Diagnostic Ultrasound

เฉลียว บียะชน*

บทนำและประวัติ

Ultrasound คือคลื่นเสียงความถี่สูงกว่าที่คนสามารถได้ยินได้ มีความถี่สูงกว่า 20,000 ครั้งต่อวินาที[10,19,29] ในธรรมชาติสัตว์บางชนิด เช่น ค้างคาว และปลาบางชนิด ได้ใช้คลื่นเสียงความถี่สูงนี้เพื่อช่วยบอกตำแหน่งของวัตถุที่อยู่ในวิถีของคลื่นเพื่อช่วยในการเดินทาง ในสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีผู้ใช้คลื่นเสียงนี้ (naval sona) เพื่อค้นหาวัตถุใต้น้ำ เช่น เรือดำน้ำ[5] ทางการแพทย์ได้นำมาใช้เพื่อการวินิจฉัยเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1937 โดย Dussik[11] ในระยะต่อมาได้นำมาใช้ในการตรวจอวัยวะต่าง ๆ มากขึ้น เช่น ตรวจสมอง หัวใจ และหลอดเลือด จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1952 Howry และ Bliss[16,17] Wild และ Ried[31] ได้ประสบความสำเร็จในการใช้คลื่นความถี่สูงกว่าเสียงตรวจร่างกาย และสามารถแสดงภาพส่วนตัดของร่างกายได้ บนจอภาพ oscilloscope (cathode ray tube) ต่อมา Holmes[14] Donald และ Brown[3] เริ่มนำมาใช้ในการตรวจผู้ป่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจช่องท้องและทางสูตินรีเวช ความเจริญในสาขาวิชานี้เป็นผลจากการวางรากฐานและหลักการของ Howry และ Donald[11] ในระยะ 10 กว่าปีที่ผ่านมา มีผลงานทางสาขาวิชานี้ตีพิมพ์มากมาย[25] เป็นข้อพิสูจน์อย่างดีถึงประโยชน์ของคลื่นความถี่สูงกว่าเสียงในการวินิจฉัยโรค และช่วยในการรักษาผู้ป่วย

ฟิสิคส์และคุณสมบัติ

Ultrasound ที่นำมาใช้เพื่อการวินิจฉัยนั้นมีความถี่สูงประมาณ 2–5 MHz**[5] เสียงความถี่สูงเช่นนี้มีคุณสมบัติต่างจากเสียงที่เราได้ยิน คือ สามารถส่งเป็นลำคลื่น (beam) ได้ไกลกว่าและสะท้อนเมื่อกระทบวัตถุแม้ว่ามีขนาดเล็ก[19] คลื่นเสียงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งจะเดินทางผ่านได้เมื่อมีสสารเป็นสื่อกลาง จะเดินทางผ่านแกสหรืออากาศได้เลวมาก คลื่นอัตราความถี่ที่เหมาะในการผ่านเนื้อจะผ่านกระดูกได้ไม่ดีเพราะว่ามีความหนาแน่นต่างกันมาก[5,11] พลังงานชนิดนี้เดินทางผ่านสสารได้โดยส่งคลื่นแรงกดสลับกับการผ่อนขยายตัวในเนื้อของสสาร ซึ่งจะทำให้คลื่นเคลื่อนที่จนผ่านตลอด[19] อัตราของการกดและขยายตัวต่อวินาทีคือ ความถี่ (f) ระยะระหว่างช่องของการกดการขยายตัวคือช่วงของคลื่น (λ) ฉะนั้นความเร็วของคลื่นเสียง (v) คือ $f\lambda$ จะเห็นได้ว่าถ้ามีความถี่สูง ช่วงคลื่นจะสั้นเมื่อความเร็วคงที่ ความเร็วของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับสื่อกลางที่เสียงผ่าน คลื่นเสียงความถี่สูงผ่านได้ดีในของเหลวและเนื้อ

* หน่วยรังสีวินิจฉัย แผนกรังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

