

医学超声诊断的发展趋势

陆兆龄[†]

(美中互利工业公司 北京 100020)

摘要 近年来医学超声诊断的临床应用发展迅速,许多新的方法在临床得到运用。本文介绍几项主要的新技术,包括介入诊断与治疗、非线性成像、功能性成像、多维成像、血管诊断和事后图像分析等方面。

关键词 超声诊断, 介入诊断, 功能性成像

Recent development of medical ultrasound diagnosis

LU Zhao-Ling

(Chindex International, Inc. Beijing 100020)

Abstract Recently medical ultrasound diagnosis has been developed rapidly and many new techniques are successfully used in the clinical service. In this paper the techniques of interventional imaging and therapy, nonlinear imaging, functional imaging, multi-dimensional imaging, blood vessel diagnosis and post analysis are introduced.

Key words Ultrasound diagnosis, Interventional imaging, Functional imaging

随着声学、计算机技术、微电子技术以及生物医学技术的发展,近年来超声诊断技术的发展日新月异呈现出如下六个趋势。

1 由常规检查进入介入诊断与介入治疗领域

介入性超声技术用超声成像监视和引导穿刺针、引流导管、输液管或药物正确地进入体内的病灶、囊肿、体腔、管道等特定部位,引导和监测消融电极和导管的操作等,达到介入性诊断和治疗的目的。而术中超声、内窥镜超声也属介入性超声范畴。近年来超声以移动方便,实时与无放射性等优点在被越来越多的专科中成为介入治疗的重要环节。超声在介

入治疗中的应用包括下面几个方面。

1.1 定位

在一些国内外医学中心的导管室,超声图像与X线数字减影,电生理的图像和其他信息一起显示在监视屏幕上,引导高难度的介入治疗,如用心腔内导管超声引导完成右冠状动脉右房瘘的封堵术,心律失常的射频消融治疗等。而在新兴的胎儿介入治疗学中,许多操作是在超声引导下完成的,如在导管超声的引导下完成的胎儿主动脉瓣狭窄的球囊扩张术。

1.2 定性

帮助确定治疗方案与评估疗效,这方面最主要的进展是超声微泡造影剂在肿瘤介入治疗方面的应用。超声造影在介入治疗前可以帮助确定肿瘤的性质、范围和数目。且由于超

2008-04-16 收稿; 2008-05-16 定稿

作者简介:陆兆龄(1954-),男,湖北人,美国美中互利工业公司培训部主任,主要从事超声诊断新技术的推广和培训。

[†] 通信联系人 E-mail: luzl@chindex.com

声声学造影无放射性,可以在短期内重复进行,因此治疗后在介入器械尚在体内时即可再次进行声学造影,帮助确定肿瘤灭活的程度。如果发现残存的肿瘤组织可以马上进行补充治疗,避免了过去只能在介入术后数天才能进行影像学检查的不足。另一个重要的进展是超声造影的神经外科导航术,在开颅手术台旁进行超声造影,确定脑肿瘤的精确部位,以指导最大限度地切除肿瘤组织,保留正常脑组织,目前上海华山医院,广州军区总医院,西安唐都医院都已开展这项工作。过去采用核磁共振的神经导航技术,可在手术前完成核磁共振的检查,但在手术中的脱水治疗和开颅使颅脑的内外环境均发生了变化,肿瘤位置发生偏移,因而会导致导航的误差。

1.3 定量

房颤射频消融术要进行环肺静脉的消融,导管超声可以进行包括肺静脉前庭在内的细微结构的定位。同时超声可以显示射频气化作用产生的气泡类型,以指导射频能量的控制。这对于手术成功至关重要,因为能量过低会影响消融的疗效,造成复发,过高则常造成严重的并发症。如心房壁与食管仅仅相隔数毫米,控制不好可造成心房食管间的穿孔。

2 由线性成像进入非线性成像领域

常规超声诊断采用线性的成像方法。几十年来线性成像技术已经有很大的发展,在灰阶成像方面目前已经可以对瞳孔扫描,采用局部选择性放大成像技术可以将胎儿心脏的结构显示得如同成人心脏一样清晰。彩色多普勒已能清晰显示出心肌内冠状动脉的血流,利用线性调频编码激励的高分辨率彩色多普勒血流成像具有良好的穿透力与分辨率。总之,在线性成像方面很多新的技术还在发展,图像的分辨率与穿透力、彩色多普勒的敏感度还会继续增强。

