

7-1-1972

Radioimmunoassay of serum insulin and its clinical application

สมพงษ์ จินายน

ศรีสุดา ลิตยรัชชา

พวงพยอม อารีวัฒนา

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/clmjournal>



Part of the [Medicine and Health Sciences Commons](#)

Recommended Citation

จินายน, สมพงษ์; ลิตยรัชชา, ศรีสุดา; and อารีวัฒนา, พวงพยอม (1972) "Radioimmunoassay of serum insulin and its clinical application," *Chulalongkorn Medical Journal*: Vol. 17: Iss. 3, Article 1.

DOI: 10.58837/CHULA.CMJ.17.3.1

Available at: <https://digital.car.chula.ac.th/clmjournal/vol17/iss3/1>

This Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn Medical Journal by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

RADIOIMMUNOASSAY OF SERUM INSULIN AND ITS CLINICAL APPLICATION

สมพงษ์ จินายน พ.บ., M.Sc. *

ศรีสุตา สิตปรีชา พ.บ., M.Sc. **

พวงพยอม อาริวัฒนา วท.บ. เทคโนโลยีการแพทย์ (รังสีเทคนิค) ***

Introduction :

การหาจำนวน Serum insulin ในคน โดยวิธี radioimmunoassay นั้น Yalow และ Berson ได้เริ่มใช้เมื่อปี ค.ศ. ๑๙๖๐ (20) โดยใช้หลักของ radioisotope dilution, immunologic specificity และการแยก antibody bound insulin ออกจาก free insulin ด้วย separating agents

โดยอาศัยคุณสมบัติของ Unlabelled hormone (Insulin) ซึ่งมีอยู่ใน plasma หรือ serum จะแทนที่ (competition) labelled hormone (^{125}I -insulin) ในการที่จะรวมกับ insulin antibody ซึ่งมีจำนวนจำกัด การทำ assay ใช้ปริมาณของ antigen มากกว่า (antigen excess) antibody ซึ่งมีจำนวนจำกัด ดังนั้น จำนวน ^{125}I -insulin

(ปริมาณคงที่) เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น จะรวมกับ antibody เป็น radioactive bound form (B) ส่วนที่เหลือจะคงอยู่เป็น radioactive free form (F) ถ้าเติม insulin ลงไป จะทำให้จำนวน ^{125}I -insulin antibody (B) ลดลง และเกิดการเปลี่ยนแปลงของ radioactive B/F ratio หรือ percent bound ซึ่งมีค่าต่างๆ ตามปริมาณของ standard insulin ที่เติมลงไป และนำมา plot เป็น standard curve ใช้สำหรับหาปริมาณของ Insulin จาก Unknown samples ได้

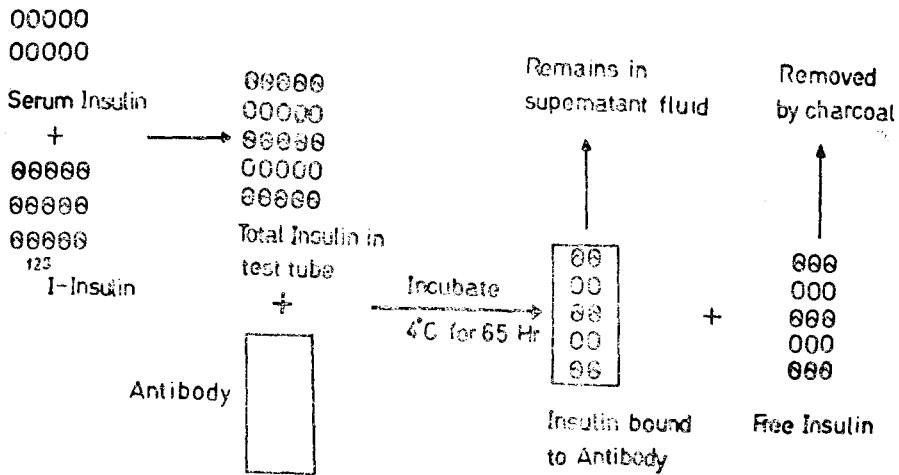
ปัจจุบันนี้ radioimmunoassay เป็นวิธีที่ง่าย มีความไวและแม่นยำในการหาจำนวน immunoreactive insulin (IRI) ใน blood แต่ค่าที่ได้นั้นไม่ใช่เป็นการวัด biological function ของ insulin ในร่างกาย

