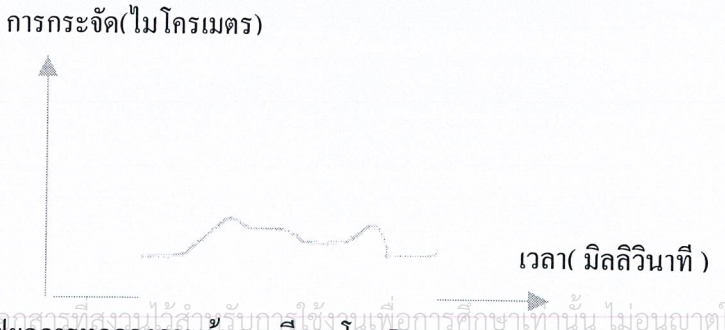
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Septal Defect

5.1.14 การเต้นของชีพจรโรค Patent Ductus Arteriosus

5.1.14.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS

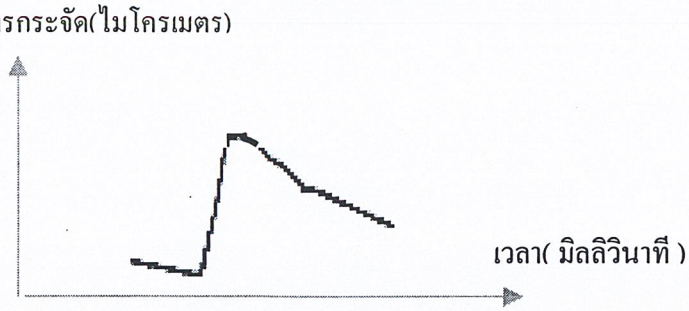
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Patent Ductus Arteriosus



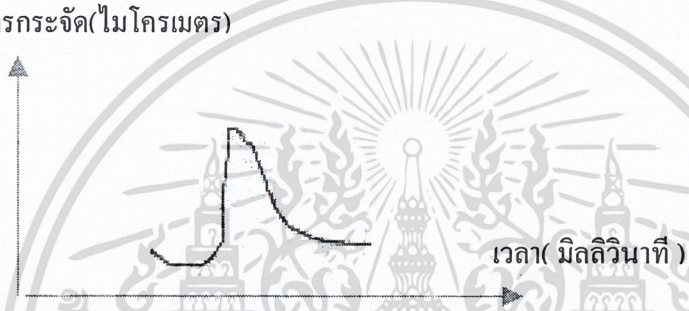
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.14.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

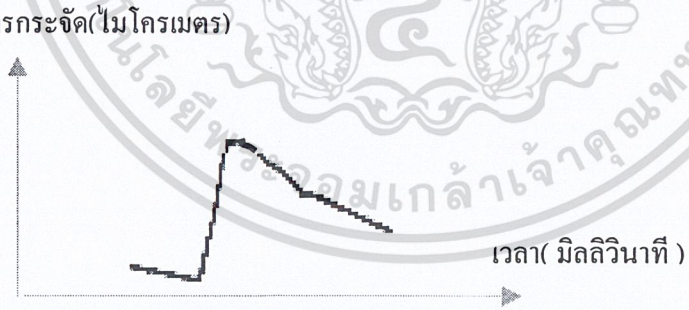


กราฟการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

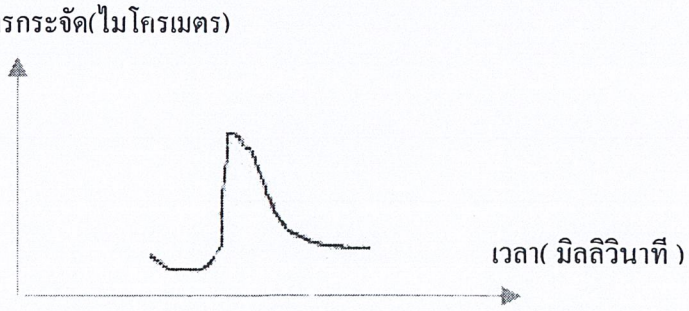


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

5.1.14.3 ตำแหน่ง RADIALS



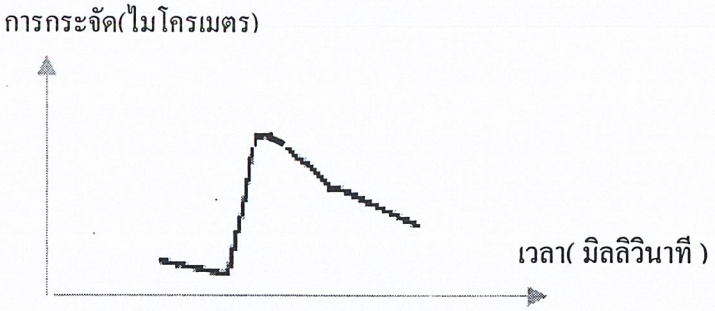
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus



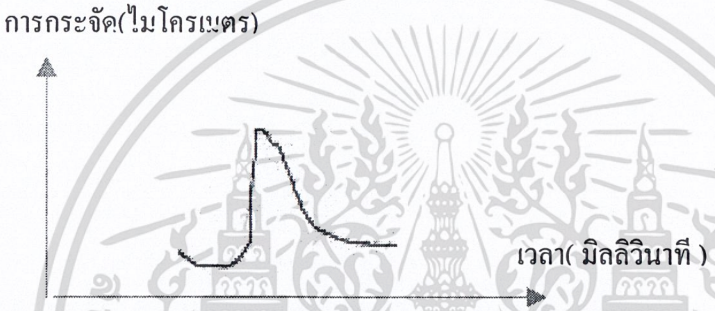
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.14.4 ตำแหน่ง BRACHIALS

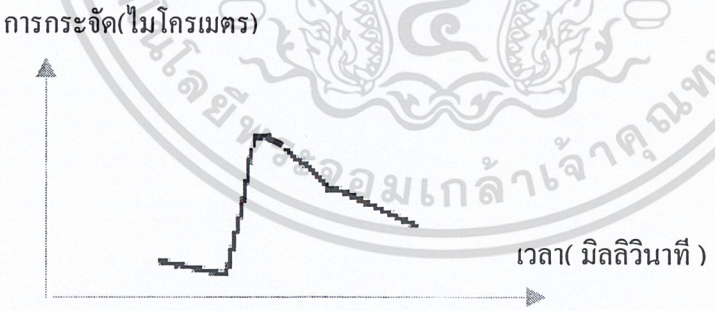


กราฟการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

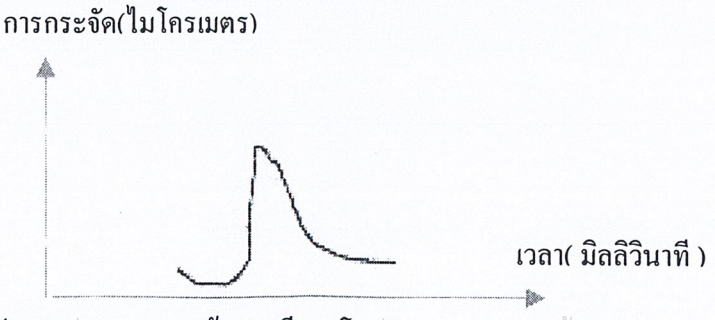


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

5.1.14.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

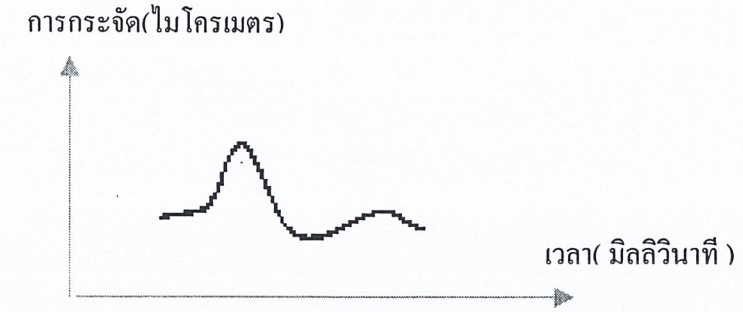


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Patent Ductus Arteriosus

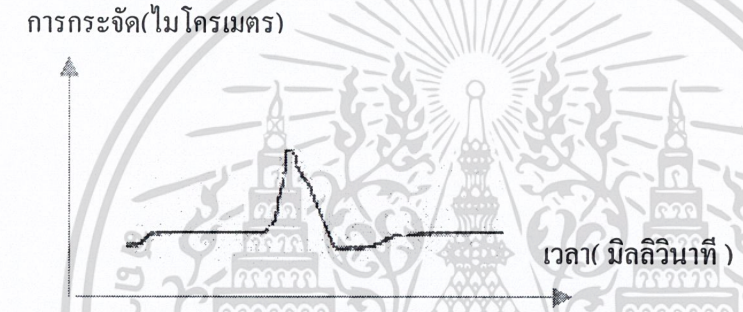
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.15 การเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension

5.1.15.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



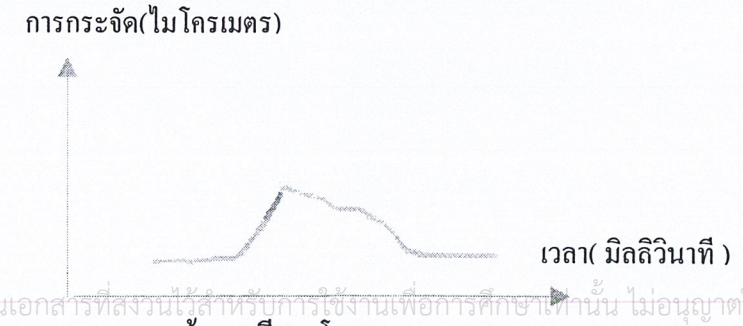
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension

5.1.15.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

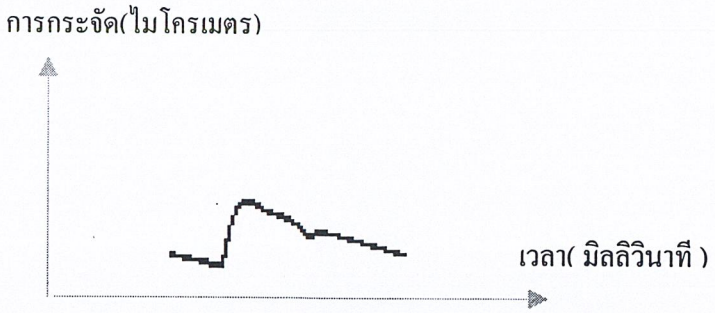
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.15.3 ตำแหน่ง RADIALS

