



## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

#### การอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาระดับเอนไซม์ Na-K ATPase หรือโซเดียมปั๊มในเม็ดเลือดของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสภาพร่างกายปกติ ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ รวมทั้งศึกษาหาความสัมพันธ์ของระดับโซเดียมและโพแทสเซียมกับการทำงานของปั๊มนี้ เพื่อหาสาเหตุของการเกิดภาวะโพแทสเซียมต่ำในเขตภูมิภาคนี้

ผลการศึกษาครั้งนี้ได้พบสิ่งที่น่าสนใจหลายประการ ประการแรก เป็นงานวิจัยที่พบว่าประชากรศึกษาทั้งกลุ่มที่มาบริจาคโลหิตจากจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกลุ่มคนชนบทรอบ ๆ เมืองขอนแก่น ซึ่งมีสภาพร่างกายปกติ มีระดับเอนไซม์ Na-K ATPase ในเม็ดเลือดแดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่อยู่ในกรุงเทพฯ (ตารางที่ 7) และต่ำกว่ากลุ่มคนปกติ (normal control) ที่รายงานในต่างประเทศ (ตารางที่ 8) Smith และ Samuel (1970) ได้รายงานว่าในเซลล์เม็ดเลือดแดงของผู้ที่มีสุขภาพดี ควรจะมีสัดส่วนของโซเดียมปั๊มหรือเอนไซม์ Ouabain sensitive ATPase ประมาณ 2/3 เท่าของเอนไซม์ Quabain insensitive ATPase (ซึ่งหมายถึงเอนไซม์ Mg-ATPase และปั๊มอื่น ๆ ที่เหลือ) หรือคิดเป็นร้อยละ 66 ของเอนไซม์ ATPase ทั้งหมดนั่นเอง จากการติดตามรายงานของการวิเคราะห์ระดับโซเดียมปั๊มในเม็ดเลือดแดงของกลุ่มวิจัยในประเทศต่าง ๆ ที่ศึกษาระดับโซเดียมปั๊มกับโรคหลายชนิดที่วิเคราะห์ด้วยหลักการเดียวกับงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาในกลุ่มปกติที่เป็นกลุ่มควบคุมจะพบระดับเอนไซม์ Na-K ATPase ในช่วงกว้างมาก แต่ถ้าคิดค่าของเอนไซม์ Na-K ATPase เป็นร้อยละของเอนไซม์ ATPase ทั้งหมด จะมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงร้อยละ 58-73 (ยกเว้นประเทศอินเดีย) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงระดับเอนไซม์ Na-K ATPase และค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่อ ATPase ทั้งหมด ในกลุ่มคนปกติเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวิจัยต่าง ๆ

กลุ่มวิจัย	ระดับเอนไซม์ Na-K ATPase (nmol Pi/mg.hr)	ค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่อ ATPase ทั้งหมด
1. Quintanilla และคณะ (1987) สหรัฐ	118.4 ± 14.6	70
2. Cole และ Waddell (1975) คานาดา	69 ± 5	73
3. Dasmahapatra และคณะ (1985) สหรัฐ	223 ± 11.2	58.7
4. Finotti และ Palatini (1986) อิตาลี	154 ± 0.9	57.5
5. Kaplay (1978) อินเดีย	150 ± 0.02	32
6. งานวิจัยนี้ (2534) กรุงเทพฯ	98 ± 5	59

