

ไอโซเอนไซม์ที่น่าสนใจของ Lactate dehydrogenase

วิโรจน์ ไหววนิชกิจ*
สุนีย์ วีระศักดิ์ศิลป์**

Wiwanitkit V, Theerasakul S. Interesting Lactate dehydrogenase Isoenzymes. Chula Med J 2001 Oct; 45(10): 855 - 63

Lactate dehydrogenase is an enzyme that exists in most tissue and organs. It, like most other enzymes, is composed of multiple molecular forms or isoenzymes, which can be easily separated by electrophoresis. Normally, five isoenzymes can be identified by serum separation. Many abnormal isoenzymes and immune complex can be found in various diseases. Heart, lung and liver diseases are the major groups of diseases that result in abnormal separated isoenzymes pattern. Furthermore, not only blood specimen but also other body fluids can be used as specimen for Lactate dehydrogenase isoenzymes separation. Using the separated isoenzymes pattern, physician can make differential diagnosis and follow up many diseases. To advice readers about those isoenzymes, this article was reviewed.

Key words : Lactate dehydrogenase, Isoenzyme, Electrophoresis.

Reprint request : Wiwanitkit V, Department of Laboratory Medicine, Faculty of Medicine,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. August 10, 2001.

* ภาควิชาเวชศาสตร์ชั้นสูง คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ฝ่ายเวชศาสตร์ชั้นสูง โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

Lactate dehydrogenase (LD: E.C.1.1.1.27) เป็นเอนไซม์ (enzyme) ชนิดหนึ่งในสภาวะปกติพบได้ในเซลล์ของเนื้อเยื่อหลายชนิดแต่จะพบมากในตับ กล้ามเนื้อ หัวใจ และไต⁽¹⁻⁵⁾ ในสภาวะปกติสามารถตรวจพบเอนไซม์ชนิดนี้ได้ในตัวอย่างเลือดเนื่องจากตามปกติมีการสลายของเซลล์ปลดปล่อย เอนไซม์ ชนิดออกสู่กระแสเลือดได้ แต่ถ้าพบเอนไซม์ ชนิดนี้มากย่อมบ่งบอกถึงสภาวะที่มีการตายของเซลล์ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจากปกติ จากหลักความเป็นจริงข้อนี้การตรวจระดับ Lactate dehydrogenase โดยรวมจึงไม่มีประโยชน์ในการวินิจฉัยโรคมากเท่าใดนัก แต่เนื่องจาก เอนไซม์ชนิดนี้มีหลายไอโซเอนไซม์ (isoenzyme) และอวัยวะต่างกันจะมีไอโซเอนไซม์ต่างกันโดยจะมีระดับของไอโซเอนไซม์ชนิดหนึ่งมากเป็นหลัก ดังนั้นจึงสามารถใช้ประโยชน์จากการตรวจหาไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase ในการวินิจฉัยโรคได้⁽⁶⁾

แม้ไอโซเอนไซม์เหล่านี้จะสามารถเร่งปฏิกิริยาเดียวกันได้ แต่ก็มีข้อแตกต่างกันในด้านคุณสมบัติการแยกสารด้วยไฟฟ้า (electrophoretic property) จึงสามารถใช้คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยแยกไอโซเอนไซม์เหล่านี้ได้

การเก็บและการส่งสิ่งส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ

สิ่งส่งตรวจสำหรับการตรวจหาระดับ ไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase ได้แก่ เลือดโดยการเก็บสิ่งส่งตรวจทำได้โดยการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ แนะนำให้เจาะเลือดใส่หลอดที่ใส่สารกันเลือดแข็ง (anticoagulant) EDTA หรือ heparin ปริมาณ 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่ควรใช้หลอดที่ใส่สารกันเลือดแข็ง oxalate เนื่องจากจะมีผลยับยั้งไอโซเอนไซม์ได้ ควรส่งเลือดที่เจาะได้ (fresh specimen) แก่ห้องปฏิบัติการทันที หากไม่สามารถทำการตรวจได้ทันทีให้ทำการปั่นแยกเกร็ดเลือดออก (เนื่องจากในเกร็ดเลือดมีเอนไซม์ชนิดนี้)⁽⁷⁾ แล้วเก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 2 ถึง 6 องศาเซลเซียส วิธีนี้สามารถเก็บไว้ได้ 48 ชั่วโมง ห้ามแช่แข็งตัวอย่างเลือดเนื่องจากจะทำให้เกิดการสลายตัวของไอโซเอนไซม์บางชนิดได้

