

胎儿中枢神经系统的超声检查操作指南

翻译：王亮，欧阳云淑，张一休，杨筱，杨萌 北京协和医院超声科

ISUOG（国际妇产超声协会）

简介

中枢神经系统（CNS）畸形是最常见的先天性畸形之一。神经管缺陷在 CNS 畸形中最为常见，其发生率为 1/1000~2/1000。相比而言，神经管完整的颅内畸形的发生率并不确定，因大多数病例在出生时尚不能被发现，且生后的发病年龄较晚。不过长期随访研究显示其发病率可能高达 1/100^[1]。

超声检查作为诊断胎儿 CNS 畸形的最主要方法已近 30 年。本指南旨在对胎儿大脑结构评价的最佳超声检查方法进行技术层面的总结。这项初步筛查在本指南中称为“基本检查”。而进一步的胎儿 CNS 的详细检查（胎儿神经系统超声检查）则需要具备专业的技能和优良的超声仪器。后者主要是针对 CNS 高风险的病例，检查过程中有时也需要借助三维成像的帮助。

近些年，胎儿 MRI 的出现为孕 20~22 周后选择进行胎儿神经系统超声检查的病例提供了一种有益的补充^[2,3]，尽管与超声相比其优势仍有争议^[4,5]。

一般情况

孕龄

在整个孕期，大脑和脊髓的形态不断变化。为了避免误诊，熟悉不同孕期大脑和脊髓的形态是非常重要的。诊断神经系统畸形主要在中孕期。基本检查通常在孕 20 周左右。

某些畸形可在孕早期和早中孕期发现^[6-11]。尽管仅占先天性畸形的一小部分，但其往往较为严重，因此值得特别注意。虽然早孕期超声检查胎儿头部及大脑结构对专业技术要求较高，但却非常值得。在孕 14~16 周即进行早期胎儿神经系统检查的优势是此时颅骨较薄，几乎可从任意角度观察大脑。

通常，在孕中和晚期可以对胎儿 CNS 进行满意的检查。而在孕晚期，颅骨

骨化会妨碍对颅内结构的观察。

技术因素

超声探头

高频超声探头可提高空间分辨力但降低声束的穿透能力。选择最佳分辨力的探头和频率受到许多因素的影响,包括孕妇體質、胎位及检查方法。使用 3~5MHz 的经腹探头可满足大部分基本检查的需要。胎儿神经系统超声检查通常需要经阴道超声检查,探头频率一般为 5~10MHz^[12,13]。三维超声可能有助于对胎儿大脑和脊柱的检查^[14,15]。

影像参数

超声检查大多采用灰阶二维超声仪。谐波成像有利于分辨细微的解剖结构,尤其对于成像效果较差的患者。根据胎儿神经系统超声检查研究,彩色和能量多普勒主要用于鉴别脑血管。恰当地调节脉冲重复频率和余辉可提高小血管的显示效果(宫内胎儿大脑动脉的血流速度为 20~40cm/s)^[16]。

基本检查

定性评估

对于低危妊娠,在早孕晚期、中孕期及晚孕期可选择经腹超声检查来评估胎儿头部和脊柱。

通过两个横切面--经脑室切面和经小脑切面可以对大脑结构的完整性进行评估^[17]。另外一个比较常用的平面为经丘脑切面,主要用于测量(图 1)。常规检查应观察的结构包括侧脑室、小脑及小脑延髓池及透明隔腔,胎头形态及脑组织结构也需注意(表 1)。

经侧脑室切面

该切面可显示侧脑室的前部和后部。侧脑室的前部(额部或前角)是两个逗号形状充满液体的结构,它们有完好的侧壁而且中间被透明隔腔(CSP)分隔。CSP 是两层薄膜中间充满液体的腔隙,在晚孕期或新生儿早期这两层膜通常融

