

ปีที่ ๑๑ เล่มที่ ๒

กรกฎาคม-ธันวาคม ๒๕๒๒

Vol. 11, No. 2

July - December 1979

วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

Journal of the National Research Council

การศึกษาโครมาโตกราฟีของส่วนประกอบของ
ธัยรอยด์ฮอร์โมนในเนื้อต่อมธัยรอยด์และซีรัม
ของคนคอพอกประจำถิ่นในประเทศไทย*

**CHROMATOGRAPHIC STUDIES OF THYROID HORMONES
IN THYROID TISSUE AND SERUM ENDEMIC GOITRE
IN THAILAND**

วิภา บุญนำศิริ
Vipa Boonnamsiri

วันชัย รั่วไพบูลย์
Wanchai Rivepiboon

มาลี ศรีตงกุล
Malee Sritongkul

ฤดี ปลื้จินดา
Rudee Pleehachinda

รมไพโร สุวรรณิก
Romsai Suwanik

ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล
Department of Radiology, Siriraj Hospital, Mahidol University

นิตย์ สุภพงศ์
Nit Suphaphongs

กริช โพธิ์สุวรรณ
Kris Bhothisuwan

ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล
Department of Surgery, Siriraj Hospital, Mahidol University

*ได้รับความสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

โสรัจ แสนศิริพันธ์
Soruj Sansiripan

ธีรวุฒิ โกมุทบุตร
Theerawut Komutbutre

โรงพยาบาลจังหวัดแพร่
Prae Hospital

สมบัติ อินทรลาวัณย์
Sombat Intralawan

อำพล บุญศิริมา
Umpol Boonsirima

โรงพยาบาลจังหวัดเชียงราย
Chiang Rai Hospital

บทคัดย่อ

เพื่อความกระจ่างชัดของการใช้ไอโอดีน ในต่อมธัยรอยด์ที่ขาดไอโอดีนในคน ได้ทำการศึกษาเมตาบอลิซึมของไอโอดีน ภายในเนื้อต่อมธัยรอยด์ และซีรัมของคน คอพอกประจำถิ่น (จังหวัดแพร่ และเชียงราย) เปรียบเทียบกับคนปกติโดยให้ไอโอดีน -๑๒๕ ก่อนการผ่าตัด ๒๔ ชั่วโมง ผลปรากฏว่า อัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ดี.ไอ.ที.}}$ และ $\frac{\text{ที}_{\text{m}}}{\text{ที}_{\text{c}}}$ ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนคอพอกสูงขึ้นอย่างเด่นชัด ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง ที่เน้นหนักจำนวนของ เอ็ม.ไอ.ที. และ ที_{m} ในต่อมธัยรอยด์ของคนคอพอก และกรณีนี้ อาจเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ทำให้อัตราส่วนของ $\frac{\text{ที}_{\text{m}}}{\text{ที}_{\text{c}}}$ ในซีรัมของคนคอพอกประจำถิ่น สูงกว่า คนปกติ

ผลการวิเคราะห์พบว่า ความเข้มข้นของไอโอดีนในเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคน คอพอกต่ำกว่าคนปกติเกือบสิบเท่า แต่ในซีรัมต่ำกว่าปกติเล็กน้อย จากผลเหล่านี้ แสดงว่า ต่อมธัยรอยด์ที่มีจำนวนไอโอดีนจำกัดมากจะมีการสร้าง และการหลั่ง ที_{m} เพิ่มมากขึ้น ในคนคอพอกประจำถิ่น โดยกลไกภูมิสภาพ (Adaptive Mechanism) แม้จะ มีการขาดไอโอดีนอย่างมาก ก็ยังสามารถคงภาวะธัยรอยด์อยู่ได้ ส่วนกลไกอื่นแท้จริง ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ ยังไม่กระจ่างชัด

ABSTRACT

Chromatographic studies of thyroid tissue homogenates compared to normal showed findings supportive of adaptive mechanism in endemic goitre. Although the iodine content of the gland was much lower but the total serum iodine was slightly lower than euthyroid. The elevated $\frac{MIT^}{DIT^{**}}$ and $\frac{T_3^{***}}{T_4^{****}}$ in the goitrous tissue partly explain the high serum $\frac{T_3}{T_4}$. Hypersecretion of T_3 to maintain euthyroid states was evident. The real basis of these alterations is still not entirely clear.*

คำนำ

หมู่บ้านทุรกันดารในภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดแพร่ และเชียงราย มีสิ่งแวดล้อมที่ขาดไอโอดีนมาเป็นเวลานาน คนในแถบถิ่นนั้นมีคอพอกหรือต่อมธัยรอยด์โตขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับธัยรอยด์ฮอร์โมน ทั้งในตัวต่อมเองและในเลือดส่วนปลาย คือ ซีรัม ที่_๔ ต่ำ แต่ซีรัม ที่_๓ ปกติ หรือสูงกว่าปกติ เพื่อการต่อสู้และทดแทนการขาดไอโอดีน^{๑๗,๒๐} การต่อสู้ทดแทนเช่นนี้เกิดขึ้นภายในต่อมธัยรอยด์ จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรนั้น ได้มีผู้ศึกษากันไว้บ้างแล้ว^{๔,๑๘} แต่ผลที่ได้รับไม่เป็นที่ตกลงกัน

การศึกษานี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ และส่วนประกอบต่าง ๆ ของธัยรอยด์ฮอร์โมน ทั้งวิธีวิเคราะห์ทางเคมี มีสารกัมมันตภาพรังสี (Radioactive method) และไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี (Non-radioactive method) ของคนคอพอกที่ขาดไอโอดีนในจังหวัดแพร่ และเชียงรายโดยละเอียด เปรียบเทียบกับเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนปกติ ในกรุงเทพมหานคร

*MIT = Monoiodotyrosine

**DIT = Diiiodotyrosine

***T₃ = Triiodothyronine

****T₄ = Tetraiodothyronine or Thyroxine

อุปกรณ์และวิธีการ

๑. เจาะเลือดประมาณ ๑๐ มล. จากคนคอกพอกจังหวัดแพร่และเชียงราย ที่เป็นคอกพอกแบบขาดไอโอดีน (คอโตนาน ๒-๑๐ ปี) และจากคนปกติเพื่อเป็นคอนโทรลในการเปรียบเทียบผลแยกซีรัมเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณ ที่_๔ และ ที่_๓ โดยวิธี อาร์.ไอ.เอ. (Radioimmunoassay) และหาปริมาณของไอโอดีนทั้งหมดในซีรัม (Total serum iodine) โดยวิธีย่อยด้วยกรดคลอริก

๒. ให้รับประทานไอโอดีน-๑๒๕ คนละ ๑ มิลลิลิตร เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง ก่อนการผ่าตัดเนื้อต่อมธัยรอยด์ แล้วเจาะเลือดอีกครั้งหนึ่งประมาณ ๒๐ มล. แยกและเก็บซีรัมพร้อมทั้งเนื้อต่อมธัยรอยด์ในตู้แช่แข็งทันที เพื่อการสกัดและวิเคราะห์ตามวิธีการต่อไปนี้

ก. วิธีวิเคราะห์ทางเคมี มีสารกัมมันตภาพรังสี (Radioactive method)