人体软组织具有非线性的声学性质,超声微泡造影剂与声波的相互作用有更显著的非

线性,利用非线性作用成像大大增加了图像的质量和包含的信息,被称为继灰阶成像和彩色血流图后医学超声的第三次革命。近年出现的对比脉冲序列成像技术(CPS)同时利用造影剂产生的非线性基波和非线性谐波信号,非线性基波信号的强度远远高于非线性的谐波,而且它的接收频带与发射频带一致,这一点在实现高频造影时更具有优势。例如发射14MHz的基波,其二次谐波的频率已达到28MHz,穿透力和实用性大大下降。但如果利用与发射频率一致的非线性基波则增加了实用性与效果。由于非线性基波信号的强度大,故在某些超声造影检查中可以减少造影剂的剂量。采用对比脉冲序列成像技术可以实现真正的解剖成像与功能成像的分离。解剖成像依靠目标组织的反射与散射,而功能性造影成像是利用微泡造影剂的非线性回波信号,它有利于造影中对照小的病灶改变,可以减少常规超声成像的一些不足,如囊肿后方声增强对病灶的掩盖等。

目前超声微泡造影的主要应用有下列几个方面:

2.1 灌注成像

在医学上无创地动态了解活体灌注的方法与手段以及灌注生理学与疾病的灌注病理学目前尚属空白。现在利用心肌微循环灌注成像可以帮助确定局部心肌的低灌注或无灌注,在加上运动或药物的负荷后,更能显示在应激状态下的缺血区域。肝脏由于具有双重血供是超声造影最为成熟的领域。肝脏局灶性损伤(原发性肝癌,多血运转移性肝癌,少血运转移性肝癌,肝血管瘤,肝脏局灶性结节性增生等)已被2008年欧洲超声造影指南,与其它大影像增强造影一样,列为常规的适应症,这个指南也确定超声造影与大影像增强扫描一样是肝脏肿瘤介入治疗前后治疗方案的设立与疗效评估的常规方法。灌注成像使超声影像升华到一个新的层次。

2.2 显示架构血管

超声造影另一个重要的应用是显示组织

器官或肿瘤的架构血管,帮助了解它们在灌注水平上的血管网络,这是了解新生血管分布与数量的重要方法,对鉴别肿瘤的良恶性有很大帮助,在器管移植术后血管并发症中也有很大的帮助。

2.3 造影剂用作示踪剂

超声造影对比彩色多普勒的一个优势是造影剂可作为示踪剂。彩色多普勒的信号仅能提示血流的有或无,造影剂的信号则可以提示血流到达的先后,故可以用来计算肝动静脉渡越时间,这是评估肝硬化程度与是否有恶变的有效方法。亦可用在肾动静脉灌注时间的测定等。在非血管的管道结构中也有很大的应用空间,如子宫腔与输卵管的造影,膀胱输尿管造影,直肠瘘管的造影等方面。

3 由解剖性成像进入功能性成像

由于大部分疾病只有在发展到一定程度时才能产生解剖性的变化,因而从现有的解剖性成像发现的病变大多已经到了需要治疗的阶段。今后我国的医学领域的重点转向预防,而医学超声在功能性成像领域的发展可以满足这方面的需要。目前超声功能性成像研究与应用包括以下几个方面。

3.1 心血管超声生物运动结构力学技术

心血管系统就是一个以心脏为中心的力学系统,血液循环过程包含着血液流动,血细胞和血管的变形,血液和血管的相互作用等,蕴藏着丰富的力学规律。关于心肌带的研究日益升温,人们开始关注心脏最基本的构造及宏观与微观结构的力学问题。速度向量成像技术(VVI)基于超声灰阶成像的信息,采用斑纹像素跟踪、边界自动提取、周期运动和空间一致性校正、瓣环运动校正等一系列技术,确定心肌运动的方向和速度,形成彩色速度三维图像,获得大量宏观结构力学的信息,如心肌的旋转,扭转,旋矩等,在微观结构力学方面可获得心肌各个位置的应变、应变率、达峰时间和速度、位移等信息。速度向量成像技术另

一个很重要的领域是在胎儿心脏方面的诊断应用,胎儿心脏从胚芽开始的发生与发展的过程是人类心脏生物结构力学的基础。在经阴道的早期妊娠的胎心检查到出生前经腹部的检查,再追踪到出生后的检查中,速度向量成像技术揭示了心肌带的形成、扭曲的过程和从右心循环到左心循环的过渡过程。

