

糖尿病足的 MRI 诊断价值

郭丽, 齐心, 李玮, 张晓东, 王霄英

【摘要】 目的:探讨糖尿病足的 MRI 诊断价值。**方法:**回顾性分析经临床综合诊断证实的 12 例糖尿病足患者的 MRI 表现,对病变部位、软组织病变、骨关节病变进行评估。**结果:**大部分病变位于前足(9/12,占 75.0%)和中足(4/12,占 33.3%);12 例患者均可见软组织肿胀、窦道形成、骨髓水肿及骨髓炎,部分伴脓肿形成(5/12,占 41.7%);2 例夏科氏关节伴骨髓炎并可见关节脱位及摇椅足形成。**结论:**MRI 能够清楚地显示糖尿病足的骨关节及软组织病变情况,为临床诊疗提供良好的影像依据。

【关键词】 糖尿病;糖尿病足;磁共振成像;骨髓炎

【中图分类号】 R587.29; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)02-0133-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.02.009

The diagnostic value of magnetic resonance imaging in diabetic foot GUO Li, QI Xin, LI Wei, et al. Department of Radiology, the Peking University First Hospital, Beijing 100034, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the diagnostic value of MRI in diabetic foot. **Methods:** The MR manifestations of 12 patients with diabetic foot confirmed by clinical comprehensive diagnosis were analyzed retrospectively. The location of the lesions, soft tissue lesions, and bone and joint lesions were evaluated. **Results:** Most of the lesions were located in the forefoot (9/12, 75.0%) and midfoot (4/12, 33.3%). All of 12 patients showed soft tissue swelling, sinus formation, bone marrow edema and osteomyelitis, and part of them with abscess formation (5/12, 41.7%). In two cases with Charcot joint associated with osteomyelitis, there was dislocation and rocking chair foot. **Conclusion:** MRI can clearly display the bone and soft tissue lesions of diabetic foot, and can provide reliable imaging information for clinical diagnosis and treatment.

【Key words】 Diabetes mellitus; Diabetic foot; Magnetic resonance imaging; Osteomyelitis

糖尿病患者的足部由于合并神经病变及不同程度的末梢血管病变而导致足部感染、溃疡和/或深层组织破坏,被世界卫生组织(WHO)定义为糖尿病足^[1]。糖尿病足是非创伤性截肢的最常见原因。影像学检查能够准确地诊断糖尿病患者足部病变的范围和程度,以便临床进行早期干预,以减少截肢率,从而提高糖尿病患者的生活质量。目前的影像学检查中, MRI 不仅能够显示软组织病变,而且能够显示骨关节病变及早期骨髓水肿,对于足部病变的部位及范围的精确判断具有明显的优越性。本文回顾性分析 12 例糖尿病足患者的 MRI 资料,总结糖尿病足的 MRI 特征,探讨 MRI 在糖尿病足临床诊疗中的应用价值。

材料与方法

1. 一般资料

搜集本院 2014 年 6 月—2015 年 5 月经临床综合诊断并进行足部 MRI 检查的 12 例糖尿病足患者,其中男 10 例,女 2 例,年龄 44~80 岁,糖尿病史 2~28

年。8 例有足部手术史(清创、截肢/趾、肿物切除),4 例伤口不愈合伴流脓。

2. MRI 检查方法

12 例患者中 10 例行 1 次 MRI 检查,1 例行 2 次 MRI 检查,1 例行 3 次 MRI 检查,共计 15 例次。左足 6 例次(2 例次行平扫及增强 MRI 检查,4 例次仅行平扫 MRI 检查),右足 9 例次(6 例次行平扫及增强 MRI 检查,3 例次仅行平扫 MRI 检查)。5 例次于 1.5T MR 进行扫描,10 例次于 3.0T MR 进行扫描。

MRI 扫描方案:根据足部病变部位进行矢状面、冠状面及横轴面扫描,扫描序列包括 T₁WI、脂肪抑制 T₂WI、短时反转恢复(short time inversion recovery, STIR)T₂WI 及脂肪抑制 T₁WI 增强。增强扫描于静脉注射钆对比剂 3 min 后进行,钆对比剂总量为 0.1 mmol/kg,注射流率为 2.5 mL/s。选择足部专用线圈或膝关节线圈进行扫描,不同 MR 机型扫描参数见表 1。