** 1 MHz (mega Hertz) = 1 MC (megacycle) = ความถี่ 10^6 รอบ/วินาที

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและความยืดหยุ่นของสื่อกลาง[5] ความเร็วของคลื่นเสียงในเนื้อค่อนข้างจะคงที่ประมาณ 1540 เมตรต่อวินาที[9, 24] ถ้าเสียงผ่านสสารที่มีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน หรือมีรอยต่อของแต่ละอวัยวะ จะเกิดการสะท้อนเสียงขึ้น แต่บางส่วนก็ยังผ่านไปได้ แต่ถ้าผ่านวัตถุที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอเท่า ๆ กันจะไม่เกิดการสะท้อน และวิ่งเป็นเส้นตรง[5] คุณสมบัตินี้ได้นำมาเป็นประโยชน์ในการวินิจฉัย

คลื่นเสียงความถี่สูง (มีช่วงคลื่นสั้น) จะสะท้อนเสียงจากวัตถุเล็ก ๆ ได้ดีกว่า และมีทิศทางเป็นแนวตรงได้ดีกว่าคลื่นที่มีความถี่ต่ำ แต่ผ่านวัตถุได้ลึกน้อยกว่า[22, 27] คุณสมบัติอีกชนิดหนึ่งคือ เมื่อสะท้อนกลับจากวัตถุที่เคลื่อนไหวความถี่ของคลื่นจะเปลี่ยน โดยสัมพันธ์กับความเร็วของการเคลื่อนไหวของวัตถุนั้น ๆ เรียกว่า Doppler effect[29] คุณสมบัตินี้มีประโยชน์ในการตรวจและค้นหาอวัยวะที่เคลื่อนไหวเช่น หัวใจ และหลอดเลือด

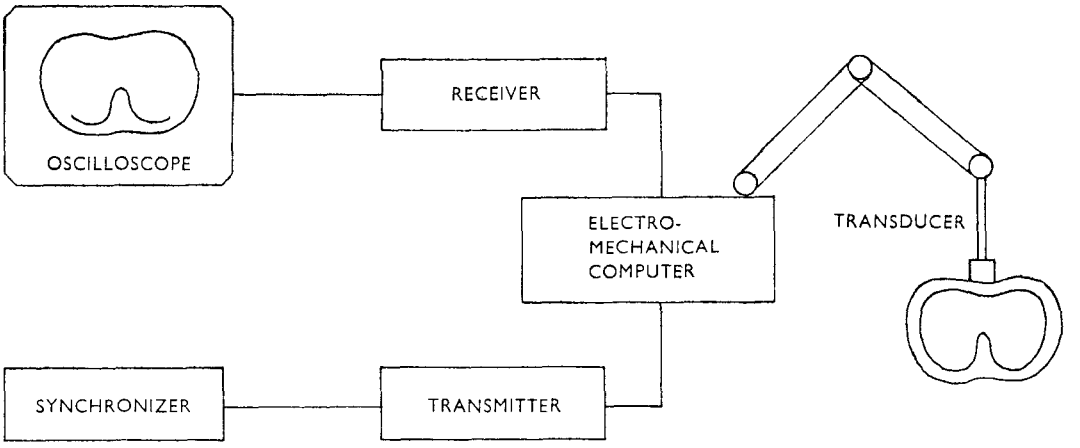
การกำเนิด

คลื่นเสียงความถี่สูงสามารถทำให้เกิดได้โดยการส่งกระแสไฟฟ้าสลับไปยัง transducer ซึ่งใช้วัสดุ piezoelectric เช่น crystalline quartz, lithium sulphate ด้วยการเปลี่ยนขั้วของสนามไฟฟ้าสลับจะทำให้ piezoelectric ถูกกดและขยายตัวเกิดเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงขึ้น[18, 20] ในทำนองเดียวกัน คลื่นที่สะท้อนกลับมาจะทำให้ผลึกใน transducer ถูกกดสลับกับการขยายตัว เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเข้าเครื่องรับ และแสดงเป็นสัญญาณที่จอ oscilloscope เครื่องส่งคลื่นเสียง (transmitter) จะควบคุมความถี่และระยะเวลาของการส่งซึ่งจะส่งคลื่นเป็นจังหวะ (pulse) ในอัตรา 500–1000 ครั้ง ต่อวินาทีใช้เวลาส่งประมาณร้อยละ 1 เวลาที่เหลืออีกร้อยละ 99 เป็นเวลาที่รับเสียงสะท้อน[23] เสียงสะท้อนซึ่งเกิดจากความหนาแน่นที่ต่างกันของอวัยวะต่าง ๆ หรือพยาธิสภาพที่เกิดขึ้น จะมีแรงหรือขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นนั้น ๆ เมื่อความเร็วของคลื่นเสียงในร่างกายคงที่และรู้เวลาที่ใช้ไปก็สามารถรู้ระยะทางจากจุดสะท้อนเสียงต่าง ๆ ได้[23] เสียงสะท้อนอาจแสดงเป็นสัญญาณบนจอ oscilloscope ได้แบบต่าง ๆ เช่น ขนาดความสูงของคลื่น (amplitude) ความสว่างมากน้อย (brightness) และการเคลื่อนไหว (motion) ซึ่งเรียกย่อว่า A, B หรือ M mode