การเจาะเลือดเก็บสิ่งส่งตรวจในกรณีส่งตรวจเพื่อเพื่อการวินิจฉัยการตายของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างเฉียบพลันนั้นต้องกำหนดเวลาเจาะให้เหมาะสม โดยให้เจาะเก็บตัวอย่างเลือดอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างเลือดแรกทันทีเมื่อรับผู้ป่วยเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ตัวอย่างเลือดที่สองให้เก็บในช่วง 6 - 13 ชั่วโมงต่อมา สำหรับตัวอย่างเลือดสุดท้ายให้เก็บในช่วงเวลา 24 - 37 ชั่วโมงหลังจากรับผู้ป่วยเข้ารักษา⁽⁸⁾ ปัจจุบันนิยมเจาะเลือดเพื่อทำการศึกษาไอโซเอนไซม์ของ Creatine kinase ร่วมด้วย

การตรวจและการแปลผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ

แม้ว่าการตรวจเพื่อแยกไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase นั้นสามารถกระทำได้หลายวิธี⁽⁹⁻¹¹⁾ แต่ในปัจจุบันนั้นนิยมใช้วิธีการแยกสารด้วยไฟฟ้า (electrophoresis) โดยการแยกไอโซเอนไซม์ด้วยไฟฟ้าสามารถใช้ตัวกลางค้ำจุนได้หลายชนิดเช่น agarose, starch, poly acylamide หรือ cellulose acetate ก็ได้ โดยวิธีการนี้ใช้ตัวอย่างซีรัมเพียง 10 ไมโครลิตรเท่านั้น โดยใช้หลักการ fluorometric และ colorimetric ในการทำให้สามารถมองเห็นแถบของไอโซเอนไซม์ที่แยกได้ทั้งนี้พึงระลึกไว้เสมอว่าการตรวจหาระดับไอโซเอนไซม์นั้นจะไม่สามารถแปลผลการตรวจได้ถ้าไม่ตรวจหาระดับเอนไซม์โดยรวมด้วย

การแปลผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการจำเป็นจะต้องทราบค่าระดับ Lactate dehydrogenase โดยรวม⁽¹²⁾ ด้วย ทั้งนี้มีสาเหตุของความแปรปรวนของค่าระดับ Lactate dehydrogenase โดยรวมจากหลายปัจจัย^(7,13) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลถึงค่าระดับของไอโซเอนไซม์ด้วย จำเป็นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ก่อนการแปลผลด้วย

จากตัวอย่างเลือดจากคนปกติเมื่อนำมาแยกหาไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase (ตารางที่ 1)⁽¹²⁾ จะสามารถพบไอโซเอนไซม์ได้ 5 ชนิดคือ ไอโซเอนไซม์ชนิด LD1, LD2, LD3, LD4 และ LD5

ไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase

เมื่อนำตัวอย่างเลือดมาแยกหาไอโซเอนไซม์ ด้วย

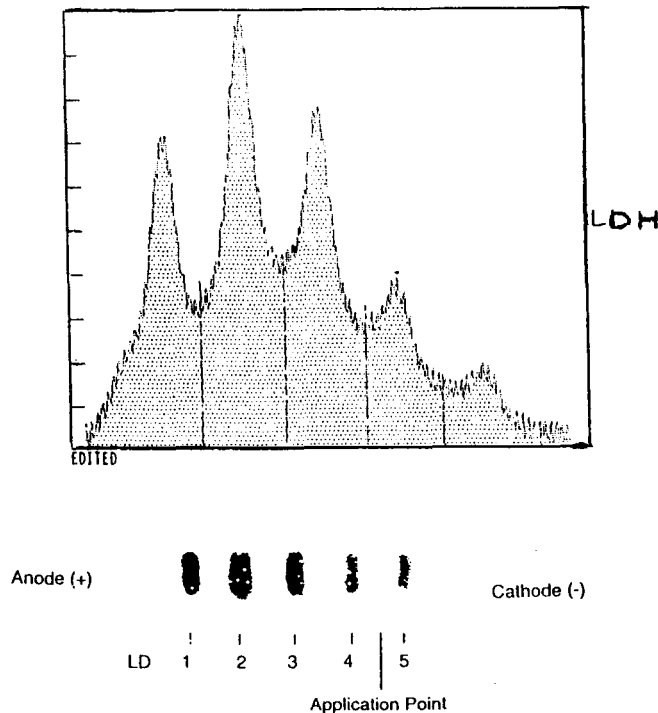
ตารางที่ 1. แสดงค่าปกติของไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase ⁽¹²⁾

