

磁化率传递成像及弥散加权成像在中晚孕期正常胎儿胎盘及大脑中的应用价值

李梦莹,王益双,杨靖逸,路涛

(四川省医学科学院·四川省人民医院放射科,四川 成都 610072)

[摘要] 目的:探究磁化传递成像(MTI)和弥散加权成像(DWI)技术在中晚孕期正常胎儿胎盘及大脑中的应用价值。方法:对 60 例患者进行常规胎盘和胎儿脑部 MTI 及 DWI 的扫描,分别计算感兴趣区磁化传递率(MTR)和表观弥散系数(ADC)值,并对胎盘和胎儿脑部的 MTR 及 ADC 值进行比较。结果:正常胎盘 MTR 及 ADC 值均高于胎儿大脑 MTR 及 ADC 值($P=0.002$ 及 0.000)。中孕期胎盘 ADC 值明显高于胎儿大脑 ADC 值 ($P=0.000$);晚孕期胎盘 MTR 及 ADC 值均明显高于胎儿大脑 MTR 及 ADC 值($P=0.003$ 及 0.000);晚孕期胎盘与胎儿大脑 MTR 值存在正相关($P=0.022$, $\rho=0.331$)。结论:中晚孕期,由于胎儿大脑不断发育成熟,胎盘组织中结构大分子物质(如蛋白质、脂质、核酸等)的含量随之升高,以支持胎儿神经系统的发育。

[关键词] 胎儿;胎盘;大脑;磁共振成像

[中图分类号] R714.51;R445.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)10-0734-03

DOI:10.12117/jccmi.2024.10.011

Evaluation of normal placenta and fetal brain during the second and third trimester by diffusion weighted imaging and magnetization transfer imaging

LI Meng-ying, WANG Yi-shuang, YANG Jing-yi, LU Tao

(Department of Radiology, Sichuan Academy of Medical Sciences, Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, China)

Abstract: Objective: To discuss the value of diffusion weighted imaging(DWI) and magnetization transfer imaging(MTI) in evaluating normal placenta and fetal brain during the second and third trimester. **Methods:** DWI and MTI were performed in 60 patients. The magnetization transfer ratio (MTR) and apparent diffusion coefficient (ADC) values of the placenta and fetal brain were measured and compared. **Results:** The MTR and ADC values of the placenta were significantly higher than those in the fetal brain ($P=0.002$ and 0.000). In the second trimester, the placental ADC values were significantly higher than ADC values in the fetal brain ($P=0.000$). During the third trimester, the MTR and ADC values of the placenta were significantly higher than those in the fetal brain ($P=0.003$ and 0.000). Positive correlation was found in the MTR values between the placenta and the fetal brain ($P=0.022$, $\rho=0.331$). **Conclusion:** During the second and third trimester, with the mature of the fetal brain, macromolecules in the placenta (proteins, lipid, nucleic acid, et al) increase to support the normal development of fetal central nervous system.

Key words: Fetus; Placenta; Cerebrum; Magnetic Resonance Imaging

MRI 扫描作为一种无创无辐射的检查方法,在产前诊断中得到了广泛的应用,其高分辨率的软组织成像,以及可以任意选择扫描方向和宽广的成像视野,使得它在胎儿检查中具有显著的优势。同时,近年来创新的超快速扫描技术进一步提高了其效率和准确性。临床常规应用到的半傅里叶采集单次激发快速自旋回波和真稳态进动快速采集序列,不足以为组织的表征提供独特的图像对比度以及为临床诊断提供更多影像学信息。磁化率传递成像(Magnetization transfer imaging, MTI)涉及自由水质子亚

群与大分子结合的那些水质子(结合水)之间的磁化交换,是一个非静态的过程。在不同组织和疾病状态之间,大分子组成相差可能很大,也正因此特性,可对磁化率传递现象敏感地进行 MRI 扫描,从而获得这些组织之间具有强烈对比度信号的图像^[1]。弥散加权成像(Diffusion weighted imaging, DWI)主要依赖水分子的运动,主要为组织内(包括细胞内和细胞外)水分子随机的热运动(布朗运动),其扩散的方向与幅度受生物膜和组织中大分子的影响。表观扩散系数(Apparent dispersion coefficient, ADC)可用于

