

Reliability and accuracy of smart planes technique in obtaining fetal brain planes and measuring parameters

MENG Lu^{1,2}, WANG Bing¹, XIE Limei¹, ZHAO Dan^{1*}

(1. Department of Ultrasound, Shengjing Hospital of China Medical University,

Shenyang 110004, China; 2. Department of Ultrasound, Shenyang

Women's and Children's Hospital, Shenyang 110011, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the reliability of automatic volume navigation technique (Smart Planes) in obtaining fetal brain planes and its accuracy in automatically measuring important brain parameters. **Methods** Totally 80 normal fetuses (normal group) and 16 fetuses with brain abnormalities (abnormal group) were enrolled. Two-dimensional ultrasound was used to obtain the basic sections of the fetal brains, including transverse thalamus plane (TTP), transverse ventricular plane (TVP), transverse cerebellar plane (TCP) and median sagittal plane (MSP), and the parameters of biparietal diameter (BPD), head circumference (HC), lateral ventricle width (LVW), cerebellar transverse diameter (TCD) and cerebellar medullary depth (CMD) were manually measured. Then the automatic volume navigation technique was used to obtain the basic sections, and the parameters were automatically obtained. The differences of each parameter and time were compared, and the consistency was analyzed between the two methods. **Results** The successful rate of traditional methods and automatic volume navigation technique for acquiring TTP, TVP and TCP had no statistical differences in normal group (all $P=0.069$), while in the abnormal group, the successful rates of the traditional method was higher than those of automatic volume navigation technique ($P<0.001$). For the successful rate of obtaining MSP, the automatic volume navigation technique in both normal and abnormal group were higher than that of traditional method (both $P<0.05$). The automatic volume navigation technique was in less time than the traditional method in the two groups (both $P<0.001$). The intraclass correlation coefficients (ICC) of the two methods in the normal group for measuring BPD, HC, TCD, LVW and CMD was 0.931, 0.818, 0.641, 0.704 and 0.503, and in the abnormal group was 0.947, 0.892, 0.908, 0.824 and 0.571, respectively. **Conclusion** Automatic volume navigation technique is easy to operate, which can save time and has little dependence on operator's skill. The measuring consistency between automatic volume navigation technique and traditional methods is good. Automatic volume navigation technique has certain application value for rapid evaluation of fetal brain development.

[Key words] Automatic volume navigation; Ultrasonography; Imaging, three-dimensional; Fetus; Brain

DOI:10.13929/j.1003-3289.201803180

自动容积导航技术获得胎儿颅脑切面及自动测量参数的可靠性和准确性

孟璐^{1,2}, 王冰¹, 解丽梅¹, 赵丹^{1*}

(1. 中国医科大学附属盛京医院超声科, 辽宁 沈阳 110004; 2. 沈阳市妇婴医院超声科, 辽宁 沈阳 110011)

