

剪切波弹性成像检测屈光近视患者眼球壁及眼周组织弹性的临床研究

李芳 吴蓉 陈静 姚明华 马骥 张志华

摘要 **目的** 应用剪切波弹性成像(SWE)检测屈光近视患者眼球壁及眼周组织弹性,并评价测量结果的可重复性。**方法** 选取我院健康志愿者 33 例(健康对照组)和屈光近视患者 52 例(屈光近视组),由 2 名检查者应用 SWE 测量球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌杨氏模量均值(Emean 值),评价组间(不同检查者同日)测量的重复性;由同一检查者于同日上午、下午及 1 周后重复测量眼部弹性参数,评价组内(同一检查者不同时间)测量的重复性。**结果** 屈光近视组球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体 Emean 值低于健康对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);两组视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值比较差异均无统计学意义。重复性检验结果显示:①不同检查者同日所测 Emean 值比较差异均无统计学意义,ICC 分别为 0.71、0.75、0.79、0.73、0.75;②同一检查者同日 2 次所测 Emean 值比较差异均无统计学意义,球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值的组内相关系数(ICC)分别为 0.82、0.85、0.86、0.83、0.84;③同一检查者一周 2 次所测 Emean 值比较差异均无统计学意义,球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值的 ICC 分别为 0.79、0.82、0.82、0.80、0.78。Blant-Altman 分析显示组内及组间所测 Emean 值均具有良好一致性。**结论** SWE 可定量检查屈光近视患者眼球壁及眼周组织弹性,且其重复性较好。

关键词 超声检查;剪切波弹性成像;眼部组织;眼周组织;重复性

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Clinical study of shear wave elastography in detecting the elasticity of ocular wall and periocular tissue in patients with refractive myopia

LI Fang, WU Rong, CHEN Jing, YAO Minghua, MA Ji, ZHANG Zhihua

Department of Ultrasound, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200080, China

ABSTRACT **Objective** To assess the repeatability of shear wave elastography (SWE) in evaluating ocular and periocular tissues in patients with refractive myopia. **Methods** A total of 33 healthy volunteers (healthy control group) and 52 refractive myopia patients (myopia group) were selected. The mean Young's modulus (Emean value) of the retinal choroidal sclera complex, optic nerve, retrobulbar fat pad, internal rectus and external rectus of the posterior bulbar wall were measured by two examiners using SWE for evaluating the repeatability of measurement between examiners (different examiners on the same day). The eye elastic parameters were repeatedly measured by the same examiner in the morning and afternoon on the same day and 1 week later, the repeatability of measurement within the examiners (the same examiner at different times) was evaluated. **Results** The Emean values of the retina-choroid-sclera complex in the myopia group was lower than that in the healthy control group, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). There were no statistically significant difference in the Emean values of the optic nerve, retrobulbar fat pad, internal rectus and external rectus between the two groups. Repeatability test results were as followed: ① Paired test showed no significant difference between the two measured values made by different inspectors, the intra-class correlation coefficient ICC values of retina-choroid-sclera complex, optic nerve, retrobulbar fat tissue, Internal rectus muscle and external rectus muscle were 0.71, 0.75, 0.79, 0.73, 0.75, respectively. ② Paired test showed no

significant difference between the two measured values made by same inspectors on the same day. The intra-class correlation coefficient (ICC) values of the retina-choroid-sclera complex, optic nerve, retrobulbar fat tissue, internal rectus muscle, and external rectus muscle were 0.82, 0.85, 0.86, 0.83, 0.84, respectively. ③ Paired test showed no significant difference between the two measured values made by same inspectors on the different days, the intra-class ICC values of retina-choroid-sclera complex, optic nerve, retrobulbar fat tissue, internal rectus muscle and external rectus muscle were 0.79, 0.82, 0.82, 0.80, 0.78, respectively. Bland-Altman analysis showed that the Emean value of intra- and inter- groups had good consistency. **Conclusion** SWE can quantitatively detect the elasticity of the ocular wall and periocular tissue in patients with refractive myopia, and its repeatability is good.

