

การแก้ไขผลในการกวดำตรากการเต็นแแรงบับตัวของหัวใจ  
ห้องบนด้านขวาและซ้ายของหนูขาวที่ได้รับแคลเมียม



นาย สุรวุฒิ วัฒนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเภสัชวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-108-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018082

THE IMPROVEMENT OF NEGATIVE CHRONOTROPIC AND INOTROPIC EFFECTS  
OF ISOLATED RIGHT AND LEFT RAT ATRIA RECEIVING CADMIUM

MISTER SURAWUT WATANA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Pharmacy

Department of Pharmacology

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-108-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การแก้ไขผลในการกต้อตราการเต้นและแรงบีบตัวของหัวใจ  
ห้องบนด้านขวาและซ้ายของหนูขาวที่ได้รับแคลเมียม

โดย

นาย สุรวุฒิ วัฒนา

ภาควิชา

เภสัชวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาน อธรรมอุปกรณ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. ประกร จุฑะพงษ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

*พร วัฒนา*

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. ทาวร วัชรวิชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

*ประสาน อธรรมอุปกรณ์*  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ อุษณา หงส์วารวิธิน)

*ประสาน อธรรมอุปกรณ์*  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาน อธรรมอุปกรณ์)

*ประกร จุฑะพงษ์*  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกร จุฑะพงษ์)

*วิไลลักษณ์ อิมอุตม*  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ อิมอุตม)

สรุป วิวัฒนาการ : การแก้ไขผลในการรบกวนการเต้นและแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนด้านขวา และซ้ายของหนูขาวที่ได้รับแคดเมียม (THE IMPROVEMENT OF NEGATIVE CHRONOTROPIC AND INOTROPIC EFFECTS OF ISOLATED RIGHT AND LEFT RAT ATRIA RECEIVING CADMIUM) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ประสาน ธรรมอุปการณ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. ประกร จุฑพงษ์, 100 หน้า. ISBN 974-581-108-4

แคดเมียม (40 uM) มีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายที่แยกจากหนูขาว โดยการแข่งขันกับแคลเซียมที่ calcium channel และจับกับ sulfhydryl group ของโปรตีน isoproterenol, norepinephrine, epinephrine และ dibutyryl c-AMP สามารถแก้ไขให้อัตราการเต้นของหัวใจที่รับแคดเมียมเพิ่มขึ้นได้เป็นอย่างดี แต่แก้ไขให้แรงบีบตัวของหัวใจที่รับแคดเมียมเพิ่มได้เล็กน้อย ในขณะที่การเพิ่มระดับของแคลเซียมภายนอกเซลล์ให้ผลตรงกันข้าม ส่วน dithiothreitol (DTT) และ cysteine มีรูปแบบการแก้ไขคล้ายกับการเพิ่มระดับของแคลเซียมภายนอกเซลล์ แต่ให้ผลการแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ การศึกษาเพิ่มเติมพบว่าในสภาวะที่ขาดสารสื่อประสาทของระบบประสาทซิมพาเทติกด้วยการให้ tyramine หรือ reserpine แคดเมียมจะมีผลลดแรงบีบตัวของหัวใจได้อย่างมาก และ DTT ก็แก้ไขผลดังกล่าวได้ดีกว่าในสภาวะปกติด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า การให้ isoproterenol หรือ CaCl<sub>2</sub> ร่วมกับ DTT ในความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถแก้ไขผลที่แคดเมียมลดการทำงานของหัวใจได้เป็นอย่างดี ซึ่งสารทั้งสองกลุ่มจะเสริมฤทธิ์กันทำให้แก้ไขผลของแคดเมียมได้สมบูรณ์ขึ้น

ภาควิชา.....เภสัชวิทยา  
สาขาวิชา.....เภสัชวิทยา  
ปีการศึกษา.....2534.....

ลายมือชื่อนิติ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## C375369 : MAJOR PHARMACOLOGY

KEY WORD : CADMIUM/ISOLATED RAT ATRIA/INOTROPIC EFFECTS/  
CHRONOTROPIC EFFECTS

SURAWUT WATANA : THE IMPROVEMENT OF NEGATIVE  
CHRONOTROPIC AND INOTROPIC EFFECTS OF ISOLATED RIGHT  
AND LEFT RAT ATRIA RECEIVING CADMIUM. THESIS ADVISOR :  
ASSO. PROF. PRASAN DHUMMA-UPAKORN, Ph.D., THESIS CO-  
ADVISOR : ASSO. PROF. PRAKORN CHUDAPONGSE, Ph.D., 100 pp.  
ISBN 974-581-108-4