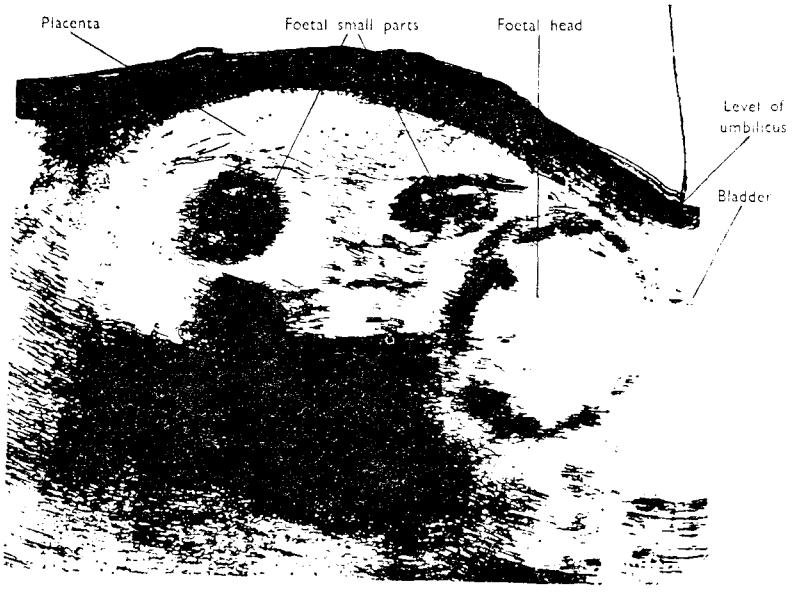
B-scanning ทำได้โดยเคลื่อน transducer ไปบนผิวหนังของร่างกายส่วนที่จะตรวจ และใช้น้ำมันทาเพื่อให้มีการสัมผัสดี ประกอบกับการมีเครื่อง electro-mechanical เช่น computer ช่วย จุดสะท้อนเสียงจากตำแหน่งต่างๆ จะถูกปรับให้สัมพันธ์โดยตรงกับทิศทางของคลื่นเสียงที่ผ่านร่างกายส่วนที่ตรวจ เกิดเป็นภาพส่วนตัดของร่างกายส่วนนั้น ๆ ได้[29, 5, 17] (ดูรูปที่ 1)

ประโยชน์ทางการวินิจฉัย

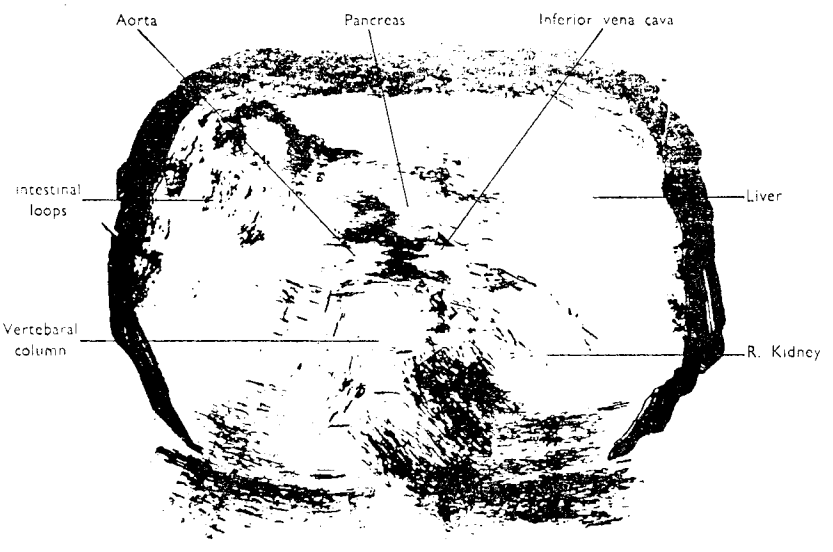
อวัยวะของร่างกายประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่าง ๆ ชนิดกัน ทำให้คลื่นเสียงความถี่สูงสะท้อนกลับมีขนาดและตำแหน่งต่าง ๆ กัน ซึ่งมีประโยชน์ใน



