

การศึกษาค่ากัมมันตภาพของแคลเซียม – เอทีพีเอส และไฮโดรเจน โฟสเฟตเซียม – เอทีพีเอส  
ของเม็ดเลือดแดงในกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการไหลตาย  
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

นางสาว กัลยา ก่องวัฒนากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974 - 638 - 839 - 8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**STUDIES OF THE ACTIVITIES OF Ca – ATPase AND H - K – ATPase  
OF ERYTHROCYTE IN HIGH RISK POPULATION FOR  
SUDDEN UNEXPLAINED DEATH SYNDROME IN THE NORTHEAST THAILAND**

**MISS KALAYA KONGWATTANAKUL**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Master of Science in medical**

**Department of Medical Science**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

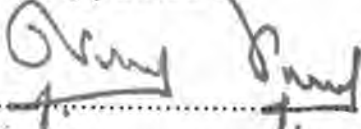
**Academic Year 1997**

**ISBN 974 - 638 - 839 - 8**

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาค่ากัมมันตภาพของแคลเซียม-เอทีพีเอส และไฮโดรเจน  
โพแทสเซียม-เอทีพีเอสของเม็ดเลือดแดงในกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อ  
การเกิดกลุ่มอาการไหลตายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
โดย                              นางสาว กัลยา ก้องวัฒนากุล  
สาขาวิชา                      วิทยาศาสตร์การแพทย์  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ปิยะรัตน์ โตสุโขวงศ์  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม        ศาสตราจารย์นายแพทย์ เกรียง ตั้งสง่า

---

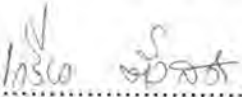
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้ให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

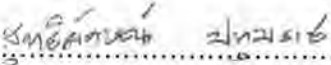
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิง นันทนา ศิริทรัพย์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ปิยะรัตน์ โตสุโขวงศ์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ เกรียง ตั้งสง่า)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิลักษณ์ ปทุมราช)

# พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กัลยา กองวัฒนากุล:การศึกษาค่ากัมมันตภาพของแคลเซียม-เอทีพีเอสและโซโครเจน-โพแทสเซียม-เอทีพีเอสของเม็ดเลือดแดงในกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อการเกิดกลุ่มอาการโหลตายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Studies of the activities of Ca-ATPase and H-K-ATPase of erythrocyte in high risk population for sudden unexplained death syndrome in the northeast Thailand) อ.ที่ปรึกษา ร.ศ.ปิยะรัตน์ โคสุโขวงศ์,อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศ.นพ.เกรียง ตั้งสง่า ; 93 หน้า, ISBN 974-638-839-8

**ปัญหา:** การเสียชีวิตอย่างเฉียบพลันโดยไม่ทราบสาเหตุในเวลากลางคืน(Sudden Unexplained Death Syndrome: โรคโหลตาย)มีอุบัติการณ์สูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยยังไม่ทราบกลไกการเกิดโรคชัดเจนเชื่อว่าอาจมีสาเหตุจากการเต้นของหัวใจผิดปกติหวัง (Ventricular fibrillation: VF, Ventricular tachycardia: VT) การเกิด VF และ VT อาจเกี่ยวข้องกับสมดุลอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์และนอกเซลล์โดยเฉพาะของโซเดียมโพแทสเซียมและแคลเซียมหรือความคิดปกติของระดับ pH อย่างไรก็ดีได้มีการศึกษาพบว่าผู้รอดชีวิตจากกลุ่มอาการโหลตายมีความผิดปกติของค่าความเข้มข้นของโซเดียมโพแทสเซียมและแคลเซียมในเซลล์และค่ากัมมันตภาพเอนไซม์โซเดียมโพแทสเซียม-เอทีพีเอสที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงมากกว่ากลุ่มประชากรเปรียบเทียบแต่ยังไม่มีการรายงานของค่าความเข้มข้นของแคลเซียมในเซลล์เม็ดเลือดแดง(Ca) และเอนไซม์ที่ควบคุมความเข้มข้นของแคลเซียม คือเอนไซม์ แคลเซียม - เอทีพีเอส (Ca-ATPase) ที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง ค่า pH ในเซลล์เม็ดเลือดแดง(pH) และเอนไซม์ที่ขนส่ง โซโครเจน และโพแทสเซียม คือเอนไซม์ โซโครเจน โพแทสเซียม - เอทีพีเอส (H,K-ATPase)ที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาค่ากัมมันตภาพของเอนไซม์แคลเซียมเอทีพีเอสเอนไซม์โซโครเจนโพแทสเซียมเอทีพีเอสที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงความเข้มข้นของแคลเซียมและความเข้มข้นในเซลล์เม็ดเลือดแดงของกลุ่มผู้รอดชีวิตจากกลุ่มอาการโหลตาย(NSUDS)เปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรในเขตชนบทของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่สุขภาพแข็งแรง(V-NE)กลุ่มคนงานก่อสร้างที่มีภูมิลำเนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่อพยพมาอยู่กรุงเทพมหานครนานกว่า 12 เดือน(M-NE) กลุ่มประชากรที่มีสุขภาพแข็งแรงในกรุงเทพฯ (BKK)