สำหรับสาเหตุที่ทำให้พบว่าระดับเอนไซม์ Na-K ATPase ในเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงของคนปกติที่เป็นกลุ่มควบคุมในรายงานต่าง ๆ ดังกล่าว มีค่าแตกต่างกันมากนั้น น่าจะเกิดจากความแตกต่างของการเตรียมเยื่อหุ้มเซลล์ และน้ำยาที่ใช้วัดการทำงานของเอนไซม์ เนื่องจากหน่วยของระดับเอนไซม์เป็น  $n \text{ mol Pi/มิลลิกรัมของโปรตีน}$  ปริมาณของโปรตีนในเยื่อหุ้มเซลล์ที่ใช้ศึกษาจึงมีความสำคัญมาก การล้างเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อเอาเฮโมโกลบินและโปรตีนอื่น ๆ ที่อยู่ในไซโทพลาซึมของเม็ดเลือดแดงออก ในแต่ละสารตัวอย่างอาจแตกต่างกันได้ นอกจากนี้ Water และ Muller (1985) ยังพบว่า ถ้าใช้เม็ดเลือดแดงที่แตกแต่ยังมีสารอื่น และเฮโมโกลบินอยู่ (hemolysate) มาวิเคราะห์ระดับเอนไซม์ Na-K ATPase ได้ค่าต่ำกว่าเยื่อหุ้มเซลล์ที่ล้างเอาสารอื่นหรือเฮโมโกลบินออกถึง 2 เท่า ดังนั้นการศึกษาระดับเอนไซม์ Na-K ATPase นิยมที่จะใช้เยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงที่ล้างสะอาด Yingst และ Polasek (1985) รายงานว่า ถ้าใช้ hemolysate ของเม็ดเลือดแดง มาวิเคราะห์เอนไซม์ Na-K ATPase จะทำให้แคลเซียมที่เป็นอิสระในเม็ดเลือดแดงยับยั้งเอนไซม์นี้ได้ถึงร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามอาจมีความแตกต่างของโปรตีนจากเยื่อหุ้มเซลล์ของเม็ดเลือดแดงในระหว่างสารตัวอย่าง ดังนั้นการใช้ค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่อ ATPase ทั้งหมด จึงเป็นค่าที่สมบูรณ์ (absolute) ที่สุด

ประการที่สอง งานวิจัยนี้ได้พบว่า ในกลุ่มประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสุขภาพดี และมาบริจาควิตamin มีค่าความเข้มข้นของโซเดียมในเม็ดเลือดแดง ( $\text{Na}_i$ ) สูงมาก สูงกว่ากลุ่มผู้บริจาควิตamin ที่กรุงเทพฯ และสูงกว่ากลุ่มคนปกติอื่น ๆ ที่รายงานในต่างประเทศ ดังได้สรุปค่า  $\text{Na}_i$  และ  $\text{K}_i$  ของรายงานอื่น ๆ และงานวิจัยนี้ไว้ในตารางที่ 9

จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของ  $\text{Na}_i$  ในกลุ่มคนปกติกรุงเทพฯ ( $8.2 \pm 1.5 \text{ mEq/L}$ ) มีค่าใกล้เคียงกับรายงานวิจัยอื่น และคนผิวขาว ( $8.6 \pm 0.36 \text{ mEq/L}$ ) ขณะที่ค่าเฉลี่ยของ  $\text{Na}_i$  จากตารางที่ 5 ในกลุ่มที่ 2 ( $13.6 \pm 0.6 \text{ mEq/L}$ ) และกลุ่มที่ 3 ( $10.5 \pm 0.5 \text{ mEq/L}$ ) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มคนปกติที่รายงานไว้ แต่มีค่าสูงใกล้เคียงกับคนผิวดำ (Lasker, 1985) ดังได้กล่าวในบทปริทัศน์วรรณกรรมแล้วว่า เมื่อคนเราได้รับ Na จากการกินเกลือ ร่างกายสามารถเก็บ

ตารางที่ 9 แสดงค่ามัธยฐานเลขคณิต  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเข้มข้นของโซเดียมในเม็ดเลือดแดง ( $Na_i$ ) และโพแทสเซียมในเม็ดเลือดแดง ( $K_i$ ) ในกลุ่มคนปกติ เปรียบเทียบระหว่างรายงานของกลุ่มวิจัยต่าง ๆ

กลุ่มวิจัย	อิเล็กโทรไลต์ในเม็ดเลือดแดง (mEq/L)	
	โซเดียม ( $Na_i$ )	โพแทสเซียม ( $K_i$ )
1. Quintanilla และคณะ (1986)	7.61 $\pm$ 1.2	89.7 $\pm$ 9.8
2. Smith และ Samuel (1970)	7.04 $\pm$ 1.36	102.4 $\pm$ 5.7
3. Finotti และ Palatini (1986)	7.92 $\pm$ 0.24	89.72 $\pm$ 0.7
4. Lasker และคณะ (1985)		
คนผิวขาว	8.63 $\pm$ 0.36	85.1 $\pm$ 3.2
คนผิวดำ	10.2 $\pm$ 1.0	87.1 $\pm$ 3.3
5. งานวิจัยนี้ (2534)	8.2 $\pm$ 1.5	92.4 $\pm$ 8

