

Pediatric and Adult MRI Atlas of Bone Marrow
Normal Appearances, Variants and Diffuse Disease States

小儿与成人骨髓MRI诊断图谱

——正常表现、变异和弥漫性病变

主编 [美] Hakan Ilaslan
[美] Murali Sundaram

主译 高振华 尹军强
审校 孟俊非

 Springer

SPM 南方出版传媒
广东科技出版社 | 全国优秀出版社

Pediatric and Adult MRI Atlas of Bone Marrow
Normal Appearances, Variants and Diffuse Disease States

小儿与成人骨髓MRI诊断图谱 ——正常表现、变异和弥漫性病变

主编 [美] Hakan Ilaslan
[美] Murali Sundaram

主译 高振华 尹军强
审校 孟俊非

 Springer

SPM 南方出版传媒
广东科技出版社 | 全国优秀出版社
· 广 州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

小儿与成人骨髓 MRI 诊断图谱 / (美) 哈坎·伊拉斯蓝 (Hakan Ilaslan), (美) 穆拉里·森德拉姆 (Murali Sundaram) 主编; 高振华, 尹军强译. —广州: 广东科技出版社, 2018.1

ISBN 978-7-5359-6815-9

I . ①儿… II . ①哈… ②穆… ③高… ④尹… III . ①骨髓疾病—骨髓检查—核磁共振成像—图谱 IV . ① R551.304-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 266607 号

Translation from the English language edition:
Pediatric and Adult MRI Atlas of Bone Marrow
Normal Appearances, Variants and Diffuse Disease States
by Hakan Ilaslan and Murali Sundaram
Copyright © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016
This work is published by Springer Nature
The registered company is Springer-Verlag GmbH
All Rights Reserved

责任编辑: 黎青青

封面设计: 林少娟

责任校对: 陈 静

责任印制: 彭海波

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮政编码: 510075)

<http://www.gdstp.com.cn>

E-mail: gdkjyxb@gdstp.com.cn (营销)

E-mail: gdkjzbb@gdstp.com.cn (编务室)

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

排 版: 创溢文化

印 刷: 广州一龙印刷有限公司

(广州市增城区荔新九路 43 号 1 栋自编 101 房 邮政编码: 511340)

规 格: 889mm × 1 194mm 1/16 印张 12.75 字数 250 千

版 次: 2018 年 1 月第 1 版

2018 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 150.00 元



如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

Hakan Ilaslan

Cleveland Clinic Lerner College of Medicine
Cleveland Clinic Department of Radiology
Cleveland, OH
USA

Murali Sundaram

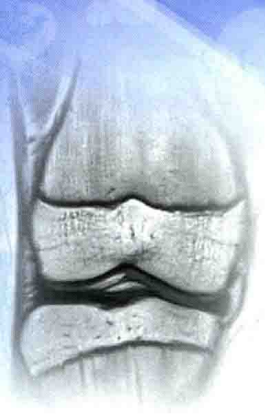
Cleveland Clinic Lerner College of Medicine
Cleveland Clinic Department of Radiology
Cleveland, OH
USA

此书作为我小小的礼物，献给我的父母 Elif 和 Mustafa Ilaslan，
感谢他们对孩子教育的重视和一切不懈的努力支持。

Hakan Ilaslan

此书献给 Gautam、Aparna 和 Priya，表达我由衷的谢意。

Murali Sundaram



原著者名单

Contributors

Hakan Ilaslan, MD Associate Professor of Radiology, Cleveland Clinic Lerner College of Medicine, Staff Radiologist, Cleveland Clinic Department of Radiology, Cleveland, OH, USA

S. Pinar Karakas-Rothey, MD Department of Diagnostic Imaging, University of California San Francisco Benioff Children's Hospital at Oakland, Oakland, CA, USA

Kambiz Motamedi, MD Professor of Radiology, University of California Los Angeles, Staff Radiologist, Department of Radiology, Ronald Reagan UCLA Medical Center, Los Angeles, CA, USA

Kathleen Ruchalski, MD Assistant Professor of Radiology, University of California Los Angeles, Department of Radiology, Ronald Reagan UCLA Medical Center, Los Angeles, CA, USA

Leanne L. Seeger, MD Professor of Radiology, University of California Los Angeles, Staff Radiologist, Department of Radiology, Ronald Reagan UCLA Medical Center, Los Angeles, CA, USA