3. 图像评估

由两位 3 年以上工作经验的 MRI 诊断医师共同对所有病例的 MRI 图像进行评估。当两位医师的评估结果不一致时,由另一位有 5 年以上工作经验的 MRI 诊断医师进行判断,并得出最终结论。

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科(郭丽、李玮、张晓东、王霄英),糖尿病足病防治中心(郭丽、齐心),整形烧伤科(齐心)

作者简介:郭丽(1983—),女,湖北襄阳人,博士,主治医师,主要从事血管影像学工作。

通讯作者:王霄英, E-mail: cjr_wangxiaoying@vip.163.com

基金项目:北京市科学技术委员会重点项目(D141107005314003)

表 1 不同机型的 MRI 扫描参数

扫描序列	GE 1.5T	GE 3.0T	Philips 3.0T
T ₁ WI	TR 280~450ms, TE 10ms, ETL 1, Nex 1/2	TR 300~750ms, TE 8~15ms, ETL 3, Nex 1/2	TR 500~650ms, TE 20~22ms, ETL 5, Nex 1/2
脂肪抑制 T ₂ WI	TR 2200 ~ 3200ms, TE 60 ~ 90ms, ETL 11~15, Nex 2	TR 2200 ~ 3200ms, TE 60 ~ 90ms, ETL 12~16, Nex 1/2	TR 2600 ~ 3200ms, TE 60 ~ 90ms, ETL 12~15, Nex 1/2
T ₂ STIR	TR 3000~4000ms, TE 35~45ms, TI 150, ETL 9, Nex 1	NA	NA
脂肪抑制 T ₁ WI 增强	TR 400~650ms, TE 10ms, ETL 1~3, Nex 1	TR 500~800ms, TE 10ms, ETL 1~3, Nex 1	TR 250~500ms, TE 3ms, ETL 1, Nex 1/2

注:TR为重复时间(repetition time),TE为回波时间(echo time),ETL为回波链长度(echo train length),TI为反转时间(inversion time),Nex为激励次数(number of excitation),NA为不适用(not available)。

图像评估的内容包括病变部位、软组织病变以及骨关节病变,并将病变按照范围和程度分为轻度、中度和重度。病变部位分为前足、中足和后足;软组织病变包括软组织肿胀、脓肿和窦道;骨的病变分为骨髓水肿和骨髓炎;关节病变包括关节脱位和关节积液。

结 果

12 例患者的足部 MRI 表现见表 2。大部分患者病变位于前足(9/12, 占 75%)、中足(4/12, 占 33.3%),16.7%的患者(2/12)有后足病变。所有患者的首次足部 MRI 均可见软组织肿胀、窦道形成(图 1)、轻至中度骨髓水肿及不同程度的骨髓炎(图 2)。软组织病变表现为 T₁ WI 低信号、T₂ WI 高信号,增强扫描可见强化,并可见呈轨道状或环形强化的窦道,部

分可见脓肿形成(图 3)。骨髓水肿及骨髓炎于 T₁ WI 呈等或低信号,T₂ WI 呈高信号,增强扫描可见强化。2 例夏科氏关节合并骨髓炎(图 4)的患者(病例 3、7)除骨及软组织信号异常外,同时可见关节变形、脱位、摇椅足形成,以及关节腔积液、积脓。6 例清创术后,可见术区周围骨质及软组织异常信号及强化,部分可见术后残腔,并可清晰显示引流管(图 5)。

1 例患者(病例 11)进行 3 次 MRI 检查,第 1 次检查显示病变主要位于前足,经截趾治疗后好转出院;第 2 次检查出现新发的中足病变,且逐渐进展;第 3 次检查显示软组织病变较前好转,但骨质病变较前进展、累及足跟。1 例(病例 12)进行 2 次 MRI 检查,第 2 次检查显示病变范围较前明显减少,骨与软组织病变较前好转。