**ผลการศึกษา:** ประชากรทั้ง 4 กลุ่ม มีกลุ่มละ 12 คน เป็นเพศชายทั้งหมด มีอายุเฉลี่ยใกล้เคียงกัน(กลุ่ม N-SUDS =  $36.9 \pm 7.2$  ปี กลุ่ม V-NE =  $35.6 \pm 8.8$  ปี กลุ่ม M-NE =  $30.0 \pm 7.6$  ปี และกลุ่ม BKK =  $37.3 \pm 9.5$  ปี (mean  $\pm$  SEM))ใกล้เคียงกับที่มีรายงานไว้ กลุ่ม N-SUDS มีค่า Ca ( $91.9 \pm 13.6$  nmol/L) สูงกว่ากลุ่ม BKK ( $23.76 \pm 4.54$  nmol/L), V-NE ( $59.26 \pm 11.68$  nmol/L) และ M-NE (และ  $54.65 \pm 6.57$  nmol/L) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กำหนดให้ ค่า mean  $\pm$  2SD ของค่าชีวเคมีที่วิเคราะห์ของ กลุ่ม BKK เป็นที่สัดของค่าปกติ พบว่าร้อยละ 75, 58.3 และ 41.7 ของ กลุ่ม N-SUDS, V-NE และ M-NE ตามลำดับ มีค่า Ca สูงกว่าเกณฑ์ปกติค่า pH ในกลุ่ม N-SUDS ( $7.231 \pm 0.012$ ), V-NE ( $7.237 \pm 0.007$ ) และ M-NE ( $7.259 \pm 0.007$ ) ต่ำกว่ากลุ่ม BKK ( $7.289 \pm 0.017$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กลุ่ม N-SUDS, V-NE และ M-NE มีค่ากัมมันตภาพ Ca-ATPase ( $171.09 \pm 15.62, 230.18 \pm 19.07, 257.06 \pm 27.35$  nmol Pi/mg.protein/hr. ตามลำดับ) ต่ำกว่ากลุ่ม BKK ( $298.03 \pm 14.35$  nmol Pi/mg.protein/hr.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) พบว่าร้อยละ 75, 33.3 และ 25 ของ กลุ่ม N-SUDS, V-NE และ M-NE ตามลำดับ มีค่ากัมมันตภาพ Ca-ATPase ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ประชากรทั้ง 4 กลุ่ม มีค่ากัมมันตภาพของ H,K-ATPase ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าทั้งกลุ่ม N-SUDS, V-NE และ M-NE มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 58.3, 41.6 และ 8.3 ตามลำดับ ค่ากัมมันตภาพ Ca-ATPase สัมพันธ์เชิงเส้นตรง กับค่า Ca, ปานกลาง ( $r^2 = 0.310$   $p < 0.001$ ) และค่าของค่ากัมมันตภาพ H,K-ATPase ก็สัมพันธ์เชิงเส้นตรง กับค่า pH, น้อย ( $r^2 = 0.078$   $p < 0.001$ ) อีกด้วย

**สรุปผลการศึกษา :** กลุ่ม N-SUDS มี Ca, สูง ค่า pH, และค่ากัมมันตภาพของ Ca-ATPase, ของ H,K-ATPase ต่ำ กว่ากลุ่มอื่น (V-NE และ M-NE) ค่า Ca, ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงสูงขึ้น อาจเกิดจาก Ca-ATPase ทำงานลดลง และค่า pH, ที่ลดลง อาจมีสาเหตุจากเอนไซม์ H,K-ATPase ทำงานลดลง หรือจากเซลล์มีความผิดปกติของเมตาบอลิซึมจึงมีความเป็นไปได้ว่าผู้ป่วยโรคโหลตายมีความผิดปกติของเอนไซม์ขนส่ง (transporting enzyme) ภายในเซลล์หลายชนิด ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลง intracellular content ในเซลล์

ภาควิชา.....  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การแพทย์.....  
ปีการศึกษา 2540.....