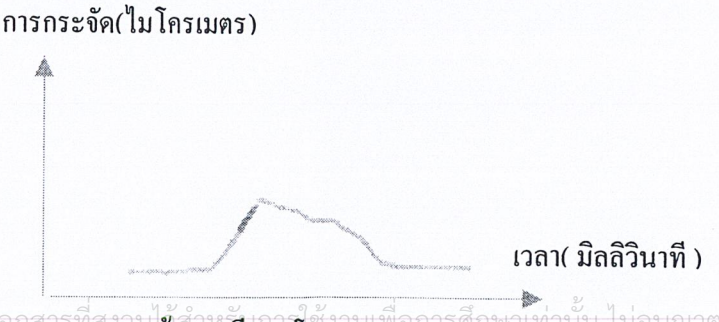


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension

5.1.15.4 ตำแหน่ง BRACHIALS

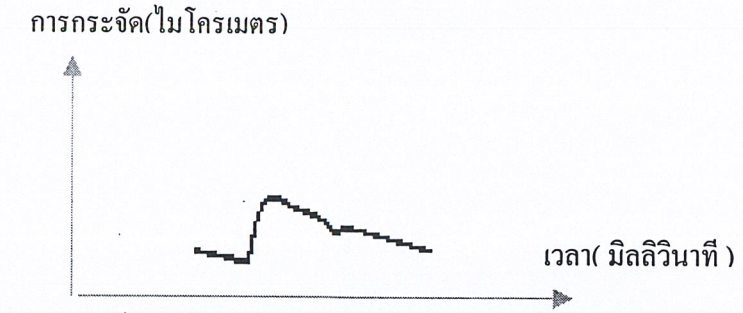
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension



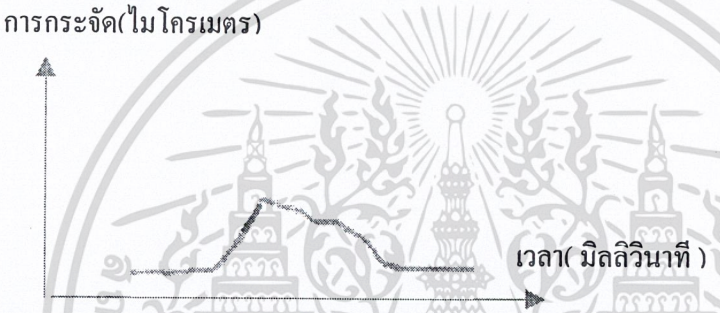
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Primary Pulmonary Hypertension

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.15.5 ตำแหน่ง FEMORALS



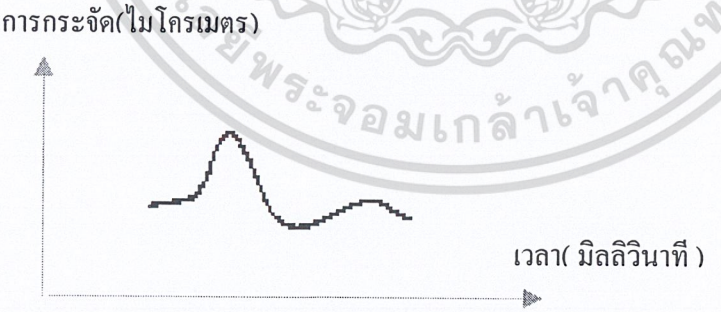
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Primary Pulmonary Hypertension



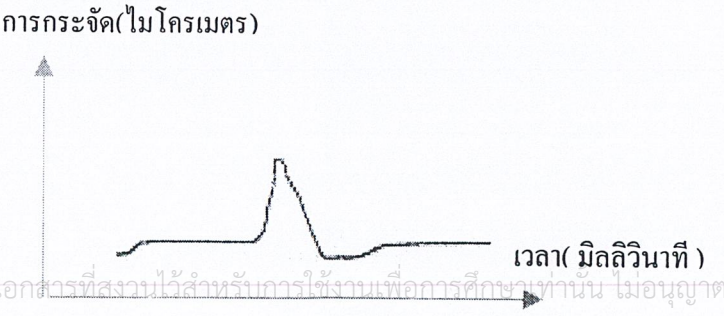
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Primary Pulmonary Hypertension

5.1.16 การเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

5.1.16.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



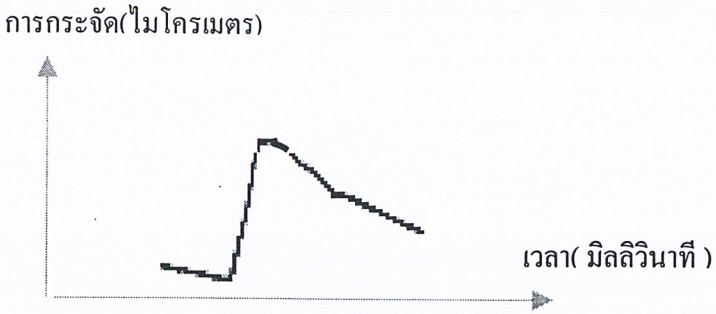
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Regurgitation, acute



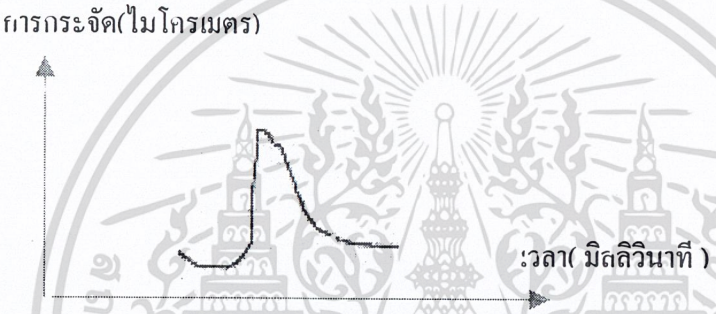
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Regurgitation, acute

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.16.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

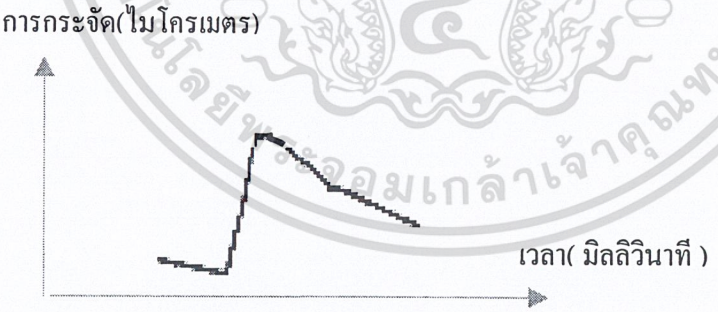


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

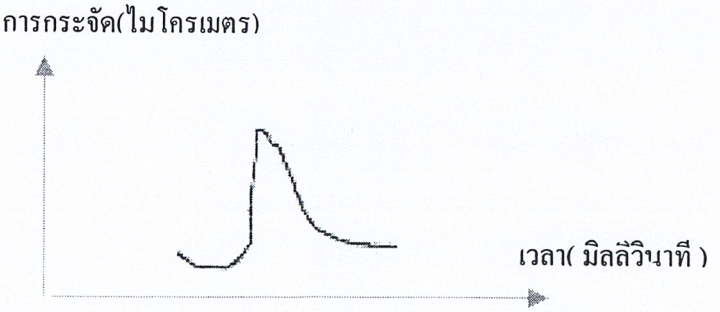


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

5.1.16.3 ตำแหน่ง RADIALS



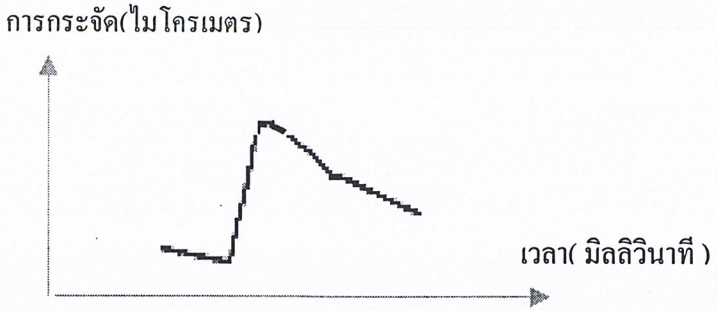
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute



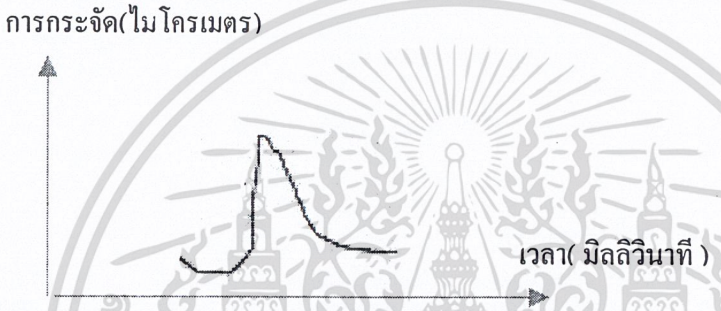
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.16.4 ตำแหน่ง BRACHIALS

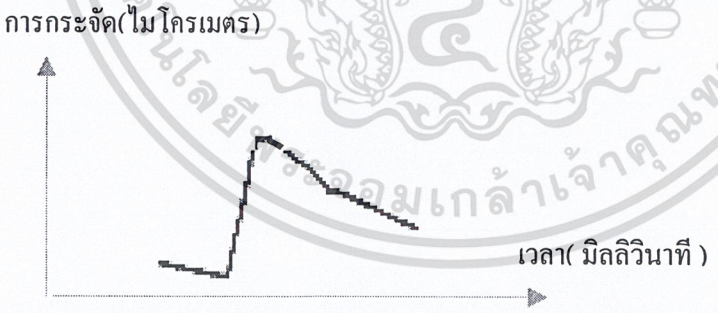


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

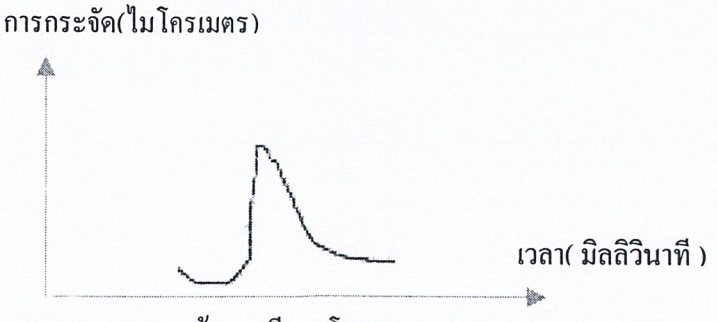


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

5.1.16.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

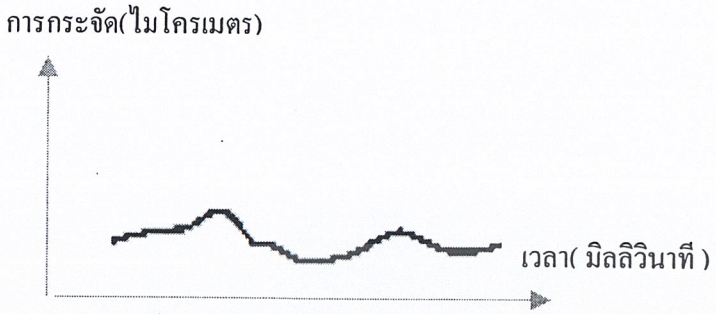


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Regurgitation, acute

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.17 การเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm

