

· 论 著 ·

不同距离目标三维超声容积自动测量技术准确度的实验研究

杨欲晓, 成 佳, 杨宏亮, 李发兵, 王义霞

[摘要] **目的** 评价对不同距离目标三维超声容积自动测量(virtual organ computer aided analysis, VOCAL)技术的准确度。**方法** 应用 VOCAL 技术对 19 个不规则不变形水囊模型在距离探头表面 1 cm、3 cm、6 cm、9 cm、12 cm 处分别作容积自动测量。**结果** VOCAL 测量不规则水囊在距探头 1 cm、3 cm、6 cm、9 cm、12 cm 处体积的准确度分别为 $(99.80 \pm 2.63)\%$ 、 $(95.06 \pm 3.34)\%$ 、 $(91.37 \pm 4.23)\%$ 、 $(88.65 \pm 4.44)\%$ 、 $(80.98 \pm 9.11)\%$ 。系统偏倚(测量差值的平均值)及一致界限(测量差值平均值 $\pm 2SD$)分别为 (-0.66 ± 5.18) ml、 (-9.07 ± 6.82) ml、 (-14.36 ± 6.96) ml、 (-21.09 ± 8.39) ml、 (-28.37 ± 10.51) ml, 相关系数(r)分别为 0.992、0.989、0.987、0.981、0.968。**结论** 随目标距离探头数值增加, 其测量准确度降低, 误差加大, 系统偏倚增大, 相关系数减小。

[关键词] 容积测量; 三维超声; 准确度

[中图分类号] R445.1 **[文献标志码]** A doi:10.3969/j.issn.1672-271X.2014.02.004

A research on the accuracy of automatic three-dimensional ultrasound volume measurement towards targets at different depths

YANG YU-xiao, CHENG Jia, YANG Hong-liang, LI Fa-bing, WANG Yi-xia. Department of Ultrasound, 86 Clinical Branch of 81 Hospital, PLA, Dangtu, Anhui 243100, China

[Abstract] **Objective** To investigate and evaluate the accuracy of automatic three-dimensional ultrasound volume measurement to target different depths. **Methods** 19 irregular water sacs with fixed sharps were scanned at 1 cm, 3 cm, 6 cm, 9 cm and 12 cm distance away from the surface of the probe using automatic 3DUS volume measurement. **Results** The accuracy of the volume measurements were $(99.80 \pm 2.63)\%$ (1 cm distance), $(95.06 \pm 3.34)\%$ (3 cm distance), $(91.37 \pm 4.23)\%$ (6 cm distance), $(88.65 \pm 4.44)\%$ (9 cm distance) and $(80.98 \pm 9.11)\%$ (12 cm distance). The corresponding system biases and limits of arrangement were (-0.66 ± 5.18) ml, (-9.07 ± 6.82) ml, (-14.36 ± 6.96) ml, (-21.09 ± 8.39) ml, and (-28.37 ± 10.51) ml respectively. The correlation coefficients were 0.992, 0.989, 0.987, 0.981, and 0.968 successively. **Conclusion** The research data indicates that the increase of the distance from the targets to the probe will lead to increased measurement errors therefore decreased accuracy. Meanwhile, as the distance increased, the system bias increases and correlation coefficients will be reduced.

[Key words] volume measurement; three-dimensional ultrasound; accuracy

目前国内应用容积探头对规则和不规则模型及脏器体积测量误差研究已有相关报道, 重点均关注二维圆柱体累积法^[1]和椭球体法精度^[2]比较及对不同旋转步长、重复性及检查耗时等的研究^[3-9], 而探头对不同距离目标的三维超声体积自动测量技术(virtual organ computer aided analysis, VOCAL)准确度的研究, 国内尚无相关报道。本文应用 VOCAL 技术对不同距离不规则目标自动测量准确度做了初步研究, 报告如下。

1 材料与方法

1.1 研究对象 为排除不同距离水压导致模型变形造成测量的误差, 选用皮球抽气成不同形状模型 20 个, 注入生理盐水超声检查确认无气泡后用于研究计量。

1.2 仪器和方法 彩色多普勒超声成像仪(美国 GE LOGIQ E9), 内置容积自动测量软件, 探头为三维容积探头(RAB2-5-D), 频率 3.5 ~ 4.6 MHz。将 20 个水囊模型分别固定在距探头表面 12 cm 处的烧杯内, 用生理盐水介质, 获得距探头 12 cm、9 cm、6 cm、3 cm、1 cm 的模型容积测值。首先对模型进行常规二维超声扫查, 检查条件不变, 焦点位置置于检测目标近于中心位置, 获得清晰二维图像后, 选择适当大小的三维取样框, 对感兴趣区域进行图像采集并储存在硬盘。将被测不规则模型在 A 平面按操作流程测量模型体积, 具体步骤是: 确定中心轴、