[收稿日期] 2024-01-03; **[修回日期]** 2024-01-29

[作者简介] 李梦莹(1999-),女,云南昆明人,技师。E-mail:18787151059@163.com

[通信作者] 路涛,四川省医学科学院·四川省人民医院放射科,610072。E-mail:345248302@qq.com

[基金项目] 四川省医学科研课题计划(编号 S23054)。

描述 DWI 中不同方向的水分子扩散运动速度和范围,用于评价水分子在组织中的扩散限制^[2]。以上两种技术均可对组织中的大分子运动状态进行监测。孕周不同,胎盘的成熟度及胎儿大脑发育程度不同,因此在 MRI 上磁化传递率 (Magnetization transfer ratio, MTR) 和 ADC 值可能会有所不同。因此本研究选择了 MTI 和 DWI 进行对比研究。旨在探究 MTI 和 DWI 在中晚孕期正常胎儿胎盘及大脑中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取 2020 年 11 月—2021 年 7 月于我院行胎儿 MRI 检测患者 60 例,年龄 21~36 岁,平均(28.42±3.74)岁;孕周 22~38 周,平均(30.1±3.21)周。

纳入标准:①单胎妊娠;②胎儿发育与孕周符合。排除标准:①胎盘植入及其他胎盘病变;②胎儿明显发育畸形;③图像伪影明显。

1.2 仪器与方法

采用 Siemens 1.5T(MAGNETOM Aera)扫描仪行胎盘常规序列(T₂WI、T₁WI、DWI)和 MTI 序列扫描,MTI-on 序列参数:TR 164 ms,TE 4.9 ms,层数 40,层厚 6 mm,层间距 20%,扫描视野 400 mm,矩阵 192×288,扫描时间 109 s,并行采集加速 GRAPPA,加速因子为 2。MTI-off 序列参数 TR 164 ms,TE 4.9 ms,层数 40,层间距 20%,扫描视野 400 mm,矩

阵 192×288,扫描时间 109 s,并行采集加速 GRAPPA,加速因子为 2。

DWI 序列参数 TR 7 000 ms,TE 73 ms,层数 34,层厚 6 mm,层间距 20%,扫描视野 380 mm,矩阵 115×192,b 值 0~800 s/mm²,扫描时间为 105 s。所有孕妇检查前均禁食 4 h,排空膀胱,明确胎龄(孕周 GW)大小。扫描采用 8 通道体部阵列线圈,孕妇采用仰卧位或左侧卧位,头先进或足先进均可,使用快速梯度回波序列对病人进行两次轴面扫描,一次是在未施加饱和脉冲的情况下,另一次是在施加饱和脉冲的情况下。

1.3 图像分析

将 MTI-off 和 MTI-on 序列导入 Siemens 后处理工作站进行后处理得到 MTR 图像。MTR=(MTI-off)-(MTI-on)/(MT-off),X 轴范围设置为 100。将所有图像传输到影像存储与传输系统。由两名在胎儿、胎盘 MRI 方面分别具有 5 年和 10 年诊断经验的医师在 MTR 及 ADC 图上分别画取感兴趣区域(图 1),然后分别计算 MTR 及 ADC 的平均值。

1.4 统计学方法

胎盘及胎儿大脑的平均 ADC 值和 MTR 值不符合正态分布,以中位数(四分位数间距)表示,两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;采用 Spearman 相关性分析比较胎盘与胎儿大脑 ADC 值、胎盘与胎儿大脑 MTR 值之间的相关性。采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,P<0.05 为差异有统计学意义。

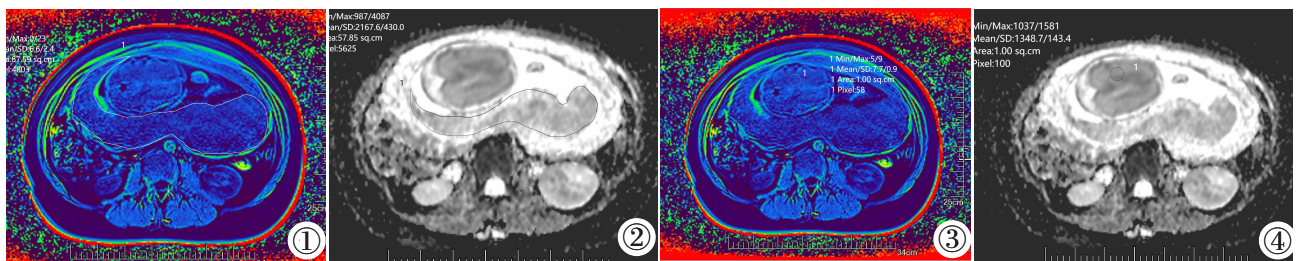


图 1~4 31 岁孕妇,孕 29⁺5 周。图 1:胎盘 MTR 轴位;图 2:胎盘 ADC 轴位;图 3:胎儿大脑 MTR 轴位;图 4:胎儿大脑 ADC 轴位。

