·膝关节影像学专题·

膝关节生长软骨的 MR 表现特征与微细解剖结构的研究

李小明, 王仁法, 张景峰, 李勇刚, 杨波, Beach R

【摘要】 目的: 明确正常生长软骨的 MR 信号特征与细微解剖结构的相关性。方法: 用 1.5T GE 全身 MR 仪对 12 例出生 2 周的乳猪的双膝关节骨骺进行扫描, 扫描范围包括二次骨化中心的骨质、二次骨化中心周围的骺软骨、生长板软骨、干骺端。将 MR 所显示的各层细微解剖结构的信号特征、厚度与相应组织学构造和各层的厚度进行相关性比较对照。结果: MRI 显示了二次骨化中心骨髓和干骺端之间的 5 种不同的微解剖结构: ①二次骨化中心的临时钙化带; ②二次骨化中心的生长板; ③骨骺软骨; ④生长板; ⑤临时钙化带。在 SE T_1WI 和 T_2WI 像上, 各层不同信号区域的厚度与相对应的微细解剖结构的厚度具有良好的相关性(r = 0.91)。结论: MRI 能够鉴别骨骺和生长板软骨, 且与其组织学结构有良好的相关性。

【关键词】 磁共振成像; 软骨; 生长发育; 膝关节

【中图分类号】R445.2 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2004)04-0243-03

MR imaging characteristics and histological correlation in the growth cartilage of the knee joint LI Xiao-ming, WANG Ren-fa, ZHANG Jing-feng, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, P. R. China

【Abstract】 **Objective:** To correlate MR signal characteristics of developing regions at the ends of bones with histological findings. **Methods:** Twelve 2- to 3-week-old piglets epiphyses (including cartilage of the epiphysis and physis, and bone of the secondary ossification center and juxtaphyseal metaphysis) were imaged at 1.5T GE MR scanner. Signal intensity and thickness of cartilaginous regions seen on MR images were correlated with architecture and thickness of zones shown in corresponding histological sections. **Results:** MR imaging depicted five zones between the secondary ossification center and the metaphysis corresponding histologically to ①zone of provisional calcification center; ②physis of the secondary ossification center; ③epiphyseal cartilage; ④physis, and ⑤zone of provisional calcification. The thickness of regions shown on T_1WI and T_2WI correlated with that of histological zones (r = 0.91). **Conclusions:** MRI findings can differentiate epiphyseal and physeal regions and correlated with histological findings.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Cartilage; Growth and development; Knee joint

新出生动物如乳猪和兔子生长骨端的微细解剖学研究显示了三种软骨结构: ①二次骨化中心周围的骺软骨; ②生长板软骨; ③关节软骨[1]。软骨内成骨发生于临时钙化带区域, 即生长板软骨的软骨细胞柱状排列层的矿物质沉积部分。二次骨化中心的形成与生长也是通过相同的软骨内成骨的机制来完成。二次骨化中心的周边, 也有生长板软骨及临时钙化带结构。清晰地定义从二次骨化中心的骨质至干骺端间的生长骨骼的各个微细解剖结构是非常必要的。因为熟悉这些生长软骨区域的解剖细节对于 MRI 的正确诊断很重要。

在新出生动物及儿童, 各种 MR 序列均可显示骨骺软骨及生长板软骨之间信号强度的差异[2,3]。本研究旨在比较膝关节 MRI 表现特征以及所显示的相对应的微细解剖区域。

材料与方法

选取 12 例出生仅 2 周的正常新生乳猪, 对其 24 只股骨远端和胫骨近端进行研究。将乳猪进行静脉全身麻醉, 在 1.5T GE 全身 MR 仪上进行双侧膝关节(包括股骨下段和胫骨上段)扫描。扫描序列: MR 矢状位 SE T_1WI(TR 300 ms, TE 25 ms)、T_2WI(TR 2000 ms, TE 150 ms)。所有乳猪在 MR 扫描后立即处死, 后取出膝关节(包括股骨下段和胫骨上段), 标本取出后立即浸泡于 10% 甲醛液中, 固定 2 周后, 用 25% 蚁酸(Formic acid)去钙, 直至软化。后用 JB4 plastic 液浸润 2 周, 组织被切成 5mm 层厚, 用 1% 甲苯胺蓝(Toluidine blue)染色。运用直线相关检测方法评估组织学测量及影像学测量的相关性, 用于双变

