

## Selection of MR sequences in diagnosis of fetal spinal cord malformation

LIANG Yanshan<sup>1</sup>, ZHANG Xiaoan<sup>1</sup>, ZHAO Xin<sup>1\*</sup>, LI Hezhou<sup>2</sup>

(1. Department of Medical Imaging, 2. Department of Ultrasound, the Third Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

**[Abstract]** **Objective** To explore the value and selection of MR sequences in diagnosis of fetal spinal cord and spinal deformity. **Methods** Data of 30 fetuses underwent prenatal ultrasound screening and history abnormal fetal spinal cord and 48 h adept MRI (Haste, Trufi and SWI) targeted examination about fetal spine were retrospectively analyzed, and compared with postpartum (production or induced labor) within 6 months of follow-up results (image, surgery or autopsy). The diagnosis coincidence rate of MRI and ultrasound, and MR sequence selection for different pathological changes were compared. **Results** Among 30 fetuses, 7 were proved without deformity, 15 were found with vertebral malformation (split vertebra, half vertebra, incomplete septa, sacrococcygeal vertebra dysplasia), 5 with lower spinal cord, 3 with spina bifida or myelomeningocele, 4 with spinal cord complex malformation. Prenatal MRI diagnosis were completely consistent with follow-up results. Two fetuses of vertebral deformity, 4 of low spinal cord and 1 of meningocele, syenomyelia and longitudinal fissure were missed with prenatal ultrasound. MR Haste and Trufi sequences were satisfied in displaying the structure and deformity of fetal spinal cord, while SWI could clearly show fetal vertebral structure and deformity. **Conclusion** MR Haste and Trufi are accurate in displaying abnormalities in fetal spinal cord and spinal canal, while SWI has unique value in describing vertebral deformity.

**[Keywords]** fetus; abnormalities; spinal cord; magnetic resonance imaging; sequence

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2020.01.031

## MRI 诊断胎儿脊柱脊髓畸形及序列选择

梁艳山<sup>1</sup>, 张小安<sup>1</sup>, 赵鑫<sup>1\*</sup>, 栗河舟<sup>2</sup>

(1. 郑州大学第三附属医院医学影像科, 2. 超声科, 河南 郑州 450052)

**[摘要]** **目的** 探讨 MRI 诊断胎儿脊柱脊髓畸形的价值及序列选择。**方法** 回顾性分析产前超声疑诊胎儿脊柱脊髓异常且 48 h 内接受 MR 针对性脊柱检查(Haste、Trufi 和 SWI)的 30 胎, 分别与产后(生产或引产)6 个月内随访结果(影像学、手术或尸检)对照, 分析 MRI 与超声诊断符合率及 MR 针对不同病变的序列选择。**结果** 7 胎无畸形, 15 胎椎体畸形(裂椎、半椎体、分隔不全、骶尾椎发育不全), 5 胎脊髓低位, 3 胎脊柱裂、脊髓脊膜膨出, 4 胎脊柱、脊髓复合畸形。产前 MRI 诊断与随访结果完全一致; 产前超声漏诊椎体畸形 2 胎, 脊髓低位 4 胎, 脊膜膨出、脊髓空洞及纵裂各 1 胎。Haste、Trufi 序列可较好地显示脊柱、脊髓结构和畸形, 而 SWI 能清晰显示椎体结构和畸形。**结论** MR Haste 及 Trufi 序列显示胎儿脊髓及椎管内异常准确性较高, 而 SWI 对显示椎体畸形有独特价值。

**[基金项目]** 河南省医学科技攻关计划项目(2017T02042)。

**[第一作者]** 梁艳山(1983—), 男, 河南安阳人, 硕士, 主治医师。研究方向: 妇儿影像诊断。E-mail: 494743132@qq.com

**[通信作者]** 赵鑫, 郑州大学第三附属医院医学影像科, 450052。E-mail: 743707958@qq.com

**[收稿日期]** 2019-06-25 **[修回日期]** 2019-07-23

[关键词] 胎儿; 畸形; 脊髓; 磁共振成像; 序列

[中图分类号] R714.5; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2020)01-0111-05