3.2 弹性成像属于超声静态生物结构力学的范畴

软组织的弹性性质在很大程度上依赖于组织成分(如脂肪、纤维、胶原质等)和宏观及微观结构。过去二十年来,根据生物软组织的弹性性质成像以区分正常和病变组织,成为研究的一个重点。目前有二种类型的弹性成像,一类是根据灰阶或彩色图像获得弹性信息,可用于乳腺、甲状腺等小器官和骨络肌等表浅器官组织。现有一种更为敏感的采样技术,在检查中无需对组织施压,仅依靠病人的呼吸与心脏搏动造成的位移即可完成采样,减少了人为的因素,增加了准确性。另一类弹性成像技术(URI)利用各种探头和扫描方式的原始射频信号,在仪器上设有专用的数据输出装置,进行各种器官弹性成像的研究和诊断。更新的利用脉冲波造成细小组织位移再采样的新一代的弹性成像技术亦在临床实验中。

3.3 器官微循环灌注生理学与病理学的研究

医学上一直缺乏一种无创评估活体灌注的直接手段,致使对许多器官与疾病的灌注生理与病理学的认识与研究方面尚是空白。目前采用微泡造影实现了动态实时观察活体心肌和所有器管的灌注。

3.4 超声心脏电生理学

超声技术已开始涉足于心脏的电生理方面的研究。在心律失常方面,可以利用多普勒组织加速度图标出期前收缩发生的位置或预激征候群旁路的位置,利用多维的多普勒成像技术研究心脏传导空间位置与顺序,用无创的超声方法探测心脏的电兴奋-机械收缩耦联,这些发展将对心脏电生理的基础与起搏治疗、消融治疗等有很大的帮助。

3.5 分子成像与靶向治疗的研究

分子成像是所有影像走向治疗的关键技术,超声造影成像是超声分子成像与靶向治疗的基础,以超声为手段的分子成像与其它影像方法为基础的分子成像相比较,具有的优势是:(1)帧频快,实时性好;(2)便携性;(3)可重复应用;(4)费用低廉;(5)无放射性。这是超声走向治疗的关键。由于造影剂微泡具有可携带药物或基因的潜力,微泡的外壳又是很好的保护膜,在达到靶目标前又可保护这些药物或基因不与非靶目标结合,而附着在微泡表面的基因或特异的抗体可引导微泡与靶目标发生特异的结合。实现真正精确的导航治疗。目前分子成像在肿瘤治疗、细菌性与非细菌性炎症、缺血性病灶、梗死病灶等领域中已进行了研究与开发。

4 由二维成像进入多维成像

虽然现阶段大多数多维成像都建立在传统的二维成像的基础上,但是多维成像仍然是一个重要的发展方向。多维成像将各种平面的超声图像发展为立体成像,包括灰阶、非线性的造影成像、彩色多普勒血流成像、彩色多普勒的组织成像等,在声束传播途径方面包括了经体表、经食道、经直肠、经阴道、经血管与经心腔等多种方式。多维成像的发展除了临床开发与经验的积累外,很重要的是依赖探头技术、成像技术、电子计算机技术的发展。例如最近走向实用的微机电硅超声探头技术摒弃了传统的晶片与通道的概念,是实现真正实时多维成像的基础。

关于多维成像有几个问题值得探讨:

4.1 多维成像的模式很多,名称也繁多

每种模式都会随着探头技术、成像技术、电子技术的进展而改进,由重建进展到准实时以至真正的实时成像。例如利用常规探头定位采样的三维成像技术或各种容积探头,可以完成表面成像与多平面成像、立体成像等。它简单易行,实用性强,在任何扫描状态下都可

以实现,食道探头与经阴道探头也能进行多维的成像,心脏的多维超声可以经心腔内、经体表或经食道完成。

4.2 多维成像需要更多的后续分析与计算,不同的处理方法形成许多不同的模式

(1)多层切面成像,可以选择成像的切面,厚度与任意方向,是其优于其它影像手段的特点。

(2)非正交多平面多维成像,常用于骨盆器官、子宫内膜、胎儿心脏等。

(3)沿曲面成像。某些解剖结构的表面并非呈平直状态,例如脊柱常呈弓形,采用沿曲面成像可以将弯曲的面用平直的面来分析,利于细微结构的显示。

(4)弯曲表面的检查区域成像。使用者可以确定检查区域,特别是表面弯曲的结构,例如面部的轮廓,其优势是移去在检查区域前面不需要的结构成份,提供与解剖立体吻合的图像。

