

• 综 述 •

# 影像学评估胎儿胼胝体发育情况的研究进展

王兴运<sup>1</sup>综述,祝忠强<sup>1</sup>,任 苓<sup>2△</sup>审校

(1. 赣南医学院第一临床医学院,江西 赣州 341000; 2. 赣南医学院第一附属医院超声医学科,江西 赣州 341000)

**[摘要]** 胼胝体是评估大脑正常发育的重要指标,也是国内外产前诊断领域的研究热点。在产前评估胼胝体发育情况的影像学检查方法中胎儿颅脑超声检查具有快捷、安全、可重复性好,以及可动态观察等优势;磁共振成像检查直观、准确、全面,但受胎动等因素影响,且价格较昂贵,应用不普遍。该文通过总结分析近年来国内外影像学技术评估胎儿胼胝体发育的研究结果,旨在分析比较 2 种方式在产前诊断中的临床应用价值。

**[关键词]** 产前诊断; 影像学诊断; 胼胝体; 综述

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-5519.2024.09.027

**中图法分类号:**R445;R714.53

**文章编号:**1009-5519(2024)09-1563-04

**文献标识码:**A

## Research progress in imaging evaluation of the development of fetal corpus callosum

WANG Xingyun<sup>1</sup>, ZHU Zhongqiang<sup>1</sup>, REN Ling<sup>2△</sup>

(1. The First Clinical College of Medicine, Gannan Medical University, Ganzhou, Jiangxi 341000, China; 2. Department of Ultrasound Medicine, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

**[Abstract]** Corpus callosum is an important indicator to assess the normal development of the brain, and it is also a hot spot in the field of prenatal diagnosis at home and abroad. Among the imaging methods used to assess the development of corpus callosum before prenatum, fetal cranial ultrasound has the advantages of rapidity, safety, good reproducibility and dynamic observation. Magnetic resonance imaging (MRI) is intuitive, accurate and comprehensive, but it is affected by factors such as fetal movement, and is expensive and not widely used. This article reviewed and analyzed the results of recent studies on the evaluation of fetal corpus callosum development by imaging techniques at home and abroad, aiming to analyze and compare the clinical application value of the two methods in prenatal diagnosis.

**[Key words]** Prenatal diagnosis; Diagnostic imaging; Corpus callosum; Review

胼胝体是连接左、右 2 个大脑半球的较厚的纤维板,整合与协调左、右大脑半球信息,在两侧大脑半球的功能连接中发挥了作用。胼胝体缺失 (ACC) 会导致两侧大脑半球在协调运动信息和精细运动时受到影响,造成左、右两侧大脑半球信息连接紊乱,神经失调等症状<sup>[1-2]</sup>。胼胝体发育异常的病因目前并不清楚,其发病机制存在争议。胼胝体发育异常在普通人群中的发生率为 0.1%~7.0%,在精神迟缓人群中发病率为 2.0%~4.0%。目前,产前超声检查评估胎儿胼胝体发育情况的方法主要有二维超声、三维超声获得胎儿颅脑三维数据<sup>[3]</sup>等,磁共振成像 (MRI) 检查可作为产前超声筛查的补充手段。

### 1 胼胝体胚胎发育过程

胼胝体由前至后分为胼胝体嘴部、膝部、体部以及压部,其中嘴部最为纤细,嘴部向下延伸到前连合,在胚胎发育的过程中海马体与海马联合先于胼胝体

开始进行发育,发育完成后胼胝体与海马联合的前部存在密切的联系<sup>[4]</sup>。在胎儿发育第 10 周左右开始形成胼胝体原基,随着胼胝体纤维不断生长,胼胝体分别向前后延伸、变长,第 12 周左右胼胝体的四部分可以区分,18~20 周左右胼胝体通常已具备基本形态。胎儿超声检查最早可在妊娠第 16 周观察到胼胝体发育不全,但存在约 20% 的假阳性率,因此,在 20 周之前一般不会直接诊断 ACC 或胼胝体发育不良。关于胼胝体的发育过程,其中一种是由 BULL<sup>[5]</sup> 提出的“单向学说”,也是目前多数学者同意的学说,该学说认为,先开始发育的部分为胼胝体喙部,其后为膝部、体部及压部;后来一些学者认为,胼胝体的发育是基于分离片段的融合,在前部包含来自前半球的轴突和来自形成压部的后部新皮质的轴突,这种融合假说使与其他发育性脑疾病相关的胼胝体发育不全的某些亚型更容易理解<sup>[4]</sup>。

