

论 著

2型糖尿病足合并骨髓炎的MRI诊断及影响因素分析

吴琼 吴海燕 朱莉莉*

中国人民解放军东部战区空军医院医学影像科 (江苏南京 210002)

【摘要】目的 探讨2型糖尿病足合并骨髓炎(DFO)的磁共振(MRI)诊断及影响因素分析。**方法** 回顾性分析2022年9月至2023年9月我院收治的200例2型糖尿病足患者临床资料,依据是否合并骨髓炎分成观察组(合并骨髓炎)86例与对照组(未合并骨髓炎)114例。所有患者均行MRI检查,并分析两组MRI征象。收集所有患者临床资料,运用Logistic回归分析得到DFO的影响因素。**结果** DFO病原菌分布以革兰阴性菌为主, MRI图像特征以低T₁WI信号、等高T₂WI信号伴明显强化为主。比较两组MRI定量参数,可见观察组细胞外液间隙对比剂百分比、容积转移常数及速率常数均高于对照组,差异有统计学意义(P<0.05)。两组性别、年龄、2型糖尿病病程、吸烟史、糖尿病肾病、HDL-C、LDL-C、HbA_{1c}、PCT、Scr及FBG比较差异不具有统计学意义(P>0.05),糖尿病足病程、溃疡面积、多重耐药菌感染及CRP比较差异有统计学意义(P<0.05),进一步行Logistic回归分析,结果显示糖尿病足病程≥2个月、溃疡面积≥4cm²、多重耐药菌感染及高水平CRP为DFO影响因素。**结论** DFO表现为T₁WI低信号, T₂WI高信号,且伴明显强化,同时MRI定量参数水平明显升高,对于临床判断疾病具有重要价值。此外,对于糖尿病足病程长、溃疡面积大、多重耐药菌感染及CRP水平高的患者应警惕骨髓炎的出现。

【关键词】2型糖尿病足; 骨髓炎; MRI; 影响因素

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.050

MRI Diagnosis of Type 2 Diabetic Foot with Osteomyelitis and Its Influencing Factors

WU Qiong, WU Hai-yan, ZHU Li-li*

Department of Medical Imaging, Air Force Hospital, Eastern Theater Command of PLA, Nanjing 210002, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the magnetic resonance imaging (MRI) features of type 2 diabetic foot with osteomyelitis (DFO) and its influencing factors. **Methods** The clinical data of 200 patients with type 2 diabetic foot admitted to the hospital from September 2022 to September 2023 were analyzed retrospectively. According to the presence or absence of osteomyelitis, the patients were divided into observation group (86 patients with osteomyelitis) and control group (114 patients without osteomyelitis). All patients received MRI examination and their MRI signs were analyzed. Logistic regression analysis was conducted to identify the influencing factors of DFO. **Results** Gram negative bacteria were main pathogenic bacteria of DFO. The main MRI features included low signal on T₁WI and high signal on T₂WI with obvious enhancement. Comparison of MRI quantitative parameters found that the percentage of contrast agent in extracellular space, volume transfer constant and rate constant in the observation group were higher than those in the control group (P<0.05). There was no statistically significant difference between the two groups in terms of gender, age, duration of type 2 diabetes, smoking history, diabetic nephropathy, HDL-C, LDL-C, HbA_{1c}, PCT, Scr and FBG (P>0.05). There were statistically significant differences in the duration of diabetic foot, ulcer area, multi-drug resistant bacterial infection and CRP (P<0.05). Logistic regression analysis found that the duration of diabetic foot ≥ 2 months, ulcer area ≥ 4 cm², multiple drug-resistant bacterial infections and high CRP level were influencing factors of DFO. **Conclusion** MRI images of patients with DFO show low signal on T₁WI and high signal on T₂WI, accompanied by significant enhancement. At the same time, MRI quantitative parameters are significantly increased, which is important for clinical diagnosis of the disease. In addition, patients with long course of diabetic foot, large ulcer area, multi-drug resistant bacterial infections and high CRP level should be alert to the occurrence of osteomyelitis.