[摘要] **目的** 评价自动容积导航(Smart planes)技术快速获得胎儿颅脑重要切面的可靠性及其自动测量颅脑参数的

[第一作者] 孟璐(1990—),女,辽宁阜新,硕士,医师。研究方向:妇产科超声诊断。E-mail: 513687407@qq.com

[通信作者] 赵丹,中国医科大学附属盛京医院超声科,110004。E-mail: zhd-325@163.com

[收稿日期] 2018-03-28 **[修回日期]** 2018-07-30

准确性。**方法** 将 80 胎正常胎儿(正常组)和 16 胎颅脑发育异常胎儿(异常组)纳入研究,先采用二维超声以传统方法获得胎儿颅脑基本切面,包括丘脑切面(TTP)、侧脑室切面(TVP)、小脑横切面(TCP)和正中矢状面(MSP),并手动测量双顶径(BPD)、头围(HC)、侧脑室宽度(LVW)、小脑横径(TCD)和小脑延髓池深度(CMD);然后采用自动容积导航技术获取以上切面,并自动获得以上参数。对比两种方法测量各参数和用时的差异,分析两种方法测量的一致性。**结果** 正常组传统方法与自动容积导航技术获取 TTP、TVP、TCP 的成功率差异无统计学意义(P 均=0.069),异常组传统方法的成功率高于自动容积导航技术($P<0.001$);对获取 MSP,正常组和异常组中自动容积导航技术的成功率均高于传统方法(P 均 <0.05)。2 组中自动容积导航技术用时均小于传统方法(P 均 <0.001)。正常组中两种方法测量 BPD、HC、TCD、LVW、CMD 结果的组内相关系数分别为 0.931、0.818、0.641、0.704 和 0.503,异常组分别为 0.947、0.892、0.908、0.824 和 0.571。**结论** 自动容积导航技术操作简便、省时,对操作者技术依赖性小,与传统方法测量结果的一致性较高,对快速评价胎儿颅脑发育具有一定应用价值。

[关键词] 自动容积导航;超声检查;成像;三维;胎儿;脑

[中图分类号] R322.81; R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2018)11-1672-05

超声是评价胎儿发育及筛查胎儿畸形的首选方法^[1]。产前超声评价胎儿颅脑发育的常用切面如下:

①丘脑切面(transverse thalamus plane, TTP),可显示丘脑、海马、侧脑室前角和透明隔腔,在此切面可测量胎儿双顶径(biparietal diameter, BPD)和头围(head circumference, HC);②侧脑室切面(transverse ventricular plane, TVP),可显示透明隔腔、侧脑室前、后角以及脑中线结构,在此切面能够获取胎儿侧脑室宽度(width of lateral ventricle, LVW);③小脑横切面(transverse cerebellar plane, TCP),可显示小脑和小脑延髓池,可测量小脑横径(transverse cerebellar diameter, TCD)和小脑延髓池深度(depth of cerebellomedullary cistern, CMD),用于评估后颅窝发育。此外,胎儿颅脑正中矢状面(median sagittal plane, MSP)也可显示胎儿脑中线结构,如胼胝体、小脑蚓部、脑干等,但以经腹二维超声获取该切面有一定难度,受操作者技术的影响,且需要较长检查时间。采用自动容积导航(Smart planes)技术能够获取胎儿颅脑容积数据,并自动重建以上 4 个颅脑切面,同时可自动测量颅脑参数。本研究应用自动容积导航技术获取胎儿颅脑的重要切面,探讨其获取切面的可靠性及自动测量的准确性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2017 年 6 月—12 月于中国医科大学附属盛京医院超声科接受胎儿超声筛查的 96 名孕妇,其中 80 胎为正常胎儿(正常组),孕妇年龄 23~38 岁,平均(30.2 ± 3.4)岁,孕周 20~24⁺₆ 周,平均(23.84 ± 0.88)周;16 胎为颅脑发育异常胎儿(异常组),孕妇年龄 21~35 岁,平均(31.4 ± 3.4)岁,孕周 24~32⁺₆ 周,平均(29.06 ± 2.38)周,16 胎异常胎儿包括 2 胎小头畸形,2 胎脑积水,6 胎侧脑室扩张和 6 胎

巨小脑延髓池。产前超声与胎儿颅脑 MRI 诊断结果一致。

1.2 仪器与方法 采用迈瑞 Resona 7 超声诊断仪,经腹三维容积探头,频率 2~6 MHz。所有检查均由同一具有 10 年以上产前筛查经验的超声医师完成。

1.2.1 传统超声测量检查 嘱孕妇仰卧,以经腹超声获得胎儿 TTP、TVP 和 TCP,测量胎儿 BPD、HC、LVW、TCD 和 CMD;使探头尽量平行于胎儿前囟门及脑中线,以获得 MSP,要求能够清晰显示胼胝体和小脑蚓部。如因胎儿体位不佳而未能获得此切面,嘱孕妇活动后再检查,最多检查 3 次。记录 MSP 切面的显示率。记录传统操作所需时间,即检查开始至获得 4 个颅脑切面并完成相关测量的时间,除去孕妇活动时间。