合造成透明隔腔消失。孕 16 周起即可显示 CSP，接近足月时闭合，经腹超声可在孕 18~37 周即双顶径 44~88mm 时观察到 CSP^[18]。相反，孕 16 周前或 37 周后观察不到 CSP 是正常的。观察 CSP 对判断脑部畸形的价值是有争议的^[17]。不过，CSP 易于观察而且在多种疾病时有明显改变，如前脑无裂畸形、胼胝体发育不良、严重脑积水及视隔发育不良^[19]。

自孕 16 周起，侧脑室后部（即后角）实际上是由侧脑室体部延伸至枕角形成。侧脑室体部的标志是强回声的脉络丛球，而侧脑室的枕角则充满液体。尤其在孕中期，侧脑室的内侧壁和外侧壁都平行于脑中线，超声上显示为清晰的亮线。正常情况下，在侧脑室体部脉络丛球可完全充满脑室腔，紧贴内外壁，但某些正常情况下侧脑室内壁和脉络丛球之间可存在少量液体^[20-23]。

在标准的经侧脑室切面，只有远场的大脑半球可清晰显示，而近场的大脑半球常因超声伪像而不能清楚显示。然而，多数严重的颅内异常是双侧的或伴脑中线回声严重偏移或扭曲。有人建议在基本检查时假设脑对称^[17]。



图 1 胎头横切面 (a) 经侧脑室切面 (b) 经丘脑切面 (c) 经小脑切面

表 1 胎儿神经系统基本检查应注意的结构

头形

侧脑室

透明隔腔

丘脑

小脑

小脑延髓池

脊柱

经小脑切面

该切面较经侧脑室切面稍低，而且稍向后倾斜，可观察到侧脑室前角、CSP、丘脑、小脑及小脑延髓池。小脑类似蝶形，由位于中间回声稍强的小脑蚓部连接两个圆形的小脑半球形成。枕大池或小脑延髓池位于小脑后方，内充满液体。小脑延髓池内可见薄分隔，这是正常结构，不应与血管结构或囊性病变混淆。妊娠后半期，小脑延髓池宽度恒定在约 2~10mm^[17]。妊娠早期小脑蚓部并未完全覆盖第四脑室，容易造成小脑蚓部缺失的假象。因此，在 20 周以前通常是正常发现，此后出现则应怀疑异常^[24]。

经丘脑切面

胎儿神经系统检查常用的第三个扫描切面是经丘脑切面或双顶径切面。该切面的解剖标志从前至后包括：侧脑室前角、透明隔腔、丘脑及海马回。尽管该切面解剖上并不能在经侧脑室切面或经小脑切面的基础上提供更多的解剖信息，但可用于胎头生物学测量。研究认为，尤其是在孕晚期，该切面较经侧脑室切面易于获取且测量的可重复性更好^[25]。

胎儿脊柱

胎儿脊柱检查需要专业和认真的超声扫描，而且检查结果与胎位密切相关，因此，全面详细检查胎儿脊柱的每一个椎体并不是基本检查的一部分。最常见的胎儿严重脊柱畸形是开放性脊柱裂，通常合并颅内异常。不过，多数情况我们都应该取得胎儿脊柱的纵切面，因为至少可以显示一些病例包括椎体异常和骶部发育不良。正常情况下，自孕 14 周开始脊柱纵向检查可显示脊椎的 3 个骨化中心（包括脊椎体内、两侧锥板和锥弓连接处）。这 3 个骨化中心围绕神经管，因声束方向不同而显示为两条或三条平行线，此外，在纵切面和横切面上均应确认脊柱表面皮肤的完整性。

定量评估

生物学测量是胎儿头颅超声检查的必要组成部分。在中孕和晚孕期，标准的胎儿头颅检查应测量双顶径、头围和侧脑室内径。有些学者亦建议测量小脑横径和小脑延髓池宽度。

双顶径和头围通常用于评估胎儿孕周和生长状况，也用于检出某些颅内畸形，可在经侧脑室切面或经丘脑切面测量。双顶径测量有不同方法，最常用的方法是

游标置于颅骨外缘（即所谓的外-外测量）^[26]。也有采用外-内的测量方法以避免由远场颅骨强回声产生的伪像^[25]。以上两种测量方法可造成几毫米的差异，在妊娠早期具有临床意义，因此在建立参考表时应明确采用的测量技术。如果超声仪具有椭圆形测量功能，可将游标置于颅骨强回声外缘直接测量头围。另一种方法是头围（HC）可通过双顶径（BPD）和枕额径（OFD）计算得出，公式为 $HC = 1.62 \times (BPD + OFD)$ 。双顶径与枕额径之比通常为 75%~85%。不过，胎头形状改变在孕早期比较常见，大多数臀先露的胎儿呈长头型。

