

不同时间窗 fMRI 诊断新生儿缺氧缺血性脑病的研究进展

王凡 综述 李红 审校

【摘要】 新生儿缺氧缺血性脑病(HIE)是儿童神经系统损伤的常见原因之一,严重者将造成永久性神经损害,因此早期诊断 HIE 对患儿的预后评价和及早制订治疗方案具有重要的临床意义。探讨 HIE 的早期评价方法是目前亟待解决的问题。磁共振扩散加权成像(DWI)、扩散张量成像(DTI)、磁共振波谱成像(MRS)是近年来在探讨 HIE 早期诊断方面应用较多的 MR 功能成像技术。三种技术对 HIE 的诊断有着各自不同的特定时间窗,因此通过对不同时间窗 HIE 进行影像学检查,探索不同时间窗的最佳检查方法和手段,可为 HIE 的早期诊断和预后评价提供更准确的依据。

【关键词】 新生儿缺氧缺血性脑病; 磁共振成像; 扩散加权成像; 早期诊断; 预后评价

【中图分类号】 R445.2; R722.12 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)08-0876-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.08.018

新生儿缺氧缺血性脑病(hypoxic-ischemic encephalopathy, HIE)是由于新生儿围生期窒息缺氧而导致围产期足月儿脑部损伤的疾病^[1]。HIE 是胎儿期窒息、产程中窒息及新生儿期窒息缺氧引起一系列脑损伤,导致婴幼儿神经系统功能障碍,严重威胁小儿健康状况及生命安全,并且已经成为新生儿死亡的主要原因^[2]。患儿常出现意识障碍、原始反射改变和脑干受损的症状,严重者可能造成永久性神经功能损害^[3],日后将引发脑瘫和癫痫等致残疾病,严重危害患儿的生活质量^[4]。因此, HIE 的早期诊断和及时治疗对病情评估和改善预后具有重要意义。磁共振成像具有组织分辨力高、无创、多方位成像等优点,而且是目前唯一能在活体上观察小儿脑髓鞘化进程的检查方法。一些功能 MRI 的新技术如磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)、扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)、磁共振波谱成像(magnetic resonance spectroscopy, MRS)等在临床上已经应用于对 HIE 患儿进行早期诊断,尤其是近年来,一些学者对不同时间窗 HIE 的特征性表现进行研究,引起了医学界的高度关注。本文结合国内外相关文献,对磁共振功能成像在不同时间窗新生儿缺氧缺血性脑病中的诊断价值进行分析和总结。

HIE 的病理生理和发病机制

新生儿脑部处于一个继续发育、代谢较快的阶段,需要大量的氧气供应和能量消耗^[5]。HIE 发病的关键是缺氧,在缺氧的基础上产生一系列病理生理和生化改变,如再灌注损伤及氧自由基对脑细胞损害、钙通道开放和细胞内钙超载、兴奋性氨基酸毒性作用等,最终导致细胞死亡^[6]。新生儿脑部供氧主要依赖于血液循环,缺氧使脑血流量减少,进一步加重脑缺血和细胞能量代谢障碍,围生期新生儿一旦缺血缺氧后,脑功能瞬间受到破坏,代谢受阻,导致细胞和组织水肿,脑部发育停止,对新生儿脑和神经发育产生不可逆损伤。脑血流及氧供应减少使细胞能量代谢障碍,ATP 生成减少,脑组织有氧代谢减弱,无氧酵解增加,糖酵解时产能效率低,葡萄糖消耗增加且产

