

进口超声成象仪性能评述

周永昌

(上海市第六人民医院超声医学研究室)

1982年7月5日收到

我国超声成象技术的研究开始于六十年代初期。当时均用我国自己研制或生产的仪器。直到六十年代末期,才从日本引进少量手动接触式复合B型双稳态超声成象仪。如 Aloka SSD-3、Aloka SSD-60B 和东芝 SSL-31A 等。1973年北京从西德西门子公司进口一台 Vidoson 635 机械型快速扫描成象仪。这是进口的第一台实时超声成象仪。不久,北京又从荷兰 Technic 公司进口了一台 Echocardiovisor 01 线阵超声成象仪。这是进口的第一台线阵实时成象仪。到1978年日本顺天堂大学教授和贺井敏夫带了一台 Aloka SSD-202 型 64 晶片线阵超声成象仪,访问北京、上海等地。该仪器初步具有实时、聚焦和灰阶三个现代超声成象仪的优点,图象较清晰,引起我国医务界的注意。次年被邀请来我国讲学和展览仪器的超声诊断专业外宾先后达 10 批之多。接着各地就大量引进各种类型的超声成象仪。1979年和贺井敏夫教授再次来访,率日本超音波医学学术代表团在莫干山举办了“中日超音波医学讲习班”。在这之后,上海超声诊断学会举办了二期“腹部超声显象学习班”;北京也举办了一期性质相似的学习班。临床超声图象诊断工作迅速开展,解决了许多疾病的诊断难题。据不完全统计,到1981年底为止,已进口各类超声成象仪 47 种,约 200 台,主要分布在北京、上海、广州、武汉等地。价格约计为 500 万美元。

这些引进的超声成象仪性能相差甚大,因此发挥的作用也就相距甚远。今根据作者本人对 33 种类型进口超声成象仪的实际使用或参观,和对其中 21 种类型的实际测试,试对这些

仪器作一个评价。以供选购或设计、研制国产超声成象仪的参考。

一、超声成象仪性能评价的主要指标

评价超声成象仪好坏的主要性能指标如下:

1. 分辨力

横向分辨力是评价仪器性能好坏的最重要指标。仪器的横向分辨力差,就不能显示脏器的小结构,图象不够细致,光点呈横向线条状。横向分辨力愈差,光点的线条越长,诊断效果就越差。反之,横向分辨力好,图象细腻,小结构清楚显示,诊断效果自然满意。至于纵向分辨力,一般均能达到要求,因此关系不大。

作者用 0.02ϕ 丝线网格法对 21 种超声成象仪测试(测试方法另文发表),结果表明, Aloka SSD-202D、SSD-240、SSD-250、日立 EUB-22、东芝 SAL-20A、ADR 2130 等仪器的焦区横向分辨力均能达到 2mm (即横向分辨率达到 5 线/cm)。西门子 Vidoson 735 为 6 mm、飞利浦 B-62 为 4mm、Picker 80L 的线阵仪、三荣 2H61 (2.5 MHz)、松下 GM 2440A (2.5 MHz) 等为 3mm。

这些仪器临床诊断效果与上述测试结果相符合。横向分辨力差的仪器,临床诊断效果不好。

2. 焦区范围

仪器的焦区范围同样关系到图象的质量。如果焦区范围很短,则在其近侧和远侧散焦极

明显;在散焦区域的横向分辨力甚差,图象也就不够清晰.反之,焦区范围长的仪器,焦区两侧的横向分辨力与焦区比较接近,整幅图象就比较清晰.具有可变孔径的仪器(日立 EUB-22、EUB-25M 等)焦区向近区延伸,图象的表浅部位质量甚好.具有动态聚焦的仪器(Aloka SSD-250、SSD-256 等)可使近区和远区的声束直径基本与焦区相似,图象质量甚好.