侧脑室的测量是必要的，有几项研究表明，这是评估脑室系统完整性最有效的方法^[22]，脑室扩张是脑部发育异常的常见表现，侧脑室的测量通常在脉络丛球部水平进行，光标置于脑室壁强回声的内缘，测量线垂直于脑室腔（图2）。侧脑室内径在中孕期和晚孕早期较稳定，平均内径为 6~8mm^[20, 22, 27]，小于 10mm 都可认为是正常的^[27-32]。大多数关于侧脑室生物学测量都以毫米为单位^[33]。

不过，现在超声仪测量结果可精确到十分之一毫米，因此难以确定最合理的切割值。我们认为，尤其是在中孕期，如果测量值 $\geq 10.0\text{mm}$ 就应怀疑异常。

在孕 14~21 周，小脑横径每周可增加 1mm。小脑横径联合头围及双顶径可用于评估胎儿生长状况。小脑延髓池宽度在小脑蚓部和枕骨内缘之间测量，通常为 2~10mm^[34]。胎儿为长头型时，小脑延髓池宽度也可稍大于 10mm。



图 2 （a）侧脑室后角测量。测量游标置于脉络丛球部侧脑室壁内缘；（b）图示侧脑室宽度测量游标放置的正确位置，游标应放置于侧脑室壁最宽处边界的内侧缘，垂直于侧脑室长轴方向（YES）。错误测量方法包括：侧脑室壁中间-中间（no¹），侧脑室壁外侧缘-外侧缘（no²），过于靠近侧脑室远端或测量线与侧脑室长轴不垂直（no³）。

胎儿神经系统超声检查

通常认为详细的胎儿神经系统超声检查较标准经腹检查具有更高的诊断能力，特别对于评估复杂畸形更有帮助。然而这一检查需要一些特殊设备，但在很多情况下并不具备，因此该方法并未广泛应用。详细的胎儿神经系统超声检查对于中枢神经系统畸形高风险的患者及在基础检查中发现可疑异常的病例非常有意义。

胎儿大脑神经系统超声检查的基础是多平面扫查，将探头置于颅骨骨缝或囟门处^[12, 13]。胎儿头位时，可采用经腹或经阴道检查。胎儿臀位时，采用经宫底检查，即探头与腹部平行放置而不是垂直。经阴道探头较腹部探头的优点是频率更高，对于解剖细节分辨率更好。因此，对于一些臀位胎儿，可考虑行外倒转术将胎头转位以进行经阴道超声检查。

脊柱的评价是神经系统超声检查的一部分，常联合使用横切面、冠状切面及矢状切面扫查。

胎儿神经系统超声检查也应包含常规检查中的测量项目：双顶径、头围及侧脑室房部宽度。其他特殊测量根据孕周及临床情况而决定。

胎儿颅脑

无论是经腹或者经阴道检查，通常都需要轻柔地推动胎儿以获取正确的扫查切面。同样基于胎儿体位的不同也有不同的扫查切面可供选择^[12]。胎儿颅脑系统评估通常包括对 4 个冠状和 3 个矢状切面的观察。下面将介绍一些可以在中孕和晚孕期观察到的胎儿颅脑结构。除了观察解剖结构，胎儿神经系统超声检查还应包括对大脑沟回随孕期的变化进行评估^[35-38]。

冠状面（图 3）

经额切面或额 2 切面。经过前囟门可显示该切面。在此切面上可观察到中线两侧大脑半球间裂以及双侧的侧脑室前角。该切面位于胼胝体喙部和膝部，因而可以观察到连续的大脑半球间裂。在这一切面上还可以观察到蝶骨和眼眶。