基金项目: 南京军区面上 A 类基金项目(11MA060)

作者单位: 243100 安徽当涂, 解放军 81 医院 86 临床部特
诊科

通讯作者: 王义霞, E-mail: 18605550520@163.com

上下极及旋转角度,其中上下极均定位于水囊的内侧壁,旋转步长为 9° ,测量由一人独立完成,操作者可对勾画不满意的平面作手动调整,最后得到修正后的容积测量值,所有模型测量 3 次,取均值(图 1)。实际体积以囊内注入生理盐水量为准。囊内注水量与体积测量分别由二人完成,实验为双盲。测量容积与实际容积之比表示准确度。测量容积与实际容积差/实际容积之比($\%$)为测量误差。VOCAL 测量 1 cm、3 cm、6 cm、9 cm、12 cm 处模型容积的系统偏倚以测量差值的平均值(\bar{x})表示,其一致界限以测量差值(\bar{x}) ± 2 标准差(SD)表示。

1.3 统计学处理 统计软件采用 SPSS 13.0 版本,计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,计量资料的频数分布以箱图表示。组间比较采用方差分析(F 检验);系统偏倚及一致界限按 Bland 和 Altman 的方法计算^[10];有关变量间的相关性采用直线相关分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

20 个模型,容积 125 ~ 285 ml,分别在距离探头 1 cm、3 cm、6 cm、9 cm、12 cm 以 VOCAL 测量容积,因有 1 个模型数据不完整,将其剔除,实际获得 19

个与探头距离为 1、3、6、9、12 cm 的 5 组数据。分别为:(180.70 ± 42.07) ml、(171.69 ± 38.72) ml、(166.40 ± 39.40) ml、(159.67 ± 39.02) ml、(152.39 ± 39.91) ml,各组实测值组间比较无显著差异($P>0.05$)。但 5 组 VOCAL 测量容积准确度、误差的组间比较均有显著差异(P 均 <0.01),5 组准确度分别为:(99.80 ± 2.63)%、(95.06 ± 3.34)%、(91.37 ± 4.23)%、(88.65 ± 4.44)%、(80.98 ± 9.11)%;误差分别为:(1.99 ± 1.82)%、(4.81 ± 3.34)%、(8.01 ± 3.61)%、(11.8 ± 4.41)%、(16.0 ± 5.75)%(图 2)。

VOCAL 测量 1 cm、3 cm、6 cm、9 cm、12 cm 模型容积的系统偏倚及一致界限分别为:(-0.66 ± 5.18) ml、(-9.07 ± 6.82) ml、(-14.36 ± 6.96) ml、(-21.09 ± 8.39) ml、(-28.37 ± 10.51) ml,组间比较均有显著差异($P<0.01$)。

VOCAL 测量 1 cm、3 cm、6 cm、9 cm、12 cm 处模型的容积与实际容积间均有良好的相关性,但随探头距离加大,相关系数(r)逐渐降低,依次为 0.992、0.989、0.987、0.981、0.968 (P 均 <0.01 ,图 3 ~ 图 7)。

