

MRI features of normal middle and distal femoral bone marrow conversion

GAO Zhen-hua, MA Ling, ZHANG Zhao-hui, MENG Quan-fei*

(Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the age-related changes of signal intensity on MRI in normal middle and distal femoral bone marrow. **Methods** Ninety normal volunteers or patients without bone marrow disease aged 2 to 30 years were collected and divided into six groups according to their age. All the subjects underwent MR examination with a 1.5T MR system after informed consent. The signal intensity on T1WI of femoral bone marrow in different sites including middle diaphysis (MD), distal diaphysis (DD), distal metaphysis (DM) were observed and grouped into 5 grades comparing with the signal intensity of adjacent muscle and subcutaneous fat. The marrow signal intensity of grades 0—2 were considered to represent red marrow while that of grade 3 or 4 were considered to represent yellow marrow. Moreover, the signal uniformity was observed with the combination of T1WI and fat-suppressed T2WI. **Results** The signal intensity of bone marrow in MD, DD, and DM was grades 0—2 in group A (2—5 years old). The increased signal intensity (grade 3) of MD and DD was found in group B (6—10 years old), while the signal intensity of DM remained grades 0—2. The signal intensity of MD and DD manifested as grades 3—4 in the majority of group C—F (11—30 years old) and the signal intensity of grade 2 was found in 2 subjects. The signal intensity of DM showed grade 2 in 12/15 of group C (11—15 years old), grades 3—4 in 12/15 of group D (16—20 years old) and grades 3—4 in 29/30 of group E (21—25 years old) and F (26—30 years old). **Conclusion** MRI signal intensity of femoral bone marrow changes with aging. Normal bone marrow conversion could be reflected by MR images.

[Key words] Femur; Bone marrow; Magnetic resonance imaging

正常股骨中下段骨髓生理性转化的 MRI 表现

高振华, 马 玲, 张朝晖, 孟俊非*

(中山大学附属第一医院医学影像科, 广东 广州 510080)

[摘要] **目的** 分析不同年龄组正常股骨中下段骨髓 MRI 信号随年龄增长的变化特点。**方法** 90 名 2~30 岁股骨正常的受检者按照不同年龄分为 6 组, 均接受 MR 检查。观察 T1WI 股骨干中段(MD)、股骨干下段(DD)及远侧干骺端(DM)的骨髓信号强度, 并将其分为 0~4 级; 其中 0~2 级定为红骨髓优势图像, 3~4 级定为黄骨髓优势图像, 并结合脂肪抑制 T2WI, 观察骨髓信号的均匀性。**结果** A 组(2~5 岁)股骨三个部位骨髓信号强度为 0~2 级; B 组(6~10 岁)中分别有 5 名和 6 名受检者出现 MD 和 DD 骨髓信号强度 3 级, DM 骨髓信号强度仍表现为 0~2 级。C 组(11~15 岁)、D 组(16~20 岁)、E 组(21~25 岁)及 F 组(26~30 岁)中除 2 名受检者 MD 骨髓信号强度表现为 2 级外, 其余受检者 MD 及 DD 骨髓信号强度均为 3~4 级。C 组受检者中 DM 骨髓信号多为 2 级(12/15); D 组中 DM 骨髓信号多为 3~4 级(12/15); E 组及 F 组中除 1 名受检者 DM 骨髓信号为 2 级外, 其余均为 3~4 级。**结论** 股骨骨髓 MRI 信号随年龄增长而发生变化, MRI 可反映骨髓的正常生理性转化。

[关键词] 股骨; 骨髓; 磁共振成像

[作者简介] 高振华(1976—), 男, 山东临沂人, 博士, 讲师。研究方向: 骨骼肌肉系统影像学诊断。E-mail: zhenhua_gao@163.com

[通讯作者] 孟俊非, 中山大学附属第一医院医学影像科, 510080。E-mail: cjr_mengquanfei@vip.163.com

[收稿日期] 2010-09-10 **[修回日期]** 2010-11-09

[中图分类号] R445.2; R336 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2011)02-0380-04