๑. สกัดธัยรอยด์ฮอร์โมนในซีรัม (หลังไอโอดีน-๑๒๕) ด้วย บุทานอล/แอมโมเนีย (๙/๑) หลาย ๆ ครั้ง รวบรวมน้ำยาสีเหลืองอ่อน ที่สกัดได้ หลังจากการปั่น มาทำให้แห้งภายใต้สูญญากาศ แยกส่วนประกอบของธัยรอยด์ฮอร์โมน และสารสัมพันธ์ต่าง ๆ ด้วยวิธี Thin layer chromatography (ที.แอล.ซี.) ซึ่งมี ซิลิกาเจล จี หนา ๐.๕ มม. ในน้ำยาผสมชั้นบนของ เอธิล อะซิเตต/เมทานอล/๖ โมลาร์ แอมโมเนีย (๕/๒/๓)^๑ เพื่อแยกสารประกอบต่าง ๆ ของไอโอดีน แล้วทำให้เกิดสี ด้วยน้ำยาผสมของ เฟอร์ริก คลอไรด์ เฟอร์ริกยูไนต์^๑ ชูตแถบสีแต่ละแถบบนแผ่น ที.แอล.ซี. มาวัดกัมมันตภาพรังสี ในเครื่องวัดอโตแกมมา คำนวณกัมมันตภาพรังสี เป็นเปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนของ $\frac{ที่๓}{ที่๔}$

๒. ผานเนื้อต่อมธัยรอยด์เป็นชิ้นบาง ๆ หนัก ๐.๔-๐.๘ กรัม บดให้ละเอียดใน ทริส-เสไลน์ บัฟเฟอร์ พี.เอช. ๘.๐^๑ ด้วย ๕ มก. ของ โซโอยูเรีย และ เอ็นซัยม์ต่าง ๆ (๕๐ มก. โปรตีเอส ๒๐๐ มก. แพนครีเอติน และ ๕๐ มก. ซียาลูโรนิเนส) รวมปริมาตรทั้งหมด ๖-๘ มล. นำไปแช่และเขย่าในวอเทอร์บาธที่ ๓๗°ซ. เป็นเวลา ๒๐-๒๕ ชั่วโมง แล้วทำการสกัด แยก และวัดเหมือนกับซีรัมทุกอย่าง

ข. วิธีวิเคราะห์ทางเคมี ไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี (Non-radioactive method)

๑. หาปริมาณของ T_4 ในซีรัม โดยวิธี อาร์.ไอ.เอ.^๔ คือ แนนตีฟว์โปรตีนในซีรัมถูกทำลายด้วยความร้อน ๙๐-๙๕°ซ. เป็นเวลา ๑๐ นาที ใช้ไอโอดีน-๑๒๕ T_4 ที่มี Specific activity สูงประมาณ ๑,๐๐๐ ไมโครคูรี/ไมโครกรัม (แอบบอทท์) และ T_4 -แอนติบอดี (วินแลบอเรตอริส)

๒. หาปริมาณ T_3 ในซีรัม โดยวิธี อาร์.ไอ.เอ.^{๓,๔} ใช้ เอ.เอ็น.เอส. (Alinilo Nath thalene Sulphonic) เป็นตัวชักขวาง ที.บี.จี. (Thyroxine Binding Globulin) และ ไอโอดีน-๑๒๕ T_3 ที่มี Specific activity สูงประมาณ ๕๐๐ ไมโครคูรี/ไมโครกรัม (แอบบอทท์)

๓. ปริมาณไอโอดีนในซีรัม หาได้ด้วยการย่อยโปรตีนในซีรัมกับกรดคลอริกและปฏิกิริยาของ ซีริก-อาร์เสเนียส วัดความเข้มข้นของไอโอดีนด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์^{๒๒} อ่านค่าเป็นไมโครกรัมต่อ ๑๐๐ มล.

๔. บดชิ้นเนื้อต่อมธัยรอยด์หนัก ๒๐-๕๐ มก. ใน ทริส-เฮไลน์บัฟเฟอร์ จนครบ ๕ มล. แล้วนำมาเพียง ๑๐-๒๕ ไมโครลิตรเท่านั้น เพื่อย่อยกับกรดคลอริกและหาปริมาณไอโอดีน เป็นไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัมของเนื้อธัยรอยด์ได้ตามวิธี ข. ข้อ ๓

๕. การหาความเข้มข้นของไอโอดีนใน เอ็ม.ไอ.ที. ดี.ไอ.ที. T_4 และ T_3 ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ได้ตามวิธีการ ก. ข้อ ๒ แต่ไม่สเปรย์น้ำยาที่ทำให้เกิดสีลงบนแผ่น ที.แอล.ซี. ที่มีสารสกัดเนื้อธัยรอยด์ จะสเปรย์ลงบนสารมาตรฐานธัยรอยด์ฮอร์โมนส์ ซึ่งอยู่ข้าง ๆ บนแผ่น ที.แอล.ซี. เดียวกันเท่านั้น เพื่อเป็นเครื่องชี้บ่งจุดแต่ละส่วนมาสะกัดด้วยน้ำยาผสมของ เมธานอล/แอมโมเนีย (๙/๑) ซ้ำ ๓ ครั้ง ๆ ละ ๒ มล. บั่นและดูดน้ำยาใส่ปราศจากสีข้างบนมารวมกัน ทำให้แห้งโดยใช้ลมเป่าแล้วนำไปหาความเข้มข้นของไอโอดีน ในแต่ละส่วนแยก ตามวิธีการ ข. ข้อ ๓

ผล

เป็นผลของการวิเคราะห์ทั้งวิธี มีสารกัมมันตภาพรังสี และไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี จะได้เปรียบเทียบยืนยันและประเมินผลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ต่อมัยรอยด์ของคนปกติ

ก. วิธีวิเคราะห์ทางเคมี มีสารกัมมันตภาพรังสี

๑. เนื้อต่อมัยรอยด์ พบ ซี.ไอ.ที.* สูงมาก (เฉลี่ย ๓๘.๘% ใน ๔ ราย) ซึ่งมีสัดส่วนเป็นสองเท่าของ เอ็ม.ไอ.ที.* และ ที_๔* (คือ ๑๘.๗% และ ๑๘.๖% ตามลำดับ) ส่วน ที_๓* และ ไอโอไดด์มีน้อยมาก (๑.๕% และ ๓.๔% ตามลำดับ) ดังนั้นอัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.*}}{\text{ซี.ไอ.ที.*}}$ มีค่าน้อยกว่าหนึ่งเสมอ (เฉลี่ย ๐.๔๘)

และอัตราส่วนของ $\frac{\text{ที}_{๓}^*}{\text{ที}_{๔}^*}$ ต่ำมาก (เฉลี่ย ๐.๐๘) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ ๑ และรูปที่ ๑ ก.

๒. ซีรัม มี ที_๔* เป็นองค์ประกอบสำคัญของ ไอโอดีนอินทรีย์ ถึง ๒๗.๐% โดยเฉลี่ย ซีรัม ที_๓ มีน้อยมากเพียง ๒.๘% จึงทำให้อัตราส่วนของซีรัม $\frac{\text{ที}_{๓}^*}{\text{ที}_{๔}^*}$ ต่ำ (เฉลี่ย ๐.๑๐) ไอโอดีนอินทรีย์ (ไอโอไดด์) ในซีรัมมีมากถึง ๓๓.๘% ส่วน ซี.ไอ.ที.* เอ็ม.ไอ.ที.* และสารประกอบไอโอดีนอื่น ๆ ในซีรัมมีเพียงเล็กน้อยดังตารางที่ ๒ และรูปที่ ๒ ก.