经尾状核切面或中冠状切面 1^[12]。在尾状核水平，胼胝体膝部或前部导致的双侧大脑半球间裂的连续性中断。由于胼胝体膝部较厚，其在冠状面上的回声较胼胝体体部要高。透明隔腔是位于胼胝体下方的无回声三角形结构。这一切面可

以观察到双侧被大脑皮质包围的侧脑室。在更外侧的位置上还可清晰显示大脑外侧裂。



图 3 胎头冠状面图像：(a) 经额切面；(b) 经尾状核切面；(c) 经丘脑切面；(d) 经小脑切面。CSP，透明隔腔；IHF，大脑半球间裂



图 4 胎头矢状面图像：(a) 正中矢状切面；(b) 旁矢状切面。3v，第三脑室；4v，第四脑室。

经丘脑切面或中冠状切面 2^[12]。在此切面可观察到双侧的丘脑紧密相邻，但在某些情况下可观察到脑中线上的第三脑室，在此切面上还可观察到室间孔及侧脑室的房部，而稍偏向颅顶方向则可显示双侧的脉络丛（中冠状切面 3）。位于近颅底中线位置的基底池内有 Willis 动脉环和视交叉。

经小脑切面或枕部 1 和枕 2 切面。该切面经过后囟，可观察到侧脑室后角，大脑半球间裂。在这一切面也能显示双侧小脑半球以及小脑蚓部。

矢状切面（图 4）

通常检查三个矢状面：正中矢状切面和双侧的旁矢状切面。

正中矢状切面^[12]可显示完整的胼胝体、透明隔腔，有时也可观察到韦尔加氏腔和前髓帆间隙、脑干、脑桥、小脑蚓部及后颅窝。应用彩色多普勒亦可显示大脑前动脉、胼胝体周围动脉及其分支、Galen 静脉。

旁矢状面或斜切面 1^[12]可显示完整的侧脑室、脉络丛、脑室周围组织和大脑皮质。

胎儿脊柱

胎儿脊柱可以通过 3 种扫查方式进行评估，选取什么方式取决于胎儿的体位。通常情况下，对于 1 个胎儿只能实现两种扫查方式。

在横切面扫查时，超声探头沿整个脊柱动态扫描，保证扫描到每个切面（图

5)。不同水平的脊椎骨有着不同的解剖形态。胎儿胸椎和腰椎呈三角形，骨化中心在神经管周围。而第一颈椎是四边形的，骶椎则是扁平的。

在矢状面上，椎体的骨化中心和后椎弓形成 2 条平行线并在骶骨汇聚。若胎俯卧位时，以未骨化的棘突为透声窗也可获得一个真正的矢状面图像。经此切面可观察到神经管及其内的脊髓（图 6）。在孕中期和孕晚期脊髓圆锥在腰 2 或腰 3 水平可显示脊髓圆锥 39。

在冠状面上，因超声声束的方向不同脊柱可显示为 1、2 或 3 条平行亮线（图 7）。

如果脊柱骨化中心分布正常且覆盖脊柱的软组织连续存在，则提示胎儿神经管完整。如果可获得标准的矢状切面且观察到位置正常的脊髓圆锥，则可进一步确认胎儿神经管发育正常。

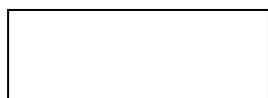


图 5 胎儿脊柱不同水平的横切面观：（a）颈椎；（b）胸椎；（c）腰椎；（d）骶椎。箭头所指为脊椎的三个骨化中心。注意覆盖脊柱的完整的皮肤。图 a-c 中，可见脊髓显示为椭圆形低回声，其中央为白色的亮点。