红骨髓向黄骨髓的生理性转化是骨髓的一种自然老化过程,不同骨骼之间或同一骨骼不同部位之间的转化速度亦有所不同^[1-3],了解骨髓生理性转化过程中相应的 MRI 信号特点可为临床对骨髓疾病的诊断提供正常对照的参考信息^[4-5]。目前国内学者对骨髓 MRI 表现的研究多集中于颅骨、腰椎和股骨上段,研究方法亦不尽相同,关于骨髓 MRI 表现与年龄的关系鲜见报道^[6-8]。本文对 2~30 岁正常人股骨中下段骨髓 MRI 信号进行前瞻性研究,旨在分析正常股骨中下段骨髓 MRI 信号强度随年龄增长的变化特点。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集股骨正常的受检者 90 名,其中男 61 名,女 29 名,年龄 2~30 岁,平均 18.6 岁,均为汉族。本组受检者包括正常志愿者及无骨髓相关疾病者,均无放疗、化疗及免疫抑制剂治疗史;所有受检者或其家属均知情同意。依据受检者的年龄,将其分为 6 组^[9],见表 1。

表 1 研究对象分组

组别	年龄(岁)	男(名)	女(名)
A 组(n=15)	2~5	10	5
B 组(n=15)	6~10	8	7
C 组(n=15)	11~15	8	7
D 组(n=15)	16~20	11	4
E 组(n=15)	21~25	12	3
F 组(n=15)	26~30	12	3
合计	—	61	29

1.2 检查方法 采用 Siemens Magnetom Vision 1.5T 全身超导磁共振扫描仪及标准正交头部线圈对受检者右侧股骨中下段进行检查,包括矢状位 SE T1W(TR/TE 750 ms/20 ms)及 FSE 频率选择法脂肪抑制 T2W(TR/TE 4000 ms/99 ms)。扫描参数:层厚 4 mm,间隔 0.4 mm,矩阵 240×512 或 220×512,视野 163 mm×260 mm,翻转角 90°,NEX 1 或 2。对不能配合检查的儿童按 0.5 ml/kg 体质量予 10%水合氯醛溶液口服镇静,待其熟睡后再行检查。

1.3 图像分析 由两名 MRI 诊断医师在未知受检者临床资料的情况下对受检查股骨正中矢状位图像进行观察分析,以同层面相同水平的邻近肌肉和皮下脂肪信号的强度为对照,观察 T1WI 股骨干中段(middle diaphysis, MD)、股骨干下段(distal diaphysis, DD)及远侧干骺端(distal metaphysic, DM)的骨髓信号强

度,意见统一后记录结果。骨髓信号强度分级以相同层面相同水平邻近肌肉组织和皮下脂肪信号作为对照,将 T1WI 股骨中下段骨髓信号强度与之比较,分为 0~4 级^[9](表 2)。将 0~2 级定为红骨髓优势图像,3~4 级定为黄骨髓优势图像;对照脂肪抑制 T2WI,观察 T1WI 骨髓信号是否均匀,并将其分为均匀和不均匀两种。

表 2 骨髓 MRI 信号强度分级标准

T1WI 骨髓信号	分级	相应信号强度
代表红骨髓为主	0 级:等、低信号	近似于肌肉
	1 级:等信号	高于肌肉且远低于脂肪
	2 级:稍高信号	高于肌肉且低于脂肪
代表黄骨髓为主	3 级:等、高信号	远高于肌肉且低于脂肪
	4 级:高信号	近似于脂肪

2 结果

2.1 骨髓信号强度 在 T1WI 上,同一年龄组股骨不同部位和股骨同一部位不同年龄组间骨髓信号均高于或等于相应同层面邻近肌肉组织的信号;在脂肪抑制 T2WI 上,骨髓信号等于或稍高于肌肉组织的信号。本组 90 名受检者 T1WI 骨髓信号强度分级在不同年龄组不同部位的分布情况见表 3。A 组(2~5 岁)股骨三个部位骨髓信号强度集中在 0~2 级,为红骨髓优势图像,MD 和 DD 骨髓信号强度多稍高于 DM(图 1)。