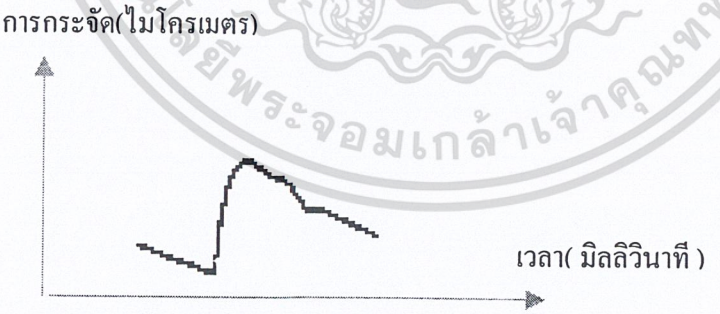
5.1.17.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



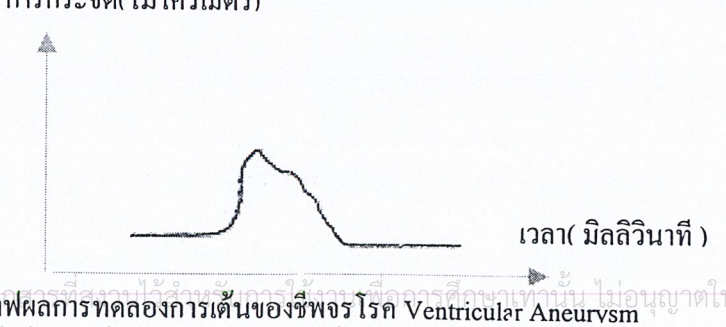
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm

5.1.17.2 ตำแหน่ง CAROTIDS



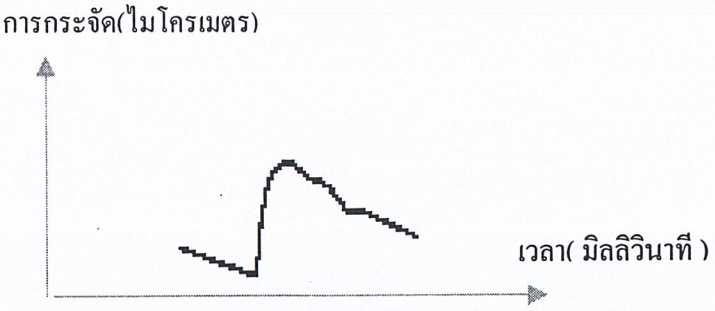
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm



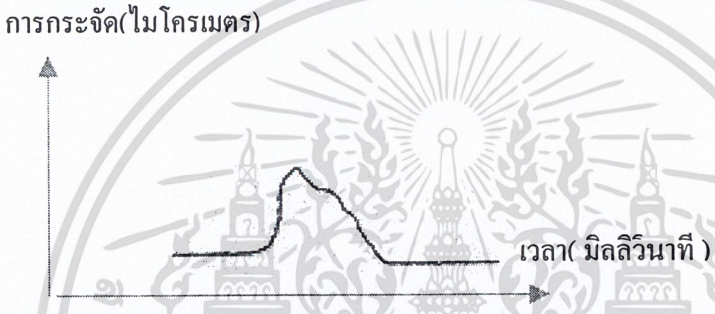
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.17.3 ตำแหน่ง RADIALS

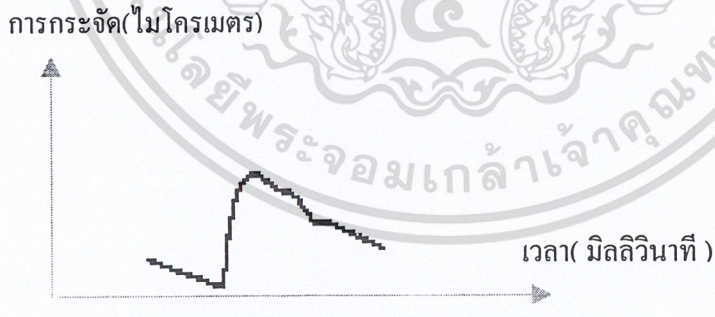


กราฟการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Aneurysm

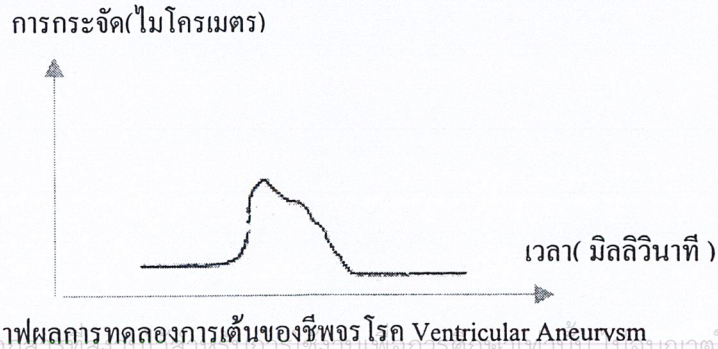


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Aneurysm

5.1.17.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



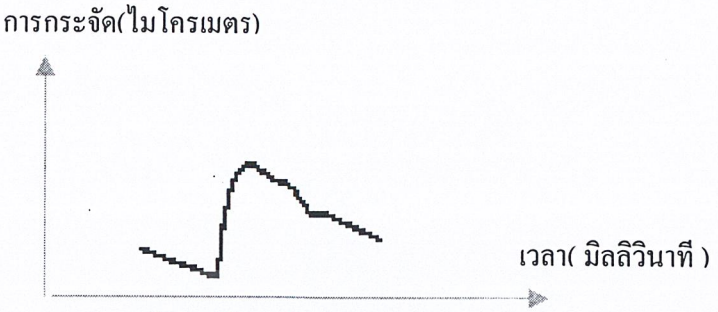
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Aneurysm



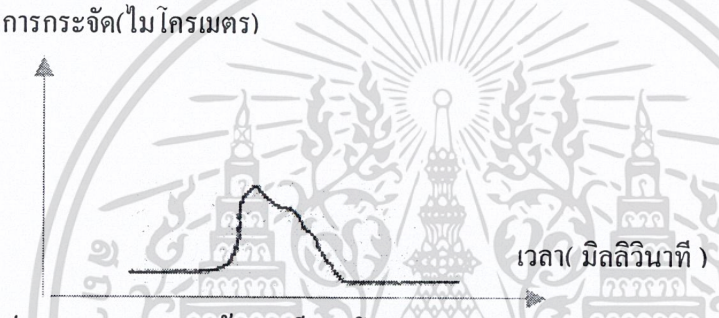
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Ventricular Aneurysm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.17.5 ตำแหน่ง FEMORALS



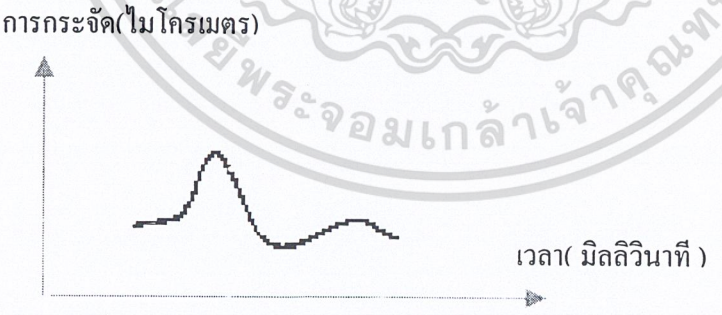
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm



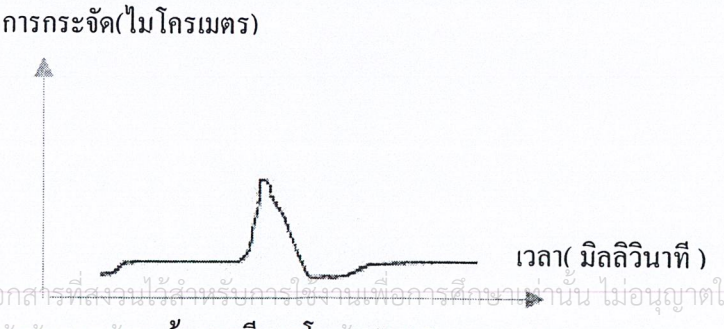
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Ventricular Aneurysm

5.1.18 การเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation

5.1.18.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



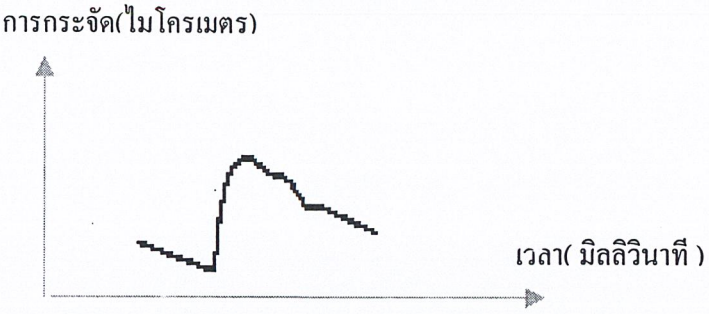
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation



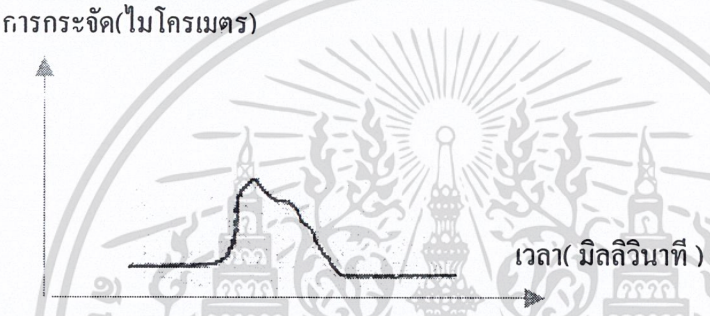
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.18.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