胎儿脊柱、脊髓畸形是临床较常见先天性畸形之一,常相互关联、相互影响<sup>[1-2]</sup>,出生后引起脊柱侧弯、下肢发育及行走异常、大小便失禁等严重并发症<sup>[3-4]</sup>;胎儿期明确诊断,对于产前和产后早期干预均具有重要意义。MRI 以其无辐射、大视野、高分辨率,不受脂肪、羊水、胎位影响等特点而日益受到临床重视<sup>[5]</sup>。目前半傅里叶采集单次激发快速自旋回波(half-fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, Haste)和真实稳态进动快速成像(true fast imaging with steady-state precession, Trufi)已日渐成熟;磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)能克服胎动的影响。本研究对比 MR 快速成像序列诊断胎儿脊柱脊髓畸形与产前超声(ultrasound, US)的符合率,探讨其应用价值。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 搜集 2017 年 1 月—2018 年 11 月郑州大学第三附属医院产前 US 疑诊胎儿脊柱和(或)脊髓异常、并于 48 h 内接受针对性 MR 检查的孕妇资料。纳入标准:胎儿 US、MRI 资料齐全,且有随访结果(产后影像学复查、手术病理或引产尸检)。排除标准:资料不全或图像质量不佳,无法用于诊断或失访。30 例孕妇纳入研究,年龄 21~43 岁,平均(28.3±4.8)岁;均为单胎妊娠,孕龄 22~38 周,平均(31.6±3.5)周。

1.2 MRI 检查方法 采用 Siemens Magnetom Skyra 3.0T 超导型 MR 扫描仪,梯度场强度 45 mT/ms,18 通道相控阵体部表面线圈。嘱孕妇仰卧,头先进。先行孕妇中下腹部三正交平面定位扫描,再行胎儿目标脊柱定位扫描,最后以超声疑诊胎儿脊柱脊髓异常部位为中心,行矢状位、冠状位及轴位 Haste 和 Trufi,SWI 和 T1 二维快速小角度激励(Flash)序列扫描。参数:①Haste,TR 1 400 ms,TE 63 ms,FA 120°,矩阵 256×208,层厚 3 mm,层间距 0~10%,层数 16~20 层,FOV 380 mm×380 mm,1 次激励,扫描时间:每层 0.5~1.0 s,1 次 10~20 s;②Trufi,TR 750 ms,TE 2.4 ms,FA 57°,矩阵 256×220,层厚 3 mm,层间距 -20%~0,层数 16~20 层,FOV 380 mm×380 mm,1 次激励,扫描时间:每层 0.5~1.0 s,1 次 10~20 s;③SWI,采用三维梯度回波序列,TR 10 ms,TE 5.54 ms,FA 15°,矩阵 256×220,层厚

2~3 mm,层间距 0,层数 16~20 层,FOV 380 mm×380 mm,1 次激励,扫描时间:1 次 15~18 s;④T1W,采用二维 Flash 序列,TR 121 ms,TE 2.5 ms,FA 70°,矩阵 256×220,层厚 3 mm,层间距 0~10%,层数 16~20 层,FOV 380 mm×380 mm,1 次激励,扫描时间:1 次 10~20 s。疑诊脊柱畸形时,以冠状位及矢状位为主;疑诊脊髓畸形则以矢状位为主,同时注意冠状位及轴位。Haste、Trufi 和 T1 Flash 均于孕妇平静呼吸状态下扫描,SWI 在孕妇 1 次屏气的 18 s 内完成扫描,总用时 7~15 min。各序列扫描均将特异性吸收率(specific absorption rate, SAR,生物体单位质量所吸收的电磁辐射功率)严格控制在 3 W/kg 以下。

1.3 图像分析 由两名 5 年以上产科及新生儿科影像学诊断经验的医师进行胎儿 MRI 描述和诊断,意见不一致时经科室集体会诊决定。以产后(生产或引产)6 个月内随访结果(影像、手术或尸检)为标准,分别将胎儿产前 US 及 MRI 诊断结果与之进行对照,计算并比较 US 及 MRI 诊断符合率。采用半定量分析法评价 Haste、Trufi 及 SWI 显示胎儿脊柱脊髓畸形的图像质量和诊断价值。“+”表示图像显示不满意,不能做出诊断;“++”表示图像显示中等,可满足一般诊断要求;“+++”表示图像显示满意,能满足最佳诊断要求。对不同序列对每种病变显示满意度的平均“+”数进行列表比较。

