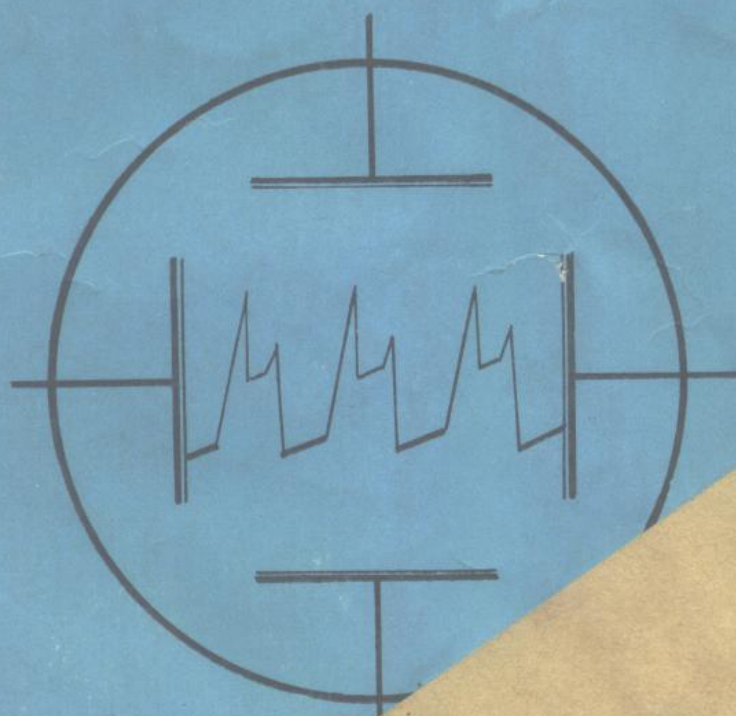


超声心动图教科书

文森特·依·弗里德瓦德 著



成都军

超 声 心 动 图 教 科 书

文森特·依·弗里德瓦德著

(一九七七年版)

李常太 郭子英 译
王寅晓 王 艳

罗 惠 祖 校阅

(内部资料)

成都军区总医院·成都市科技情报研究所·成都市医学情报站

目 录

第一章 超声原理.....	(1)
第二章 检 查.....	(6)
第三章 分 析.....	(14)
第四章 二尖瓣.....	(22)
第五章 主动脉瓣和主动脉根.....	(56)
第六章 左心房.....	(88)
第七章 室间隔.....	(102)
第八章 左心室.....	(112)
第九章 右心室.....	(132)
第十章 三尖瓣.....	(139)
第十一章 肺动脉和肺动脉瓣.....	(148)
第十二章 心 包.....	(157)
第十三章 非对称性室间隔肥厚.....	(168)
第十四章 冠心病.....	(184)
第十五章 心瓣膜外科.....	(195)
附录A 成年人超声心动图正常值.....	(213)
附录B 新生儿超声心动图正常值.....	(219)
附录C 儿童超声心动图正常值.....	(223)

第一章 超声原理

“超声”这一术语是指频率超过人类听觉范围的声波。超声心动图学是关于传递超声波和接受、记录由心脏结构所反射的回波的科学，也包括分析和解释超声波图形的艺术。

本教科书其余章节将讨论超声心动图的临床应用，至于有关超声波的物理学，只是在与讨论有关的地方附带地提到。虽然精通声学物理学是工程师和物理学家的事情，但是对技术人员和医生来说，懂得一些声学原理也是很重要的。

波

自然界凭借波的运动将能量从一点传递至另一点，传递是通过粒子（通常是分子）在传递介质内的振动来完成的。就声波来说，粒子振动是纵向振动，亦即沿着波的方向振动（和横向波相反，横向波振动是垂直于波的方向的，例如电磁放射振动）。

当一个纵向波传递的粒子向邻近的一个粒子运动时，由于它们之间的间隙变窄，就发生压缩。然后随着能量的转移，第二个粒子沿相同的方向运动。由于两个粒子离散，就发生稀疏。这样凭借介质内一系列粒子的压缩和稀疏，通过该介质而传递能量，虽然并不存在粒子的纯净运动。在介质内这种传递在任何时间所达到的一点就是波前。

当两个或更多的波通过一种介质传播时，连续两个波前之间的距离就是波长（ λ ）在一秒钟内通过任何一点的波前数目就是波的发放频率（ ν ）。波的运动速度（ V ）是一秒钟内一个波传播的距离，可用公式表示

$$V = \nu \lambda$$

例如：如果波长是1毫米，频率是每秒钟发放100,000次，那么速度就是 $1 \times 100,000 = 100,000$ 毫米或1,000米/秒。

波传递的速度是波传播通过的介质密度和弹性的一个函数，速度随着弹性增加而增加，随着密度增加而减少。就身体的软组织而论，声音的传播速度平均约每秒钟1540米（M）。在空气中，声音的传播要慢的多，每秒钟331.4米，通过骨骼要快的多，每秒钟3380.0米。

波的频率是由产生波的波源所决定的。产生波的物质振动愈快，频率愈高。人耳能听到的声波，频率范围是20至20,000周/秒（赫）。大于人类可听范围的声音频率称为超声。医用诊断超声的声波范围在一百万至一千万赫。以一兆赫（ MHz ）来表示一百万赫更为简便。

声波反射

在一种均质介质中传播的声波具有恒定的速度和方向。然而，声波进入不同密度和

弹性的介质时，速度就发生改变，一部分声能发生反射（图 1—1）。反射的声波是一种回声。声波迁到介质改变的地点称为声学界面。如果声学界面垂直于声波的方向，那么回声就反射回到声源。随着毗邻的介质传递性能（声阻抗）的差别增大，被反射的声能就更多。例如，在超声心动图上，超声波束通过右心室腔之后，与室间隔的平面相迁。因为右心室内的血液和构成室间隔的组织具有十分不同的声阻抗，从室间隔的右心室面就反射出粗大的回声。