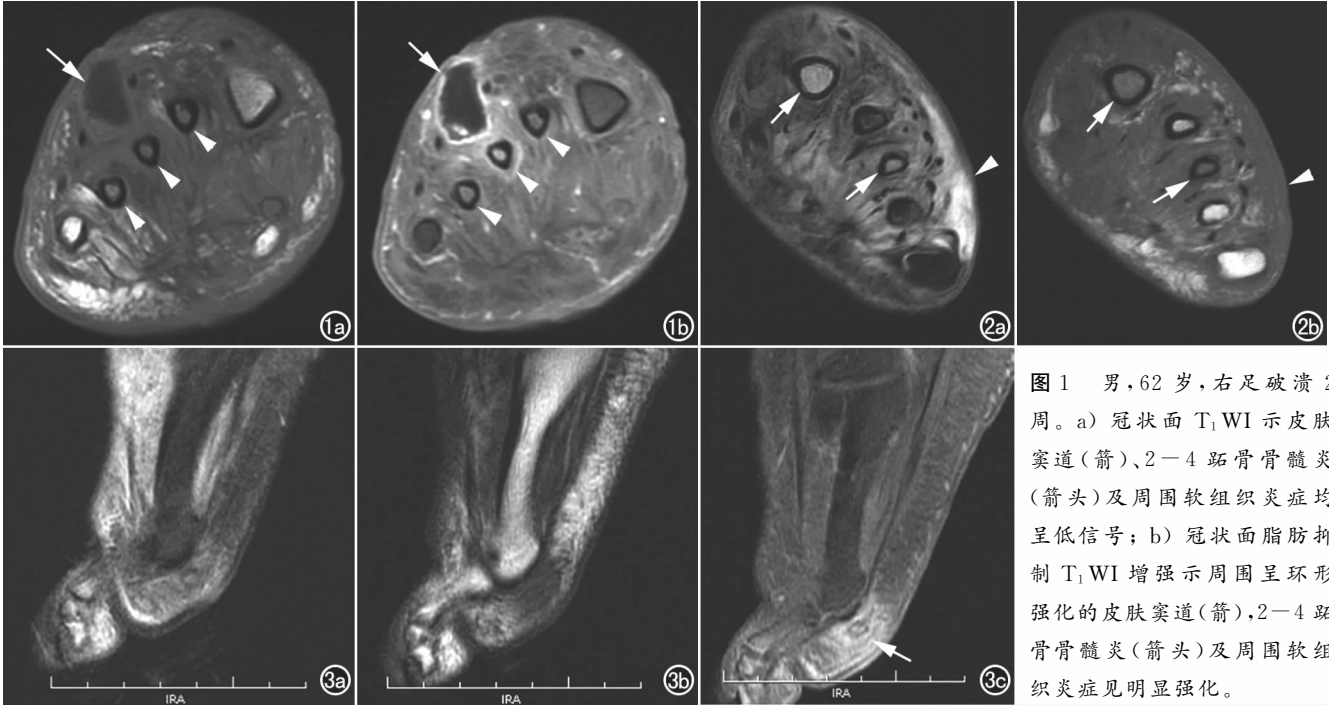


图 1 男,62 岁,右足破溃 2 周。a) 冠状面 T₁ WI 示皮肤窦道(箭)、2-4 跖骨骨髓炎(箭头)及周围软组织炎症均呈低信号;b) 冠状面脂肪抑制 T₁ WI 增强示周围呈环形强化的皮肤窦道(箭),2-4 跖骨骨髓炎(箭头)及周围软组织炎症见明显强化。

图 2 男,63 岁,左侧糖尿病足,第 1 跖趾关节外露、脱位。a) 冠状面脂肪抑制 T₂ WI 示第 1、3 跖骨骨髓炎(箭)伴周围软组织水肿和炎症(箭头);b) 冠状面 T₁ WI 示第 1、3 跖骨骨髓炎(箭)伴周围软组织的水肿和炎症(箭头)。图 3 男,53 岁,右足底破溃 10d。第 1 跖骨头下方足底软组织脓肿,周围软组织 T₁ WI 呈低信号、脂肪抑制 T₂ WI 呈高信号伴强化,其内脓肿呈环形强化(箭)。a) 矢状面脂肪抑制 T₂ WI;b) 矢状面 T₁ WI;c) 矢状面脂肪抑制增强 T₁ WI。