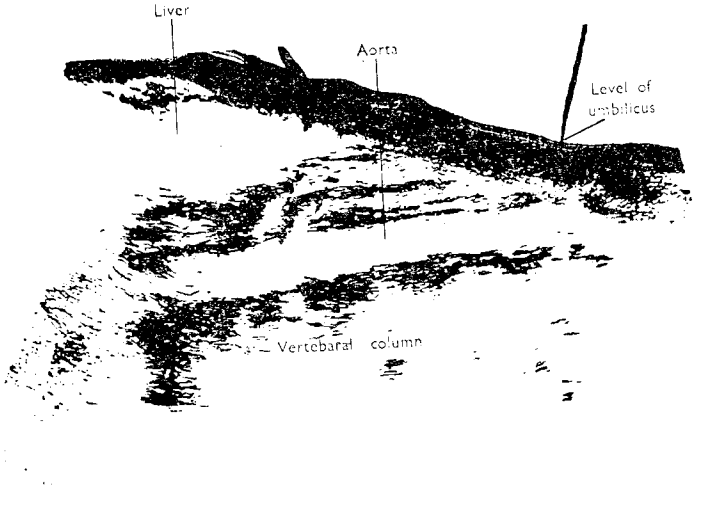
รูปที่ 1 แผนภาพระบบเครื่องมือ ultrasound



รูปที่ 2 ภาพตัดตามแนวดิ่งได้จากการสะท้อนของคลื่นเสียง แสดงทารกในครรภ์



ก.



ข.

รูปที่ 3 ภาพตัดบริเวนท้อง
ก. ตามแนวขวาง ข. ตามแนวดิ่ง
แสดงความสัมพันธ์ของอวัยวะต่าง ๆ

การบอกขนาด ระยะ ความสัมพันธ์ และสภาพของอวัยวะ หรือพยาธิสภาพได้ คลื่นเสียงจะผ่านสื่อกลางที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอได้ดี เช่นของเหลวคือจะไม่เกิดเสียงสะท้อนจากตัวของเหลวเอง แต่ถ้าเป็นเนื้อก็จะให้เสียงสะท้อนภายในเนื้อ (internal echo) บ้าง[6,8,21,22,26] ถ้ามีพยาธิสภาพเกิดขึ้นในอวัยวะหนึ่งอาจทำให้มีความหนาแน่นเท่ากับอวัยวะข้างเคียง เสียงสะท้อนระหว่างอวัยวะทั้งสองจะไม่มี (echo silhouette sign)[6]

คลื่นความถี่สูงกว่าเสียงจะสะท้อนกลับมาเป็นสัดส่วนกับการเคลื่อนไหวของอวัยวะนั้น ๆ เช่น ลิ้นหัวใจ ทำให้สามารถบอกระยะและชนิดของการเคลื่อนไหวเหล่านั้นได้ ลักษณะการสะท้อนเสียงเหล่านี้เป็นผลโดยตรงที่เกิดจากคุณสมบัติของคลื่นเสียงดังกล่าวมาแล้วแต่ต้น

โดยการใช้ B-scanning (compound or two dimensional scanning) ก็สามารถใช้ภาพส่วนตัดของร่างกายส่วนนั้นๆ เพื่อการวินิจฉัยและบอกความสัมพันธ์ของอวัยวะและพยาธิสภาพต่างๆ ได้โดยอาศัยหลักการของ Doppler การค้นหาสิ่งเคลื่อนไหว เช่น หัวใจทารกในครรภ์ย่อมทำได้