KEY WORDS Ultrasonography; Shear wave elastography; Ocular tissue; Periocular tissue; Repeatability

超声弹性成像通过检测不同组织在受力后的形变程度,从而无创地反映不同组织的生物力学特征;其包括实时组织弹性成像、声辐射力脉冲弹性成像、剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 等,其中 SWE 通过检测不同组织在探头发射的声辐射脉冲作用下产生不同的剪切波速度,进而反映不同生物组织弹性杨氏模量值及组织的病变状态^[1-2]。SWE 在甲状腺、肝脏、乳腺等方面应用广泛^[3],但其在眼部及眼周组织应用的研究报道较少。研究^[4]表明,眼部多种疾病的发生、发展与眼球壁及眼周组织生物力学变化有关,但临床尚无无创测量眼球壁及眼周组织弹性的方法。本研究应用 SWE 检测屈光近视患者眼球壁及眼周组织弹性参数,并评价测量结果的可重复性。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 3~9 月在我院行术前检查的屈光近视患者 52 例 (屈光近视组),其中男 24 例,女 28 例,年龄 19~37 岁,平均 (25.5±4.4) 岁;另选同期接受眼部 SWE 检查的健康志愿者 33 例 (健康对照组),其中男 13 例,女 20 例,年龄 16~28 岁,平均 (22.6±2.8) 岁。排除眼部手术史、外伤史,以及活动性炎症、器质性疾病、糖尿病、结缔组织疾病等全身性疾病。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有受试者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. SWE 检测:使用佳能 Aplio 900 彩色多普勒超声诊断仪, i18LX5 探头,频率 5~18 MHz,机械指数 0.02;调至眼部扫描条件。嘱受检者取平卧位,轻闭双眼,在双侧眼睑处涂抹适量的凝胶,整个检查过程中尽量

保持双眼珠不动。先行二维超声扫查,选取水平位眼轴最大切面,当能够清晰显示视神经颞侧 1~2 mm 处的球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体时,切换至 SWE 模式,待图像稳定后进行测量。当颜色充满取样框的 90% 以上时,存储图像用于后续分析,同时启用 Q-BOX 功能,测量感兴趣区 (ROI) 内杨氏模量均值 (Emean 值), ROI 直径为 1 mm 圆形;使用同样的方法测量视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌最厚处 Emean 值,均重复测量 5 次,取平均值。

2. 重复性检验:由 2 名分别具有 5 年及 2 年工作经验的检查者 (检查者 A 及检查者 B) 完成,具体为:先由检查者 A 于当日上午测量所有研究对象 Emean 值,间隔 10 min 后再由检查者 B 采用同样方法进行测量;当日下午及 1 周后同一时间由检查者 A 再次对所有研究对象进行测量。均重复测量 5 次,取平均值。分析同一检查者同日 2 次、同一检查者不同日 2 次、不同检查者同日所测 Emean 值的一致性。

三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组比较采用独立样本 *t* 检验。组内及组间的重复性检验采用组内相关系数 (ICC) 及 Bland-Altman 分析法, ICC > 0.75 为重复性好。P < 0.05 为差异有统计学意义。