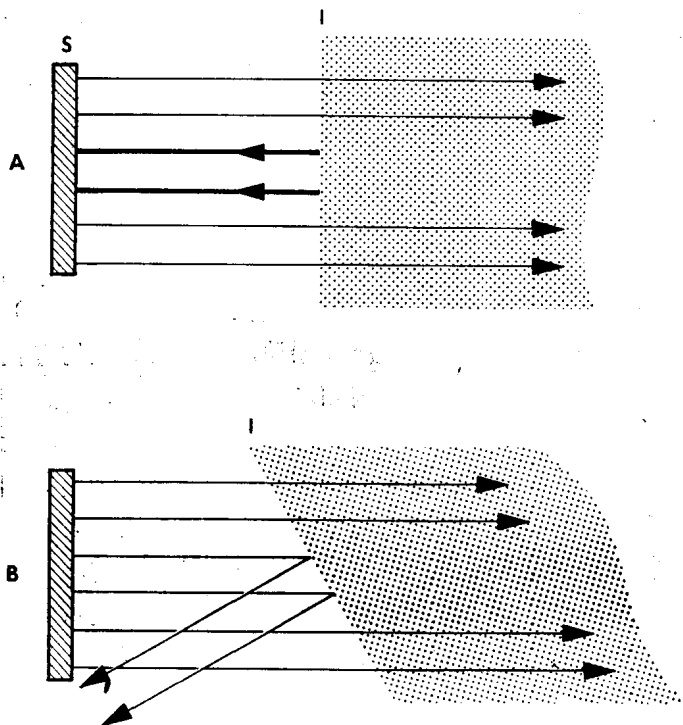


图 1—1 声波从一种介质传至另一种声阻抗不同的介质时，在两种介质的边缘〔称为声学界面(1)〕有些声波发生反射。A、声学界面垂直于传播方向时，声波反射回声源(S)。B、声学界面不垂直于声传播方向时，那么，就以一定角度反射声波。

声波折返回探头之前，能够多次进行反射。这样就可以延迟反射波，并可在心脏后面产生组织结构（二尖瓣最常见）的图像（图 1—2），称为“绕圈”效应（“Ring around” effect）。

强 度

强度是单位面积声波具有的能量，振幅是能量的密度。由于声波是通过介质传播的，故声波把能量传给介质而失去能量。这样的能量损失称为衰减。声波穿透入介质愈深，其衰减愈大。而且，声学界面距声源愈远，反射的声波衰减也愈多。除了穿过的距离以外，波的频率也影响衰减。频率愈高，衰减也愈大，因此声波能够传播的距离也愈短。介质也影响能量的损失，介质密度愈大，声的衰减也愈大。

声 束

声波传播最初平行于声源振动的方向。靠近声源的区域，声束的宽度和振源的宽度

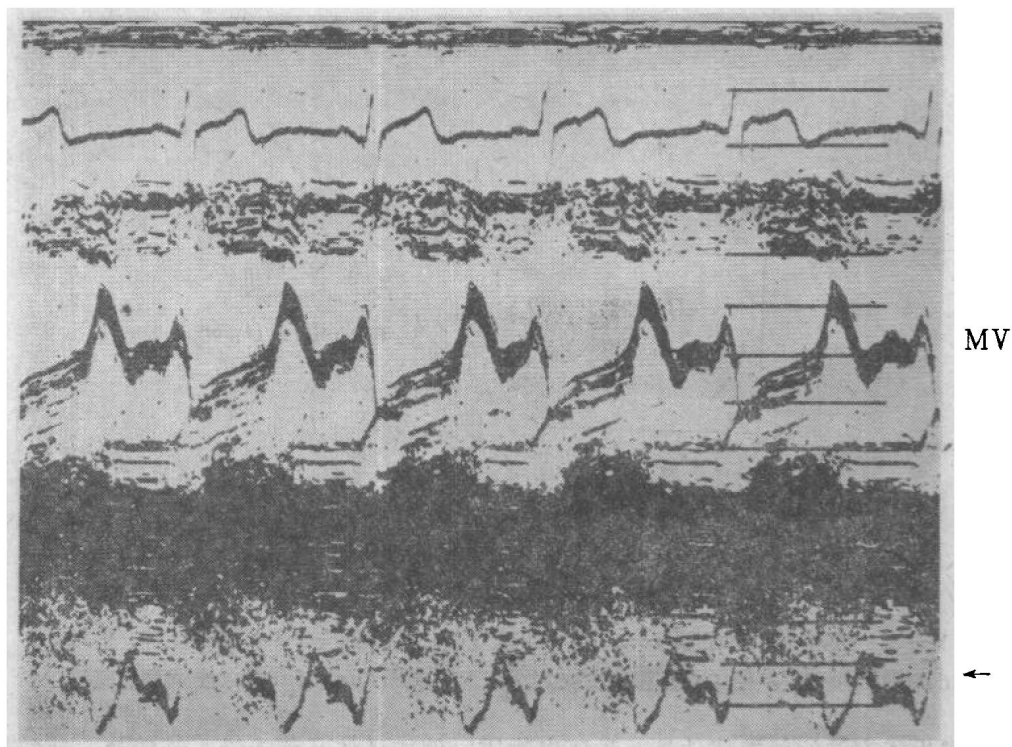


图 1—2 “绕圈”效应 心脏后壁之后出现二尖瓣前叶的镜像（箭头），因为从二尖瓣（MV）叶折回的某些回声在返回接收器之前，受到多次反射，而绕过另两类组织如胸壁和室间隔之故。

相等，称为近场或Fresnel区（图 1—3）。但是，随着距声源的距离增大，声束宽度逐渐增宽，称为远场或Fraunhofer区。由于声束发生扩散，远场强度迅速衰减。从声源到声束扩散点的距离（ d ），与振源的半径（ r ）的平方成正比，与波长（ λ ）成反比，可根据公式求出：

$$d = r^2 / \lambda$$

例如，一个2.25兆赫的探头，宽度半径为 1/4 吋，波长0.06毫米，近场距离则仅15毫米，而后，远场波束开始离散。

因为波束宽阔，超声检查心脏结构能包括颇广的区域。这一点有时可使看来似乎处于相同部位的两个毗邻结构，在超声心动图上出现干扰图像。波束靶区域内的任何结构都可显示并仿佛实际上位于中心轴内似的。

声 源

声波由传递介质内机械性变位所激发。一个生动的例子就是闪电，它使放电周围的空气分子暂时扩散，紧接着此空气向外部出现一系列压缩和稀疏。这些空气变位就是人耳能听到的雷声。