คลื่นความถี่สูงกว่าเสียงที่นำมาใช้เพื่อการวินิจฉัยนั้นสะดวก ไม่ทำให้ผู้ถูกตรวจเจ็บ[21] และไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย หรือทารกในครรภ์[11] การนำมาใช้ในทางสูตินรีเวชจึงมีประโยชน์อย่างยิ่ง โดยเหตุที่คลื่นเสียงผ่านได้ดีในของเหลว กระเพาะปัสสาวะเมื่อมีปัสสาวะเต็มจึงทำให้คลื่นเสียงผ่านได้ดีทำให้การตรวจอวัยวะที่ติดกันและใกล้เคียง เช่น มดลูก เป็นไปได้โดยง่าย ภาพเสียงสะท้อนส่วนตัดของการตั้งครรภ์ระยะต่าง ๆ เช่น ทารกในครรภ์ซึ่งมีถุงน้ำอยู่รอบจึงชัดเจน[18] (ดูรูปที่ 2) มีประโยชน์มากในการวินิจฉัยการตั้งครรภ์ทั้งปกติและที่มีพยาธิสภาพชนิดต่าง ๆ รวมทั้งหาระยะของการตั้งครรภ์ เช่น เดียวกันก็มีประโยชน์ในการวินิจฉัยทางนรีเวชด้วย[2,18]

ประโยชน์ของการใช้ B-scanning เพื่อการวินิจฉัยสภาพของช่องท้องมีมาก อวัยวะเกือบทุกชนิดสามารถตรวจได้ เช่น ตับ ไต ตับอ่อน หลอดเลือดต่างๆ ถุงน้ำดี การมีก้อนในช่องท้องและพยาธิสภาพของ retroperitoneal space โดยเฉพาะเพื่อการแยกก้อนเนื้อจากถุงน้ำ[6,8,13,21,22,26] (ดูรูปที่ 3) คลื่นความถี่สูงกว่าเสียงยังนำมาใช้ตรวจสภาพการไหลเวียนของเลือด การสร้างภาพหลอดเลือด การเปลี่ยนแปลงทาง dynamic ของอวัยวะ เช่น หัวใจ และนำมาใช้เพื่อช่วยในการแทงเข็มเพื่อการดูดของเหลว หรือตัดชิ้นเนื้อเพื่อนำมาตรวจทางพยาธิจากอวัยวะต่าง ๆ หรือสิ่งที่เป็นพยาธิสภาพได้[1,12,15,28,30] นอกจากนี้ได้นำมาใช้เพื่อการวางแผนการรักษาโดยรังสีรักษา[1,25] ความเจริญทางด้านเทคนิค ทำให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยและช่วยการรักษายิ่งมีมากขึ้น และกำลังวิวัฒนาการเรื่อย ๆ[30] เป็นที่ยอมรับว่าคลื่นเสียงความถี่สูงมีประโยชน์มากในการวินิจฉัยโรคในทุกระบบของร่างกาย[25]