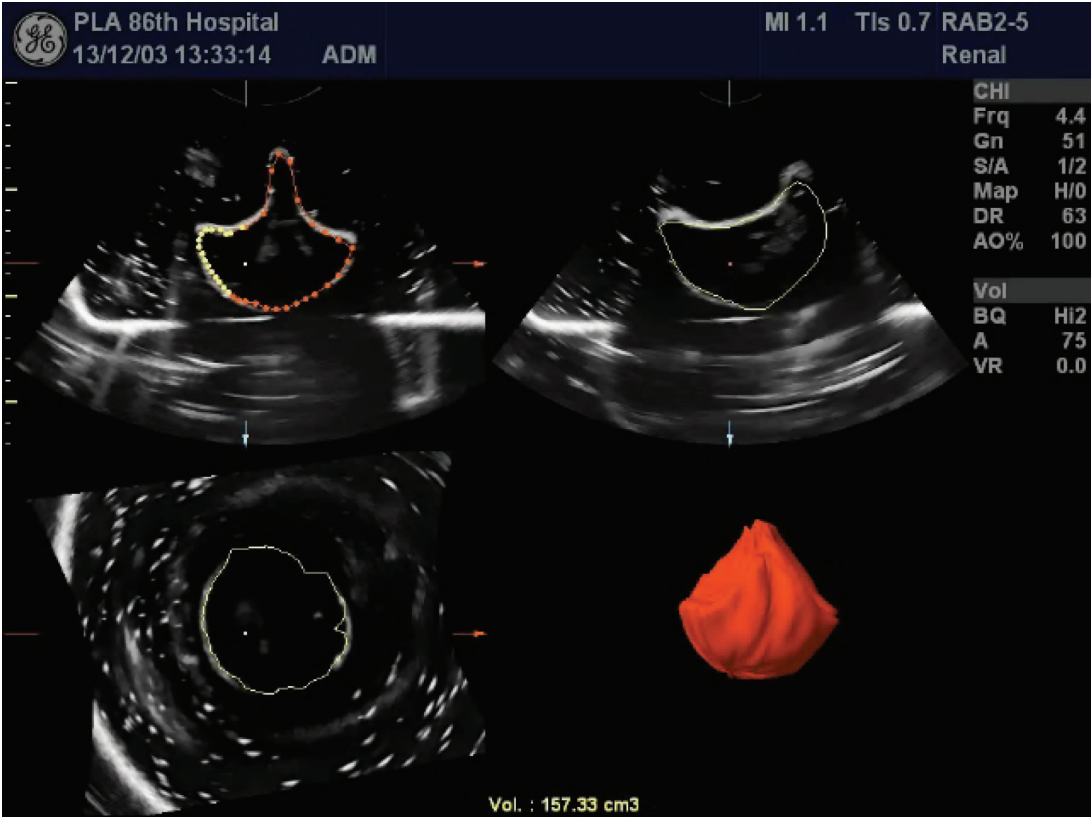


图 1 VOCAL 测量不规则模型容积

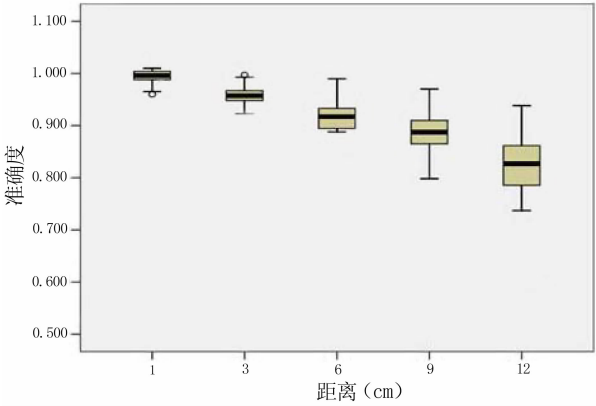


图 2 不同距离 VOCAL 的准确度,箱图中给出了中位数、上下四分位数、最大值与最小值

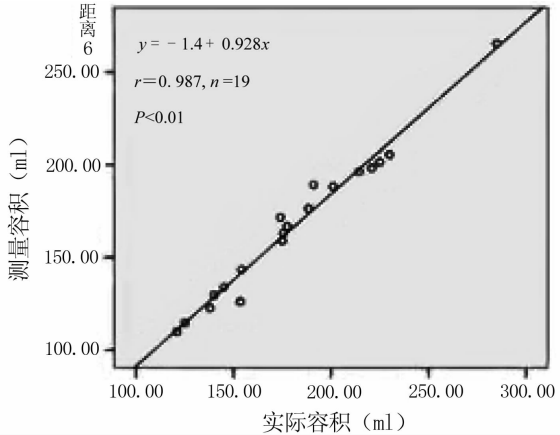


图 5 距探头 6 cm 三维超声测量模型容积与实际容积间的相关曲线

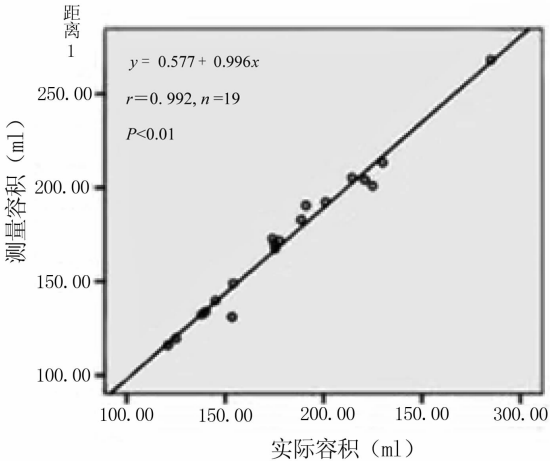


图 3 距探头 1 cm 三维超声测量模型容积与实际容积间的相关曲线

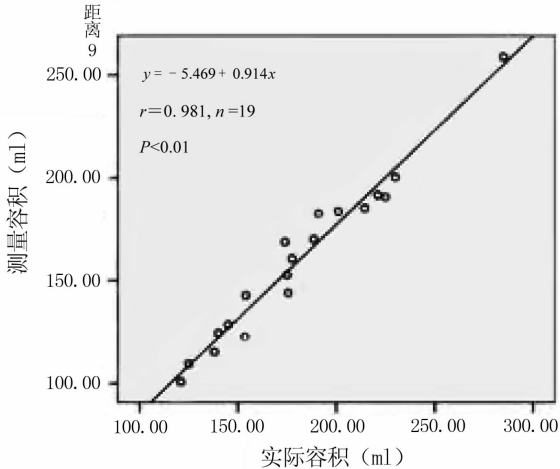


图 6 距探头 9 cm 三维超声测量模型容积与实际容积间的相关曲线

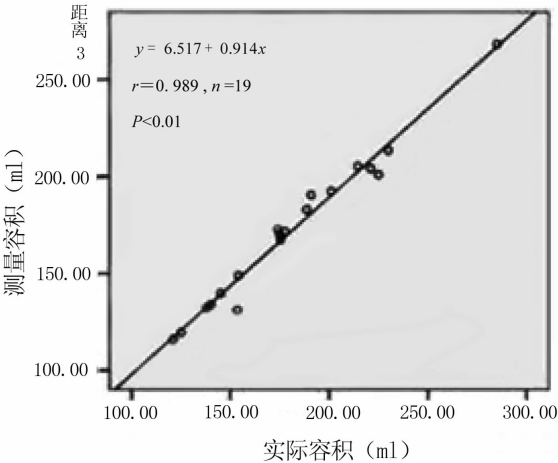


图 4 距探头 3 cm 三维超声测量模型容积与实际容积间的相关曲线

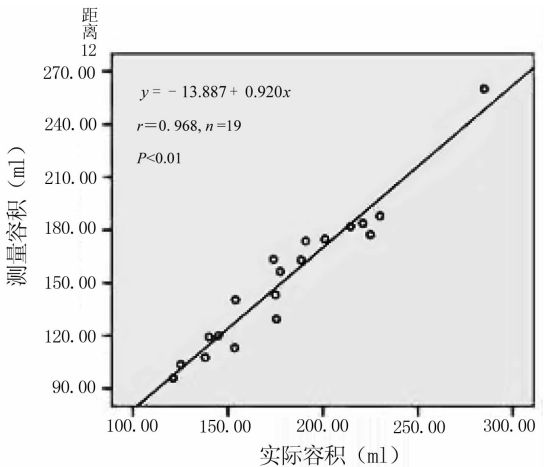


图 7 距探头 12 cm 三维超声测量模型容积与实际容积间的相关曲线

3 讨论

二维测量体积,一般多采用类似椭球体结构的公式:容积(V) = $0.523 \times \text{高}(H) \times \text{宽}(W) \times \text{长}(L)$,在临床有广泛的应用。但这种方法有诸多的局限性,首先把被测物想象为规则几何体,测量结果往往会造成较大的偏差,VOCAL 技术是通过确定感兴趣区的上下极及中心轴后,以最大径线平面为起始平面,选择旋转步长(α),共旋转 $180^\circ/\alpha$ 个平面,在每个平面上手动或自动勾画轮廓,由计算机按一定算法计算出体积。采集图像时容积取样框包纳整个目标,切面是否标准,探测目标形状如何均可不作考虑,比二维测量显示较大优越性。

VOCAL 测量有诸多因素可引起测量误差,如超声图像的斑点、噪音、声束厚度、目标运动伪像等等^[11]。为尽量排除距离以外的可能影响因素,囊内注水量与体积测量分别由二人完成,采用双盲实验,同时采用 GE LOGIQ E9 三维超声成像仪,由于其配备了先进的容积探头和图像处理系统,可在不同程度上克服一些不利因素,为准确测量提供了保证。