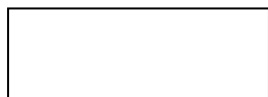


图 6 中期妊娠胎儿脊柱的矢状面观：以未骨化的脊椎棘突为透声窗可显示神经管的内容物。脊髓圆锥通常位于第二腰椎水平（L2）。

超声检查胎儿神经轴的有效性

对于中孕期低危病例，若能获得满意的胎儿脑室平面和小脑平面声像图，且头颅测量（尤其是头围）在相应孕周的正常范围内，侧脑室宽度小于 10.0mm，小脑延髓池宽度在 2~10mm 之间，则许多的颅脑畸形可以排除，中枢神经系统异常的风险非常低，因此没有指征进行进一步的检查^[17]。



图 7 胎儿脊柱冠状面观：这些图像是来源于同一超声设备采集的同一三维超

声容积数据，只是各切面的角度和声束的强度不同。(a) 较弱的声束穿过椎体；(b) 同一声束方向，切面向后平移，显示后部的椎弓；(c) 声束强度较大，同时显示了脊柱的 3 个骨化中心。

以上这些指南的主要目的不是为了通过回顾文献来评估产前超声诊断神经系统畸形的敏感性。低风险人群的研究显示，超声基本检查检出神经系统畸形的敏感性超过 80%^[40,41]。不过这些研究可能高估了超声检查的诊断能力。这些研究的随访时间较短且选择病例几乎都是开放性神经管畸形。而发育性神经管畸形通过系统性超声检查结合甲胎蛋白筛查是易于诊断。许多研究已阐述了产前超声诊断的局限性^[42]。甚至某些非常严重的畸形在孕早期超声检查仅有微小的发现⁴³。大脑发育持续到孕期后半阶段和新生儿期，因此超声检查发现神经元增殖异常的能力非常有限（如小头畸形^[44]、肿瘤^[45]和皮质畸形^[42]）。而且，某些大脑损伤并非胚胎发育异常的结果，而是由产前或围产期获得性损伤造成的^[46,48]。即使是专家，某些畸形也无法在宫内被发现和诊断，还有一部分畸形无法得出准确的诊断。

参考文献:

1. Myriantopoulos NC. Epidemiology of central nervous system malformations. In: Vinken PJ, Bruyn GW, editors. *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier: Amsterdam, 1977; 139–171.
2. Levine D, Barnes PD, Robertson RR, Wong G, Mehta TS. Fast MR imaging of fetal central nervous system abnormalities. *Radiology* 2003; **229**: 51–61.
3. Griffiths PD, Paley MN, Widjaja E, Taylor C, Whitby EH. In utero magnetic resonance imaging for brain and spinal abnormalities in fetuses. *BMJ* 2005; **331**: 562–565.
4. Malinge G, Ben-Sira L, Lev D, Ben-Aroya Z, Kidron D, Lerman-Sagie T. Fetal brain imaging: a comparison between magnetic resonance imaging and dedicated neurosonography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; **23**: 333–340.
5. Malinge G, Lev D, Lerman-Sagie T. Is fetal magnetic resonance imaging superior to neurosonography for detection of brain anomalies? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; **20**: 317–321.
6. Ghi T, Pilu G, Savelli L, Segata M, Bovicelli L. Sonographic diagnosis of congenital anomalies during the first trimester. *Placenta* 2003; **24** (Suppl B): S84–S87.