Figure 1~4. A 31 year-old women with gestational age of 29⁺5 weeks. Figure 1: Axial placental MTR map; Figure 2: Axial placental ADC map; Figure 3: Axial MTR map of fetal brain; Figure 4: Axial ADC map of the fetal brain.

2 结果

60 例患者中,中孕期(孕周 22~27 周)患者 12 例,晚孕期(孕周 28~38 周)患者 48 例。孕 22~38 周正常胎盘平均 MTR 值为 5.35(2.12),ADC 值为 1.87(0.31)×10³ mm²/s。孕 22~38 周正常胎儿大脑平均 MTR 值为 4.57(1.47),ADC 值为 1.62(0.19)×10³ mm²/s。正常胎盘 MTR 及 ADC 值均高于胎儿大脑 MTR 及 ADC 值(P=0.002 及 0.000)。

中孕期患者胎盘 MTR 值为 5.38 (1.12),胎盘

ADC 值为 1.96(0.29)×10³ mm²/s,胎儿大脑 MTR 值 4.55(0.94),胎儿大脑 ADC 值为 1.66(0.10)×10³ mm²/s;晚孕期患者胎盘 MTR 值为 5.30 (2.32),胎盘 ADC 值为 1.85 (0.30)×10³ mm²/s,胎儿大脑 MTR 值为 4.62(1.47),胎儿大脑 ADC 值为 1.60(0.22)×10³ mm²/s。中孕期胎盘与胎儿大脑 MTR 值比较,差异无统计学意义(P=0.06)且两者无明显相关性(P=0.21),但胎盘 ADC 值明显高于胎儿大脑 ADC 值(P=0.000),但两者无明显相关性(P=0.46);晚孕期正常胎盘 MTR 及 ADC 值均明显高于胎儿大脑 MTR 及 ADC 值(P=

0.003 及 0.000), 胎盘与胎儿大脑 MTR 值存在正相关($P=0.022, \rho=0.331$), 胎盘与胎儿大脑 ADC 值无明显相关性($P=0.055$)。

3 讨论

本研究探讨了 MRI 中的 MTI 及 DWI 技术在中晚孕期正常的胎儿胎盘及大脑中的应用价值, 研究结果显示胎盘 MTR 及 ADC 值均高于胎儿大脑 MTR 及 ADC 值; 进一步统计显示, 在中孕期, 胎盘 ADC 值明显高于胎儿大脑 ADC 值, 但两者 MTR 值无明显差异, 在晚孕期, 胎盘 MTR 及 ADC 值均明显高于胎儿大脑 MTR 及 ADC 值, 且胎盘与胎儿大脑 MTR 值之间存在正相关关系。

胎盘是母胎之间重要的物质交换器官, 通过胎盘的物质交换功能, 母体将氧和营养物质供给胎儿生长发育, 特别是供给胎儿大脑的发育。越来越多的研究显示, 母体环境的损害将会通过改变胎盘功能传递给胎儿, 影响胎儿神经系统的发育, 最终造成成年后一系列代谢、神经系统发育及心理疾病^[3-5]。

从选用成像技术层面来说, MTI 利用物理方法而非化学方法来测试组织间自由水和结合水(与大分子结合)中质子的交互作用, 这种交互作用的效率受到膜流动性、重金属沉积改变和总体水含量变化的影响, 这些影响可以通过 MTR 反映出来^[6]。且该技术已经能够很好地应用于中枢神经系统中脑部肿瘤的评估和鉴定^[7-8], 以及克罗恩氏综合征肠纤维化的评估^[9], 在这些研究的基础上我们得知 MTI 通过定量测量 MTR 值, 可以间接反映生物组织(如蛋白质、脂质、核酸等)的含量, 这一参数代表了与大分子结合的质子之间磁化交换效率, 细胞大分子的任何病理改变均会引起 MTR 值的变化, 这在胎儿发育诊断中是有效的, 它可能为胎盘疾病或是胎儿发育畸形提供影像诊断依据^[10]。