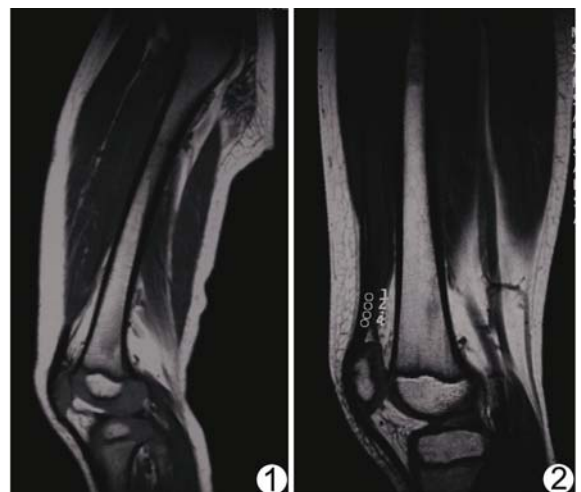


图 1 男,2 岁,股骨干中段及下段骨髓信号均为 2 级,远侧干骺端骨髓信号 1 级 图 2 男,8 岁,股骨干中段骨髓信号 1 级、3 级混存,股骨干下段骨髓信号 3 级,远侧干骺端骨髓信号 2 级

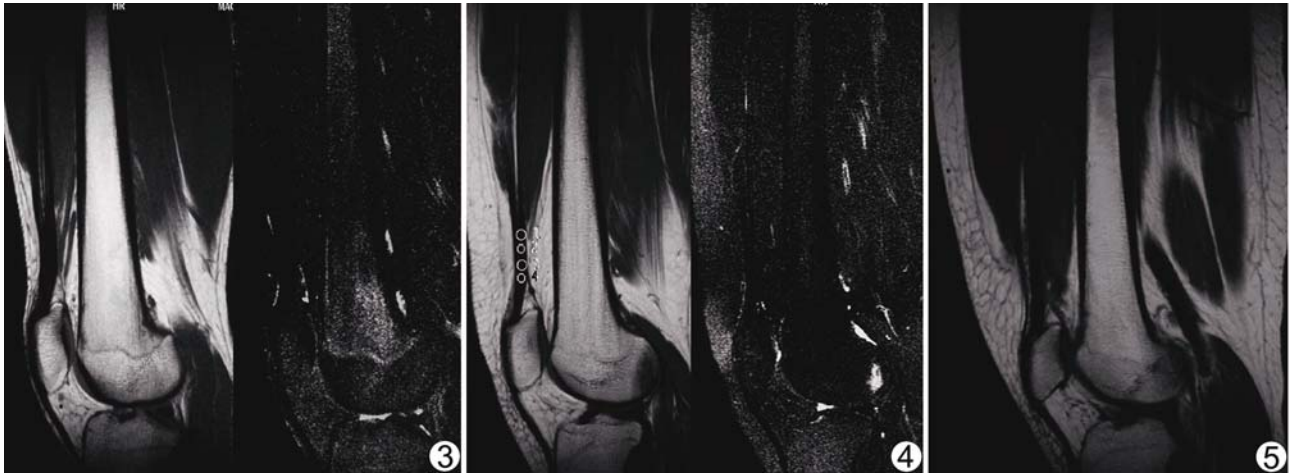


图 3 男, 17 岁, 股骨干中段及下段骨髓信号均为 4 级, 远侧干骺端骨髓信号 3 级 图 4 女, 19 岁, 股骨干中段、下段及远侧干骺端骨髓信号均为 4 级 图 5 女, 24 岁, 股骨干中段骨髓信号 2 级, 股骨干下段及远侧干骺端骨髓信号均为 4 级

表 3 不同年龄组受检者不同部位 T1WI 骨髓信号强度分级(名)

组别	年龄(岁)	股骨干中段骨髓信号分级					股骨干下段骨髓信号分级					远侧干骺端骨髓信号分级				
		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	0 级	1 级	2 级	3 级	4 级
A	2~5	0	4	11	0	0	0	1	14	0	0	3	12	0	0	0
B	6~10	0	5	5	5	0	0	2	7	6	0	5	3	7	0	0
C	11~15	0	0	0	12	3	0	0	0	12	3	0	0	12	3	0
D	16~20	0	0	0	9	6	0	0	0	6	9	0	3	0	7	5
E	21~25	0	0	1	6	8	0	0	0	6	9	0	0	1	7	7
F	26~30	0	0	1	4	10	0	0	0	4	11	0	0	0	8	7