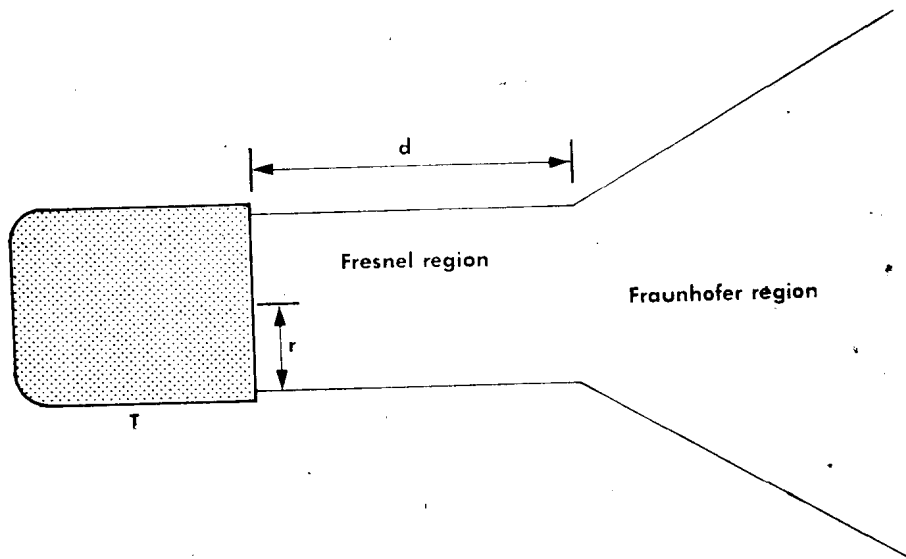


图 1—3 声束 在近场或Fresnel区，波束宽度保持与探头 (T) 直径相等，近场的长度 (d) 则由探头的半径 (r) 和波长决定。在远场或Fraunhofer区，波束发生离散。

人工发生超声波的关键部件是一种压电物质，例如晶体石英或铅—锆酸盐—钛酸盐 (图 1—4)。压电属性就是当使一种极化的晶体物质荷电时，其形态发生改变的特性。当通过改变电荷极性激发一种压电物质时，由此引起的机械应变就是能够与生物介质相耦合的声波振动。就医学超声波来说，生物介质就是皮肤和下面的组织 (在探头表面与皮肤表面之间用一种传递凝胶进行耦合，必须确保和机体完全直接接触，其间无空气存留)。

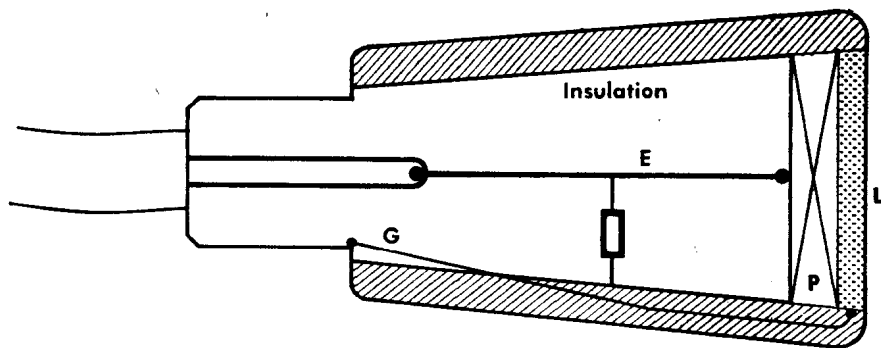


图 1—4 超声探头 压电晶体 (P) 紧接棱镜 (L) 之后。当通过机器电缆的电极 (E) 施加电压于压电晶体时，晶体即振动。产生的返回声波很快为探头屏蔽内的绝缘物质所吸收 (G=地线)。

为了超声诊断起见，压电晶体是通过下述方式安置的，即声波只能在一个方向上传播，所有其它的波都在探头屏蔽内被吸收掉。压电物质的频率特性取决于组成成分和其

厚度。频率与晶体厚度成反比。

用一个透镜把压电晶体和皮肤隔开，透镜可以是扁平的，或者是凸面的，在后一种情况下，将改变波束的形状，即把波束聚焦在大约等于凸镜直径的距离上。超过聚焦点，波束就离散。聚焦探头的使用将在第二章讨论。

超声心动图不用连续电压于压电晶体，而代之以发放短脉冲至探头，一种称之为脉冲回声超声技术。最适宜的脉冲重复频率是探头频率的两倍。（速度测量用连续激发多普勒（Doppler）超声，而距离测定用脉冲超声）。

接 收 器

压电晶体响应电激发而振动，当机械能使其变形时，也有产生电信号的属性。反射回来的声波撞击在探头上，可使之产生电信息。电信号由整机电路加以处理，在阴极线管上显示出已转换的超声信号。这种显示可以是A型，B型或M型（图1—5）。

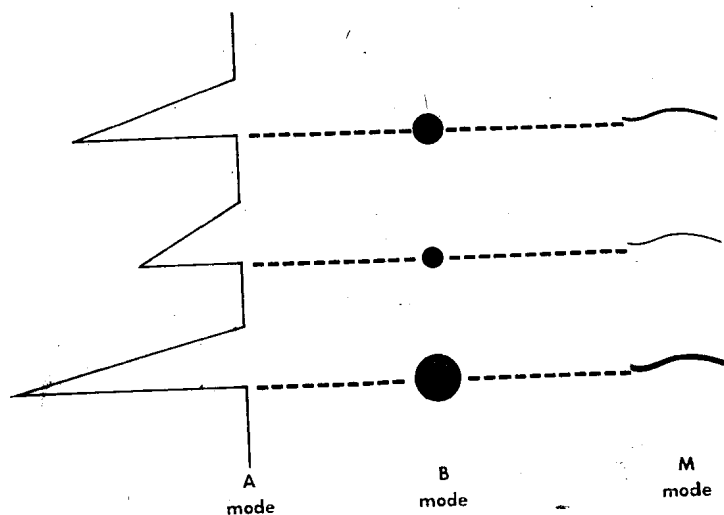


图1—5 超声波显示的方式

A型（振幅）：A型中，声波以脉冲尖峰显示出来，其振幅由相应的回声相对强度所决定。反射靶标反射的深度规定着其位置，早期心脏超声的研究仅仅涉及A型图像。

B型（辉度）：B型仅仅是把A型信号转变为“纵向”，这样心脏回声只表现为移动着的点组成的线条，其大小与回声强度相一致，这一型已被若干研究者用于心脏的切面显像研究，是习用的显示腹部扫描的基础。

M（T—M）型（运动）：M型图像是使B型显像扫描产生的，速度通常是每秒钟50毫米。因为心脏是一个动态的结构，所以在超声评价心脏运动时，分析这些组成结构能提供必要的参数。因此，设计了时间—运动型（M型）超声心动图仪，现在已是超声显象和记录心脏的标准方法。

第二章 检 查

超声心动图的检查质量更多地依赖于技术人员的专业经验，而不是任何其它的个别因素。在制定出正规的训练方针并得到普遍承认以前，为了提高必要的专门技能，教学法主要是根据个人学会使用此项检查的能力。

