บทที่ 3

ผลการวิจัย

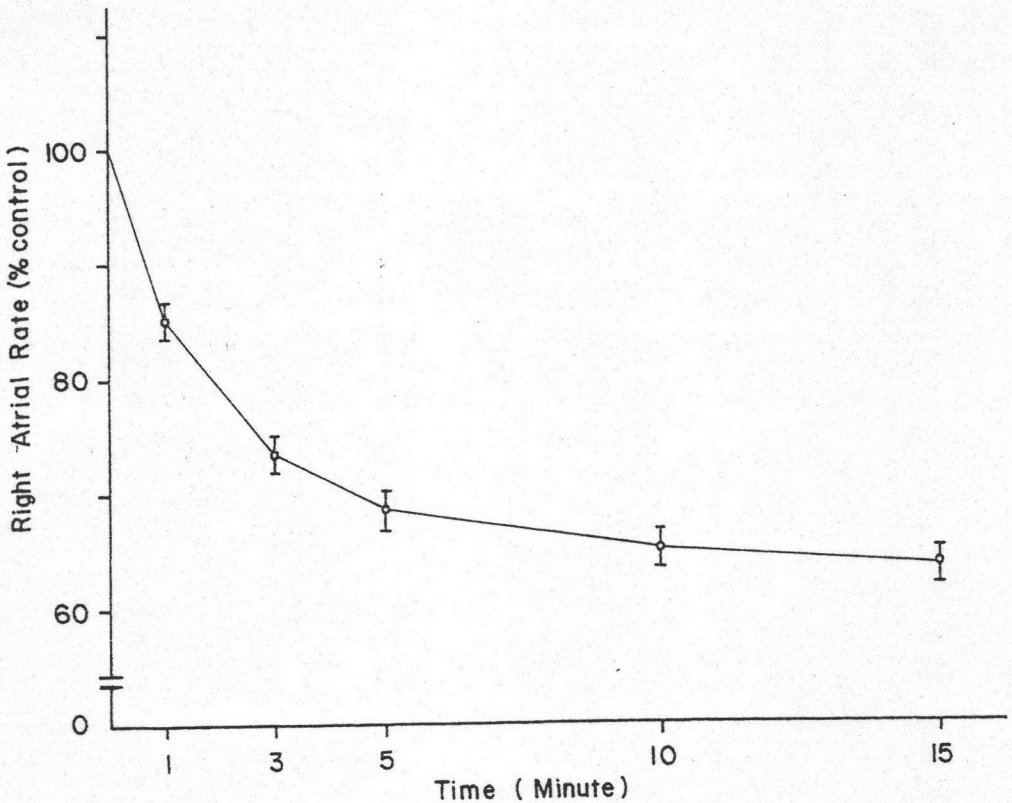
1. ผลของ $CdCl_2$ (แคดเมียมคลอไรด์) ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

1.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

จากการทดลองให้ $CdCl_2$ ในขนาดความเข้มข้น 40 μM พบว่า$CdCl_2$ ในขนาดดังกล่าว จะไปลดอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะลดลงมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปตามรูปที่ 2 และเมื่อครบเวลา 15 นาที อัตราการเต้นของหัวใจจะมีค่าประมาณ 63.84 $\pm$ 1.06% ของอัตราการเต้นก่อนได้รับ $CdCl_2$ หรือกล่าวได้ว่า อัตราการเต้นของหัวใจลดลงไปประมาณ 36.16$\pm$1.06% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ

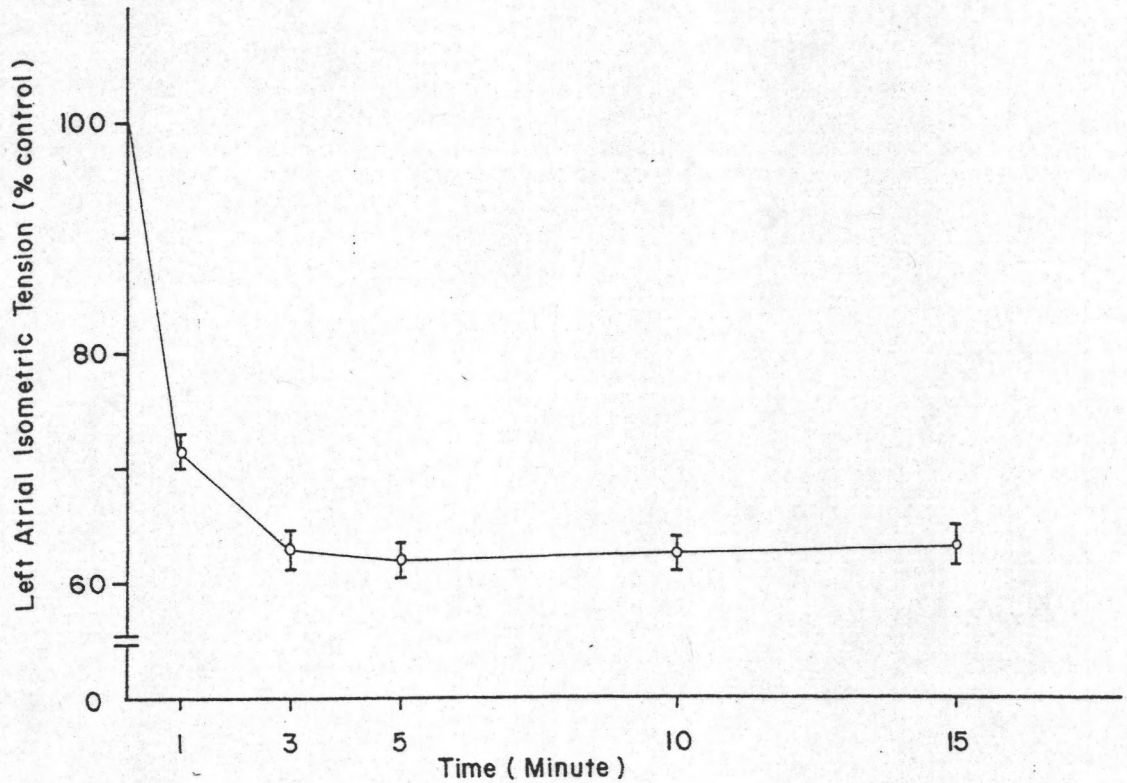
1.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลองให้ $CdCl_2$ ในขนาดความเข้มข้น 40 μM พบว่า $CdCl_2$ ในขนาดดังกล่าว จะไปลดแรงบีบตัวของหัวใจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแรงบีบตัวของหัวใจจะลดลงอย่างมากในนาทีแรก จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าต่ำสุดที่ เวลา 5 นาที และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาผ่านไปตามรูปที่ 3 เมื่อครบเวลา 15 นาที แรงบีบตัวของหัวใจจะมีค่าประมาณ 63.22 $\pm$ 1.05% ของแรงบีบตัวก่อนได้รับ $CdCl_2$ หรือ กล่าวได้ว่าแรงบีบตัวของหัวใจลดลงไปประมาณ 36.78% $\pm$ 1.05% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ



รูปที่ 2 ผลของ $CdCl_2$ (40 μM) ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวที่เวลาต่าง ๆ

($n = 58$; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 3 ผลของ $CdCl_2$ (40 µM) ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่เวลาต่าง ๆ

(n = 60; $\bar{x} \pm SE$)

2. ผลของ norepinephrine ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

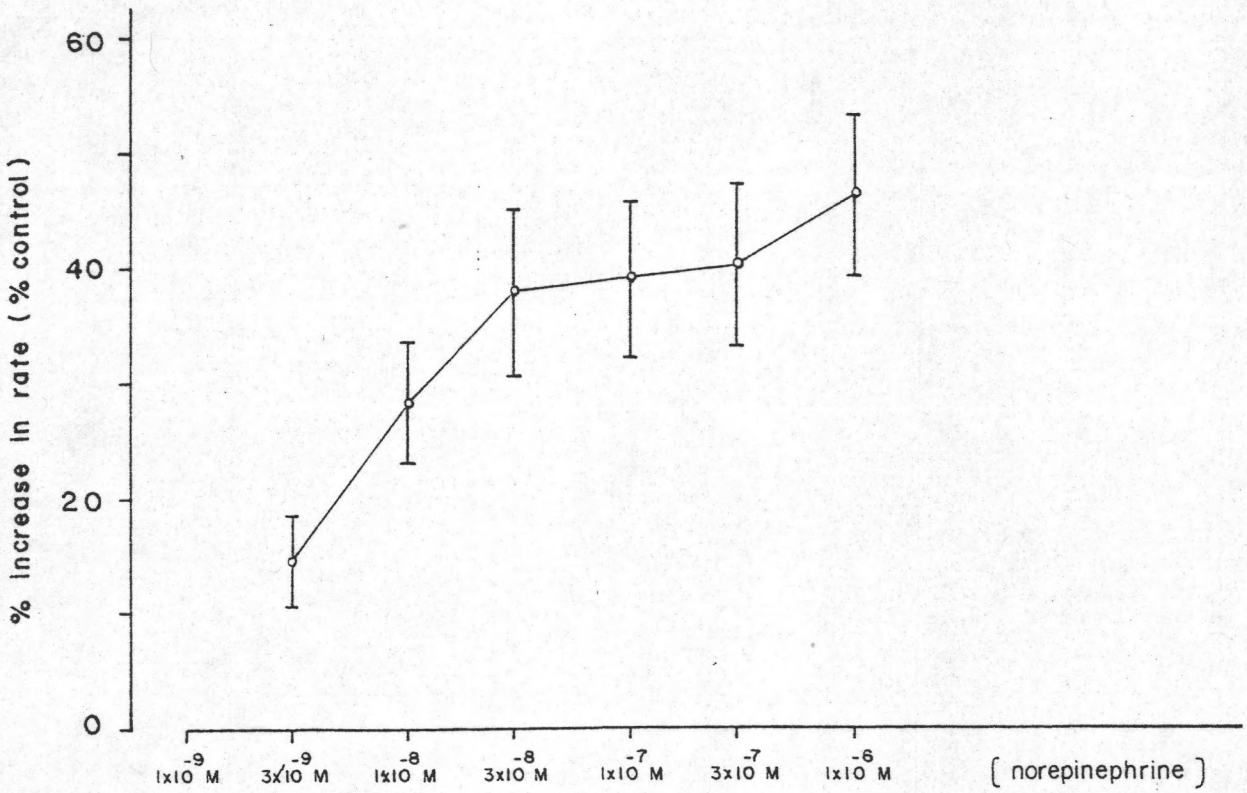
2.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 68.48 $\pm$ 6.28% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่า norepinephrine สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้ โดย norepinephrine ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-9}$ M และ $1x10^{-8}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 14.41$\pm$4.32% และ 28.40$\pm$5.53% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ ส่วน norepinephrine ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-8}$ M, $1x10^{-7}$ M, $3x10^{-7}$ M และ $1x10^{-6}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 37.72 $\pm$ 6.48%, 38.76 $\pm$ 6.62%, 39.77 $\pm$ 7.34% และ 45.85 $\pm$ 6.72% ตามลำดับ (รูปที่ 4) ซึ่งถือว่าแก้ไขได้สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามผลของ norepinephrine ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสิ้น และไม่มีการเต้นผิดจังหวะของหัวใจเกิดขึ้นเลย

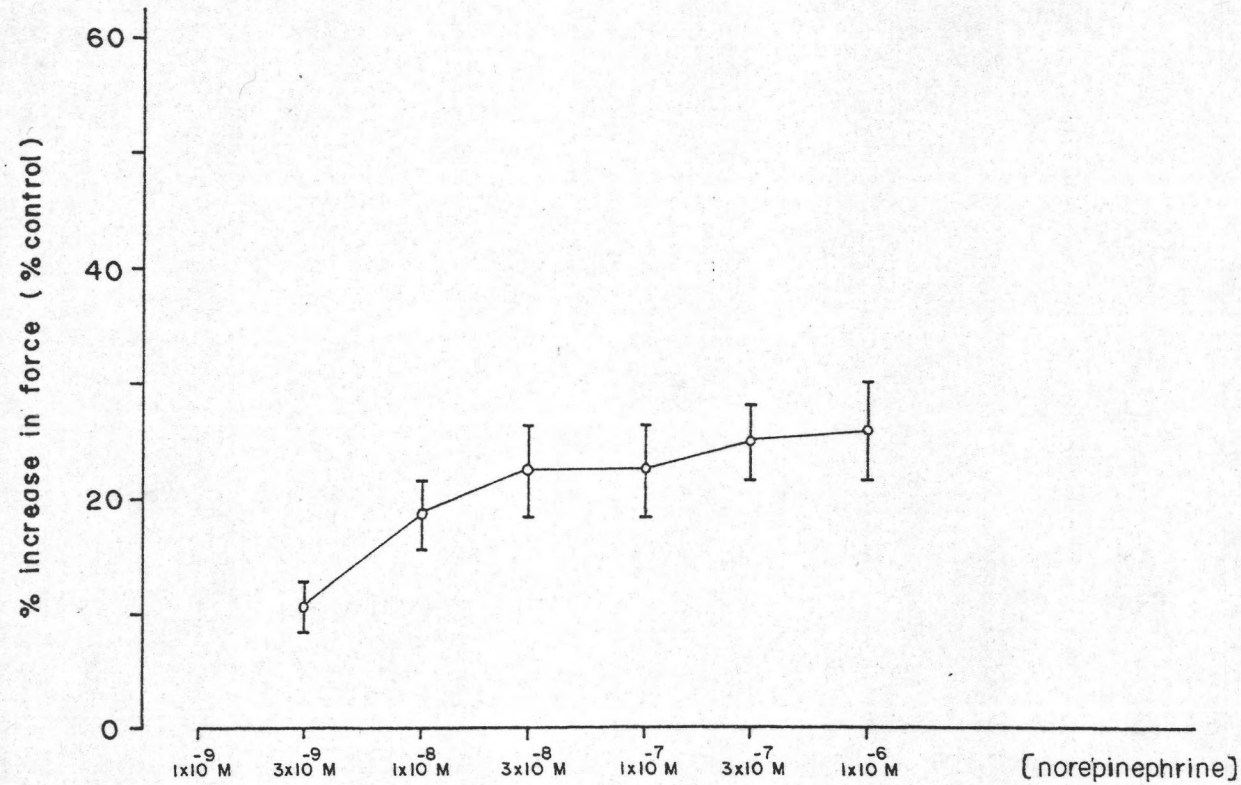
2.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 68.43 $\pm$ 1.87% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่า norepinephrine ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ใช้ สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายได้แต่ไม่สมบูรณ์ พบว่า norepinephrine ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-9}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 10.58 $\pm$ 2.20% และจะเพิ่มมากขึ้นอีกเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ norepinephrine ขึ้นไป จนเมื่อใช้ norepinephrine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-6}$ M พบว่าสามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้มากที่สุดคือ 25.71$\pm$ 4.29% (รูปที่ 5) อย่างไรก็ตามผลของ norepinephrine ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง

สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นที่ความเข้มข้น $1x10^{-6}$ M เพราะทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะถึง 40% ของจำนวนสัตว์ทดลอง ดังนั้นค่าเฉลี่ยที่นำมารายงานผลจึงนำมาจากเพียง 60% ของจำนวนสัตว์ทดลองเท่านั้น



รูปที่ 4 ผลของ norepinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 5 ผลของ norepinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm$ SE ; เฉพาะ $1x10^{-6}$ M norepinephrine n = 3)

3. ผลของ epinephrine ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

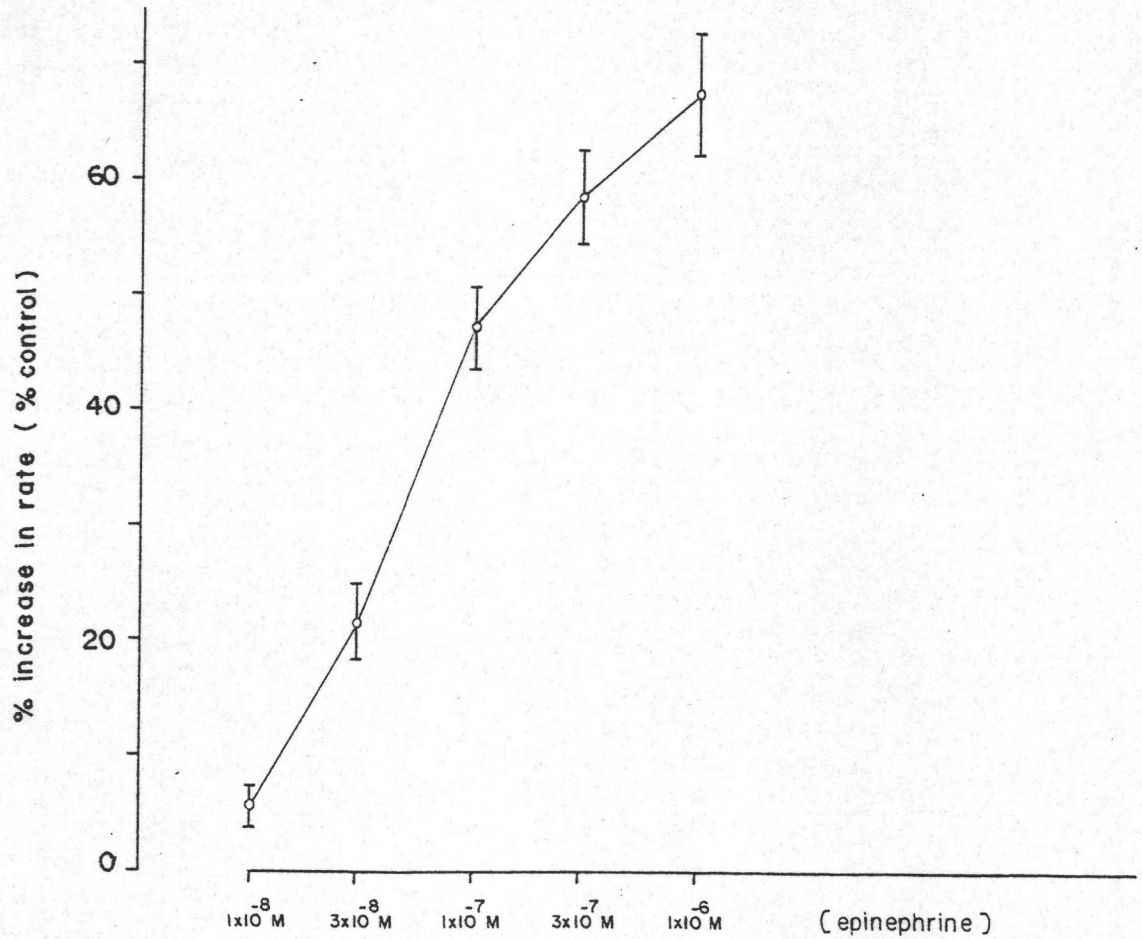
3.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาที แล้วจะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 61.57±2.76% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่า epinephrine สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้ โดย epinephrine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-8}$ M และ $3x10^{-8}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 5.70 ± 1.41% และ 21.65 ± 3.00% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ ส่วน epinephrine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-7}$ M, $3x10^{-7}$ M และ $1x10^{-6}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 46.98 ± 3.64%, 58.28±3.85%, และ 67.38 ± 5.13% ตามลำดับ (รูปที่ 6) ซึ่งถือว่าแก้ไขได้สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามผลของ epinephrine ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสิ้น และไม่มีการเต้นผิดจังหวะของหัวใจเกิดขึ้นเลย