生大量的乳酸,乳酸堆积引起细胞酸中毒,进而破坏细胞器,致使细胞变性、坏死。缺血 2h 后脑内神经细胞即可发生嗜酸样变性,2~3d 后轴索变性^[7]。缺氧缺血使 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 泵的功能受损,细胞膜通透性增加, Na^+ 及水分子进入细胞内,使细胞肿胀,形成细胞毒性水肿。缺氧可使脑血管通透性增大,导致血管内 Na^+ 、蛋白成分和水等多种血浆成分漏出至血管外,即形成血管源性水肿。细胞毒性水肿及血管源性水肿均可使颅内压增高,影响静脉回流,细胞肿胀压迫毛细血管,进一步使脑血流减少,缺氧更加严重,形成恶性循环。静脉回流受阻、淤血及缺氧等可引起血管通透性及脆性增加,使血管易破裂进而引起出血,常见的出血部位为蛛网膜下腔、脑室内、硬膜下及脑实质出血。

MR 平扫在 HIE 诊断中的应用

T_1WI 、 T_2WI 、 $\text{T}_2\text{-FLAIR}$ 序列是 HIE 的常规扫描序列,可明确显示新生儿 HIE 的病变位置、范围及数目,为临床诊断提供有力依据,有助于指导临床医师制订最佳治疗措施及评估预后。HIE 受胎龄、受检时间、缺氧缺血持续时间及严重程度等因素的影响,可导致不同类型的脑损伤^[8]。不同 MRI 序列对不同类型 HIE 的诊断价值有所不同,国外有少量文献对其进行了探讨^[9]。

在 T_1WI 序列上缺血性脑损伤大部分呈高信号,原因为血管发生不完全阻塞后出现反应性充血,大分子物质如血浆蛋白等渗出或缺血后神经细胞发生坏死,使病变区组织的 T_1 值缩短^[10]。Lishya 等^[9]对 40 例有缺氧病史的足月新生儿行颅脑 MRI 检查,发现 T_1WI 对基底节、丘脑病变的显示效果最佳。Forbes 等^[11]研究 DWI 序列对新生儿 HIE 的诊断价值,其结果表明 T_1WI 对于显示足月新生儿 HIE 深部白质或灰质损伤较 DWI 更有优势。在 T_2WI 上缺血脑白质可显示为高信号或低信号,有学者认为脑组织的血管源性水肿是产生 T_2WI 高信号的主要原因, T_2WI 对其较敏感,即使新生儿脑组织髓鞘化较少及含水较多,病变也易于显示^[12]。 T_2WI 显示低信号的机制,有研究表明是少量出血所导致^[13]。 T_1WI 及 T_2WI 对于较大范围的脑实质出血及脑室出血比较容易诊断。有研究表明,新生儿 $\text{T}_2\text{-FLAIR}$ 图像上出现的脑室周围低信号是脑白质慢性损伤的表现^[14]。Iwata 等^[15]指出, $\text{T}_2\text{-FLAIR}$ 可显示出出生后 1~3 周脑白质的异常信号,因此可用于观察病程后期的脑损伤。

作者单位:443001 湖北,三峡大学医学院附属仁和医院放射科

作者简介:王凡(1989—),女,湖北咸宁人,硕士研究生,住院医师,主要从事影像医学与核医学研究工作。

通讯作者:李红, E-mail:lihong0717623@sina.com

T₂-FLAIR 对于新生儿 HIE 的囊性病变的显示较 T₁WI 及 T₂WI 更为敏感,然而在显示脑的髓鞘化方面不及 T₁WI 及 T₂WI,因此不能相互替代^[16]。

虽然常规 MRI 对诊断 HIE 具有较大优势,但是在发病的最初几小时或早期阶段,常规 T₁WI 及 T₂WI 上往往并无异常发现^[17],因此应用 T₁WI 及 T₂WI 对 HIE 进行早期分级评估具有一定的局限性,还需结合 MR 功能成像的其它新技术才能获得更明确的诊断。