ไอโซเอนไซม์	ค่าปกติ
1. LD1	24.6 - 29.8 %
2. LD2	31.8 - 35.8 %
3. LD3	20.0 - 24.8 %
4. LD4	6.8 - 10.2 %
5. LD5	6.5 - 9.7 %

วิธีการแยกด้วยไฟฟ้า (electrophoresis) ⁽¹⁴⁾ จะสามารถแยกไอโซเอนไซม์ออกมาเป็นแถบ (band) ได้ (รูปที่ 1) โดยไอโซเอนไซม์ที่เป็นที่รู้จักในปัจจุบันที่พบได้ในแต่ละแถบจากการแยกด้วยไฟฟ้าจะเป็นดังต่อไปนี้

1. แถบที่สามารถพบได้ในภาวะปกติ ⁽¹⁻⁵⁾

- LD1 เป็นไอโซเอนไซม์ที่เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดเมื่อทำการแยกด้วยไฟฟ้า (fast electrophoretic mobility) โดยจะอยู่ไปทางด้านขั้วบวก (anode) มากที่สุด ตรงกับตำแหน่ง alpha 1 globulin ในการแยกโปรตีนในเลือดด้วยไฟฟ้า ไอโซเอนไซม์ชนิดนี้จะพบเป็นปริมาณมากในกล้ามเนื้อหัวใจ ในผู้ป่วยที่มีการตายของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างเฉียบพลัน (acute myocardial infarction) จะพบว่ามีความระดับของไอโซเอนไซม์นี้สูง ⁽¹⁰⁻¹¹⁾
- LD2 เป็นไอโซเอนไซม์ที่มีปริมาณมากที่สุดในคนปกติ ประมาณ 35 % ของระดับเอนไซม์โดยรวม ดังนั้นในคนปกติจะพบว่าอัตราส่วนของระดับของไอโซเอนไซม์ LD1 ต่อ LD2 จะต่ำกว่า 1 เสมอ ดังนั้นในกรณีของการตายของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างเฉียบพลันจะตรวจพบอัตราส่วน



รูปที่ 1. แสดงแถบและกราฟของไอโซเอนไซม์ที่ได้จาก densitometer ของ Lactate dehydrogenase ในคนปกติ

ดังกล่าวสูงกว่า 1 เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า flipped LD อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ยังสามารถตรวจพบได้ในผู้ป่วยโรค Duchenne's muscular dystrophy,⁽¹⁴⁻¹⁵⁾ hemolytic anemia และ renal infarction แต่สามารถวินิจฉัยแยกโรคได้จากอาการทางคลินิก

- LD3 เป็นไอโซเอนไซม์ที่สามารถพบระดับสูงขึ้นในกรณีมีการตายของเนื้อเยื่อปอด (pulmonary infarction)
 - LD4 เป็นไอโซเอนไซม์ที่พบได้ในคนปกติ โดยไม่พบความสัมพันธ์กับพยาธิสภาพอย่างใดอย่างหนึ่ง
 - LD5 เป็นไอโซเอนไซม์ที่เคลื่อนที่ได้ช้าที่สุดเมื่อทำการแยกด้วยไฟฟ้า (slow electrophoretic mobility) มีระดับสูงในเด็ก โดยจะอยู่ไปทางด้านขั้วลบ (cathode) มากที่สุด ตรงกับตำแหน่ง gamma globulin ในการแยกโปรตีนในเลือดด้วยไฟฟ้า ไอโซเอนไซม์ชนิดนี้จะพบระดับสูงขึ้นได้ในโรคตับ โรคของกล้ามเนื้อ โรคผิวหนัง
- 2. แถบที่ไม่สามารถพบได้ในภาวะปกติ**
- LD6⁽¹⁶⁻¹⁷⁾ เป็น ไอโซเอนไซม์เคลื่อนที่ได้ช้ากว่า LD5 โดยมักพบในผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจจากไขมันในหลอดเลือด (arteriosclerotic heart disease) ร่วมกับการมีพยาธิสภาพที่ตับ ไอโซเอนไซม์ชนิดนี้ทนความร้อน (heat stable) และจากการตรวจทางภูมิคุ้มกันวิทยา (immunology) ไม่พบว่าไอโซเอนไซม์ชนิดนี้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนอิมมูน (immune complex) แต่อย่างไรก็ตาม
 - LD1-ex⁽¹⁸⁾ เป็น ไอโซเอนไซม์ที่พบอยู่ค่อนข้างน้อย (anode) ต่อ LD1 เป็นไอโซเอนไซม์ที่ทนความร้อน สามารถตรวจพบได้ในผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งปฐุมภูมิของตับ (hepatocellular carcinoma)
 - LD2-ex⁽¹⁹⁻²⁰⁾ เป็น ไอโซเอนไซม์ที่พบอยู่ไปทางลบต่อ LD2 เป็นไอโซเอนไซม์ที่พบได้ในผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็ง neuroblastoma เอนไซม์ที่สามารถตรวจพบได้ในน้ำเหลือง (serum) แต่ไม่พบในเม็ดเลือดแดง (red blood cell) พบว่าหลังจากได้ให้การรักษากับผู้ป่วยด้วยเคมีบำบัดแล้วไม่สามารถตรวจพบไอโซเอนไซม์ชนิดนี้
 - Immune complex⁽²¹⁻²³⁾ เป็นแถบที่มีไอโซเอนไซม์ที่แท้จริง เกิดจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ

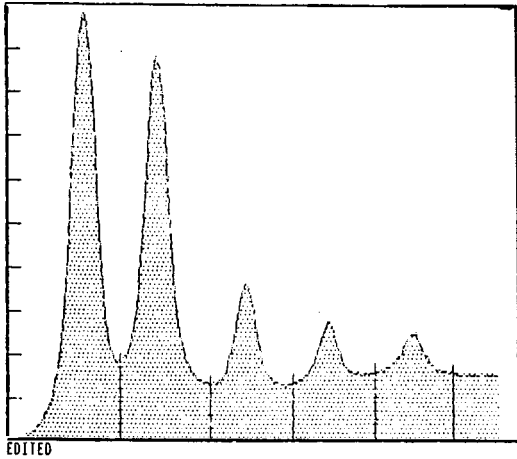
immunoglobulin โดยเฉพาะในกลุ่ม Ig G โดยการรวมตัวนี้มีรายงานในหลายรูปแบบทั้งการรวมตัวกับไอโซเอนไซม์ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือกลุ่มของไอโซเอนไซม์หลายชนิด โดยมีรายงานในผู้ป่วยที่เป็น idiopathic interstitial pneumonia, pericarditis เป็นต้น โดยผลจากการรวมมีทั้งชนิดที่ทำให้ hyperactivity และ hypoactivity

ทั้งนี้พึงระลึกว่าการตรวจแต่เพียงระดับของไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase อย่างเดียวไม่เพียงพอในการวินิจฉัย จำเป็นจะต้องตรวจระดับของเอนไซม์โดยรวมด้วย สำหรับการตรวจเพิ่มเติมอื่นที่ควรตรวจเพิ่มเติม เช่น ในการตรวจเพื่อวินิจฉัยโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายอย่างเฉียบพลัน ควรตรวจระดับไอโซเอนไซม์ Creatine kinase และระดับเอนไซม์ Creatine kinase โดยรวม ในกรณีที่สงสัยว่าระดับไอโซเอนไซม์ Lactate dehydrogenase ที่สูงขึ้นเกิดจากการแตกทำลายของเม็ดเลือดแดง (hemolysis) ควรส่งตรวจ haptoglobin เพื่อช่วยในการวินิจฉัย

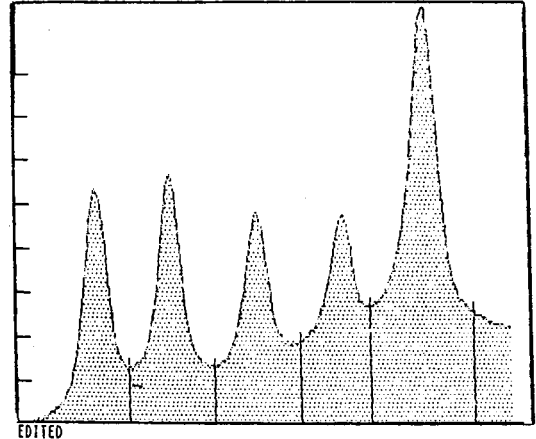
นอกจากนี้ยังสามารถพบปรากฏการณ์ที่เรียกว่า isomorphism⁽²⁴⁾ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ตรวจพบระดับเอนไซม์โดยรวมสูง แต่ร้อยละของไอโซเอนไซม์แต่ละชนิดยังคงอยู่ในเกณฑ์ปกติ สามารถพบปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ในผู้ป่วยในโรคต่าง ๆ หลายชนิด เช่น hypothyroidism, intestinal obstruction, hepatic cirrhosis, alcoholism และ viremia เป็นต้น

การประยุกต์ประโยชน์จากการตรวจไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase

เนื่องจากคุณสมบัติของไอโซเอนไซม์ดังกล่าวมาแล้ว จึงมีการนำ Lactate dehydrogenase ไอโซเอนไซม์มาประยุกต์ใช้ในทางคลินิกหลายประการ (รูปที่ 2) เช่น การใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองโรค การใช้เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยแยกโรค การใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามผล การรักษาและพยากรณ์โรค



Acute myocardial infarction



Hepatic disease

รูปที่ 2. แสดงแถบและกราฟของไอโซเอนซิมที่ได้จาก densitometer ของ Lactate dehydrogenase ในบางสภาวะ

ก. ในผู้ป่วยทางด้านหทัยวิทยา

การใช้ประโยชน์จากการตรวจหาไอโซเอนซิมของ Lactate dehydrogenase ในทางด้านหทัยวิทยา (Cardiology) เป็นประเด็นที่ใช้กันมากที่สุด โดยนิยมส่งตรวจเพื่อเป็น cardiac marker ส่วนหนึ่งในการวินิจฉัยโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายอย่างเฉียบพลัน โดยระดับของเอนซิมชนิดนี้จะเพิ่มสูงขึ้นใน 12 - 24 ชั่วโมงหลังจากเกิดการตายของกล้ามเนื้อหัวใจและจะขึ้นถึงระดับสูงกว่าปกติ 2-3 เท่าใน 3 - 4 วัน และจะคงอยู่นานได้ถึง 2 สัปดาห์ การวินิจฉัยโรคนี้โดยอาศัยการตรวจพบปรากฏการณ์ที่เรียกว่า flipped LD ดังที่กล่าวมาแล้ว การส่งตรวจนิยมส่งตรวจควบคู่กับการตรวจไอโซเอนซิมของ creatine kinase อย่างไรก็ตาม Peterson JR⁽²⁵⁾ แนะนำให้เลือกส่งตรวจไอโซเอนซิมของ creatine kinase เพียงอย่างเดียวเนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีและต้นทุนการตรวจที่ต่ำกว่า⁽²⁶⁾

ในกรณีการตรวจวินิจฉัยโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายระหว่างการผ่าตัด^(24,27) นั้นพบว่าการวินิจฉัยโดยใช้ไอโซเอนซิมของ Lactate dehydrogenase สามารถเกิด

ความผิดพลาดได้เนื่องจากการเกิด hemolytic anemia ซึ่งจะเกิดภายหลังการผ่าตัด ทำให้สามารถพบปรากฏการณ์ flipped LD ได้เช่นกัน แต่ทั้งนี้พบว่าปรากฏการณ์ flipped LD จาก hemolytic anemia นั้นจะทำให้ระดับเอนซิมโดยรวมสูงกว่าปกติเกินกว่า 5 เท่า

ข. ในผู้ป่วยที่มีโรคเกี่ยวกับตับ

ในผู้ป่วยที่มีการทำลายของตับจะพบระดับเอนซิม Lactate dehydrogenase โดยรวมสูงขึ้นร่วมกับการสูงขึ้นอย่างมากของไอโซเอนซิม LD5 อัตราส่วนของไอโซเอนซิม LD1 ต่อ LD5 ที่สูงขึ้นสามารถช่วยในการบ่งบอกถึงมะเร็งทิวติงกูมิของตับ (metastasis carcinoma of liver)⁽²⁸⁾ ในการติดตามการรักษาผู้ป่วยด้วยโรคมะเร็งได้ ผู้ป่วยเป็นโรคตับอักเสบจากสาเหตุต่างๆ จะพบว่าเอนซิม Lactate dehydrogenase โดยรวมสูงขึ้นร่วมกับการตรวจพบไอโซเอนซิมชนิด LD5 ที่สูงขึ้น⁽²⁹⁾

นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการตรวจหาระดับไอโซเอนซิมของ Lactate dehydrogenase ในน้ำท้องมาน

(ascites fluid) เพื่อช่วยในการวินิจฉัยภาวะท้องมานจากโรค มะเร็ง⁽³⁰⁾ เช่น มะเร็งปฐุมภูมิ(hepatoma)และทุดิยภูมิของ ตับ⁽²⁸⁾ มะเร็งของรังไข่ เป็นต้น

ค. ในผู้ป่วยที่มีโรคเกี่ยวกับปอด

ภายหลังจากการเริ่มต้นการตาย (infarction) ของ เนื้อปอด 4 - 10 ชั่วโมงจะสามารถตรวจพบระดับเอนไซม์ Lactate dehydrogenase โดยรวมสูงขึ้น โดย ไอโซเอนไซม์ ที่สูงขึ้นนั้นจะเป็นไอโซเอนไซม์ LD3⁽³¹⁾

ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาการตรวจหาไอโซ เอนไซม์ในน้ำเจาะปอด (pleural fluid) โดยพบว่าในมีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวอย่างน้ำเจาะปอดชนิด transudate และ exudate จากสาเหตุต่าง ๆ⁽³²⁾ แต่ไม่ได้เพิ่ม ประโยชน์จากการแยกชนิดน้ำเจาะปอดด้วยวิธีซีวเคมีตาม ปกติ⁽³³⁾ ทั้งนี้ตามปกติร้อยละของไอโซเอนไซม์ชนิด LD4 และ LD5 ในน้ำเจาะปอดจะสูงกว่าไอโซเอนไซม์ชนิดอื่น⁽³⁴⁾

ง. ในผู้ป่วยทางด้านเวชศาสตร์การเจริญพันธุ์

พบว่าในน้ำกาม (seminal fluid) ของชายจะ สามารถตรวจพบไอโซเอนไซม์ชนิดพิเศษที่เรียกว่า LDH-X ได้ พบความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้น ของอสุจิในน้ำกามกับ LDH-X การตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวจึง มีประโยชน์ในการตรวจการเป็นหมัน (infertility) ในชาย⁽³⁵⁾

จ. ในผู้ป่วยทางด้านมะเร็งวิทยา

การใช้ประโยชน์จากการตรวจหาไอโซเอนไซม์ ของ Lactate dehydrogenase ในทางด้านมะเร็งวิทยา (oncology) นั้น มีรายงานการพบระดับของ ไอโซเอนไซม์ ของ Lactate dehydrogenase ที่พบในภาวะปกติสูงขึ้น ในผู้ป่วยมะเร็งหลายชนิด เช่นในผู้ป่วย non-Hodgkin lymphoma,⁽³⁶⁾ testicular tumor⁽³⁷⁾

นอกจากนี้ยังมีรายงานการพบระดับของ ไอโซเอนไซม์ ของ Lactate dehydrogenase ที่ไม่พบในภาวะปกติสูงขึ้น ในผู้ป่วยมะเร็งหลายชนิด เช่นในผู้ป่วย hepatocellular carcinoma,⁽¹⁸⁾ neuroblastoma⁽¹⁹⁻²⁰⁾

ฉ. ในผู้ป่วยทางด้านทันตกรรม

พบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของไอโซเอนไซม์ ชนิด LD5 ในน้ำจากโพรงรากฟัน (dental pulp) ของผู้ป่วย ที่มีการอักเสบของโพรงรากฟัน⁽³⁸⁾

แนวโน้มในการตรวจหาไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase ในปัจจุบัน

ปัจจุบันการตรวจหาไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase จัดว่าเป็นการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ทางการแพทย์ที่มีประโยชน์ใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ การตรวจในเลือดยังมีการตรวจหาระดับไอโซเอนไซม์ Lactate dehydrogenase ในสิ่งส่งตรวจอื่นนอกจากเลือด เช่น น้ำท้องมาน น้ำเจาะปอด น้ำอสุจิ ไชกระดุก⁽⁴⁰⁾ เป็นต้น รวมถึงการตรวจไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase ในการวินิจฉัยโรคทางสัตวแพทยศาสตร์ด้วย

การตรวจดังกล่าวทำให้สามารถใช้ประโยชน์ใน การตรวจวินิจฉัย คัดกรองโรค ตรวจติดตามผลการรักษา และ พยากรณ์โรคได้กว้างขวางขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการ ตรวจ ที่ทันสมัยหลายวิธีในปัจจุบันก็ตามแต่การตรวจหา ไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase ยังคงได้ รับการค้นคว้า วิจัย ปรับปรุงเพื่อคุณภาพที่ดีที่สุดอยู่เสมอ

สรุป

การตรวจหาไอโซเอนไซม์ของ Lactate dehydrogenase เป็นการตรวจทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ที่ ทำได้สะดวก ใช้เวลาไม่มาก และใช้เครื่องมือไม่ซับซ้อน สามารถใช้ประโยชน์ในการเป็นเครื่องมือในการตรวจ วินิจฉัยและในการติดตามผลการรักษาโรคได้ดี จึงจัดว่า เป็นการตรวจที่มีประโยชน์มาก

อ้างอิง

1. Bishop ML. Enzymes. In: Bishop MOL, Dubent-Von Laufen JI, Fody EP, eds. Clinical Chemistry: Principles, Procedures, Correlations. 1st ed. Philadelphia: Lippincott, 1985: 205 - 40