ลายมือชื่อนิสิต กัลยา กองวัฒนากุล.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # C845035 : MAJOR MEDICAL SCIENCE

KEY WORD Ca-ATPase /H,K-ATPase/CALCIUM/pH/ERYTHROCYTE/SUDDEN UNEXPLAINED DEATH SYNDROME  
KALAYA KONGWATTANAKUL : SYUDIES OF THE ACTIVITIES OF Ca-ATPase AND H,K-ATPase OF  
ERYTHROCYTE IN HIGH RISK POPULATION FOR SUDDEN UNEXPLAINED DEATH SYNDROME IN THE  
NORTHEAST THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF PIYARATANA TOSUKHOWONG,. THESIS  
COADVISOR : PROF. KRIANG TUNSANGA MD. 93 pp. ISBN 974-638-839-8.

**Problem :** Northeast Thailand there is a high incidence of Sudden Unexplained Death Syndrome (SUDS) . It is believed that ventricular fibrillation and /or ventricular tachycardia might be the cause of death. Previous report has shown that Near – missed Sudden Unexplained Death Syndrome (N – SUDS) had a higher concentration of erythrocyte sodium and lower activities of erythrocyte Na,K-ATPase than central Thais. It is speculated without proof that might be alteration in intracellular calcium and pH as well as other transporting enzyme on cell membrane.

**Objective :** Study erythrocyte calcium, intra erythrocyte pH , erythrocyte membrane Ca-ATPase , H,K-ATPase in the following populations : N-SUDS ,healthy Northeast Thai villager (V-NE) , healthy Northeast Thai who have been living in Bangkok for more than 12 months ( M-NE) and healthy Control Thai in Bangkok(BKK)

**Result:** There was no difference in age among the 4 groups [ N - SUDS = 36.9 ± 7.2 years, V - NE = 35.6 ± 8.8 years , M - NE = 30.0 ± 7.6 years and BKK = 37.3 ± 9.5 years ( mean ± SEM) ].The Ca<sub>i</sub> in BKK was [23.76 ± 4.54 nmol/ L( mean ± SEM) ] similar to to what previously reported , whereas N-SUDS had higher Ca<sub>i</sub> ( 91.9 ± 13.69 nmol / L ) than BKK, V-NE and M-NE ( 59.26 ± 11.68 and 54.65 ± 6.57 nmol / L ) (p<0.05) .Let the mean ±2SD value of Ca<sub>i</sub> in Bangkok group represent the upper limit of normal range. Ca<sub>i</sub> of N-SUDS,V-NE and M-NE was higher cut of point 75, 58.3 and 41.7 % respectively . Erythrocyte pH values of N- SUDS ,V-NE and M-NE [ 7.231 ± 0.012 , 7.237 ± 0.007 and 7.259 ± 0.007 respectively] were lower than BKK[ 7.289±0.017 ] .There was significanctly lower Ca-ATPase in V-NE than that in BKK ( 298.03 ± 14.35nmolPi/mg.protein/hr.) Ca-ATPase of N-SUDS ,V-NE and M-NE was lower cut of point 75 ,33.3 and 25% respectively). There was difference in erythrocyte H,K-ATPase among N-SUDS, V-NE , M-NE and BKK However about 58,47 and 8.3% had high erythrocyte H,K-ATPase in N-SUDS, V-NE and M-NE . There were negative correlaion between Ca<sub>i</sub> and Ca-ATPase ( r<sup>2</sup> = 0.310 p<0.001 ) , pH<sub>i</sub> and H,K-ATPase ( r<sup>2</sup> = 0.078 p<0.001)

**Conclusion :** This studied suggest that N-SUDS tend to have higher Ca<sub>i</sub> and lower pH<sub>i</sub> and activity of Ca-ATPaseand H,K-ATPase . These abnormality was more prominent any V-NE ,M-NE .High Ca<sub>i</sub> could be caused by low activity of erythrocyte Ca-ATPase . Erythrocyte pH might be go to low H,K-ATPase or other modified mechanisms . There may be a relationship between these abnormalities and Sudden Unexplained Death Syndrome .

ภาควิชา.....  
สาขาวิชา.....  
ปีการศึกษา.....