1.2.2 自动容积导航技术 以三维容积探头探查 TCP,嘱孕妇屏气,获取胎儿颅脑三维容积数据;启动 Smart planes 功能,自动获得颅脑 TTP、TVP、TCP 和 MSP,显示于同一显示屏幕上;调节层厚为 2 mm,增加 MSP 图像厚度信息,按下“自动测量”按钮,可自动获得 BPD、HC、LVW、TCD 和 CMD 的数值;如果胎儿体位不佳,不能显示 TCP,或检查过程中胎儿活动频繁,可嘱孕妇活动或休息后复查,最多检查 3 次,记录自动容积导航技术的用时,即检查开始至自动获得 4 个颅脑切面并完成自动测量的时间,去除孕妇活动或休息时间。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。对传统方法与自动容积导航技术测量参数间及测量用时采用配对 t 检验进行比较;应用单随机效应模型计算组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)评估 2 种测量方式的一致性;以 χ^2 检验分析传统方法与自动容积导

航技术获取各切面的成功率。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 正常组 采用传统方法获得 TTP、TVP 和 TCP 的成功率为 100% (80/80), 获得 MSP 的成功率为 56.25% (45/80); 以自动容积导航技术获得 TTP、TVP、TCP 和 MSP 的成功率均为 85.00% (68/80), 见图 1、2。传统方法与自动容积导航技术获取

TTP、TVP、TCP 成功率的差异无统计学意义 (χ^2 均 = 3.310, P 均 = 0.069), 自动容积导航技术获取 MSP 的成功率高于传统方法 ($\chi^2 = 8.127$, $P = 0.004$)。

传统方法与自动容积导航技术间测量 BPD、HC、TCD 和检查用时差异均有统计学意义 (P 均 < 0.05), 两者测量 LVW 和 CMD 差异无统计学意义 (P 均 > 0.05), 见表 1。传统方法与自动容积导航技术测量