表 2 糖尿病足患者的 MRI 表现

病例 (检查次数)	病变 部位	软组织病变			骨病变		关节病变	
		肿胀	脓肿	窦道	骨髓水肿	骨髓炎	脱位	积液
1	前足	+	—	+	+	+	—	—
2	前足	++	—	+	+	++	—	—
3	中足	++	—	+	+	++	++	++
4	前足	+	+	+	+	++	—	—
5	前足	++	—	+	+	++	—	+
6	前足	++	—	+	+	++	—	—
7	中足	++	+	+	+	++	++	++
8	前中足	++	++	++	++	+++	—	+
9	前足	++	—	+	+	++	—	+
10	后足	++	—	+	+	++	—	—
11(1)	前足	++	—	+	+	++	—	—
11(2)	中足	+++	+	+	+	++	—	++
11(3)	中后足	++	—	+	++	+++	—	+
12(1)	前足	++	+	+	+	+	—	—
12(2)	前足	+	—	+	+	—	—	—

注：— 无，+ 轻度，++ 中度，+++ 重度。

讨 论

糖尿病是一个日益严重的全球性健康问题疾病，2012 年全球的患病率约 5.1%，预计到 2030 年可达 7.7%^[2]。在我国，糖尿病发病率正呈逐渐增高的趋势，约 12%~25% 糖尿病在病程进展中可并发糖尿病足。糖尿病足部病变包括骨关节^[3]、肌肉、肌腱及其它软组织病变^[4]，而软组织和骨骼的感染在糖尿病足中尤为常见，早期诊断并及时治疗（如抗生素、外科清创术）至关重要。影像学检查对于糖尿病足的骨、关节及软组织病变的显示具有重要的价值。X 线平片及 CT 能够提供有用的骨性解剖信息，但对软组织的细节信息显示较差。而 MRI 具有良好的软组织分辨力，对检测软组织肿胀、骨髓水肿非常敏感。文献报道 MRI 诊断糖尿病足的敏感性、特异性、阳性预测值及阴性预测值等均优于 X 线和 CT 检查^[5]。随着 MRI 技术的发展和磁场强度的提高，MRI 对于糖尿病足的骨与软组织病变（如骨髓炎、脓肿）部位的定位越来越精确，能够达到指导临床清创和确定截肢/趾手术范围的要求，且

在治疗后的疗效评估中具有一定的应用价值。

1. 糖尿病足的 MRI 检查方法

糖尿病足的 MRI 图像的评估需结合临床资料，且对图像质量的要求也较高。MRI 扫描方案应根据具体的临床问题来设定。在 MRI 检查前，尽可能地对足部溃疡或窦道进行外部标记。检查时，扫描范围应包括感兴趣区域，包括前足、中足和足跟，并尽量选择较小的视野和较薄的层厚以提高空间分辨力。对于扫描范围，文献报道不尽相同。Chatha 等^[6]认为，如果是特定的局部病变，就应该对局部病变进行扫描，而不必扫描整个足部。而 Keynes 等^[7]认为扫描时应包括整个足部，以便观察足部感染的范围。本研究中绝大部分病例的扫描范围包括了全足，仅 1 例患者由于全足超出线圈范围，且病变局限于脚趾，仅对前足进行了扫描。笔者认为，在线圈允许时，应尽量包括整个足部，以显示足部整体信息，从而发现临床隐匿病灶；如线圈较小，扫描时应注意结合临床症状，尽量把病变部位置于扫描野的中心，以免伪影干扰或扫描范围不够而不能完全显示病变。