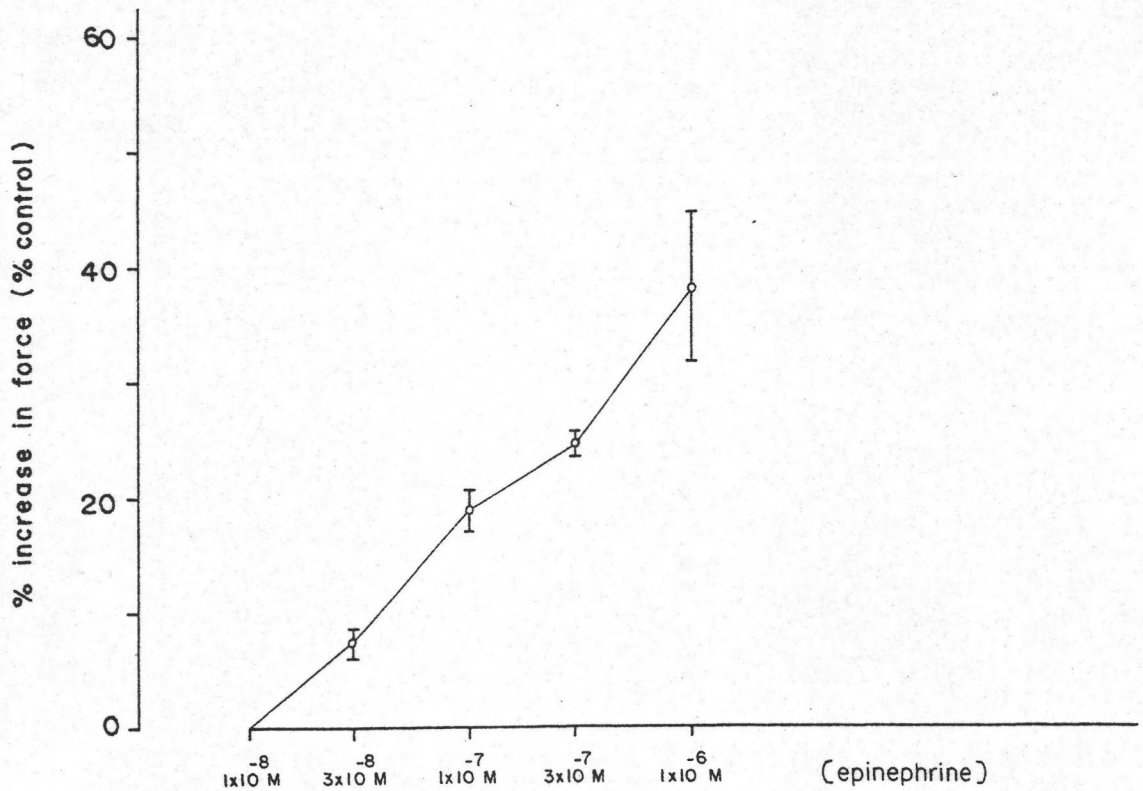
3.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 66.98 ± 3.26% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่า epinephrine ในขนาดความเข้มข้นตั้งแต่ $3x10^{-8}$ M ถึง $1x10^{-6}$ M สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายได้ แต่ epinephrine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-8}$ Mไม่สามารถแก้ไขภาวะดังกล่าวได้เลย โดย epinephrine ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-8}$ M, $1x10^{-7}$ M และ $3x10^{-7}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 7.25 ± 1.02%, 18.67 ± 1.79% และ 24.52 ± 1.17% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ ส่วน

epinephrine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-8}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 37.91% (รูปที่ 7) ซึ่งถือว่าแก้ไขได้สมบูรณ์ โดย epinephrine ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสิ้น และไม่มีการเต้นผิดจังหวะของหัวใจเกิดขึ้นเลย



รูปที่ 6 ผลของ epinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 7 ผลของ epinephrine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)

4. ผลของ isoproterenol ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

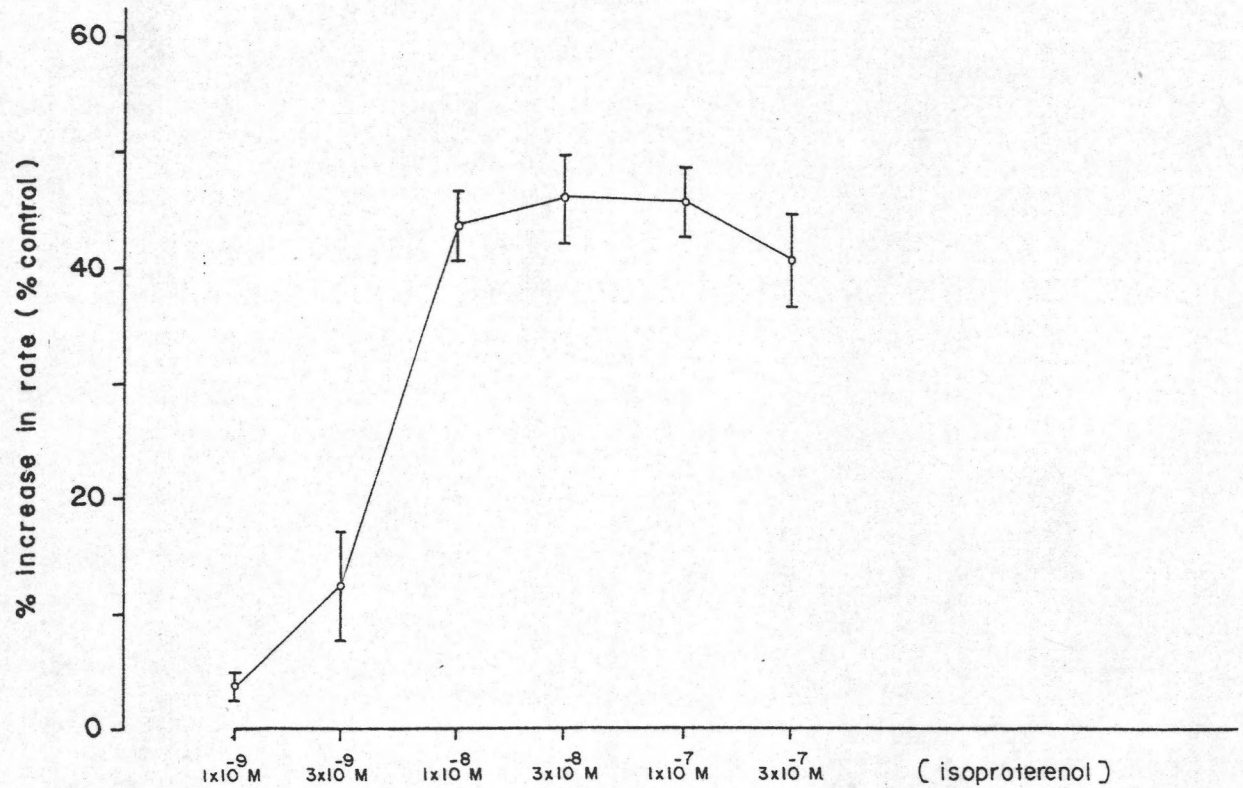
4.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 66.31 ± 1.79% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่า isoproterenol สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้ โดย isoproterenol ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-9}$ M และ $3x10^{-9}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 3.76 ± 0.96% และ 12.41 ± 4.70% ตามลำดับ ซึ่งถือว่าแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ ส่วน isoproterenol ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-8}$ M, $3x10^{-8}$ M, $1x10^{-7}$M และ $3x10^{-7}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 43.57 ± 2.92%, 45.68 ± 3.58%, 45.60 ± 2.92% , และ 40.44 ± 3.72% ตามลำดับ (รูปที่ 8) ซึ่งถือว่าแก้ไขได้สมบูรณ์ ทั้งนี้พบว่า isoproterenol ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-7}$ M ทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะได้ 40% ของจำนวนสัตว์ทดลอง อย่างไรก็ตาม isoproterenol ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ ทดลองสามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสิ้น

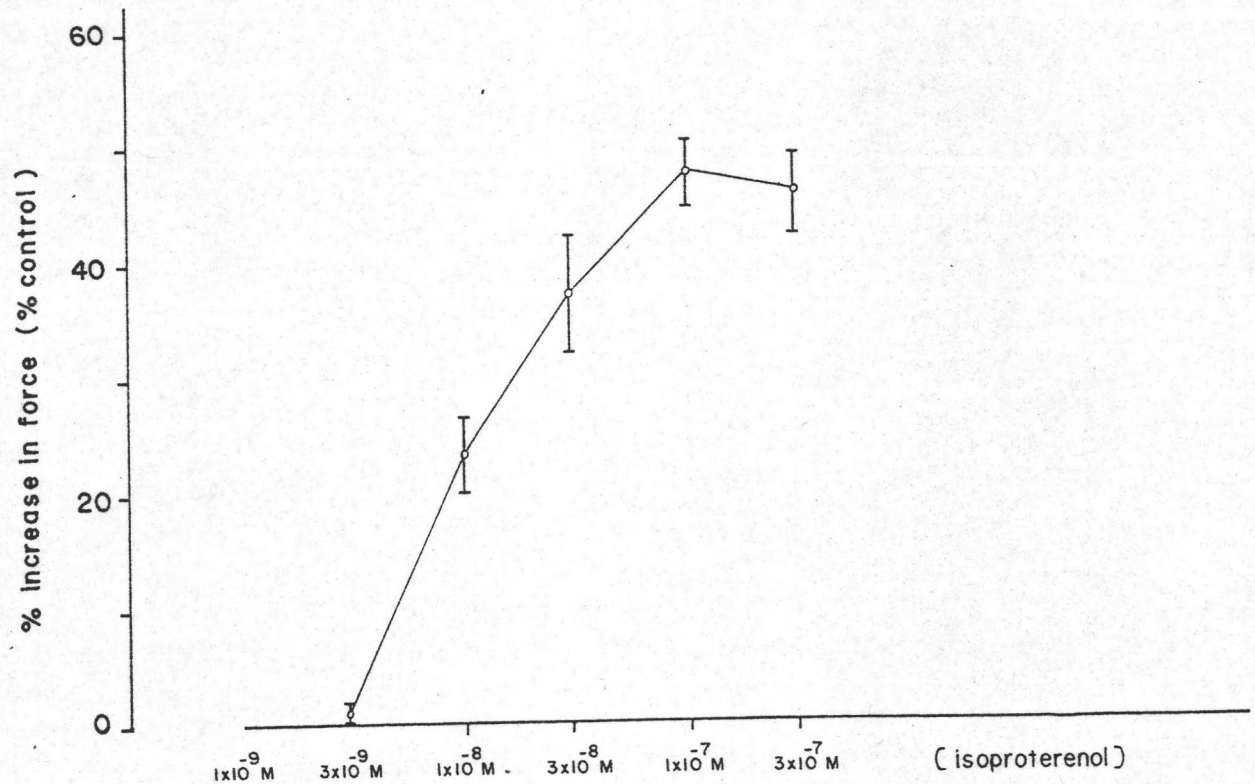
4.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 63.08 ± 3.77% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่า isoproterenol ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-9}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน isoproterenol ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-8}$ M, $3x10^{-8}$ M, $1x10^{-7}$ M และ $3x10^{-7}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยในทุกขนาดความเข้มข้นยกเว้น $1x10^{-8}$ M สามารถแก้ไขได้สมบูรณ์ และ isoprote-

renol ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-7}$ M จะเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้สูงที่สุด คือ 47.30 $\pm$ 2.72% (รูปที่ 9) ซึ่งพบว่า isoproterenol ในทุกขนาดความเข้มข้นไม่ทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ



รูปที่ 8 ผลของ isoproterenol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm$ SE; เฉพาะ $3x10^{-7}$ M isoproterenol n = 3)



รูปที่ 9 ผลของ isoproterenol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)

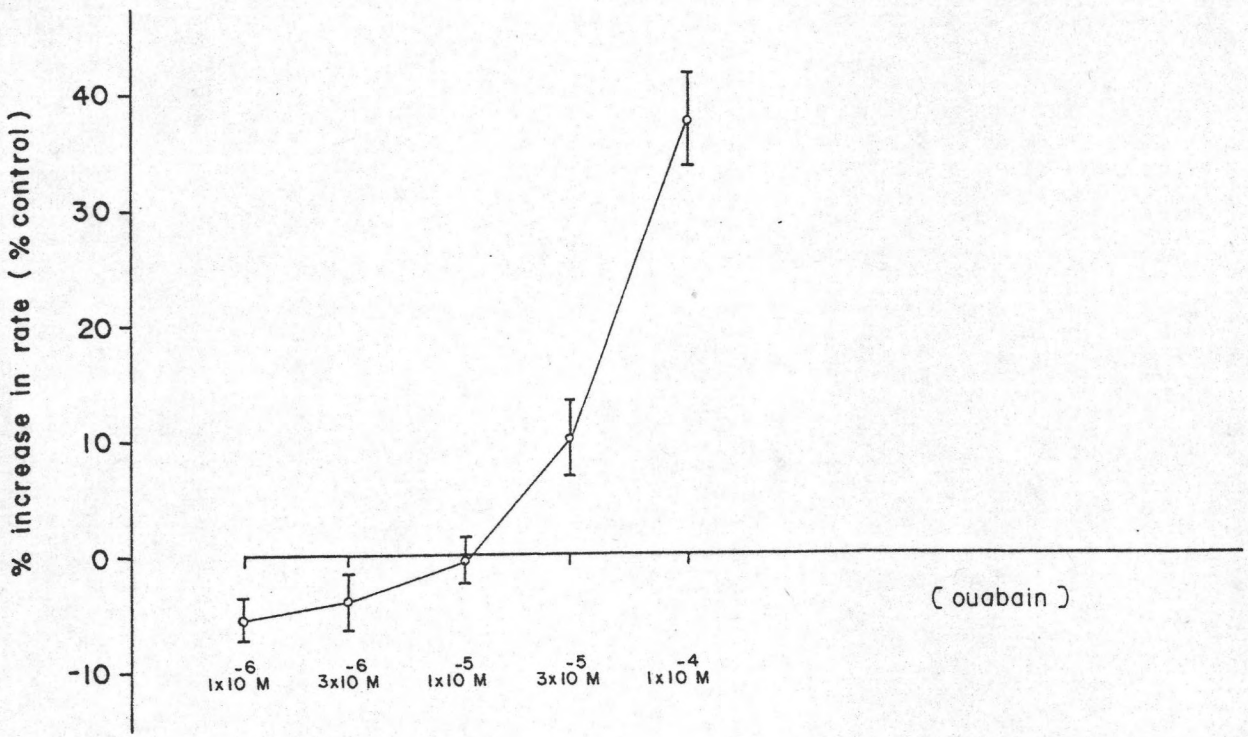
5. ผลของ ouabain ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