## 2 结果

本组 30 胎产前诊断明确后,6 胎接受引产,之后对 4 胎行尸体外观检查及尸体影像学检查、2 胎行尸体解剖;24 胎继续妊娠并出生,出生后 6 个月内手术及病理证实 10 胎,14 胎经 MR 和/或 CT 明确诊断。

随访结果显示,7 胎无畸形,15 胎椎体畸形(裂椎 4 胎、半椎体 7 胎、分隔不全 2 胎、骶尾椎发育不全 2 胎),5 胎脊髓低位(1 胎伴脊髓纵裂),3 胎脊柱裂、脊髓脊膜膨出(脊膜膨出 1 胎,脊髓脊膜膨出 2 胎,伴脊髓空洞、脊髓纵裂各 1 胎),4 胎脊柱脊髓复合畸形(1 胎伴单侧肾积水)。见图 1~3。

产前 US 漏诊 2 胎椎体畸形[13.33%(2/15),1 胎裂椎、1 胎小半椎体];漏诊脊髓低位 3 胎[60.00%(3/5)];漏诊脊髓脊膜膨出 1 胎[33.33%(1/3)];漏诊脊髓空洞 1 胎[100%(1/1)];漏诊脊髓纵裂 1 胎[50.00%(1/2)]。产前 US 诊断胎儿椎体畸形的符合

率为 86.67% (13/15), 诊断脊髓畸形的符合率为 50.00% (4/8)。另 7 胎正常脊柱因曲度异常、排列不规则或骨化欠均匀而疑诊脊柱畸形或畸形待排, 产前 US 诊断脊柱脊髓畸形的总符合率为 56.67% (17/30)。产前 MRI 诊断与随访结果完全一致, 诊断符合率达 100%; MR 于 8 胎 [26.67% (8/30)] 补充了 US 诊断, 于 7 胎 [23.33% (7/30)] 明确或纠正了 US 诊断。

Haste、Trufiv 序列显示脊柱脊髓结构和畸形较好, 而 SWI 显示椎体结构和畸形图像清晰, 效果满意。见表 1。

### 3 讨论

3.1 胎儿脊柱脊髓的发育 受精后第 17~30 天, 胚胎尾段神经管闭合, 此时如某些因素导致闭合受阻, 即

可发生脊柱裂与脊髓脊膜膨出。胚胎第 4~8 周, 脊柱椎骨开始由生骨节细胞迁移而来, 向内侧迁移包绕脊索, 再经软骨化骨而形成椎体; 向背侧迁移包绕神经管, 形成椎骨左右椎弓。若此期间椎体一侧骨化中心未形成、两侧骨化中心未融合或上下异常融合、椎弓骨化中心缺失、未融合, 即可发生半椎体、裂椎(或称蝴蝶椎)、融椎(或称分割不全)及脊柱裂等畸形。胚胎第 8~9 周, 椎体骨化中心在下段胸椎、上段腰椎首先骨化, 而后以此为中心向脊柱头尾侧逐渐骨化, 椎弓骨化晚于相应椎体。骶尾椎椎体约在孕 17~18 周骨化, 骶尾椎椎弓在孕 21 周后方骨化<sup>[6]</sup>。本组 30 胎, 孕周 22~38 周, 处于检查胎儿脊柱的最佳时期; 且随孕周增长, 脊柱骨化程度越来越高, 成像越来越清晰。

表 1 Haste、Trufi 及 SWI 显示胎儿不同脊柱脊髓病变的满意度

MR 序列	脊髓空洞	脊髓纵裂	脊髓低位	脊髓脊膜膨出	脊柱裂	椎体畸形*
Haste	+++	+++	+++	+++	++	++
Trufi	++	++	+++	+++	++	++
SWI	+	+	+	++	+++	+++