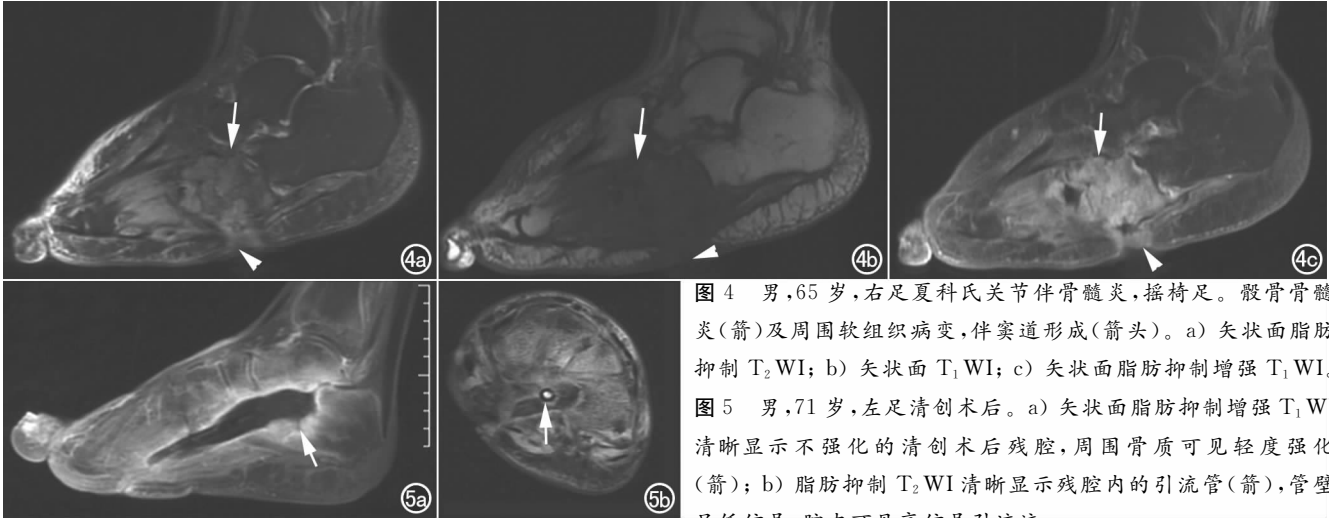


图 4 男,65 岁,右足夏科氏关节伴骨髓炎,摇椅足。骰骨骨髓炎(箭)及周围软组织病变,伴窦道形成(箭头)。a) 矢状面脂肪抑制 T₂WI; b) 矢状面 T₁WI; c) 矢状面脂肪抑制增强 T₁WI。

图 5 男,71 岁,左足清创术后。a) 矢状面脂肪抑制增强 T₁WI 清晰显示不强化的清创术后残腔,周围骨质可见轻度强化(箭); b) 脂肪抑制 T₂WI 清晰显示残腔内的引流管(箭),管壁呈低信号,腔内可见高信号引流液。

MRI 检查时,足部应放置在磁场中心,以获得均匀的脂肪抑制效果。感兴趣区的扫描应至少包括 2 个扫描平面,以便对病变进行准确定位。不同的扫描平面、扫描序列有其各自的优点。例如,矢状面检查适合显示中足的病变(如跖趾关节的神经骨关节病)、足底及足跟的病变(如足底溃疡、跟骨骨髓炎);轴面和冠状面利于显示内侧和外侧足溃疡;与脚趾垂直的平面(短轴面)最适合显示脚趾溃疡及其与相邻骨的关系。 T_1WI 能够清楚地显示解剖细节,同时显示骨髓异常信号也非常敏感。 T_2WI 对于骨髓和软组织的水肿以及积液的敏感性较高,然而,骨髓水肿的信号有可能被较高的骨髓脂肪信号所屏蔽。这时,可采用脂肪抑制序列和 STIR 序列来解决该问题。STIR 序列尽管图像分辨率略低,但其能够在脚弯曲时提供更均匀的脂肪抑制,且保持其对骨髓和软组织水肿的较高的敏感性。本研究中所有患者均采用矢状面脂肪抑制 T_2WI 以完整显示全足的病变,根据病变部位的不同,选择性地扫描冠状面、轴面的 T_1WI 和脂肪抑制 T_2WI 。

对糖尿病足行 MRI 增强检查尚存在争议。有的文献建议常规使用^[8],而部分文献认为不必要^[9-11]。虽然没有确凿的证据表明,MRI 增强能够提高骨髓炎的检测精度,但增强检查能够提高软组织的病理学评价(如脓肿、窦道),并有可能评价软组织或骨是否具有活性,因此,MRI 增强扫描在确定骨髓炎继发征象方面是很有用的,并且能够为临床术前计划提供一定的影像支持。本研究中,50% 的病例进行了增强 MRI 检查,笔者认为增强 MRI 检查能够更清楚地显示病变的性质和范围,有助于临床治疗。