2. Alan H, Wu B. Diagnostic enzymology. In: McClatchey KD, eds. Clinical Laboratory Medicine. 1st ed. Maryland: Williams & Wilkins, 1994: 259 - 86
3. Wallach J. Core Blood analytes-alteration by diseases. In: Wallach J, eds. Interpretation of Diagnostic Tests. 5th ed. Boston: Little, Brown, 1992: 33 - 81
4. Moss DW. Enzymology. In: Burtis CA, Ashwood ER, eds. Clinical Chemistry. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1984: 735 - 896
5. Baner JD. Enzymology. In: Baner JD, ed. Clinical Laboratory Method. 9th ed. Missouri: Mosby, 1982: 566 - 604
6. Huijgen HJ, Sanders GT, Koster RW, Vreeken J, Bossuyt PM. The clinical value of lactate dehydrogenase in serum: a quantitative review. Eur J Clin Chem Clin Biochem 1997 Aug; 35(8): 569 - 79
7. Rothwell DJ, Jendrzyczak B, Becker M, Dumas BT. Lactate dehydrogenase activities in serum and plasma. Clin Chem 1976 Jul; 22(7): 1024 - 6
8. Galen RS, Reiffel JA, Gambino R. Diagnosis of acute myocardial infarction. Relative efficiency of serum enzyme and isoenzyme measurement. JAMA 1975 Apr; 232(2): 145 - 7
9. Hsu MY, Kohler MM, Barolia L, Bondar RJ. Separation of five isoenzymes of serum lactate dehydrogenase by discontinuous gradient elution from a miniature ion-exchange column. Clin Chem 1979 Aug; 25(8): 1453 - 8
10. Rotenberg Z, Weinberger I, Sagie A, Fuchs J, Sperling O, Agmon J. Lactate dehydrogenase isoenzyme in serum during recent acute myocardial infarction. Clin Chem 1987 Aug; 33(8): 1419 - 20
11. Usategui - Gomez M, Wicks RW, Warshaw M. Immunochemical determination of the heart isoenzyme lactate dehydrogenase (LDH1) in human serum. Clin Chem 1979 May; 25(5): 729 - 34
12. Heil W, Koberstein R, Zawta B. Reference Range. In: Heil W, Koberstein R, Zawta B, eds. Reference Ranges for Adults and Children Pre-Analytical Considerations. 2nd ed. Mannheim: Boehringer, 1997 : 14 - 118
13. Clark PI, Kostuk WJ, Henderson AR. Time-dependency of human lactate dehydrogenase isoenzyme 5 inhibition by urea. Clin Chem 1976 Dec; 22(12): 2059
14. Roses AD, Roses MJ, Nicholson GA, Roe CR. Lactate dehydrogenase isoenzyme in detecting carrier of Duchenne muscular dystrophy. Neurology 1977 May; 27(5): 414 - 21
15. Yasmineh WG, Ibrahim GA, Abbasnezhad M, Awad EA. Isoenzyme distribution of creatinine kinase and lactate dehydrogenase in serum and skeletal muscle in Duchenne muscular dystrophy, collagen disease and other muscular disorders. Clin Chem 1978 Nov; 24(11): 1985 - 9
16. Bhagavan NV, Darm JR, Scottolini AG. A sixth lactate dehydrogenase isoenzyme (LD6) and its significance. Arch Pathol Lab Med 1982 Oct; 106(10): 521 - 3
17. Cabello B, Lubin J, Rywlin AM, Frenkel R. Significance of a sixth lactate dehydrogenase isoenzyme (LDH6). Am J Clin Pathol 1980 Feb; 73(2): 253 - 8
18. Kalpaxis DL, Giannonlaki EE. Partial characterization of an abnormal lactate dehydrogenase isoenzyme, LDH-1ex, in serum from a patient