สรุป

คุณสมบัติของคลื่นความถี่สูงกว่าเสียงสามารถ

นำมาใช้เพื่อการวินิจฉัยพยาธิสภาพ และการเปลี่ยนแปลงทาง dynamics ของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายได้ การสร้างภาพส่วนตัดของอวัยวะต่างๆ โดย B-scanning นับว่ามีประโยชน์มาก นอกจากช่วยในการวินิจฉัยแล้ว ยังช่วยบอกตำแหน่งของพยาธิสภาพและความสัมพันธ์กับอวัยวะข้างเคียงอีกด้วย เนื่องจากการตรวจโดยวิธีการนี้ไม่มีอันตรายและรบกวนต่อผู้ป่วยน้อยมากจึงเป็นวิธีวินิจฉัย และช่วยการรักษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. Bronson NR : Localization and extraction of foreign bodies by ultrasound. Edited by Grossman CC, Holmes JH, Joyner C, Purnell EW. Diagnostic ultrasound : Proceeding of the first international conference. New York, University of Pittsburgh, Plenum Press, 1966
2. Donald I, Abdulla U : Ultrasonics in obstetrics and gynaecology. Br J Radiol 40 : 604–11, 67
3. Donald J, MacVicar J, Brown TG : Investigation of abdominal masses by pulsed ultrasound. Lancet 1 : 1188–94, 58
4. Eule J, Bockenstedt F, Salzman E : Diagnostic ultrasound scanning; a valuable aid in radiation therapy planning. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 117 : 139–45, 73
5. Feigenbaum H ; Echocardiography. Philadelphia, Lea & Febiger, 1973 pp 1–6
6. Freimanis AK, Asher WM : Development of diagnostic criteria in echographic study of abdominal lesions. Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med 108 : 747–55, 70
7. Frimanis AK : Echographic exploration of abdominal structures. Critical Reviews in Radiological Sciences 1 : 207, 70
8. Goldberg BB, Ostrum BJ, Isard HJ : Nephrosonography : ultrasound differentiation of renal masses. Radiology 90 : 1113–8, 68
9. Goldman DE, Hueter TF : Tabular data of the velocity and absorption of high frequency sound is mammalian tissue. J Acoust Soc Am 28:35, 56
10. Hernberg J, Weiss B, Keegan A : The ultrasonic recording of aortic valve motion. Radiology 94 : 361–8, 70
11. Hill CR : Medical ultrasonics: An histonical review. Br J Radiol 46:899–907, 73
12. Hokanson DE, Mozersky DJ, Sumner DS, et al : Ultrasonic arteriography a noninvasive method of arterial visualization. Radiology 102:435–6, 72
13. Holm HH : Ultrasonic scanning in the diagnosis of space-occupying lesion of the upper abdomen. Br J Radiol 44:24–36, 70
14. Holmes JH, Howry DH : Ultrasonic diagnosis of abdominal disease. Am J Dig Dis 8:12–32 63
15. Holm HH, Kristensen JK, Rasmussen SN, et al : Ultrasound as a guide in percutaneous puncture techniques ultrasonics 10:83–6
16. Howry DH, Bliss WR : Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. J Lab Clin Med 40:579–92, 52
17. Howry DH : A brief atlas of diagnostic ultrasonic radiologic results. Radiol Clin North Am 3:433–52, 65
18. Kobayashi M, Hellman LM, Cromb E : Atlas of ultrasonography in obstetrics and gynecology. New York, Appleton-Century-Crafts, 1972
19. Kossoff G : Diagnostic applications of ultrasound in cardiology. Aust Radiol 10:101–6, 66
20. Lehman J : Ultrasound in the diagnosis of hepatobiliary disease. Radiol Clin North Am 4:605, 66
21. Leopold GR : A review of retroperitoneal ultrasonography. J Clin Ultrasound 1:82–7, 73
22. Leopold GR, Asher WM : Diagnosis of extraorgan retroperitoneal space lesion by B-scan ultrasonography. Radiology 104:133–8, 72
23. Lespold GR, Sololoff : Ultrasonic scanning in the diagnosis of biliary disease. Surg Clin North Am 53:1043–52, 73
24. Lodwig GO : The velocity of sound through tissue and the acoustic impedance of tissue. J Acoust Soc Am 22:862, 50
25. McQuown DS : A diagnostic ultrasound reference bibilography. First edition. Cleverland, Picker Corporation, 1973
26. Ostrum BJ, Goldberg BB, Isard HJ : A-Mode ultrasound differentiation of soft-tissue masses. Radiology 88:745–9,67
27. Reid J : A review of some basic limitations in ultrasonic diagnosis edited by Grossman CC, Holmes JH, Joyvaer C, Purnell EW. Diagnostic ultrasound; proceeding of the first international conference. New York, University of Pittsburgh, 1966
28. Smith EH, Bartrum RJ Jr : Ultrasonically guided precutaneous aspiration of abscess. Am J Roengtgenol Radium Ther Nucl Med 122:308–12, 74
29. Well PNT : Physical principles of ultrasonic diagnosis. London and New York, Academic Press, 1969
30. Wells PNT : Ultrasonics and its use in medicine. Br J Radiol 46:811–41, 73
31. Wild JJ, Reid JM : Application of echo-ranging techniques to the determination of structure of biological tissues. Science 115:226–30, 52