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科(李小明、王仁法、张景峰、李勇刚、杨波); Department of Radiology, Mass. General Hospital, 75 Francis ST., Boston, MA 02115(Beach R)

作者简介: 李小明(1963-), 女, 湖北武汉人, 副教授, 主要从事小儿股骨头骨骺缺血的早期诊断工作。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

量正态分布资料。相关系数说明具有直线关系的两个变量间, 相关关系的密切程度与相关方向的指标。

结 果

在 T_1WI 和 T_2WI, 二次骨化中心周围的骺软骨和生长板软骨具有不同的信号强度, 二次骨化中心骨髓与干骺端骨髓之间存在 5 种不同的信号强度区域。相对应于组织学标本的 5 种软骨区域有: ①二次骨化中心的临时钙化带; ②二次骨化中心的生长板; ③骨骺软骨; ④生长板软骨; ⑤临时钙化带。

在 T_1WI 和 T_2WI 图像上, 邻近干骺端的生长板软骨与二次骨化中心的生长板软骨的信号特征相似; 邻近干骺端的临时钙化带与二次骨化中心的临时钙化带也有相似表现特征; T_1WI 显示生长板软骨信号低于骨骺软骨, 而在 T_2WI 则高于骨骺软骨信号; T_1WI 和 T_2WI 显示临时钙化带均为最低信号强度(图 1)。表 1 总结了正常生长软骨不同区域信号强度特征。

表 1 正常乳猪生长软骨 MRI 信号强度特征

解剖部位	SE T_2WI	SE T_1WI
骨骺软骨	低	高
生长板软骨	高	低
临时钙化带	极低	极低
临近临时钙化带的干骺端	稍高	低

注: 与正常骨髓信号相比较

MR 成像和组织标本切片上不同区域厚度的对照: MR 图像中的临时钙化带对应于组织学上生长板软骨肥大层的周边部分、柱状排列层和临时钙化带; 生长板软骨区域对应于组织学中二次骨化中心的生长板软骨和邻近干骺端的生长板之间的软骨组织, 这个区域是连续的, 包绕着二次骨化中心; 二次骨化中心生长板软骨区域在组织学上位于骨骺软骨和二次骨化中心生长板软骨肥大层的周边之间; 邻近骨的软骨区域对应于临时钙化带, 为骨与软骨之间的转换区域, 它包括组织学上的生长板软骨肥大层周边部分、柱状排列层和临时钙化带(图 2)。

正常乳猪生长软骨各种不同 MR 信号区域的厚度及其相对应的组织学结构厚度相关系数对照见表 2。在 SE T_1WI 和 T_2WI 图像上, 各种不同信号区域的厚度与相对应的组织学结构的厚度具有好的相关性($\bar{r}$= 0.91)。

表 2 生长软骨 MR 信号区域厚度及其组织学结构厚度的比较

解剖部位	MR 信号平均厚度(mm)	组织学结构平均厚度(mm)	相关系数(r)
生长板软骨	2.0	2.1	0.92
临时钙化带	1.8	1.9	0.93
骨骺软骨	9.5	10.0	0.91
二次骨化中心生长板软骨	1.0	1.1	0.89
二次骨化中心临时钙化带	1.0	1.2	0.90

注: 相关系数均值为($\bar{r}$= 0.91)

讨 论

本研究表明 MRI 能显示乳猪股骨远端和胫骨近端生长软骨各个不同的微细解剖结构区域。在 T_1WI 和 T_2WI 图像上, 骨骺软骨和干骺端之间有两条平行的区域, 其信号特征非常不同。这两条平行区域分别为生长板软骨和临时钙化带。围绕二次骨化中心的软骨具有相似性, 但两层的显示稍欠清晰。位于生长板