Keywords: Type 2 Diabetic Foot; Osteomyelitis; MRI; Influencing Factor

当糖尿病患者出现不同程度的外周血管病变及神经病变引发足部感染、溃疡或深部组织被破坏即糖尿病足,据报道,糖尿病患者中约有15%~25%患者可出现糖尿病足^[1-2]。糖尿病足在临床呈现多种表现,糖尿病足骨髓炎(DFO)标志着糖尿病足发展到难以治愈、截肢风险高的时期,有研究显示,糖尿病足患者中约27%~60%可出现骨髓炎^[3]。目前糖尿病足的检查仍以简单的物理检查为主,且糖尿病足中的单纯神经性关节病变与骨髓炎临床表现高度相似,仅从临床表现上很难有效判断是否合并骨髓炎^[4]。磁共振成像(MRI)是一种非侵入性的影像学检查手段,对软组织分辨率较高,能获得足部多方位图像及细微的解剖结构,目前已用于多疾病的诊断中,但对于DFO的报道较少^[5]。截肢手术与抗生素治疗是骨髓炎的主要治疗方式,截肢手术术后5年内致死率高达50%,而抗生素治疗受到细菌培养与药敏分析的限制,无法在第一时间内指导抗生素药物的选择^[6]。因此,了解骨髓炎出现的影响因素,展开针对性预防对疾病的治疗具有重要意义。本研究旨在分析DFO患者MRI征象,探讨合并骨髓炎的影响因素,为临床诊治该疾病提供依据,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2022年9月至2023年9月来我院展开治疗的2型糖尿病足患者200例的临床资料。

纳入标准:均满足2型糖尿病诊断标准^[7];均满足糖尿病足诊断标准^[8];临床资料完善。排除标准:合并恶性肿瘤;合并自身免疫性疾病;合并感染性疾病、血液疾病;合并其他终末期糖尿病并发症;其他原因引起足部溃疡;足部发育畸形、创伤史及手术史;妊娠、哺乳期女性。依据是否合并骨髓炎分成观察组(合并骨髓炎)86例与对照组(未合并骨髓炎)114例。本研究经医院伦理委员会审核批准。

1.2 研究方法

1.2.1 DFO诊断标准^[9-10]: (1)足部溃疡组织可见骨暴露; (2)溃疡合并蜂窝组织炎,可探及骨质; (3)X光片可看到骨破裂、骨皮质破碎等明显骨髓炎特征; (4)足部脚趾呈腊肠样改变、明显红肿; (5)骨活检、深部组织培养呈阳性。

1.2.2 MRI检查:运用联影3.0T MRI 扫描仪,选用24通道相控阵线圈,行检查前嘱所有患者摘取佩戴的金属饰品,取仰卧位。行常规横断面PD_FSE、T₁WI,矢状位PD_扫FSE描,冠状位PD_FSE,横断位T₁WI扫描参数:TR400ms, TE8.74ms,回波链长度2,层厚2.5mm, FOV20cm×20cm,间隔2.5mm,矩阵416×90, NEX1.0;矢状位PD_FSE扫描参数:TR1900ms, TE38.46ms,层厚2.5mm, FOV20cm×20cm,间隔2.5mm,矩阵336×80, NEX1.0。冠状位PD_FSE扫描参数:TR2000, TE36.42,层厚3.5mm,

【第一作者】吴琼,女,主治医师,主要研究方向:影像诊断。E-mail: wq45164261@163.com

【通讯作者】朱莉莉,女,副主任医师,主要研究方向:影像方向。E-mail: 1045552836@qq.com

FOV 20cm×20cm, 间隔7mm, 矩阵320×90, NEX1.5。随后行横断位增强扫描, 参数为 TR500ms, TE10.68ms, 层厚2.0mm, FOV20cm×20cm, 间隔4mm, 矩阵288×75, 以3mL/s推注对比剂扎双胺行矢、冠、轴多层面扫描。扫描完成后将图像上传至工作站进行处理, 影像由2名工作时间10年以上的放射科医师在双盲条件下进行阅片, 以两者最终意见为结果。

1.2.3 病原菌检测: 于入院当日对病变部位进行清创后使用无菌生理盐水进行冲洗, 使用棉拭子从创面基底、窦道深部刮取分泌物、病灶组织或碎骨标本, 若是深部脓腔则运用无菌针筒或探针进行取样。随后立即将标本送检进行细菌鉴定及药敏分析, 参照美国临床实验室标准化组织制定标准^[11], 将同时对3种及以上不同种类的抗菌药物耐药的病原菌判定为多重耐药菌。

1.2.4 一般资料收集: 收集所有患者年龄、性别、2型糖尿病病程、糖尿病足病程、溃疡面积、吸烟史、糖尿病相关并发症、多重耐药菌感染等一般资料, 另采集实验室指标包括高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、糖化血红蛋白(HbA1c)、C反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)、肌酐(Scr)、空腹血糖(FBG)等。

1.3 观察指标 (1)病原菌分布: 对两组病原菌分布特征进行比较。(2)MRI征象: 分析复发与未复发患者MRI影像学表现, 并比较两组MRI定量参数, 即细胞外液间隙对比剂百分比(V_e)、容积转移常数(K^{trans})及速率常数(K_{ep})。(3)单因素分析: 比较两组患者一般资料及实验室指标。(4)多因素分析: 将单因素分析中有统计学意义的指标行Logistic回归分析, 得到影响2型糖尿病足合并脊髓炎的危险因素。