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ รongศาสตราจารย์ ปิยะรัตน์ โดสุโขวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ได้ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นมากมายให้ตลอดเวลา และช่วยให้กำลังใจในการทำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไป และขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ นายแพทย์ เกรียง ตั้งสง่า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ได้ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ขณะทำงานวิจัยให้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ ถาวร สุภาพรม อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี ที่ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานกับผู้เข้าร่วมการวิจัย ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่บุคลากรของศูนย์บริการโลหิต สภากาชาดไทย ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บ ตัวอย่างเลือด ขอขอบคุณ อ. วินิตา จินศาสตร์ ในการช่วยวิเคราะห์ค่าความเป็น กรด - ด่าง ขอขอบคุณ คุณจิราพร จินายน ในการช่วยเหลือด้านสถิติ ขอขอบคุณ คุณแคน คุณไฉญ คุณไก่อ ในการช่วยเหลือติดต่อ ประสานงานทุกอย่างให้ด้วยความเต็มใจตลอดมา ขอขอบคุณผู้ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอ ขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	๓
คำอธิบายคำย่อ.....	ฒ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
2. ทัศนวิสัยวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 แคลเซียมในร่างกายและแคลเซียมในเซลล์.....	6
2.1.1 กระบวนการขนส่งแคลเซียมออกนอกเซลล์.....	8
2.1.2 กระบวนการขนส่งแคลเซียมเข้าเซลล์.....	8
2.1.3 วิธีการวิเคราะห์แคลเซียมที่นิยมทั่วไป.....	11
2.1.4 การเปลี่ยนแปลงของระดับแคลเซียมในเซลล์เมื่อเลือดแดง.....	12
2.2 เอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	12
2.2.1 โครงสร้างเอนไซม์ แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	12
2.2.2 การทำงานของเอนไซม์ แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	13
2.2.3 สารที่ช่วยหรือกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ แคลเซียม-เอทีพีเอส...	18
2.2.4 สารที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	20
2.2.5 การศึกษาการทำงานของเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	20
2.2.6 การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอสในโรคต่างๆ.....	21
2.3 ความเป็นกรด-ด่างภายในร่างกายและภายในเซลล์.....	21
2.3.1 วิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์.....	22

2.3.2	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	22
2.3.3	ระบบบัฟเฟอร์ภายนอกเซลล์.....	22
2.3.4	บัฟเฟอร์ในเซลล์.....	25
2.4	เอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	25
2.4.1	โครงสร้างเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	27
2.4.2	การควบคุมการทำงานของ เอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	28
2.4.3	การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	28
2.4.4	การเกิดปฏิกิริยาในขบวนการขนส่งโดยเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	30
2.4.5	การศึกษาการทำงานของเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส..	30
3.	วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา.....	33
3.1	ประชากรที่ทำการศึกษา.....	33
3.2	การเก็บตัวอย่างเลือด.....	34
3.3	สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา.....	34
3.4	อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....	35
3.5	วิธีการศึกษา.....	36
3.5.1	การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	36
3.5.2	การศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคลเซียมในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	39
3.5.3	การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	39
3.5.4	การวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส และเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	39
3.5.4.1	การเตรียมเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	39
3.5.4.2	วิธีการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส และเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	40



3.5.4.3	การศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพ เอนไซม์เอทีพีเอส.....	40
3.5.4.4	การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส หรือ ฟอสเฟต.....	43
3.5.4.5	การวิเคราะห์โปรตีนของเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	43
3.5.5	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
4.	ผลการศึกษา.....	47
4.1	รายละเอียดประชากรที่ทำการศึกษา.....	47
4.2	ผลการศึกษาความเที่ยงตรงของวิธีการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของ แคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	47
4.3	ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง..	49
4.4	ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	49
4.5	ผลการศึกษาความเข้มข้นของโปรตีนและฟอสฟอรัสจากสารมาตรฐาน..	56
4.6	ผลการศึกษาความเที่ยงตรงของวิธีการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ แคลเซียม-เอทีพีเอส และ เอนไซม์ไอโคโรเจน โทแทสเซียม-เอทีพีเอสใน เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	56
4.7	ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส ในเยื่อหุ้ม เซลล์เม็ดเลือดแดง.....	61
4.8	ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไอโคโรเจน โทแทสเซียม-เอทีพีเอส ในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	65
4.9	ผลการศึกษาความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าความเข้มข้นของ แคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงกับค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม เอทีพีเอส ในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	69
4.10	ผลการศึกษาความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ ระหว่างค่าความเป็นกรด-ด่างภายใน เซลล์เม็ดเลือดแดงกับค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไอโคโรเจน โทแทสเซียม เอทีพีเอส ในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	70
5.	การอภิปรายและการสรุปผลการวิจัย.....	78
5.1	การอภิปรายผลการวิจัย.....	78
5.2	การสรุปผลการวิจัย.....	84