DWI 在 HIE 的早期诊断价值

DWI 对 HIE 的早期诊断具有其它影像学技术所无法替代的作用。DWI 可通过水分子扩散运动的情况来反映组织病变的特征,目前已较广泛地应用于新生儿脑部病变的检测^[18]。脑缺血缺氧数分钟后即可出现脑组织细胞毒性脑水肿,使水分子扩散系数降低^[19]。细胞水肿引起细胞外间隙减小,细胞外间隙路径更为迂曲;细胞内水分子扩散受细胞器等限制,粘滞度增加;加上细胞外游离水减少,进一步导致缺血区水分子扩散受限^[20]。DWI 是一种在分子运动水平上分析病变内部结构及组织成分的无创性功能成像方法,是目前唯一的一种能在活体内检测细胞内外水分子扩散性能的影像学方法^[21],能较常规 MRI 序列更早发现脑内缺氧缺血性病灶。常规 MRI 可评价 HIE 的亚急性期和慢性期病变,一般于出生后 7 天才能进行初查^[22],因此对 HIE 的诊断有一定的局限性。Dag 等^[23]对 HIE 患儿在出生后 24h 内行常规 MRI 及 DWI,在患儿 3、6 个月时进行临床神经功能测试,结果表明:与常规 MRI 相比,DWI 不仅能早期发现病灶,而且能预测神经后遗症出现的可能性。缺氧性脑损伤的病理变化决定了 DWI 检查有一个时间窗,马得廷等^[17]研究认为 DWI 检查的最佳时间窗为出生后 4d 内,4d 后则以 T₁WI 序列更为敏感。

DWI 通过测量表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值,能更客观地描述病变的程度,尤其在严重窒息所致的弥漫性病变,在缺乏正常组织对比的情况下,ADC 值更具有参考价值。ADC 值反映的是水分子扩散的各向同性,其对急性期 HIE 的诊断敏感性和特异性都非常高,能在一定程度上预测患者的预后。多数学者认为,ADC 值在 HIE 的早期诊断中具有重要价值,在常规 MRI 显示为阴性时即可发现 HIE 患儿脑组织的 ADC 值降低,因此能早期发现病变并为临床采取神经保护治疗提供时间窗^[24]。DWI 信号的高低与 ADC 密切相关,ADC 值与水分子的扩散率成正比,即扩散率越高,ADC 值越大,在 DWI 上表现为低信号,反之则表现为高信号。ADC 值的测量将水分子的扩散能力进行量化,它只含有单一的扩散信息,因而不会受到 T₂ 信息的影响。HIE 脑损伤产生细胞毒性水肿,脑组织的 ADC 值降低,在损伤后数小时内即可显示,其最低值出现在损伤后约 1~2d,然后呈逐渐上升的趋势,至第 8d 时可出现假正常值的表现^[25]。DWI 对早期缺血性脑部病变的检出非常有效,但是,DWI 的结果和患儿受检查时的出生日龄存在相关性。Zarifi 等^[26]研究发现,出生后 10d 内 ADC 值与患儿的预后无显著相关性。Rutherford 等^[27]对 63 例 HIE 患儿进行了为期 2 周的随访,发现 ADC 值在第 1 周明显减低,第二周仅丘脑的 ADC 值增高,其余部位 ADC 值假正常化的时

间可以在 7d 以后。Johnson 等^[28]认为扩散异常预示着预后不良,由于 DWI 对 HIE 有如此高的敏感性,因此他们认为 DWI 可应用于排除 HIE 后遗症发生的可能性。雷学维等^[29]的研究表明,DWI 可作为早期检测 HIE 的重要手段,能在 24~72h 内对中、重度 HIE 的诊断提供可靠的客观依据。为治疗赢得宝贵时间,进而增加抢救成功率,并可早期评价 HIE 患儿的预后。

但是 HIE 患儿的 DWI 检查必须在敏感时间窗内,假如检查时间处于 ADC 值假正常化期间,DWI 未必能显示病变。新生儿脑组织含水量明显高于成人,成人和新生儿因缺血缺氧导致的扩散受限,即使扩散受限程度基本相同,但在 DWI 上可能表现却有明显不同,小病灶可能会被遗漏。此外,在 HIE 患儿损伤早期(24h 以内),DWI 可能低估病变的程度和范围。Takeoka 等^[30]报道 1 例 HIE 患儿在出生后第 1、3 天分别行 DWI 检查,发现第 2 次检查时病变范围明显扩大,推断 DWI 可能低估损伤范围及损伤程度。因此,单独应用 DWI 来评估 HIE 存在局限性^[31],应结合多种序列(如磁共振波谱成像、扩散张量成像等)进行综合分析。