ข. วิธีวิเคราะห์ทางเคมีไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี

๑. เนื้อต่อมัยรอยด์ ผลสนับสนุนวิธี มีสารกัมมันตภาพรังสี คือ ซี.ไอ.ที. มีปริมาณมากที่สุด จึงทำให้อัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ซี.ไอ.ที.}}$ ในคนปกติต่ำกว่าหนึ่งทุกราย (เฉลี่ย ๐.๔๓) ซึ่งได้ค่าสูงกว่าวิธีมีสารกัมมันตภาพรังสีเล็กน้อยและการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอโอดีน ในเนื้อต่อมัยรอยด์ของคนปกติสูงมาก (เฉลี่ย ๕๐๐ ไมโครกรัมต่อหนึ่งกรัม) ดังตารางที่ ๑

*มีสารกัมมันตภาพรังสี

๒. ซีรัม อัตราส่วนของซีรัม $\frac{ที่๓}{ที่๔}$ โดยวิธี อาร์.ไอ.เอ. ต่ำมาก (เฉลี่ย ๐.๐๑๕) ในคนปกติ และปริมาณไอโอดีนในซีรัมก็ไม่สูง (เฉลี่ย ๖.๙ ไมโครกรัม ต่อ ๑๐๐ มล.) ค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ ๒

ต่อมธัยรอยด์ของคนคอพอกประจำถิ่น

ก. วิธีมีสารกัมมันตภาพรังสี

๑. เนื้อต่อมธัยรอยด์ มีค่ากลับกันกับค่าคนปกติ คือ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.*}}{\text{ดี.ไอ.ที.*}}$ มีค่าสูงมาก (เฉลี่ย ๒.๓ ใน ๗ ราย) ซึ่งแต่ละรายมีค่ามากกว่าหนึ่ง เช่นเดียวกับอัตราส่วนของ $\frac{ที่๓*}{ที่๔*}$ (เฉลี่ย ๐.๓๘) สูงมากกว่าในคนปกติ (๐.๐๘) จะเห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัด ($P < ๐.๐๐๑$) ตามตารางที่ ๑ และรูปที่ ๑ ข.

๒. ซีรัม อัตราส่วนของ $\frac{ที่๓*}{ที่๔*}$ (เฉลี่ย ๐.๔๑ ใน ๗ ราย) ซึ่งสูงเป็น ๔ เท่าในคนปกติ (๐.๑๐) เพราะที่๔* ลดลงในคนคอพอกพวกนี้ (๑๔.๓%) แต่สัดส่วนของ ที่๓* เพิ่มขึ้น (๕.๙%) มีไอโอดีนในซีรัมค่อนข้างสูง (๓๘.๓%) ตามตารางที่ ๒ และรูปที่ ๒ ข.

ข. วิธีไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี

๑. เนื้อต่อมธัยรอยด์ ให้ผลสอดคล้องกันกับวิธีมีสารกัมมันตภาพรังสี คือ อัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ดี.ไอ.ที.}}$ สูงกว่าหนึ่ง (เฉลี่ย ๑.๒๓ ใน ๓ ราย) และ $\frac{ที่๓}{ที่๔}$ (เฉลี่ย ๐.๔๖) สูงกว่าในคนปกติ (๐.๑๙) นอกจากนี้ความเข้มข้นของไอโอดีนในเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนคอพอกประจำถิ่น ต่ำมาก (เฉลี่ย ๕๓ ไมโครกรัม/กรัม ใน ๗ ราย) ซึ่งน้อยกว่าคนปกติถึง ๙-๑๐ เท่า (๕๐๐ ไมโครกรัมไอโอดีน/กรัมเนื้อต่อม) จะเห็นได้เด่นชัดในการเปรียบเทียบตามตารางที่ ๓

* มีสารกัมมันตภาพรังสี

๒. ซีรัม โดยวิธี อาร์.ไอ.เอ. ให้ผลเช่นเดียวกัน คือ ค่าซีรัม $\frac{P}{S}$ ในคน คอพอกสูง (เฉลี่ย ๐.๐๒๕) กว่าคนปกติ (เฉลี่ย ๐.๐๑๕) และสูงกว่าผู้ร่อยด้ผู้ใหญ่ (เฉลี่ย ๐.๐๑๖ ใน ๑๔๓ ราย) ส่วนปริมาณไอโอดีนในซีรัมของคนคอพอก (เฉลี่ย ๕.๓ ไมโครกรัม/๑๐๐ มล.) ต่ำกว่าคนปกติเล็กน้อย (๖.๙ ไมโครกรัม/๑๐๐ มล.) ดังตารางที่ ๒ และรูปที่ ๒ ข. และยังต่ำกว่าเด็กวัยรุ่น (อายุ ๑๒-๑๙ ปี) ที่มีคอปกติ (๘.๒ จำนวน ๒๓ คน)

วิจารณ์

คอพอกแบบขาดไอโอดีนเป็นเวลานาน ๆ ย่อมมีการตรวจพบอาการที่แสดงว่าขาดไอโอดีน ร่วมกับความพยายามของร่างกายที่จะต่อสู้ เพื่อทดแทนการขาดไอโอดีน โดยเนื้อต่อมธัยรอยด์มี hypertrophy, involution และ nodulation (Marine Cycle)

เนื้อต่อมธัยรอยด์ มีอัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ดี.ไอ.ที.}}$ มากกว่าหนึ่งในคนคอพอกประจำถิ่น ซึ่งคนคอพอกชุดนี้อาจได้รับเกลือไอโอดेट จากภายนอกมาบ้างแล้ว^๖ ย่อมช่วยพุงให้มีวัสดุติบ (Precursors) โดยเฉพาะ เอ็ม.ไอ.ที. มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างมากมาย เพื่อสร้างวัตถุสำเร็จรูป คือ T_3 และ T_4 ให้เพียงพอในการทดแทนการขาดไอโอดีนต่อไป

การตรวจพบนี้ ได้ผลตรงข้ามกับการตรวจพบของ Dimitriadou และคณะ^{๖,๗} เมื่อแรกเริ่มนานมาแล้ว ก่อนการควบคุมด้วยเกลือไอโอดेट ซึ่งเห็นว่า ดี.ไอ.ที. มากกว่า เอ็ม.ไอ.ที. ในคนคอพอกพวกนี้ อาจเป็นเพราะการตรวจพบต่างกรรมต่างวาระ ตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการสกัด แยก วิเคราะห์ ต่างกันออกไป เช่น สมัยก่อนใช้ เปเปอร์โครมาโตกราฟี ซึ่งแยก ดี.ไอ.ที. ออกจาก เอ็ม.ไอ.ที. ได้ไม่ดีและไม่สามารแยก T_3 ออกจาก T_4 ได้ แต่การวิจัยนี้ใช้ ที.แอล.ซี. ในน้ำยาผสมอินทรีย์เคมีที่จะแยกทุก ๆ ส่วนประกอบของสารไอโอดีนได้ชัดเจน เพราะเราใช้ซีตเป็นเส้นแทนที่จะเป็นจุดกลม ฉะนั้นการแยกลักษณะความแตกต่าง ของสารที่มีค่า อาร์.เอฟ. ใกล้เคียงกัน ก็จะแยกให้เห็น

ได้โดยไม่เสื่อมกันและการตรวจวิเคราะห์โดยวิธี มีสารกัมมันตภาพรังสี และไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี ให้ผลสอดคล้องกันเป็นอย่างดีทุกประการดังที่กล่าวมาแล้ว

อัตราส่วนของ $\frac{T_3}{T_4}$ ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ ของคนคอพอกประจำถิ่น มีค่าสูงกว่าในคนปกติ โดยเฉพาะเน้นหนักที่ T_3 คือ ร่างกายพยายามสร้างของที่ดีกว่าให้มากขึ้น ขณะเดียวกัน T_4 จะถูกสร้างน้อยกว่าปกติ จึงทำให้อัตราส่วนของ $\frac{T_3}{T_4}$ สูงมากขึ้น เมื่อเทียบกับคนปกติจะเห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนในฮีสโตแกรม รูปที่ ๓ ก. และ ๓ ข.