Cadmium (40  $\mu$ M) diminished right atrial rate and left atrial force of isolated right and left rat atria by competing with calcium at calcium channel and binding with sulfhydryl group of protein. Isoproterenol, norepinephrine, epinephrine and dibutyryl c-AMP were more efficacious in reversing cadmium effect on the right atrial rate than on the left atrial force. Increasing extracellular calcium concentration produced an opposite effect compared with the four drugs above. Dithiothreitol (DTT) and cysteine improved cardiac functions in the same manner as increasing extracellular calcium concentration but the improvement was incomplete. Additional study showed that cadmium caused a large diminution of contractile force in reserpinized and tyramine - treated rat heart and DTT antagonized this effect better than the normal heart. It was also found that combinations of isoproterenol or  $\text{CaCl}_2$  with DTT in proper concentrations were effective in alleviating cardiac effects of cadmium. The additive effect of the two groups of drug produced a more complete reversal of cadmium effects.



ภาควิชา ..... เกสัชวิทยา

สาขาวิชา ..... เกสัชวิทยา

ปีการศึกษา ..... 2534

ลายมือชื่อนิสิต ..... สุวิมล วัฒน

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ประจักษ์ วัฒน

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... วิมล วัฒน

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาน อรรถมอปกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ประกร จุฑะพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา และเนื่องจากท่านในการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจาก บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ อุณา หงส์วารวิวัฒน์ หัวหน้าภาควิชาเภสัชวิทยา ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งขอขอบคุณ คุณไชยยศ เหมะพิชัย และทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

สุรวุฒิ วัฒนา

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฏ
สารบัญรูป.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ณ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย.....	7
1. วัสดุ สัตว์ทดลอง และเครื่องมือ.....	7
1.1 สารเคมี.....	7
1.2 สัตว์ทดลอง.....	9
1.3 เครื่องมือ.....	9
2. วิธีการวิจัย.....	9
2.1 การเตรียมหัวใจห้องบนขวาและห้องบนซ้ายของหนูขาว..	9
2.2 การเตรียมหัวใจห้องบนขวาและห้องบนซ้ายของหนูตะเภา	12
2.3 ศึกษาผลของแคลเซียมต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้อง บนขวาและแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว...	12
2.4 ศึกษาผลของสารที่ออกฤทธิ์แก้ไขภาวะที่แคลเซียมลด อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของ หัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	12
2.5 ศึกษาผลในการเสริมฤทธิ์กันของสารที่มีผลแก้ไขภาวะที่ แคลเซียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลด แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	12

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2.6	ศึกษาผลของ dibutyryl c-AMP ในการแก้ไข ภาวะที่แคลเซียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	13
2.7	ศึกษาผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียม ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัว ของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว และหนูตะเภา.....	13
2.8	ศึกษาผลของแคลเซียม ในภาวะที่ขาดสารสื่อประสาท ของระบบประสาทซิมพาเทติก และการแก้ไขโดยใช้ dithiothreitol.....	13
2.9	ศึกษาผลของแคลเซียมต่อการหลั่งของแคลเซียมจาก Sarcoplasmic reticulum ของเซลล์กล้ามเนื้อ หัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวซึ่งกระตุ้นโดย caffeine..	14
3.	การประเมินผลการทดลอง.....	15
3.	ผลการวิจัย.....	17
1.	ผลของ CdCl <sub>2</sub> ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและแรง บีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	17
2.	ผลของ norepinephrine ในการแก้ไขภาวะที่ CdCl <sub>2</sub> ลด อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจ ห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	20
3.	ผลของ epinephrine ในการแก้ไขภาวะที่ CdCl <sub>2</sub> ลดอัตรา การเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้อง บนซ้ายของหนูขาว.....	24



สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

4.	ผลของ isoproterenol ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	28
5.	ผลของ ouabain ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	32
6.	ผลของ $CaCl_2$ ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	35
7.	ผลของ serotonin ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	38
8.	ผลของ cysteine ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	41
9.	ผลของ dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	44
10.	ผลการเสริมฤทธิ์กันของ $CaCl_2$ และ dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	47
11.	ผลการเสริมฤทธิ์กันของ isoproterenol และ dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่ $CaCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	50