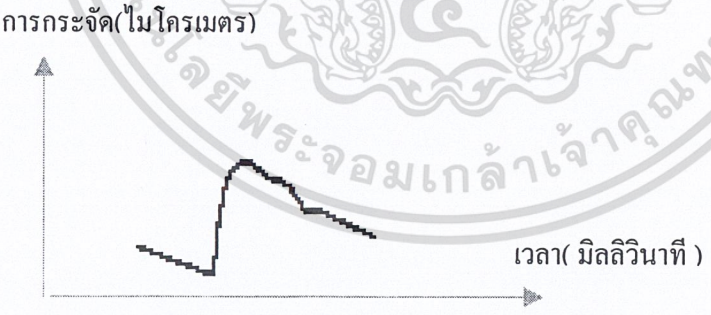


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation

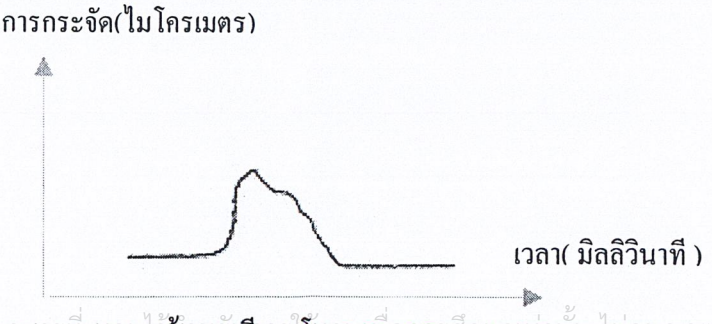


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation

5.1.18.3 ตำแหน่ง RADIALS



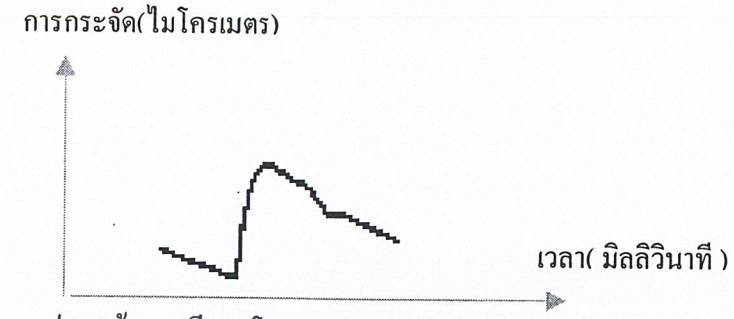
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Mitral Stenosis & Regurgitation

เอกสารนี้เป็นการเผยแพร่ผลงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

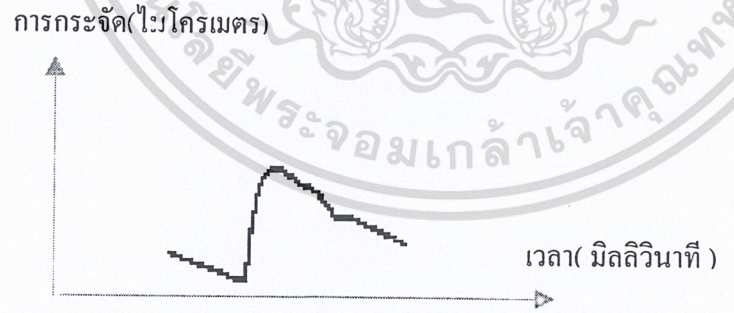
5.1.18.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



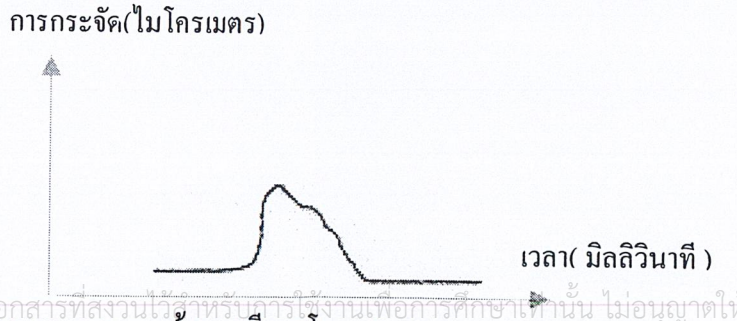
กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Stenosis & Regurgitation

กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Stenosis & Regurgitation

5.1.18.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจร โรค Mitral Stenosis & Regurgitation

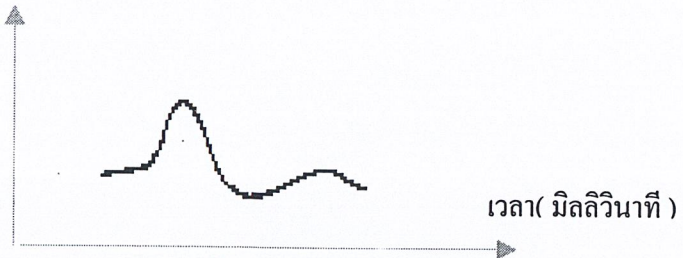


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจร โรค Mitral Stenosis & Regurgitation

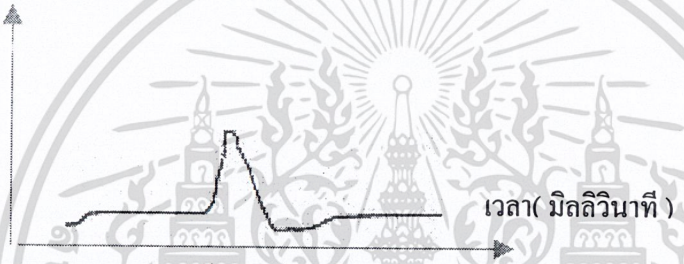
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.19 การเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

5.1.19.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



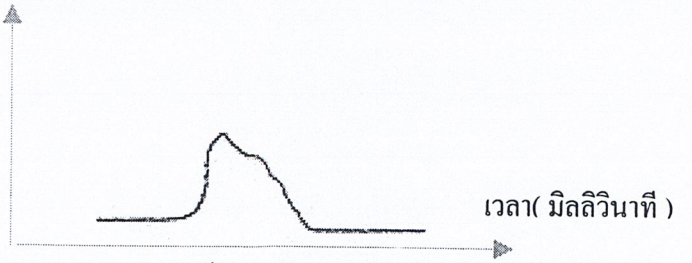
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

5.1.19.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

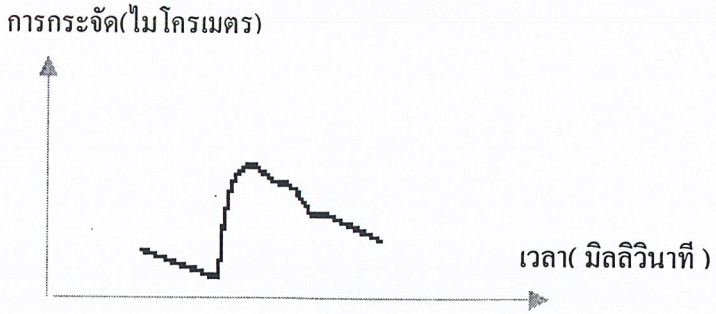
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis



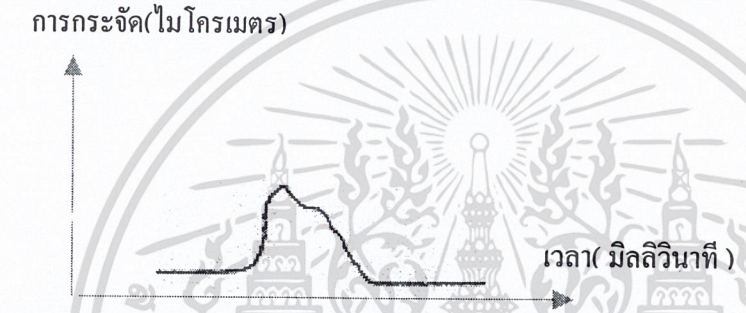
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.19.3 ตำแหน่ง RADIALS

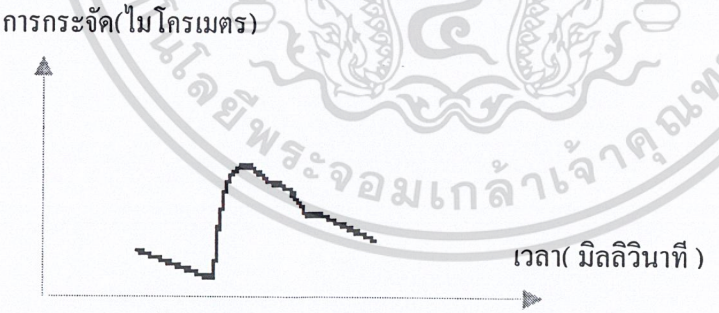


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

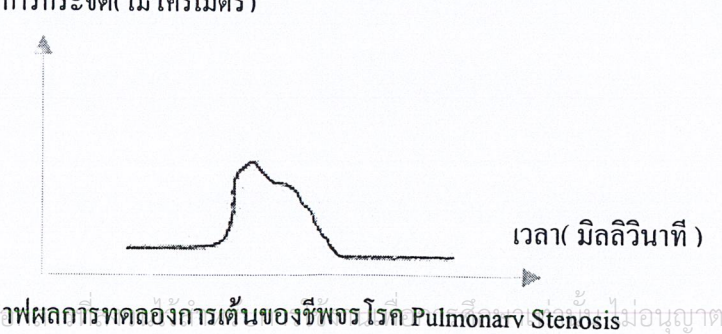


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

5.1.19.4 ตำแหน่ง BRACHIALS



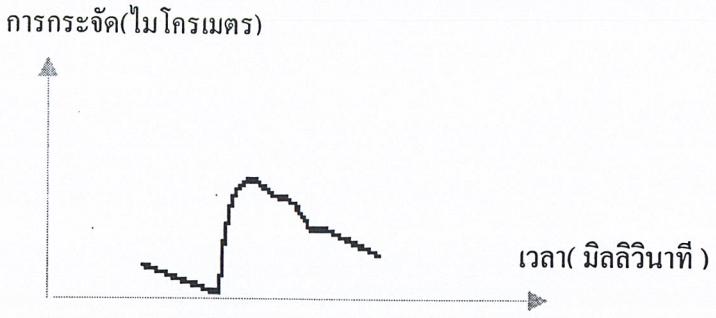
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis



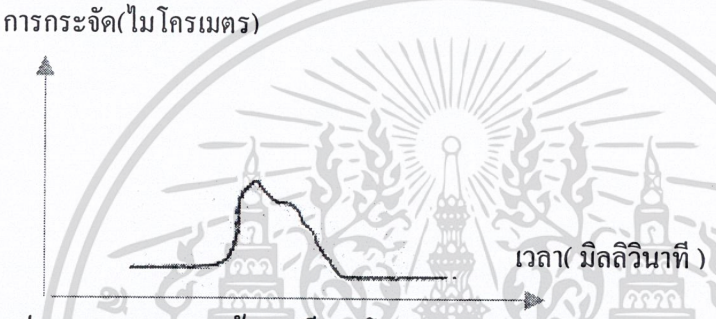
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.19.5 ตำแหน่ง FEMORALS



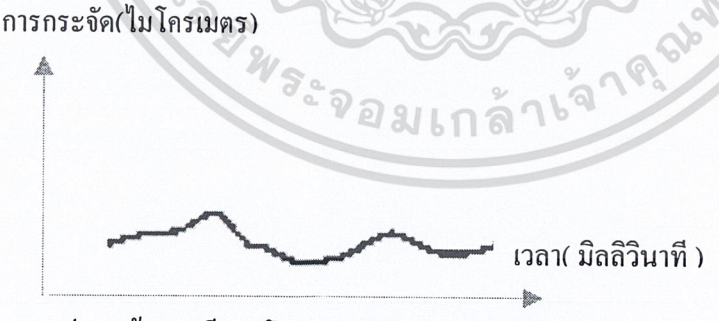
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis



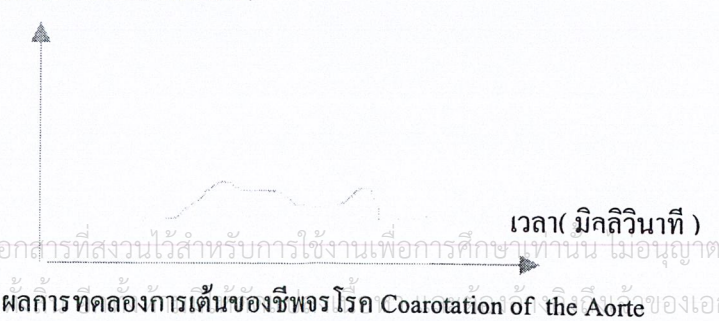
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Pulmonary Stenosis

5.1.20 การเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

5.1.20.1 ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS



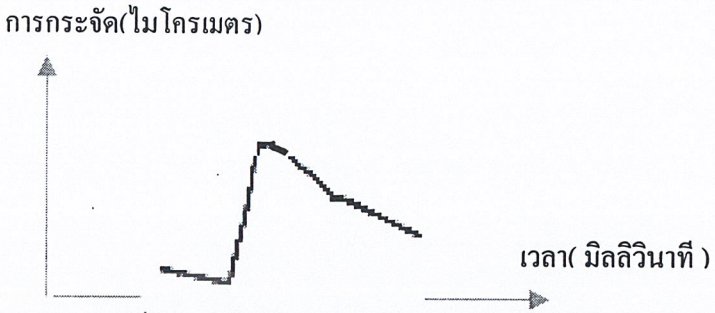
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte



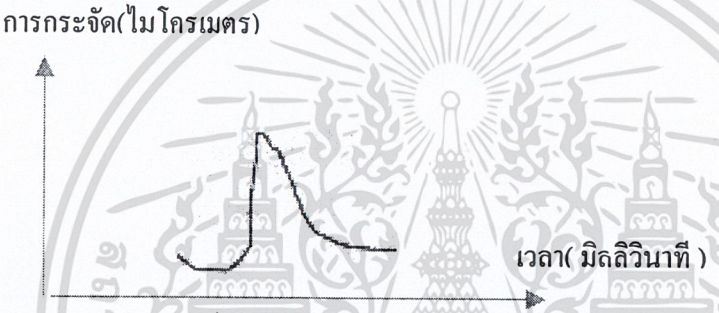
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.20.2 ตำแหน่ง CAROTIDS

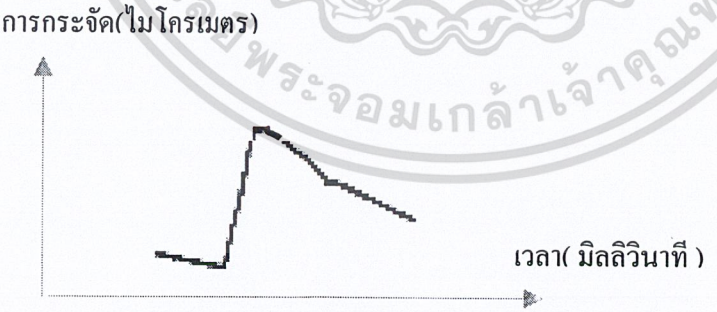


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

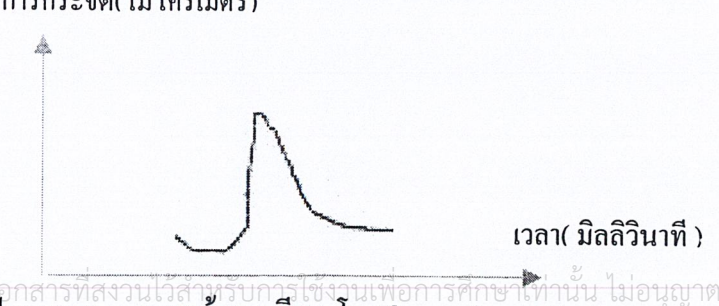


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

5.1.20.3 ตำแหน่ง RADIALS



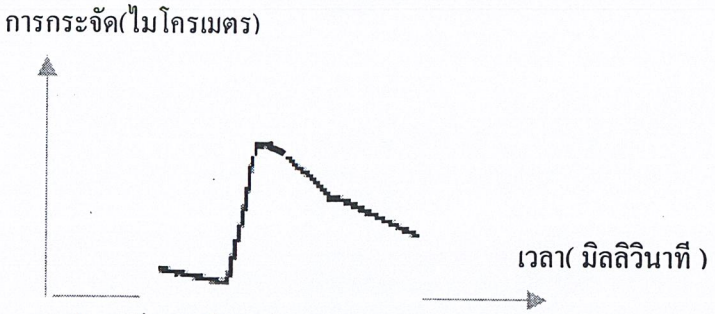
กราฟการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte



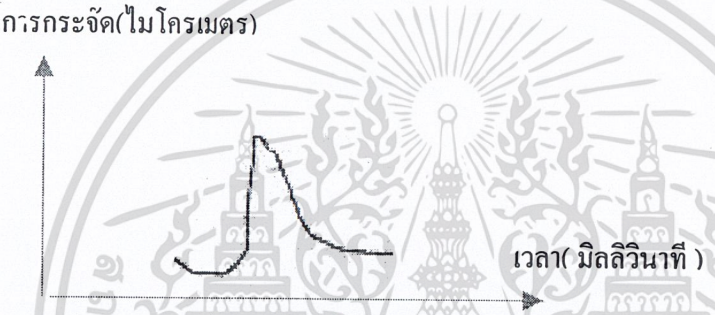
กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.20.4 ตำแหน่ง BRACHIALS

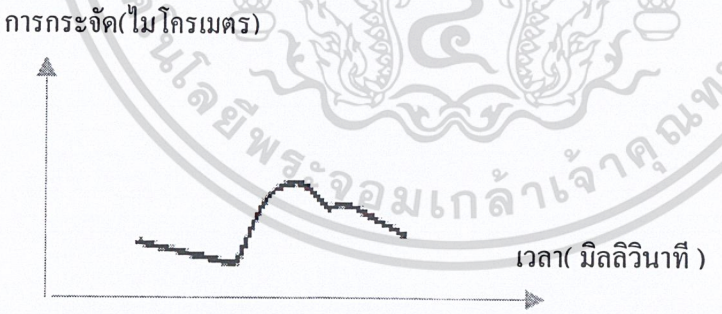


กราฟการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

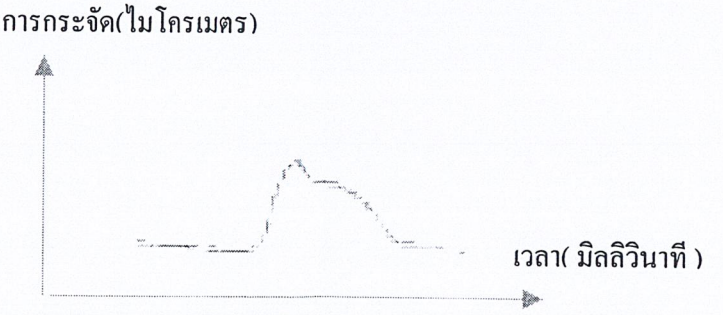


กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

5.1.20.5 ตำแหน่ง FEMORALS



กราฟการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte



กราฟผลการทดลองการเต้นของชีพจรโรค Coarotation of the Aorte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

5.2.1. เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรที่ได้จากการทดลองนั้น เห็นได้ชัดเจน เห็นได้ชัดว่ามีคาบของการเต้นของชีพจรจะไม่เท่ากัน คือจะมีคาบการเต้นของชีพจรที่ยาวกว่ามาก

ซึ่งกรณีนี้สามารถเป็นไปได้ 2 กรณี คือ

- ความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลัง มีความเร็วรอบช้าเกินไป แต่ในกรณีนี้นั้นไม่น่าจะเป็นสาเหตุที่แท้จริง เพราะความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังของเรานั้นมีความเร็วรอบที่ใกล้เคียงกับของจริง
- ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่หมุนกระดาษในอุปกรณ์วัดแอมพลิจูดมีความเร็วรอบน้อยเกินไป ซึ่งถ้าจะต้องการให้คาบของการเต้นของชีพจรที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับของจริง ต้องหามอเตอร์ที่มีความเร็วรอบเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังมาหมุนกระดาษ

5.2.2. เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรที่ได้นั้น มีความสั่นของเส้นกราฟหรือเส้นกราฟไม่นิ่งนั่นเอง