ส่วนความเข้มข้นของไอโอดีน ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนคอพอกต่ำกว่าคนปกติมากมาย (ตารางที่ ๓) ย่อมแสดงถึงทุน หรือ ทุนคงคลังของการขาดแคลนไอโอดีนอย่างมาก เพราะฉะนั้น ต่อมาจึงต้องชวนชวนทำงานมากขึ้นด้วยสมรรถภาพที่ต้องทำงานให้ดียิ่งขึ้น การที่เนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนคอพอก มีปริมาณไอโอดีนต่ำเป็น $\frac{1}{6}$ ถึง $\frac{1}{10}$ เท่าของคนปกตินั้น นับว่ายังขาดไอโอดีนไม่สาหัสนัก เพราะอาจได้ไอโอดีนจากเกลือไอโอดีเตบ้างแล้ว (หากสาหัสจริง ๆ แล้ว เราเคยตรวจพบว่า แต่เดิมก่อนให้เกลือไอโอดีเตในคนคอพอกพวกนี้ มีการขับถ่ายไอโอดีนต่ำมากเป็น $\frac{1}{16}$ หรือ ซีรัมพี.บี.ไอ. $\frac{1}{15}$ เป็นต้น)

ธัยรอยด์ฮอร์โมนส์ในเลือดหมุนเวียน ในคนคอพอกมีซีรัม T_3 สูง แต่ซีรัม T_4 ก่อนข้างต่ำนั้นสอดคล้องกับการตรวจพบในเนื้อต่อมธัยรอยด์ ซึ่งยืนยันว่ามีการสร้าง T_3 มาก และ T_4 น้อยกว่าปกติ ฉะนั้นอาจพูดได้ว่าปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ซีรัม T_3 สูงและ T_4 ต่ำนั้น เนื่องมาจากการผลิตหรือการสังเคราะห์ T_3 T_4 ภายในเนื้อต่อมเอง และหลั่งออกมาในเลือดหมุนเวียน นอกเหนือไปจากอีกปัจจัยหนึ่งคือ การที่มีส่วนกลับของ T_3 ไปเป็น T_4 ใน peripheral tissue ^{๑,๑๐,๑๖,๑๗} คือเนื้อเยื่อส่วนปลาย

ในซีรัมย่อมแสดงตรงไปตรงมาว่ามีปริมาณไอโอดีนในซีรัม (total serum iodine) น้อย เนื่องจากการขาดแคลนวัตถุดิบ (ไอโอดีน) แต่ก็พยายามกักให้ปกติ

โดยมีซีรัม $\frac{T_3}{T_4}$ สูงกว่าปกติ ยืนยันว่าสร้าง T_3 (ของดีกว่า) ออกมาอย่างเห็นหน้า
เป็นการตรวจพบที่แสดงความพยายามทดแทนการขาดไอโอดีนโดยแท้ ในระยะที่ยังพอ
กอบกู้ได้ โดยการช่วยสนับสนุนด้วยไอโอดีนจากภายนอก คือ เกลือไอโอเดตบ้าง

ผลการศึกษาคั้งนี้ สนับสนุนและยืนยันรายงานต่างประเทศหลายฉบับที่ว่า
คนและสัตว์ที่ขาดไอโอดีนอย่างมากเป็นเวลานานๆจะมีสัดส่วนของ เอ็ม.ไอ.ที. และ T_3
ในเนื้อต่อมธัยรอยด์สูงกว่าปกติ และอัตราส่วนของซีรัม $\frac{T_3}{T_4}$ สูงขึ้นด้วย ๙,๑๒,๑๓,๑๕,๑๘,๒๐

แต่ถ้าคนและสัตว์พวกนี้ได้รับไอโอดีนจากภายนอกเข้าไปจะทำให้อัตราส่วนของ
เอ็ม.ไอ.ที. และ $\frac{T_3}{T_4}$ ลดลงจนเกือบปกติ^{๓,๑๓} นอกจากนี้พบว่าอัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ดี.ไอ.ที.}}$

ในต่อมธัยรอยด์เป็นเครื่องชี้บ่งของการขาดไอโอดีนที่ไวมากกว่า $\frac{T_3}{T_4}$ ในตัวต่อม หรือซีรัม
หลายเท่า เช่น ในสัตว์ทดลอง (หนูขาว) ซึ่งถูกควบคุมอาหารที่มีไอโอดีนต่ำพอควร
(moderate iodine deficiency) นั้น มีอัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ดี.ไอ.ที.}}$ สูงกว่าหนูที่เลี้ยงอาหาร

ที่มีไอโอดีนสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราส่วนของ $\frac{T_3}{T_4}$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัย
สำคัญทางสถิติ^๑ เป็นต้น ผลต่างๆ เหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงกลไกภูมิสภาพ (Adaptive
Mechanism) อันวิเศษสุดของต่อมธัยรอยด์ในภาวะต่าง ๆ กัน เพื่อควบคุมการทำงานของ
ของร่างกายให้เป็นไปตามปกติ ส่วนกลไกอันแท้จริงที่เกิดขึ้นอย่างไรนั้น ยังคงเป็นที่ไม่
กระจ่างชัด

สรุป

การศึกษาเมตาบอลิซึมของไอโอดีน ภายในต่อมธัยรอยด์ของคนคอกอก
แสดงการเปลี่ยนแปลง ขวนขวาย ทดแทน การขาดไอโอดีนได้หลายลักษณะ ในคน
คอกอกที่ได้รับเกลือไอโอเดตบ้างแล้ว ก็ยังแสดงร่องรอยการขาดไอโอดีน พร้อมกันนั้น

ที่มีการทดแทน (compensation) และการประหยัดที่จะใช้ไอโอดีน ในการสังเคราะห์ ธรอยด์ฮอร์โมนส์ โดยผลิตเนื้องอกที่ เอ็ม.ไอ.ที. และ ที_๓ ภายในต่อมธรอยด์ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ ที_๓ ในซีรัมสูงขึ้น และ ที_๔ ค่อนข้างต่ำกว่าปกติ แต่ก็เพียงพอ ในการควบคุมการทำงานของร่างกายให้เป็นไปตามปกติ ถึงแม้ว่าจำนวนไอโอดีนภายใน ต่อมธรอยด์ และซีรัม จะน้อยกว่าปกติก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

1. Boonnamsiri, V. Investigation of Labelled-containing Compounds in the Rat under Steady State Conditions. Ph.D. Thesis, London University, London, 1974.
 2. Boonnamsiri, V., Noi-Snga, S. and Suwanik, R. A Simple Method for Analysis of Iodine in Iodated Salt. *J. Med. Assoc. Thailand*, 1976, **59**, 47.
 3. Boonnamsiri, V., Phasuk, N., Patanajugr, C., Pleehachinda, R. and Suwanik, R. Radioimmunoassay of T₃ in Unextracted Serum. *Siriraj Hosp. Gaz.*, 1977, **29**, 35.
 4. Boonnamsiri, V., Suwanik, R., Pleehachinda, R. and Suansilpongse, S. Chromatographic Studies of Thyroid Hormones in Thyroid Tissue of Various Conditions. *J. Med. Assoc. Thailand*, 1970, **53**, 617.
 5. Chopra, I.J., Ho, R.S. and Lam, R. An Improved Radioimmunoassay of Triiodothyronine in Serum. Its Application to Clinical and Physiological Studies. *J. Lab. Clin. Med.*, 1972, **80**, 729.
 6. Dimitriadou, A., Suwanik, R. and Fraser, T.R. Chromatographic Studies on Biopsy Specimens from Non-toxic Goitre in London Compared with Those in Thailand. *Proc. Roy. Soc. Med.*, 1964, **56**, 361.
 7. Dimitriadou, A., Suwanik, R., Fraser, T.R. and Pearson, T.D. Endemic Goitre in Thailand. A Study Contrasting These Iodine-deficient Goitres with Sporadic Non-toxic Goitres seen in London. *J. Endocrinol.*, 1966, **34**, 23.
 8. Dunn, R.T. and Foster, L.B. Radioimmunoassay of Thyroxine in Unextracted Serum, by a Single-Antibody Technique. *Clin. Chem.*, 1973, **19**, 1063.
 9. Ermans, A.M., Dumont, J.E. and Bastenie, P.A. Thyroid Function in a Goitre-Endemic Impairment of Hormone Synthesis and Secretion in the Goitre Gland. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 1963, **23**, 539.
 10. Fisher, D.A., Chopra, I.J. and Dussault, J.H. Extrathyroidal Conversion of Thyroxine to Triiodothyronine in Sheep. *Endocrinology*, 1972, **91**, 1141.
 11. Gmelin, R. and Virtanen, A.I. A Sensitive Colour Reaction for the Paper Chromatographic Detection of Iodide, Iodinated Tyrosines and Thyronines. *Acta. Chem. Scand.*, 1959, **13**, 1496.
- J. Natl. Res. Council Thailand*, 1979, **11** (2)