5.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

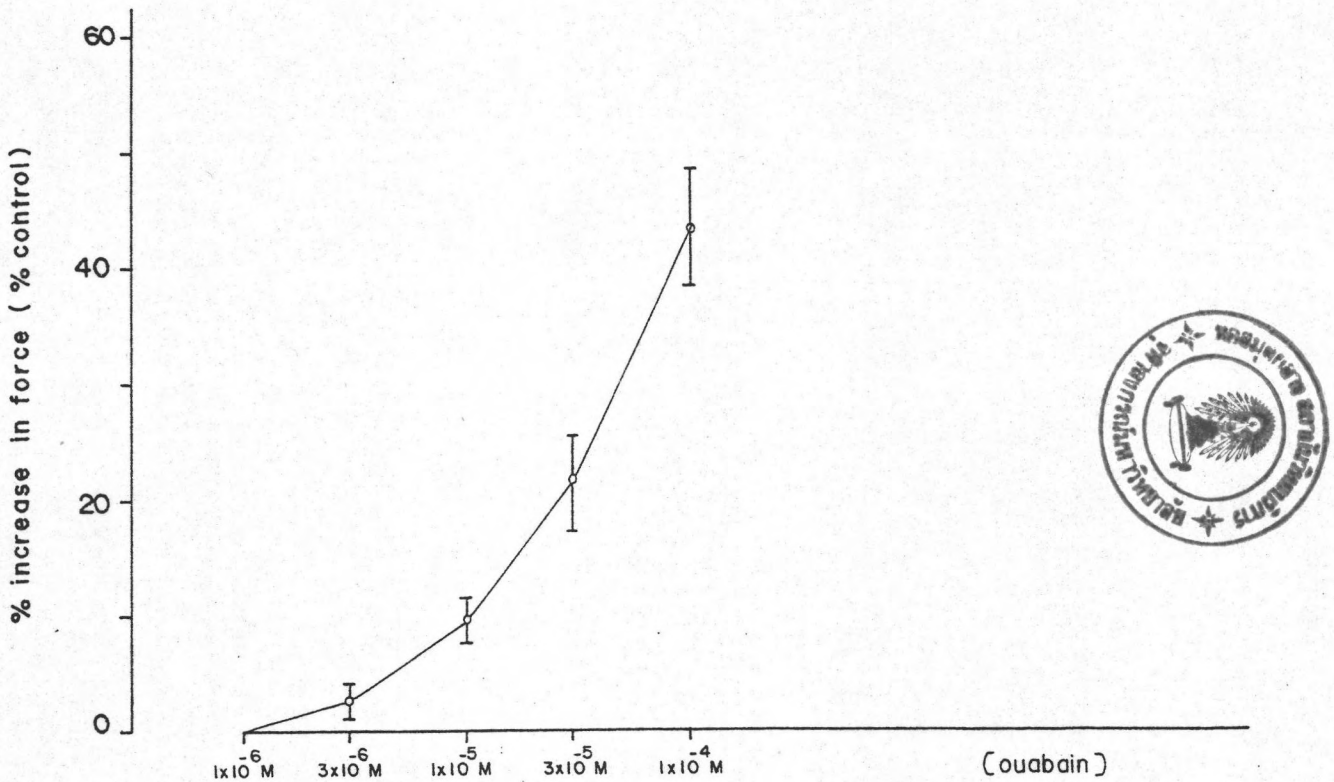
จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 66.94±2.41% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่า ouabain ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-6}$ M ลดอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ ouabain ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-6}$ M และ $1x10^{-5}$M ลดอัตราการการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน ouabain ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-5}$ M จะเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 9.81 ± 3.43% (รูปที่ 10) และเมื่อใช้ ouabain ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M จะเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 37.45 ± 4.05% ในนาทีแรกแต่ต่อมาจะเกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะถึง 60% ของจำนวนสัตว์ทดลอง และถ้าใช้ ouabain ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-4}$ M จะเป็นพิษทำให้หัวใจห้องบนขวาที่รับ $CdCl_2$ ทำงานต่อไปไม่ได้

5.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 60.73 ± 2.76% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่า ouabain ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-5}$ M และ $3x10^{-5}$ M สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ ส่วน ouabain ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 43.25 ± 5.07% ซึ่งถือว่าสมบูรณ์ (รูปที่ 11) และมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ก็ทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะได้ 20 % ของจำนวนสัตว์ทดลอง สำหรับ ouabain ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-4}$ M ทำให้เกิดภาวะหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะ ถึง 100% ของจำนวนสัตว์ทดลอง



รูปที่ 10 ผลของ ouabain ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm$ SE; เฉพาะ $1x10^{-4}$ M ouabain แสดงผลในนาทีที่ 1 หลังจากรับยา)



รูปที่ 11 ผลของ ouabain ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm$ SE; เฉพาะ $1x10^{-4}$ M ouabain n = 4)

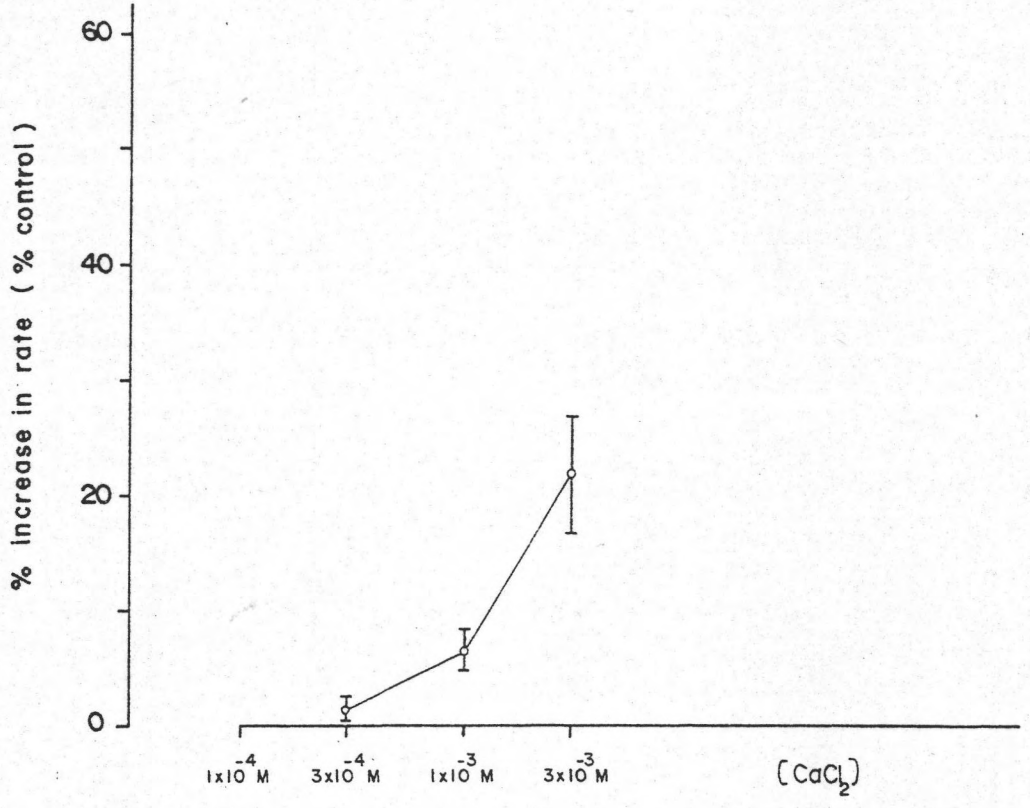
6. ผลของ $CaCl_2$ (แคลเซียมคลอไรด์) ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

6.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

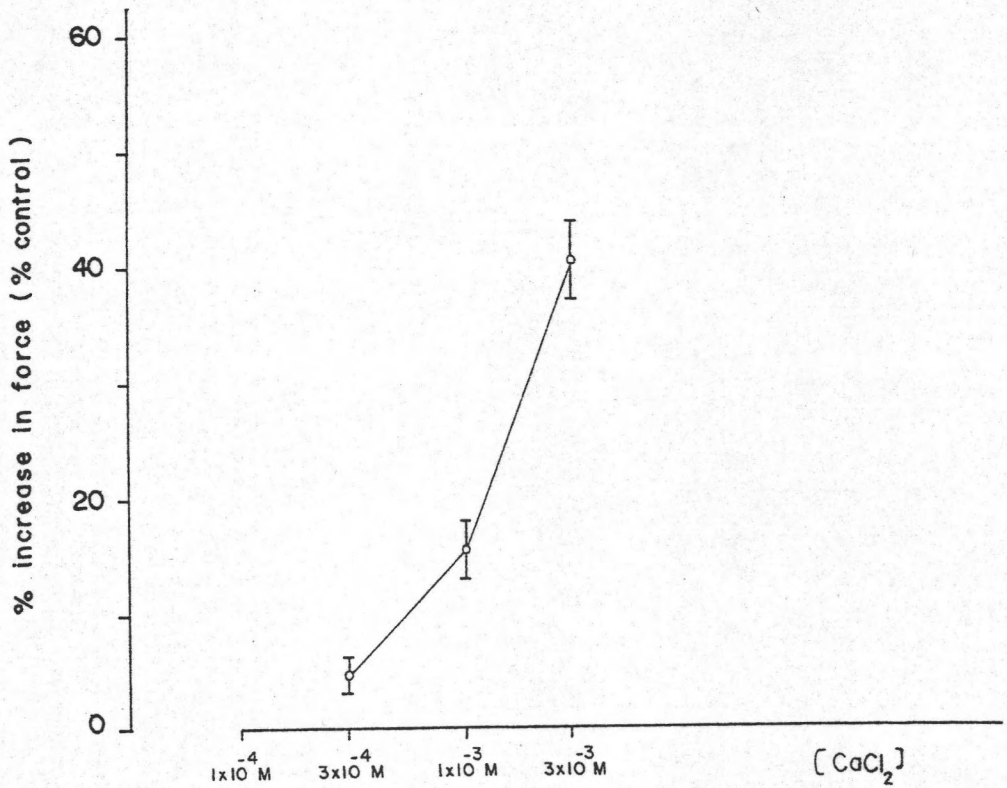
จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 62.98 $\pm$ 4.23% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่าเฉพาะ $CaCl_2$ ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-3}$ M เท่านั้นที่สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ก็ถือว่าแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ (รูปที่ 12)

6.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 64.82 $\pm$ 3.52% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่า $CaCl_2$ ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-3}$ M และ $3x10^{-3}$ M สามารถแก้ไข ภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดย $CaCl_2$ ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-3}$ M สามารถแก้ไขภาวะดังกล่าวได้สมบูรณ์ คือทำให้แรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ เพิ่มขึ้น 40.47 $\pm$ 3.49% (รูปที่ 13)



รูปที่ 12 ผลของ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคลเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 13 ผลของ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคลเซียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)

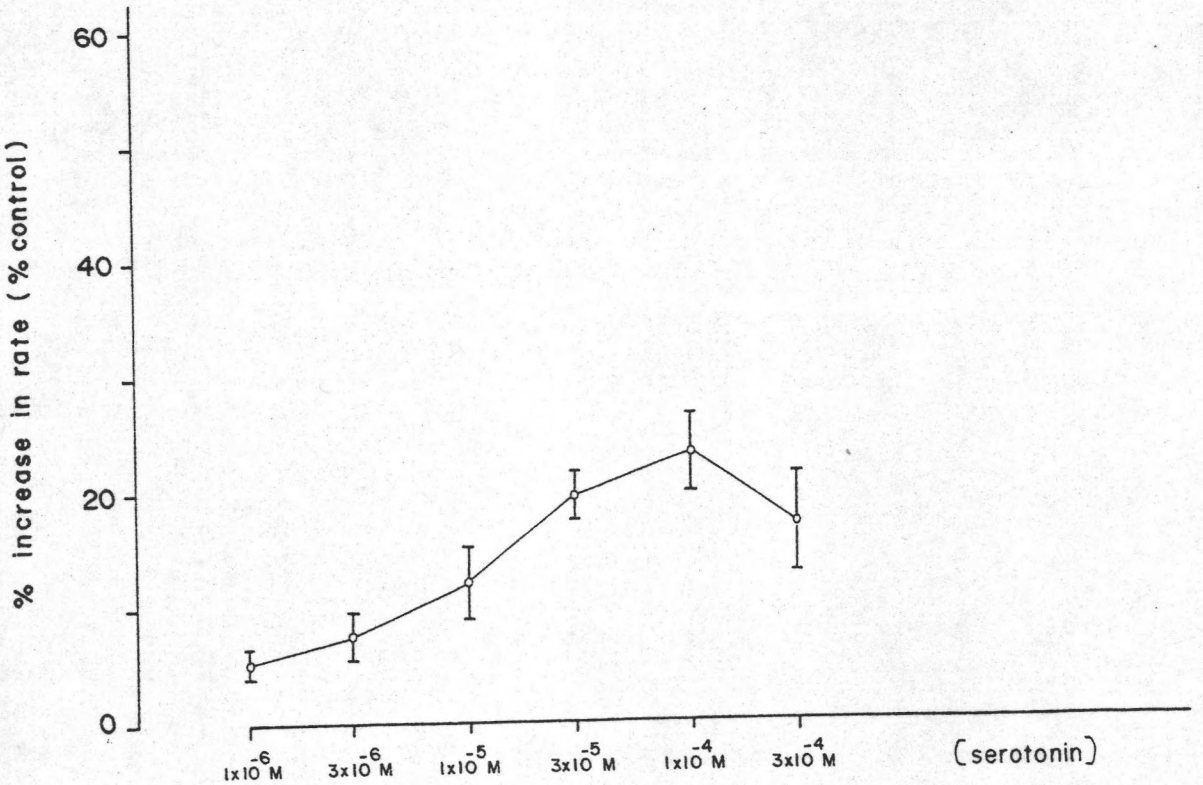
7. ผลของ serotonin ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของ หัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

7.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

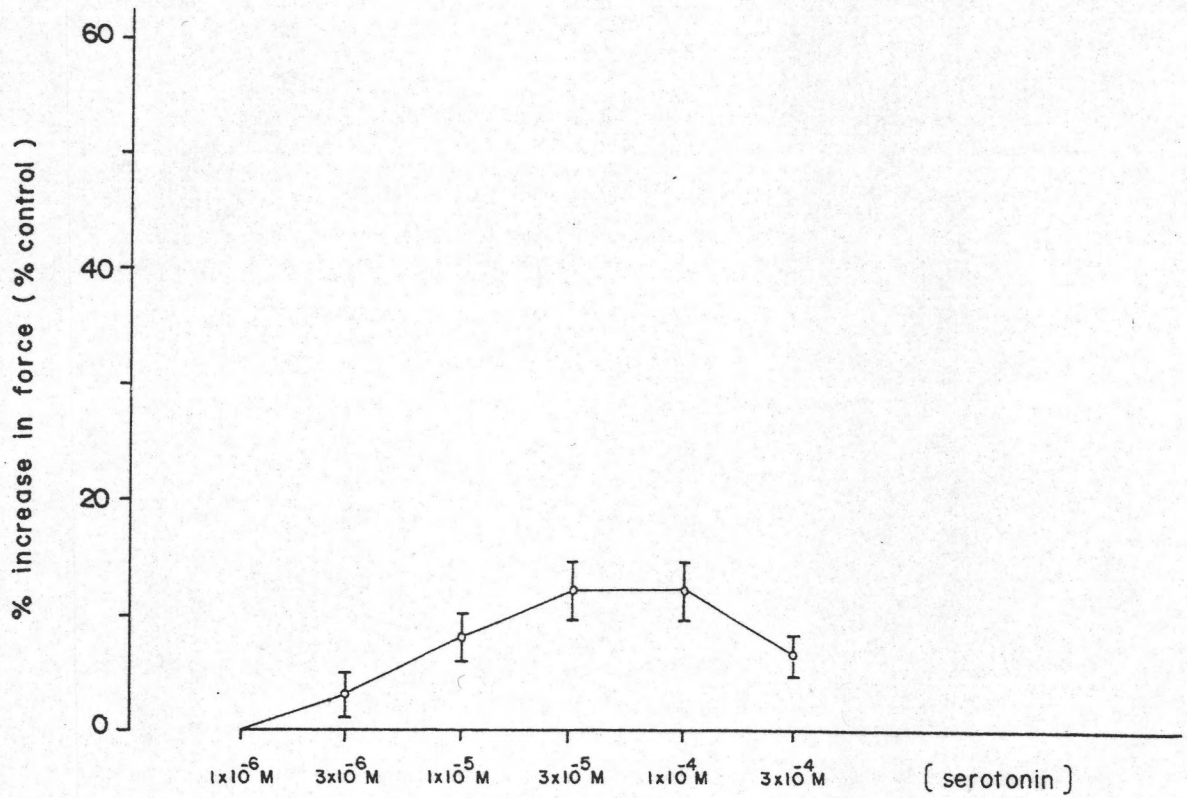
จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 66.31 $\pm$ 1.79% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่า serotonin ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของ serotonin เพิ่มสูงขึ้น และที่ขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ จะเพิ่มได้สูงสุด คือ 23.04 $\pm$ 3.36% แต่ถือว่าแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ serotonin เป็น $3x10^{-4}$ M พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ จะเพิ่มขึ้นเพียง 17.13 $\pm$ 4.61% (รูปที่ 14)

7.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 64.84 $\pm$ 4.61% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่า serotonin ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-5}$ M, $3x10^{-5}$ M, $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ จะเพิ่มได้สูงสุดคือ 12.21 $\pm$ 1.98% ที่ขนาดความเข้มข้น $3x10^{-5}$ M และ $1x10^{-4}$ M ซึ่งแก้ไขได้ไม่สมบูรณ์ สำหรับ serotonin ที่ขนาดความเข้มข้น $3x10^{-4}$ M พบว่า เพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ขึ้นเพียง 6.84 $\pm$ 1.69% (รูปที่ 15)



รูปที่ 14 ผลของ serotonin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 4 ; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 15 ผลของ serotonin ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 4; $\bar{x} \pm SE$)