Murali Sundaram, MD Professor of Radiology, Cleveland Clinic Lerner College of Medicine, Staff Radiologist, Cleveland Clinic Department of Radiology, Cleveland, OH, USA

译校者名单

Translators

主 译 高振华 尹军强

审 校 孟俊非

译校者 高振华 中山大学附属第一医院
惠州市中大惠亚医院

尹军强 中山大学附属第一医院

孟俊非 中山大学附属第一医院



主译简介

Introduction to main translators



高振华，山东临沂人，医学博士，硕士研究生导师，中山大学附属第一医院放射科副主任医师，惠州市中大惠亚医院（中山大学附属第一医院惠亚医院）医学影像科主任，中山大学附属第一医院骨肿瘤科、影像科与病理科疑难病例三结合诊断学组的主要成员，首批卫生部赴西藏国家医疗队队员。先师从青岛大学附属医院知名放射学专家曹来宾、徐爱德、徐文坚和刘吉华教授进行医学本科和硕士研究学习，后师从中山大学附属第一医院知名放射学专家孟俊非教授攻读医学博士，2006年毕业并获得中山大学医学博士学位后留校。主要研究方向为肌骨疾病的影像病理三结合诊断，对骨肿瘤术前影像诊断与治疗疗效评价有较丰富的临床经验。现任全国青年放射学会骨肌学组副组长、全国老年学和老年医学学会骨质疏松分会青年专家委员会常务委员、广东省医师协会骨肿瘤专业医师分会委员、惠州市放射学会委员，担任影像核心期刊《临床放射学杂志》特约编辑，《中国骨肿瘤骨病杂志》通讯编辑，《影像诊断与介入放射学》杂志审稿人。近年来在国内外核心专业期刊上发表论文50多篇，其中以第一作者和通讯作者发表国外SCI论文7篇，主编专著3部，参编专著6部，参编全国医学影像学规划教材2部，负责中山大学教改课题项目1项，获省级科学技术进步奖三等奖1项。



尹军强，山东威海人，医学博士，博士研究生导师，中山大学附属第一医院副主任医师、副教授。2007年中山大学博士毕业后，一直于中山大学附属第一医院从事骨外科临床医疗、教学、科研工作，基础理论扎实，掌握骨科常见病的诊治，专业与研究方向为骨与软组织肿瘤，擅长骨与软组织肿瘤的微创穿刺活检，恶性骨与软组织肿瘤的化疗，良、恶性骨肿瘤切除重建，骶骨、脊柱等部位肿瘤的穿刺活检及微创治疗。现任中国抗癌协会肉瘤专业委员会委员，广东省医学会骨科分会青年委员会副主任委员，广东省医师协会骨科分会委员，广东省医学会小儿骨科及骨肿瘤学组秘书。近年来主持国家自然科学基金项目2项，发表论文50余篇，其中SCI文章30余篇，主编（参编）论著4部。



序言

Foreword

古老地图经常使用“未知地”的术语来表达尚未被人探索、记录或图注过的地方。绘图者有时会认为这些“未知地”不同于已知世界，而是充满着幻想和想象。直到最近，放射科医生可以借助影像检查方法观察松质骨，但骨髓成分的显示曾属于“未知领域”。因为放射学、超声甚至 CT 都无法显示骨髓的组成及其变化。MRI 开始揭开骨髓这个“黑盒子”，本书虽受到成像条件的限制，读者也将会从书中有所收获。

近年来，我们认识到骨髓的三个主要成分（松质骨、脂肪和造血细胞系）比以往了解的信息还要复杂。松质骨现已认为是一个非常复杂的结构功能复合体，通常被称为的“骨小梁”仅是限于其“小梁”的排列方式。骨髓脂肪（和体脂肪）处于人体新陈代谢的中心环节，包括生理性和病理性的代谢状态，脂肪现被发现在胰岛素代谢和心血管疾病中起着重要作用。骨髓内的细胞成分更为复杂，包括不同类型的细胞及其前体。

MRI 成像技术尽管很先进，但对于骨髓的显示能力仍然相当有限，大多借助 T1 和 T2 加权图像以及钆对比剂对比增强成像。我们能够很好地借助这些相对简单的 MR 成像，结合解剖学和生理学知识来了解骨髓也是一件令人兴奋的事！在我的经验中，骨髓 MRI 出现不熟悉的异常表现是住院医师和实习医师诊断不确定性和发生错误的常见原因，他们或将受益于本书。