12. Greer, M.A., Grimm, Y. and Studer, H. Quantitative Changes in the Secretion of Thyroid Hormones Induced by Iodine Deficiency. *Endocrinology*, 1968, **83**, 1193.
13. Hollander, C.S., Nihei, N., Misuma, T., Scovill, C. and Gershengorn, C. Eluated Serum Triiodothyronine in Association with Ultered Available Iodine in Normal and Hyperthyroid Subjects. *Clin. Res.*, 1971, **19**, 560.
14. Malan, P.G. Hydrolysis of ¹²⁵I-Labelled Thyroglobulin by Pancreatin, Pronase and Pepsin. *Biochem. J.*, 1968, **109**, 787.
15. Patal, Y.C., Pharoah, P.O.D., Hornabrook, R.W. and Hetzel, B.S. Serum Triiodothyronine Thyroxine and Thyroid Stimulating Hormone in Endemic Goitre: A Comparison of Goitrous and Non-goitrous Subjects in New Guinea. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1973, **37**, 783.
16. Pittman, C.S., Chambers, J.B. and Read, V.H. The Extrathyroidal Conversion Rate of Thyroxine to Triiodothyronine in Normal Men. *J. Clin. Invest.*, 1971, **50**, 1187.
17. Pleehachinda, R., Suwanik, R., Boonnamsiri, V., Phasuk, N. and Hemindra, P. Study of Iodoamino-Acid Composition of Circulating Thyroid Hormones in Various Stages of Thyroid Function with Particular Reference to Endemic Goitre in Thailand. *Siriraj Hosp. Gaz.*, 1974, **26**, 608.
18. Querido, A., Schut, K. and Terpstra, J. Hormone Synthesis in the Iodine-Deficient Thyroid Gland. *Ciba Found. Colloq. Endocrinol.*, 1957, **10**, 124.
19. Schwartz, H.L., Surks, M.I. and Oppenheimer, J.H. Quantitation of Extrathyroidal Conversion of L-Thyroxine to 3, 5, 3-L-Triiodothyronine in the Rat. *J. Clin. Invest.*, 1971, **50**, 1124.
20. Studer, H. and Greer, M.A. The Regulation of Thyroid Function in Iodine Deficiency. Hans Huber Publishing, Bern, 1968.
21. Suwanik, R. Endemic Goitre in Thailand, M.D. Thesis, University of Medical Science, Bangkok, 1964.
22. Zak, B., Willard, H.H., Myers, G.B. and Boyle, A.S. Chloric Acid Method for Determination of Protein-bound Iodine. *Anal. Chem.*, 1952, **24**, 1345.

ตารางที่ ๑ แสดงสารประกอบไอโอดีน และอัตราส่วนของร้อยละของคาร์บอนในเนื้อต่อมวลร้อยละของคาร์บอนของคอปกิต และคอปกิตประจําถิ่น หลังไอโอดีน-๑๒๕ (๑ มิลลิกรัม) เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง

ชื่อ	อายุ (ปี)	สถานที่	เปอร์เซ็นต์ ของกัมมันตภาพรังสี ใน ที.แอล.ซี. แฟรงก์สันส์											ไอโอดีนใน ตัวอย่างร้อยละ ไม่โครมาทมิ/กรัม
			ไอ.	ไอ.-ซี.ไอ.ที.	ดี.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	ไอ.ไอ.ที.*	
คอปกิต	๑. น.ส. ร.ว.	กทม.	๗.๘	๓๖.๘	๒๑.๑	๑๖.๒	๑.๐	๑.๙	๒.๓	๒.๓	๒.๒	๐.๕๗	๐.๑๒	๔๐๘
	๒. นาย ก.ท.	กทม.	๗.๘	๓๘.๘	๑๔.๗	๒๒.๗	๒.๔	๑.๔	๑.๕	๓.๐	๐.๖	๐.๓๗	๐.๐๖	๔๗๖
	๓. น.ส. จ.อ.	หนองบัวรี	๗.๑	๓๐.๗	๑๗.๗	๒๐.๐	๔.๕	๑.๓	๔.๑	๕.๓	๔.๓	๐.๕๘	๐.๐๖	๕๑๔
	๔. นาง ม.ร.	ปราจีนบุรี	๑.๓	๔๘.๕	๒๑.๓	๑๕.๔	๐.๕	๑.๓	๐.๓	๒.๙	๒.๙	๐.๔๔	๐.๐๙	๖๐๐
ค่าเฉลี่ย ± เอส.อี.เอ็ม.	—	—	๖.๗	๓๘.๘	๑๘.๗	๑๘.๖	๒.๑	๑.๕	๒.๑	๓.๔	๑.๕	๐.๔๙	๐.๐๘	๕๐๐
	เอส.อี.เอ็ม.	—	๓.๗	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
คอปกิตประจําถิ่น	๒๕	เข็ญราย	๑.๑	๑๕.๙	๕๐.๔	๙.๒	๐.๗	๓.๙	๐.๕	๑.๓	๑.๙	๐.๔๓	๐.๔๓	๖๐
	๔๒	เข็ญราย	๐.๔	๒๔.๖	๕๒.๐	๘.๒	๐.๒	๓.๖	—	๑.๕	๑.๕	๐.๔๔	๐.๔๔	๖๓
	๕๔	เข็ญราย	๐.๕	๑๔.๖	๕๒.๖	๙.๕	๑.๗	๓.๖	๒.๔	๒.๒	๒.๒	๐.๓๖	๐.๓๖	๑๔
	๓๒	แพร์	๒.๔	๑๗.๘	๔๘.๕	๙.๐	๑.๔	๓.๖	๒.๗	๒.๗	๒.๗	๐.๔๐	๐.๔๐	๖๒
	๔๓	แพร์	๒.๐	๒๘.๓	๔๒.๑	๘.๐	๑.๖	๒.๗	๑.๘	๑.๘	๑.๘	๐.๓๓	๐.๓๓	๙๖
	๕๒	แพร์	๔.๐	๑๘.๙	๓๔.๑	๑๔.๐	๑.๖	๔.๓	๒.๗	๒.๗	๒.๗	๐.๓๐	๐.๓๐	๓๗
	๓๐	แพร์	๓.๔	๒๗.๙	๓๘.๖	๖.๙	๓.๖	๓.๑	๒.๙	๒.๙	๒.๙	๐.๔๕	๐.๔๕	๔๒
ค่าเฉลี่ย ± เอส.อี.เอ็ม.	—	—	๒.๐	๒๑.๓	๔๕.๕	๙.๓	๑.๘	๓.๖	๑.๘	๒.๒	๑.๘	๐.๓๘	๐.๓๘	๕๓
	เอส.อี.เอ็ม.	—	๒.๒	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±