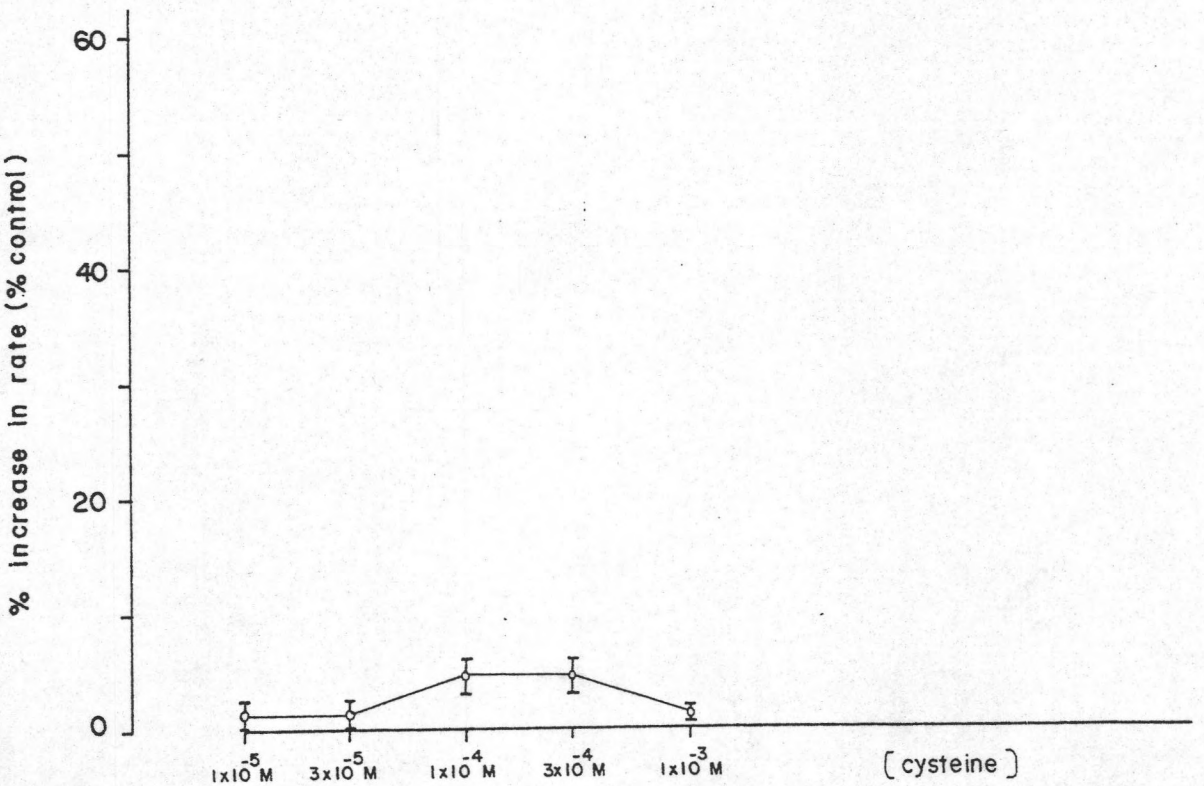
8. ผลของ cystein ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

8.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

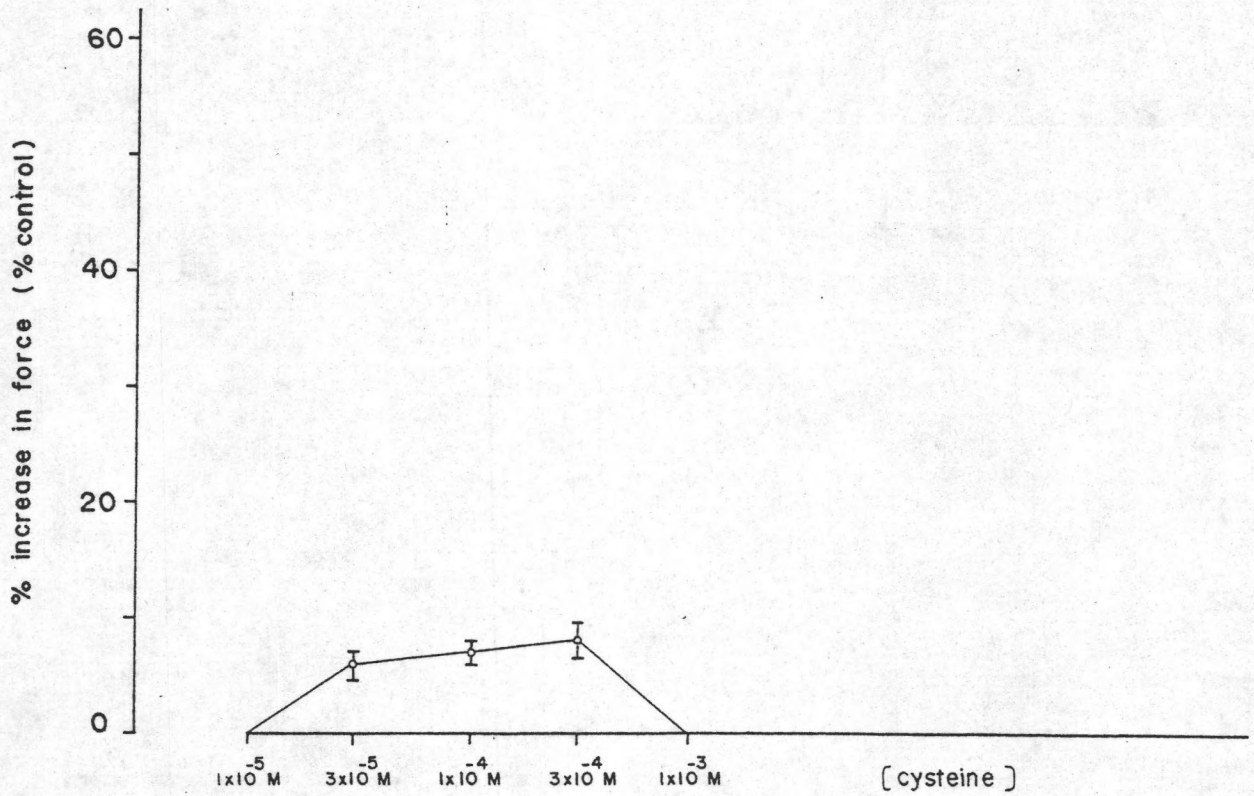
จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 63.54 $\pm$ 3.55% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่ง Cysteine สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้เล็กน้อย โดย Cysteine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 4.29$\pm$1.55% โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วน Cysteine ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-3}$ M พบว่ามีผลเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้เพียง 1.25 $\pm$ 0.42% (รูปที่ 16)

8.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 65.97 $\pm$ 2.86% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่ง Cysteine ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-5}$ M, $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 5.90 $\pm$ 0.87%, 6.95 $\pm$ 0.80% และ 7.99 $\pm$ 1.64% ตามลำดับ โดยเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 16 ผลของ cysteine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา ของหนูขาว (n = 4; $\bar{x} \pm$ SE)



รูปที่ 17 ผลของ cysteine ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 4; $\bar{x} \pm SE$)

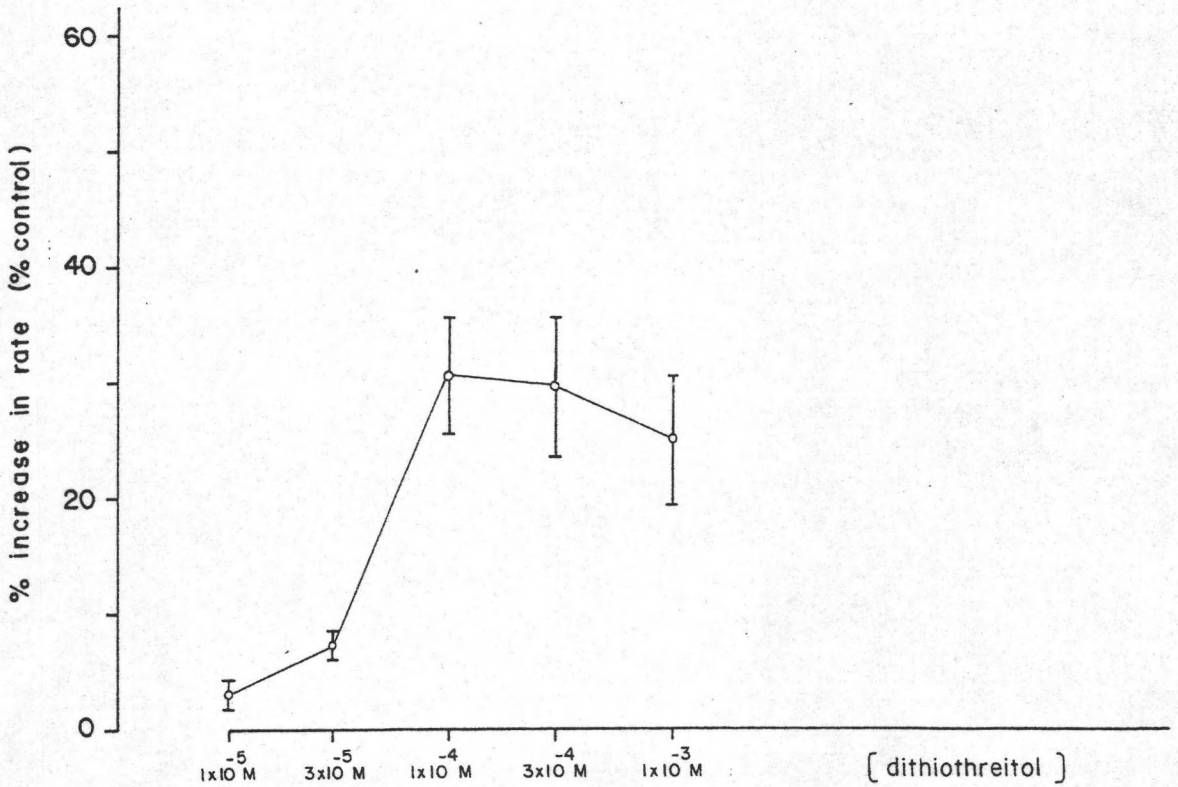
9. ผลของ DTT (dithiothreitol) ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

9.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

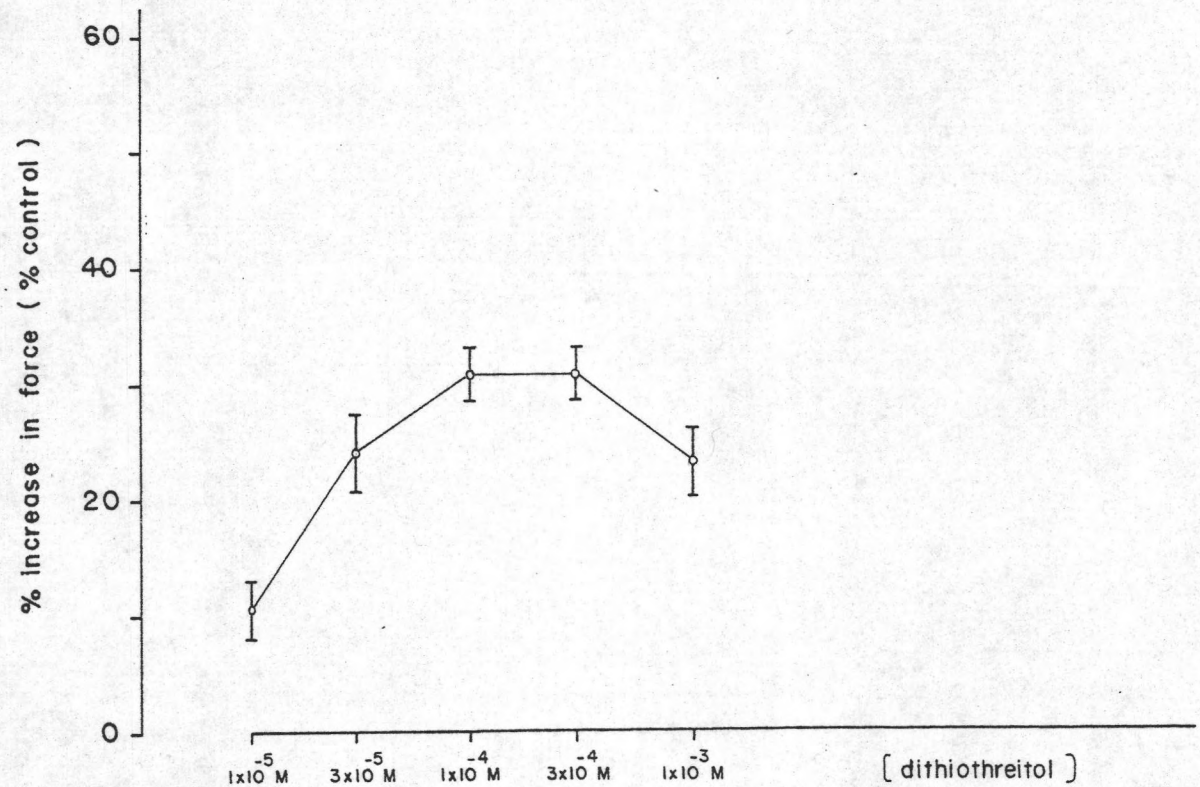
จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้วจะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 62.85 $\pm$ 3.92% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่ง DTT สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้ โดย DTT ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาที่รับ $CdCl_2$ ได้สูงสุด คือ 30.41 $\pm$ 4.98 % และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ DTT เป็น $3x10^{-4}$ M และ $1x10^{-3}$ M พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ เพิ่มขึ้น 29.51 $\pm$ 5.97% และ 24.79 $\pm$ 5.72% ตามลำดับ (รูปที่ 18) อย่างไรก็ตาม ผลของ DTT ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของ หัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสิ้น และไม่มีการเต้นผิดจังหวะของหัวใจเกิดขึ้นเลย

9.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 65.06 $\pm$ 2.89% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่ง DTT สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายได้ โดยแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ DTT เพิ่มสูงขึ้น และ DTT ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้สูงที่สุด คือ 30.61 $\pm$ 2.19% แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ DTT เป็น $1x10^{-3}$ M พบว่าแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ เพิ่มขึ้นเพียง 23.26 $\pm$ 2.73% (รูปที่ 19) โดยผลของ DTT ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งสิ้น และไม่มีการเต้นผิดจังหวะของหัวใจเกิดขึ้นเลย



รูปที่ 18 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 19 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว (n = 5; $\bar{x} \pm$ SE)

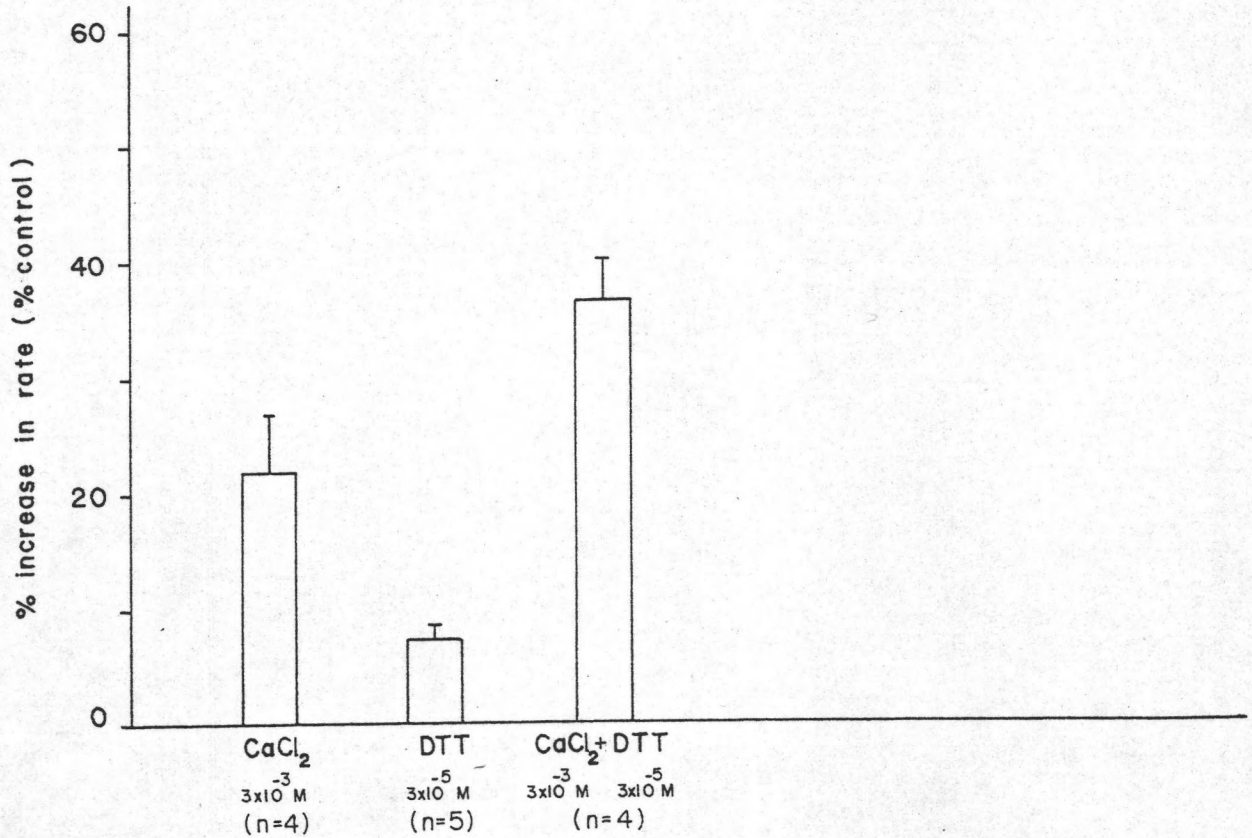
10. ผลการเสริมฤทธิ์ของ $CaCl_2$ และ DTT ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