-
7. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE. First trimester anatomy scan: pushing the limits. What can we see now? *Curr Opin ObstetGynecol* 2003; **15**: 131–141.
 8. Bronshtein M, Ornoy A. Acrania: anencephaly resulting from secondary degeneration of a closed neural tube: two cases in the same family. *J Clin Ultrasound* 1991; **19**: 230–234.
 9. Blaas HG, Eik-Nes SH, Vainio T, Isaksen CV. Alobar holoprosencephaly at 9 weeks gestational age visualized by two and three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **15**: 62–65.
 10. Blaas HG, Eik-Nes SH, Isaksen CV. The detection of spina bifida before 10 gestational weeks using two- and threedimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **16**:25–29.
 11. Johnson SP, Sebire NJ, Snijders RJ, Tunkel S, Nicolaides KH. Ultrasound screening for anencephaly at 10–14 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; **9**: 14–16.
 12. Timor-Tritsch IE, Monteagudo A. Transvaginal fetal neurosonography: standardization of the planes and sections by anatomic landmarks. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1996; **8**: 42–47.
 13. Malinge G, Katz A, Zakut H. Transvaginal fetal neurosonography. Supratentorial structures. *Isr J Obstet Gynecol* 1993; **4**: 1–5.
 14. Pilu G, Segata M, Ghi T, Carletti A, Perolo A, Santini D, Bonasoni P, Tani G, Rizzo N. Diagnosis of midline anomalies of the fetal brain with the three-dimensional median view. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; **27**: 522–529.
 15. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE, Mayberry P. Three-dimensional transvaginal neurosonography of the fetal brain: 'navigating' in the volume scan. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **16**: 307–313.
 16. van den Wijngaard JA, Groenenberg IA, Wladimiroff JW, Hop WC. Cerebral Doppler ultrasound of the human fetus. *Br J Obstet Gynaecol* 1989; **96**: 845–849.
 17. Filly RA, Cardoza JD, Goldstein RB, Barkovich AJ. Detection of fetal central nervous system anomalies: a practical level of effort for a routine sonogram. *Radiology* 1989; **172**: 403–408.
 18. Falco P, Gabrielli S, Visentin A, Perolo A, Pilu G, Bovicelli L. Transabdominal sonography of the cavumseptumpellucidum in normal fetuses in the second and third trimesters of pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; **16**: 549–553.
 19. Malinge G, Lev D, Kidron D, Heredia F, Hershkovitz R, Lerman-Sagie T. Differential diagnosis in fetuses with absent septum pellucidum. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; **25**: 42–49.
 20. Pilu G, Reece EA, Goldstein I, Hobbins JC, Bovicelli L. Sonographic evaluation of the normal developmental anatomy of the fetal cerebral ventricles: II. The atria. *Obstet Gynecol* 1989; **73**: 250–256.
 21. Cardoza JD, Filly RA, Podrasky AE. The dangling choroid plexus: a sonographic observation of value in excluding

ventriculomegaly. *AJR Am J Roentgenol* 1988; **151**: 767–770.

22. Cardoza JD, Goldstein RB, Filly RA. Exclusion of fetal ventriculomegaly with a single measurement: the width of the lateral ventricular atrium. *Radiology* 1988; **169**: 711–714.

23. Mahony BS, Nyberg DA, Hirsch JH, Petty CN, Hendricks SK, Mack LA. Mild idiopathic lateral cerebral ventricular dilatation in utero: sonographic evaluation. *Radiology* 1988; **169**: 715–721.

24. Bromley B, Nadel AS, Pauker S, Estroff JA, Benacerraf BR. Closure of the cerebellar vermis: evaluation with second trimester US. *Radiology* 1994; **193**: 761–763. 25. Shepard M, Filly RA. A standardized plane for biparietal diameter measurement. *J Ultrasound Med* 1982; **1**: 145–150.

26. Snijders RJ, Nicolaides KH. Fetal biometry at 14–40 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994; **4**: 34–48.

27. Pilu G, Falco P, Gabrielli S, Perolo A, Sandri F, Bovicelli L. The clinical significance of fetal isolated cerebral borderline ventriculomegaly: report of 31 cases and review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999; **14**: 320–326.

28. Kelly EN, Allen VM, Seaward G, Windrim R, Ryan G. Mild ventriculomegaly in the fetus, natural history, associated findings and outcome of isolated mild ventriculomegaly: a literature review. *Prenat Diagn* 2001; **21**: 697–700.

29. Wax JR, Bookman L, Cartin A, Pinette MG, Blackstone J. Mild fetal cerebral ventriculomegaly: diagnosis, clinical associations, and outcomes. *Obstet Gynecol Surv* 2003; **58**: 407–414.

30. Laskin MD, Kingdom J, Toi A, Chitayat D, Ohlsson A. Perinatal and neurodevelopmental outcome with isolated fetal ventriculomegaly: a systematic review. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2005; **18**: 289–298.