尽管文字和理论的教授是重要的，但是经验仍然是提高技术能力的基本要素。在一个工作量大、医生集中的超声心动图实验室中，六个月的培训，对大多数人来说，可能是最短的训练时间，然后他们才能始终如一地进行优良的检查。

在有关医学领域中，首先培训心脏的解剖学和生理学的基础知识，有助于理解超声心动图学技术，但是这种基础知识不应该作为训练的固定不变的必要条件。积极性和献身精神大大有助于补偿基础科学的不足，这些不足在实际的训练期间，是能够克服的。

病 人

除了简单说明检查中的要求和保证没有不适及危险以外，不需要对病人进行更多的指导。安排检查以前，初步的谈论可解除不必要的顾虑，使病人到达实验室时感到轻松。

尚未规定是否需要得到病人同意的通知。有的实验室要求病人签署一项声明，承认他了解超声波的潜在危害，但在研究中尚未证实有危险性。

成功的检查要求技术人员和病人在整个检查过程中都是舒适的。舒适往往导致病人思睡，当要求病人用呼吸来合作和采取特殊体位时，往往需要唤醒病人。

大多数病人对检查感兴趣，并爱询问有关机器的情况和技术人员的检查所见。不当阻碍这种兴趣，但是技术人员必须十分谨慎，避免暗示检查是正常的或是不正常的。有学习人员在场时，这一点尤其困难。不过，不能因为任何理由而忽视病人的感觉或剥夺医生之间讨论检查所见的特有权力。

技 术 人 员

技术人员了解每个病人要作检查的理由是必不可少的。尽管常规检查已标准化了，心脏的所有主要结构都要努力进行研究，但是为了解决导致病人来进行检查的有关问题，常常需要特别注意某些方面的检查，例如除非实行心室壁缓慢扫描（许多实验室尚未包括在常规检查中的一项技术），否则心室壁瘤可能被遗漏，而且有时需要特殊的方法，例如应用硝酸甘油吸入法以检查出二尖瓣脱垂。

探 头 的 选 择

选择各种检查用的探头时，最重要的问题是穿透深度和为了得到理想的信息所必须的分辨率。

穿透深度是探头频率的一个函数。较低的频率能使波束穿透较深。然而，所记录的结构分辨率则随频率降低而减低。在大多数成人中，为了得到足够的穿透深度并有满

意的分辨率,最适宜的频率是2.25兆赫。胸廓大的病人,心脏位置距前胸壁较远,需要较低频率的探头,但是,可惜的是分辨率则受影响。总之,成人的检查最好开始用2.25兆赫的探头,换言之,开始用最高频率的探头检查,然后如果需要的话,最好改用较低频率的探头检查。

在儿童的检查中,小得多的穿透深度就能包括整个心脏的前后径,因此,应该使用高频率探头。这可使较小的结构有较好的分辨率,在新生儿和婴儿中这是一个特别重要的因素。商业上协定的频率3.5兆赫和5.0兆赫的探头就适用于这种用途。

探头的宽度是需要考虑的另一个重要因素,像在第一章中所讨论过的那样,探头越宽,近场越深。这样,从逻辑上讲,应该选用很大的探头,但是肋间隙的宽度硬性规定了实际的限度。而且由于波束的宽度增加了,记录各种结构的精确性则降低。因此,成人用的标准探头的直径不得超过6毫米,儿童检查用的不超过3毫米。

探头可以是聚焦式的或者是非聚焦式的。使用宽度很窄的探头时,聚焦变得尤其重要。如果不聚焦,近场很小。但是,为了正确使用聚焦探头,需要更为专门的技术,因为高分辨率的区域发生在有限的深度范围内(即聚焦区)。

由于探头的大小,频率和聚焦特性的组合项目有许多变异,所以有可能供实验室用的是低劣探头。各种形状和大小的探头可能使人无所措手足,对一般临床实验室不仅是不必要的,而且还影响正确的操作。建议技术人员学会用好两种或三种探头就可以了。要认识到,对检查质量来说,熟练使用一种探头比使用探头的数量更为关键。

仪 器

有各种超声心动图机器,仪器的调节装置各不相同,制造商会提供详细的使用说明。不管仪器的设计如何,近场增益和抑制调节装置格外重要,因为滥用这些调节装置特别容易导致错误的解释。

近场增益是必要的,因为声波传入较深的人体组织时,其强度要损失(衰减)。因而,如果不按照深度选择性的调整强度,所有的回声都显示和记录下来,那么从靠近胸壁的结构来的回声与从距离较远、密度相同的结构来的回声相比,就非常强。近场增益调节通过用延迟装置使接近探头的回声衰减到所希望的深度。通过斜率调节可改变远处回声增益增大的范围。不正确地使用此调节产生的最大的人工误差是消去一部分从室间隔的右心室面来的回声,甚至消去整个室间隔本身的回声(图2-1)。这就造成记录的室间隔宽度较真实厚度为小。这是诊断非对称性室间隔肥厚的一个关键参数。同样,从紧接胸壁的肺动脉瓣来的回声也可被遗漏。避免这种误差的最好的方法是在每次检查中,至少对某些室间隔和二尖瓣的记录中试图确定肺动脉瓣部位时,需要延迟胸壁的回声(图2-2)。

为了消去所有不能达到某一强度的信号,要使用抑制调节。其结果是记录到的杂波就少的多,这尤其有助于消除心腔内的不重要的回声(可能来自血液的回声)。然而,过分使用抑制调节可能消去比较弱的回声,例如从心内膜反射来的回声。而且,异常厚的结构例如纤维化的、狭窄的二尖瓣膜可能表现为很细的回声(图2-3)。