10.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

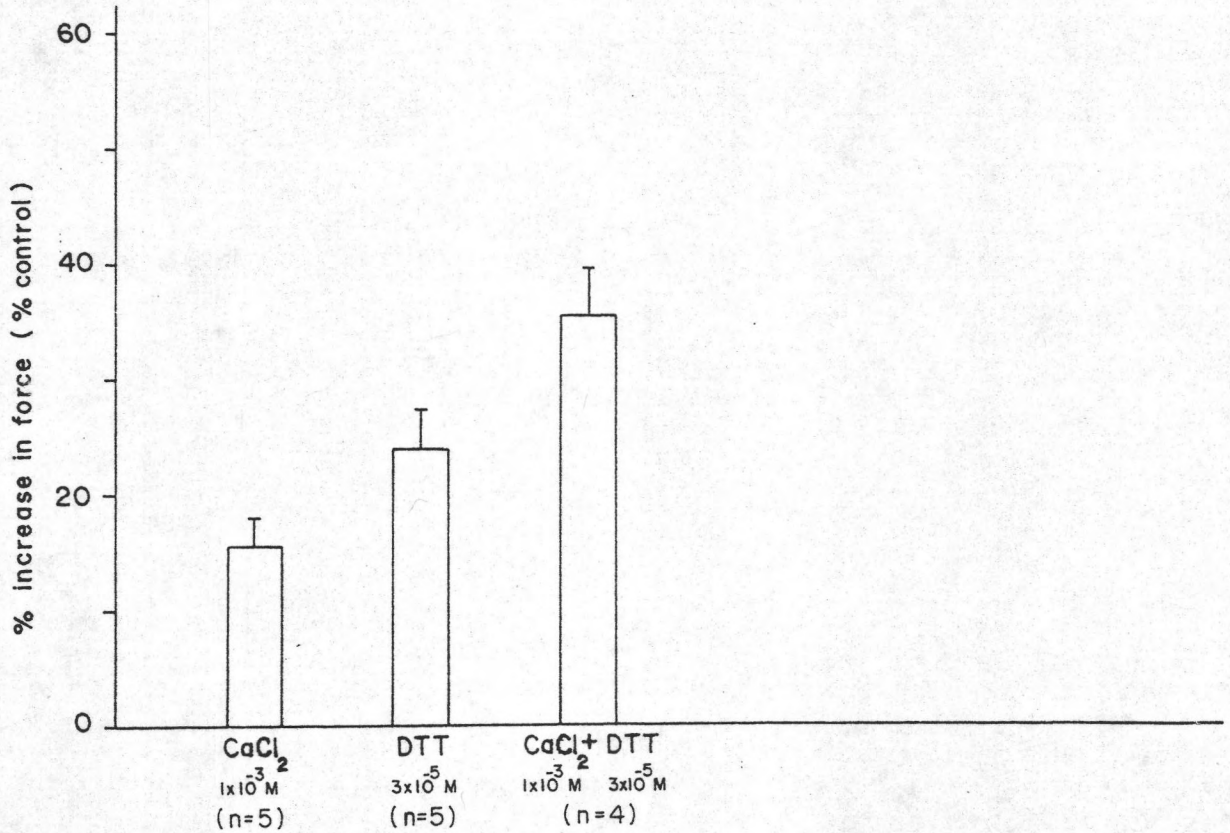
จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 65.47 $\pm$ 3.32% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ $3x10^{-3}$ M $CaCl_2$ ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M DTT สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 36.42 $\pm$ 3.64% ซึ่งเป็นการแก้ไขที่สมบูรณ์ (รูปที่ 20)

10.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 61.88 $\pm$ 4.54% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ $1x10^{-3}$ M $CaCl_2$ ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M DTT สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 35.30 $\pm$ 3.97% ซึ่งเป็นการแก้ไขที่เกือบสมบูรณ์ (รูปที่ 21)



รูปที่ 20 ผลของ $3x10^{-3}$ M $CaCl_2$, $3x10^{-5}$ M dithiothreitol และ $3x10^{-3}$ M $CaCl_2$ ร่วมกับ$3x10^{-5}$ dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว ($\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 21 ผลของ $1x10^{-3}$ M $CaCl_2$, $3x10^{-5}$ M dithiothreitol และ $1x10^{-3}$ M $CaCl_2$ ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียม ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ($\bar{x} \pm SE$)

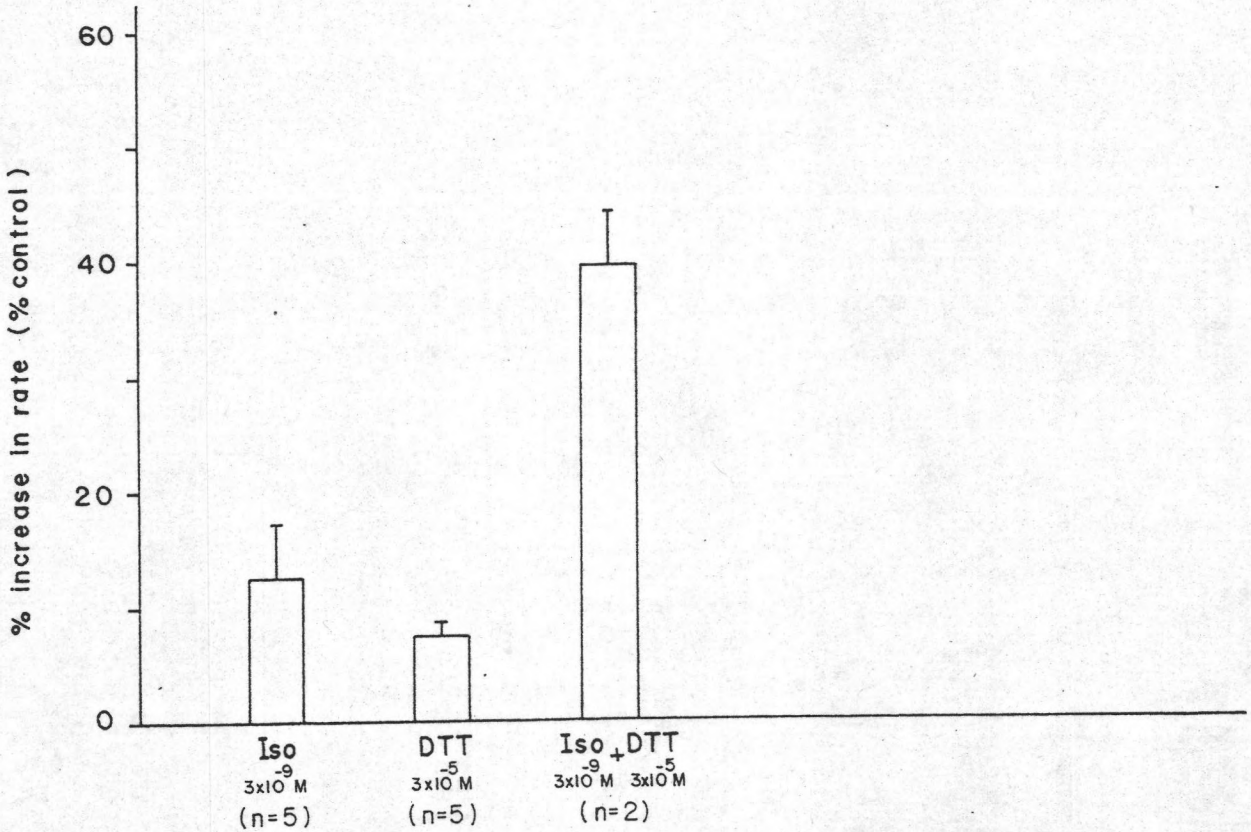
11. ผลการเสริมฤทธิ์กันของ isoproterenol และ DTT ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

11.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

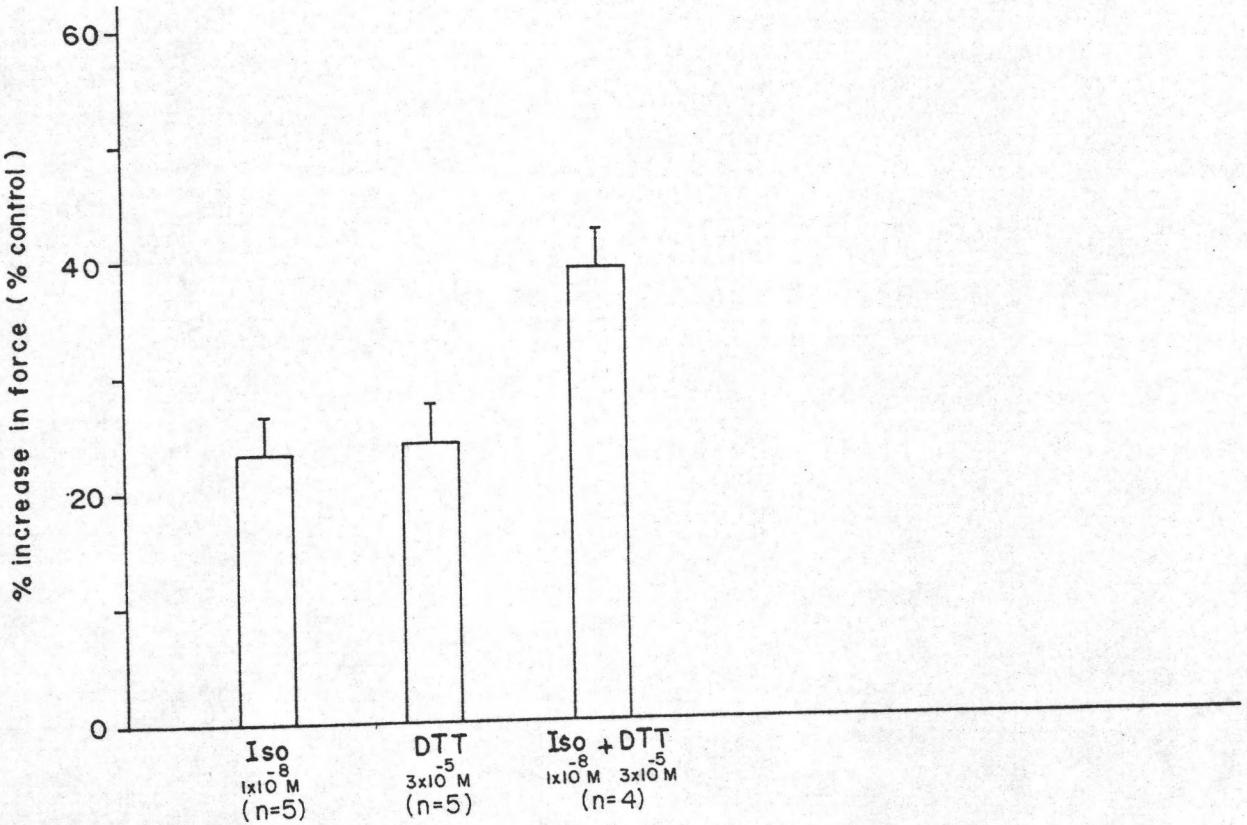
จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 60.64 $\pm$ 3.01% เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ $3x10^{-9}$ M isoproterenol ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M DTT สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 39.45 $\pm$ 4.61% ซึ่งเป็นการแก้ไขที่สมบูรณ์ (รูปที่ 22)

11.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 μM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 65.69 $\pm$ 5.43% เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ $1x10^{-8}$ M isoproterenol ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M DTT สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 38.87 $\pm$ 3.24% ซึ่งเป็นการแก้ไขที่สมบูรณ์ (รูปที่ 23)



รูปที่ 22 ผลของ $3x10^{-9}$ M isoproterenol, $3x10^{-5}$ M dithiothreitol และ $3x10^{-9}$ M isoproterenol ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว ($\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 23 ผลของ $1x10^{-8}$ M isoproterenol, $3x10^{-5}$ M dithiothreitol และ $1x10^{-8}$ M isoproterenol ร่วมกับ $3x10^{-5}$ M dithiothreitol ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียม ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ($\bar{x} \pm SE$)

12. ผลของ dibutyryl c-AMP (N^6,2'-O-dibutyryl adenosine 3':5'-cyclic-monophosphate) ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

12.1 ผลเมื่อได้รับ dibutyryl c-AMP หลังจากได้รับ $CdCl_2$

12.1.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

จากการทดลองเมื่อหัวใจห้องบนขวาได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาที แล้วจะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 69.95 $\pm$ 2.94% (ในกลุ่มที่รับแก้ไขด้วย $3x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP) และ 59.75 $\pm$ 3.25% (ในกลุ่มที่รับการแก้ไขด้วย $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP) เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นปกติ ซึ่ง dibutyryl c-AMP ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้อย่างมีนัยทางสถิติ และเป็นการแก้ไขที่สมบูรณ์ โดยในระยะแรก dibutyryl c-AMP มีผลลดอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ จนเมื่อเวลา 6 นาที $3x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP จะมีผลเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ส่วน $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP จะเห็นผลที่เวลา 11 นาที (รูปที่ 24)

12.1.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลอง เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายได้รับ 40 µM $CdCl_2$ ครบ 15 นาทีแล้ว จะมีแรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 65.44 $\pm$ 5.07% (ในกลุ่มที่รับการแก้ไขด้วย $3x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP) และ 60.25$\pm$3.65% (ในกลุ่มที่รับการแก้ไขด้วย $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP) เมื่อเทียบกับแรงบีบตัวปกติ ซึ่งdibutyryl c-AMP ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการแก้ไขจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา ผ่านไปพบว่าที่เวลา 19 นาที $3x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP และ $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 35.67 $\pm$ 7.1% และ 31.19 $\pm$ 3.61% ตามลำดับ (รูปที่ 25)

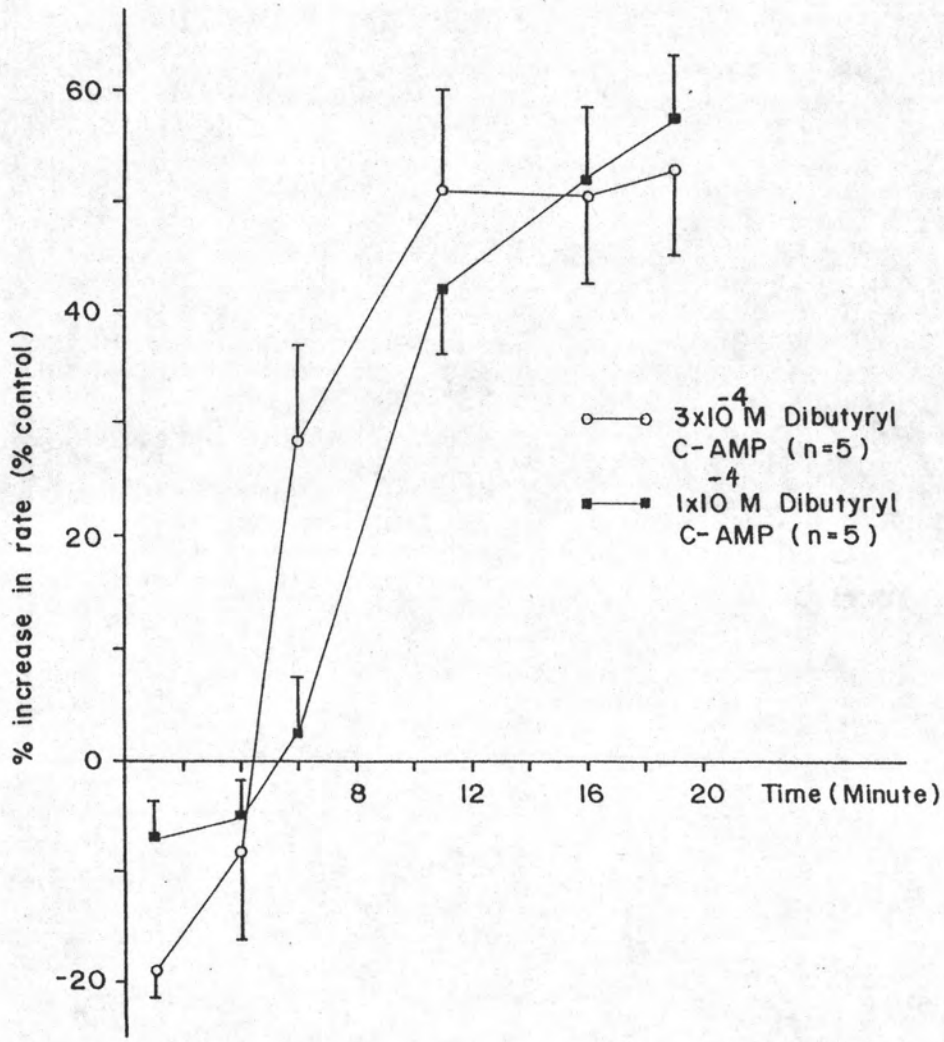
12.2 ผลเมื่อได้รับ dibutyryl c-AMP ก่อนได้รับ $CdCl_2$

12.2.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

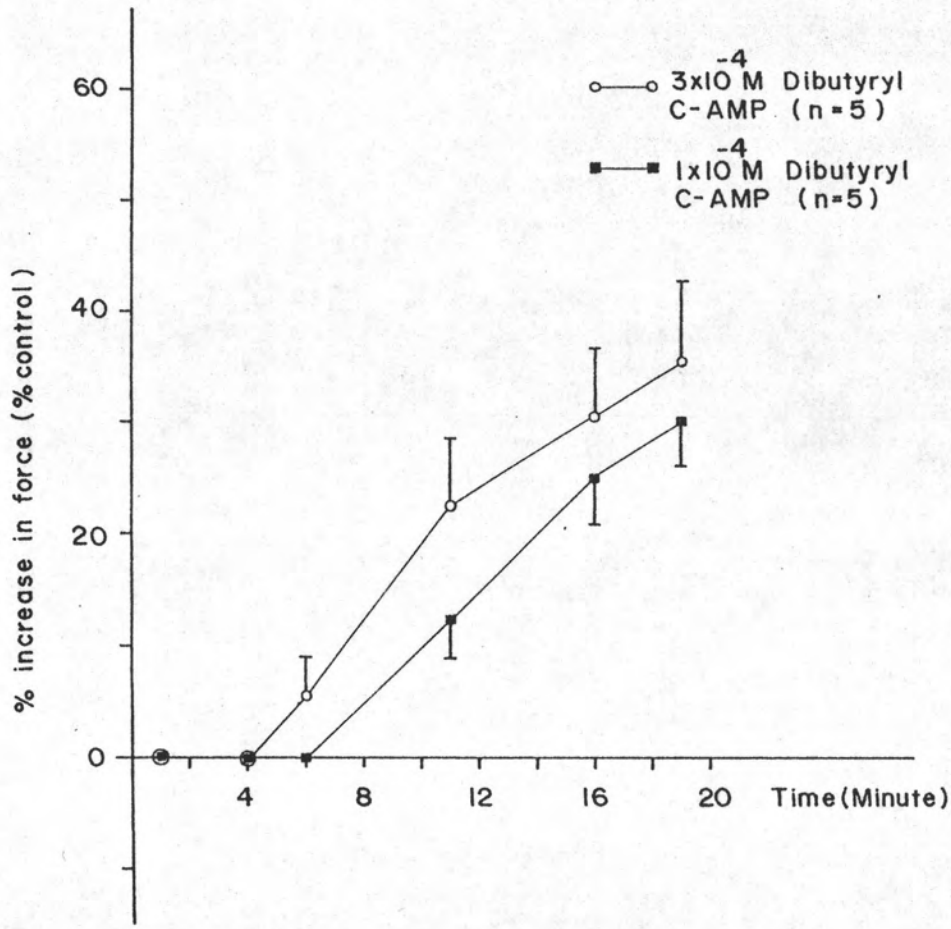
จากการทดลองพบว่า $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP ทำให้หัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ มีอัตราการเต้นเพิ่มขึ้น 7.89 $\pm$ 5.88% ที่เวลา 30 นาที หลังจากรับยา (รูปที่ 26) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อให้ 40 uM $CdCl_2$ ตามลงไป พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเป็น 89.38 $\pm$ 5.15% ของอัตราการเต้นปกติ และเป็นการลดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงรูปที่ 28