Na ไว้ในปริมาณที่เหมาะสมส่วนหนึ่ง ส่วนใหญ่จะขับออกทางไต ทางลำไส้และทางผิวหนัง ทำให้ Na ในพลาสมาอยู่ในระดับปกติ สำหรับ  $Na_i$  ในคนปกติจะถูกควบคุมให้อยู่ในช่วง 6-12 mEq/L โดยการทำงานของโซเดียมปั๊ม ดังนั้นจะขออภิปรายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของ  $Na_i$  กับโซเดียมปั๊มในตอนต่อไป

ประการสุดท้ายของงานวิจัยนี้ได้พบว่า เมื่อนำค่าความเข้มข้นของ  $Na_i$  กับค่าเอนไซม์ Na-K ATPase หรือค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ของประชากรทั้ง 3 กลุ่ม มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงผกผัน (negative correlation) กล่าวคือ ค่า  $Na_i$  จะสูง เมื่อค่าของเอนไซม์หรือค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่ำ และในทางตรงข้าม เมื่อค่าของเอนไซม์ หรือค่าร้อยละของเอนไซม์สูงขึ้น ค่าความเข้มข้นของ  $Na_i$  จะลดลง ขณะที่พบความสัมพันธ์เช่นนี้ระหว่างค่าของ  $K_i$  กับค่าของเอนไซม์ และค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase

จากการพบว่าค่า  $Na_i$  ของประชากรกลุ่มศึกษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมนี้ แสดงว่า ประชากรกลุ่มศึกษาที่มีความผิดปกติของการทำงานของเอนไซม์ Na-K ATPase ทำให้ไม่สามารถขับ Na ออกนอกเซลล์ได้จริง จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้เกิดคำถามตามมาคือ อะไรบ้างที่เป็นสาเหตุทำให้โซเดียมปั๊มในเม็ดเลือดแดงของประชากรที่ศึกษามีระดับต่ำกว่าปกติในลักษณะแบบเรื้อรัง และพบถึงร้อยละ 80 ในกลุ่มที่ 2 ร้อยละ 43 ในกลุ่มที่ 3 อาจจะเป็นผลจากอาหารรวมทั้งน้ำดื่ม หรือปัจจัยภายนอกที่เกิดจากสภาวะแวดล้อมหรือปัจจัยบางอย่างที่มีอยู่ในร่างกายของกลุ่มประชากรศึกษา ซึ่งเหมือนกับเป็นปัจจัยร่วมที่คล้ายคลึงกัน แต่ไม่พบในกลุ่มคนกรุงเทพฯ อันจะเป็นสาเหตุให้การทำงานของปั๊มลดลงหรือทำให้จำนวนปั๊มลดลง หรือเป็นความผิดปกติทางกรรมพันธุ์ที่ทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ ผิดปกติ คำถามเหล่านี้จะต้องอาศัยเวลาที่จะศึกษาต่อไป

ดังนั้นจะขออภิปรายถึงสาเหตุที่ทำให้ Na-K ATPase ในเม็ดเลือดแดงของประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำกว่าคนปกติในกรุงเทพฯ โดยแบ่งออกเป็น 2 สาเหตุใหญ่ดังนี้

1. ความผิดปกติทางพันธุกรรม (Genetic defect)
2. ความผิดปกติที่เกิดภายหลัง (Acquired) ได้แก่
  - 2.1 พยาธิสภาพ หรือ โรคบางอย่าง
  - 2.2 อาหาร
  - 2.3 สิ่งแวดล้อมและสารพิษ