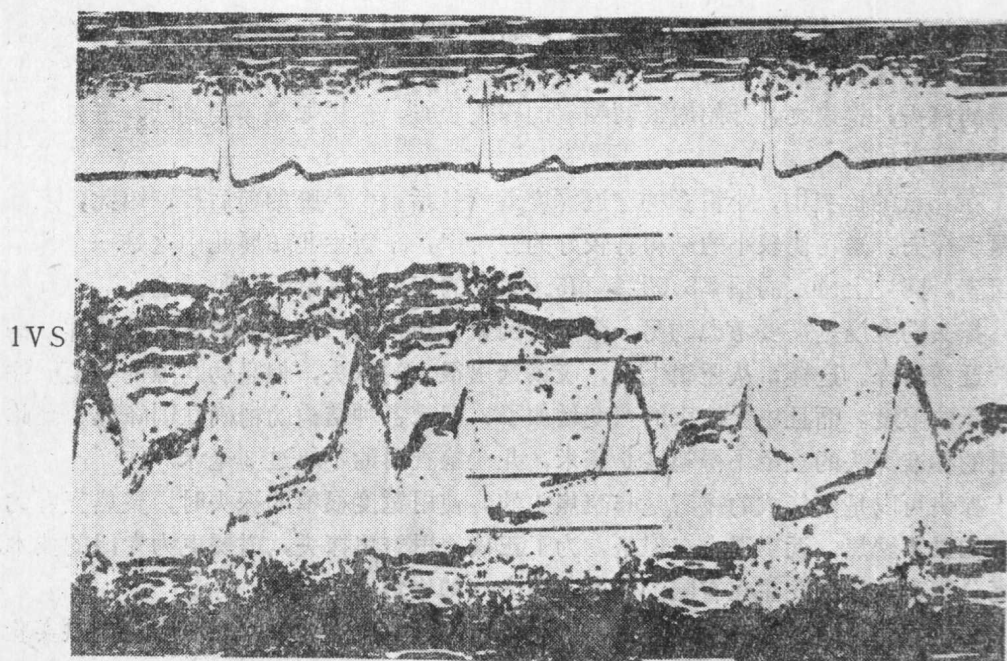


图 2—1 在前两个搏动期间，把近场增益调节（看不到）适当地配置在室间隔（IVS）之前，结果间隔显然有充分的宽度。但是第二个搏动后，把延迟移向较间隔略深的位置，则导致间隔回声全部散射。

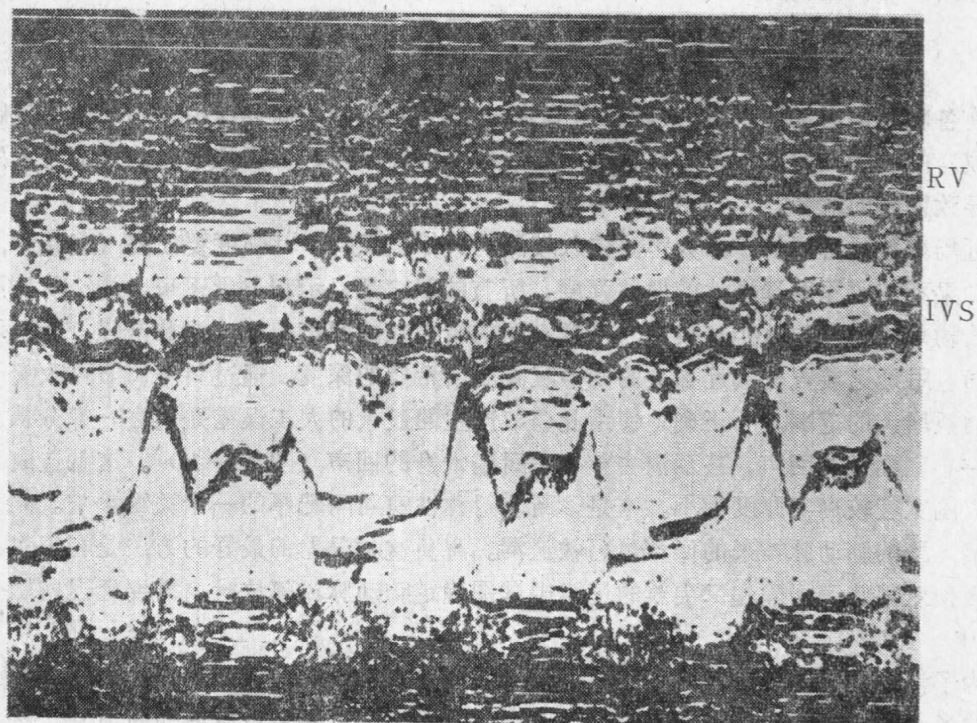


图 2—2 把近场增益调节的延迟装置安置在前胸壁。这就保证可以看到室间隔（IVS）的真实宽度。但是，在此记录上不可能测量右心室（RV）内径，因为右心室腔内的回声使前面的心肌模糊不清。

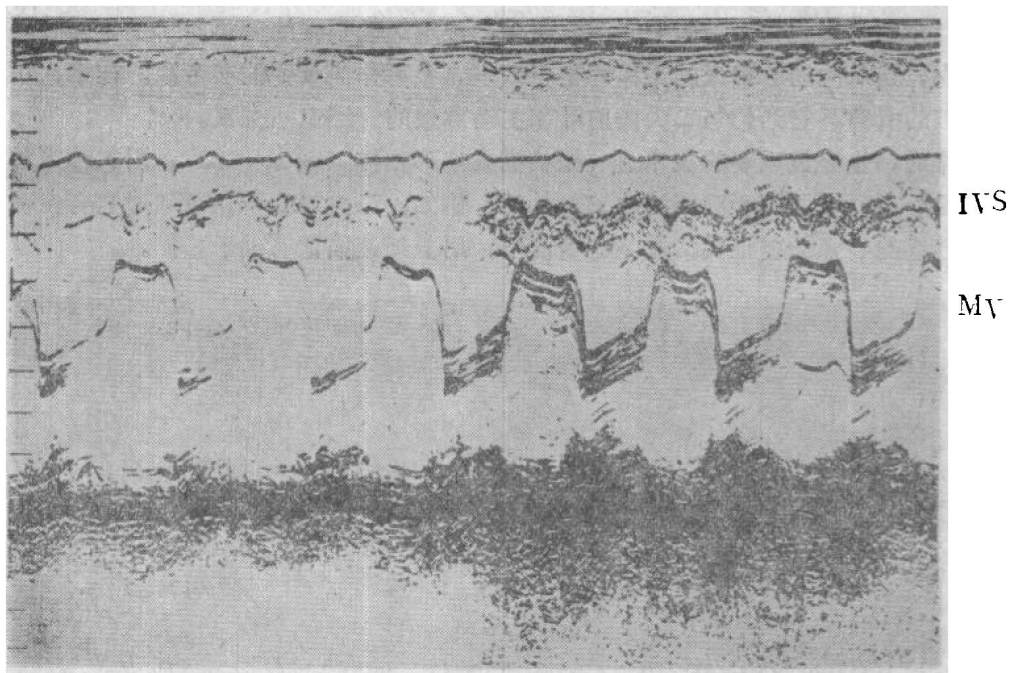


图2—3 此记录的前一半，回声过度抑制，致使二尖瓣厚度好象正常，间隔宽度不清。减小抑制时，狭窄的二尖瓣的真实厚度变得清楚了，看得见全部室间隔（IVS）。

记 录 器

现在，超声心动图学已脱离了“偏振时代”而进入了“条图式时代”。

条图式记录器对心脏超声的应用，确实有重要的影响。但是，必须承认，偏振照像最终淘汰以前，在许多实验室中，用这种记录技术，已作出许多正确的诊断，尽管只限于四次心跳。而且偏振照像机为条图式记录器发生故障时提供了可靠的代用品。因此，在记录器不能使用的情况下，技术人员应该保持能熟练地使用偏振式或其它类型的照像机。