ปัญหานี้เกิดขึ้นเพราะระบบของเราไม่มีแดมเปอร์ ใช้เพียงฟองน้ำรองรับเอาไว้ ถ้าเราต้องการให้เส้นกราฟนิ่งจะต้องหาแดมเปอร์มาติดที่ก้านค้ำฟอลโลเวอร์

5.2.3. เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรที่ได้นั้น ถ้าในช่วงที่กราฟมีแอมพลิจูดสูงแล้วลดลงอย่างรวดเร็ว จะทำให้เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรกระโดด

ปัญหานี้เกิดจากลูกเบี้ยวมีความชันมากเกินไป สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มแรงดึงของสปริงเพื่อดึงให้แกนยางสัมผัสกับผิวของลูกเบี้ยวโดยตลอด แต่ถ้าดึงสปริงมากๆก็จะเกิดปัญหาขึ้นอีก คือ มอเตอร์มีแรงไม่พอที่จะหมุนแบบจำลองการเต้นของชีพจร แต่สามารถแก้ไขได้โดยการใช้มือช่วยหมุนเพลาส่งกำลังในตอนเริ่มเดินเครื่อง

5.2.4. เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรที่ได้นั้น ถ้าในช่วงที่เส้นกราฟมีแอมพลิจูดต่ำแล้วสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จะทำให้เส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรไม่สามารถแสดงผลของเส้นกราฟส่วนล่างได้

วิธีแก้ปัญหานี้ อาจจะทำแกนยางให้มีขนาดเล็กลง หรือสร้างลูกเบี้ยวที่มีขนาดใหญ่

5.3 วิธีการปรับแก้

เนื่องจากแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นนั้นอุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำมาจากไม้ทำให้เวลาประกอบมีขนาดไม่พอดีและเมื่อใช้งานไปสักพักก็ทำให้เกิดการคลอนที่รูสวมของชิ้นส่วนทำให้ผลที่ได้จากการวัดมีค่าไม่ถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ และอีกทั้งชิ้นส่วนบางอันมีขนาดไม่เหมาะสมส่งผลให้การวัดค่าออกมาคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงเสนอวิธีการแก้ไข ดังนี้

5.3.1 ปรับแก้สมการที่ simulate กราฟบนลูกเบี้ยวให้เหมือนกับกราฟโรคหัวใจมากที่สุดคือแบ่งช่วงกราฟให้มากขึ้นตามจำนวนโค้งของกราฟเพื่อความถูกต้องสูงสุด เลือกชนิดและวิธีสร้างสมการที่เหมาะสมที่สุด

5.3.2 ปรับแก้ชนิดของวัสดุที่ใช้ คือ เปลี่ยนวัสดุที่ทำจากไม้มาใช้วัสดุที่ทีจากอลูมิเนียม จะทำให้รูสวมมีขนาดพอดีและทนทานสึกหรอยากกว่าแต่ต้องทำบู๊ทใส่ตรงตำแหน่งที่เจาะรูเพื่อลดการเกิดความเสียดทานระหว่างพื้นผิวสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 ปรับแก้ที่ขนาดเพลาที่ชุด follower ให้มีขนาดเหมาะสมกับการเข้าโค้งที่ลูกเบี้ยวได้ครบทุกจุดทุกลูกเบี้ยว

5.3.4 ปรับแก้ที่ลูกเบี้ยวโดยเปลี่ยนชนิดวัสดุที่ใช้คือเปลี่ยนจากใช้พลาสติกมาใช้อลูมิเนียมเพื่อเวลาที่สัมผัสกับเพลาที่ชุด follower จะได้ไม่เกิดการบิดตัวและมีความทนทานมากกว่าหากเกิดการชนกับเพลา follower สัมหรับลูกเบี้ยวที่มีแอมพลิจูดสูงและเปลี่ยนวิธีการตัดลูกเบี้ยวจากการใช้เลื่อยฉลุมาใช้การตัดด้วยเครื่อง CNC จะได้มีความถูกต้องมากขึ้นในกราฟที่ พล็อตลงบนลูกเบี้ยว

5.3.5 ปรับแก้ระยะน็อตที่ติดอยู่บนชุดหกเหลี่ยมเพื่อให้การยันชุด T-bar ทำให้ลูกเบี้ยวสัมผัสกับเพลา follower ครบทั้งลูก

5.3.6 เลือกใช้สปริงที่มีค่าความยืดหยุ่นที่เหมาะสมคือเมื่อลูกเบี้ยวเตะเพลา follower แล้วสปริงจะต้องดึงชุด follower กลับสู่ตำแหน่งสมดุลให้ทันกับการเตะของลูกเบี้ยวทุกๆจุดบนเส้นรอบวงและสปริงที่ link แสดงผลก็ต้องมีค่าความยืดหยุ่นที่เหมาะสมเช่นกันเพื่อแสดงผลของการเตะของชุด follower ที่เตะ link แสดงผลได้ครบทุกครั้งของการเตะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

ต้นแบบแบบจำลองการเต้นของชีพจรที่สร้างขึ้นมานั้น ถือได้ว่าประสบความสำเร็จเกินความคาดหมาย เนื่องจากสามาถแสดงกราฟการเต้นของชีพจรออกมาได้คล้ายคลึงกับเส้นกราฟแสดงการเต้นของหัวใจตามทฤษฎี

จะมีความแตกต่างบ้างในเรื่องที่เกี่ยวกับคาบของการเต้นของชีพจร ซึ่งจะต้องมีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสม

เพราะฉะนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการสร้างแบบจำลองการเต้นของชีพจรขึ้นมา

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1ในแบบจำลองการเต้นของชีพจร ควรที่จะติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อที่จะทำให้การปรับแต่งค่าสามารถทำได้อย่างสะดวก

6.2.2ในการสร้างลูกเบี้ยวควรที่จะสร้างลูกเบี้ยวหนึ่งลูกต่อเส้นกราฟแสดงการเต้นของชีพจรหนึ่งเส้น

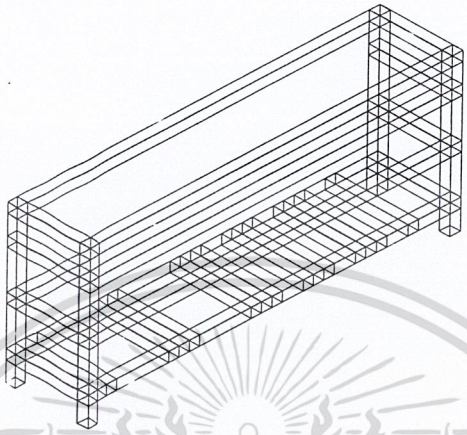
6.2.3ควรหาวิธีการตัดลูกเบี้ยววิธีอื่นที่ไม่ใช่การใช้เลื่อยฉลุ เช่น การใช้ CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

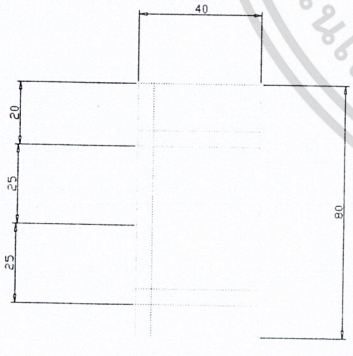
ภาคผนวก

แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องและการกำหนดขนาด

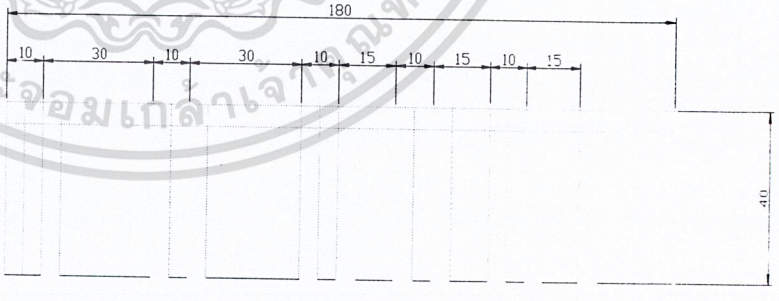
1.ชุดโครงสร้าง



รูปไอโซเมตริกของโครงสร้างเครื่อง



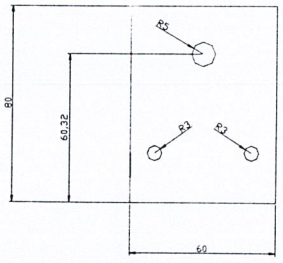
รูปมุมมองด้านข้าง



รูปมุมมองด้านบน

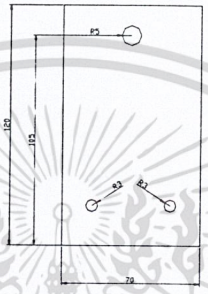
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ฐานรองเพลา