- with hepatocellular carcinoma. Clin Chem 1989 May; 35(5): 844 - 8
19. Otsu N, Hirata M, Miyazama K, Tubei S. Abnormal lactate dehydrogenase isoenzyme in serum and human tissue of a patient with neuroblastoma. Clin Chem 1985 Feb; 31(2): 318 - 20
 20. Shibayama M, Nagahana M, Huita H, Nishimura R, Hashimoto T. A case of neuroblastoma with abnormal LD isoenzyme. Rinsho Byori. Japn J Clin Pathol 1998 Apr; 46(4): 393 - 6
 21. Fujishima T, Morita S, Shijubo N, Nakatqa H, Shigehara K, Koba H, Abe S. Lactate dehydrogenase - immunoglobulin G kappa complex in a patient with idiopathic interstitial pneumonia. Int Med 1996 May; 35(5): 413 - 5
 22. Fujita K, Sakurabayashi I, Kusanagi M, Kawai T. A lactate dehydrogenase - immunoglobulin H1 complex, not blocked by anti-idiotypic antibody, in a patient with IgG1-lambda type M-proteinemia. Clin Chem 1987 Aug; 33(8): 1478 - 83
 23. Sudo K, Maekawa M, Watanabe H, Matsumoto K. A case of immunoglobulin G conjugated with lactate dehydrogenase, producing loss of enzyme activity and an abnormal isoenzyme pattern. Clin Chem 1986 Jul; 32(7): 1420 - 2
 24. Jacobs DS, Robinson RA, Clark GM, Tucker JM. Clinical significance of the isomorphic pattern of the isoenzymes of serum lactate dehydrogenase. Ann Clin Lab Sci 1977 Sep-Oct; 7(5): 411 - 21
 25. Perterson JR, Smith E, Okorodudu AO, Valbuena G, Bissel MG. Utilizations of LDH isoenzymes in the diagnosis of myocardial infarction. Clin Lab Manage Rev 1997 Mar-Apr; 11(2): 103 - 6
 26. Randall DC, Jones DL. Eliminating unnecessary lactate dehydrogenase testing. A utilization review study and national survey. Arch Intern Med 1997 Jul 14; 157(13): 1441 - 4
 27. Chapelle JP, Albert A, Smeets JP, Marechal JP, Heusghem C, Kulbertus HE. Does lactate dehydrogenase isoenzyme-5 contribute to the predictive power of total lactate dehydrogenase in myocardial infarction? Clin Chem 1983 May; 29(5): 774 - 7
 28. Schwartz MK. Enzyme patterns in cancer. Ann Clin Lab Sci 1977 Mar-Apr; 7(2): 99 - 104
 29. Wolf PL. Interpretation of lactate dehydrogenase isoenzyme. Clin Lab Med 1986 Sep; 6(3): 541 - 5
 30. Teloh HA. Enzymes in benign and malignant effusions. Ann Clin Lab Sci 1977 Jul - Aug; 7(4): 361 - 3
 31. Drent M, Cobben NA, Henderson RF, Wouters EF, van Dieijen-Visser M. Usefulness of lactate dehydrogenase and its isoenzymes as indicator of lung damage or inflammation. Eur Resp J 1996 Aug; 9(8): 1736 - 42
 32. Lossos IS, Breuer R, Intrator O, Sonenblick M. Differential diagnosis of pleural effusion by lactate dehydrogenase isoenzyme analysis. Chest 1997 Mar; 111(3): 648 - 51
 33. Cobben NA, van Belle AF, Pennings HA, Mulder PG, van Dieijen-Visser MP, Wouters EF, Drent M. Diagnostic values of lactate dehydrogenase isoenzyme pattern in pleural effusion. Eur J Clin Chem Clin Biochem 1997 Jul; 35(7): 523 - 8
 34. Paavonen T, Liippo K, Aronen H, Kiistala U. Lactate dehydrogenase, creatine kinase, and their isoenzymes in pleural effusions. Clin Chem 1991 Nov; 37(11): 1909 - 12
 35. Keltimlidis K, Papadiamas J, Bontis J, Mantalenakis

- S. LDH isoenzymes in semen of infertile men.
Arch Androl 1989; 22(1): 77 - 84
36. Dumontet C, Drai J, Bienvenu J, Berard EN, Thieblemont C, Bouafia F, Bayle F, Moullet I, Salles G, Coiffier B. Profiles and prognostic values of LDH isoenzymes in patients with non-Hodgkin's lymphoma. Leukemia 1999 May; 13(5): 811 - 7
37. Ishizawa T, Dermatomyositis associated with testicular tumor with elevation of serum lactate dehydrogenase (LDH) isoenzyme-1. Acta Derm Venereol 1999 Mar; 79(2): 167
38. Messelt EB, Skogedal O, Eriksen HM. Lactate dehydrogenase (LDH) isoenzyme pattern in normal and inflamed human dental pulp. Acta Odontol Scand 1978; 36(6): 345 - 8
39. Aliberti G, Pulignano I, Proietta M, Corvisieri P, de Michele LV. Lactate dehydrogenase and its isoenzymes in the marrow and peripheral blood from haematologically normal subjects. Physiol Res 1997; 46(6): 435 - 8