31. Achiron R, Schimmel M, Achiron A, Mashiach S. Fetal mild idiopathic lateral ventriculomegaly: is there a correlation with fetal trisomy? *Ultrasound Obstet Gynecol* 1993; **3**: 89–92.

32. Gaglioti P, Danelon D, Bontempo S, Mombro M, Cardaropoli S, Todros T. Fetal cerebral ventriculomegaly: outcome in 176 cases. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; **25**: 372–377. Copyright © 2007 ISUOG. Published by John Wiley & Sons, Ltd. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; **29**: 109–116.

33. Heiserman J, Filly RA, Goldstein RB. Effect of measurement errors on sonographic evaluation of ventriculomegaly. *J Ultrasound Med* 1991; **10**: 121–124.

34. Mahony BS, Callen PW, Filly RA, Hoddick WK. The fetal cisterna magna. *Radiology* 1984; **153**: 773–776.

35. Monteagudo A, Timor-Tritsch IE. Development of fetal gyri sulci and fissures: a transvaginal sonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997; **9**: 222–228.

36. Toi A, Lister WS, Fong KW. How early are fetal cerebral sulci visible at prenatal ultrasound and what is the normal pattern of early fetal sulcal development? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; **24**: 706–715.

-
37. Droulle P, Gaillet J, Schweitzer M. [Maturation of the fetal brain. Echoanatomy: normal development, limits and value of pathology]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 1984; **13**: 228–236.
38. Cohen-Sacher B, Lerman-Sagie T, Lev D, Malinger G. Sonographic developmental milestones of the fetal cerebral cortex: a longitudinal study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; **27**:494–502.
39. Robbin ML, Filly RA, Goldstein RB. The normal location of the fetal conus medullaris. *J Ultrasound Med* 1994; **13**: 541–546.
40. Crane JP, LeFevre ML, Winborn RC, Evans JK, Ewigman BG, Bain RP, Frigoletto FD, McNellis D. A randomized trial of prenatal ultrasonographic screening: impact on the detection, management, and outcome of anomalous fetuses. The RADIUS Study Group. *Am J Obstet Gynecol* 1994; **171**:392–399.
41. Ewigman BG, Crane JP, Frigoletto FD, LeFevre ML, Bain RP, McNellis D. Effect of prenatal ultrasound screening on perinatal outcome. RADIUS Study Group. *N Engl J Med* 1993; **329**: 821–827.
42. Malinger G, Lerman-Sagie T, Waternberg N, Rotmensch S, Lev D, Glezerman M. A normal second-trimester ultrasound does not exclude intracranial structural pathology. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002; **20**: 51–56.
43. Bennett GL, Bromley B, Benacerraf BR. Agenesis of the corpus callosum: prenatal detection usually is not possible before 22 weeks of gestation. *Radiology* 1996; **199**: 447–450.
44. Bromley B, Benacerraf BR. Difficulties in the prenatal diagnosis of microcephaly. *J Ultrasound Med* 1995; **14**: 303–306.
45. Schlembach D, Bornemann A, Rupprecht T, Beinder E. Fetal intracranial tumors detected by ultrasound: a report of two cases and review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1999; **14**: 407–418.
46. Simonazzi G, Segata M, Ghi T, Sandri F, Ancora G, Bernardi B, Tani G, Rizzo N, Santini D, Bonasoni P, Pilu G. Accurate neurosonographic prediction of brain injury in the surviving fetus after the death of a monozygotic twin. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; **27**: 517–521.
47. Ghi T, Simonazzi G, Perolo A, Savelli L, Sandri F, Bernardi B, Santini D, Bovicelli L, Pilu G. Outcome of antenatally diagnosed intracranial hemorrhage: case series and review of the literature. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; **22**: 121–130.
48. Ghi T, Brondelli L, Simonazzi G, Valeri B, Santini D, Sandri F, Ancora G, Pilu G. Sonographic demonstration of brain injury in fetuses with severe red blood cell alloimmunization undergoing intrauterine transfusions. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2004; **23**: 428–431.

[点击此处返回开始](#)