DTI 在 HIE 中的应用

磁共振扩散张量成像(DTI)是反映脑白质神经纤维束微观结构的一种新技术,能够无创性地对白质纤维束的发育状况进行定量评价,并且对发现脑白质损伤较常规 MRI 更敏感^[32]。DTI 还可以观察脑白质的发育状况及病理状态下的受损情况。Takeda 等^[33]发现,在评价脑髓鞘发育过程中,各向异性扩散改变出现最早,表明 DTI 有利于早期发现 HIE 造成的脑白质损伤。由于大脑白质的纤维排列方式、密集程度及是否存在髓鞘化等都会影响水分子的扩散,使在垂直于纤维走行方向上的扩散程度明显小于与纤维走行一致的方向,呈现高度的各向异性。DTI 利用这一特点,可以显示出神经纤维的传导通路或神经纤维束的走向、中断及破坏等。DTI 不仅可以直观地观察到神经束的走行,而且可通过 FA 值的定量分析来评估髓鞘发育情况。FA 值能反映各向异性的程度,FA 值越大,各向异性越强,在 FA 图上显示的信号越高,提示神经纤维的髓鞘形成越完善,而 FA 值的降低反映了白质受损的程度。因此,FA 值的测量有利于早期发现 HIE 引起的轴索和髓鞘的损伤,这是 ADC 值和常规 MRI 所无法比拟的。FA 值还可进一步定量评估 HIE 患儿的预后。唐梅丽等^[34]对 96 例 HIE 患儿在其生后 12d 内进行 DTI 扫描,并在 6 个月~3 岁时进行复查,发现初查时的 FA 值与中国儿童发育中心(children's developmental center of china, CDCC)智能评分相关,内囊后肢 FA 值 ≥ 0.391 、胼胝体压部 FA 值 ≥ 0.437 者预后良好。Ward 等^[35]报道脑白质的 FA 值是预测 HIE 患儿预后的最好指标,并认为其预测能力是由于 FA 值的敏感性,而不仅仅是没有假性正常化。对 HIE 患儿,DTI 可量化显示脑内各个方向上的扩散受限情况,因而较 ADC 值能更全面地反映白质纤维束的受损情况、显示髓鞘形成障碍,因此能较好地评价 HIE 患儿脑损伤的严重程度及评估预后。DTI 能客观反映新生儿 HIE 脑损伤的类型和严重程度,为临床上早期治疗提供有力依据,值得推广应用。但是,需要指出的是,目前国内外应用 DTI 进行 HIE 早期诊断的研究非常少。并且由于成像设备及参数、感兴趣区(ROI)的选择等不同因素,所测得的 FA 值存在较大差异,使各研究者的数据不具有

可比性,限制了 FA 值在临床上的广泛应用。

MRS 的应用

MRS 是测定活体内某一特定组织区域化学成分的唯一的不损伤技术,其中以质子磁共振波谱成像在临床上的应用最广泛^[36]。在正常新生儿颅脑¹H-MRS 中,可见 NAA、Cho、Cr 峰高耸,Lac 峰低平。Cho 波为波谱中的最高峰,位于 3.2ppm 处;Cho 是神经递质的重要组成部分,与髓鞘形成密切相关,反映细胞膜合成情况;NAA 波峰低于 Cho 峰,位于 2.02ppm 处,NAA 在神经元细胞中合成并释放,其含量变化反映了神经元的功能状况,是反映神经元功能的标志;Cr 峰位于 3.0ppm 附近,在脑内不同代谢条件下 Cr 的含量较稳定,故常用作参考值来反映其它代谢产物的变化;Lac 峰低平,位于 1.33ppm 处,乳酸是葡萄糖的无氧代谢产物^[37]。