骨髓成分的动态变化造成骨髓的评价较为困难。骨髓成分因其所在的解剖部位和个体不同而不同，同一个体不同年龄阶段的正常骨髓以及病变骨髓也处于不断变化过程中。本书以图谱形式展示正常骨髓和异常骨髓的病例，根据作者们丰富的临床经验逐一阐释病例图片。骨髓血管的插图特别漂亮，胎儿 MRI 中的骨髓图片以及四肢骨髓随年龄变化的图片也都很精致。

对于不太熟悉骨髓影像学的读者，可采用传统阅读方式，即先读文字后看图像。对于骨髓影像学富有经验的读者，可先看图像形成印象，然后再看文字寻求答案和解释。若读者愿与本书互动学习，必有很大裨益。本书可一定程度上填补骨髓影像学领域的空白，必将赢得放射学界同仁的好评。

Daniel I Rosenthal, MD

Professor of Radiology

Harvard University

Cambridge, MA, USA

Vice Chair of Radiology

Massachusetts General Hospital

Boston, MA, USA



目录

Contents

第一章 正常骨髓：从胎儿到成人	001
第一节 造血.....	001
第二节 骨和骨髓的发育.....	001
第三节 解剖与生理	002
第四节 四肢骨正常 MRI 表现.....	006
第五节 中轴骨正常 MRI 表现.....	040
参考文献.....	062
第二章 治疗后的骨髓变化	063
第一节 放疗.....	063
放疗并发症	070
第二节 化疗.....	076
一、淋巴瘤 / 白血病.....	078
二、骨髓瘤	083
三、G-CSF (粒系集落刺激因子).....	087
第三节 术后.....	090
参考文献.....	097
第三章 肿瘤性骨髓浸润.....	099
第一节 浆细胞病	099
第二节 淋巴瘤.....	116
第三节 白血病.....	124
第四节 骨髓增生性疾病	131
一、骨髓增生异常综合征	131
二、真性红细胞增多症	133
三、骨髓纤维化	134
第五节 转移性疾病.....	136
参考文献.....	141

第四章 贫血	143
第一节 引言	143
第二节 生理性红骨髓增生	143
第三节 骨髓衰竭	145
第四节 血红蛋白病和地中海贫血	147
参考文献	155
第五章 其他骨髓疾病	157
第一节 引言	157
第二节 肾性骨病	157
第三节 组织细胞增生症	162
第四节 肥大细胞增多症	168
第五节 佩吉特病	169
第六节 骨髓浆液性萎缩	174
第七节 戈谢病	176
第八节 石骨症	180
第九节 结节病	181
第十节 感染	183
第十一节 慢性复发性多灶性骨髓炎	185
第十二节 骨坏死	187
第十三节 风湿病	190
第十四节 一过性骨髓水肿综合征	192
参考文献	194
索引	195



第一章②

正常骨髓：从胎儿到成人

第一节 造血

造血即血细胞的形成，开始于胎儿前6周的卵黄囊。第6~12周网状内皮系统、肝和脾是造血的主要场所^[1]。自第16周起，骨髓造血开始伴随着骨髓腔的发育^[1-2]，逐渐成为造血的主要部位。随着年龄增长，造血性骨髓的部位和容量逐渐减少。

第二节 骨和骨髓的发育

骨骼系统由原始间充质发育而来，而间充质细胞是膜状骨或软骨的前体细胞。颅盖骨和面骨发生于膜内化骨，而颅底骨、长骨、锁骨和脊柱发生于

软骨化骨^[3]。

长骨的生长包括纵向生长和横向生长。纵向生长是由初级骨化中心和骨两端的次级骨化中心共同完成^[3]。横向生长是由周围骨膜和软骨膜通过膜内成骨完成。围绕次级骨化中心的软骨性骨骺则为球形增长^[3]。在婴儿时期，造血性骨髓（红骨髓）由几乎相同数量的血细胞前体和脂肪细胞组成，有丰富的血管网为其提供营养。黄骨髓主要由脂肪细胞组成，血液供应稀少。红骨髓内脂肪细胞可能含有稍多的不饱和脂肪酸，但在红骨髓和黄骨髓的脂肪细胞之间无明显差异^[4]。在骨髓的正常生理转换过程中，磁共振成像（MRI）借助其较高的组织敏感性可显示少量散在的脂肪成分，已有研究表明MRI评价骨髓转换要早于组织学观察^[3,5]。