B 组(6~10 岁)中分别有 5 名和 6 名受检者出现 MD 和 DD 骨髓信号强度 3 级, 提示股骨干中所含黄骨髓致使信号增高; DM 的骨髓信号虽有所增高但仍为 0~2 级, 为红骨髓优势图像(图 2)。C 组(11~15 岁)及 D 组(16~20 岁)MD 及 DD 骨髓信号强度均为 3~4 级, 为黄骨髓优势图像(图 3、4)。E 组(21~25 岁)及 F 组(26~30 岁)中除 2 名受检者(E 组、F 组各 1 名)MD 骨髓强度表现为 2 级外, 其余受检者 MD 及 DD 骨髓信号强度均为 3~4 级, 为黄骨髓优势图像(图 5)。C 组(11~15 岁)受检者中 DM 骨髓信号多为

2 级(12/15); D 组(16~20 岁)中 DM 骨髓信号多为 3~4 级(12/15)(图 4); E 组(21~25 岁)及 F 组(26~30 岁)中除 1 名受检者 DM 骨髓信号为 2 级外, 其余均表现为 3~4 级(图 5)。

2.2 骨髓信号的均匀性 结合 T1WI 及脂肪抑制 T2WI 进行观察, 不同年龄组受检者不同部位骨髓 MRI 信号的均匀性见表 4。

3 讨论

3.1 骨髓生理性转化特点 根据是否具有造血功能, 骨髓可分为红骨髓和黄骨髓, 二者所含水、脂成分的比例不同, 分别约为 1:1 和 1:5^[1]。正常骨髓随着年龄的增长而发生生理性变化, 即红骨髓向黄骨髓转换, 骨髓内脂肪含量增加, 造血细胞减少^[2-3]。1985 年, Kricun 基于大体解剖学研究, 提出红骨髓具有随年龄增长向黄骨髓转化的特点。长骨红骨髓向黄骨髓的转化过程由骨干中心开始, 逐渐向骨骼两端延伸。正常生理状态下, 出生后至 6 岁骨

表 4 不同年龄组受检者不同部位的骨髓 MRI 信号均匀性(名)

组别	年龄(岁)	股骨干中段骨髓信号		股骨干下段骨髓信号		远侧干骺端骨髓信号	
		均匀	不均匀	均匀	不均匀	均匀	不均匀
A	2~5	7	8	11	4	8	7
B	6~10	9	6	10	5	7	8
C	11~15	15	0	15	0	9	6
D	16~20	14	1	15	0	9	6
E	21~25	14	1	15	0	13	2
F	26~30	14	1	14	1	14	1

髓转化速度最快,约 25 岁后骨髓分布达成人型模式,仅中轴骨及四肢骨近端存在红骨髓^[1,9]。

3.2 骨髓 MRI MRI 是目前进行骨髓相关研究的最佳影像学方法,了解正常骨髓的 MRI 表现是研究骨髓病变的前提和基础。骨髓的 MRI 信号强度主要取决于骨髓内脂肪和水含量的比例。黄骨髓 MRI 信号强度主要取决于其内的脂肪含量,而红骨髓的信号强度取决于其内水、蛋白质的含量及细胞成分的构成^[1,3]。在病理状态下,为适应或代偿机体的特殊造血需要,亦可发生黄骨髓向红骨髓的逆转化。骨髓的正常生理性转化及病理状态下的逆转化均可引起其内脂、水比例的改变,从而使骨髓 MRI 信号强度发生变化。因此,通过骨髓 MRI 信号强度的变化可反映骨髓内脂、水比例的变化,从而获知骨髓成分随年龄增长而发生的改变,检测骨髓病变时的异常改变^[4-5]。