1.4 统计学方法 采用SPSS 24.0软件对数据进行统计学分析, 计数资料以[n(%)]表示, 采用 χ^2 检验; 计量资料($\bar{x} \pm s$)表示, 采用t检验; 运用Logistic回归分析2型糖尿病足合并脊髓炎的影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组创面病原菌分布比较 两组真菌分布比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 但两组革兰阳性、革兰阴性菌分布差异有统计学意义, 且对照组以革兰阳性菌分布为主, 观察组以革兰阴性菌分布为主($P < 0.05$)。见表1。

2.2 两组MRI征象分析及定量参数比较 2型糖尿病足合并骨髓炎患者常规扫描可见粗大迂曲条状的等低 T_1WI 信号及等高 T_2WI 信号, 增强扫描见明显强化; 两组MRI定量参数比较, 可见 V_e 、 K^{trans} 及 K_{ep} 均高于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表2, 相关MRI图片, 见图1。

2.3 2型糖尿病足合并脊髓炎影响因素的单因素分析 两组性别、年龄、2型糖尿病病程、吸烟史、糖尿病肾病、HDL-C、LDL-C、HbA1c、PCT、Scr及FBG比较差异不具有统计学意义($P > 0.05$), 两组糖尿病足病程、溃疡面积、多重耐药菌感染及CRP比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表3。

2.4 2型糖尿病足合并脊髓炎影响因素的多因素分析 以是否合并脊髓炎为因变量, 将单因素分析中有统计学意义的指标纳入Logistic回归分析中, 结果显示糖尿病足病程 ≥ 2 个月、溃疡面积 $\geq 4cm^2$ 、多重耐药菌感染及高水平CRP为2型糖尿病足合并脊髓炎影响因素。见表4。

表1 两组创面病原菌分布比较

病原菌	对照组(n=114)	观察组(n=86)	χ^2	P
革兰阳性菌	67(58.77)	35(40.70)	6.408	0.011
金黄色葡萄球菌	21(31.34)	11(31.43)	0.000	0.993
链球菌属	15(22.39)	9(25.71)	0.141	0.707
粪肠球菌属	17(25.37)	10(28.57)	0.121	0.728
其他	14(20.90)	5(14.29)	0.663	0.416
革兰阴性菌	42(36.84)	47(52.36)	6.295	0.012
铜绿假单胞菌	10(23.81)	10(21.28)	0.082	0.775
肠杆菌属	8(19.05)	9(19.15)	0.000	0.990
大肠埃希菌	12(28.57)	15(17.44)	0.117	0.732
肺炎克雷伯菌	7(16.67)	9(10.47)	0.093	0.761
其他	5(11.90)	4(8.51)	0.281	0.596
真菌	5(4.39)	4(4.65)	0.008	0.929
白色念珠菌	2(40.00)	2(50.00)	0.455	0.500
热带假丝酵母	2(40.00)	1(25.00)	0.225	0.635
其他	1(20.00)	1(25.00)	0.032	0.858

表2 两组MRI定量参数比较(mL/min)

组别	n	V_e	K^{trans}	K_{ep}
对照组	114	0.11±0.02	0.08±0.02	0.11±0.03
观察组	86	0.39±0.08	0.82±0.12	0.58±0.13
t		35.937	64.712	37.335
P		<0.001	<0.001	<0.001

表4 2型糖尿病足合并脊髓炎影响因素的多因素分析

指标	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
糖尿病足病程 ≥ 2 个月	0.287	0.116	6.121	1.332	1.061~1.673	0.014
溃疡面积 $\geq 4cm^2$	0.405	0.158	6.570	1.499	1.100~2.044	0.011
多重耐药菌感染	0.185	0.073	6.422	1.203	1.043~1.388	0.012
CRP	0.354	0.117	9.155	1.425	1.133~1.792	0.003