* แผนกวิชาเวชศาสตร์ชั้นสูง คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** แผนกวิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** หน่วยเรดิโอไอโซโทป แผนกวิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

The principle of Charcoal Immunoassay of Insulin



รูปที่ ๑

ในรายงานนี้ได้เสนอวิธี radioimmunoassay ในการตรวจหาระดับของ Serum insulin ระยะ fasting ในคนปกติและในผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน (maturity onset diabetes) รวมทั้งศึกษาถึงความสัมพันธ์ของ

ระดับ serum insulin และ blood glucose ในระหว่างการทำ Oral glucose tolerance test ทั้งในคนปกติและในผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวาน

Principle:

หลักของ Charcoal radioimmunoassay of insulin แสดงได้ดังนี้

1. ^{125}I -insulin + AB \rightleftharpoons (^{125}I -insulin-AB) + ^{125}I -insulin
2. ^{125}I -insulin + Insulin + AB \rightleftharpoons (^{125}I -insulin-AB) + (Insulin-AB) + ^{125}I -insulin + Insulin

Labelled insulin (antigen) จะรวมกับ antibody (AB) ได้เป็น ^{125}I -insulin-antibody complex เมื่อเติม Unlabelled insulin (antigen) ลงไปจะทำให้ radioactivity ของ ^{125}I -insulin-antibody complex ลดลง เนื่องจาก antibody มีจำนวนจำกัดและคงที่ และ ^{125}I -insulin และ Insulin สามารถที่จะรวมกับ antibody ได้

ใน assay system ประกอบด้วย ๕ ทดลองดังแสดงในรูปที่ ๑ ซึ่งได้ดัดแปลงมาจาก principle of charcoal immunoassay of insulin ของ Herbert, et al.⁽¹⁰⁾

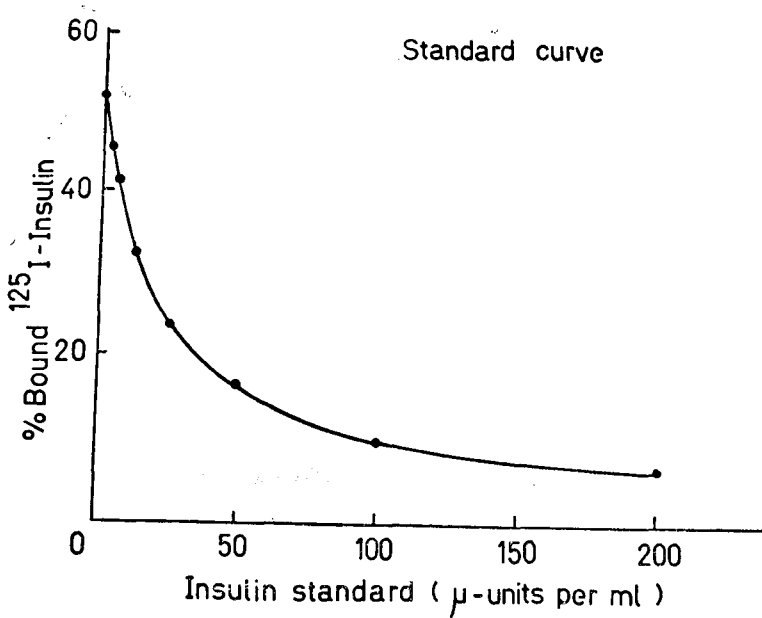
เมื่อใส่ serum ที่ต้องการจะทราบระดับ insulin รวมกับ ^{125}I -insulin ซึ่งมีจำนวนคงที่ จะเป็นจำนวน insulin ทั้งหมดที่มีอยู่ใน test เมื่อเติม insulin antibody ซึ่งมีจำนวนจำกัดลงไป และ Incubate ที่ 4°C ประมาณ ๖๕ ชั่วโมง ในภาวะเช่นนี้จะเกิดการแย่งชิงระหว่าง labelled และ unlabelled antigen ในการที่จะรวมกับ specific antibody ภายหลัง incubation ในส่วนผสมจะประกอบด้วยส่วนของ Insulin bound antibody และ Free insulin ซึ่งทั้งสองส่วนจะมีทั้ง labelled และ unlabelled insulin เป็นส่วนประกอบ จากนั้นแยก free insulin