△ 通信作者, E-mail: renlinggz@126.com。

## 2 胼胝体发育异常分类

有学者将胼胝体发育异常按发育情况分为完全型 ACC、部分型 ACC 及胼胝体发育不良<sup>[3]</sup>。ACC 是在胚胎发育期胼胝体发育停滞所致；胼胝体发育不良多为胼胝体长度不变，厚度偏薄，往往是孕妇在妊娠期间受周围环境影响所致，如接触射线、化学有毒物等。按胼胝体发育异常的胎儿是否合并其他畸形分为单纯型 ACC 及复杂型 ACC。复杂型 ACC 往往合并其他畸形，包括脑内、外畸形，常见的其他畸形包括 Dandy-Walker 畸形、神经元移行障碍（无脑回-巨脑回畸形、脑裂畸形、灰质异位、多小脑回、一侧巨脑畸形）、半球间囊肿伴脑积液、小脑下蚓部发育不全、脑膨出、半球间裂的脂肪瘤等<sup>[3]</sup>。

单纯型 ACC 预后比复杂型 ACC 预后更好，目前，关于单纯型 ACC 的神经发育结果仍无法预测，也为产前咨询带来了挑战<sup>[6]</sup>。黄瑞娜等<sup>[7]</sup>对 4 例单纯型 ACC 胎儿进行跟踪随访，出生后 5~18 个月时对患儿行第 3 版儿童发育筛查调查问卷调查，4 例患儿检查结果均正常，但该研究存在样本量不足的缺点，单纯型 ACC 预后仍需更多的样本验证。复杂型 ACC 预后较单纯型 ACC 预后差，当合并其他神经系统异常时预后往往会更差，当双胎妊娠时发生胼胝体发育异常预后不良的风险较单胎妊娠可能会增加<sup>[8]</sup>。

导致胼胝体发育异常的病因有多种，包括染色体异常、遗传性综合征（如 Aicardi 综合征等）、先天性代谢紊乱（戊二酸尿症、肾上腺脑白质发育不良等）和外界环境因素（孕妇妊娠期饮酒、孕妇本身为苯丙酮尿症等）。有研究表明，30%~45% 的胼胝体发育异常胎儿可发现是由于遗传病所致，其中染色体异常约占 10%，单基因突变约占 20%~35%<sup>[2]</sup>。因此，在产前诊断过程中发现胎儿胼胝体发育异常时应仔细扫描胎儿是否合并其他畸形，并且建议孕妇进行染色体及基因检测以进一步确诊，为产前咨询提供方向。

## 3 胎儿胼胝体的影像学评估方法

### 3.1 二维超声

**3.1.1 横切面** 胎儿颅脑三横切面法是国际妇产超声医学会指南规定的常规切面，三横切面法包括经侧脑室横切面、经丘脑横切面及经小脑横切面，可观察胎儿侧脑室、丘脑、透明隔腔、小脑等结构，胎儿颅脑横切面无需经阴道即可获得，具有安全、便捷、可重复率高、易获得等优势。在胎儿颅脑三横切面上胼胝体缺如会表现出一些间接征象，其中包括侧脑室典型的“泪滴”形状、第三脑室向上移位、透明隔腔缺如伴半球间裂隙扩大、侧脑室扩张和“三线征”<sup>[9-10]</sup>。在对胎儿颅脑扫描过程中出现上述间接征象时要高度怀疑胼胝体发育异常。随着孕周的增长，侧脑室的扩张程度也随之增长，但这些变化往往不易察觉，具有不典