译者注

对于锁骨来说，膜内化骨和软骨化骨是两种方式并存的。

第三节 解剖与生理

骨髓是人体最大、最重要的器官之一，在成年男性重约 3000 克，成年女性重约 2600 克^[4]。骨髓内的骨成分由松质骨构成。松质骨由初级和次级骨小梁构成，为骨髓提供结构支撑和矿物质来源。此外，松质骨也是成骨细胞、破骨细胞和骨细胞活动的场所。骨髓血管系统比较复杂，主要由滋养动脉穿入骨髓腔中心进行血液供应（图 1.1a）。滋养动脉的升支和降支平行于长骨的长轴（图 1.1b，图 1.1c）。从滋养动脉发出进入骨内膜表面的分支与骨膜血管相连接（图 1.1d），穿入皮质骨内膜表面的血管扩大形成血窦（图 1.1d），这些血窦在骨髓脂肪细胞之间形成广泛的吻合网，再引流至骨髓腔中心的静脉窦，然后通过滋养孔穿出骨髓腔。MRI 增强扫描后，红骨髓的强化程度稍高于脂肪髓，这是由于红骨髓血液供应丰富（图 1.2）。骨髓神经包括丰富的交感神经与传入神经纤维，其走行分布类似

于动脉^[6]。交感神经纤维有助于调节骨髓细胞的释放^[7]。骨髓细胞包括所有阶段的红细胞、白细胞、血小板、网状内皮系统细胞和脂肪细胞。骨髓造血活动减弱时，脂肪细胞体积和数量增加；骨髓造血活动增加时，脂肪细胞萎缩、减少。人类骨髓中虽从未证实存在真正的淋巴管，但淋巴小结确实存在^[8]。红骨髓造血功能活跃，产生红细胞、白细胞和血小板前体。黄骨髓由脂肪细胞组成，造血功能不活跃。红骨髓和黄骨髓中的不同化学成分引起 MRI 不同的信号特征，认识这些差异有助于理解骨髓生理和病理的 MRI 表现。在婴幼儿期，红骨髓约含 40% 的水、40% 的脂肪和 20% 的蛋白质^[9]。随着年龄增长，造血性骨髓中的脂肪成分增多，70 岁时红骨髓约含 60% 的脂肪、30% 的水和 10% 的蛋白质^[9]。红骨髓成分的差异体现于不同年龄阶段的 MRI 表现（图 1.3）。黄骨髓在不同年龄阶段都保持较稳定的成分，约含 80% 的脂肪、15% 的水和 5% 的蛋白质^[4]。



图 1.1 胫骨近段矢状面质子密度加权图像 (a) 显示滋养动脉穿入骨髓腔 (箭头)。胫骨冠状面 T1 加权图像 (b) 和股骨冠状面 T2 加权图像 (c) 显示滋养动脉平行于长骨的长轴 (箭头)。胫骨近端横轴面质子密度加权成像 (d) 显示滋养动脉的分支穿入皮质骨内膜面并与骨膜血管相通 (箭头)

译者注

图 1.1a、图 1.1c 和图 1.1d 均应为脂肪抑制图像。



图 1.2 双侧大腿冠状面平扫 T1 加权脂肪抑制图像显示双侧股骨干红骨髓 (a)。静脉注射对比剂后骨髓轻度强化 (b)，对应于平扫图像的红骨髓区 (箭头)



图 1.3 不同年龄阶段骨盆冠状面 T1 加权图像。6 个月女孩 (a)，8 岁女孩 (b)，45 岁女性 (c) 和 88 岁女性 (d) 含有不同数量的红骨髓 (箭头)。注意观察红骨髓信号强度随着年龄增长的变化，反映红骨髓中脂肪成分的增加

第四节 四肢骨正常 MRI 表现

在妊娠中期，胎儿长骨的髓腔小而骨皮质厚，整体表现为较低的 T1 和 T2 加权图像信号强度，这是由于骨化成分多，骨髓少而难以显示^[2]（图 1.4）。随后，骨髓腔逐步扩大并开始出现新生儿骨髓造血的模式（图 1.5，图 1.6，图 1.7 和图 1.8），

软骨性突起和骨骺则无此种变化特点（图 1.8b）。在新生儿期，与正常骨骼肌信号强度相比，正常骨髓 T1 加权图像呈等信号或低信号，T2 加权图像呈高信号，反映出红骨髓含有较高比例的水和含铁血黄素^[9-11]（图 1.8a）。新生儿期后，骨髓 T1 加权图像的信号强度若低于正常骨骼肌，则应警惕骨髓异常（图 1.9）。男孩和女孩之间骨骺的骨髓转换无统计学差异^[5, 11, 12]。