2. 糖尿病足的 MRI 表现

软组织病变:软组织病变几乎见于糖尿病足的所有病例,首先皮肤屏障的破坏导致细菌容易入侵,因而继发深部组织的病变,包括软组织水肿和蜂窝织炎、骨髓炎,可伴脓肿和窦道的形成。

脓肿表现为 T_1WI 低信号、 T_2WI 高信号,伴边缘强化^[12],大部分脓肿比较小,在不注射对比剂的情况下,可能被周围软组织水肿所掩盖。因此,MRI 增强扫描对于脓肿的识别及软组织病变程度的显示至关重要。窦道常与脓肿伴随,增强 MRI 图像中,窦道显示为强化的“轨道”。由于窦道走行迂曲,其在横轴面上可能显示为环形强化的病灶,而被误认为脓肿,故窦道需要在所有成像平面上进行评价。

MRI 平扫能够显示软组织肿胀、窦道和脓肿形成,但无法对软组织水肿和蜂窝织炎进行鉴别诊断。本研究中,MRI 增强扫描能够更清晰地显示软组织病变的范围,以及窦道及脓肿的边界,帮助临床进行术前评估和手术方案的制定。

骨髓炎与骨髓水肿:约 20%~60% 糖尿病足部感染的患者伴骨的感染,通常是由皮肤溃疡蔓延而来,因此,在 MRI 图像上检出骨髓炎的最简单方法是沿着皮肤溃疡或窦道来观察相邻骨质是否有信号异常。明显的 T_1WI 低信号是骨髓炎的一个重要标志,加上继发的软组织感染及骨膜反应征象,可以明确诊断。骨髓炎应与继发于周围软组织感染的骨髓水肿相鉴别,二者均表现为 T_2WI 高信号,且增强扫描呈强化表现,但骨髓水肿并无典型骨髓炎特征性的 T_1WI 低信号。此外,MRI 能够显示骨髓炎病变周围的骨髓水肿带,对于清创术前进行手术范围的预估具有较大的作用。

夏科氏神经性骨关节病是一种发生于渐进性破坏骨与关节的退行性病变,常发生于糖尿病神经病变伴足部感觉缺失的患者。在神经性关节病的早期阶段,X 线平片可显示正常,而 MRI 可显示软组织肿胀、关节积液及正常骨髓信号强度。增强 MRI 可显示骨髓和关节周围软组织的增强^[13]。夏科氏神经性骨关节病的亚急性期出现骨吸收。在慢性期,可出现关节畸形和骨碎片,MRI 显示轻度骨髓水肿,无明显软组织水肿及关节积液。

由于骨髓炎与夏科氏神经性骨关节病的临床治疗完全不同,需将二者进行鉴别:首先,骨髓炎主要是骨的病变,夏科氏神经性骨关节病主要是关节病变;其次,二者的好发部位不同,骨髓炎最常见的位置是足的压力点:前足(跖骨头,跖趾关节)和后足的跟骨跖面,常伴皮肤缺损或窦道,而夏科氏神经性骨关节病则好发于中足,不伴皮肤缺损。然而,慢性夏科氏神经性骨关节病的患者,如果出现足部感染,二者可合并存在。本研究中,有 2 例(病例 3 和 7)为夏科氏神经性骨关节病伴骨髓炎的典型病例,病变均发生在中足(夏科氏神经性骨关节病的好发部位),伴足弓塌陷,形成以骰骨为支点的摇椅足(图 4),相邻软组织破溃伴窦道形成,继发骨髓炎、并蔓延至周围骨质。目前国内对于早期夏科氏神经性骨关节病的诊断经验有限,有待后期进一步的研究和经验积累,以提高夏科氏神经性骨关节病的诊疗效果,避免继发软组织感染和骨髓炎。