型性<sup>[11]</sup>。并非所有胼胝体发育异常胎儿均会出现上述征象，这就对医生的能力提出了极高的要求，因此，在产前超声检查对胎儿神经系统的评估中只依靠横切面扫描容易造成漏、误诊。ZENG 等<sup>[12]</sup>提出五横切面法，在横切面上对胼胝体进行直接观察。五横切面法是在原有的三横切面法的基础上新增了经颅顶部横切面及经胼胝体膝部和压部（最大透明隔腔与韦氏腔）横切面。探头声束于胎头一侧进入，声束平面与脑中线垂直，在经过颅顶部时获得经颅顶部横切面继续向颅底扫描可获得胼胝体膝部和压部（最大透明隔腔与韦氏腔）横切面。在胼胝体膝部和压部（最大透明隔腔与韦氏腔）横切面上可见透明隔腔与韦氏腔相连接成长方形的无回声区，对探头的角度进行反复调整，以获得清晰的胼胝体膝部、压部图像。在此切面上要重点观察胼胝体膝部及压部、透明隔及透明隔腔、穹窿及韦氏腔、侧脑室及顶枕沟、扣带沟等。在此横切面上胼胝体膝部及压部分别表现为紧贴透明隔腔前方及韦氏腔后方横穿两侧大脑半球的反“C”及“C”形低回声条带状结构，此切面可直接对胼胝体膝部及压部进行左右径、前后径，以及胼胝体膝部前后角、体部前后角的测量，通过这些数值综合评估胎儿胼胝体发育情况。此切面较正中矢状切面易获得，可对胼胝体进行直接观察及测量。但目前此切面对胼胝体的观察及对胼胝体的数值测量的准确性仍需更多的数据进一步验证。

**3.1.2 正中矢状切面** 将探头置于胎儿颅顶部声束自胎儿前囟门进入即可获得胎儿颅脑正中矢状切面。MALINGER 等<sup>[13]</sup>首先提出可经阴道获取胎儿颅脑正中矢状切面，在此切面对透明隔腔、胼胝体进行观察得出了胎儿期胼胝体长度的变化可作为诊断胼胝体发育异常的参数的结论，并建立了 18 周至足月正常胎儿胼胝体的正常参考值范围。之后 ACHIRON 等<sup>[14]</sup>使用了与 MALINGER 等<sup>[13]</sup>相同的方法，同样在正中矢状面上观察胼胝体，不同之处在于当胎儿为臀位时 ACHIRON 等<sup>[14]</sup>采取的是经腹获取正中矢状切面，其提出胎龄与胼胝体长度、厚度和宽度关联性较强，妊娠 19~21 周时胼胝体宽度和厚度增长迅速，并且胼胝体长度的生长速度似乎是恒定的，因此，在观察胼胝体发育情况时要多次复查，观察胼胝体长度及厚度是否在正常范围，同时，也要关注胼胝体随孕周的变化其生长、发育速度是否正常。在正中矢状面上胼胝体表现为细长的、“C”形的低回声带，其上方为扣带回，下方为低回声胼胝体周围池（透明隔腔和海绵体腔），在此平面上可清楚观察到胼胝体，对胼胝体的长度直接进行测量<sup>[15]</sup>，并且可测量胼胝体膝部、体部及压部的厚度，因此，其是超声诊断 ACC 及胼胝体发育不良的“金标准”<sup>[16]</sup>。正中矢状切面 ACC 或胼胝

体发育不良的直接征象包括胼胝体部分或完全不显示,以及胼胝体变薄、变短或回声改变等。除直接征象外,矢状切面上胼胝体发育异常也会表现出间接征象,包括透明隔腔的改变,通常为减小或消失;第三脑室扩张,发生上移;30 周后脑沟及脑回会随着第三脑室呈现为放射状;彩色多普勒检查显示由胼胝体周围动脉形成的正常动脉祥缺失或扭曲等<sup>[17]</sup>。经阴道获取的正中矢状切面图像较经腹获得的图像清晰,对胼胝体的显示率高,经腹二维超声扫查则更易操作,扫查范围大。正中矢状切面的缺点在于切面获取难度大,对医生的操作技术要求高,受胎儿体位影响大<sup>[18]</sup>。因此,正中矢状面一般不作为产前筛查的常规切面。