有文献报道,MRS 对 24h 内 HIE 的诊断较 DWI 敏感,在脑损伤早期即可预测患儿未来 24 个月的神经功能的变化情况^[38-40]。可见,MRS 在不同时间窗对 HIE 的诊断及预后评估具有十分重要的价值。通过测量不同化学物质的进动频率值来区分不同的物质,MRS 能无创地检测脑代谢物的含量变化,能够了解缺血缺氧对新生儿脑代谢的影响和神经元受损的情况,可以检测出缺氧所致细胞代谢产生的 Lac 含量。Lac 是无氧酵解的产物,当患儿扫描时间处于缺血缺氧急性期及亚急性期时,反映代谢紊乱的 Lac 峰可明显升高,这是诊断 HIE 的可靠指标;HIE 患儿的¹H-MRS 表现与正常新生儿明显不同,特征性表现是在 Lac 处出现双峰状乳酸波,提示缺血缺氧导致氧化磷酸化不足,无氧糖酵解增加。NAA 峰的降低也见于大部分患儿,提示缺氧缺血后神经元的功能受到影响,严重者可见神经元的数量减少、缺失;仅部分患儿的 Cho 水平有所升高,但 Cho 与 Cr 波峰下面积的比值在各组间差异均无统计学意义,因此将 Cho 作为 HIE 的诊断指标尚缺乏客观依据。

由于 MRS 检查时间长而限制了其临床应用,另外,新生儿脑组织的代谢比率受 MR 系统、线圈等因素影响,各研究报道的正常值差距较大,很难取得统一的诊断标准,因而又阻碍了相关研究的开展。但乳酸水平的增高可以作为指导新生儿 HIE 早期治疗的指标。

综上所述,DWI 虽然能早期发现病变,但存在低估病变和有假阴性结果的可能;DTI 能够无创性地对白质纤维束的发育状况进行定量评价,可早期发现 HIE 造成的脑白质损伤,但目前国内外应用 DTI 进行 HIE 早期诊断的研究相对较少;MRS 通过检测脑代谢产物的变化,对 HIE 的早期诊断及预后评估具有重要意义,但 MRS 检查时间长限制了其临床应用。这 3 种成像技术各有优缺点。

参考文献:

- [1] 范晓娟. 磁共振成像和磁共振波谱对新生儿缺氧缺血性脑病预后的早期评估[J]. 中国妇幼保健, 2013, 28(7): 1187-1188.
- [2] 诸福棠, 胡亚美, 江载芳. 实用儿科学(7 版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 450-454.
- [3] 沈晓明, 王卫平. 儿科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 102-105.
- [4] 田恬, 贺莉, 刘俐, 等. 氢质子磁共振波谱和磁共振弥散加权成像早期诊断新生儿缺氧缺血性脑病的[J]. 中国新生儿科杂志, 2010, 25