fraction ออกจากส่วนผสมโดยใช้ charcoal และนำมาปั่นแยกส่วนของ charcoal ที่ absorbed free insulin ซึ่งจะอยู่ข้างใต้ ส่วน insulin ที่รวมกับ Antibody จะคงอยู่ใน supernatant ทำให้แยกส่วนทั้งสองออกจากกันได้ เมื่อนำแต่ละส่วนไปหา radioactivity ก็จะทราบจำนวนของ radioactive bound insulin (B) และ radioactive free insulin (F) นำค่าทั้งสองมาหา B/F ratio หรือ Percent bound แล้วนำไปเทียบค่าจาก Standard curve ก็จะทราบจำนวน Insulin ที่มีอยู่ใน Unknown sample ได้ ซึ่งมีหน่วยเป็น microunits per ml. serum or plasma

Standard curve เตรียมได้โดยใช้วิธีและหลักเดียวกัน คือใช้ human insulin ที่ทราบค่าแล้วในปริมาณต่าง ๆ กัน ใส่ลงแทน unknown sample และหาค่าของ radioactive B/F ratio หรือ percent bound ^{125}I -insulin ของแต่ละปริมาณ นำมาเขียนเป็น curve ไว้ ดังแสดงในรูปที่ ๒

Method.

A. Serum immunoreactive insulin (IRI) ที่ใช้ในรายงานนี้ได้ดัดแปลงจากวิธี charcoal assay of insulin ของ



รูปที่ ๒

Albino และ Ekins⁽¹⁾ ซึ่งใช้ reagents
ดังนี้

๑. Guinea — pig anti-pork insulin antiserum (ได้รับจาก Dr. Ekins—institute of nuclear medicine, the Middlesex hospital Medical School, London) เก็บแต่ละส่วนไว้ที่ -20°C ก่อนจะใช้ผสมด้วย phosphate albumin buffer เพื่อให้ได้ 1 : 200,000 หรือ 1 : 300,000 dilution.

๒. ¹²⁵I — Insulin (IM 38, Radiochemical center, Amersham, England) มี specific activity 5 microcuries per 0.1 microgram แบ่ง stock solution ไว้เป็น

ส่วน ๆ เก็บที่ -20°C ก่อนจะใช้จึงผสมด้วย phosphate albumin buffer ให้ได้ปริมาณเท่ากับ ๒๐๐ pg/ml.

๓. Human insulin standard (M.R.C standard Lot 66/304, M.R.C., England) เก็บ stock solution ไว้ที่ -20°C ก่อนจะใช้ผสมด้วย phosphate albumin buffer ให้มีความเข้มข้น ๒๐๐, ๑๐๐, ๕๐, ๒๕, ๑๒.๕, ๖.๒๕ และ ๓.๑๒๕ microunits per ml.

๔. Human serum albumin (20% v/w Poviet producten NU, Amsterdam)

๕. Phosphate albumin buffer pH 7.4, 0.05 M. เตรียม phosphate buffer เก็บไว้ที่ ๔°C ก่อนใช้เติม human serum albumin ให้มีความเข้มข้น ๐.๕ %.

๖. Norit A charcoal 50 mg/ml. in 0.5 % phosphate albumin buffer

๗. Samples ใช้ serum จากคนในภาวะ

a. Fasting state

b. Following 100 g. oral glucose load เลือดที่ติดงทงไว้ที่อุณหภูมิประมาณ ๒๐°C ๔-๖ ชม. แยกออก serum และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ - ๒๐°C จนกระทั่งนำมาใช้ในการทดลอง.

	<u>Standards (ml.)</u>	<u>Unknowns (ml.)</u>
1. Phosphate albumin buffer	0.6	0.6
2. Standard insulin dilutions	0.1	-
3. Test serum	-	0.1
4. Diluted ¹²⁵ I-Insulin	0.1	0.1
5. Diluted antiserum	0.1	0.1

Control tubes ของ Standard ใส่ buffer 0.8 ml. และ ¹²⁵I-Insulin 0.1 ml.