* มีสารกัมมันตภาพรังสี

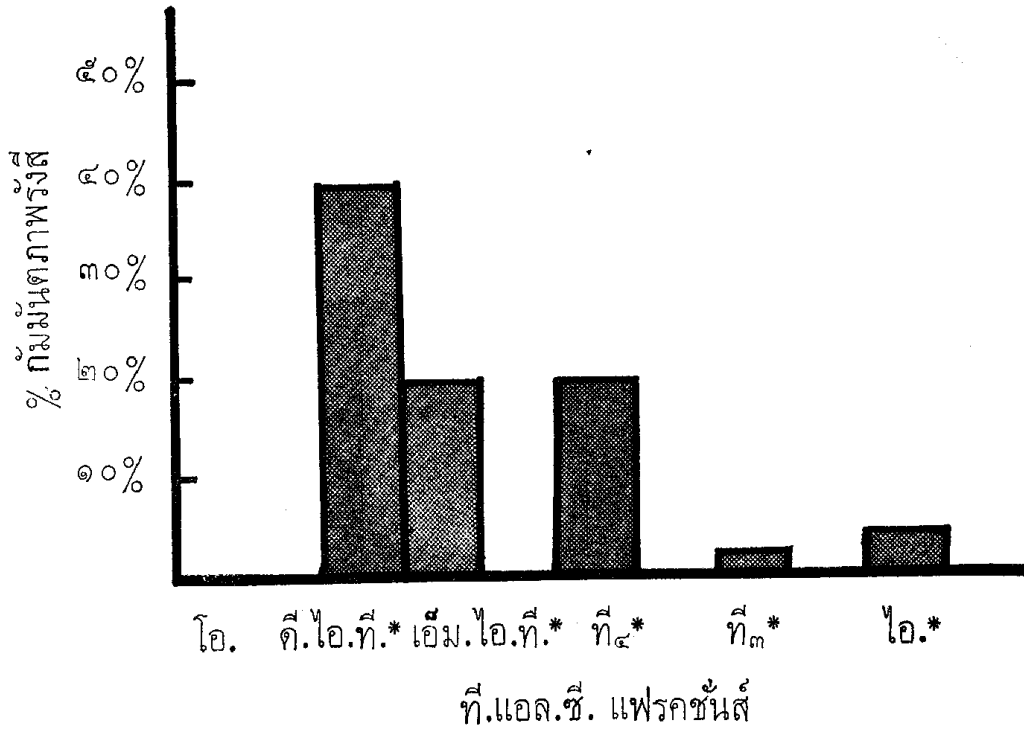
ตารางที่ ๒ แสดงสารประกอบไอโอดีน และอัตราส่วนของร้อยละในตัวของคนปกติและคอกพอกประจำถิ่น
หลังไอโอดีน-๑๒๕ (๑ มิลลิกรัม) เป็นเวลา ๒๔ ชั่วโมง

ชื่อ	เปอร์เซ็นต์ ของกัมมันตภาพรังสี ใน ที่แอล.ซี. เพอซันต์										ที่ * ที่ %	วาคิโอดิมมูนในแอลเอสย์			ปริมาณไอโอดีน ในซีรัม (ไมโครกรัม %)	
	ไอ. ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*	ไอ.ซี.ไอ.ที.ไอ.ที.*		ที่ % (ไมโครกรัม %)	ที่ % (ไมโครกรัม %)	ที่ %		
คอกพอก																
๑. น.ส. ร.ว.	๒.๘	๔.๑	๓.๐	—	๓.๐.๘	—	๓.๒	๕.๕	๓.๕.๙	๑๐.๔	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๘.๑
๒. นาย ก.ท.	๕.๕	๓.๙	๓.๔	—	๓.๒.๐	๓.๗	๒.๘	๔.๗	๒.๙.๕	๙.๗	๐.๐๙	๐.๐๙	๐.๐๙	๐.๐๙	๐.๐๙	๖.๐
๓. น.ส. จ.อ.	๓.๓	๔.๓	๔.๕	๒.๖	๒.๕.๗	๒.๓	๒.๙	๔.๙	๓.๖.๕	๑๐.๘	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๖.๒
๔. นาง ม.ร.	๕.๐	๔.๙	๕.๑	๓.๔	๑.๙.๖	๑.๙	๒.๑	๕.๗	๓.๓.๕	๑๒.๔	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๐.๑๑	๗.๓
ค่าเฉลี่ย ± เอส.อี.เอ็ม.	๓.๙	๔.๕	๔.๐	๑.๕	๒.๗.๐	๒.๖	๒.๘	๕.๒	๓.๓.๘	๑๐.๙	๐.๑๐	๐.๑๐	๐.๑๐	๐.๑๐	๐.๑๐	๖.๙
คอกพอกประจำถิ่น																
๑. น.ส. ก.ร.	๔.๗	๓.๒	๓.๕	๒.๒	๑.๐.๒	๓.๑	๕.๘	๕.๒	๔.๙.๑	๑๐.๑	๐.๕๗	๐.๕๗	๐.๕๗	๐.๕๗	๐.๕๗	๕.๘
๒. นาง ส.ว.	๒.๖	๑.๑	๔.๐	๑.๒	๑.๓.๔	๔.๓	๔.๙	๒.๑	๔.๓.๘	๑๗.๙	๐.๓๖	๐.๓๖	๐.๓๖	๐.๓๖	๐.๓๖	๕.๖
๓. นาง ป.ช.	๑.๔	๓.๐	๓.๔	๑.๕	๑.๘.๓	๑.๘	๑.๒	๖.๐	๔.๐.๓	๑๑.๖	๐.๕๕	๐.๕๕	๐.๕๕	๐.๕๕	๐.๕๕	๔.๘
๔. นาย อ.อ.	๓.๒	๓.๕	๖.๕	๓.๙	๑.๕.๘	๕.๔	๕.๕	๖.๘	๓.๒.๑	๑๓.๒	๐.๓๕	๐.๓๕	๐.๓๕	๐.๓๕	๐.๓๕	๔.๑
๕. นาง จ.ก.	๕.๙	๗.๙	๖.๑	๔.๘	๑.๔.๐	๓.๘	๔.๘	๖.๗	๓.๓.๖	๑๐.๓	๐.๓๕	๐.๓๕	๐.๓๕	๐.๓๕	๐.๓๕	๕.๐
๖. นาง ว.ว.	๕.๑	๕.๑	๕.๖	๔.๓	๑.๙.๙	๕.๑	๕.๑	๖.๗	๓.๑.๐	๑๖.๕	๐.๔๒	๐.๔๒	๐.๔๒	๐.๔๒	๐.๔๒	๕.๙
๗. นาง ศ.ก.	๔.๒	๔.๖	๓.๗	—	๑.๘.๕	๑.๗	๕.๑	๖.๐	๓.๘.๑	๑๓.๔	๐.๓๑	๐.๓๑	๐.๓๑	๐.๓๑	๐.๓๑	๖.๐
ค่าเฉลี่ย ± เอส.อี.เอ็ม.	๓.๙	๓.๘	๔.๗	๒.๕	๑.๔.๓	๓.๖	๕.๙	๕.๐	๓.๘.๓	๑๓.๖	๐.๔๑	๐.๔๑	๐.๔๑	๐.๔๑	๐.๔๑	๕.๓