12.2.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

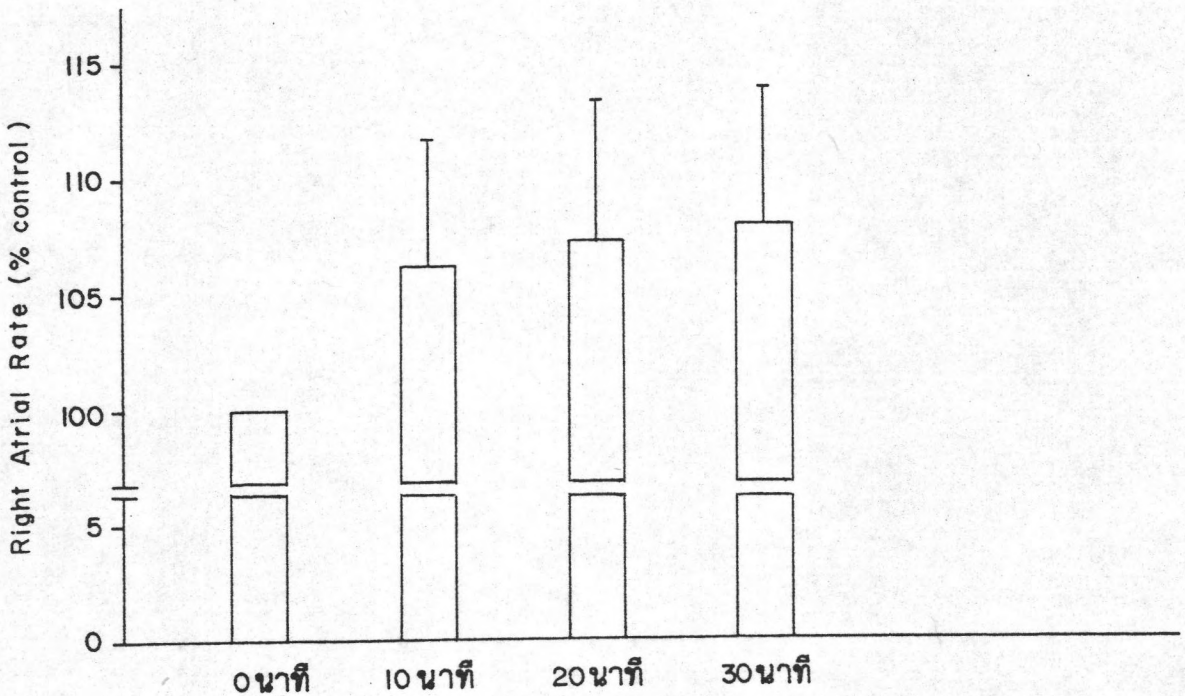
จากการทดลองพบว่า $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP ทำให้หัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ มีแรงบีบตัวเพิ่มสูงขึ้น 10.78 $\pm$ 3.89% ที่เวลา 30 นาที (รูปที่ 27) ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ ตามลงไป พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที แรงบีบตัวของหัวใจลดลงเป็น 52.77 $\pm$ 3.94% ของแรงบีบตัวปกติ ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 29



รูปที่ 24 ผลของ dibutyryl c-AMP ในความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M ที่เวลาต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาว ($\bar{x}\pm SE$)

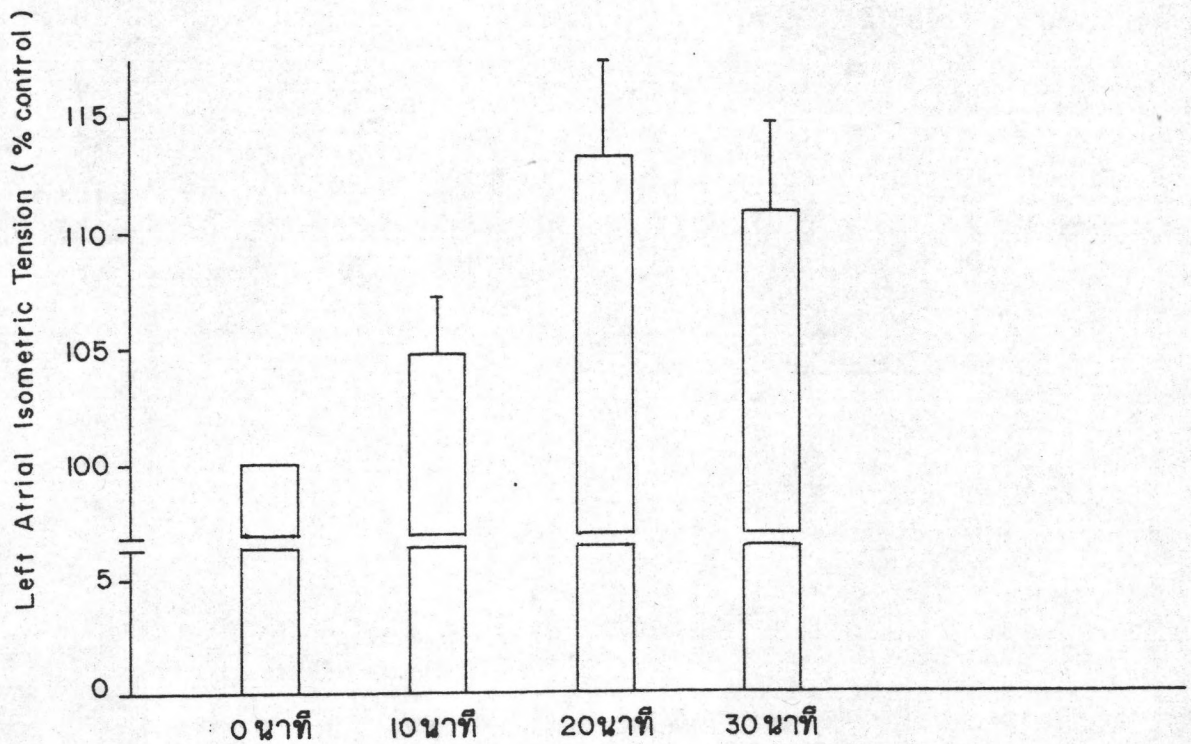


รูปที่ 25 ผลของ dibutyryl c-AMP ในความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M และ $3x10^{-4}$ M ที่เวลาต่าง ๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ($\bar{x}\pm SE$)



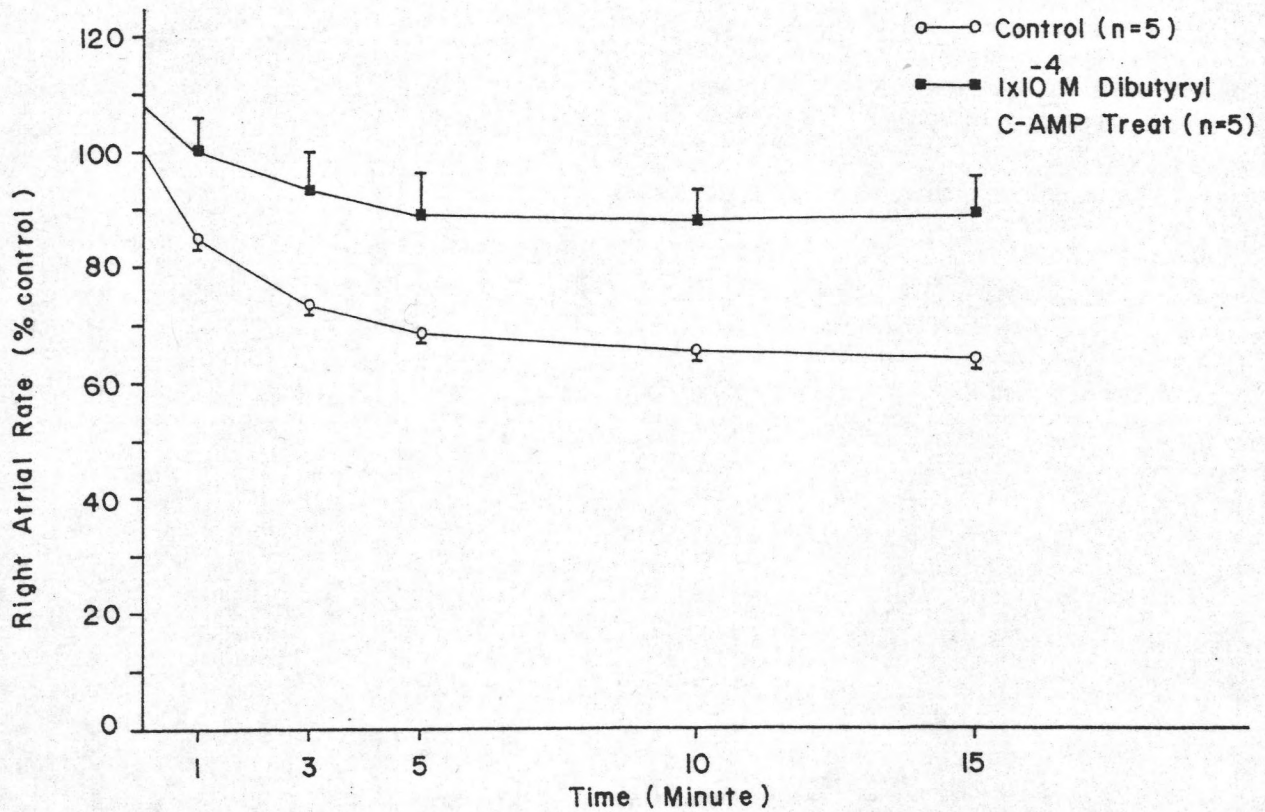
รูปที่ 26 ผลของ dibutyryl c-AMP ($1x10^{-4}$ M) ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติที่เวลาต่างๆ

(n = 5; $\bar{x} \pm$ SE)

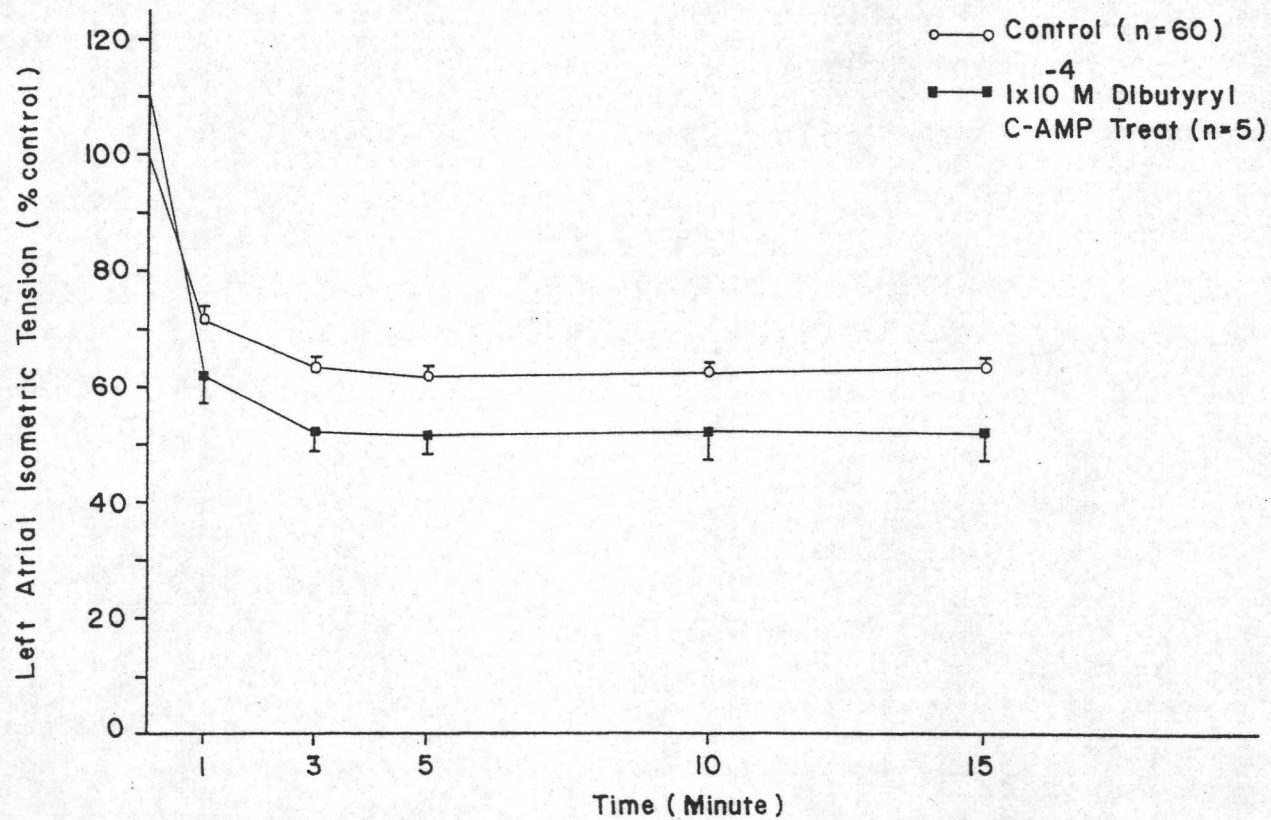


รูปที่ 27 ผลของ dibutyryl c-AMP ($1x10^{-4}$ M) ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติที่เวลาต่าง ๆ

($n = 5$; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 28 ผลของ $CdCl_2$ (40 μM) ต่ออัตราการเต้น ของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ และหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวที่ได้รับ $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP ก่อนเป็นเวลา 30 นาที ($\bar{x} \pm$ SE)



รูปที่ 29 ผลของ $CdCl_2$ (40 μM) ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ และหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ $1x10^{-4}$ M dibutyryl c-AMP ก่อนเป็นเวลา 30 นาที ($\bar{x} \pm SE$)

13. ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว

13.1 ผลเมื่อได้รับ amrinone หลังจากได้รับ $CdCl_2$

จากการทดลอง พบว่า amrinone ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M ไม่สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายได้ (ตารางที่ 2)

13.2 ผลเมื่อได้รับ amrinone ก่อนได้รับ $CdCl_2$

จากการทดลองพบว่าเมื่อให้ amrinone ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M เป็นเวลา 15 นาที มีผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเป็น 97.5 $\pm$ 0.39% เมื่อเทียบกับอัตราปกติ (ตารางที่ 3) และเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ ตามลงไป พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเป็น 59.81 $\pm$ 4.20% ของอัตราการเต้นปกติ (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นการลดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำหรับหัวใจห้องบนซ้ายเมื่อให้ amrinone ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M ไม่มีผลในการเพิ่มหรือการลดแรงบีบตัวของหัวใจหนูขาวปกติได้ (ตารางที่ 3) และเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ ตามลงไป พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที แรงบีบตัวของหัวใจลดลงเป็น 45.43 $\pm$ 4.10% ของแรงบีบตัวปกติ (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นการลดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาและลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ($\bar{x} \pm SE$)

ความเข้มข้นของ amrinone	%การเพิ่มของอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา(n=4)	%การเพิ่มของแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย(n=4)
$1x10^{-4}$ M	-1.76 ± 1.01	0

ตารางที่ 3 ผลของ amrinone ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และ แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย ของหนูขาวปกติ ($\bar{x} \pm SE$)

ความเข้มข้นของ amrinone	อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา(%control) (n=5)	แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย(%control) (n=5)
$1x10^{-4}$ M	97.50 ± 0.39	100

ตารางที่ 4 ผลของ $CdCl_2$ ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย ของหนูขาวที่ได้รับ amrinone ($\bar{x} \pm SE$)

ความเข้มข้นของ $CdCl_2$	อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา(%control) (n=5)	แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย(%control) (n=5)
40 µM	59.81 ± 4.20	45.43 ± 4.10

14. ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภา

จากการทดลองพบว่าหัวใจห้องบนขวาของหนูตะเภาเมื่อได้รับ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเป็น 57.23 $\pm$ 2.82% ของอัตราการเต้นปกติ (ตารางที่ 5) และเมื่อให้ amrinone ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-5}$ M, $3x10^{-5}$ M และ $1x10^{-4}$ M พบว่าสามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาได้ โดยเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่รับ $CdCl_2$ ได้ 9.16 $\pm$ 1.07%, 12.45$\pm$1.48% และ 13.24 $\pm$ 0.70% ตามลำดับ โดยเป็นการเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกความเข้มข้น (ตารางที่ 6)

สำหรับหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภาปกติ เมื่อได้รับ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที แรงบีบตัวของหัวใจลดลงเป็น 63.59 $\pm$ 8.17% ของแรงบีบตัวปกติ (ตารางที่ 5)และพบว่า amrinone ในทุกขนาดความเข้มข้น ม่สามารถแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายได้ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ผลของ $CdCl_2$ ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภา ($\bar{x} \pm SE$)