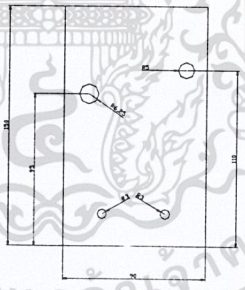
รูปฐานรองเพลายึดสปริงดึงFollower

หมายเหตุ มีจำนวน 10 ชิ้น



รูปฐานรองเพลายึดFollower

หมายเหตุ มีจำนวน 10 ชิ้น

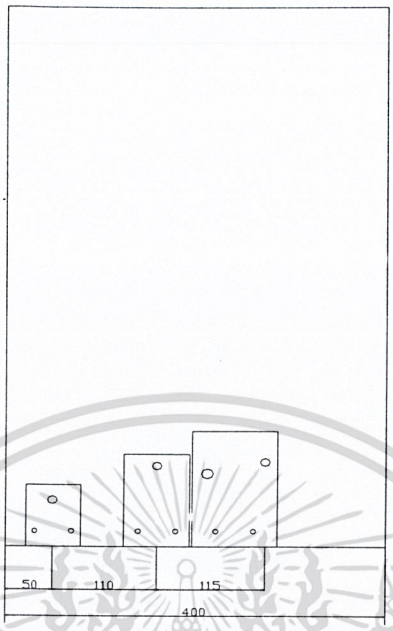


รูปฐานรองเพลายึดชุดลูกเบี้ยว

หมายเหตุ มีจำนวน 10 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

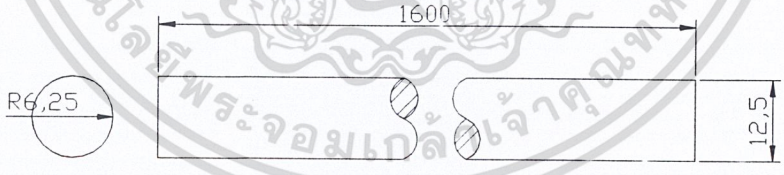
3.ระยะติดฐานรองเพลากับโครงสร้าง



รูปแสดงภาพด้านข้างระยะการติดฐานรองเพลากับตัวเครื่อง
ในมุมมองด้านข้าง

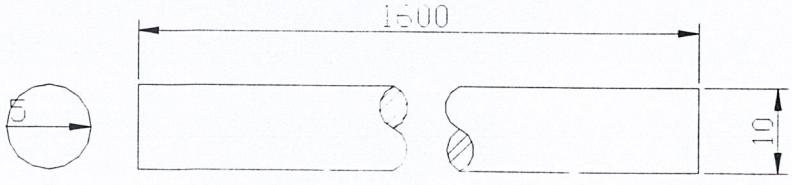
4.ขนาดของเพลา

4.1 เพลาขับเส้นผ่านศูนย์กลาง12.5 mm ยาว1600mm



รูปแสดงเพลาขับ

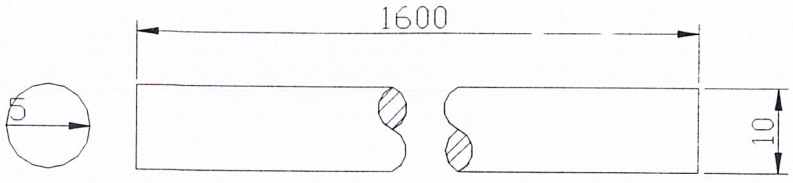
4.2 เพลายึด Follower เส้นผ่านศูนย์กลาง10 mm ยาว1600mm



รูปแสดงเพลายึด follower

4.3 เพลายึดสปริงเส้นผ่านศูนย์กลาง10 mm ยาว1600mm

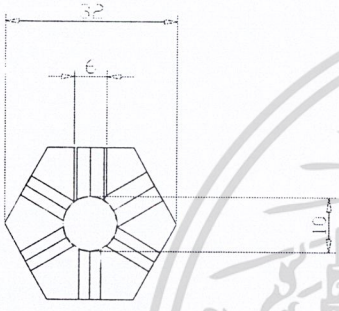
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

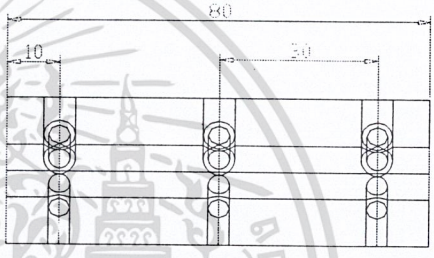


รูปแสดงเพลายึดสปริง

5.รูปแสดงชุด 6 เหลี่ยม

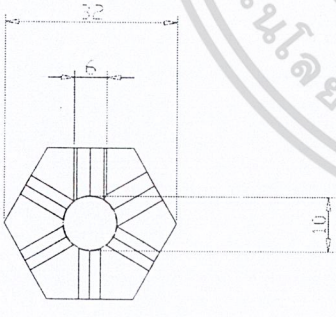
5.1แสดงหกเหลี่ยม

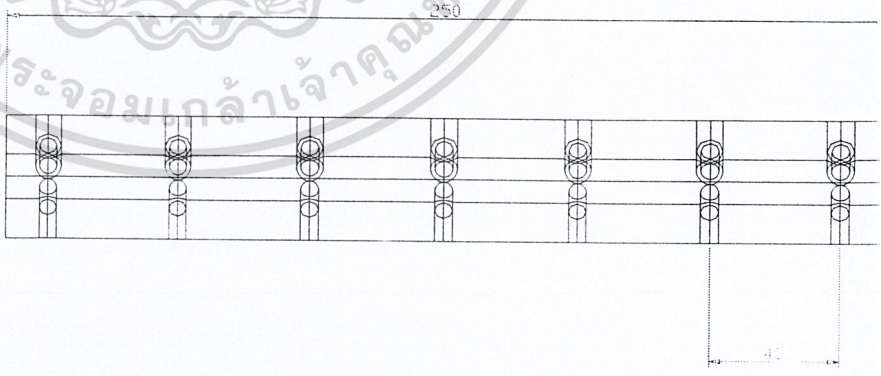




รูปมุมมองด้านข้าง **รูปมุมมองด้านหน้า**

หมายเหตุ มีจำนวน 3 ชิ้น ในที่จุด Femorals, Brachials, Radials



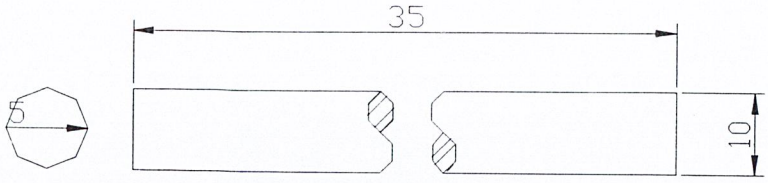


รูปมุมมองด้านข้าง **รูปมุมมองด้านหน้า**

หมายเหตุ มีจำนวน 2 ชิ้น ในที่จุด Jugular Venous, Carotids

5.2 แกนหกเหลี่ยมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10mm ยาว 35 mm

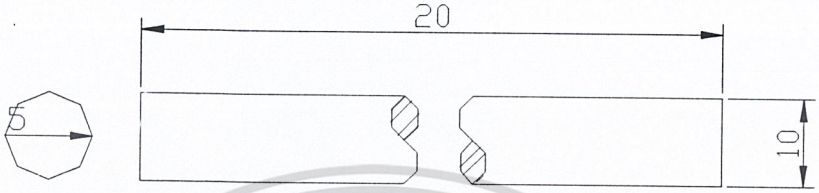
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงแกนหกเหลี่ยมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10mm ยาว 35 mm

หมายเหตุ มีจำนวน 2 แท่ง ใช้ที่จุด Jugular Venous, Carotids

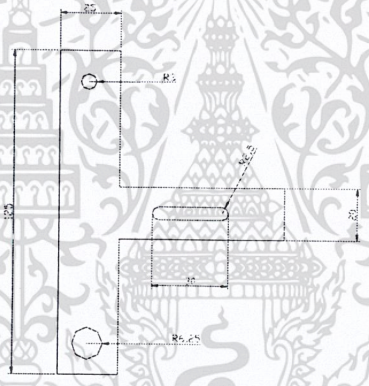
แกนหกเหลี่ยมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10mm ยาว 20 mm



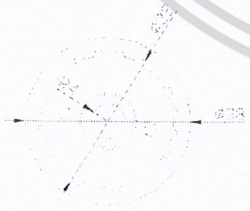
รูปแสดงแกนหกเหลี่ยมเส้นผ่านศูนย์กลาง 10mm ยาว 20 mm

หมายเหตุ มีจำนวน 3 แท่ง ใช้ที่จุด Femorals, Brachials, Radials

6. แสดงชุดลูกเบี้ยว



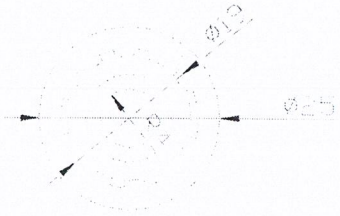
รูปแสดงที-บาร์



รูปด้านหน้าเฟืองขับลูกเบี้ยว

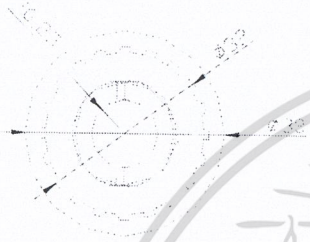
รูปด้านข้างเฟืองขับลูกเบี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

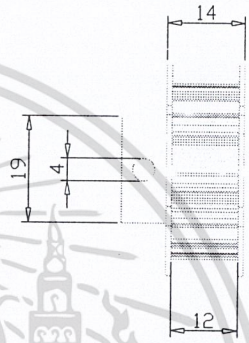


รูปด้านหน้าเฟืองปรับระดับ

รูปด้านข้างเฟืองปรับระดับ

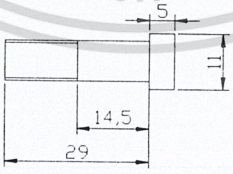


รูปด้านหน้าเฟืองขับหลัก



รูปด้านข้างเฟืองขับหลัก

รูปแสดงสายพานขนาด 55 ฟัน ยาว 310 mm

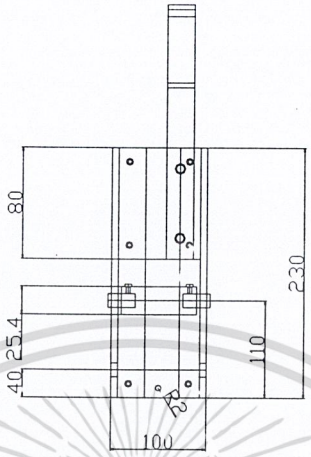


รูปแสดงน๊อตยึดเฟืองขับลูกเบี้ยวและเฟืองปรับระดับ

หมายเหตุ มีทั้งหมด 22 ชุด คือที่ Jugular Venous, Carotids, Femorals, Brachials, Radials

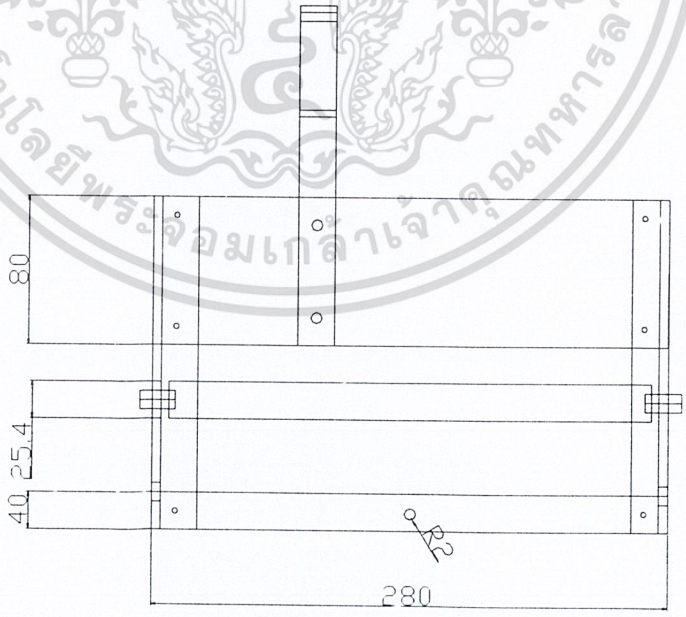
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.ชุด Follower