结 果

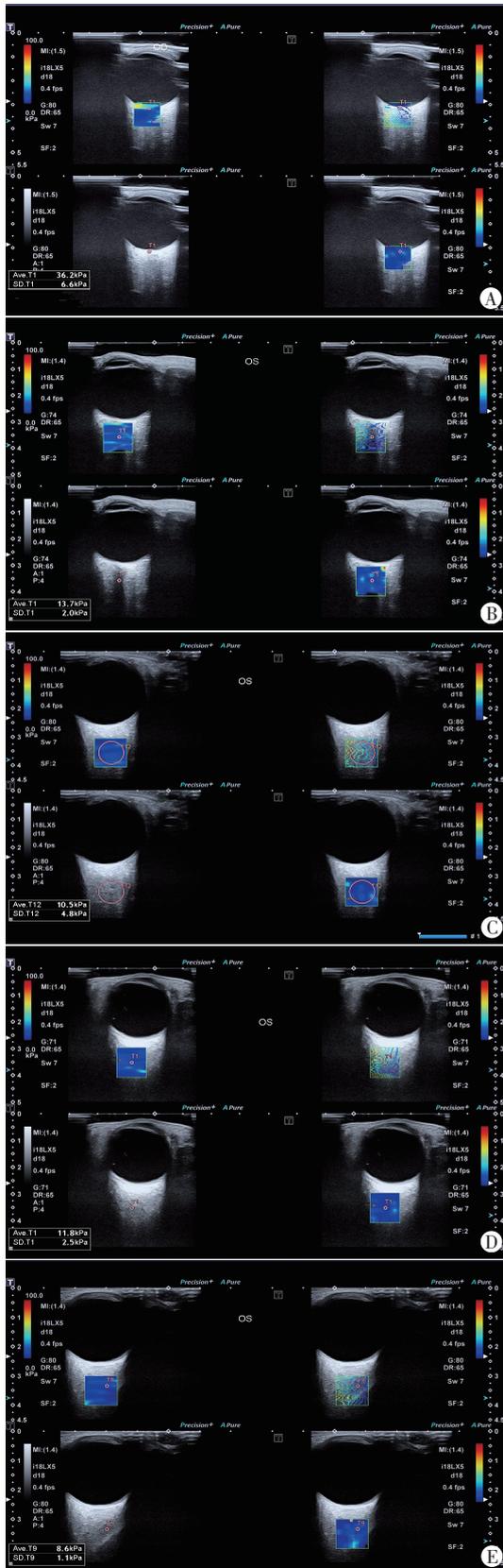
一、两组眼球壁及眼周组织 Emean 值比较

屈光近视组球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体 Emean 值低于健康对照组,差异有统计学意义 (P < 0.05); 两组视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值比较差异均无统计学意义。见表 1 和图 1, 2。

表 1 两组眼球壁及眼周组织 Emean 值比较 ($\bar{x} \pm s$)