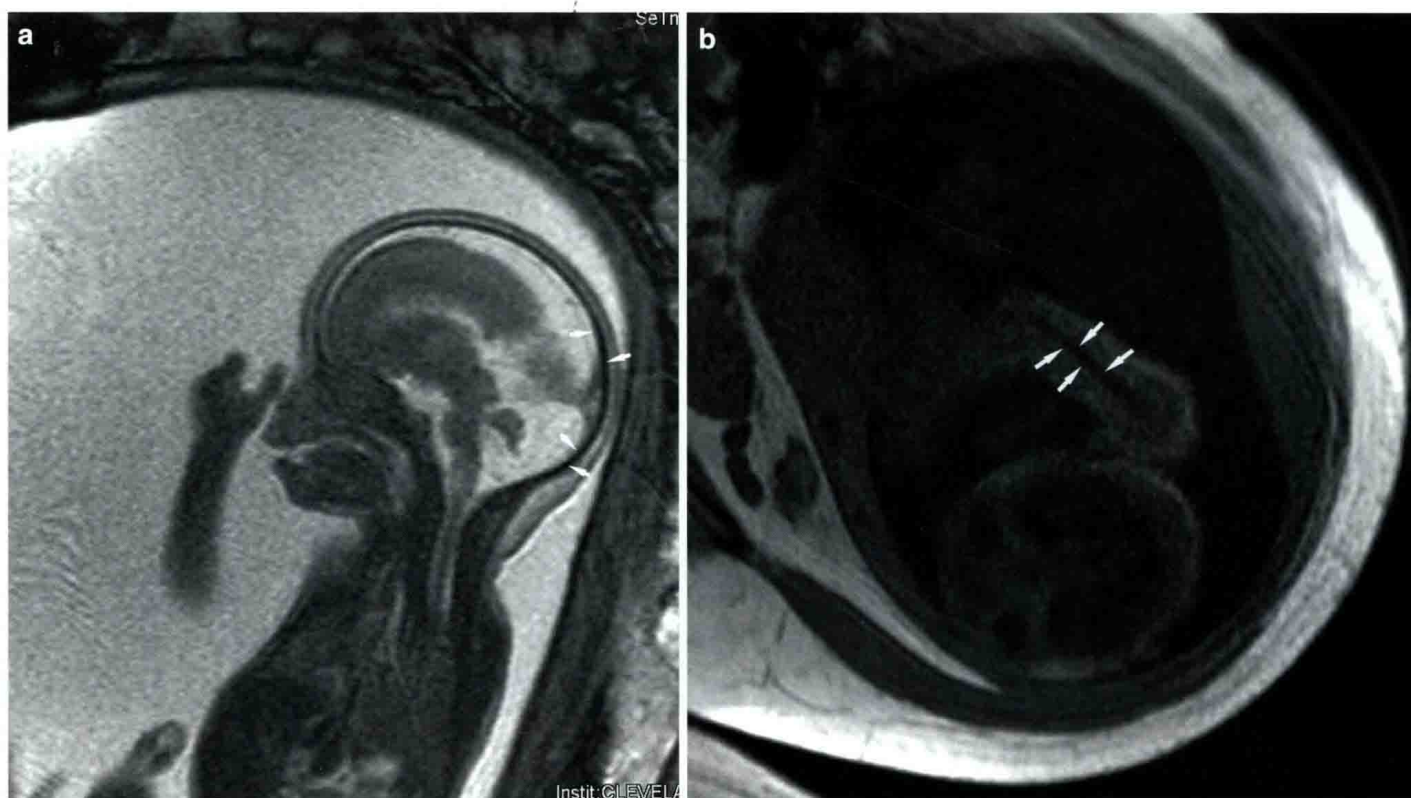


图 1.4 20 周胎儿 MRI。使用 TrueFISP（真稳态进动快速成像）序列获得的颅骨（a）和肱骨（b）图像显示明显的骨皮质（箭头）而无肉眼可见的骨髓信号

译者注