รูปแสดง Follower ขนาด 100 mm

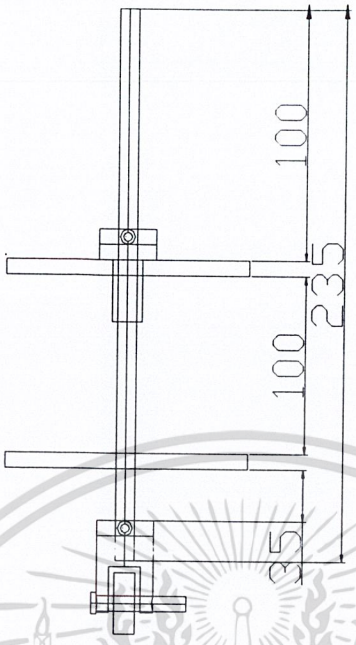
หมายเหตุ มีจำนวน 3 ชิ้น อยู่ที่ Femorals, Brachials, Radials



รูปแสดง Follower ขนาด 280 mm

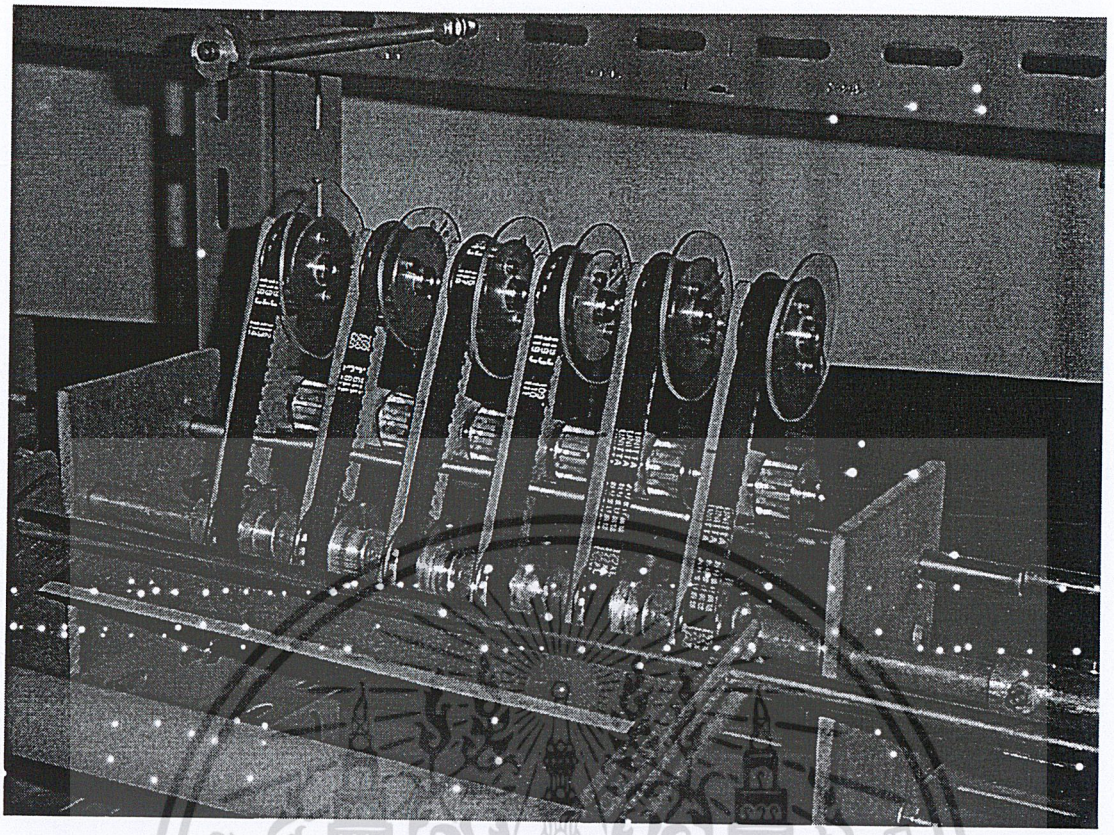
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แสดงชุด Output



รูปแสดงส่วนแสดงผล

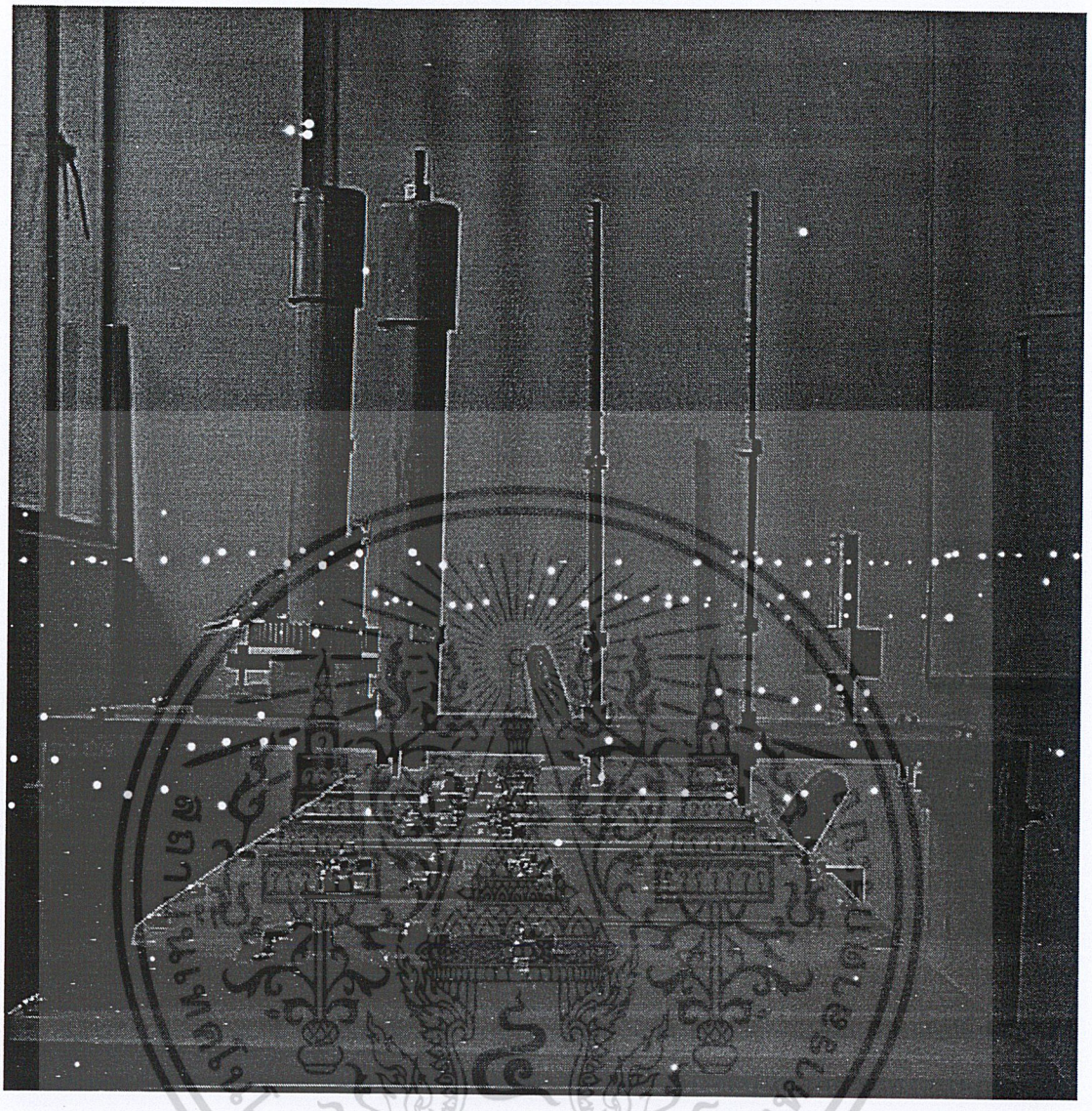
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปชุดลูกเบี้ยวที่ตำแหน่ง JUGULAR VENOUS,

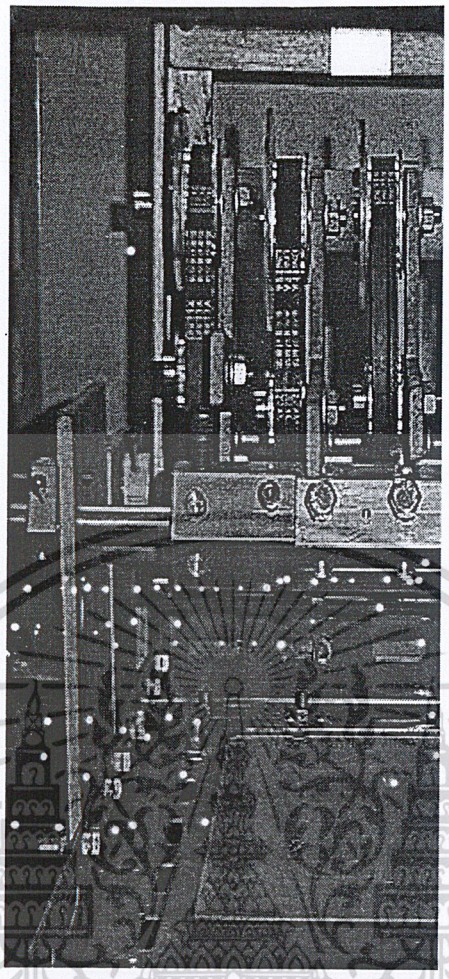
CAROTIDS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปเครื่องวัดแอมพลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปชุดลูกเบี้ยวที่ตำแหน่ง FEMORALS,
BRACHIALS, RADIALS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, ชาญ ฉนัดงาน, “การออกแบบออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1,” , ซีเอ็ดยูเคชั่น 1, 2541

[2] ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, ชาญ ฉนัดงาน, “การออกแบบออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม2,” , ซีเอ็ดยูเคชั่น 1, 2541

[3] ชมพูนุท อ่องจริต, “คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก”, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่6, 2543

[4] เพ็ญจันท์ สุวรรณแสงโมในยพงศ์, ”คู่มือตรวจผู้ป่วยภายนอก”, โครงการตำราภาควิชาพยาบาลศาสตร์ คณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดีมหาวิทยาลัยมหิดล พิมพ์ครั้งที่11, 2537

[5] ปราโมทย์ เดชะอำไพ, “ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม”, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538

[6] “Cardiology Patient Simulator”, University of Miami School of Medicine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้