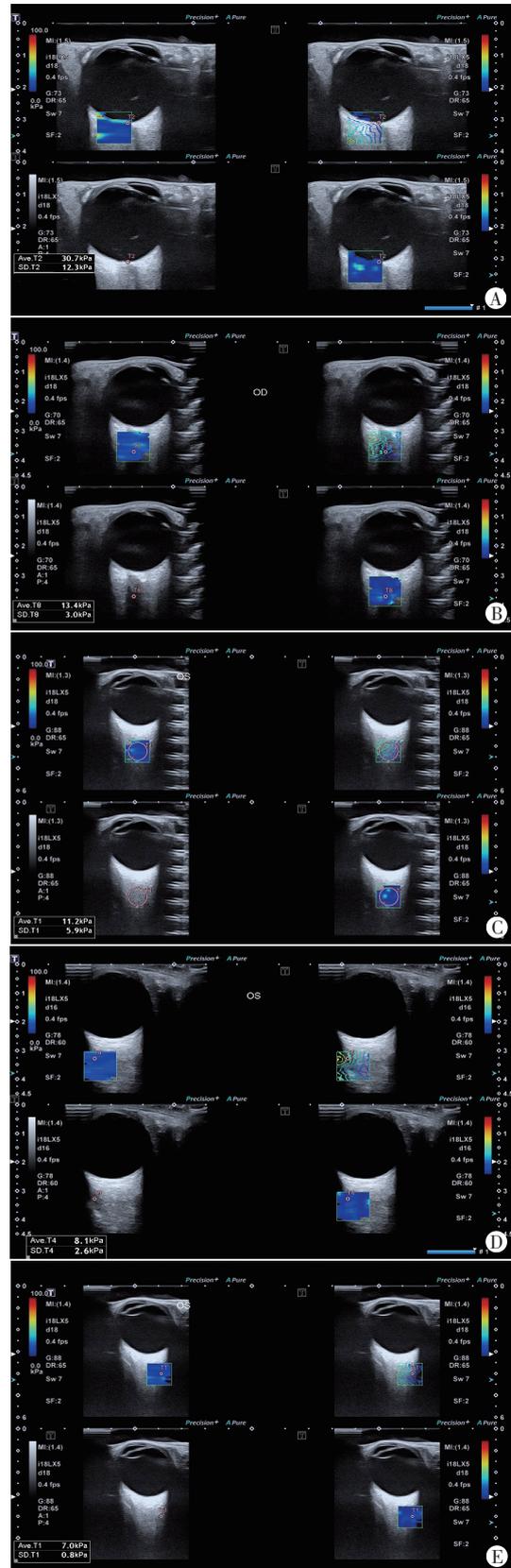
kPa

组别	球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体	视神经	球后脂肪垫	内直肌	外直肌
屈光近视组	39.26±2.78	11.10±0.83	9.49±0.27	10.46±0.81	9.78±2.51
健康对照组	45.26±0.89	10.87±0.85	9.23±0.97	10.83±1.05	10.56±1.80
<i>t</i> 值	11.46	-1.22	1.55	-1.72	-1.62
<i>P</i> 值	0.00	0.23	0.13	0.09	0.11



A: 球后视视网膜-脉络膜-巩膜复合体Emean值为36.2 kPa; B: 视神经Emean值为13.7 kPa; C: 球后脂肪垫Emean值为10.5 kPa; D: 内直肌Emean值为11.8 kPa; E: 外直肌Emean值为8.6 kPa

图1 健康对照组(女,35岁)SWE图



A: 球后视视网膜-脉络膜-巩膜复合体Emean值为30.7 kPa; B: 视神经Emean值为13.4 kPa; C: 球后脂肪垫Emean值为11.2 kPa; D: 内直肌Emean值为8.1 kPa; E: 外直肌Emean值为7.0 kPa

图2 屈光近视组(女,33岁)SWE图

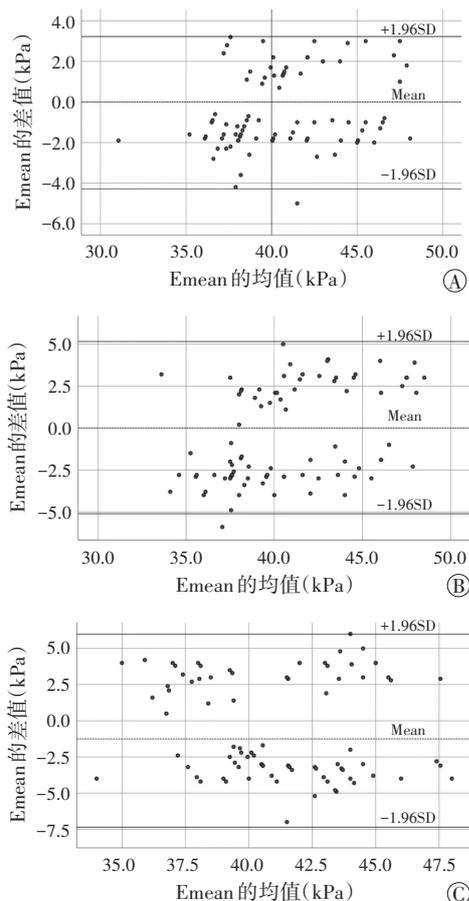
二、组内重复性检验

1. 同一检查者同日2次重复性检验:同一检查者同日上午与下午所测球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值的 ICC 分别为 0.82、0.85、0.86、0.83、0.84; Blant-Altman 分析法显示同一检查者同日上午与下午所测 Emean 值的差值与均值呈一致性变化趋势。见图 3A。

2. 同一检查者不同日2次重复性检验:同一检查者间隔一周2次所测球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值的 ICC 分别为 0.79、0.82、0.82、0.80、0.78。Blant-Altman 分析法显示同一检查者间隔一周2次所测 Emean 值的差值与均值呈一致性变化趋势。见图 3B。