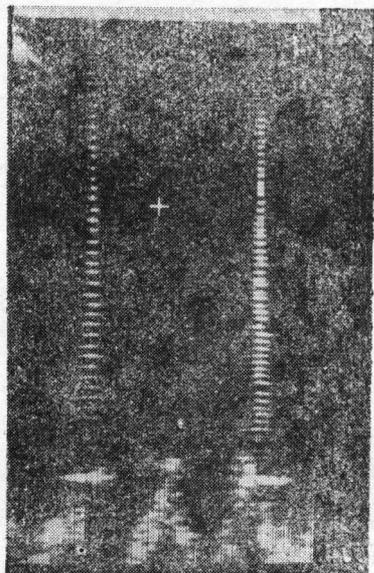


图1 Toitu GU-600 分辨力测试,焦距 65 mm,焦区横向分辨力 2mm,在其近侧及远侧声束散焦

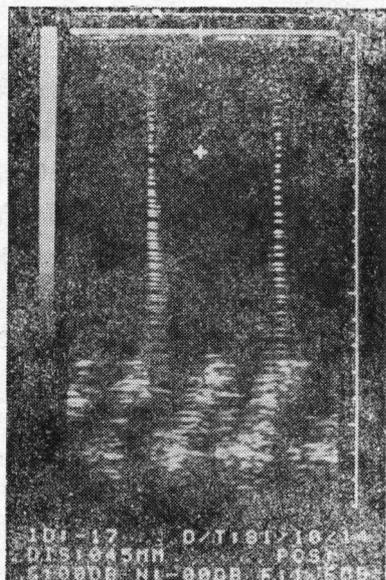


图2 日立 EUB-22 分辨力测试,焦距 50mm,焦区横向分辨力 2mm,近区声束直径甚窄,远区则散焦

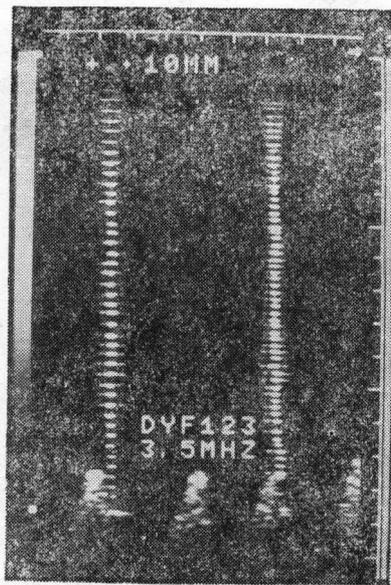


图3 Aloka SSD-256 分辨力测试,三档动态聚焦同时起作用时,声束直径整束均窄,惟近区尚不如日立 EUB-22

3. 灰阶

灰阶是现代超声成象仪的重要性能指标之一,有无灰阶是与老式双稳态仪器相区别的标志.

灰阶的多少标志仪器实际上动态范围的大小,灰阶愈多,图象的层次愈丰富,包含的信息量也就愈多,对诊断愈有帮助. Octoson、日立 EUB-25M、Aloka SSD-250、SSD-256、东芝 SAL-30A 和 Roche Superscan 50 均具有 16 级

表 1 实时扫描和静态显示的优缺点比较

扫描类别	优点	缺点
实时	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直观脏器活动,连续观察活动目标 2. 容易辨认血管和胃肠道 3. 容易区别肿块与肝肾的关系 4. 能见到液性内容物的流动,易于鉴别实质或囊性 5. 见到结石的滚动 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 声线少 2. 有小斑点 3. 画面范围小(二幅图象拼接可弥补这一缺点)
静态	<ol style="list-style-type: none"> 1. 声线多,图象清晰 2. 无小斑点 3. 探测范围大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不能直观脏器的活动 2. 对图象的辨认和对脏器的鉴别不如实时

或 16 级以上灰阶,加之横向分辨力好,图象细腻,层次极为丰富.

4. 实时扫描

实时是超声成像仪性能发展的里程碑,是区别于静态显示的标志.实时扫描与静态显示的优缺点如表 1.