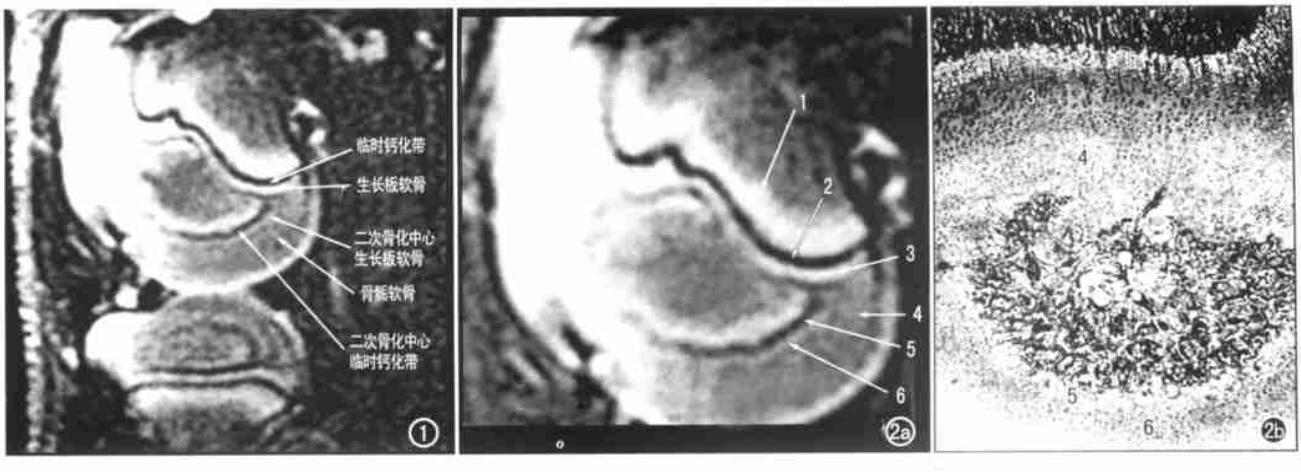

图 1 T_2WI 示乳猪膝关节生长软骨各种不同区域的信号强度特征。 图 2 乳猪膝关节不同区域厚度的对照。a) MR 成像; b) 组织标本切片。1 干骺端, 2 临时钙化带, 3 生长板软骨, 4 骨骺软骨, 5 二次骨化中心的临时钙化带, 6 二次骨化中心的生长板软骨。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

软骨和二次骨化中心之间的骨骺软骨可被清晰显示。MR 成像与组织学发现的相关性研究肯定了二次骨化中心骨髓与干骺端之间的 5 个区域: ①二次骨化中心的临时钙化带; ②二次骨化中心的生长板; ③骨骺软骨; ④生长板; ⑤临时钙化带。我们的结果与其他学者的研究结果基本相同[2-6]。

生长板软骨与骨骺软骨区域信号特征不同主要是由于软骨基质中非胶原成分的不同所致[3]。在骨骺软骨, 蛋白粘多糖分子比在生长板更大、更紧密。而在生长板软骨矿化之前, 蛋白粘多糖的集聚被打破, 因此, 骨骺软骨中的水可能比在生长板软骨中的水被更紧密地结合。这就解释了为什么骨骺软骨有更短的 T_1 和 T_2 值。MR 成像所显示的区域与用甲苯胺蓝(Toluidine blue)染色的组织学标本所见的各层具有好的相关性, 这一结果支持蛋白粘多糖对骨骺软骨及生长板软骨信号特征的影响的解释[3]。

邻近干骺端骨髓的区域, 即 MR 成像上的临时钙化带, 组织学上即生长板的柱状排列层的矿物质沉积部分和临时钙化带。此区域有较高的矿物质含量, 因此在所有的序列均呈低信号强度。在自旋回波和梯度回波序列, 由于一条完整的临时钙化带提示正常的软骨内成骨, 因此提示它是正常生长板软骨的间接指针[7]。

本研究表明, MR 成像能够提供相当多的关于骨骺和生长板软骨的微解剖结构及其信号特征的信息。MRI 能鉴别生长软骨各细微解剖结构区域, 这对于先天畸形及其它许多儿童生长异常的诊断具有重要价值。

参考文献:

[1] Shapiro F. Epiphyseal disorders[J]. N Engl J Med, 1987, 317(2): 1702-1710.