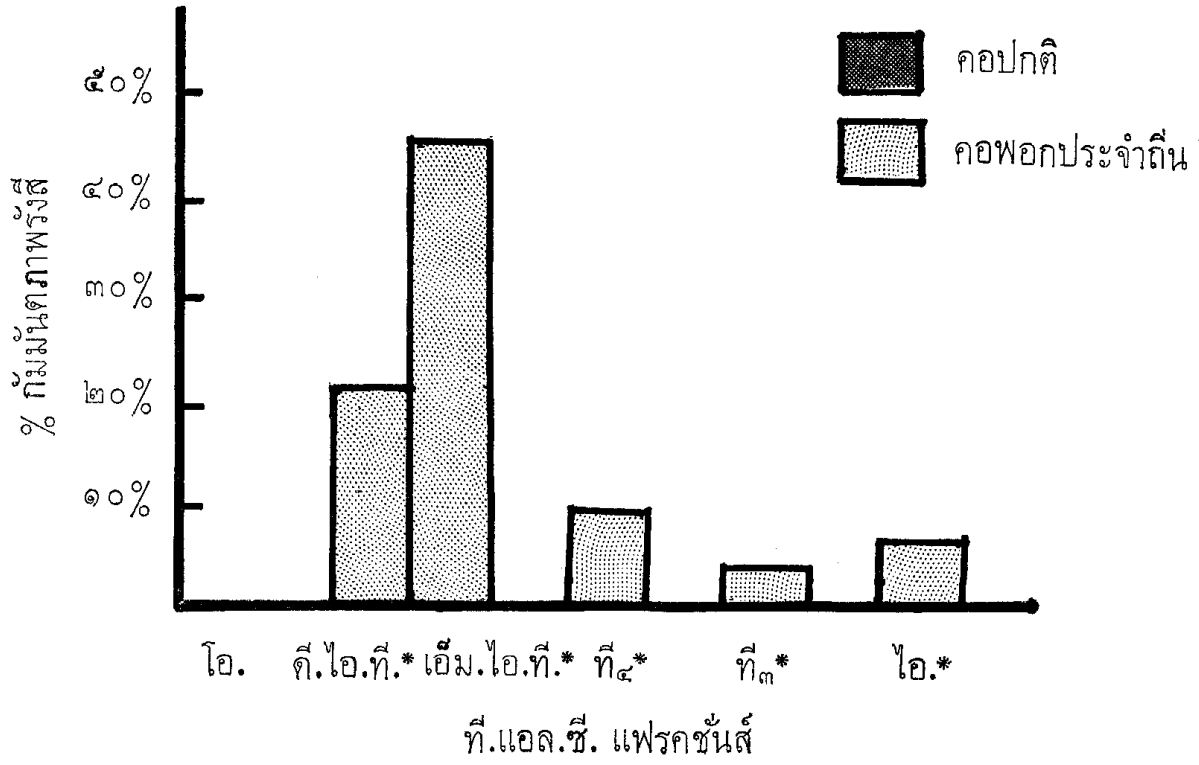
* มีสารกัมมันตภาพรังสี

ตารางที่ ๓ การหาปริมาณไอโอดีนในเนื้อต่อมธัยรอยด์ โดยวิธีย่อยด้วยกรดคลอริก (ไม่มีสารกัมมันตภาพรังสี)

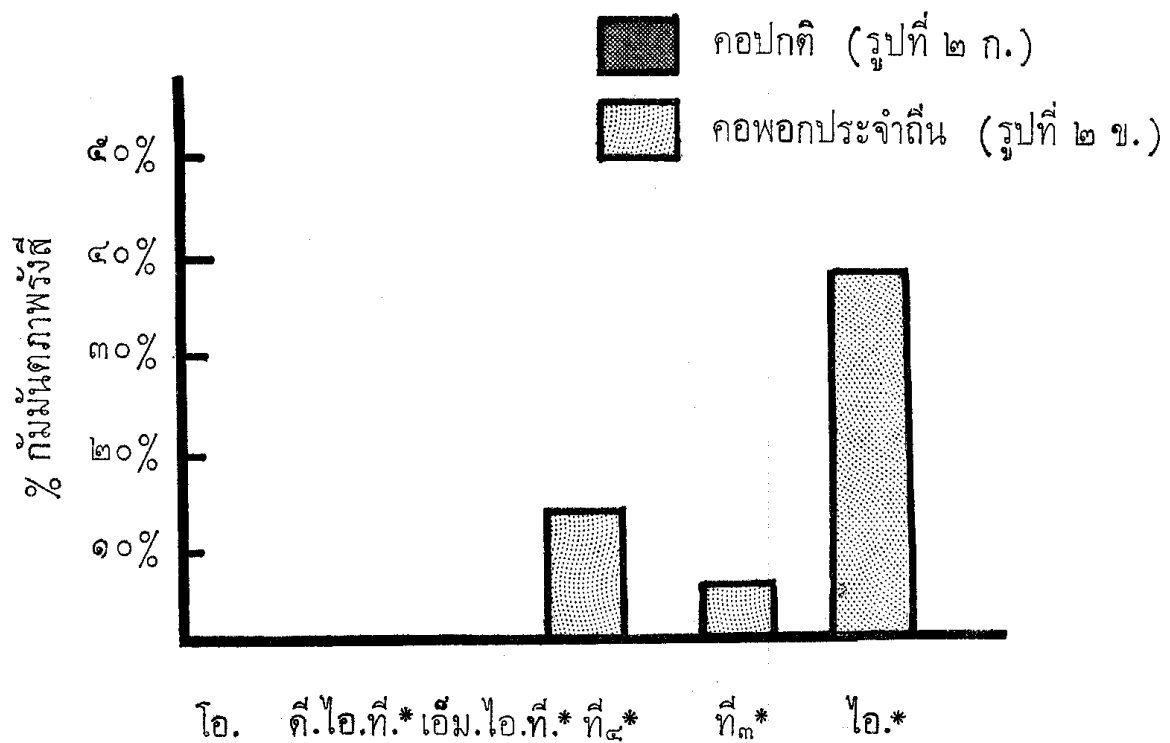
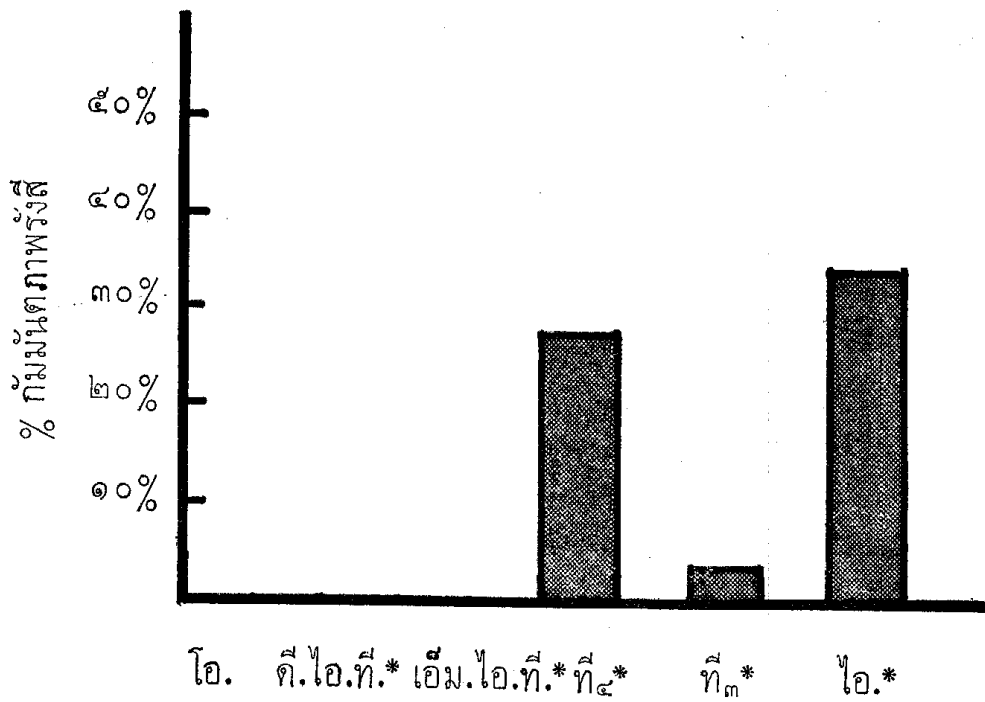
ชื่อ	อายุ	ที่อยู่	ปริมาณ ไอโอดีน (ไมโครกรัม/กรัม เนื้อธัยรอยด์)				อัตราส่วน		ความเข้มข้นของไอโอดีน (ไมโครกรัม/กรัม)
			ซี.ไอ.ที	เอ็ม.ไอ.ที.	ที _๔	ซีที _๓	เอ็ม.ไอ.ที. ซี.ไอ.ที.	ที _๔ ที _๓	
กอบกิติ	๑. น.ส. ร.ร.	กทม.	๑๔๖.๓	๖๓.๔	๓๘.๙	๘.๘	๐.๔๔	๐.๒๓	๔๐๘
	๒. นาย ก.ท.	กทม.	๑๔๘.๒	๕๒.๕	๕๘.๑	๖.๒	๐.๓๕	๐.๑๑	๔๗๖
	๓. น.ส. จ.อ.	นนทบุรี	๑๕๓.๕	๗๒.๙	๖๒.๐	๙.๘	๐.๔๗	๐.๑๖	๕๑๔
	๔. นาง ส.ร.	ปราชินบุรี	๑๑๕.๙	๕๖.๐	๔๐.๒	๑๐.๗	๐.๔๘	๐.๒๖	๖๐๐
คำเจดีย์ ± เอส.อี.เอ็ม.	—	—	๑๔๑.๐ ± ๘.๕	๖๑.๒ ± ๔.๕	๔๙.๘ ± ๖.๐	๘.๘ ± ๑.๐	๐.๔๓ ± ๐.๐๓	๐.๑๙ ± ๐.๐๓	๕๐๐ ± ๔๐
	กอพอกประจักษ์	—	—	—	—	—	—	—	—
กอพอกประจักษ์	๑. นาง จ.ก.	แพร่	๑๓.๖	๑๘.๔	๑๕.๔	๙.๐	๑.๓๖	๐.๕๙	๙๖
	๒. นาง ว.ว.	แพร่	๑๒.๕	๑๔.๘	๑๔.๙	๖.๙	๑.๑๘	๐.๔๖	๓๗
	๓. นาง ศ.จ.	แพร่	๙.๕	๑๑.๐	๑๐.๗	๓.๘	๑.๑๖	๐.๓๕	๔๒
คำเจดีย์ ± เอส.อี.เอ็ม.	—	—	๑๑.๙ ± ๑.๒	๑๔.๗ ± ๒.๑	๑๓.๗ ± ๑.๕	๖.๖ ± ๑.๕	๑.๒๓ ± ๐.๐๖	๐.๔๖ ± ๐.๐๗	๕๘ ± ๑๙