三、组间重复性检验

不同检查者同日所测球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值的 ICC 分别为 0.71、0.75、0.79、0.73、0.75; Blant-Altman 分析法显示不同检查者同日所测 Emean 值的差值与均值呈一致性变化趋势。见图 3C。



A: 同一检查者同日; B: 同一检查者不同日; C: 不同检查者同日

图3 同一检查者同日、不同日及不同检查者同日所测球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体 Emean 的 Blant-Altman 分析图

讨 论

SWE 操作时无需施压,通过捕获不同组织的剪切波传播速度来获取该处组织弹性,克服了实时组织弹性成像重复性差、人为依赖性大等缺点^[5]。秦岑等^[6]应用 SWE 定量评估甲状腺相关性眼外肌病变患者眼外肌弹性,用以监测眼外肌肌肉硬度的改变。Dikici 等^[7]应用 SWE 定量检测青光眼患者视神经弹性,用以评价其视神经生物力学性能。近视的发生与巩膜生物力学特征密切相关,巩膜变薄变长,弹性减低,进而导致高度近视^[8]。本研究旨在应用 SWE 定量检测屈光近视患者眼球壁及眼周组织弹性。

本研究结果显示,屈光近视组球后壁视网膜-脉络膜-巩膜复合体 Emean 值低于健康对照组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。表明应用 SWE 可以无创、便捷地测量屈光近视患者球后壁复合体弹性值变化,间接评估巩膜弹性,为监测近视进展提供了新的指标。Markov 等^[9]应用广角 X 射线衍射观察健康者与高度近视患者巩膜中胶原蛋白,研究发现高度近视患者巩膜胶原蛋白微观结构变化很大,巩膜生物力学减弱,进而导致眼组织变形和轴向伸长。本研究结论与之一致,分析原因:随着眼部近视程度的加剧,巩膜内基质金属蛋白酶及其抑制因子之间的动态平衡遭到破坏,巩膜组织细胞外基质代谢异常,整合素及受体表达异常,胶原纤维类型和分布发生改变,代谢增加,合成减少,导致巩膜弹性减低^[10]。

眼球作为一个具有黏弹性组织器官,其眼球壁及眼周组织弹性对维持眼球的生物力学均具有一定作用^[11]。巩膜弹性减低,眼球扩张是近视发生、发展的重要原因^[8]。目前对眼球壁及眼周组织弹性的相关研究^[6,11-12]仍处于初始阶段,尚无一种精准的定量方法。本研究采用组内 ICC 和 Blant-Altman 分析法对 SWE 在眼球壁及眼周组织检测结果的重复性进行验证,研究表明,SWE 在眼球壁及眼周组织检查结果具有较好的可重复性。检查者无需长期培训,即可操作该项检查。此外,SWE 检测方法的组内重复性明显高于组间重复性,且同一检查者同日测量视网膜-脉络膜-巩膜球后壁复合体、视神经、球后脂肪垫、内直肌、外直肌 Emean 值的 ICC 高于不同日检测,可能与检查者对同一操作的记忆有关,但同一检查者同日与不同日 ICC 差异并不大,说明该项检查的可重复性及可操作性均较好,在大规模人群筛查背景下可协助临床评估屈光近视发展进程。

本研究的局限性:①样本量小,尚需增加样本量,进行多中心研究;②因国内外对眼部组织超声弹性评估较少,所得研究数据参考值范围缺乏对比性;③年龄较小者配合度较低,尚需提高操作的熟练度及操作流程的便捷性。

综上所述,应用SWE可无创、可重复性地定量评估屈光近视患者眼球壁及眼周组织弹性,间接反映其眼球壁及眼周组织病变状态及内部结构改变,为临床监测屈光近视进展提供了新方法。

参考文献

[1] Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, et al. Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications[J]. Theranostics, 2017, 7(5): 1303-1329.