表3 2型糖尿病足合并脊髓炎影响因素的单因素分析

指标	对照组(n=114)	观察组(n=86)	χ^2/t	P
性别				
男性	60(52.63)	47(54.65)	0.080	0.777
女性	54(47.37)	39(45.35)		
年龄(岁)	59.79±2.51	60.34±2.68	1.490	0.138
2型糖尿病病程(年)	8.51±1.19	8.74±1.36	1.272	0.205
糖尿病足病程(月)				
≥ 2	46(40.35)	48(55.81)	4.705	0.030
<2	68(59.65)	38(44.19)		
溃疡面积(cm^2)				
≥ 4	50(43.86)	51(59.30)	4.677	0.031
<4	64(56.14)	35(40.70)		
吸烟史				
有	72(63.16)	51(59.30)	0.308	0.579
无	42(36.84)	35(40.70)		
糖尿病肾病				
有	32(28.07)	26(30.23)	0.111	0.739
无	82(71.93)	60(69.77)		
多重耐药菌感染				
有	20(17.53)	32(37.21)	9.853	0.002
无	94(82.46)	54(62.79)		
HDL-C(mmol/L)	0.97±0.25	0.92±0.28	1.330	0.185
LDL-C(mmol/L)	2.64±0.74	2.81±0.79	1.562	0.120
HbA1c(%)	9.65±2.16	10.07±2.65	1.234	0.219
CRP(mg/L)	19.65±6.22	35.41±9.36	14.282	<0.001
PCT(mg/L)	3.01±1.07	3.17±1.15	1.014	0.312
Scr(mmol/L)	90.45±10.52	91.04±11.24	0.381	0.703
FBG(mmol/L)	7.51±1.05	7.79±1.58	1.503	0.134



图1A-图1D 66岁男性患者,发现血糖升高15年,左足肿胀2月,1A: T₁WI像示左足第5跖骨髓腔内条片状稍低信号,1B: PDWI/FS像左足第5跖骨病灶呈稍高信号,1C: T₁WI/FS预扫图像第5跖骨病灶呈等、稍低信号,1D: T₁WI/FS增强扫描第5跖骨病灶呈明显强化。

3 讨论

糖尿病足的主要发病机制为下肢动脉硬化与神经病变,而糖尿病足患者软组织感染、坏疽又是引发DFO的主要因素,且相较于糖尿病足患者,DFO患者治疗疗程、截肢风险均明显升高^[12]。临床常采用外科手术对DFO展开治疗,但有学者认为有效的抗生素治疗能有效降低病死率、致残率,提高患者生存质量^[13]。而抗生素治疗大部分学者都认为应在药敏结果及微生物培养结果的指导下进行,加之感染菌谱与耐药性随着抗生素的滥用与更新不断变化,了解近年来DFO的病原菌分布对针对性选择抗生素治疗具有重要意义。为此,本研究对两组创面病原菌分布展开分析,结果显示对照组患者创面以革兰阳性菌为主,而观察组患者创面以革兰阴性菌为主,这与黄莺^[14]等研究一致。这提示,在经验性抗感染治疗中,对DFO患者的抗生素治疗中应有限选择能够覆盖革兰阴性菌的抗生素。

目前,经皮骨穿刺是诊断DFO的“金标准”,但该检查方式在基层医院很难展开,且易引起感染扩散;此外,临床还选择通过实验室指标、临床表现对DFO进行判断,但该种检查方式多滞后于病理学、解剖变化,且会受到主观因素影响,因此,寻找一种客观准确的检查方法对疾病的诊治具有重要意义^[15]。MRI对软组织具有高度分辨率,能够利用多参数成像、特殊检查序列等优先于其他检查方式显示髓腔中的病变,因此MRI对骨髓炎具有较高的诊断灵敏度^[16]。骨髓炎常继发于足部溃疡组织与窦道周围,伴软组织肿胀、脓肿等,MRI表现为T₁WI低信号,T₂WI高信号,增强扫描明显强化^[17]。V_e、K^{trans}及K_{ep}能定量表达组织中的血管通透性与血流灌注,进一步比较两组MRI定量参数,结果显示观察组V_e、K^{trans}及K_{ep}均高于对照组,提示MRI能有效判断DFO的出现。分析原因,骨髓炎导致病变部位及周围组织微血管扩张,炎症反应刺激血管引起扩张,导致血管通透性增加,从而促进V_e、K^{trans}及K_{ep}高水平表达。

了解探讨DFO出现的危险因素对DFO的诊治具有重要价值,对降低截肢致残率具有重要意义。本研究通过比较两组一般资料,并将其中有统计学意义的指标纳入Logistic回归分析中,结果显示影响DFO出现的因素包括:(1)糖尿病足病程≥2个月:糖尿病患者身体免疫力下降,伴随糖尿病足病程的延长,足部皮肤破损时间越长,这导致患者出现感染的风险随之升高,加重了DFO出现几率。(2)溃疡面积≥4cm²:赖美铮等^[18]研究指出溃疡面积较大的糖尿病足患者更易发生DFO,与本研究一致。糖尿病足的溃疡面积越大往往提示着创面被感染侵及程度越重,创面越难以愈合,而创面感染程度高及难愈合加大了DFO出现风险。(3)多重耐药菌感染:多重耐药菌感染会加大抗感染治疗的难度,促进病情持续发展,影响疾病预后,从而加大DFO出现风险。(4)CRP:倪晓威等^[11]研究通过单因素分析显示DFO与非DFO患者CRP水平存在差异,但进一步Logistic回归分析显示CRP不是DFO出现的危险因素,这与本研究存在一定差异,分析原因为研究