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

12.	ผลของ dibutyryl c-AMP ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	53
13.	ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	61
14.	ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภา.....	64
15.	ผลของ dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ tyramine และ reserpine.	66
16.	ผลของ $CdCl_2$ ต่อการหลั่งของแคลเซียมจาก sarcoplasmic reticulum ของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ซึ่งถูกกระตุ้นโดย caffeine.....	74
4.	อภิปราย และสรุปผลการทดลอง.....	79
	เอกสารอ้างอิง.....	92
	ประวัติผู้เขียน.....	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ส่วนประกอบของ physiological solution.....	8
2 ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $\text{CdCl}_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	62
3 ผลของ amrinone ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ.....	62
4 ผลของ $\text{CdCl}_2$ ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ amrinone.....	63
5 ผลของ $\text{CdCl}_2$ ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภา.....	65
6 ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $\text{CdCl}_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภา.....	65
7 ค่าการหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน calcium free EGTA Ringer Locke solution.....	75
8 ค่าการหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน calcium free EGTA Ringer Locke solution.....	76

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 การจัดเครื่องมือสำหรับทดลองกับ isolated rat atria.....	11
2 ผลของ CdCl <sub>2</sub> ( 40 μM) ต่อ อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว ที่เวลาต่าง ๆ.....	18
3 ผลของ CdCl <sub>2</sub> ( 40 μM) ต่อ แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ เวลาต่าง ๆ .....	19
4 ผลของ norepinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียม ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	22
5 ผลของ norepinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียม ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	23
6 ผลของ epinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลด อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	26
7 ผลของ epinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลด แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	27
8 ผลของ isoproterenol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียม ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	30
9 ผลของ isoproterenol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียม ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	31
10 ผลของ ouabain ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตรา การเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	33
11 ผลของ ouabain ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบ ตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	34



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
12 ผลของ $\text{CaCl}_2$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	36
13 ผลของ $\text{CaCl}_2$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	37
14 ผลของ serotonin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	39
15 ผลของ serotonin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	40
16 ผลของ cysteine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	42
17 ผลของ cysteine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	43
18 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	45
19 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	46
20 ผลของ $3 \times 10^{-3}$ M $\text{CaCl}_2$ , $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol และ $3 \times 10^{-3}$ M $\text{CaCl}_2$ ร่วมกับ $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	48
21 ผลของ $1 \times 10^{-3}$ M $\text{CaCl}_2$ , $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol และ $1 \times 10^{-3}$ M $\text{CaCl}_2$ ร่วมกับ $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	49
22 ผลของ $3 \times 10^{-3}$ M isoproterenol, $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol และ $3 \times 10^{-3}$ M isoproterenol ร่วมกับ $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	51

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
23 ผลของ $1 \times 10^{-8}$ M isoproterenol, $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol และ $1 \times 10^{-8}$ M isoproterenol ร่วมกับ $3 \times 10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	52
24 ผลของ dibutyryl c-AMP ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว.....	55
25 ผลของ dibutyryl c-AMP ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว.....	56
26 ผลของ dibutyryl c-AMP ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติที่เวลาต่าง ๆ.....	57
27 ผลของ dibutyryl c-AMP ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติที่เวลาต่าง ๆ .....	58
28 ผลของ $CdCl_2$ ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติและหัวใจห้องบนขวาของหนูที่ได้รับ dibutyryl c-AMP ก่อนเป็นเวลา 30 นาที.....	59
29 ผลของ $CdCl_2$ ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ และหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ dibutyryl c-AMP ก่อนเป็นเวลา 30 นาที.....	60
30 ผลของ $CdCl_2$ ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา ของหนูขาวปกติหนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine ที่เวลาต่าง ๆ.....	68
31 ผลของ $CdCl_2$ ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine ที่เวลาต่าง ๆ.....	69
32 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine.....	70
33 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine.....	71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
34 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine.....	72
35 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine.....	73
36 การหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน calcium free EGTA Ringer Locke solution	77
37 การหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน Ringer Locke solution.....	78



## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\text{CdCl}_2$	Cadmium chloride
$\text{CaCl}_2$	Calcium chloride
dibutyryl c-AMP	$\text{N}^6, 2'$ -O-Dibutyryladenosine 3':5'- cyclic monophosphate
DTT	Dithiothreitol
EGTA	Ethyleneglycol tetraacetic acid
$\mu\text{M}$	Micromolar
mM	Millimolar
M	Molar
KCl	Potassium chloride
SR	Sarcolemmic reticulum
$\text{NaHCO}_3$	Sodium bicarbonate
NaCl	Sodium chloride