结构的辨认和记录

检查过程中，技术人员可能爱用A型或者爱用M型显示。虽然这主要是一种习惯作用，但是我们发现最好的技术工艺是基本上使用A型，并参考一个隔离的同步的M型显示，作为每次记录前微控调节（虽然能使用一个示波器将A型转换到M型，但用两个示波器非常便于检查）。

大家熟知技术没有绝对性，用超声记录心脏的技术也不例外。个体和个体之间，心脏的解剖和胸壁没有一个固定的关系，所以推荐采用的探头位置，只是就一般情况来说的。在任何一个病人中，只要辨认出了一种标志，通过认识其它结构位置与这个标志的关系，便可熟悉所有其它结构的位置了。

由于在第四章中所讨论的理由，最好的参考结构是二尖瓣前叶。该瓣膜几乎总是易

于辨认的，在成人表现为距前胸壁 6 至 8 厘米，快速运动很强的回声。二尖瓣前叶略向前、上、内，是从主动脉根来的浓厚的平行回声，也可作为重要的参考点。技术人员必须通晓心脏的所有其它结构与二尖瓣前叶和主动脉根的三维空间关系。

最困难的，也是最重要的技术之一是扫描或扇形扫描（图 2—4）。用这种方法能够记录到位于不同平面的心脏结构的解剖关系。例如，二尖瓣的辨认可通过它与主动脉根后壁相连续的特点加以证实。在某些情况下，用低纸速描记有助于扫描。

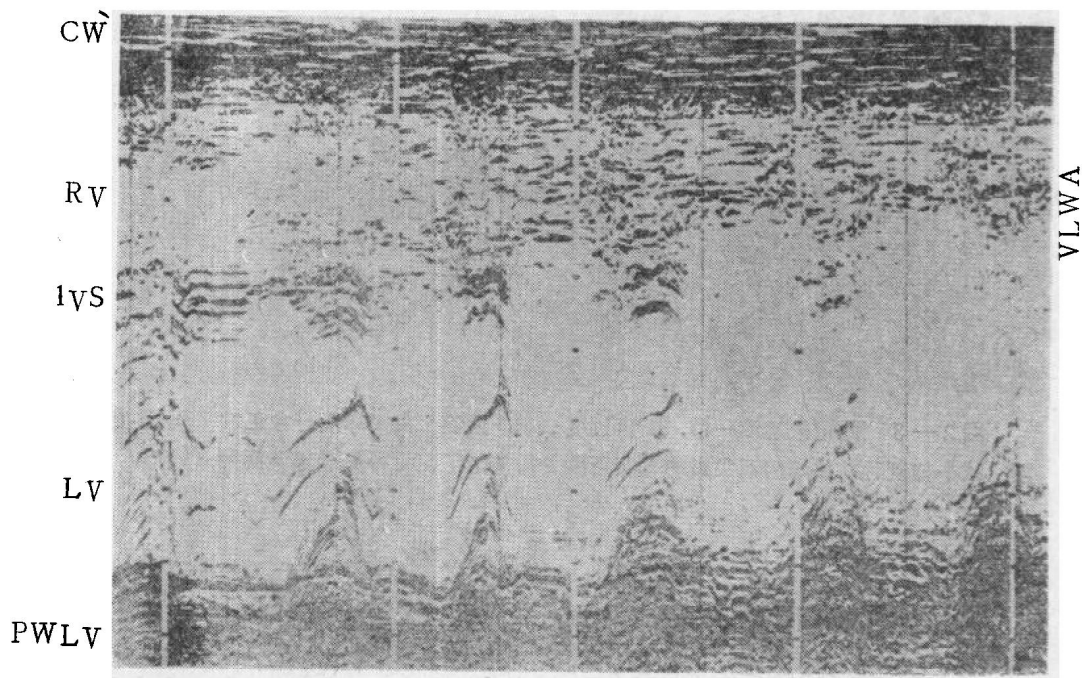


图 2—4 从左心室 (LV) 和右心室 (RV) 到左心室前侧壁 (AWLV) 的侧向扇形扫描。注意间隔 (IVS) 和左心室前壁 (AWLV) 相连续。(PWLv=左心室后壁；CW=胸壁。)

虽然病人取仰卧位能完成大部分检查，但是让病人取左侧卧位能更好地明确许多结构，尤其是室间隔，二尖瓣和左心室后壁（图 2—5）。

此外，不一定要把探头保持在靠近胸骨左缘的位置上。常常意想不到声束经过前胸壁直达心脏的面积有多大没有为覆盖着的肺所遮断。许多病人的“心脏窗”（“Cardiac window”）比预期的大得多。然而，在广泛覆盖着肺组织的病人中，（通常是慢性阻塞性肺部疾病的病人）可能很难从前面穿过。在此情况下，最好选择剑突下方法，除了左房径以外，从这个部位常常能完成全面的检查（图 2—6 至 2—8）。另一个方法是把探头放在胸骨上切迹，使成锐角向下，可供研究大血管之用（图 2—9）。剑突下部位和胸骨上部位的主要困难是只用于特殊的情况，而且大多数技术人员使用这些方法的经验很少，因此，严重地降低了它们的可靠性。