5. 图象线数

图象的声线数愈多,图象愈是清晰细腻,但图象的声线数受探测深度和帧频限制.实时成像仪的声线数一般不可能太密.然而通过图象

处理办法,可使图象的线数(不是声线数)增多.

6. 数字扫描转换器

具有数字扫描转换器的仪器,可方便地完成图象处理、停顿、拼接、录像和其他许多附加功能,故数字扫描转换器的有无是评价仪器性能好坏的又一个重要指标.新一代的高质量超声成像仪都有这个装置.

7. 附加功能

- (1) 电子尺 用于脏器等的测量.
- (2) 图象冻结 便于拍照和测量.

表 2 线阵超声成像仪性能比较

厂名	型 号	晶片数	阵元数	线数	频 率 (MHz)	灰阶	电子尺	停顿	数字扫描转换器	字符	左右翻转	象数	录像	特 性
Aloka	SSD-202	64	64	128	3.0		-	-	-	-	+	1	-	
Aloka	SSD-202D	64	64	128	3.0,5.0		-	选	-	-	+	1	-	
Aloka	SSD-240	320	80	225	3.0,5.0		+	选	-	数码	+	1	-	三档动态聚焦
Aloka	SSD-250	400	80	256-382	3.5,2.5,5.0	16	+	+	+	数码	+	1或2	选	四档动态聚焦
Aloka	SSD-256	400	80	256-382	3.5	64	+	+	+	字母	+	1或2	选	三档动态聚焦,微角扫描
日立	EUB-21			140	3.0			-	-	数码		1	-	
日立	EUB-22	240	80	140-236	3.0	16	+	+	+	数码	+	1或2	选	可变孔径
日立	EUB-24	240	80	140	3.0		-	-	-	数码	+	1,2或4	-	可变孔径
日立	EUB-24F	240	80	140	3.0		+	+	-	数码	+	1,2或4	-	可变孔径
日立	EUB-24F(C)	240	80	140	3.0		+	-	-	数码	+	1,2或4	-	可变孔径
日立	EUB-25M				3.5	16	+	+	+	数码	+	1或2	选	可变孔径、动态聚焦
东芝	SAL-10A			112		10	+	+	-	数码	-	1	-	微角扫描
东芝	SAL-20A			112		10	+	选	-	字母(选)	-	1	-	微角扫描
东芝	SAL-22A			112			+	选	-	-	-	1	-	微角扫描
东芝	SAL-30A					16	+	+	+	字母		1或2	选	微角扫描、电子表
东京计器	LS-200			114	3.0	8	+	选	-	数码	+	1	-	
东京计器	LS-200H			114	3.5	8	+	选	选	数码、字母(选)	+	1	-	
Toitu	GU-500	256	64	64-128	3.5		-	-	-	-	-	1	-	
Toitu	GU-600			128	3.5		+	+	-	数码	-	1	-	
松下	GM-2440A				2.5,3.5	16	+	+	+	字母	+	1	选	
三荣	2H61	288			2.5	8	-	-	-	数码	-	1	-	
ADR	2130	64	64	60-120	3.5	10	+	+	-	-	+	1	-	
SKI	DP-100	64	64	123	3.5	16	+	+	-	-	+	1	-	
Picker	80L	66	74	120	2.25,3.5	10	+	-	-	-	+	1	-	
飞利浦	R-1000	64	72	124	3.0	10	+	-	-	-	+	1	-	
飞利浦	R			124-248	2.2,3.0	16	+	+	+	字母	+	1	-	
Roche	Abdo scan5					32	+	+	-	数码	+	1	-	
Roche	Axiscan 5A		64	114			-	+	-	-	+	1	-	
Roche	Superscan 50	113		192		32	+	+	+	字母	+	1	+	动态聚焦

(3) 左右反转 调正图象方位时线阵探头不必倒头。

(4) 字符显示 病人号、日期以及其他记录。有字母显示的仪器还能加上病人姓名、诊断等。Aloka SSD-256 型可把字母任意打印到图象任何部分,使拍摄下的照片容易被临床医师阅读和分析。