สำหรับความผิดปกติทางพันธุกรรมที่เกิดจากความบกพร่องของยีนส์ที่สร้างเอนไซม์ Na-K ATPase ทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ผิดปกติ หรือสร้างเอนไซม์ได้น้อยลงนั้น ยังไม่สามารถสรุปได้ในขณะนี้ว่าจะเป็นไปได้หรือไม่ แต่สามารถศึกษาโดยการแยกเอนไซม์ให้บริสุทธิ์ และศึกษาหน่วยย่อยของเอนไซม์ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ถ้ามีความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของเอนไซม์จริง แสดงว่ามีความผิดปกติทางพันธุกรรมเกิดขึ้นและสามารถถ่ายทอดได้ หรือศึกษาโดยวัดระดับเอนไซม์ของผู้มีภูมิลาเนาเดิมอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ก่อนและหลังย้ายมาอยู่ในกรุงเทพฯ หากมีการเปลี่ยนแปลงของระดับเอนไซม์ แสดงว่าพันธุกรรมไม่ใช่สาเหตุทำให้ระดับเอนไซม์ต่ำ อย่างไรก็ตาม Lasker และคณะ (1985) ได้รายงานว่า มีความแตกต่างของระดับเอนไซม์ในระหว่างเชื้อชาติ และพบว่าคนผิวดำที่เป็นคนปกติเพศชายมี Na-K ATPase ต่ำกว่าคนผิวขาวทั้งหญิงและชาย นอกจากนี้ยังพบว่าคนผิวดำกลุ่มนี้มีโซเดียมแอมิโนเลอเดอสูงกว่าคนผิวขาวด้วย เมื่อพิจารณาถึงเชื้อชาติของกลุ่มประชากรศึกษา โดยเฉพาะกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มคนที่มาจากจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตั้งได้กล่าวไว้ในผลการศึกษา กลุ่มที่ 3 เป็นชาวชนบทของชุมชนต่าง ๆ ในจังหวัดขอนแก่นและเป็นญาติสายตรงของคนโหลตาย ประชากรทั้ง 2 กลุ่มนี้ อาจมีทั้งเชื้อชาติไทย ลาว บนกันอยู่ เช่นเดียวกับประชากรในกลุ่มที่ 1 ซึ่งที่ความหลากหลายทั้งอาชีพและภูมิลาเนา เนื่องจากขาดการชักประวัติภูมิลาเนาเดิมในการศึกษาครั้งนี้ จึงไม่อาจยืนยันได้ว่าประชากรในกลุ่มที่ 1 เป็นเชื้อชาติเดียวกันหมด ต้องทำการศึกษาต่อไป

ส่วนความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายหลังซึ่งมีผลให้ระดับเอนไซม์ต่ำนั้น ถ้าพิจารณาถึงพยาธิสภาพหรือโรคต่าง ๆ ของประชากรในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นผู้มาบริจาคโลหิต ได้รับการตรวจร่างกาย จัดอยู่ในเกณฑ์ผู้มีสุขภาพดี แต่พบระดับเอนไซม์ต่างกัน สำหรับกลุ่มที่ 3

เป็นญาติสายตรงของคนไหลตาย แม้จะได้รับการตรวจร่างกายทั่วไป วัดความดัน ชีพจร ตรวจคลื่นหัวใจ และมีผลการตรวจปัสสาวะปกติก็ตาม ก็ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่า ประชากรในกลุ่มนี้ มีสุขภาพดีจริง ทำให้ไม่อาจจะพูดได้ว่า ไม่มีพยาธิสภาพบางอย่างแอบแฝงอยู่ในประชากรภูมิภาคนี้ หรือสาเหตุที่ระดับเอนไซม์ Na-K ATPase ในเม็ดเลือดแดงมีค่าต่ำ ไม่เกี่ยวข้องกับพยาธิสภาพจริง ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

ในกรณีของอาหาร ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจจะ เป็นสาเหตุของความผิดปกติของระดับเอนไซม์ Na-K ATPase เหตุผลก็คือ ชาวชนบทในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความนิยมรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง (เช่น ข้าวเหนียว) เกือบสูงโปรตีนต่ำ วิตามินต่ำ และไขมันต่ำ โซเดียม แสงสี และพืชมลพิษ อิศรภักดี (2531) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิตามินเอ และนิสัยการบริโภคอาหารของชาวชนบทในอำเภอคันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ พบว่าชาวชนบทนิยมบริโภคอาหารผักจิ้มมากกว่าผักและทอด และจะบริโภคอาหารมากขึ้นตามฤดูกาลที่หาอาหารได้ เนื่องจากเครื่องจิ้มและอาหารประเภทป่นที่มีปลาร้า จะมีเกลือสูงมาก เกลือส่วนใหญ่เป็นเกลือสินเธาว์ประกอบด้วย NaCl สูงถึงร้อยละ 98 แต่มี K ต่ำมากกว่าเกลือสมุทร จากรายงานของ Izumo (1987) และ Quintauilla (1986) ที่พบว่าคนที่ได้รับเกลือสูงเป็นเวลานาน จะทำให้เกิด hypertension และเอนไซม์ Na-K ATPase ในเม็ดเลือดแดงต่ำ กว่าคนปกติด้วย เมื่อเร็ว ๆ นี้ ปรีดา และ คณะ (2534) ได้รายงานการวิจัยการบริโภคเกลือแร่ในชนบทรอบ ๆ เมืองขอนแก่น พบว่าคนชนบทบริโภคอาหารที่มี Na ต่ำกว่าคนกรุงเทพฯ (วันละ 127.7 และ 200 mEq ตามลำดับ) และบริโภค K ต่ำกว่าคนกรุงเทพฯ อีกด้วย ดังนั้นถ้าข้อมูลการบริโภคเกลือของประชากรภูมิภาคนี้ต่ำ เช่นนี้จริง ปัจจัยเรื่องอาหารที่มี Na สูงแล้วทำให้เอนไซม์ Na-K ATPase ในประชากรมีค่าต่ำ ก็ไม่อาจเป็นไปได้ สำหรับภาวะขาด K ของชาวชนบทในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสุขภาพแข็งแรงและในคนเป็นโรคนี้ว่าโต เชื่อว่าส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการได้รับอาหารที่มี K สูงไม่เพียงพอ อาหารที่มี K สูงจะเป็นอาหารที่มีเซลส์มาก ได้แก่ เนื้อ เครื่องในสัตว์ ผลไม้ และผักบางชนิด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก แต่อาหารที่ชาวบ้านนิยมบริโภคไม่อาหารดังกล่าว และจากข้อมูลที่ยังไม่ได้ตีพิมพ์ของปิยะรัตน์ โทสุโขวงศ์ และคณะ (2534) พบว่าการล้างแช่ข้าวเหนียวของชาวบ้าน ทำให้สูญเสียวิตามินและเกลือแร่ โดยเฉพาะ K ออกไปทางน้ำข้าวข้าว