MTR 值的高低与组织中大分子的含量密切相关, 特别是在脑内, 主要与髓鞘内的胆固醇、脂类含量有关。通过 MTR 可以间接了解组织的内部组成, 从而提供与组织特征有关的信息^[3-11]。母体通过胎盘的母胎循环功能, 向胎儿提供一系列的蛋白质和核糖核酸, 介导免疫细胞和器官功能改变, 参与调节胎儿大脑的发育^[4]。胎儿大脑的发育持续整个孕期, 受精后 2~3 周神经系统即开始发育; 早孕至中孕期, 神经元不断增殖, 中晚孕期, 神经元移行和突触发生^[5]。本研究中, 胎盘 MTR 值高于胎儿大脑, 两者差异主要存在于 28 周以后, 且两者间差异存在正相关关系, 提示 28 周后胎盘组织中结构大分子物质(如蛋白质、脂质、核酸等)的含量不断升高, 胎盘对胎儿大

脑的供给和调节作用不断增强, 以促进胎儿神经系统的发育。

传统的 DWI 使用单指数高斯模型, 通过评估 ADC 来衡量水分子在组织中的扩散限制。ADC 值受水分子与化学环境和细胞结构屏障之间交互作用的影响^[1]。DWI 已经广泛应用于胎盘功能的评估及胎儿大脑发育的评估中。随着孕周增加, 胎儿脑组织的脂质、蛋白质和糖类的沉积增加, 而总体水含量逐渐减少。这导致细胞排列变得更加紧密, 细胞外间隙中水分子的扩散受限程度增加。因此脑组织的平均 ADC 值相应降低。本研究中, 中晚孕期胎儿大脑 ADC 值均明显低于胎盘 ADC 值, 反映了随着胎儿大脑不断发育成熟, 白质区的髓鞘化程度随之提高, 神经元数目逐渐增多, 从而导致胎儿脑实质 ADC 值下降。

本研究过程中也存在一些局限性: 本研究样本数量较少, 特别是中孕期病人较少, 因此数据存在一定偏倚; 研究的 MTI 和 DWI 两种成像技术单次扫描时间较长, 部分图像可能受胎动伪影影响。

良好的胎盘功能对新生儿的健康起着重要作用, 胎盘参与到了大脑结构和功能发育的全过程^[12-13]。虽然 MTI 和 DWI 不能直接明确胎盘功能改变与胎儿大脑发育异常之间的相关性, 但是通过相关的 MTR 值及 ADC 值的改变可反映出胎盘功能对于大脑发育的重要性。本研究由于样本量较少, 且没有纳入胎儿大脑发育异常的病例进行分析, 因此未来的研究将纳入更多的病例进一步分析胎盘功能改变对胎儿大脑发育的影响。

综上所述, 在中晚孕期, 随着胎儿神经元和神经突触的快速增长, 细胞密度增加, 导致细胞外间隙变窄, 使得水分子扩散受限的程度加重; 同时胎盘内大分子物质含量增加, 以保证对胎儿神经系统发育的支持。

【参考文献】

- [1]Lansberg MG, Thijs VN, O'Brien MW, et al. Evolution of apparent diffusion coefficient diffusion-weighted and T₂-weighted signal intensity of acute stroke[J]. Am J Neuroradiol, 2001, 22 (4): 637-644.
- [2]杨正汉, 冯逢, 王霄英. 磁共振成像技术指南[M]. 北京: 人民军医出版社, 2010.
- [3]Fernandez-Twinn DS, Ozanne DS. (2010)Early life nutrition and metabolic programming[J]. Ann NY Acad Sci, 2010, 1212: 78-96.
- [4]Bale TL, Baram TZ, Brown AS, et al. Early life programming and neurodevelopmental disorders[J]. Biol Psychiatry, 2010, 68(4): 314-319.
- [5]Jansson T, Powell TL. Role of the placenta in fetal programming: underlying mechanisms and potential interventional approaches[J]. Clin Sci(Lond), 2007, 113(1): 1-13.