注: \* : 包括裂椎、半椎体、椎体融合、骶尾椎发育不全等

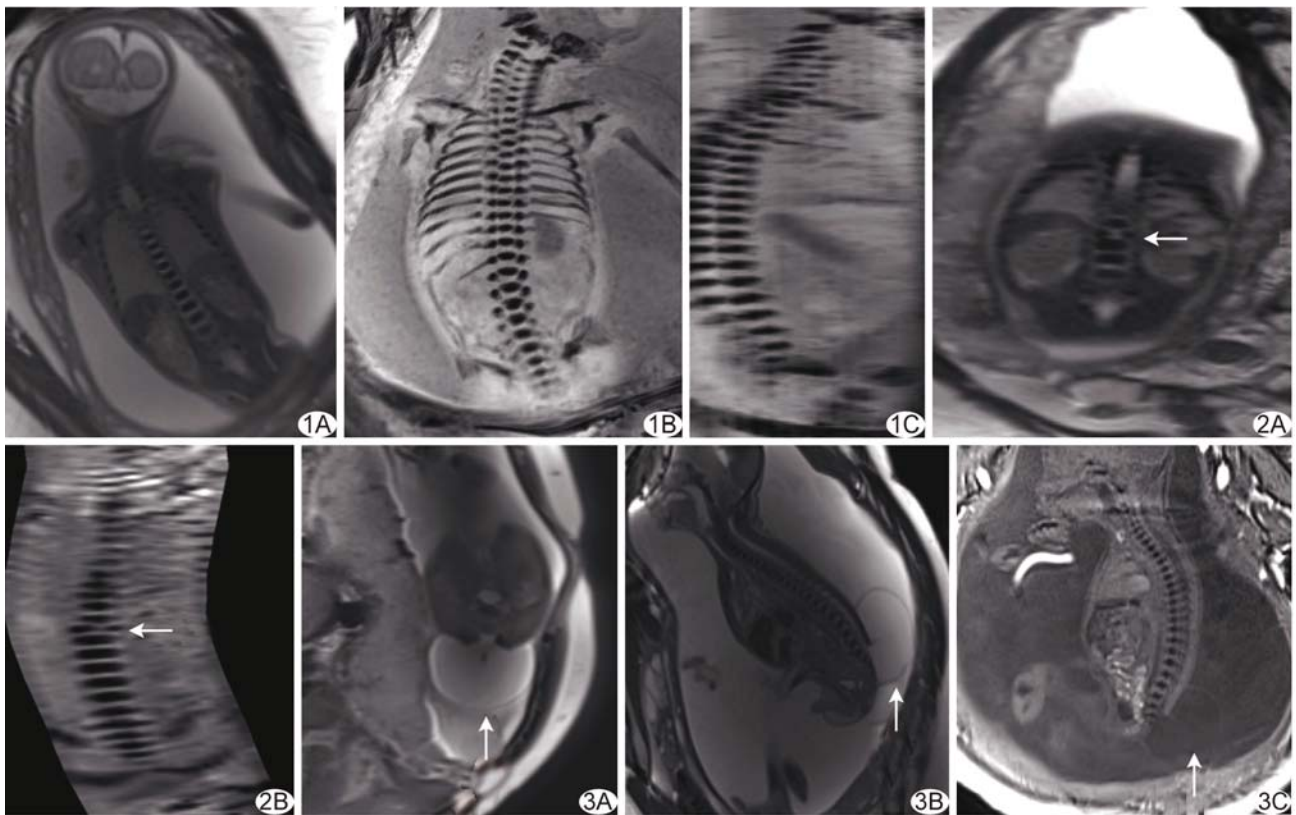


图 1 孕妇 31 岁, 孕 26 周, 胎儿正常脊柱 A. 冠状位 Trufi 序列图像; B. 冠状位 SWI Mini IP 图像; C. 矢状位 SWI Mini IP 图像 图 2 孕妇 28 岁, 孕 25 周, 胎儿 T12 裂椎 A. 冠状位 Trufi 序列图像; B. 冠状位 SWI 图像 箭示裂椎 图 3 孕妇 32 岁, 孕 23 周, 胎儿骶尾部脊髓脊膜膨出 A. 轴位 Trufi 序列图像; B. 矢状位 Trufi 序列图像; C. 矢状位 SWI 图像 箭示膨出