**3.1.3 冠状切面** 声束自胎儿头颅颞侧进入显示颅脑横切面,将探头旋转 90°进而显示颅脑冠状面,探头由额侧至枕侧滑动来观察胼胝体。王睿丽等<sup>[19]</sup>通过胼胝体膝冠状面、第三脑室冠状面、侧脑室三角区冠状面观察了胼胝体是否存在缺失,以及胼胝体厚度、长度及周围结构是否异常,结果显示,ACC 表现为胼胝体完全缺失或部分缺失,胼胝体发育不良表现为胼胝体各部分存在,但胼胝体厚度变薄,形态可异常,通常表现为边界不清及弯曲角度改变;冠状切面对完全型 ACC 的诊断正确率可达 100.00%,对部分型胼胝体的诊断正确率为 95.24%,但对胼胝体发育不良的诊断正确率仅为 33.33%。冠状切面对胼胝体厚度的显示具有优势,尤其是胼胝体发育不良时,胼胝体往往会出现厚度的变化,冠状切面可辅助诊断。由于冠状切面的获取与正中矢状切面的获取存在同样的缺点,因此,在产前超声中的应用并不普遍。

**3.2 三维超声** 三维超声成像技术可提供更多的图像细节及二维图像无法显示的平面。目前,三维成像技术主要有超声自由解剖平面技术(Omniview)、三维超声技术容积对比成像、断层超声成像等。Omniview 技术是目前较新的三维超声成像技术,可根据需求进行不同平面的切割<sup>[20]</sup>,对因胎位因素影响无法获取正中矢状切面来观察胎儿胼胝体者可通过易获取的胎儿颅脑横切面的三维容积数据,通过 Omniview 技术进行后处理,以显示胎儿胼胝体图像。曾雪玲等<sup>[21]</sup>使用断层超声成像联合三维超声技术容积对比成像对胎儿胼胝体发育异常进行诊断,结果显示,诊断胼胝体发育不全的灵敏度为 88%,明显高于二维超声(55%)。三维超声成像技术受胎儿位置影响小,图像易获得,用时短,且图像可达到与 CT 及 MRI 相似的效果,大大提高了产前超声检查对胼胝体发育异常的诊出率<sup>[22]</sup>。周坚芳等<sup>[23]</sup>研究表明,三维超声与 MRI 检查诊断胼胝体发育异常的阳性率分别为 97.87%、100.00%,虽然 MRI 检查诊断胼胝体发育异常的阳性率稍高于三维超声检查,但三维超声检查