真稳态进动快速成像序列在西门子公司称为 TrueFISP，GE 公司称为 FIESTA，飞利浦公司称为 T2-FFE。

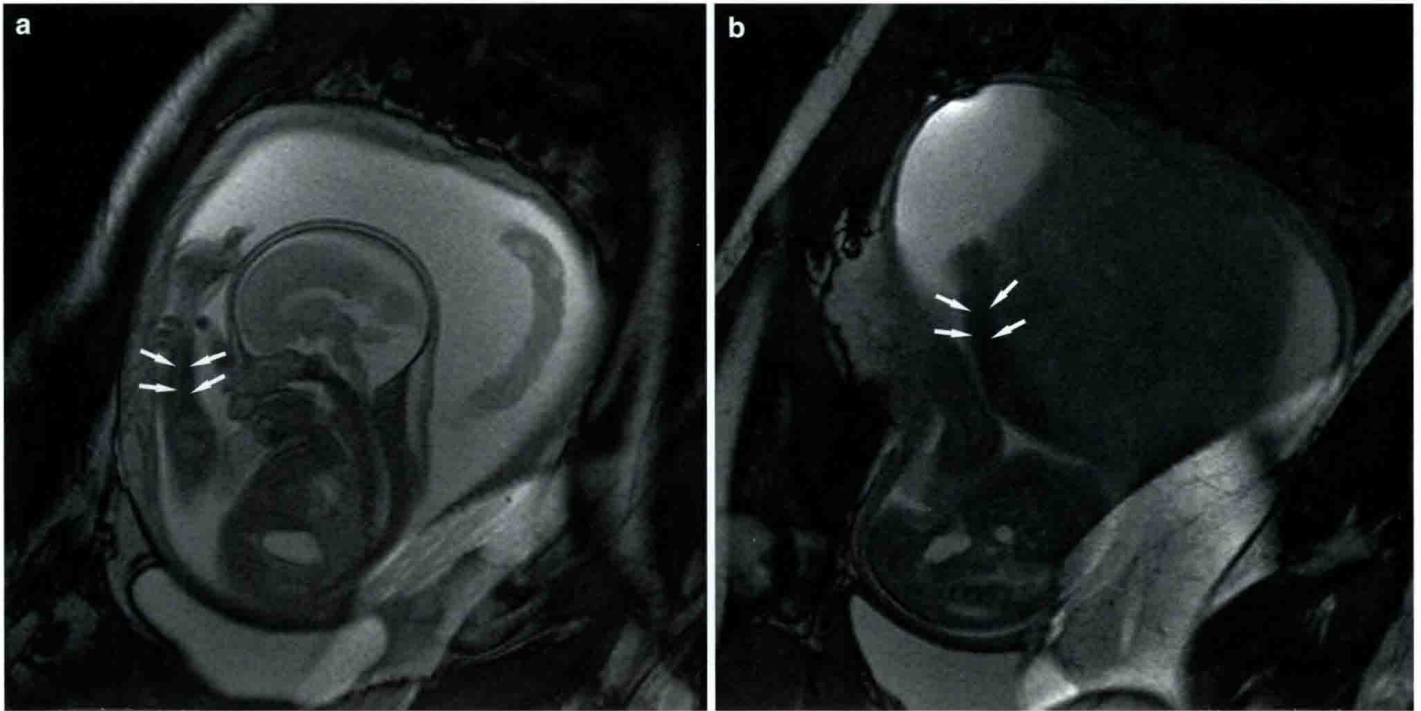


图 1.5 25 周胎儿 MRI。使用 TrueFISP 序列获得的股骨 (a) 和前臂 (b) 图像显示少量的骨髓信号 (箭头)