本研究有 8 例清创术后病例。而糖尿病足清创术后影像表现复杂,术区周围软组织及骨质改变原因不明,可以是感染、术后反应性水肿及肉芽组织形成,需要进一步将 MRI 表现与术后病理进行对比观察、分析。本组病例较少,目前影像评估可以结合临床情况综合判断,比如通过局部皮肤是否红肿、伤口引流情况进行评估是否合并感染。糖尿病足清创术后,MRI 的临床应用主要是评估治疗后病变是否好转或进展。

总之,MRI 检查(尤其是增强扫描)能够清楚地显示糖尿病足患者的足部骨与软组织病变的范围,能够

为临床诊疗提供较好的影像依据,并且对于清创术后病情的评估具有一定的价值。

参考文献:

- [1] 梁丽荣,谭岩,赵维彦,等.糖尿病足的病因分析及治疗进展[J]. 中国老年学杂志,2009,29(3):381-383.
- [2] Lam DW, LeRoith D. The worldwide diabetes epidemic[J]. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes, 2012, 19(2): 93-96.
- [3] 肖健敏,陈志远,何建灵,等.糖尿病足骨关节异常的 MRI 诊断[J]. 影像诊断与介入放射学, 2014, 23(3): 238-241.
- [4] 孟利民,张挽时,宋云龙,等.动态增强 MRI 评估糖尿病足足底软组织血流灌注情况[J]. 放射学实践, 2011, 26(7): 745-748.
- [5] Enderh MD, Coerpar S, Schweizer HP, et al. Correlation of imaging techniques to histopathology in patients with diabetic foot syndrome and clinical suspicion of chronic osteomyelitis. The role of high-resolution ultrasound[J]. Diabetes Care, 1999, 22(2): 294-306.
- [6] Chatha DS, Cunningham PM, Schweitzer ME. MR imaging of the diabetic foot: diagnostic challenges[J]. Radiol Clin North Am, 2005, 43(4): 747-759.
- [7] Keynes TA Low, Wilfred CG Peh. Magnetic resonance imaging of diabetic foot complications[J]. Singapore Med J, 2015, 56(1): 23-34.
- [8] Morrison WB, Schweitzer ME, Bock GW, et al. Diagnosis of osteomyelitis: utility of fat-suppressed contrast-enhanced MR imaging[J]. Radiology, 1993, 189(1): 251-257.
- [9] Marcus CD, Ladam-Marcus VJ, Leone J, et al. MR imaging of osteomyelitis and neuropathic osteoarthropathy in the feet of diabetics[J]. Radiographics, 1996, 16(6): 1337-1348.
- [10] Craig JG, Amin MB, Wu K, et al. Osteomyelitis of the diabetic foot: MR imaging-pathologic correlation[J]. Radiology, 1997, 203(3): 849-855.
- [11] Miller TT, Randolph DA Jr, Staron RB, et al. Fat-suppressed MRI of musculoskeletal infection: fast T₂-weighted techniques versus gadolinium-enhanced T₁-weighted images[J]. Skeletal Radiol, 1997, 26(11): 654-658.
- [12] Ledermann HP, Morrison WB, Schweitzer ME. Pedal abscesses in patients suspected of having pedal osteomyelitis: analysis with MR imaging[J]. Radiology, 2002, 224(3): 649-655.
- [13] Yuh WT, Corson JD, Baraniewski HM, et al. Osteomyelitis of the foot in diabetic patients: evaluation with plain film, ^{99m}Tc-MDP bone scintigraphy, and MR imaging[J]. AJR, 1989, 152(4): 795-800.

(收稿日期:2015-12-20 修回日期:2016-01-15)

欢迎订阅 2016 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管,华中科技大学同济医学院主办,与德国合办的全国性影像学学术期刊,创刊至今已 31 周年。2015 年 6 月,《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999, 2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向,关注国内外影像医学的新进展、新动态,全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果,受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊,在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中,被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目:论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊,每册 15 元,全年定价 180 元。

国内统一刊号:ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号:38-122

电话:(027)83662875 传真:(027)83662887

E-mail:fsxsjzz@163.com 网址:http://www.fsxsj.net

编辑部地址:430030 武汉市解放大道 1095 号 同济医院《放射学实践》编辑部