相比于 MRI 检查具有易操作、价格较低等优势,可在临床工作中推广应用。

**3.3 MRI** 在胼胝体发育缺失或发育不良的诊断中运用 MRI 检查可直接观察到胼胝体形态。完全型胼胝体缺如的直接征象为在横断面、冠状位 T2WI 未显示胼胝体;胼胝体部分缺如的直接征象为在横断面、冠状位 T2WI 可观察到胼胝体部分结构,通常为膝部。胼胝体发育不良的间接征象为侧脑室前角向外移位,两侧脑室前角呈蝙蝠翼状;侧脑室不规则扩张,扩张的侧脑室呈“八”字形;第三脑室囊状扩张;半球间裂异常等。林杉等<sup>[24]</sup>分析了胼胝体发育不全时所合并的其他颅内病变,结果显示,其中合并脑皮质发育异常者最多,其次为半球间裂蛛网膜囊肿、脂肪瘤、颅内出血等,胼胝体发育不全时两侧大脑半球纵裂可出现大囊肿<sup>[25]</sup>。在观察其他颅内病变时 MRI 检查的灵敏度高于超声检查<sup>[26]</sup>。颅内脂肪瘤是一种罕见的先天性畸形疾病,颅内肿瘤患病率不到 0.1%,约 90%的颅内脂肪瘤位于中线,并且胼胝体区域是最常见的位置。发生在胼胝体区域的脂肪瘤也称为胼周脂肪瘤,胼周脂肪瘤会阻碍胼胝体的正常发育,因此,胼周脂肪瘤与胼胝体发育异常相关。国内外超声产前检查诊断胼周脂肪瘤的文献报道较少见,超声检查诊断胼周脂肪瘤的难度较大,一些表现十分典型的胼周脂肪瘤可在超声扫查过程中被发现;MRI 检查诊断脂肪瘤的灵敏度及准确性均高于超声检查。MRI 检查可通过横断位、冠状位、正中矢状位多轴位进行观察,从而全面观察胼周脂肪瘤的形态、延伸范围等,为产前诊断及判断胎儿预后提供可靠依据<sup>[27]</sup>。刘春玲等<sup>[28]</sup>分别采用超声、MRI 对胼胝体发育异常的胎儿进行检查,对比了二者诊断的准确率,结果显示,MRI 诊断正确率明显高于超声,因此,MRI 检查可作为产前评估胼胝体发育状况的手段在临床工作中推广应用。MRI 检查不仅可直接对胼胝体形态、长度及厚度直接进行观察,且可对颅内其他结构进行扫查,可及时发现是否存在其他颅内畸形;但扫描时间较长及胎儿运动均会对 MRI 检查图像质量产生不同程度的影响,造成图像不清晰或产生伪影等,且 MRI 检查费用较高,因此,很大程度上限制了 MRI 的应用<sup>[15]</sup>。贾月霞等<sup>[29]</sup>提出可采用 3.0T MRI,避免胎动产生的伪影,进而提高了 MRI 诊断的准确度。在高度怀疑胎儿胼胝体发育异常时,超声医生及产前咨询医生应建议孕妇完善 MRI 检查,全面评估胼胝体发育情况及颅内其他结构发育情况,对胎儿的预后进行全面评估<sup>[30-31]</sup>。

#### 4 小 结

胼胝体在两侧大脑半球的连接中具有至关重要的作用,胼胝体发育异常常会导致述情障碍、持续注意力障碍,以及在信息处理速度、执行功能和社会认

知方面存在缺陷等<sup>[32]</sup>。同时,胼胝体发育情况可作为评估胎儿生长受限大脑发育中细微结构差异的敏感工具<sup>[33]</sup>。因此,产前诊断胼胝体发育异常具有重要的社会意义。在评估胼胝体发育情况的影像学方法中超声二维图像具有易获得、图像较清晰、操作便捷、费用较低、可重复性好、便于复查等优势,其缺点为图像的获取受胎儿体位、孕妇体型、羊水等因素影响较大;超声三维图像的获取受胎儿体位影响较小,但图像质量较二维图像差;MRI 检查则可更加直观、全面地对胼胝体进行观察,同时,也可观察是否存在其他颅内畸形。因此,在产前筛查中可应用五横切面法结合三维技术作为评估胼胝体发育的初筛方法,提高超声检查诊断胼胝体发育异常的灵敏度及准确率;当超声检查提示胎儿胼胝体发育异常时 MRI 检查可作为评估胎儿胼胝体发育情况的补充方法,以减少漏、误诊。