ความเข้มข้นของ $CdCl_2$	อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา (%control) (n=3)	แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย(%control) (n=3)
40 µM	57.23 ± 2.82	63.59 ± 8.47

ตารางที่ 6 ผลของ amrinone ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูตะเภา ($\bar{x} \pm SE$)

ความเข้มข้นของ amrinone	%การเพิ่มของอัตราการเต้นหัวใจห้องบนขวา (n=3)	%การเพิ่มของแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย (n=3)
$1x10^{-5}$ M	9.16±1.07	0
$3x10^{-5}$ M	12.45 ± 1.48	0
$1x10^{-4}$ M	13.24 ± 0.70	0

15. ผลของ DTT ในการแก้ไขภาวะที่ $CdCl_2$ ลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา และลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ Tyramine และ Reserpine

15.1 ผลในหนูขาวที่ได้รับ Tyramine

15.1.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

จากการทดลองพบว่าเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที กับหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวที่ได้รับ Tyramine จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 46.86 $\pm$ 3.15 % ของอัตราการเต้นปกติ (รูปที่ 30) และเมื่อให้ DTT เข้าไปแก้ไขภาวะดังกล่าว พบว่า DTT ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M จะเพิ่มอัตราการเต้นได้สูงสุดคือ 23.91 $\pm$ 1.96 % (รูปที่ 32) หรือกล่าวได้ว่าทำให้มีอัตราการเต้นเป็น 70.86 $\pm$ 5.12 % ของอัตราปกติ (รูปที่ 34)อย่างไรก็ตาม DTT ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-5}$ M, $1x10^{-4}$ M, $3x10^{-4}$ M และ $1x10^{-3}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

15.1.2 ผลต่อแรงบีบของหัวใจห้องบนซ้าย

จากการทดลองพบว่าเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที กับหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ Tyramine จะทำให้แรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 32.18 $\pm$ 6.34 % ของแรงบีบตัวปกติ (รูปที่ 31) และเมื่อให้ DTTเข้าไปแก้ไขภาวะดังกล่าว พบว่า DTT ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M จะเพิ่มแรงบีบตัวได้สูงสุด คือ 47.85 $\pm$ 3.97% (รูปที่ 33) หรือกล่าวได้ว่าทำให้มีแรงบีบตัวเป็น 80.14$\pm$3.97% ของแรงบีบตัวปกติ (รูปที่ 35) โดย DTT ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลองยกเว้น $1x10^{-5}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

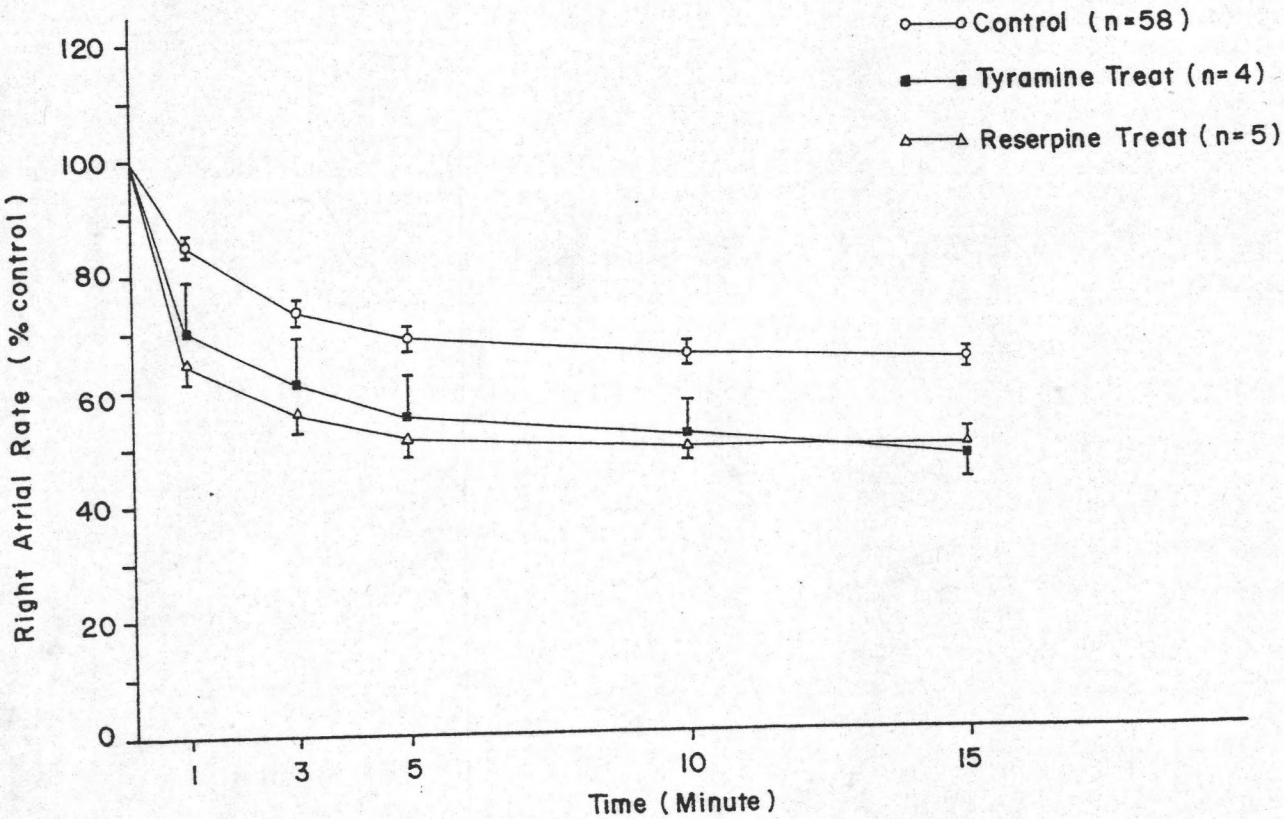
15.2 ผลในหนูขาวที่ได้รับ Reserpine

15.2.1 ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา

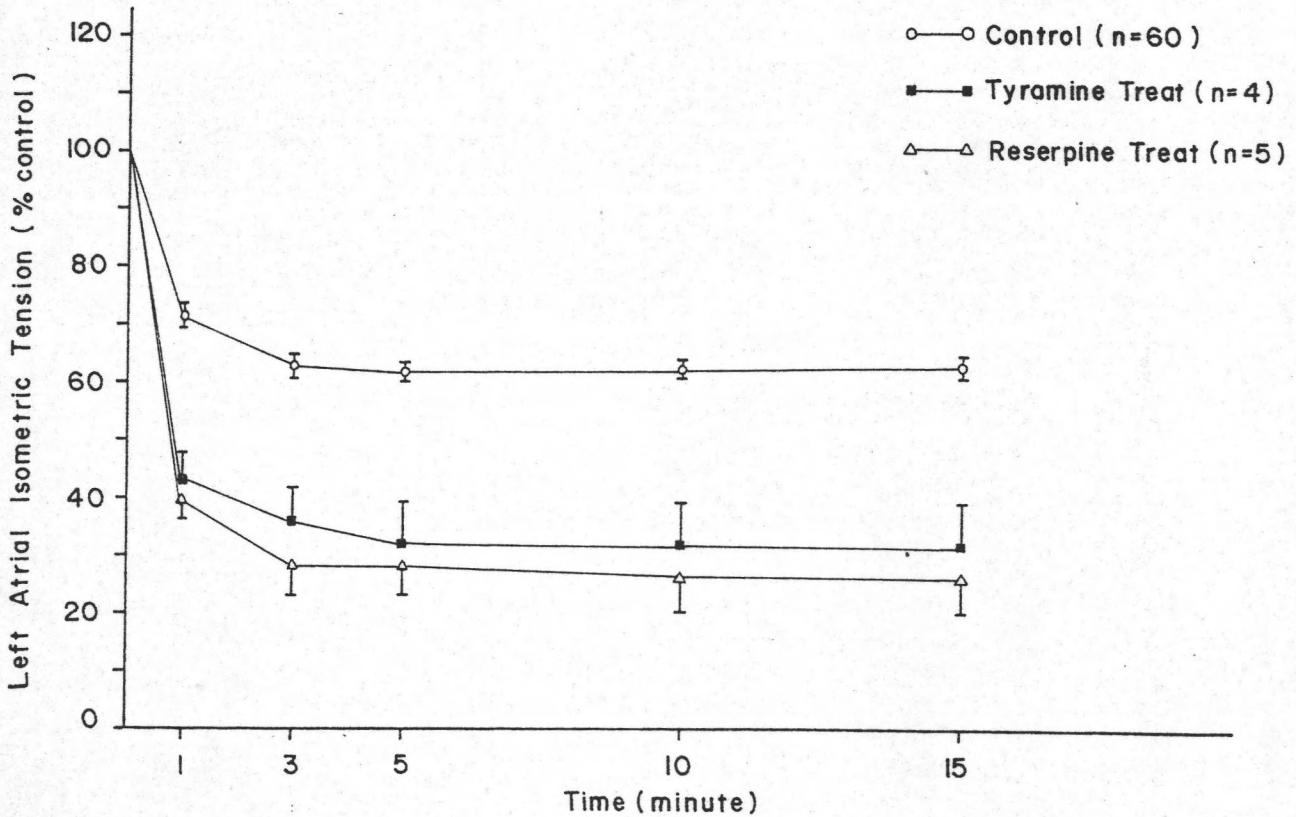
จากการทดลองพบว่าเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที กับหัวใจห้องบนขวาที่แยกจากหนูขาวที่ได้รับ Reserpine จะทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงเหลือ 49.67 $\pm$ 1.71 % ของอัตราปกติ (รูปที่ 30) และเมื่อให้ DTT ในขนาดความเข้มข้น $3x10^{-5}$ M จะเพิ่มอัตราการเต้นได้สูงสุดคือ 21.78 $\pm$ 2.38 % (รูปที่ 32) หรือกล่าวได้ว่าทำให้มีอัตราการเต้นเป็น 71.45 $\pm$ 2.54 % ของอัตราการเต้นปกติ (รูปที่ 34) โดย DTT ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง ยกเว้น $1x10^{-5}$ M สามารถเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

15.2.2 ผลต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย

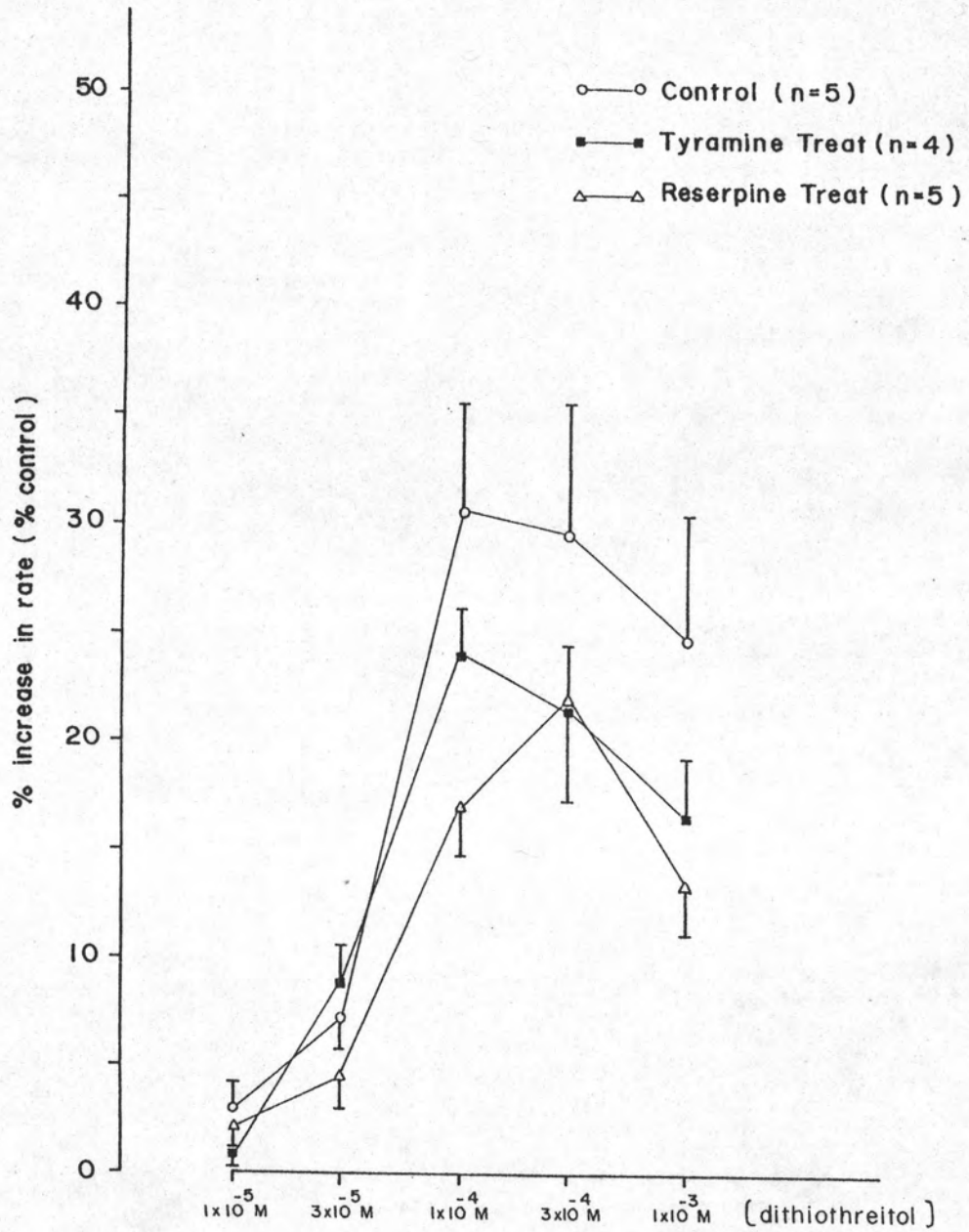
จากการทดลองพบว่าเมื่อให้ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที กับหัวใจห้องบนซ้ายที่แยกจากหนูขาวที่ได้รับ reserpine จะทำให้แรงบีบตัวของหัวใจลดลงเหลือ 26.27 $\pm$ 4.93 % ของแรงบีบตัวปกติ (รูปที่ 31) และเมื่อให้ DTT เข้าไปแก้ไขภาวะดังกล่าว พบว่า DTT ในขนาดความเข้มข้น $1x10^{-4}$ M จะเพิ่มแรงบีบตัวได้สูงสุด คือ 44.12 $\pm$ 5.10% (รูปที่ 33) หรือกล่าวได้ว่าทำให้มีแรงบีบตัวเป็น 70.25 $\pm$ 0.89 % ของแรงบีบตัวปกติ (รูปที่ 35) โดย DTT ในทุกขนาดความเข้มข้นที่ทดลอง ยกเว้น $1x10^{-5}$ M สามารถเพิ่มแรงบีบตัวของหัวใจได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 30 ผลของ $CdCl_2$ (40 µM) ต่ออัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine ที่เวลาต่าง ๆ ($\bar{x} \pm SE$)

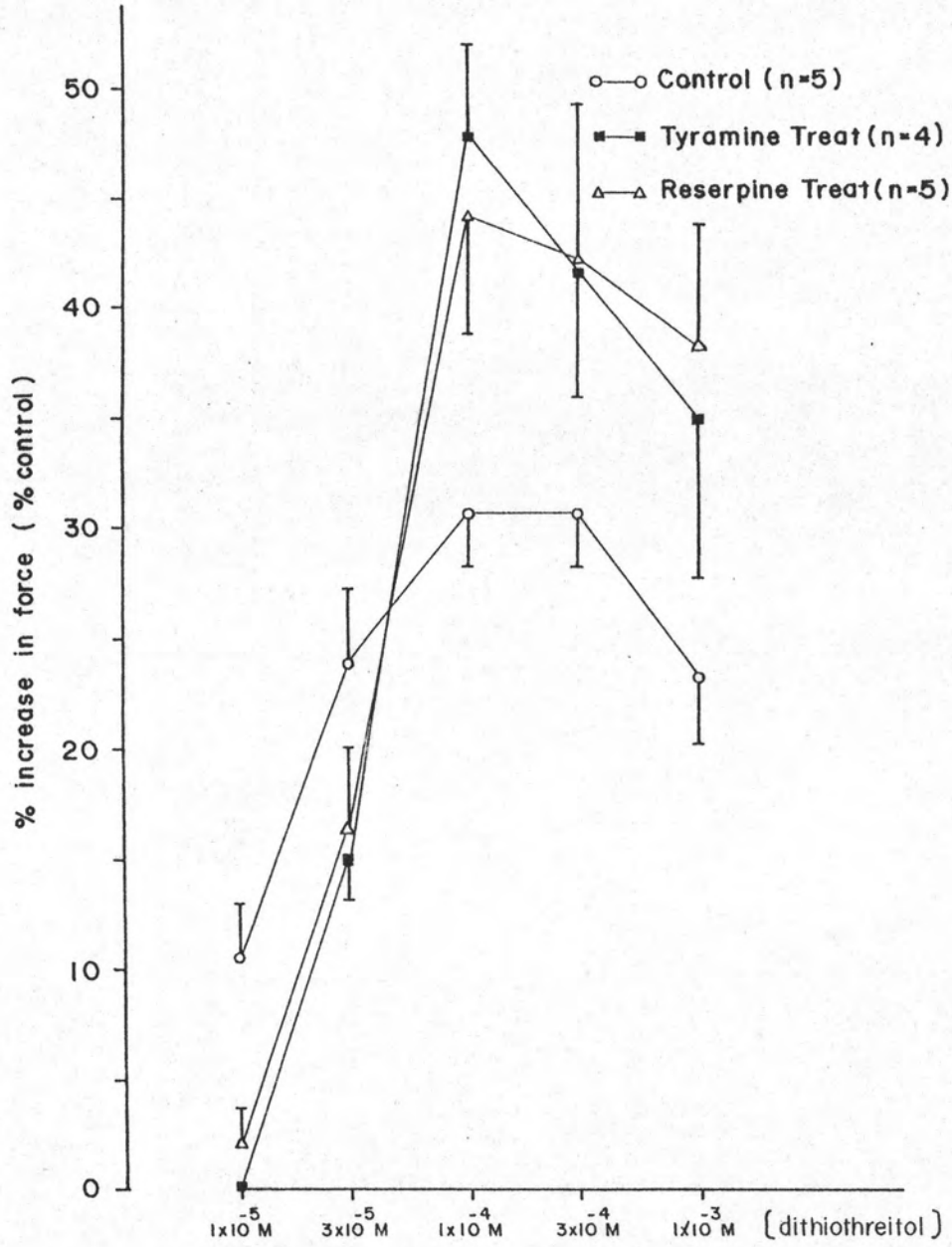


รูปที่ 31 ผลของ $CdCl_2$ (40 μM) ต่อแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine ที่เวลาต่าง ๆ ($\bar{x} \pm SE$)