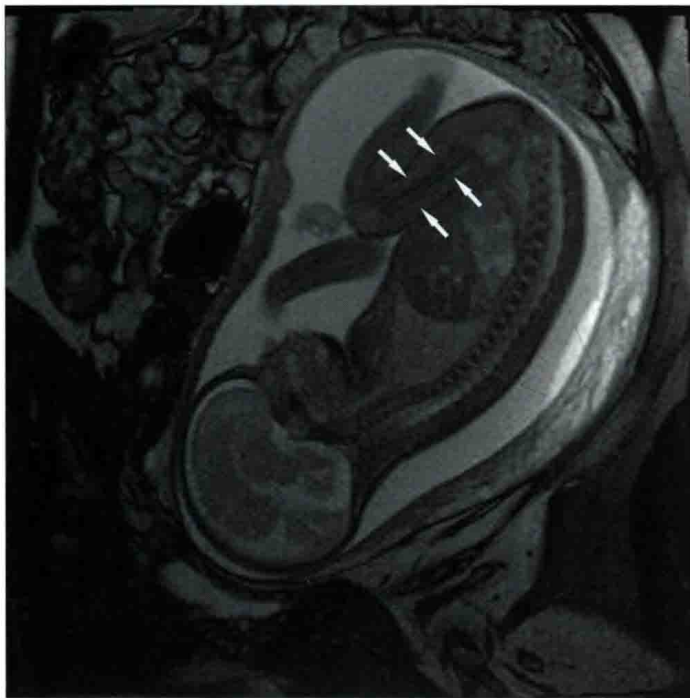


图 1.6 28 周 2 天胎儿 MRI。使用 TrueFISP 序列获得的股骨图像显示明显的骨髓信号 (箭头)

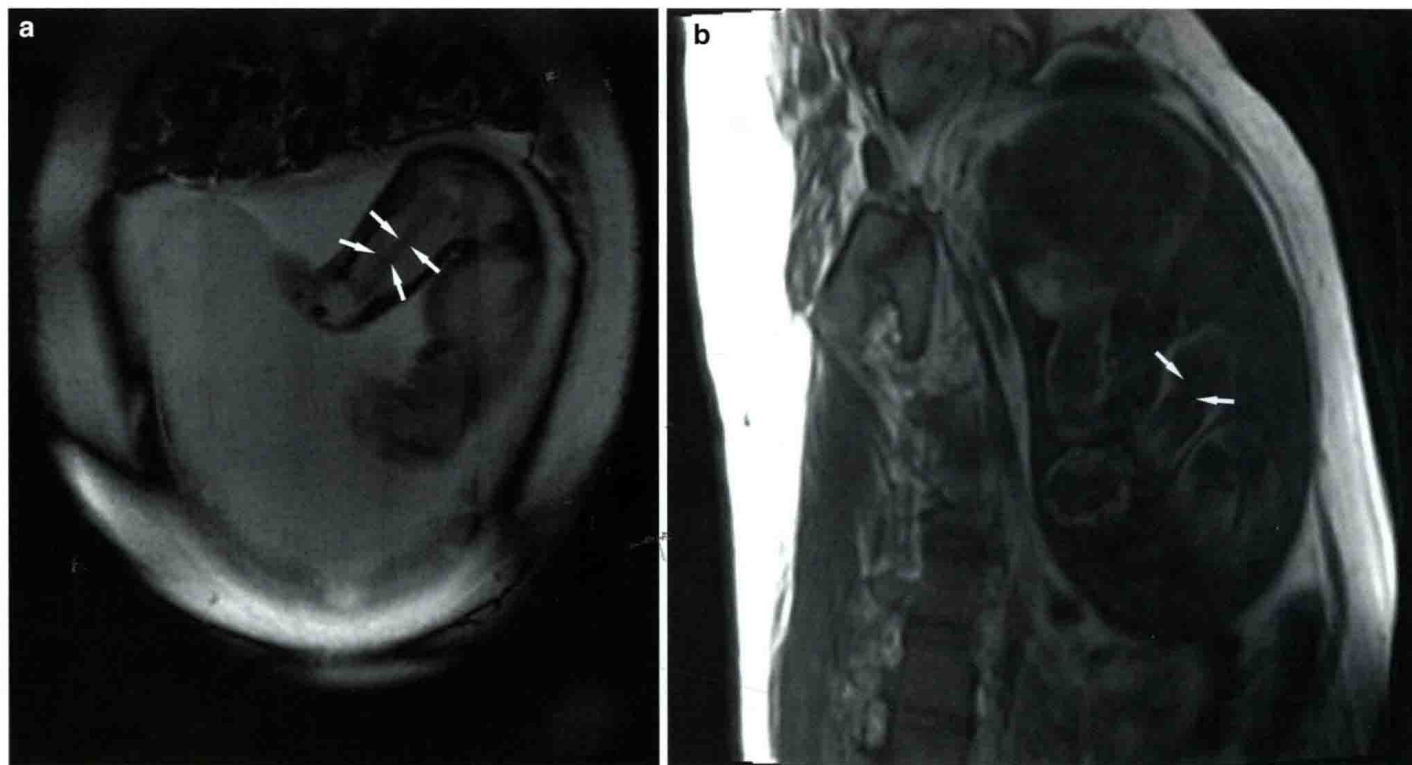


图 1.7 33 周 2 天胎儿 MRI。使用 TrueFISP 序列获得的图像 (a) 和 T1 加权图像 (b) 显示肱骨的骨髓信号 (箭头)