### 参考文献

- [1] RENTERIA-VAZQUEZ T, BROWN W S, KANG C, et al. Social inferences in agenesis of the corpus callosum and autism: Semantic analysis and topic modeling[J]. *J Autism Dev Disord*, 2022, 52(2): 569-583.
- [2] HOFMAN J, HUTNY M, SZTUBA K, et al. Corpus callosum agenesis: An insight into the etiology and spectrum of symptoms[J]. *Brain Sci*, 2020, 10(9): 625.
- [3] 曾晴, 李胜利. 产前超声评估胎儿胼胝体发育状况的研究进展[J/CD]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(3): 166-172.
- [4] BLAAUW J, MEINERS L C. The splenium of the corpus callosum: Embryology, anatomy, function and imaging with pathophysiological hypothesis[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62(5): 563-585.
- [5] BULL J. The corpus callosum[J]. *Clin Radiol*, 1967, 18(1): 2-18.
- [6] BERNARDES DA CUNHA S, CARNEIRO M C, MIGUEL SA M, et al. Neurodevelopmental outcomes following prenatal diagnosis of isolated corpus callosum agenesis: A systematic review[J]. *Fetal Diagn Ther*, 2021, 48(2): 88-95.
- [7] 黄瑞娜, 陈俊雅, 范丽欣, 等. 产前超声诊断胼胝体缺如胎儿的预后[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2022, 33(7): 474-476.
- [8] LI X, WANG Q. Magnetic resonance imaging (MRI) diagnosis of fetal corpus callosum abnormalities and follow-up analysis[J]. *J Child Neurol*, 2021, 36(11): 1017-1026.
- [9] ZHANG Y. Prenatal ultrasound for the diagnosis of the agenesis of corpus callosum: A meta-analysis[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2023, 36(2): 2228454.
- [10] ROSENBLOOM J I, YAEGER L H, PORAT S. Reference ranges for corpus callosum and cavum septi pellucidi biometry on prenatal ultrasound: Systematic review and meta-analysis[J]. *J Ultrasound Med*, 2022, 41(9): 2135-2148.
- [11] ROTMENSCH S, MONTEAGUDO A. Agenesis of the corpus callosum[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2020, 223(6): B17-22.
- [12] ZENG Q, WEN H, LIAO Y, et al. Five axial planes of fetal brain for comprehensive cerebral evaluation[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2022, 60(4): 577-579.
- [13] MALINGER G, ZAKUT H. The corpus callosum: Normal fetal development as shown by transvaginal sonography[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1993, 161(5): 1041-1043.
- [14] ACHIRON R, ACHIRON A. Development of the human fetal corpus callosum: A high-resolution, cross-sectional sonographic study[J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2001, 18(4): 343-347.
- [15] 吕洪兵, 梁娜, 李京, 等. 胎儿胼胝体发育不全经腹壁超声、磁共振影像学表现及其诊断价值分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(5): 148-150.
- [16] BARNEWOLT C E, ESTROFF J A. Sonography of the fetal central nervous system[J]. *Neuroimaging Clin N Am*, 2004, 14(2): 255-271.
- [17] 田巍. 应用超声评估中晚孕期正常胎儿胼胝体发育情况[D]. 唐山: 华北理工大学, 2021.
- [18] 冯芳芳, 栗河舟. 产前超声间接征象在部分型胼胝体发育不全诊断中的价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2022, 33(6): 425-429.
- [19] 王睿丽, 高园, 杨杰, 等. 颅脑冠状面二维超声对胎儿胼胝体发育不全的分型诊断价值[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2021, 35(9): 949-952.
- [20] PASHAJ S, MERZ E. 3-Dimensional ultrasound: How can the fetal corpus callosum be demonstrated correctly[J]. *Ultraschall Med*, 2021, 42(3): 278-284.