[2] Herrmann E, de Lédighen V, Cassinotto C, et al. Assessment of biopsy-proven liver fibrosis by two-dimensional shear wave elastography: an individual patient data-based Meta-analysis[J]. Hepatology, 2018, 67(1): 260-272.

[3] Mun HS, Choi SH, Kook SH, et al. Validation of intra- and inter-observer reproducibility of shear wave elastography: phantom study [J]. Ultrasonics, 53(5): 1039-1043.

[4] Bontzos G, Douglas VP, Douglas KAA, et al. Ultrasound elastography in ocular and periocular tissues: a review [J]. Curr Med Imaging, 2021, 17(9): 1041-1053.

[5] Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: part 1: basic principles and terminology[J]. Ultrasound Med Biol, 2015, 41(5): 1126-1147.

[6] 秦岑, 王丹丹, 童明辉. 剪切波弹性成像诊断甲状腺相关性眼病眼外肌病变的价值[J]. 临床超声医学杂志, 2021, 23(2): 101-104.

[7] Dikici AS, Mihmanli I, Kilic F, et al. In vivo evaluation of the biomechanical properties of optic nerve and peripapillary structures by ultrasonic shear wave elastography in glaucoma[J]. Iran J Radiol, 2016, 13(2): e36849.

[8] McBrien NA, Gentle A. Role of sclera in the development and pathological complications of myopia[J]. Prog Retin Eye Res, 2003, 22(3): 307-338.

[9] Markov PP, Eliasy A, Pijanka JK, et al. Bulk changes in posterior scleral collagen microstructure in human high myopia[J]. Mol Vis, 2018, 24(1): 818-833.

[10] Wang M, Yang Z, Li R, et al. Comparison of the biomechanics and fixation index of crosslinking between lysyl oxidase and genipin on guinea pig sclera, an animal model of defocus-induced high myopia[J]. Proc Est Acad Sci, 2019, 68(2): 214-221.

[11] 蔡友欢, 李海祥, 刘太祥, 等. 眼组织生物力学的研究[J]. 国际眼科杂志, 2017, 17(5): 869-872.

[12] 张佳莹, 田磊, 王立科, 等. 眼生物力学性质的测量技术与方法[J]. 中国医疗设备, 2015, 30(3): 8-12, 16.

(收稿日期: 2022-08-02)

(上接第 115 页)



图1 常规超声于胎儿丘脑正中矢状切面示囊实性肿瘤自颅内延伸突向口腔及口腔外侧

图2 实时三维超声成像示胎儿肿瘤延伸至口腔外侧

图3 引产胎儿大体图

图4 引产后肿瘤组织病理图示成熟表皮及皮脂腺结构(HE染色, ×40)

规则强回声,未探及血流信号;但其以实性为主,而非囊性。有文献^[5]报道 80% 畸胎瘤内可见钙化灶,本病例与之相符。提示当产前超声探查肿瘤内有强回声,可进一步提示畸胎瘤的可能。

总之,超声能清晰扫查肿瘤的发生部位、形态结构、体积大小、血流情况等,可作为产前筛查胎儿颅内肿瘤的首选方法。

参考文献

[1] 林笑丰. 胎儿颅内肿瘤附 27 例病例回顾[J]. 国际医学放射学杂志, 2008, 31(6): 518.

[2] 刘军红, 袁红霞, 周启昌, 等. 胎儿颅内实质性肿瘤的产前超声诊断[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(1): 76-80.

[3] 田雪叶, 王春宝, 齐彩静, 等. 超声诊断胎儿颅内未成熟畸胎瘤合并 18-三体一例[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(9): 904-906.

[4] Louis DN, Ohgaki H, Wiestler OD, et al. The 2007 WHO classification of tumors of the central nervous system [J]. Acta Neuropathol, 2007, 114(2): 97-109.

[5] 赖秋荣, 韦桂兰. 产前系统超声诊断胎儿畸胎瘤的临床分析[J]. 中华妇幼临床医学杂志(电子版), 2013, 9(4): 462-463.

(收稿日期: 2022-07-15)