3.2 US 与 MRI 对比 目前产前 US 仍是评价胎儿发育的首选方法<sup>[7]</sup>, 但有其局限性。本组 2 胎裂椎及小半椎体, 因胎盘前壁、胎儿脊柱后位时显像质量差而致 US 漏诊; 2 胎脊髓空洞、纵裂, US 因软组织分辨率及空间分辨率相对较低而漏诊; 1 胎脊膜膨出, US 因孕妇肥胖、羊水过少、合并子宫肌瘤且膨出物小而漏诊; 3 胎脊髓低位, US 因孕晚期胎儿臀位受母体骨盆及胎儿骨骼对声波穿透性的影响而显影不佳、脊髓圆锥定位不准。MRI 不受上述因素的影响<sup>[8]</sup>, 且视野大、软组织分辨率及空间分辨率高, 在显示胎儿脊柱的同时, 对显示椎管内病变、膨出内容物有独到之处, 可直接观察有无裂椎、半椎体、融椎、骶尾椎退化等畸形, 清晰显示脊膜膨出物内是否含有脊髓、马尾等神经组织。本组 7 胎 US 疑诊椎骨排列、曲度异常、骨化欠均匀, 但 MRI 未见畸形而继续妊娠; US 漏诊大部分胎儿脊髓低位、空洞及纵裂, 提示其显示胎儿椎管内脊髓存在不足。本研究通过选择应用不同 MR 序列, 清晰显示了胎儿小的椎体裂隙、半椎体及椎管内骨性隔刺、脊髓低位、空洞、纵裂、膨出内容物成分及其与周围软组织的关系, 及时补充或纠正了 US 诊断, 提示其具有不受孕妇体型、羊水量、胎位及骨性结构影响的优势。

3.3 MR 序列选择 MRI 诊断胎儿脊柱脊髓畸形的优势源于快速成像序列的发展及显像能力的增强。Haste、Trufi 及 SWI 序列在显示胎儿脊柱脊髓畸形方面具有关键作用。

Haste 及 Trufi 均属 T2 序列, 胎儿椎骨骨化中心呈低信号, 椎间盘呈高信号, 脑脊液呈高信号, 脊髓呈中低信号。Haste 序列软组织分辨率较高, 观察椎管内结构、膨出物及与周围软组织关系较佳, 但显示椎骨骨化中心细节欠清晰。Trufi 序列在保证软组织分辨率的同时, 显示骨性结构的能力明显增强, 既可显示脊髓、膨出内容物等软组织成分, 也能清晰显示椎体轮廓等骨性结构。

SWI 以血液产物、非血红素铁、静脉结构等顺磁性物质为基础成像, 既往主要用于诊断颅脑出血及血管性病变<sup>[9]</sup>。本研究中 SWI 以骨性结构中钙质的强烈反磁性特点为成像基础, 骨骼中的钙质是反磁体, 可使体素内质子失相位、T2\* 值缩短, 造成局部磁场不均匀和体素内信号降低, 使骨质明显发黑(即“黑骨”效应), 增强与周边软组织的对比而被清晰勾画出来, 对于显示胎儿脊柱椎骨具有独特优势, 还可同时显示胎儿肋骨、颅骨、骨盆等骨性结构, 虽然在一定程度上损失了软组织对比度, 但可通过 Haste、Trufi 加以弥

补<sup>[10]</sup>。本研究 SWI 采用三维容积扫描, 薄层、无间隔, 实现了各向同性, 使空间分辨率大为提高, 支持多平面重建和最小强度投影等后处理, 可仅经由一次冠状位扫描而重建脊柱矢状位图像, 也能将冠状位图像叠加投影, 将脊柱颈胸腰骶各段及肋骨等同时完整地显示在一个平面上, 有利于显示肋骨和定位椎体; 对于裂椎、半椎体、脊柱裂等畸形, 以冠状位观察为佳, 对上下椎骨融合则冠状位及矢状位均可。SWI 对运动较为敏感, 前期需要进行解释、沟通, 于胎动较少时, 嘱孕妇吸气后屏气扫描约 15~18 s, 其多能较好完成扫描。

在上述序列之外, 本研究常加扫 T1 Flash 序列, 虽对显示椎骨及脊髓等结构无优势, 但可清晰显示出血、脂肪及胎粪等明显高信号, 有利于发现出血, 鉴别骶尾部畸胎瘤、胎粪性腹膜炎等病变。