- (3): 132-135.
- [5] 张来安, 鲁洪. 磁共振弥散加权成像在新生儿早期缺氧缺血性脑病的临床应用[J]. 医学影像学杂志, 2013, 23(8): 1174-1176.
- [6] 汤易, 刘影. 评估新生儿缺血缺氧性脑损伤 MRI 的临床应用与研究进展[J]. 磁共振成像, 2013, 4(3): 228-231.
- [7] 崔凤, 叶滨宾. 新生儿缺氧缺血性脑病的 MR 诊断及临床相关因素分析[J]. 放射学实践, 2003(3): 161-164.
- [8] Shroff MM, Soares-Fernandes JP, Whyte H, et al. MR imaging for diagnostic evaluation of encephalopathy in the newborn[J]. Radiographics, 2010, 30(3): 763-780.
- [9] Lishya L, van der Grond J, Annette A, et al. Hypoxic-ischemic encephalopathy: diagnostic value of conventional MR imaging pulse sequences in term-born neonates[J]. Radiology, 2008, 247(1): 204-212.
- [10] 陈丽英, 王晓明, 孟淑珍, 等. 足月新生儿缺血缺氧性脑病的 MRI 研究[J]. 中国计算机成像杂志, 1999, 5(1): 47-50.
- [11] Forbes KP, Pipe JG, Bird R. Neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy: detection with diffusion-weighted MR imaging[J]. AJNR, 2000, 21(8): 1490-1496.
- [12] Obenaus A, Ashwal S. Magnetic resonance imaging in cerebral ischemia: focus on neonates[J]. Neuropharmacology, 2008, 55(3): 271-280.
- [13] 边杰, 刘正娟, 杨超, 等. 磁共振成像在新生儿缺氧缺血性脑病早期诊断中的应用价值[J]. 中华妇幼临床医学杂志, 2008, 55(4): 43-44.
- [14] Iwata O, Iwata S, Tamura M, et al. Periventricular low intensities on fluid attenuated inversion recovery imaging in the newborn infant: relationships to chronic white matter lesions[J]. Pediatr Int, 2004, 46(2): 141-149.
- [15] Iwata S, Bainbridge A, Nakamura T, et al. Subtle white matter injury is common in term-born infants with a wide range of risks[J]. Int J Dev Neurosci, 2010, 28(7): 573-580.
- [16] Sie LT, Barkhof F, Lafeber HN, et al. Value of fluid-attenuated inversion recovery sequences in early MRI of the brain in neonates with a perinatal hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. Eur Radiol, 2000, 10(10): 1594-1601.
- [17] 马得廷, 孔庆奎, 张有军, 等. 扩散加权成像诊断缺氧缺血性脑病最佳时间窗的研究[J]. 泰山医学院学报, 2009, 11(1): 6-9.
- [18] 卢陈英, 吕桂坚, 纪建松, 等. 磁共振弥散加权成像在新生儿缺氧缺血性脑病的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2010, 20(10): 1422-1424.
- [19] Qiao M, Malisza KL, Del Bigio MR, et al. Transient hypoxia-ischemia in rats: changes in diffusion-sensitive MR imaging findings, extracellular space and Na⁺-K⁺-adenosine triphosphatase and cytochrome oxidase activity[J]. Radiology, 2002, 223(1): 65-75.
- [20] Miyasaka N, Kuroiwa T, Zhao FY, et al. Cerebral Ischemic Hypoxia: discrepancy between apparent diffusion coefficients and histologic changes in rats[J]. Radiology, 2000, 215(1): 199-204.
- [21] 程英, 刘国瑞, 黄映宏, 等. 新生猪缺氧缺血性脑病早期 DWI 影像表现的实验研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2004, 15(10): 541-544.
- [22] 富建华, 薛辛东, 毛建, 等. 弥散加权成像在新生儿重度缺氧缺血性脑病早期评估的意义[J]. 中华儿科杂志, 2007, 45(11): 843-847.