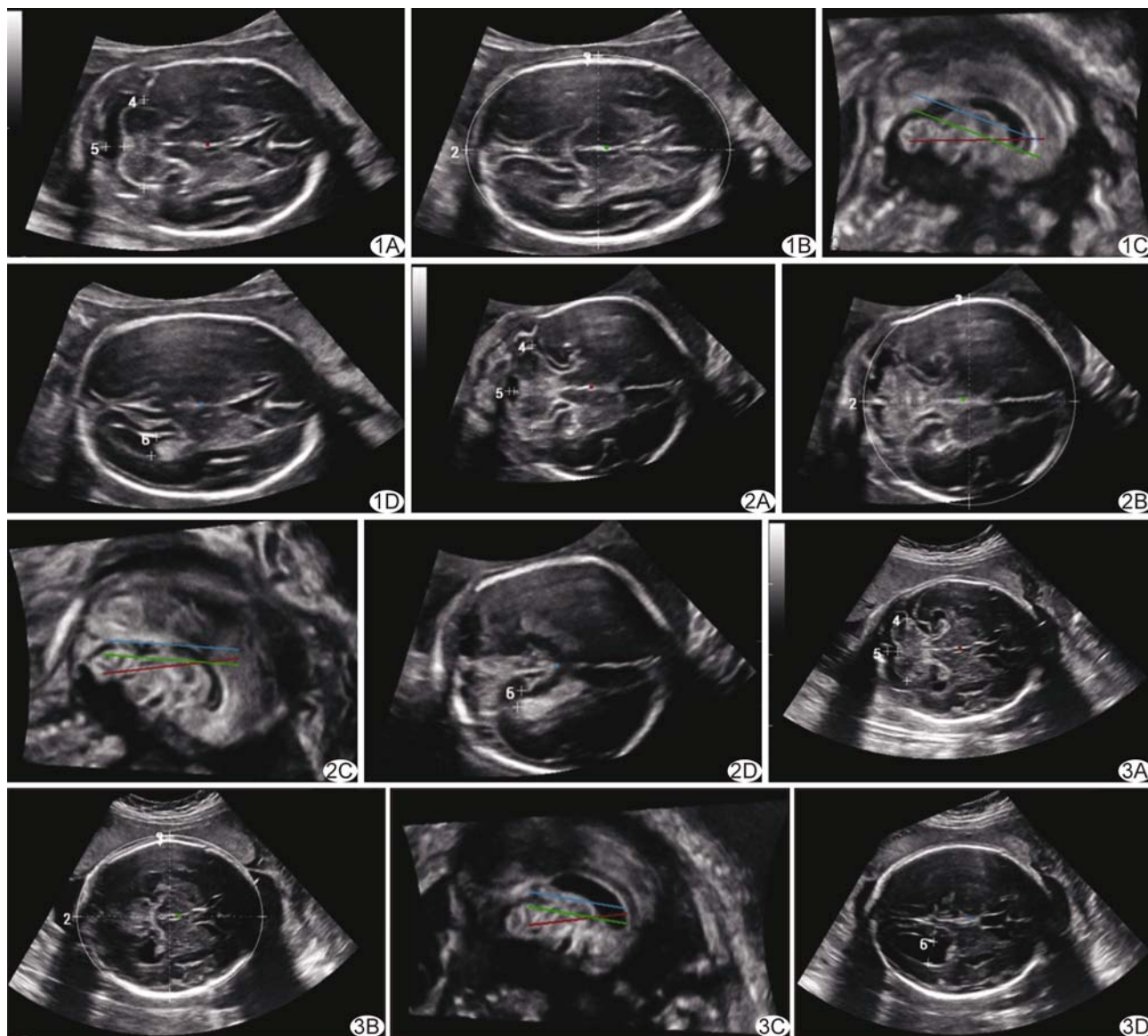


图 1 孕 23⁺6 周, 正常组胎儿, 自动容积导航技术自动获得颅脑 4 个切面, 并测量相应参数 A. TCP, 测量 TCD、CMD 分别为 2.75 cm、0.50 cm; B. TTP, 测量 BPD、HC 分别为 5.52 cm、21.89 cm; C. MSP; D. TVP, 测量 LVD 为 0.60 cm

图 2 孕 25⁺6 周, 正常组胎儿, 自动容积导航技术自动获取部分切面失败 A. TCP 获取失败, 未显示透明隔腔; B. TTP 获取失败, 不应出现小脑; C. MSP 获取成功; D. TVP 获取失败, 未完整显示侧脑室后角

图 3 孕 29⁺3 周, 异常组胎儿, 侧脑室扩张, 自动容积导航技术自动获得颅脑 4 个切面, 并测量相应参数 A. TCP, 测量 TCD、CMD 分别为 3.53 cm、0.54 cm; B. TTP, 测量 BPD、HC 分别为 8.03 cm、29.88 cm; C. MSP; D. TVP, 测量 LVD 为 1.17 cm

表 1 正常组采用传统方法与自动容积导航技术测量胎儿颅脑参数和用时比较 ($\bar{x} \pm s, n=80$)

检查方法	BPD(cm)	HC(cm)	TCD(cm)	LVW(cm)	CMD(cm)	检查用时(s)
传统方法	6.00±0.44	21.96±1.39	2.65±0.29	0.55±0.14	0.52±0.13	58.28±11.85
自动容积导航技术	5.91±0.48	21.59±1.75	2.69±0.31	0.52±0.21	0.48±0.21	2.36±1.43
<i>t</i> 值	3.246	2.644	-2.226	1.869	1.770	43.324
<i>P</i> 值	0.002	0.010	0.029	0.065	0.081	<0.001

表 2 异常组采用传统方法与自动容积导航技术测量胎儿颅脑参数和用时比较 ($\bar{x} \pm s, n=16$)

检查方法	BPD(cm)	HC(cm)	TCD(cm)	LVW(cm)	CMD(cm)	检查用时(s)
传统方法	7.37±0.54	26.57±2.44	3.36±0.46	1.00±0.44	0.93±0.34	67.63±16.96
自动容积导航技术	7.27±0.55	26.01±2.12	3.22±0.42	1.03±0.45	0.77±0.44	3.50±1.79
<i>t</i> 值	1.737	1.576	2.084	-0.337	1.539	16.036
<i>P</i> 值	0.104	0.136	0.055	0.741	0.145	<0.001

BPD、HC、TCD、LVW、CMD 的 ICC 分别为 0.931 [95% CI (0.893, 0.956)]、0.818 [95% CI (0.716, 0.883)]、0.641 [95% CI (0.440, 0.769)]、0.704 [95% CI (0.538, 0.810)] 和 0.503 [(95% CI (0.225, 0.681))].