สาเหตุอีกประการหนึ่ง คือ การสูญเสียทางปัสสาวะหรือเหงื่อ เช่น เมื่อได้รับยาขับปัสสาวะ หรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เครื่องดื่มหรือยาแก้ปวดที่มีคาเฟอีน ชาสีเขียว เป็นต้น อากาศร้อน และกิจกรรมการทำงานที่เสีย K<sup>+</sup> ไปทางเหงื่อมากขึ้น มีรายงานว่าเหงื่อ 1 ลิตร มี K<sup>+</sup> 5-10 mEq ในฤดูร้อนคนหนึ่ง ๆ อาจมีเหงื่อ 5-8 ลิตร (Kohler, 1987) แต่ผลการวิจัยนี้พบว่าประชากรในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มี K<sub>i</sub> สูงกว่ากลุ่มที่ 1 อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาของการเก็บสารตัวอย่าง กลุ่มที่ 2 เก็บในช่วงฤดูฝน กลุ่มที่ 3 เก็บในช่วงฤดูหนาว ในขณะที่ฤดูกาลมีความสำคัญต่อความสมบูรณ์ของอาหาร น้ำบริโภค กิจกรรมการทำงานและอุณหภูมิ เกரியงและคณะ (2533) พบว่าในช่วงฤดูร้อนผู้ป่วยนิ่วไตจะมี K<sub>i</sub> ต่ำมากกว่าในฤดูฝน และจากรายงานการศึกษาของ Defronzo (1982) เมื่อร่างกายขาด K<sup>+</sup> กล้ามเนื้อจะมีระดับ K<sub>i</sub> ต่ำก่อนเนื้อเยื่ออื่น ๆ รวมทั้งเม็ดเลือดแดง ดังนั้นระดับ K<sub>i</sub> ที่ไม่ต่ำนี้ไม่ได้หมายความว่าระดับโพแทสเซียมในร่างกายไม่ต่ำไปด้วย ดังนั้นการได้รับ Na<sup>+</sup> ในปริมาณสูง และได้รับ K<sup>+</sup> ไม่เพียงพอทั้งยังอาจสูญเสียไปด้วยเหตุต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เอนไซม์ในเม็ดเลือดแดงของประชากรในภูมิภาคนี้มีระดับต่ำกว่าปกติ

สำหรับกรณีของสารพิษที่มีผลต่อระดับเอนไซม์ Na-K ATPase นั้น อาจมีหลายชนิดที่เกี่ยวข้อง แต่ยังไม่มียานียืนยันออกมาในปัจจุบัน และดังที่กล่าวในบทที่ 2 แล้วว่า โลหะหนักหลายชนิดสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Na-K ATPase Nielson (1982) รายงานว่า วาเนเดียม จะยับยั้งเอนไซม์ ATPase ทุกชนิด โดยเฉพาะ Na-K ATPase Naylor และคณะ (1987) รายงานว่าผู้ป่วยโรคจิตชนิดซิมเศร่าจะมีพลาสมาวาเนเดียมสูง ขณะที่ระดับเอนไซม์ Na-K ATPase ต่ำ เมื่อผู้ป่วยมีอาการดีขึ้นหรือหายจากโรคระดับวาเนเดียมจะลดลงแต่ระดับเอนไซม์เพิ่มขึ้น วิศิษฐ์ สิตปรีชา และคณะ (2534) เชื่อว่า วาเนเดียมอาจมีบทบาทและเป็นสาเหตุสำคัญเกี่ยวข้องกับโรคที่พบได้บ่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังตรวจพบว่ามีความสัมพันธ์กับโรคที่พบได้บ่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังตรวจพบว่ามีความสัมพันธ์กับโรคที่พบได้บ่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังตรวจพบว่ามีความสัมพันธ์กับโรคที่พบได้บ่อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