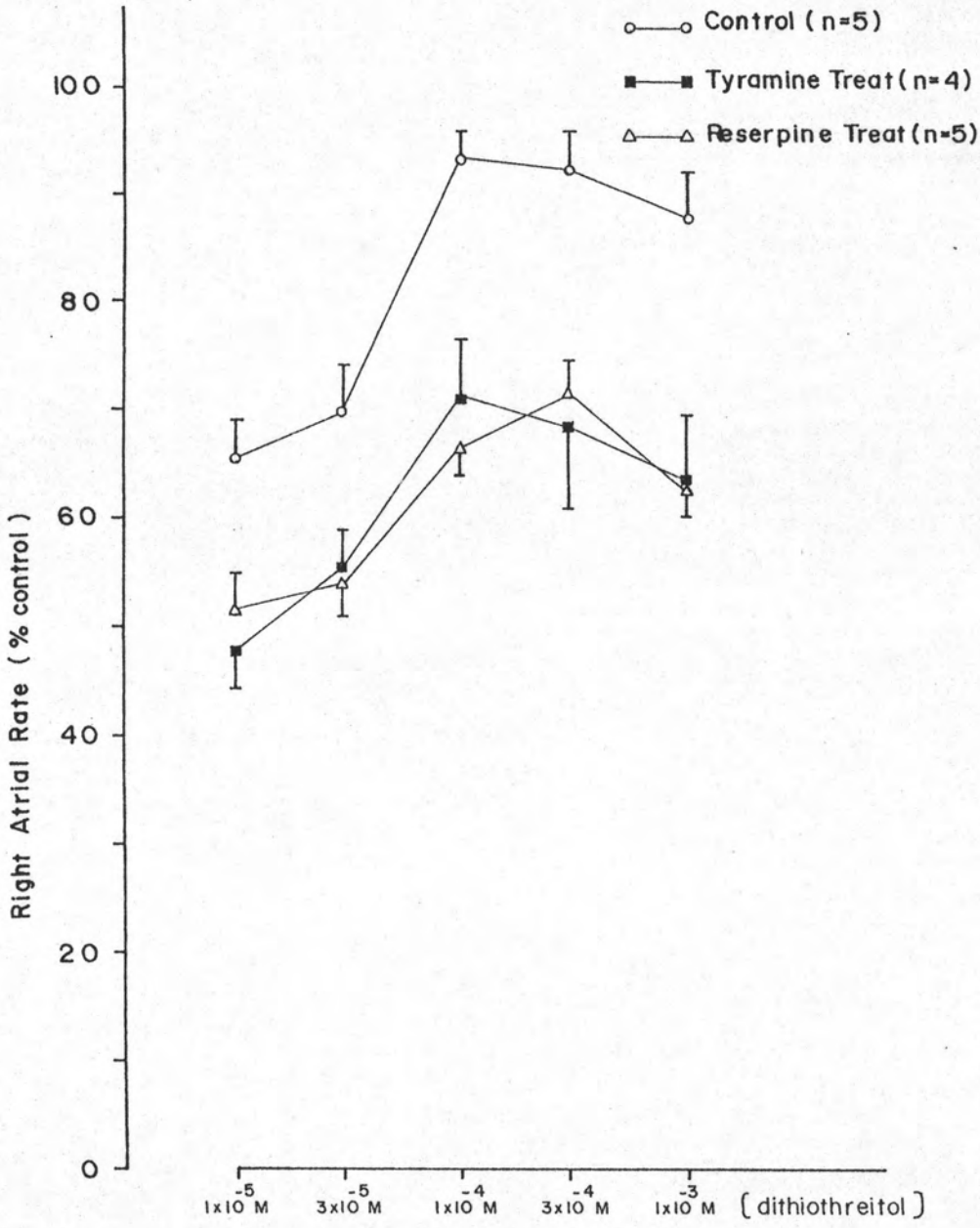
รูปที่ 32 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramineและหนูขาวที่ได้รับ reserpine

(แสดงค่า % การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา; $\bar{x} \pm SE$)



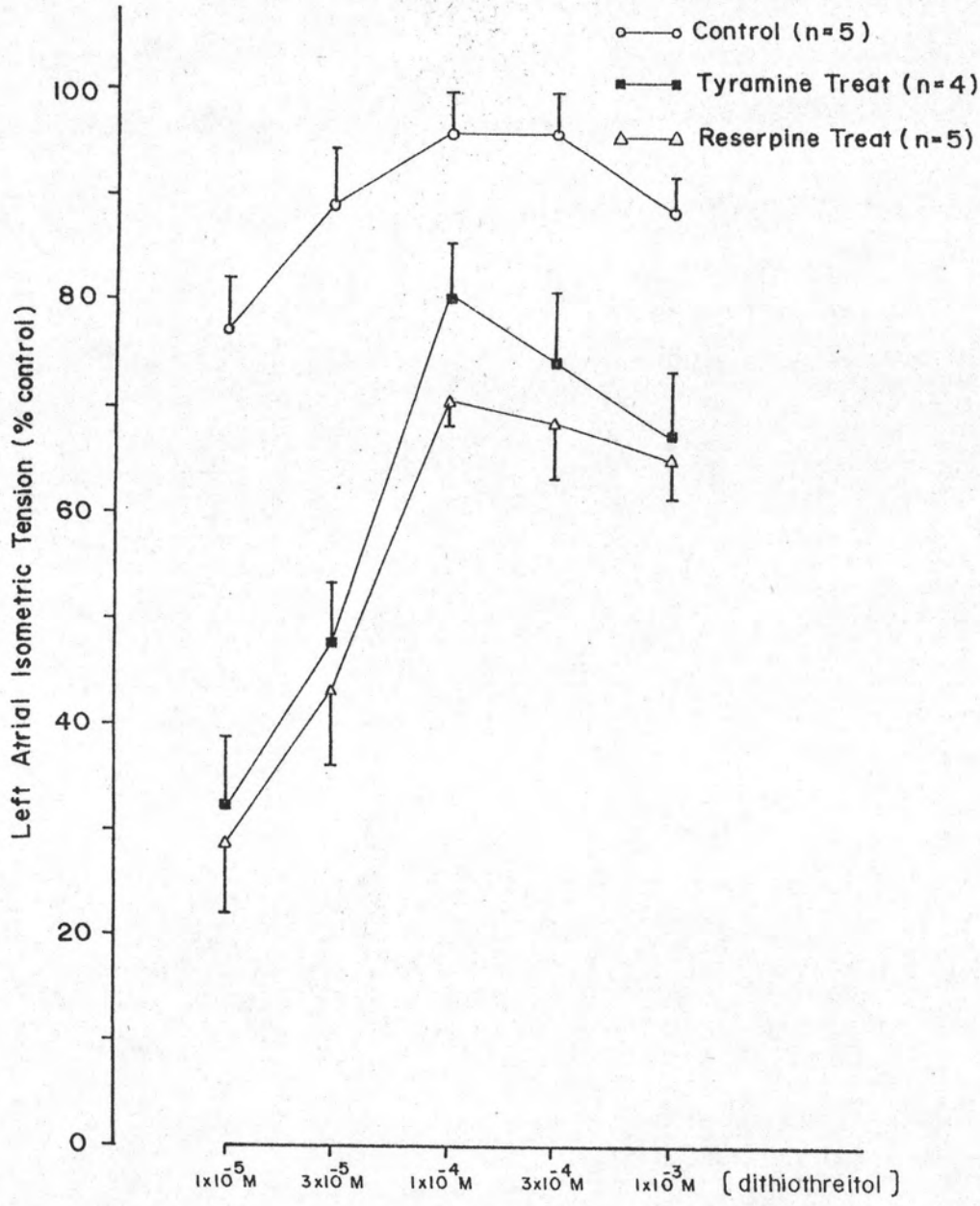
รูปที่ 33 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine

(แสดงค่า % การเพิ่มขึ้นของแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 34 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดอัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวาของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine

(แสดงค่า % อัตราการเต้นของหัวใจห้องบนขวา เมื่อเทียบกับสภาวะปกติก่อนรับยา; $\bar{x} \pm SE$)



รูปที่ 35 ผลของ dithiothreitol ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการแก้ไขภาวะที่แคดเมียมลดแรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวปกติ หนูขาวที่ได้รับ tyramine และหนูขาวที่ได้รับ reserpine

(แสดงค่า % แรงบีบตัวของหัวใจห้องบนซ้าย เมื่อเทียบกับสภาวะปกติก่อนรับยา; $\bar{x} \pm SE$)

16. ผลของ $CdCl_2$ ต่อการหลั่งของแคลเซียมจาก Sacroplasmic reticulum ของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ซึ่งถูกกระตุ้นโดย caffeine

16.1 ผลการศึกษาใน Calcium free EGTA Ringer Locke solution

จากการทดลองพบว่าเมื่อให้ 50 mM Caffeine กับหัวใจห้องบนซ้ายที่ไม่ได้กระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่แช่อยู่ใน Calcium free EGTA Ringer Locke solution จะทำให้เกิดภาวะการหดเกร็ง (contracture) ของกล้ามเนื้อหัวใจ ดังแสดงในตาราง ที่ 7 และ รูปที่ 36 ก.

เมื่อศึกษาผลของ $CdCl_2$ ต่อการเกิด contracture พบว่า หลังจากให้หัวใจห้องบนซ้ายรับ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงให้ 50 mM caffeine จะทำให้เกิดภาวะการหดเกร็งเช่นกัน (ตารางที่ 7, 8 และ รูปที่ 36 ข.) แต่จะพบว่ามีค่าการหดเกร็งสูงขึ้น 45.88 $\pm$ 6.10 % เมื่อเทียบกับค่าการหดเกร็งในภาวะที่ไม่มี $CdCl_2$ ซึ่งเป็นการเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

16.2 ผลการศึกษาใน Ringer Locke solution

จากการทดลองโดยใช้หนูขาว 2 ตัว พบว่าเมื่อให้ 50 mM caffeine กับ หัวใจห้องด้านซ้าย ที่ไม่ได้กระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่แช่อยู่ใน Ringer Locke solution จะทำให้เกิดภาวะการหดเกร็ง โดยมีค่าการหดเกร็งเท่ากับ 367 mg และ 300 mg (รูปที่ 37 ก. และ ค.)

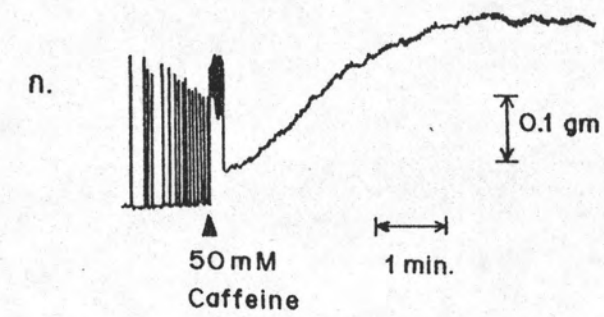
เมื่อศึกษาผลของ $CdCl_2$ ต่อการเกิดการหดเกร็ง พบว่าหลังจากให้หัวใจห้องบนซ้ายรับ 40 μM $CdCl_2$ เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงรับ 50 mM caffeine จะ ทำให้เกิดภาวะการหดเกร็งเช่นกัน โดยมีค่าการหดเกร็งเท่ากับ 250 mg และ 283 mg (รูปที่ 37 ข. และ ง.)

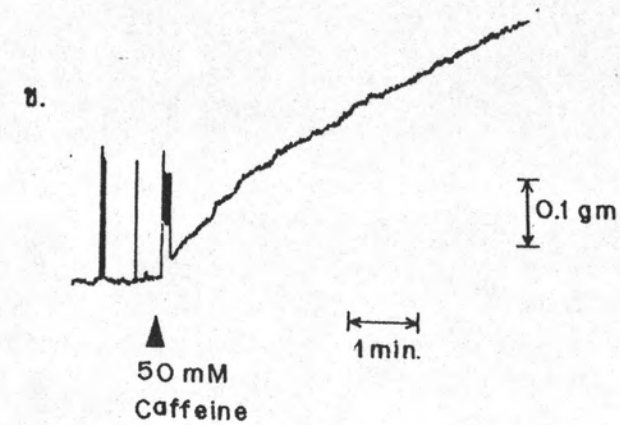
ตารางที่ 7 ค่าการหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ที่ได้รับ 50 mM Caffeine โดยศึกษาใน calcium free EGTA Ringer Locke solution (n = 4)

การทดลองครั้งที่	ค่าการหดเกร็ง (มิลลิกรัม)	
	ไม่มี $CdCl_2$	มี $CdCl_2$
1	283	383
2	233	367
3	150	233
4	283	383

ตารางที่ 8 ค่าการหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาวที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน calcium free EGTA Ringer Locke solution (รายงานผลเป็นค่าร้อยละของการหดเกร็งเมื่อเทียบให้การหดเกร็งในภาวะที่ไม่มี $CdCl_2$ เป็น 100%)

ค่าการหดเกร็ง (%control) ($\bar{x} \pm SE$)	
ไม่มี $CdCl_2$ (n=4)	มี $CdCl_2$ (n=4)
100	145.88±6.10

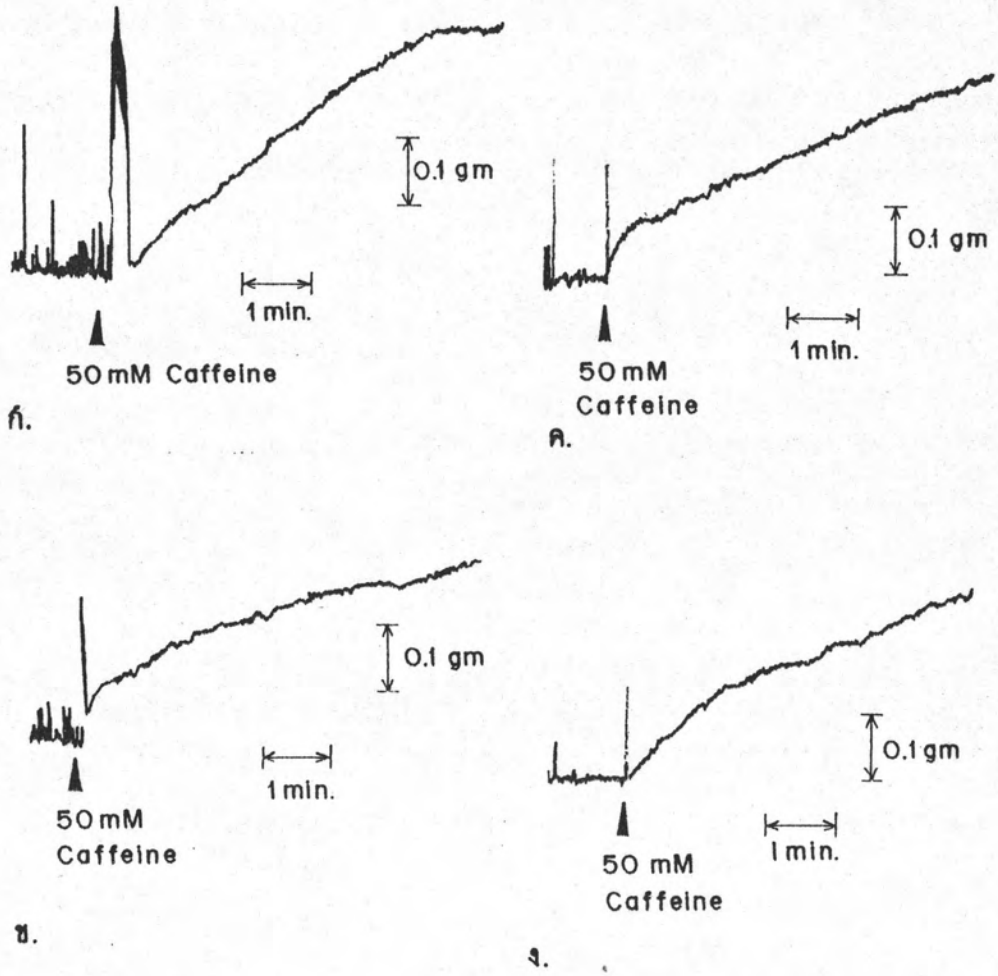




รูปที่ 36 การหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน calcium free EGTA Ringer Locke solution

ก. ไม่มี $CdCl_2$

ข. มี $CdCl_2$ (40 μM)



รูปที่ 37 การหดเกร็งของกล้ามเนื้อหัวใจห้องบนซ้ายของหนูขาว ที่ได้รับ 50 mM caffeine โดยศึกษาใน Ringer Locke solution

ก. หนูตัวที่ 1 ไม่มี $CdCl_2$

ข. หนูตัวที่ 1 มี $CdCl_2$ (40 μM)

ค. หนูตัวที่ 2 ไม่มี $CdCl_2$

ง. หนูตัวที่ 2 มี $CdCl_2$ (40 μM)