ของ Unknown ใส่ buffer 0.7 ml. test serum 0.1 ml. และ ¹²⁵I-Insulin 0.1 ml.

Controls นี้ใช้สำหรับการแก้ Non-specific binding และ incubation damage ของสารไอโซโทป

ทุก ๆ Standards และ Unknowns ทำ assay ซ้ำสองครั้ง (Duplication) โดยใช้

จำนวนและการเรียงลำดับการใส่ของ reagents ดังกล่าวแล้ว Mix ทุก tubes แล้ว incubate ที่ ๔°C เวลา ๖๕ ชั่วโมง แล้วเติม charcoal suspension 0.1 ml. ลงทุก tubes mix และตั้งทิ้งไว้ที่ ๔°C ๒ ชั่วโมง บั่นแล้วแยก free (charcoal) และ bound (supernatant) fractions ออกจากกันแล้วนับ radioactivity ของแต่ละส่วนโดยใช้ Packard auto gamma scintillation counter แล้วคำนวณหา % ¹²⁵I-Insulin bound to antibody ของแต่ละ tube โดยใช้สูตร

$$\% \text{ Bound} = 100 \left(\frac{1}{x+1} - \frac{1}{y+1} \right)$$

x = observed free / bound ratio in the sample tube.

y = observed free / bound ratio in the corresponding control tube.

B. Blood glucose ตรวจโดยใช้
“Auto-analyzer” โดยวิธี Technicon fer-
ricyanide reduction method

Materials :

กลุ่มคนปกติ

ได้ทำการศึกษาในคนปกติที่ไม่มี Endo-
crine diseases หรือโรคอื่น ๆ และไม่มี
ประวัติของการป่วยเป็นโรคเบาหวานใน
ครอบครัว จำนวน ๕๒ ราย อายุระหว่าง
๑๖-๗๐ ปี น้ำหนักตัวระหว่าง ๔๕-๖๐
กิโลกรัม ได้ตรวจหาค่า Fasting blood
glucose และ serum insulin

ได้ศึกษาค่าของ blood glucose และ
serum insulin ภายหลังให้ ๑๐๐ g. oral
glucose ในคนปกติ ๙ ราย ซึ่งมีอายุ
ระหว่าง ๑๘-๓๕ ปี น้ำหนักตัว ๔๗-๕๘
กิโลกรัม โดยเจาะเลือดที่ระยะ Fasting,
๓๐, ๖๐, ๑๒๐ และ ๑๘๐ นาที ภายหลังให้
glucose

กลุ่มคนไข้โรคเบาหวาน

ได้ศึกษาในคนไข้โรคเบาหวานพวก
maturity -- onset จำนวน ๑๗ ราย อายุ

ระหว่าง ๓๔-๗๑ ปี น้ำหนักตัว ๔๕-๘๕
กิโลกรัม เป็นคนไข้ใหม่ซึ่งไม่เคยได้รับการ
รักษาด้วยวิธีคุมอาหาร หรือได้รับยา insulin
หรือได้รับยาพวก oral hypoglycemic agent
มาก่อนเลย ได้ตรวจหา Fasting blood
glucose และ serum insulin

การศึกษา blood glucose และ serum
insulin ในระหว่างการทำ ๑๐๐ g. oral
glucose tolerance ในคนไข้เบาหวานจำนวน
๙ คน ซึ่งไม่เคยได้รับการรักษาด้วยวิธี
ดังกล่าวแล้ว อายุระหว่าง ๑๗-๖๑ ปี
น้ำหนักตัว ๔๕-๘๕ กิโลกรัม โดยเจาะ
เลือดที่ระยะ Fasting, ๓๐, ๖๐, ๑๒๐ และ
๑๘๐ นาที ภายหลังให้ glucose และนำมา
หาค่า blood glucose และ serum insulin