จากนี้ยังมีรายงานว่า แคลเซียมในเม็ดเลือดแดงที่สูงกว่าปกติสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ด้วย (Davis and Vincenzi, 1971; Dunham and Glyn, 1961; Sarkadi et al, 1977)

ดังนั้นจากผลงานวิจัยนี้ ได้พบตัวบ่งชี้ที่มีความสำคัญซึ่งเชื่อว่าจะเป็นสาเหตุมูลฐานนำไปสู่การแก้ไขภาวะผิดปกติที่พบได้บ่อยในประชากรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาการทำงานของเอนไซม์ โซเดียม โพแทสเซียม อะดีโนซีน ไตรฟอสฟาเทส ในเม็ดเลือดแดงของชายไทยในจังหวัดขอนแก่น พบสิ่งที่น่าสนใจพอสรุปได้ดังนี้

1. ระดับเอนไซม์ Na-K ATPase หรือ โซเดียมปั๊มในเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงของกลุ่มประชากรศึกษาที่มีสภาพร่างกายปกติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กลุ่มที่ 2) และชาวชนบทรอบ ๆ เมืองขอนแก่น (กลุ่มที่ 3) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ปกติอย่างมีนัยสำคัญ และพบความผิดปกติถึงร้อยละ 80 และ 43 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่อยู่กรุงเทพ (กลุ่มที่ 1)

2. ระดับเอนไซม์ Na-K ATPase และค่าร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่อระดับเอนไซม์ทั้งหมดของกลุ่มประชากรควบคุมที่มีสภาพร่างกายปกติ ซึ่งมีภูมิลำเนาปัจจุบันในกรุงเทพ (กลุ่มที่ 1) ที่ศึกษาได้ในครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานในต่างประเทศ และส่วนใหญ่มิ่ระดับโซเดียมปั๊มในเม็ดเลือดแดงมากกว่าปั๊มอื่น ๆ ซึ่งตรงกับรายงานการศึกษาอื่น ๆ เช่นกัน

3. ระดับโซเดียมในเม็ดเลือดแดง ( $Na_i$ ) ของกลุ่มประชากรศึกษามีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ (แต่กลุ่มที่ 3 มีค่า  $Na_i$  ต่ำกว่า กลุ่มที่ 2) ขณะที่ระดับ Na ในพลาสมา ( $Na_p$ ) ของกลุ่มที่ 3 สูงกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

4. ระดับโพแทสเซียมในเม็ดเลือดแดง ( $K_i$ ) ของกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ (แต่กลุ่มที่ 3 มี  $K_i$  สูงกว่ากลุ่มที่ 2 เล็กน้อย)

5. พบความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างค่าของ  $Na_i$  กับค่าของเอนไซม์ Na-K ATPase และร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่อ ATPase ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าค่า  $Na_i$  ที่สูง อาจจะเป็นผลมาจากระดับของเอนไซม์ Na-K ATPase ที่ต่ำลง

6. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความสัมพันธ์ของค่า  $K_i$  กับค่าเอนไซม์ Na-K ATPase และร้อยละของเอนไซม์ Na-K ATPase ต่อ ATPase ทั้งหมด

จากผลการศึกษาวิจัยนี้ ได้พบสิ่งที่น่าสนใจมาก คือพบความผิดปกติของเอนไซม์ Na-K ATPase ในกลุ่มประชากรที่มีสภาพร่างกายปกติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เชื่อ ว่าคุณสมบัติของเกลือแร่ในของเหลว หรือในเซลล์ของร่างกายของประชากรในเขตภูมิ ภาคนี้อาจเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเกิดโรคโลหิตจาง โรคหัวใจ ซึ่งควรจะศึกษาต่อไป