3.3 股骨骨髓 MRI 信号强度随年龄增长的变化 本研究中,2~5 岁儿童的股骨中下段为红骨髓;6~10 岁时股骨干开始出现黄骨髓,MRI 表现为骨髓信号增高且不均匀,远侧干骺端骨髓 MRI 信号虽有所增高但仍为红骨髓优势图像;年龄大于 11 岁的受检者中,除 2 名成年受检者 MD 表现为红骨髓优势图像外,其余受检者股骨中下段均表现为黄骨髓优势图像,且多数骨髓信号均匀,提示 11~15 岁时股骨干骨髓生理性转化基本完成,这与 Moore 等^[9]认为股骨干黄骨髓化于 10 岁时完成的观点有所差异,原因可能在于本研究与 Moore 等^[9]的研究采用的分析方法有所不同:Moore 等^[9]对非同一层面的股骨干、远侧及近侧干骺端的骨髓信号进行观察分析,而本研究则是对股骨中下段同一层面的骨髓信号进行对比研究。

本组中 2 名成人受检者股骨干局部呈现 2 级红骨髓图像,提示正常成人中并非所有的股骨干骨髓个体均完全脂肪化,尚有少数成人股骨干黄骨髓内残余非脂肪化的红骨髓岛。本研究发现,11~15 岁时 DM 开始出现黄骨髓,16~25 岁时 DM 的红骨髓逐渐转变为黄骨髓,于 26~30 岁时完成骨髓的生理性转化,MRI 表现为较均匀的黄骨髓信号。

此外,股骨三个部位骨髓 MRI 信号的均匀性随年龄增长由不均匀向均匀转变的趋势,亦符合由红骨髓向黄骨髓的正常生理性转化过程。股骨 DM 在 21~25 岁时 MRI 信号大多均匀,与 Moore 等^[9]观察到 21~24 岁受检查股骨 DM 的 MRI 表现为均匀黄骨髓信

号的研究结果基本相符,但本组中少数成人股骨 DM 信号不均匀,提示骨髓内仍可能有红骨髓,这与 Moore 等^[9-10]研究发现成人干骺端骨髓 MRI 信号均匀的结果不同。

3.4 本研究的局限性 本研究采用低、等、高信号分级的肉眼对比分析方法,结果的准确性易受图像窗宽、窗位及观察者的主观意识等因素影响。因此,本研究中采取遮蔽受检者临床资料的方式,影像诊断医师以盲法进行图像分析,并尽量采用相同窗宽、窗位的图像,以最大程度地保证结果的准确性。此外,本研究中由于各组受检者性别差异较大,未进行不同性别的分析。

总之,不同年龄者股骨中下段不同部位骨髓的 MRI 信号强度有所不同,骨髓 MRI 信号具有随年龄增长而变化的特点,这既可从影像学上印证骨髓的生理性转化规律,又可为骨髓病变的诊断提供参考依据。

[参考文献]

- [1] 袁明远,肖湘生,贾连顺.正常骨髓的 MRI 表现.中国医学影像技术,2003,19(1):115-117.
- [2] 邵虹,李玉华,王谦,等.正常儿童股骨骨髓 MRI 信号的转换.中国医学影像技术,2006,22(4):597-599.
- [3] 高振华,孟俊非,周春香,等.正常股骨中下段骨髓 MRI 定量及¹H-MRS 研究.临床放射学杂志,2006,25(5):449-451.
- [4] 徐锐,徐文坚,刘吉华,等.急性白血病骨髓 MRI 表现(附 30 例分析).中国医学影像技术,2004,20(1):74-76.
- [5] 谢琦,江新青,夏建东,等.磁共振观察宫颈癌放疗后盆部骨髓变化.中国介入影像与治疗学,2005,2(5):355-358.
- [6] 宁文德,高德宏,董季平.正常股骨骨髓 MRI 定量分析及图像观察.实用放射学杂志,2002,18(6):476-479.
- [7] 欧阳凤晴,李茂进,章志霖,等.颅骨与腰椎骨髓转化的 MR 定量研究及临床应用.放射学实践,2004,19(3):208-210.
- [8] 牛金亮,孔祥泉,冯敢生,等.不同年龄股骨近端干骺端骨髓转化的 STIR 序列观察.郑州大学学报:医学版,2007,42(6):1208-1210.
- [9] Moore SG, Dawson KL. Red and yellow marrow in the femur: age-related changes in appearance at MR imaging. Radiology, 1990,175(1):219-223.
- [10] Koo KH, Dussault R, Kaplan P, et al. Age-related marrow conversion in the proximal metaphysis of the femur: evaluation with T1-weighted MR imaging. Radiology, 1998, 206(3):745-748.