กลุ่มคนไข้เบาหวานที่ได้รับการรักษา
ด้วยยาพวก Sulfonyleureas

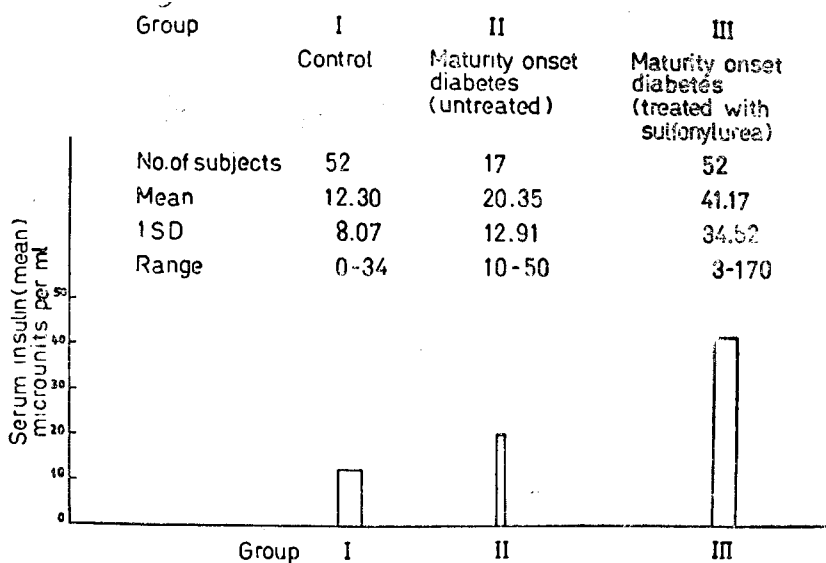
คนไข้เบาหวาน ๕๒ ราย ที่ได้มารับ
การรักษาที่คลินิกโรคเบาหวานในโรงพยา-
บาลจุฬาลงกรณ์ และได้รับการรักษาด้วยยา
sulfonyleureas เป็นระยะเวลาตั้งแต่ ๒ เดือน
ถึง ๕ ปี ได้ตรวจเลือดหา Fasting blood
glucose และ serum insulin

Results:**A. ค่าของ serum insulin ใน****ระยะ fasting**

๑. ในคนปกติ ค่าของ serum insulin 0.34 microunits/ml. ค่า mean 12.3 ± 8.07 microunits/ml.

๒. ในคนไข้เบาหวาน ค่าของ serum insulin 10–50 microunits/ml. ค่า mean 20.35 ± 12.91 microunits/ml.

๓. ในคนไข้เบาหวานที่ได้รับการรักษาด้วย Sulfonylurea ค่าของ serum insulin 3–170 microunits/ml. ค่า mean 41.17 ± 34.52 microunits/ml.

FASTING INSULIN LEVELS

รูปที่ ๓

ค่าเปรียบเทียบของทั้ง ๓ พวกได้แสดงไว้ในรูปที่ ๓ ซึ่งพิจารณาแล้วจะเห็นว่าค่า mean fasting insulin ของ group II สูงกว่า group I เล็กน้อย แต่เมื่อนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบกันทางสถิติ พบว่าไม่มีความ

สำคัญในความแตกต่าง ($P < 0.05$) ส่วนค่า mean fasting insulin ของ group III นั้นสูงกว่าของ group I และ group II อย่างชัดเจน และเมื่อเปรียบเทียบค่าเหล่านี้ทางสถิติ จะเห็นความสำคัญของความแตกต่าง

คือ ระหว่าง group III และ group I ต่อ glycemc stimulation ในคนไข้เบาหวาน ($P < 0.001$) และระหว่าง group III และ group II ($P < 0.001$) มี ๓ แบบ (รูปที่ ๕)