重要的是，注意不要把从心前方法确定的正常值用于胸骨上方法和剑突下方法测得

的数据，直到这样的推论被证实之前，象在张氏 (chang) 和菲根堡姆 (Feigenbaum) 所进行的研究那样。

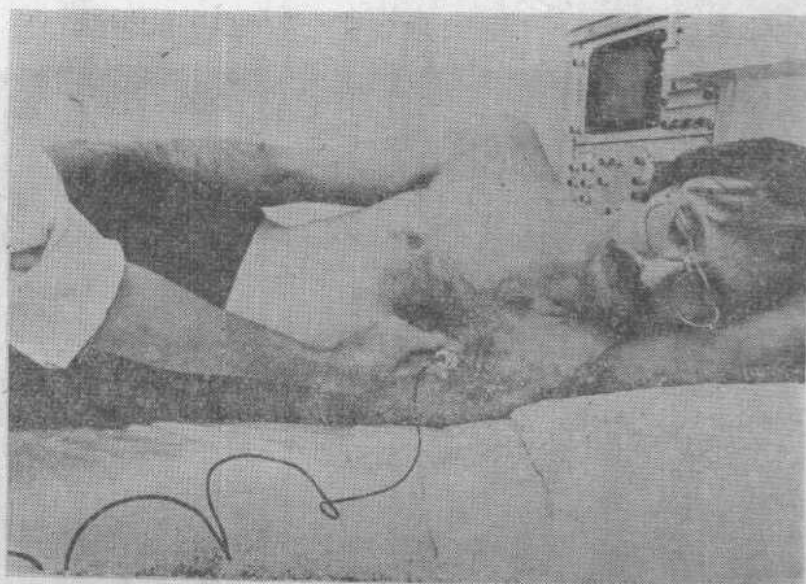


图 2—5 病人左侧卧位进行记录

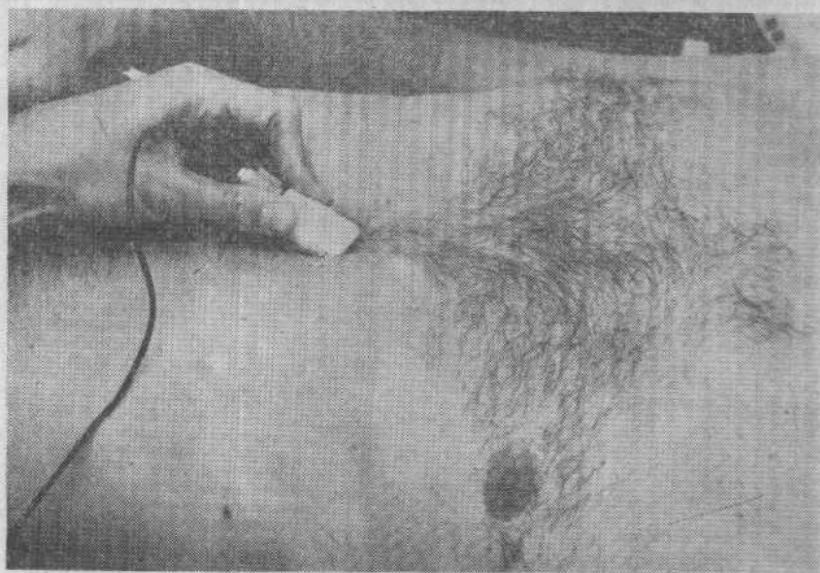


图 2—6 剑突下探头的位置

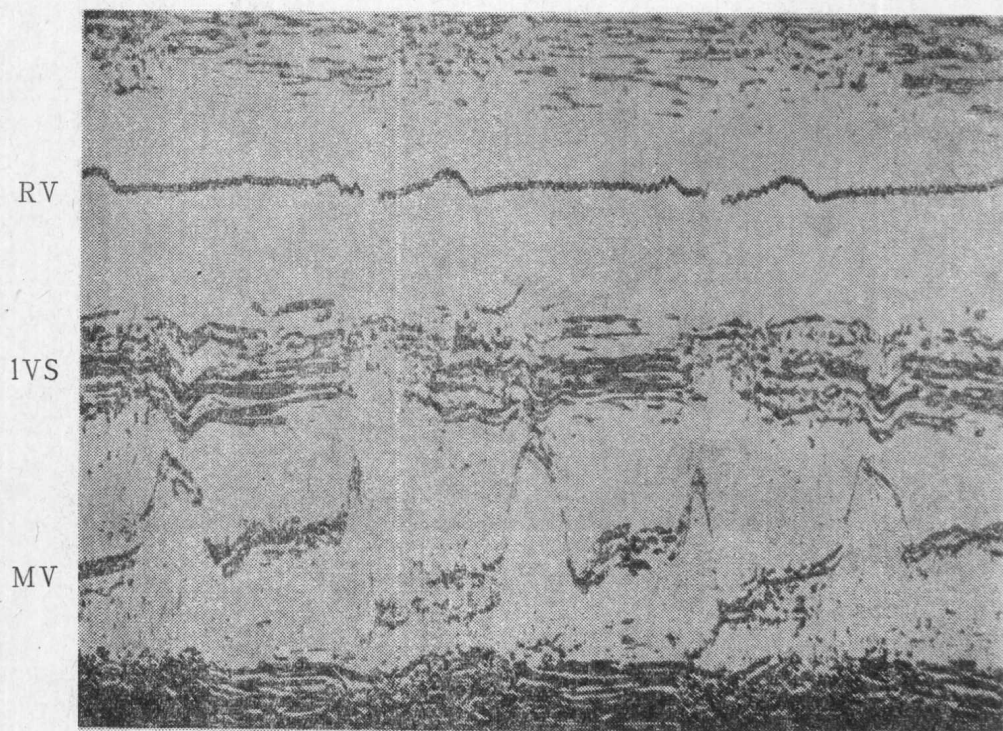


图 2—7 剑突下观察正常的右心室 (RV)，室间隔 (IVS) 和二尖瓣 (MV)。注意右心室比从标准心前位看来略大。

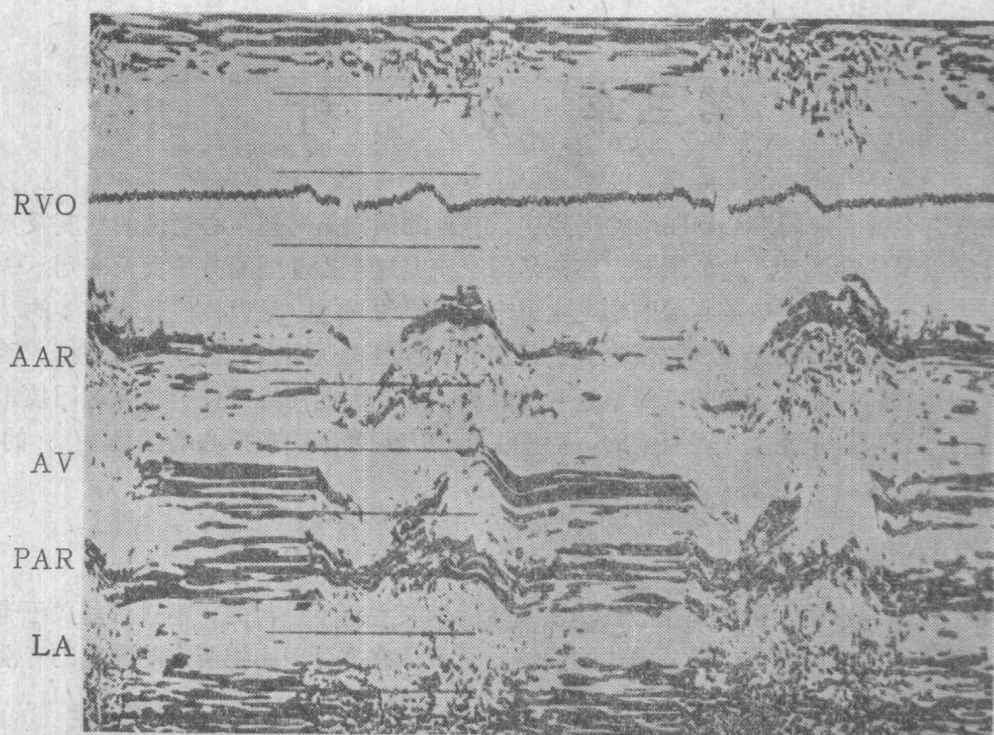


图 2—8 剑突下观察正常右心室流出道 (RVO), 主动脉根, 主动脉瓣 (AV) 和左心房 (LA)。在此图中, 右心室流出道比心前方法显得略大, 左心房径显著减小 (AAR=主动脉根前壁, PAR=主动脉根后壁)。

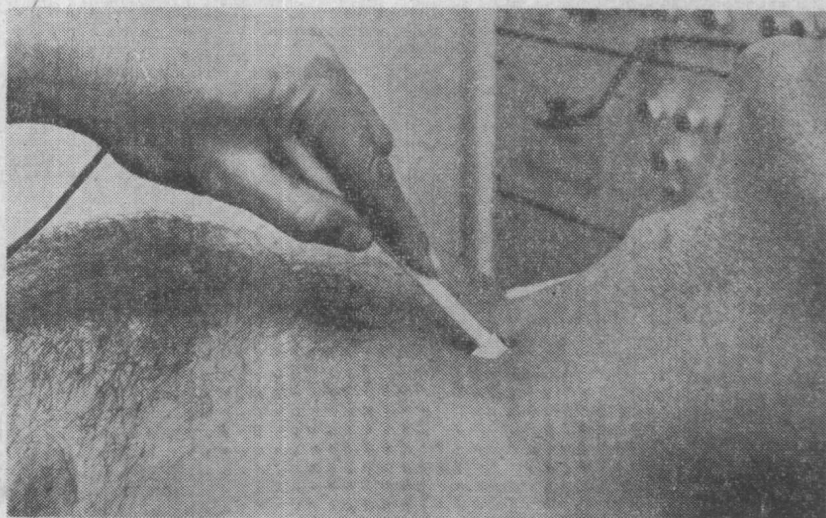