(5)厚层成像,由使用者确定扫描平面的厚度,目的是调节层厚,增加对比分辨率与细节。这种技术在其它影像中已被广泛使用。

(6)多维二尖瓣成像的评估技术,在二尖瓣成形术中经食道的多维成像可以起到实时监测的作用,更准确计算出二尖瓣瓣口的面积。

(7)反转模式可以精确得到边界与轮廓,临床的优势在于获得其结构与病灶内表面的临床信息,例如脑水肿、胎儿心脏、肠梗阻、膀胱、胆、卵巢等。

(8)多维成像的测量与计算。

4.3 多维成像是发展中的技术,必须注意正确使用

任何超声模式的应用必须以增加诊断信息,为病人多快好省治疗好疾病为原则。使用多维成像也要遵循美国医学超声研究会制定的医学超声应用的 ALARA 原则,即用尽可能低的超声功率与扫描时间获得最优化的诊断信息。在使用前要明了多维成像的每一种模式,明确各种模式的用途与临床意义,正确按

照病人诊断所需来选择应用的种类。多维成像的临床意义有些是雪中送炭,有些是锦上添花。例如心脏多维成像对左心耳形状的了解很重要;子宫的冠状面成像是在二维成像中得不到的,而它对子宫畸形的诊断与分类意义很大;胎儿腭面部容积多层剖析成像对腭裂的分型意义很大等。

4.4 多维成像的规范化

一项技术如果没有很好的统一的标准与规范,就无法得到临床的重视与普及,无法健康向前发展。多维成像的规范化涉及到工业化标准与临床应用适应症二个方面。

5 由单纯重视心脏转到同时重视心脏与血管

血管是心脏的窗口,特别是颈部血管。血管的健康更是人体健康重要的标志。我们不能只关注心脏,而要同时关注血管。超声作为一种无创的影像方式在血管疾病的诊断方面具有广阔的应用前景与重要的价值。传统的灰阶超声提供了血管结构的信息,彩色与频谱多普勒技术提供了血流动力学的信息。一些新的超声技术在血管应用方面改善了血管结构的显示,开辟了血管生物力学应用新的领域,可以对血管的斑块进行全方位的研究。

5.1 改善与增强血管壁与血管腔的显示

灰阶超声仍旧是当今医学超声诊断的基础。血管的超声检查需确定动脉血管中内膜的厚度,管腔的内径,动脉硬化可能形成的软斑与硬斑的类型,需了解静脉瓣的状态、功能、有无返流血栓等。这些均需要好的灰阶图像质量。灰阶图像质量还会影响多普勒技术的应用,在实际的工作中还是有许多问题需要进一步改善图像质量。近年推出的超声的血管数字减影技术(VVI)的方法解决了这些难题,在许多领域得到运用。

5.2 血管壁结构生物力学的研究

速度向量成像技术采用像素跟踪技术显示血管壁的运动,为外周血管的宏观生物结构力学研究、血管微观的生物结构力学研究、外周血管壁的弹性度评估和外周血管壁粥样斑块的状态与稳定性评估等课题展示了新的前景。

5.3 斑块新生血管与微灌注的研究

利用超声造影剂的非线性性质(非线性基波与谐波)的对比造影成像,除了增强外周血管的多普勒信号、评估血管是否完全闭塞、准确评估动脉斑块的位置与并发症、逆向造影评估静脉瓣返流的程度等等应用以外,还可进行动脉斑块的造影检查。实时超声造影可以较敏感地显示斑块新生血管的动态增强过程,了解斑块内新生血管的血流动力学特征。同时用速度向量成像技术可以了解斑块的生物力学信息,借以了解斑块的稳定性,从结构力学与灌注学方面同时入手,可望能预测动脉硬化的程度和斑块的稳定性。

6 由联机分析转为脱机分析

回顾近5年超声的发展可以发现,过去的诊断依据几乎全来源于实时扫描所获得的信息,而今天越来越多的诊断来源于对采集的原始资料进行后续的脱机分析,如声学造影的分析、超声结构生物力学的研究、多维成像等等。脱机分析有许多优势,使用者不是光凭图像诊断疾病,而特别在疾病早期尚未形成影像学改变时能从功能性诊断入手,从原始资料中分析出大量数据,更能达到预防疾病的目的。脱机分析还能更好与其他大影像技术接轨,培养良好的诊断分析思维程序,还可以更多地利用超声设备的资源,并大大改善超声医师的工作环境,提高工作效率。

超声技术发展的日新月异,需要我们不断地更新知识,掌握新的技术,为病人造福。