2.2 异常组 采用传统方法获得 TTP、TVP 和 TCP 的成功率为 100% (16/16), 获得 MSP 的成功率为 (31.25%, 5/16); 自动容积导航技术获得 TTP、TVP、TCP 和 MSP 的成功率均为 81.25% (13/16), 见图 3。传统方法与自动容积导航技术获取 TTP、TVP、TCP 成功率的差异有统计学意义 ($\chi^2 = 12.937, P < 0.001$), 自动容积导航技术获取 MSP 的成功率高于传统方法 ($\chi^2 = 15.937, P < 0.001$)。

传统方法与自动容积导航技术测量 BPD、HC、TCD、LVW、CMD 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05), 二者测量检查用时差异有统计学意义 ($P < 0.001$), 见表 2。传统方法与自动容积导航技术测量 BPD、HC、TCD、LVW、CMD 的 ICC 分别为 0.947 [95% CI (0.847, 0.981)]、0.892 [95% CI (0.691, 0.962)]、0.908 [95% CI (0.736, 0.968)]、0.824 [95% CI (0.497, 0.939)] 和 0.571 [(95% CI (-0.229, 0.850))].

3 讨论

中枢神经系统畸形是常见的胎儿先天性畸形, 占出生胎儿的 1%^[2]。超声对筛查胎儿颅脑畸形具有重要价值, 仔细观察颅脑横切面, 特别是 TTP、TVP 和 TCP 等重要切面, 可检出约 95% 的颅脑先天畸形^[3]。

胎儿颅脑 MSP 对诊断胼胝体发育情况及颅后窝异常很有帮助^[4-6]。在临床工作中, 经腹式超声扫查胎儿头顶部或经阴道超声扫查头位胎儿均可获得 MSP,

但均耗时较长, 且成功率主要取决于医师经验和胎儿体位^[7-8]。应用三维超声多平面技术可重建胎儿颅脑 MSP^[9], 但目前三维超声在常规胎儿筛查中尚未普及, 可能由于三维超声一方面仍需一定技术经验和额外的检查时间, 另一方面, 医师普遍认为, 对于横切面未发现异常的胎儿, 毋须花费额外时间以显示胎儿颅脑 MSP^[10-11]。

自动容积导航技术是基于大数据的人工智能化识别系统及高级算法的精确识别系统, 通过计算 ρ 、 θ 、 φ 参数, 可精确识别中枢神经系统的基本切面。应用自动容积导航技术可自动获得颅脑 4 个切面, 并测量颅脑重要参数, 简化了传统方法繁琐的测量过程, 降低了操作难度, 并可提高胎儿颅脑 MSP 的显示率。

本研究中, 正常组以传统方法和自动容积导航技术检查和测量用时为 (58.28±11.85) s 和 (2.36±1.43) s; 异常组分别为 (67.63±16.96) s 和 (3.50±1.79) s, 差异均有统计学意义 (P 均 < 0.001); 而对 MSP 的显示成功率, 正常组和异常组中自动容积导航技术均高于传统方法 (P 均 < 0.05), 提示自动容积导航技术能够大大缩短检查时间, 并可提高胎头 MSP 的显示率。本研究测量 80 胎正常胎儿的颅脑参数, 发现两种方法测量 BPD、HC、TCD、LVW 的一致性较好, 而测量 CMD 的一致性较差 (正常组 ICC 为 0.503, 异常组为 0.571); 回顾图像, 考虑主要原因可能为原始图像质量欠佳, 导致识别枕骨内缘错误。