图 2—9 使用专用探头从胸骨上切迹记录。

第三章 分 析

在没有全面了解超声心动图学的医生中，普遍的倾向是对超声心动图的难度及其巨大的应用范围估计不足。这种倾向大部分来源于研究超声心动图的方法太无准则。一般说来，除非一个医生对超声心动图学发生了十分浓厚的兴趣，足以使他化费更多的时间在有大量超声心动图实际操作的实验室进行研究，然后再试图自己独立进行分析，否则他将遭到挫折和得出不正确的、和不适当的判断，往往因此而导致完全放弃这门技术。当然这并不意味自学完全是不可能的，而是说自学方式是掌握超声心动图最困难的途径。

条 件

现在，超声心动图常常是在心脏学家或放射学家主持下进行的，不过目前关于谁应负检查和分析的主要责任已受到普遍的关注。无疑没有充分理由把所有的其它的专业都

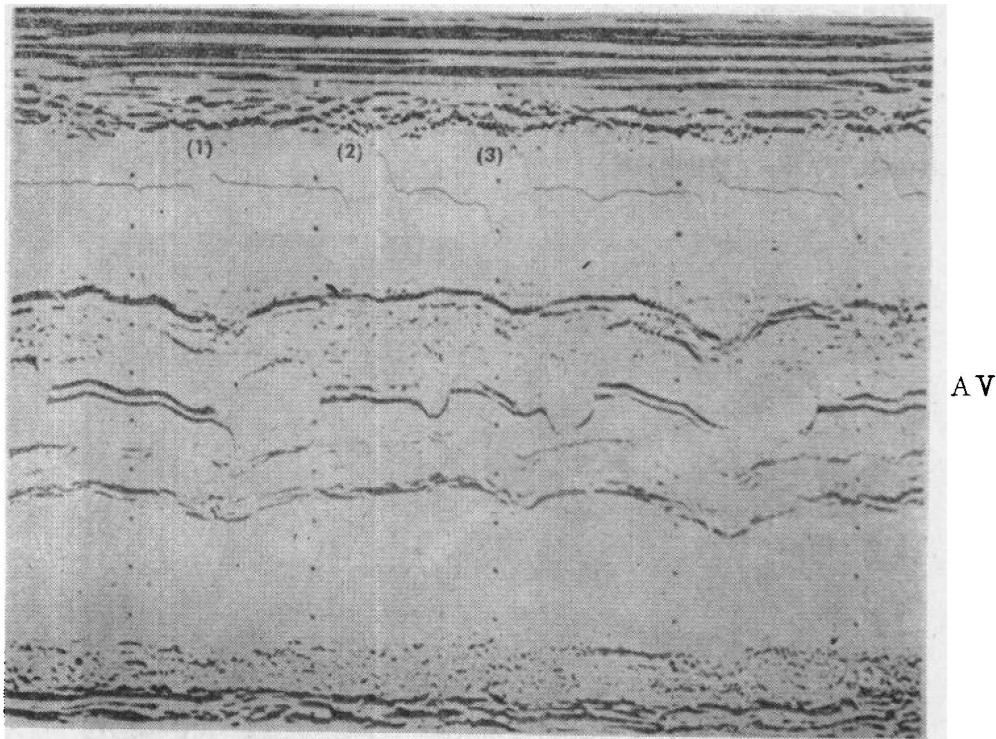


图 3—1 在这个主动脉瓣 (AV) 的记录中，图中同时显示心电图很重要。第一个搏动 (1)，心室收缩期伴正常的主动脉瓣叶分离。第二 (2) 和第三 (3) 个搏动为期前收缩，瓣膜开放时间缩短。若无同时的心电图显示，医生在分析主动脉瓣运动时可能遇到困难。