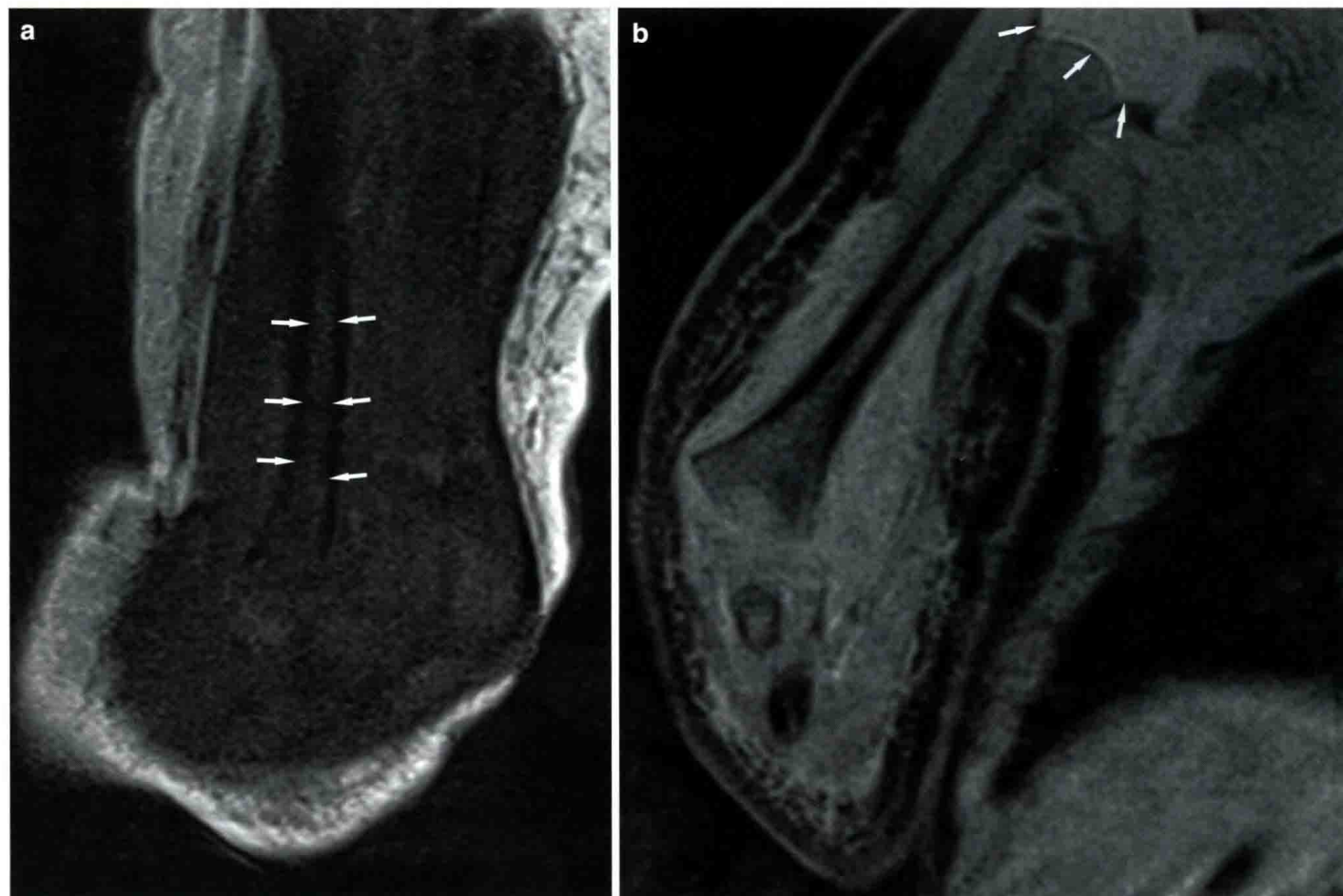


图 1.8 2 天新生儿 MRI。肱骨冠状面 T1 加权图像 (a) 显示肱骨干骨髓内明显的红骨髓信号，与邻近的骨骼肌信号相似 (箭头)；冠状面 T2 加权图像 (b) 显示红骨髓稍高信号，肱骨近侧软骨性骨骺信号更高