๑. Flat response

๒. Delayed response

๓. High response

B. Insulin response ต่อ Glucose

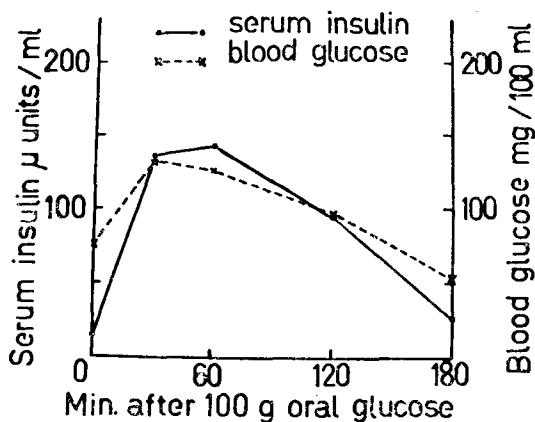
tolerance test

๑. ค่าของผล mean blood glucose และ serum insulin ของคนปกติจำนวน ๙ ราย ในระหว่างการทำ oral glucose tolerance test ดังแสดงในรูปที่ ๔ (เส้นไขว้ปลาแสดงค่าของ blood glucose ส่วนเส้นทึบแสดงค่าของ serum insulin)

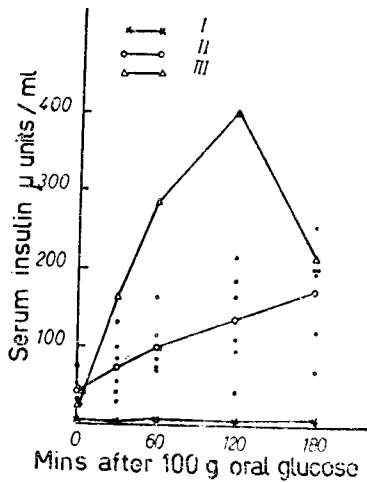
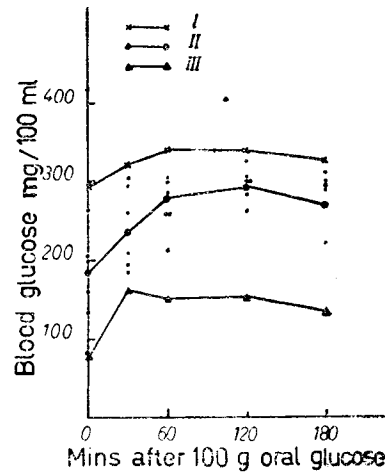
๒. ค่าของ serum insulin response

การแบ่งเป็นแต่ละแบบนี้ อาศัยหลักของ Buchanan และ McKiddie⁽⁴⁾ เมื่อเปรียบเทียบค่าของ glucose tolerance กับค่าของ serum insulin จะพบว่า inverse correlation คือ severe glucose intolerance correlate กับ flat insulin response และในทางตรงกันข้าม mild glucose intolerance correlate กับ high insulin response.

The mean blood glucose and serum insulin levels in normal subjects



รูปที่ ๔

Type of serum insulin response
in diabetic subjectsOral glucose tolerance test
in diabetic subjects

รูปที่ ๕

	<u>Blood sugar</u> mg./100 ml. (mean)	<u>Serum insulin</u> microunits per ml. (mean)
Fasting level	77	16
Following 100 g. oral glucose		
1/2 hr.	132	136
1 hr.	126	142
2 hr.	96	95
3 hr.	66	27

เห็นได้ว่าลักษณะของ insulin responsive curve จะเป็นแบบเดียวกันกับ blood glucose curve คือ ค่าสูงสุดของ insulin response อยู่ระหว่าง ๑/๒ และ ๑ ชม. และจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงระดับ basal ในเวลา ๓ ชม. ซึ่งตรงกับผลงานที่ผู้สนใจได้ทำไว้ ดังแสดงใน Table I.

Table I Range of insulin values in healthy subjects following glucose tolerance test

<u>References</u>	<u>Year.</u>	<u>No. of case</u>	<u>Doses of oral</u> <u>glucose</u>
1. Yalow and Berson ⁽²⁰⁾	1960	30	100 g.
2. Hales and Randle ⁽⁸⁾	1963	5	50 g.
3. Hales and Randle ⁽⁸⁾	1963	5	100 g.
4. Nikkilä, et al. ⁽¹¹⁾	1965	12	1 g./kg.
5. Welborn, et al. ⁽¹⁹⁾	1966	45	50 g.
6. Our data	1971	9	100 g.