本研究中 12 胎正常胎儿和 3 胎异常胎儿采用自动容积导航技术获取胎儿颅脑标准切面不准确, 分析其原因, 主要为: ①孕妇腹壁过厚、松弛, 导致起始切面图像模糊, 对颅脑重要组织结构识别产生偏差; ②起始的 TCP 上, 脑中线与水平方向的夹角过大。

综上所述,对于正常及异常胎儿,采用自动容积导航技术与传统方法测量 BPD、HC、TCD、LVW 结果一致,而对于测量 CMD,自动容积导航技术的适用性有限。相比传统方法,自动容积导航技术省时、操作简便、自动测量准确率较高,且可提高获取胎儿颅脑 MSP 的成功率,对快速评价胎儿颅脑发育具有一定应用价值。

〔参考文献〕

- [1] Gat I, Hoffmann C, Shashar D, et al. Fetal brain MRI: Novel classification and contribution to sonography. *Ultraschall Med*, 2016,37(2):176-184.
- [2] International Society of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology Education Committee. Sonographic examination of the fetal central nervous system: Guidelines for performing the 'basic examination' and the 'fetal neurosonogram'. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2007,29(1):109-116.
- [3] 李胜利.胎儿畸形产前超声诊断学.北京:人民军医出版社,2004:126.
- [4] Nyberg DA, Mahony BS, Hegge FN, et al. Enlarged cisterna magna and the Dandy-Walker malformation: Factors associated with chromosome abnormalities. *Obstet Gynecol*, 1991,77(3):436-442.
- [5] Pilu G, Goldstein I, Reece EA, et al. Sonography of fetal Dandy-Walker malformation: A reappraisal. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 1992,2(3):151-157.
- [6] Ecker JL, Shipp TD, Bromley B, et al. The sonographic diagnosis of Dandy-Walker and Dandy-Walker variant: Associated findings and outcomes. *Prenat Diagn*, 2000,20(4):328-332.
- [7] Kölble N, Wisser J, Kurmanavicius J, et al. Dandy-Walker malformation: Prenatal diagnosis and outcome. *Prenat Diagn*, 2000,20(4):318-327.
- [8] Rizzo G, Capponi A, Pietrolucci ME, et al. An algorithm based on Omniview technology to reconstruct sagittal and coronal planes of the fetal brain from volume datasets acquired by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2011,38(2):158-164.
- [9] 赵丹,李婧宇,蔡爱露,等.三维超声 OMNIVIEW 技术评价胎儿小脑蚓部及胼胝体. *中国现代医学杂志*,2013,23(5):76-79.
- [10] Araujo Júnior E, Martinez LH, Simioni C, et al. Delineation of vertebral area on the coronal plane using three-dimensional ultrasonography advanced volume contrast imaging (VCI) Omni view: Intrarater reliability and agreement using standard mouse, high definition mouse, and pen-tablet. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2012,25(9):1818-1821.
- [11] Engels AC, Joyeux L, Brantner C, et al. Sonographic detection of central nervous system defects in the first trimester of pregnancy. *Prenat Diagn*, 2016,36(3):266-273.

三线表的规范格式

▲表序和表题:表序即表格的序号,一篇论文中如只有 1 个表格,则表序编为表 1,表题即表格的名称,应准确得体并能确切反映表格的特定内容且简短精练。

▲项目栏:指表格顶线与栏目线之间的部分,栏目是该栏的名称,反映了表身中该栏信息的特征或属性。

▲表身:三线表内底线以上,栏目线以下的部分叫做表身,是表格的主体表身内的数字一般不带单位,百分数也不带百分号,均归并在栏目中表身中不应有空项,如确系无数字的栏,应区别情况对待,在表注中简要说明,不能轻易写“0”或画“—”线等填空,因“—”可代表阴性反应,“0”代表实测结果为零。

▲表注:必要时,应将表中的符号标记代码,以及需要说明的事项,以最简练的文字,横排于表题下作为表注也可附注于表下。