	๗
รายการอ้างอิง.....	86
ประวัติผู้เขียน.....	93

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. แสดงระดับของแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงที่วิเคราะห์โดยวิธีต่างๆ.....	14
2. แสดงโรคต่างๆที่พบค่าความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ผิดปกติ.....	15
3. แสดงคุณสมบัติทั่วไปของเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	17
4. แสดงโรคต่างๆที่พบความผิดปกติของเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	23
5. แสดงวิธีการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ด้วยวิธีต่างๆ.....	24
6. แสดงวิธีการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอสในเชื้อหุ้ม เซลล์เม็ดเลือดแดง.....	41
7. แสดงวิธีการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม เอทีพีเอสในเชื้อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	42
8. แสดงวิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส.....	44
9. แสดงวิธีการวิเคราะห์โปรตีนของเชื้อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	45
10. แสดงค่าความเที่ยงตรง โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของวิธีการ วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	48
11. แสดงค่าความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	50
12. แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	53
13. แสดงค่าความเที่ยงตรง โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ของวิธีการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส ในเชื้อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	59
14. แสดงค่าความเที่ยงตรง โดยแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ของวิธีการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม- เอทีพีเอสในเชื้อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	60

15. แสดงค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคสซีม-เอทีพีเอสในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง  
เปรียบเทียบระหว่างประชากรศึกษา 4 กลุ่ม.....63
16. แสดงค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส ในเยื่อหุ้ม  
เซลล์เม็ดเลือดแดงเปรียบเทียบระหว่างประชากรศึกษา 4 กลุ่ม..... 66

## สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

1. แสดงรูปแบบของแคลเซียมในเลือด.....	9
2. แสดงทฤษฎีการเพิ่มแคลเซียมภายในเซลล์.....	10
3. แสดงโครงสร้างของเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	16
4. แสดงขั้นตอนการทำงานของเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส.....	19
5. แสดงระบบบัฟเฟอร์ในเซลล์.....	26
6. แสดงโครงสร้างของเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	29
7. แสดงขั้นตอนการทำงานของเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม-เอทีพีเอส.....	31
8. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด.....	37
9. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเข้มข้นแคลเซียมในเซลล์เม็ดเลือดแดง.....	38
10. แสดงการกระจายของค่าความเข้มข้นแคลเซียมในเซลล์เม็ดเลือดแดง ของประชากรศึกษา 4 กลุ่ม.....	51
11. แสดง Incidence of high calcium ของประชากรศึกษา.....	52
12. แสดง การกระจายของค่าความเป็น กรด ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงของ ประชากรศึกษา 4 กลุ่ม.....	54
13. แสดง Incidence of low pH ของประชากรศึกษา.....	55
14. แสดงกราฟมาตรฐานสารละลายโปรตีน.....	57
15. แสดงกราฟมาตรฐานสารละลายอนินทรีย์ฟอสเฟต.....	58
16. แสดงการกระจายของค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส ของประชากรศึกษา 4 กลุ่ม.....	64
17. แสดง Incidence of low Ca – ATPase ของประชากรศึกษา.....	65

18. แสดงการกระจายของค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม เอทีพีเอส ของประชากรศึกษา 4 กลุ่ม..... 67
19. แสดง Incidence of low H,K-ATPase ของประชากรศึกษา..... 68
20. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส กับความเข้มข้นแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ของกลุ่ม N-SUDS..... 70
21. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส กับความเข้มข้นแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ของกลุ่ม V-NE..... 71
22. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส กับความเข้มข้นแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ของกลุ่ม M-NE..... 72
23. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์แคลเซียม-เอทีพีเอส กับความเข้มข้นแคลเซียมภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ของกลุ่ม BKK..... 73
24. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม เอทีพีเอส กับค่าความเป็นกรด ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง ของกลุ่ม N-SUDS ..74
25. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม เอทีพีเอส กับค่าความเป็นกรด ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงของ กลุ่ม V-NE.....75
26. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม เอทีพีเอส กับค่าความเป็นกรด ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงของ กลุ่ม M-NE.....76
27. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากัมมันตภาพเอนไซม์ไฮโดรเจน โปแทสเซียม เอทีพีเอส กับค่าความเป็นกรด ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงของ กลุ่ม BKK.....77

## อธิบายคำย่อ

ATP	Adenosine triphosphate
ATPase	Adenosine triphosphatase
<sup>45</sup> Ca	Radioactive calcium
% CV	Coefficient of variation
hr.	hour
K	Potassium
L	Liter
mEq	milliequivalent
mg	milligram
min	minute
MTD buffer	Modified triode buffer
Na	Sodium
nm	nanometer
nmol	nanomol
PCA	Perchloroacetic acid
Pi	inorganic phosphate
SUDS	Sudden Unexplained Death Syndrome
SD	Standard deviation
SEM	Standard error of mean
TCA	Trichloroacetic acid