- [23] Dag Y, Firat AK, Karakas HM, et al. Clinical outcomes of neonatal hypoxic ischemic encephalopathy evaluated with diffusion-weighted magnetic resonance imaging[J]. *Neuroradiol*, 2006, 12(3):109-114.
- [24] Liauw L, van Wezel-Meijler G, Veen S, et al. Do apparent diffusion coefficient measurements predict outcome in children with neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *AJNR*, 2009, 30(2):264-270.
- [25] Soul JS, Robertson RL, Tzika AA, et al. Time course of changes in diffusion-weighted magnetic resonance imaging in a case of neonatal encephalopathy with defined onset and duration of hypoxic-ischemic insult[J]. *Pediatrics*, 2001, 108(5):1211-1221.
- [26] Zarifi MK, Astrakas LG, Poussaint TY, et al. Prediction of adverse outcome with cerebral lactate level and apparent diffusion coefficient in infant with perinatal asphyxia[J]. *Radiology*, 2002, 225(3):859-870.
- [27] Rutherford M, Counsell S, Allsop J, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging in term perinatal brain injury: a comparison with site of lesion and time from birth[J]. *Pediatrics*, 2004, 114(4):1004-1014.
- [28] Johnson AJ, Lee BC, Lin W. Echoplanar diffusion weighted imaging in neonates and infants with suspected hypoxic-ischemic injury: correlation with patient outcome[J]. *AJR*, 1999, 172(1):219-226.
- [29] 雷学维, 曹俊, 李斌燕. 新生儿缺氧缺血性脑病早期磁共振弥散加权成像的特点分析[J]. *山东医药*, 2011, 51(9):54-55.
- [30] Takeoka M, Soman TB, Yoshii A, et al. Diffusion-weighted images in neonatal cerebral hypoxic-ischemic injury[J]. *Pediatr Neurol*, 2002, 26(4):274-281.
- [31] 祁英, 王小明. 磁敏感成像在探测早产儿局灶性脑白质损伤中的研究[J]. *临床放射学杂志*, 2010, 29(7):939-941.
- [32] 张晓凡, 范国光, 王志伟, 等. 磁共振扩散张量成像/扩散张量纤维束示踪成像(DTI/DTT)对小儿脑瘫早期诊断及康复评价的临床意义[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2011, 9(1):1-6.
- [33] Takeda K, Nomura Y, Sakuma H, et al. MR assessment of normal brain development in neonates and infants: comparative study of T₁ and diffusion-weighted images[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 1997, 21(1):127-129.
- [34] 唐梅丽, 刘斯润. DTI 及 FT 对 HIE 早期和后期复查的对照研究及预后的早期评估[D]. 广州:暨南大学, 2007.
- [35] Ward P, Counsell S, Allsop J, et al. Reduced fractional anisotropy on diffusion tensor magnetic resonance imaging after hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Pediatrics*, 2006, 117(4):619-630.
- [36] Rutherford MA, Pennock JM, Counsell SJ, et al. Abnormal magnetic resonance signal in the internal capsule predict poor neuro-developmental outcome in infants with hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Pediatrics*, 1998, 102(2 pt 1):323-328.
- [37] Huppi PS, Lazeyras F. Proton magnetic resonance spectroscopy (¹H-MRS) in neonatal brain injury[J]. *Pediatr Res*, 2001, 49(3):317-319.
- [38] Zarifi MK, Astrakas LG, Poussaint TY, et al. Prediction of adverse outcome cerebral lactate level and apparent diffusion coefficient in infants' perinatal asphyxia[J]. *Radiology*, 2002, 225(3):859-870.
- [39] Kadri M, Shu S, Hohhouser B, et al. Proton magnetic resonance spectroscopy improves outcome prediction in perinatal CNS insults[J]. *J Perinatol*, 2003, 23(3):181-185.
- [40] Thayyil S, Chandrasekaran M, Taylor A, et al. Cerebral magnetic resonance biomarkers in neonatal encephalopathy: a meta-analysis[J]. *Pediatrics*, 2010, 125(2):e382-e395. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=cerebral+magnetic+resonance+biomarkers+neonatal+encephalopathy%3Aa+metaanalysis>

(收稿日期:2015-03-10)

《请您诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目,该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材,杂志在刊载答案的同时配发专家点评,以帮助影像医生更好地理解相关影像知识,提高诊断水平。栏目开办 7 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊“特色栏目奖”。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿,并积极参与《请您诊断》有奖活动,稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求:①来稿分两部分刊出,第一部分为病例资料和图片;第二部分为全文,即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等);②来稿应提供详细的病例资料,包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料;③来稿应提供具有典型性、代表性的图片,包括横向图片(X线、CT 或 MRI 等不同检查方法得到的影像资料,或某一检查方法的详细图片,如 CT 平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料,最好附上病理图片),每帧图片均需详细的图片说明,包括扫描参数、序列、征象等,病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页,第二部分请参见 2 个月后的杂志最后一页,如第一部分问题在 1 期杂志正文首页,第二部分答案则在 3 期杂志正文末页)

栏目主持:石鹤 联系电话:027-83662875 15926283035