- [51] FERROCINO I, PONZO V, GAMBINO R, et al. Changes in the gut microbiota composition during pregnancy in patients with gestational diabetes mellitus (GDM) [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):12216.
- [52] ZIETEK M, CELEWICZ Z, SZCZUKO M. Short-Chain fatty acids, maternal microbiota and metabolism in pregnancy [J]. *Nutrients*, 2021, 13(4):1244.
- [53] BACH KNUDSEN K E. Microbial degradation of whole-grain complex carbohydrates and impact on short-chain fatty acids and health [J]. *Adv Nutr*, 2015, 6(2):206-213.
- [54] HASAIN Z, MOKHTAR N M, KAMARUD-DIN N A, et al. Gut microbiota and gestational diabetes mellitus: A review of host-gut microbiota interactions and their therapeutic potential [J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2020, 10:188.
- [55] IBRAHIM S H, JONAS M M, TAYLOR S A, et al. Liver diseases in the perinatal period: Interactions between mother and infant [J]. *Hepatology*, 2020, 71(4):1474-1485.
- [56] PULJIC A, KIM E, PAGE J, et al. The risk of infant and fetal death by each additional week of expectant management in intrahepatic cholestasis of pregnancy by gestational age [J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2015, 212(5):667.
- [57] MONROSE E, BUI A, ROSENBLUTH E, et al. Burden of future liver abnormalities in patients with intrahepatic cholestasis of pregnancy [J]. *Am J Gastroenterol*, 2021, 116(3):568-575.
- [58] ISAACS-TEN A, ECHEANDIA M, MORENO-GONZALEZ M, et al. Intestinal Microbiome-Macrophage crosstalk contributes to cholestatic liver disease by promoting intestinal permeability in mice [J]. *Hepatology*, 2020, 72(6):2090-2108.
- [59] LUU M, PAUTZ S, KOHL V, et al. The short-chain fatty acid pentanoate suppresses autoimmunity by modulating the metabolic-epigenetic crosstalk in lymphocytes [J]. *Nat Commun*, 2019, 10(1):760.

(收稿日期:2023-10-26 修回日期:2023-12-18)

(上接第 1566 页)

- [21] 曾雪玲, 黄凤娟, 康丽华, 等. 三维超声容积对比成像联合断层超声成像技术评估胎儿胼胝体发育的研究 [J]. *实用医技杂志*, 2022, 29(2):164-167.
- [22] 常雪娇, 薛丹. 产前三维超声诊断胎儿胼胝体发育不良的临床价值 [J]. *中国医疗器械信息*, 2021, 27(22):109-111.
- [23] 周坚芳, 周美琴. 产前三维超声诊断胎儿胼胝体发育不良的临床价值分析 [J]. *现代医用影像学*, 2022, 31(12):2366-2368.
- [24] 林杉, 王新霞, 栗河舟, 等. 胎儿胼胝体发育不全合并其他脑畸形的超声特征分析 [J]. *中国临床医学影像学杂志*, 2023, 34(4):255-258.
- [25] 刘真真, 张小安, 赵鑫, 等. 磁共振成像在胎儿胼胝体发育不全中的应用 [J]. *实用医技杂志*, 2021, 28(2):169-171.
- [26] ENSO Working Group. Role of prenatal magnetic resonance imaging in fetuses with isolated anomalies of corpus callosum: Multinational study [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2021, 58(1):26-33.
- [27] NASRI S, AGGARI H E, AFILAL I, et al. Pericallosal lipoma: A case report [J]. *Radiol Case Rep*, 2022, 17(9):3094-3096.
- [28] 刘春玲, 梁中华, 刘义勇, 等. MRI 诊断孕中期胎儿胼胝体发育不良的临床价值研究 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2023, 21(2):134-136.
- [29] 贾月霞, 门晓玉, 杨汇娟, 等. 3.0T MRI 与超声在诊断胼胝体发育不全胎儿中的应用 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2020, 18(7):1-3.
- [30] 张静谊, 郭为横. 应用产前超声、MRI 评估胎儿脱胼胝体发育不全的临床价值对比分析 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(8):142-143.
- [31] 蒋士杰, 连鹏, 郭辰, 等. MRI 和超声在胎儿胼胝体发育不全诊断和分型中的应用对比研究 [J]. *海南医学*, 2022, 33(22):2936-2939.
- [32] PAUL L K, PAZIENZA S R, BROWN W S. Alexithymia and somatization in agenesis of the corpus callosum [J]. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2021, 16(10):1071-1078.
- [33] PAULES C, MIRANDA J, POLICIANO C, et al. Fetal neurosonography detects differences in cortical development and corpus callosum in late-onset small fetuses [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2021, 58(1):42-47.

(收稿日期:2023-10-11 修回日期:2023-12-26)