(5) 体位和探头位置显示 便于记录探测时体位和探头位置。

(6) 增益条件显示 以增益曲线或 dB 数

自动记录。

(7) 二幅图象拼接 使画面范围扩大,能完整地显示较大的脏器或肿瘤。

(8) 面积测量 对一幅脏器或肿块的切面图测量,面积较直径更有价值。对形态不规则的脏器尤为有用。

(9) 录象 有摄像与内录的区别。早期产品,均用摄像机摄取萤光屏图象。近年高档仪器均有数字扫描转换器,可直接内录,显然较摄像为优。

表 3 有数字扫描转换器的线阵超声成像仪附加功能比较

厂名	型号	黑白 翻转	比例 调节	两幅 拼接	体位标志	探头位置	增益条 件自动 记录	录象 制式	面积 测量	M型	边界 增强	正常 存贮
Aloka	SSD-250	+	+	+	-	-	-	Pal	-	-	+	-
Aloka	SSD-256	+	+	+	+	+	-	Pal	+	+	+	-
日立	EUB-22	+	-	+	+	+	+	NTSC	-	-	-	-
Aloka	EUB-25	+	+	+	+	+	+	NTSC	+	+	+	-
东芝	SAL-30A		+	+	TV in TV	TV in TV	+		-	+	+	-
					(选购)	(选购)						
Roche	Superscan 50	-	+	-	-	-	-		+	+	-	+

表 4 扇型超声成像仪性能比较

厂名	型号	类型	扫角	晶片数	频率 (MHz)	线数	帧数 (帧/秒)	深度 (cm)	特性
Aloka	SSD-110S	机械摆动	30°—90°	单	3.0		5—30		无心电、无心音、无颈动脉图、无M型
Aloka	SSD-115	机械摆动	35°—85°	单	3.0		5—25		
Aloka	SSD-800	相控阵	50°—80°	32	2.3	128或256	20或40	13	同时有2幅M型曲线,可接录象,有停顿
东芝	SSH-10A	相控阵	78°	32	2.4	112或224		20	可加录象、数字扫描转换器和停顿
东芝	SSH-11A	相控阵	78°	32	2.4	112或224	15或30	16.2	可接录象
东芝	SDS-10A	相控阵	78°		2.4	112或224		20	可加录象、数字扫描转换器和停顿,有脉冲多普勒
日立	EUB-10B	相控阵	90°		3.5	112或225		18	可变聚焦,可加脉冲多普勒、录象和停顿
岛津	SDU-100	相控阵	81°	32	2.4	115或229	30或15	20、16或8	
Varian	V-3000	相控阵	84°	32或20	2.25或3.5	85、128或255	30	21	有录象,光笔可另加
Varian	V-3400	相控阵	84°		2.25或3.5				有录象
Pickier	Sectorview	机械摆动	60°	单	2.25或3.5		30、45或60		有录象
SKI	Ekosector I	机械转动	80°	4		108	60		可加录象
ADR		机械转动							可接多开幅相机
ATL	Mark 300	机械转动	90°		3.0		16—45	3.5—22.5	可接录象
ATL	Mark 500	机械转动	90°		3.0		16—45	3.5—22.5	可接录象,有脉冲多普勒

(10) M型曲线 通过某一条声线,引出一幅M型曲线图,与切面图象同时显示.对心脏、胎心、大血管搏动等的记录和诊断有用.

(11) R波触发和延时拍照 这是用于心疾病诊断的扇型仪器必备的一种功能,如果缺少这种功能,拍照将发生困难.

(12) 微小角扫描 减少图象的“失落”,增加清晰度.

(13) 图象后处理(抑制调节、边缘回声增强和比例调节)能改进图象质量,有利于诊断.

(14) 外接多开幅照相机 用8"×10"胶片,拍摄4幅或6幅图片,可立即洗出供阅读,像X光片一样方便.

(15) 电子表计时 使照片不仅有日期,而且有时间记录,对心脏造影等诊断有用.