样本量差异。CRP作为一种由肝脏合成的全身性炎症反应的标志物,能够借助多种途径参与到动脉粥样硬化的发生与发展中,伴随其水平的升高,表明糖尿病足患者下肢血管病变危险性越高,出现DFO的风险越高^[19]。因此,临床针对糖尿病足病程较长、溃疡面积大、多重耐药菌感染及高水平CRP的患者应做好病情监测,及时进行有效干预,预防DFO的出现。

综上所述,DFO创面病原菌以革兰阴性菌为主,MRI表现以T₁WI低信号、T₂WI高信号,增强扫描伴明显强化为主,同时糖尿病足病程较长、溃疡面积大、多重耐药菌感染及高水平CRP为DFO出现的影响因素,临床应针对此类患者做好足部监测,及时发现疾病就医处理。

参考文献

- [1]刘朝玉,李丽军.糖尿病足感染患者足部分泌物细菌培养和耐药性探讨[J].罕少疾病杂志,2022,29(11):97-98.
- [2]王力,苏雪娟,陈体,等.MRA及CTA诊断糖尿病足下肢血管病变的临床价值比较[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(4):145-147.
- [3]蓝波,傅尚俊,杨锦,等.带抗生素骨水泥联合“个体化”股前外穿支皮瓣在治疗糖尿病足伴骨髓炎创面的临床应用[J].全科医学临床与教育,2020,18(8):746-747,750.
- [4]曹胜男,舒政,马宜传.MRI在糖尿病足骨髓炎诊断中的应用进展[J].安徽医学,2021,42(5):576-579.
- [5]钱占华,李新彤,白荣杰,等.业余半程马拉松运动员足部损伤的MRI表现[J].中华医学杂志,2022,102(9):675-678.
- [6]Pitocco D, Spanu T, Leo MD, et al. Diabetic foot infections: a comprehensive overview[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2019, 23(2): 26-37.
- [7]中华医学会糖尿病学分会.中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J].中华糖尿病杂志,2021,13(4):315-409.
- [8]中国中西医结合学会周围血管病专业委员会.中西医结合防治糖尿病足中国专家共识(第1版)[J].血管与腔内血管外科杂志,2019,5(5):379-402.
- [9]Edmonds M, Fodter A, Sanders L. Diabetic foot care[M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2004: 125.
- [10]Lew DP, Waldvogel FA. Osteomyelitis[J]. Lancet, 2004, 364(9431): 369-379.
- [11]倪晓威,刘春洁,王焕南,等.糖尿病足感染创面病原菌分布特点及导致骨髓炎影响因素分析[J].中国实验诊断学,2021,25(9):1348-1350.
- [12]李红敏,钱伟军,刘江平,等.糖尿病足并发骨髓炎临床特点及MR征象分析[J].医学影像学杂志,2020,30(1):163-167.
- [13]卜凡玉,郭晓峰,徐鹏,等.抗生素骨水泥联合其他综合干预措施治疗糖尿病足骨髓炎[J].组织工程与重建外科杂志,2022,18(4):328-332.
- [14]黄莺,曹瑛,邹梦晨,等.糖尿病足合并骨髓炎创面病原菌分布及危险因素分析[J].南方医科大学学报,2015(12):1782-1786.
- [15]张丝雨,罗莉,陈明卫.糖尿病足骨髓炎的诊断与治疗进展[J].中国综合临床,2020,36(6):505-508.
- [16]廖旦,谢利秋,张志伟,等.动态对比增强磁共振在糖尿病足骨髓炎中的应用价值[J].临床放射学杂志,2018,37(8):1347-1351.
- [17]李方元,孙志群,孙博,等.急性骨髓炎的早期MRI诊断价值[J].医学影像学杂志,2021,31(11):1952-1955,1974.
- [18]赖美铮,蓝宇涛,陆樱珠,等.2型糖尿病患者糖尿病足合并骨髓炎发生的危险因素分析[J].临床医学工程,2019,26(3):414-416.
- [19]林奇仲,钱吹.糖尿病足下肢截肢的危险因素分析[J].中国基层医药,2020,27(3):348-350.

(收稿日期:2023-11-15)

(校对编辑:韩敏求)