总之, 综合应用 MR 快速序列 Haste、Trufi 及 SWI 等, 对于显示胎儿脊柱脊髓畸形独特优势。当产前 US 筛查观察胎儿脊柱脊髓不清或诊断不明确、不充分时, 可以选择进行胎儿 MR 检查, 往往能获得更多信息, 为临床处理提供更多依据和指导<sup>[11-12]</sup>。但本组样本量较少, 有待扩大样本量进一步观察。

#### [参考文献]

- [1] 殷星, 李洁, 赵鑫, 张力莹, 等. 3.0 T MRI 在胎儿脊柱及脊髓病变中的诊断探讨[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(4): 719-722.
- [2] 张迎华, 王光彬, 马玉香. 超声与磁共振成像诊断胎儿脊柱与脊髓发育异常的对照研究[J]. 中华妇产科杂志, 2010, 45(3): 174-178.
- [3] 刘福云, 骆晓飞, 夏冰, 等. 小儿先天性脊柱侧弯合并椎管内神经畸形的临床研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20(9): 789-791.
- [4] 马斌, 王艺璇, 李天刚. 产前超声诊断胎儿脊髓纵裂合并开放性脊柱裂 1 例[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(11): 1760.
- [5] 马晓亮. 磁共振成像在胎儿中枢神经系统中的应用进展[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(6): 1056-1060.
- [6] BAREGGI R, GRILL V, ZWEYER M, et al. A quantitative study on the spatial and temporal ossification patterns of vertebral centra and neural arches and their relationship to the fetal age[J]. Ann Anat, 1994, 176(4): 311-317.
- [7] REDDY U M, ABUHAMAD A Z, LEVINE D, et al. Fetal imaging: Executive summary of a Joint Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development, Society for Maternal-Fetal Medicine, American Institute of Ultrasound in Medicine, American College of Obstetricians and Gynecologists, American College of Radiology, Society for Pediatric Radiology, and Society of Radiologists in Ultrasound Fetal Imaging Workshop. [J]. Am J Obstet Gynecol, 2014, 210(5): 387-397.
- [8] 张恒, 宁刚. 《美国胎儿影像指南(2014)》胎儿 MRI 检查部分解读[J]. 中华妇幼临床医学杂志(电子版), 2017, 13(3): 276-280.

- [9] HAACKE E M. Susceptibility weighted imaging (SWI) [J]. *Z Med Phys*, 2006, 16(4):237.
- [10] DUCZKOWSKA A, BEKIESINSKA-FIGATOWSKA M, HERMAN-SUCHARSKA I, et al. Magnetic resonance imaging in the evaluation of the fetal spinal canal contents [J]. *Brain Dev*, 2011, 33(1):10-20.
- [11] PASSIAS P G, POORMAN G W, JALAI C M, et al. Incidence of congenital spinal abnormalities among pediatric patients and their association with scoliosis and systemic anomalies [J]. *J Pediatr Orthop*, 2019, 39(8):e608-e613.
- [12] SIMON E M. MRI of the fetal spine [J]. *Pediatr Radiol*, 2004, 34(9):712-719.

## Typical IgG4-related hypophysitis: Case Report 典型 IgG4 相关性垂体炎 1 例

江晨雨, 王振常, 杨正汉, 赵鹏飞\*

(首都医科大学附属北京友谊医院放射科, 北京 100050)

[**Keywords**] immunoglobulin G; pituitary diseases; magnetic resonance imaging; diagnosis