<i>Range of insulin values (microunits per ml.) at</i>					
<i>0</i>	<i>1/2 hr.</i>	<i>1 hr.</i>	<i>2 hr.</i>	<i>2 1/2 hr.</i>	<i>3 hr.</i>
0 - 66	39 - 294	18 - 342	21 - 223	-	-
6 - 25	35 - 88	43 - 120	-	6 - 37	-
10 - 27	45 - 320	20 - 100	-	6 - 27	-
0 - 27	21 - 100	30 - 92	0 - 68	-	-
3 - 26	15 - 125	13 - 131	6 - 60	-	-
0 - 34	24 - 360	56 - 300	30 - 168	-	10 - 48

Discussion

การศึกษา serum insulin ในโรคเบาหวาน มีเหตุมาจาก active manifestation ของโรคเบาหวานกลับปกติเมื่อให้ Insulin ดังนั้นจึงน่าสนใจที่จะค้นคว้าเรื่อง serum insulin ในโรคเบาหวาน เพราะอาจจะทำให้ทราบถึงสาเหตุของโรคนี้

จากผลของการศึกษาพบว่าค่า serum insulin ในภาวะ fasting ของคนไข้เบาหวาน ไม่แตกต่างกับค่าของคนปกติในภาวะเดียวกัน ซึ่งสนับสนุนผลงานของผู้อื่น เช่น Yalow และ Berson⁽²¹⁾ ดังนั้นการศึกษา serum insulin ในระยะ fasting นั้น ไม่ช่วยให้ทราบถึงความผิดปกติของ insulin ในคนไข้

เบาหวานแต่อย่างใด ความผิดปกติของ serum insulin ในคนไข้เบาหวานจะเห็นได้ภายหลังให้ glucose ซึ่งเป็น chief initiator ของ insulin⁽¹⁶⁾ insulin response ต่อ glycemic stimulation มี variation ตั้งแต่ flat จนถึง high response ทั้งนี้เนื่องจาก clinical spectrum ของโรคเบาหวานนั้นกว้างมาก จาก maturity onset ซึ่งมี mild carbohydrate intolerance ถึง juvenile diabetes ซึ่งมี severe carbohydrate intolerance

การที่มี high insulin response นั้น อาจจะเนื่องจาก resistance ต่อ action ของ insulin ในโรคเบาหวานมักจะมี ความผิดปกติ ของ glyceride metabolism จะมี fatty acid release จาก adipose tissues และกล้ามเนื้อ มากขึ้น ซึ่งมี antagonized action ต่อ insulin⁽⁷⁾ หรือ insulin ที่ตรวจหาได้นั้น physiologically inactive หรือเป็น abnormal insulin⁽⁶⁾ อย่างไรก็ตามค่า serum insulin ใน maturity-onset diabetes จะต่ำเมื่อ เทียบกับค่าของ associated blood glucose⁽¹⁴⁾ ซึ่งแสดงว่ามี pancreatic failure.

เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า delayed insulin response ต่อ glucose นั้น เป็น ลักษณะเฉพาะของโรคเบาหวาน^(9, 17, 20)

และในการศึกษาครั้งนั้นสนับสนุนการ response แบบนี้อาจจะเนื่องจาก increase stimulatory threshold ของ β cell หรืออาจเกิดจากความผิดปกติในการสร้างหรือการหลั่งของ insulin อย่างไรก็ตาม Seltzer และ Allen⁽¹⁵⁾ เชื่อว่าเกิดจาก biochemical inertia ของ β cell

Flat insulin response ใน Juvenile diabetes แสดง insulin deficiency ซึ่งตรงกับผลที่ Hales⁽⁹⁾ และ Berson & Yalow⁽²⁾ ได้ศึกษาไว้

Inverse correlation ระหว่าง insulin response และ glucose นั้น สนับสนุนผลงานของ Hales⁽⁹⁾ และ Bagdade, et al.⁽³⁾ ได้มีผู้อธิบายว่าเกิดจาก excessive stimulation ของ β cell อยู่ยาวนานในระยะ mild carbohydrate intolerance ทำให้มี exhaustion ของ β cell และเกิด severe-carbohydrate intolerance ในระยะหลัง⁽¹⁷⁾ แต่ได้มีข้อแย้งโดยผลงานของ Cerasi⁽⁵⁾ และ Pyke⁽¹³⁾ ซึ่งพบว่ามี high insulin response ใน pre-diabetes