(16) 正负反转 可直接拍摄正片,制作幻灯片用.

(17) 正常值存贮 便于把测得的数值与正常值对照.

(18) 多种频率探头 根据探测需要,选用不同频率的探头.一般用3—3.5 MHz;表浅部位用5MHz;深部用2.25或2.5 MHz 探头.

(19) 探测深度调节 使适应各种探测深度的需要.

(20) 其他 如横竖倒转、A型显示、Polaroid照相机和四幅图象照片等.

上述附加功能中,第1—4项为必备的功能,缺乏这些功能使用不便.第5—11项都是很有用的功能.至于第15、16、17、20项,都不重要.

二、选购超声成象仪的注意事项

超声成象仪的种类繁多,功能各异,常使选购者眼花缭乱,无所适从.在选购时应注意以下几点.

1. 手动接触式(静态)超声成象仪的图象质量虽好,但不能解决诊断的许多实际问题.超声图象诊断离开实时扫描仪会有困难.不配备

应用声学

手动接触式仪器,不会有诊断上的困难.

超声成象的发展是先有手动接触式仪器,以后才有实时扫描.在出现实时扫描仪之前,静态显示仪器确实也解决了一些诊断上的问题.但有了实时扫描仪,相比之下,静态显示仪器就未免逊色.

2. 近年国际上出现一些二种超声成象仪组合起来的仪器.这种仪器的价格略低于2台仪器分开出售的价格.然而在使用时,同一时间只能用其中一种,不能同时探测二个病人.我们国家人口多,而仪器却少.购买这种组合式仪器,还不如稍稍多化些钱买2台仪器,可以同时检查2个病人,工作效率可提高一倍.

3. 线阵仪和扇型仪各有优缺点.线阵仪的声线密度在近区与远区同样均匀.扇型仪近区过于密集,远区过于稀疏;图象的质量只有当一段较好,近区不能用作诊断.扇型仪的横向分辨力一般为3毫米,而线阵仪为2毫米.线阵仪较扇型为优.但扇型仪可通过小的透声窗探测到内部较大的范围,对心脏诊断有独到之处.线阵仪对成年人的心脏诊断会因受肺和肋骨的阻挡而受限制.总之扇型仪主要用于心脏诊断,而线阵仪主要用于腹部诊断.

4. 实时超声成象仪有机械扫查式与电子扫查式之分,机械式实时B型,如Vidoson 735型,因分辨力差和声线数少,已经被淘汰.目前盛行的是线阵电子扫查仪.在实时扇形仪中,机械式与电子式各有优缺点.究竟何者为优正相持不下.前几年较多认为,相控阵电子扫查式扇形仪虽然价贵,但因其探头轻巧而且可以选取被检测的任意部位,获得同时显示的M型曲线,故相控阵电子扫查式较机械式为优.近年来机械式有所改进,探头改小,而且同样可以取得同时显示的M型曲线和脉冲多普勒讯号,相比下反而有感到相控阵的线数较少.一部分人的看法有了改变,认为机械式扇形仪较相控阵扇形仪为优.

5. 成象仪的探头大小关系到操作的方便与否.有的仪器探头小巧,使用方便.如日立的线阵探头,外形小而有效长度长.东芝的线阵

• 9 •

探头也很小巧，都受使用医师的欢迎。但也有一些仪器的探头太大，使用不便。如飞利浦 Sonodiagnost B-64、ADR 2130、Picker 80L、三荣 2H61 等线阵探头外形长而且大，十分笨重，使用极为不便。Aloka 线阵探头虽不是很大，但与日立、东芝产品相比，还是较大。选购仪器时，探头大小也应列入考虑的因素之一。

6. 国外仪器是适应国际市场而设计的，并不一定适用于我国。例如日立 EUB-24、EUB-24F 和 EUB-24F(C) 都具有一张相片可以拍摄 4 幅图象的功能，可以节约相纸。这当然是好的。但是这种节约拍照法，只能用于 Polaroid 照相机，而不能用于 135 照相机。我国 Polaroid