[**关键词**] 免疫球蛋白 G; 垂体疾病; 磁共振成像; 诊断

DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2020.01.032

[**中图分类号**] R584; R445.2 [**文献标识码**] B [**文章编号**] 1003-3289(2020)01-0115-01

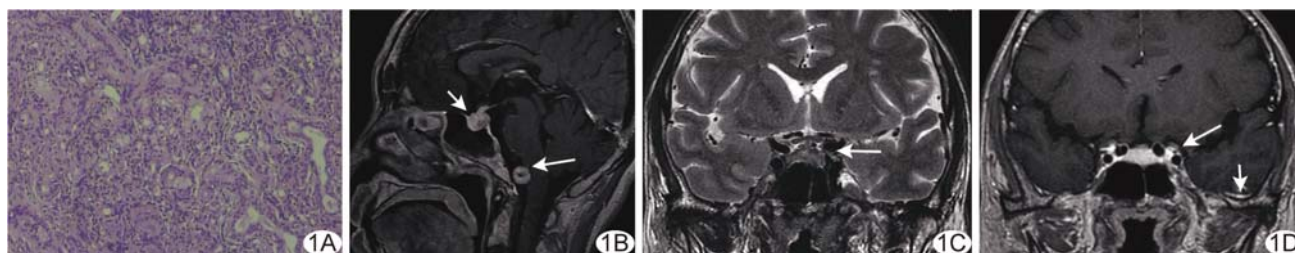


图 1 IgG4 相关性垂体炎 A. 唇腺病理图(HE, ×200); B. 增强矢状位 T1WI 示垂体柄增粗、明显强化(短箭), 基底动脉管壁增厚强化(长箭); C. 冠状位 T2WI 示左侧海绵窦不规则异常信号(箭); D. 增强冠状位 T1WI 示左侧中颅窝底脑膜增厚强化(短箭), 左侧海绵窦、三叉神经节及圆孔区异常强化(长箭)

患者女, 60 岁, 因口干、眼干 1 年就诊; 既往糖尿病史 5 年, 血糖控制欠佳。查体: 双侧颌下腺肿大, 无压痛。实验室检查: 红细胞沉降率 60 mm/h, 免疫球蛋白 G (immunoglobulin G, IgG) 2 230.0 mg/dl, IgG1 11.2 g/L, IgG2 15.0 g/L, IgG4 26.9 g/L; 类风湿因子、抗双链 DNA 抗体及抗 Sm 抗体阴性。行经皮唇腺穿刺活检, 见小叶腺泡萎缩, 多量淋巴浆细胞浸润, 间质导管增生扩张(图 1A); 免疫组织化学染色: IgG4(散在+, 20 个/HPF), CD138(+), IgG(+), CD38(+); 提示 IgG4 相关性疾病。垂体 MRI: 垂体形态饱满, 约 1.3 cm × 1.8 cm × 1.1 cm, 垂体柄(约 0.4 cm)增粗, T1WI 垂体后叶未显示, T2WI 垂体信号不均匀, 增强后垂体及垂体柄明显强化; 左侧海绵窦、三叉神经节及圆孔区不规则软组织信号, 明显强化, 邻近脑膜及基底动脉管壁增厚, 均匀强化(图 1B~1D); 考虑 IgG4 相关性疾病累及垂体、基底动脉。予静脉滴注环磷酰胺 0.6 g, 降糖

治疗 3 天后, 患者症状明显减轻; 复查红细胞沉降率 2 mm/h。

**讨论** IgG4 相关性疾病为系统性炎性病变, 主要特征是血清 IgG4 水平升高和多器官多系统 IgG4 阳性浆细胞浸润。IgG4 相关性垂体炎好发于 56~64 岁男性, 主要症状为尿崩症或垂体功能减退; 诊断依据包括: ①单独垂体病理诊断; ②垂体 MR 异常表现伴其他部位病理检查诊断为 IgG4 相关性疾病; ③垂体 MRI 异常表现+血清 IgG4 水平升高+激素治疗反应良好。本例临床及垂体 MRI 检查所见符合 IgG4 相关性垂体炎表现。

本病多出现垂体及垂体柄同时增大, 部分伴邻近脑膜炎、海绵窦炎及鼻窦炎等, 临床与影像学表现均缺乏特异性。本例除垂体病变外, 还可见海绵窦及颅底孔道异常强化, 脑膜及基底动脉管壁增厚强化。鉴别诊断包括淋巴细胞性垂体炎、垂体腺瘤、结节病、生殖细胞瘤、朗格汉斯细胞组织细胞增生症及结核等。

[**基金项目**] 国家自然科学基金(61527807、81701644、61801311)、北京市自然科学基金(7172064、7182044)。

[**第一作者**] 江晨雨(1994—), 男, 安徽阜阳人, 在读硕士。E-mail: 529912229@qq.com

[**通信作者**] 赵鹏飞, 首都医科大学附属北京友谊医院放射科, 100050。E-mail: zhaopengf05@163.com

[**收稿日期**] 2019-03-14 [**修回日期**] 2019-06-21