จากการศึกษาครั้งนั้นพบว่าค่า serum insulin ในคนไข้เบาหวานภายหลังให้ยา sulfonylureas (Hypoglycemic agents) นั้น

จะสูงกว่าพวกที่ไม่ได้ยา ซึ่งตรงกับผลงานของ Pfeiffer, et al. & Vallance - Owen, et al.^(12,18) และได้อธิบายว่า เนื่องจาก sulfonylureas ไปกระตุ้น การหลั่งของ insulin จาก β cell ให้มีมากขึ้น

Conclusion

Serum insulin response ต่อ oral glucose ในคนปกติจะสูงสุดในระหว่าง ๓๒ ๑ ช.ม. และค่อย ๆ ลดลงจนถึงระดับ basal ในเวลา ๓ ช.ม.

ค่าของ serum insulin ของคนไข้เบาหวานในระยะ fasting ไม่แตกต่างกับค่าของคนปกติในภาวะเดียวกัน

Serum insulin ในคนไข้เบาหวานขณะทำ Oral glucose tolerance test^๕ นมี ๓ แบบ คือ high insulin response, delayed response และ low response

Sulfonylureas ทำให้ระดับของ serum insulin สูงขึ้น

ขอขอบคุณ

ผู้รายงาน ขอขอบคุณ นายแพทย์วิชัย โปษยะจินดา หน่วยโรคไตโอไอซีโฮป แผนก

รังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

References

1. Albino, J., and Ekins P.P., The Attainment of High Sensitivity and Precision in Radioimmunoassay techniques as Exemplified in a Simple Assay of Serum Insulin. In vitro procedures with radioisotopes in medicine. Proc. of IAEA symposium P. 491. 1970
2. Berson, S.A., and Yalow, R.S., in Immunoassay of Hormones. Ciba Foundation Colloquia on Endocrinology, London, Vol. 14, P. 182. 1962
3. Bagdade, J.D., Bierman, E.L., and Porte, D., J. Clin. Invest. 46:1549, 1967.
4. Buchanan, K.D., and Mc Kiddie, M.T., Diabetologia 3:400, 1967.
5. Cerasi, E., and Luft, R., Acta Endocr. 55:278, 1967.
6. Elliott, R.B., O'Brien, D., and Roy, C.C., Diabetes 14:780, 1965.
7. Hales, C.N., and Randle, P.J., Biochem. J. 88:137, 1963.
8. Hales, C.N., and Randle, P.J., Lancet 1:790, 1963.
9. Hales, C.N., in Ciba Foundation Colloquia on Endocrinology, London, Vol. 15, p. 140 1964.
10. Herbert, V. Leu, K - S., Gottlieb, C.W., and Bleicher, S.J., J. Clin. Endocr. 25:1375, 1965.
11. Nikkilä, E.A., Miettinen T.A., Vesenne, M.R., and Pelkonen, R., Lancet 2:508, 1965.

12. Pfeiffer, E.F., Pfeiffer, M., and Ditschuneit, H., *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 82:479, 1959.
 13. Pyke, D.A., and Taylor, K.W., *Brit. Med. J.* 4:21, 1967.
 14. Perley, M., and Kipnis, D.J., *Clin. Invest.* 46:1954, 1967.
 15. Seltzer, H.S., and Allen, E.W., *Diabetes* 14:439, 1965.
 16. Simpson, R.G., Benedetti, A., Karem, J.K., and Grodsky, G.M., *Clin. Res.* 14:288, 1966.
 17. Seltzer, H.S., Allen, E.W., Heron, A.L., and Brennan, M.T., *J. Clin. Invest.* 46:323, 1967.
 18. Vallance-Owen, J., Joplin, G.F., and Fraser, R., *Lancet* 2:584, 1959.
 19. Welborn, T.A., Rubenstein, A.H., Haslam, R., and Fraser, R., *Lancet* 1:280, 1966.
 20. Yalow, R.S., and Berson, S.A., *J. Clin. Invest.* 39:1157, 1960.
 21. Yalow, R.S., and Berson, S.A., *Diabetes* 9:254, 1960.
-