[2] Chung T, Jaramillo D. Normal maturing distal tibia and fibula: changes with age at MR imaging[J]. Radiology, 1995, 194(2): 227-232.

[3] Jaramillo D, Connolly S, Mulkern R, et al. Developing epiphysis: MR imaging characteristics and histologic correlation in the newborn lamb [J]. Radiology, 1998, 207(3): 637-645.

[4] Jaramillo D, Laor T, Mulkern RV. Comparison between fast spin-echo and conventional spin-echo imaging of normal and abnormal musculoskeletal structures in children and young adults[J]. Invest Radiol, 1994, 29(4): 803-811.

[5] Babyn P, Kim H, Lemaire C, et al. High-resolution magnetic resonance imaging of normal porcine cartilaginous epiphyseal maturation [J]. JMRI, 1996, 1(1): 172-179.

[6] Pradip AW. Variation in MR signal intensity across normal human knee cartilage[J]. JMRI, 1993, 3(3): 569-574.

[7] Jaramillo D, Shapiro F. Growth cartilage[J]. MRI Clin North Am, 1998, 6(3): 455-471.

(收稿日期: 2003-11-12 修回日期: 2004-01-06)

《放射学实践》第四届全国放射学术会议通知(第一轮)

中华医学会放射学分会与本刊共同举办的"新三峡, 新实践——《放射学实践》第四届全国放射学术会议"拟定于 2004 年 9 月下旬在湖北省宜昌市召开, 现向全国征集学术论文。届时将邀请国内知名医学影像学专家进行专题讲座。具体时间、地点见第二轮通知。现将有关具体事项通知如下:

1. 征文内容: 各系统医学影像学新进展; 医学影像学新技术及临床应用; 影像科室的现代化管理、质量控制与数字化建设; 国内外影像学术和科研动态; 创刊 19 周年《放射学实践》杂志今后的发展方向。

2. 征文要求: ①论文须附 500 字左右的中文摘要, 其它文章以 2000 字为宜; ②所有文章均应未在公开刊物上发表过, 作者姓名、单位、通讯地址、邮政编码、联系电话及电子邮件信箱应标注清楚, 征文须附单位证明加盖公章; ③来稿应采用打印稿并附软盘(文件格式为 Word 文档)或发送 E-mail 至: radio@tjh.tjmu.edu.cn, xwang@tjh.tjmu.edu.cn 或 lwang@tjh.tjmu.edu.cn; ④请在信封上注明"会议征文"字样。文稿请寄: 430030 湖北省武汉市解放大道 1095 号同济医院《放射学实践》编辑部; ⑤征文截稿日期: 2004 年 7 月 20 日。

3. 会议形式: 专家讲座、论文交流、学术讨论等。

4. 会务费: 800 元(含资料), 食宿费用自理。

征文经专家评审后将编入《论文汇编》, 优秀论文全文发表于《放射学实践》正刊或增刊, 论文发表另行收取版面费。征文作者将被邀请作为正式代表参加学术会议。出席会议者可获得国家级继续教育Ⅰ类学分 8 分。

会议代表由大会组织参观三峡大坝, 费用自理(大会适当补贴)。

凡参加研讨班的同志, 请认真填写报名回执(详告工作单位、地址、电话/传真、电子邮箱等), 务必于 2004 年 7 月 20 日前将回执寄至本刊编辑部。收到回执后我们将发正式会议通知, 详告具体事宜。电话/传真: 027-83662875

中华医学会放射学分会
《放射学实践》编辑部

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net