(上接 34 页)

墩处于主河道上而直接受流水冲击形成浪花；河面有旋涡，在桥墩附近的无规则旋涡更多；河水冲刷河底、桥墩底时而形成向上翻滚现象；水中顺流而来的杂草缠绕在换能器阵上。换能器和桥墩体的相互位置如图 1。

所用测量仪器的连接图如图 2。

三、测量内容及其结果与分析

1. 45 号桥墩处环境噪声的测量

换能器的谐振频率为 10kHz，带宽为 3kHz，它在测量中所处的位置如图 1 所示。换能器接收水下噪声后，经放大量为 110 倍，带宽为 2 kHz 的放大器放大后，在示波器上测得电压为 7.1mV，换能器接收灵敏度 -78.3 dB，算得噪声谱级 -26.5dB。这个数值显然较大，这是测量点的特殊的环境状态，再加上换能器阵没有导流罩而缠绕了许多杂草等等因素造成的。所以，所测噪声是特定的“环境噪声”。

2. 河底回波幅度及水深测量

换能器垂直向下发射声脉冲，发射电压为 128.5 V，发射灵敏度为 55.7 dB，用示波器直接观察河底反射回波，测得回波电压 115 mV；同时还测得发射脉冲和反射回波脉冲的间隔为 6.8 ms，按声速 1500m/s 算得换能器至河底的深度为 5.1m，加上换能器入水 1.3m，即 45 号

片不多，这种优点就不能很好发挥。这叫做“不合国情”。前面讲的组合式仪器，也是不适合我国的国情。

7. 超声成像仪的质量不一定与它的价格成正比。价格贵的仪器，其质量并非都好。Picker 线阵仪，价格每台在 2 万美元以上。但其分辨力差，功能少，还经常发生故障，这叫做不值。ATL 公司的机械扇扫，图象质量是很好的，但是价格十分昂贵。这也是不值。有些厂商把即将淘汰和已经淘汰的产品送到我国来推销。由于我们的情况不熟悉，就会吃亏上当。现在有些外商把超声成像仪送到我国中小城市推销，更要引起我们的注意，不要再吃亏上当了。

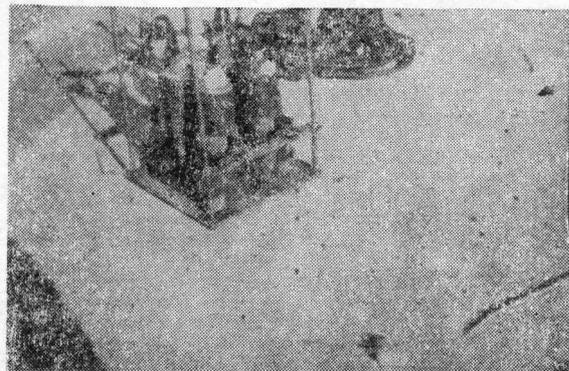
桥墩近处的水深为 6.4m，经大桥测量工用掷锤法测量，其结果完全一致。

3. 声衰减的测量

我们把换能器贴近 45 号桥墩入水 1m，使发射面正对 46 号桥墩，在发射声源级不变的情况下，测得反射回波电压 0.58mV，根据声波从介质 1 垂直入射到介质 2 时的反射系数可写做为 $\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1 / \rho_2 c_2 + \rho_1 c_1$ ，估计水泥桥墩体（它的反射面尺寸远大于 10kHz 的声波波长）的反射系数为 0.7，而两桥墩间的距离 37 m 即认为发射换能器和反射体的距离。由上可算得，10 kHz 的声波在含沙量为 20kg/m³ 的黄河水中的声衰减系数为 0.6dB/m。

由上述结果，推算出 45 号桥墩附近的河底反射损失为 12.2dB。

我们这次现场测量得到所内外的许多同志的大力支持和帮助，借此机会表示谢意。



附图 换能器的实物照片