รูปที่ ๑ ก. แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของสารที่มีไอโอดีน-๑๒๕ ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนปกติ

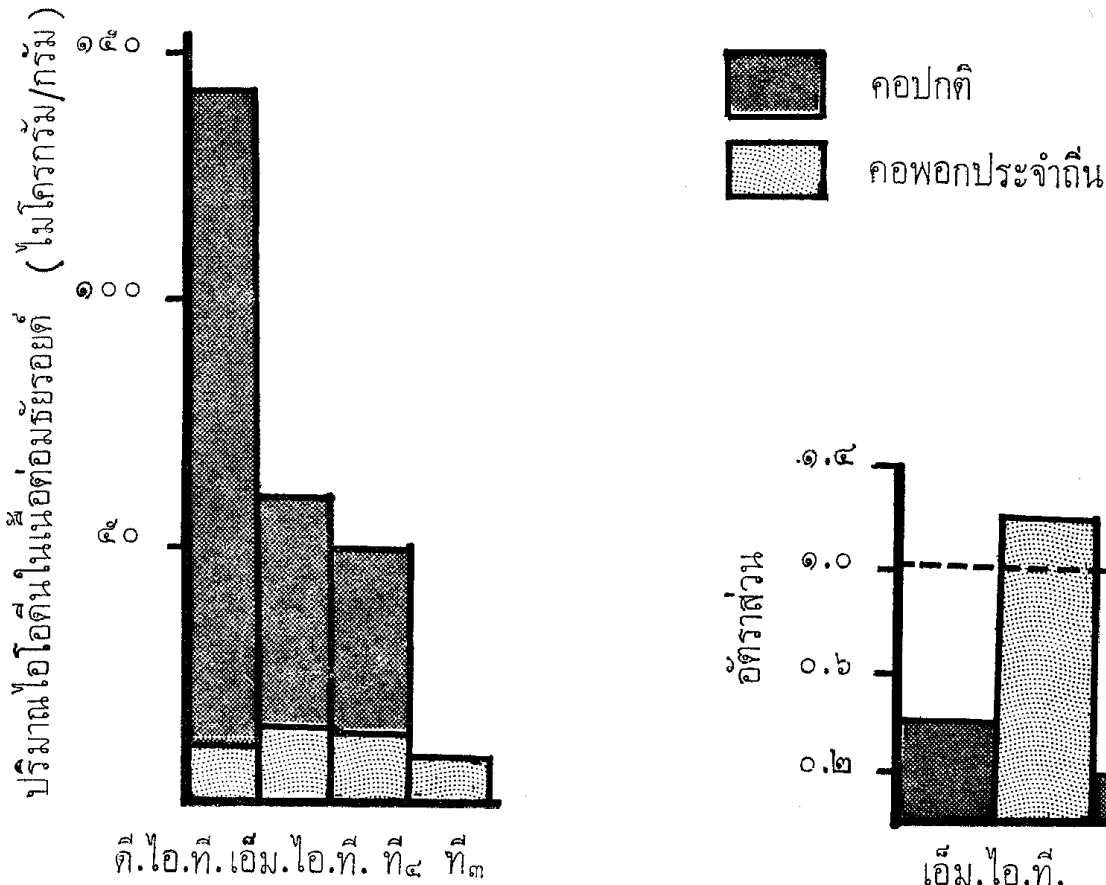


รูปที่ ๑ ข. แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของสารที่มีไอโอดีน-๑๒๕ ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ของคนคอปอกประจำถิ่น

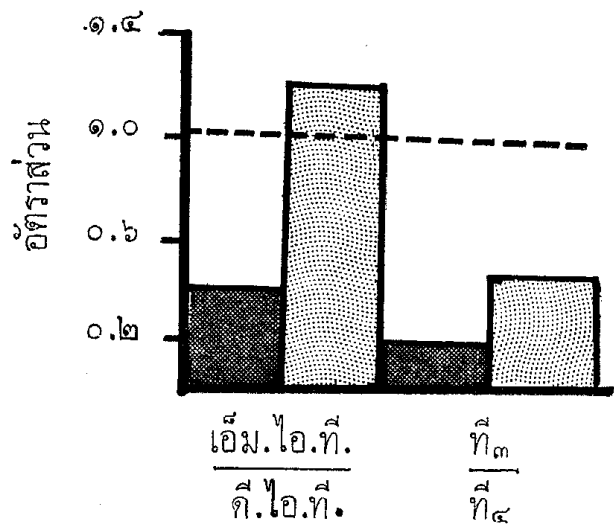


ที.แอล.ซี. แฟรคชั่นส์

รูปที่ ๒ ก. และ ข. แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของสารที่มีไอโอดีน - ๑๒๕ ในซีรัมของคนปกติ และคอปอกประจำถิ่น



รูปที่ ๓ ก. แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของไอโอดีนในเนื้อต่อมธัยรอยด์โดยวิธีวิเคราะห์ทางเคมีไม่มีกัมมันตภาพรังสี (Non-Radioactive Method)



รูปที่ ๓ ข. แสดงอัตราส่วนของ $\frac{\text{เอ็ม.ไอ.ที.}}{\text{ด.ไอ.ที.}}$ และ $\frac{\text{ที๓}}{\text{ที๔}}$ ในเนื้อต่อมธัยรอยด์ โดยวิธีวิเคราะห์ทางเคมีไม่มีกัมมันตภาพรังสี (Non-Radioactive Method)