本研究显示,测量容积除距探头 1 cm 距离以外,无一例平均值超过实际容积,并且距离探头愈远,测量容积愈小;各组容积与实际容积间均有良好的相关性,但随距离增加 r 逐渐降低,测量准确度随距离增加减小,测量误差随距离加大而增大,系统偏倚与一致界限随距离加大而增大。本文分析原因,认为基于现有超声设备,无论二维技术还是三维技术,都是根据回波测距原理估计出目标与换能器之间的距离,然后推算出目标的各个径线获得面积,再通过不同计算方法得出靶目标体积。实际上各种软组织的声速均略有差异,约为 5%,而仪器是假设组织传播速度为 1540 m/s 推算出径线,因此超声仪器测量器官大小的系统误差亦在 5% 左右^[12],而实验所用材料的声速较软组织差异更大可能导致的误差亦更大,因此随目标距离探头加大,测量的径线差距也随之加大,计算出的体积误差无疑也增大。有报道,配备有声速匹配技术的彩超仪,可使测量组织内实际超声波传播速度的匹配应用成为可能^[13],不久的将来也许可以克服该因素造成的测量误差。随传播距离的增加,超声衰减致使深部内壁显示欠佳,也会导致容积计算误差的发生。尽管仪器设备采用面阵探头,但近场与远场焦距仍有差别,实验中观察到,随距离加大,模型壁回声有增厚趋势,且容积探头聚焦效果劣于同机配置的凸阵探头,深部回声增厚尤其壁部分重叠导致内膜标记不清,必然致实测

容积量减少。

本研究表明随目标距离探头数值增加,测量准确度降低,误差加大,系统偏倚增大, r 减小,因此在保证取得圆满图像的条件下,应尽可能使目标距探头最近,如此可增加测量准确度,减少误差。VOCAL 技术由于具直观、立体、细微结构清楚,空间关系明确等优势,亦大大地提高了对于疾病尤其是对胎儿畸形的诊断率^[14],准确的体积测量必将在临床发挥更大的作用。

【参考文献】

- [1] Barr RG, Agnes JN, Schaud CR. Acalculous gall-bladder disease: US evaluation after slow-infusion cholecystokinin stimulation in symptomatic and asymptomatic adults [J]. Radiology, 1997, 204(1): 105-111.
- [2] Hopman WPM, Brouwer WFM, Rosenbush G, et al. A computerized method for rapid quantification of gallbladder volume from real-time fonograms [J]. Radiology, 1985, 154(2): 236-237.
- [3] 张剑,胡建群,夏泽. 三维超声测量不规则物体体积的准确性[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(6): 1099-1102.
- [4] 徐辉雄,徐作峰,吕明德,等. 三维超声容积自动测量技术的准确性及重复性研究[J]. 中国超声医学杂志, 2003, 19(3): 233-237.
- [5] 白志勇,张武,肖健存. 三维超声测量胆囊体积的探讨[J]. 中国医学影像技术, 2002, 18(7): 665-666.
- [6] 彭晓慧,赵博文,杨园,等. 二维超声及实时三维超声 VOCAL 技术评估膀胱容量的对比研究[J]. 中国超声医学杂志, 2009, 25(6): 605-607.
- [7] 吴琼,张冬梅,侯莉,等. 三维阴式超声容积技术监测卵泡的应用[J]. 实用妇产科杂志, 2012, 28(2): 142-144.
- [8] 张艳平,朱建平,郭军其,等. 三维超声体积自动测量技术在移植肾容积参数采集中的方法学研究[J]. 临床超声医学杂志, 2010, 12(8): 530-532.
- [9] 童放,夏泽,夏炳兰,等. 不同旋转步长三维超声体积自动测量技术测量体积准确性的仿体实验研究[J]. 中国医学影像技术, 2009, (1): 132-134.
- [10] Bland JM, Altman DG. Statistical methods assessing agreement between two methods of clinical measurement [J]. Lancet, 1986, 1(8476): 307-310.
- [11] 盛林,梁萍,董宝玮. 三维超声体积精测在临床中的应用[J]. 中华超声影像学杂志, 2005, 14(1): 70-72.
- [12] 周永昌,郭万学. 超声医学[M]. 4 版. 北京:科学技术文献出版社, 2002: 14-26.
- [13] 欧冰,智慧,杨海云,等. 声速测算与压迫式弹性成像对乳腺肿物诊断价值的比较[J]. 中华超声影像学杂志, 2013, 22(1): 59-62.
- [14] 黄枢,闫建平,姚丽婷,等. 三维超声在胎儿体表畸形诊断中的应用[J]. 东南国防医药, 2013, 15(3): 241-243.

(收稿日期:2013-09-05;修回日期:2013-12-22)

(本文编辑:张仲书; 英文编辑:王建东)