

◆ 专论

Value of texture feature analysis of MRI dynamic contrast enhancement in diagnosis of benign and malignant breast nodules

CHEN Wenjing¹, MU Wei², ZHANG Wenxin¹, XU Rui¹, ZHANG Li¹, YAN Guixin¹, LIANG Ying^{3*}

(1. Department of Radiology, the Sixth Division Hospital of the Xinjiang Production and Construction Corps,

Wujiaqu 831300, China; 2. H. Lee Moffitt Cancer Center & Research Institute, Tampa 33612, USA;

3. PET/CT Center, Cancer Center/Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences &

Peking Union Medical College, Beijing 100021, China)

[Abstract] **Objective** To assess the diagnostic value of texture analysis of MRI in differential diagnosis of benign and malignant breast nodules. **Methods** The MRI data of 78 patients (80 breast nodules) identified by surgical pathology were retrospectively studied. Sixty-three texture parameters were obtained from each nodule. ROC curve of texture parameters in differential diagnosis of benign and malignant breast nodules were performed. **Results** In all of the 63 texture parameters, the run length nonuniformity (RLN) had the highest AUC value (0.836) and accuracy, the diagnostic sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value in differentiation of breast nodules were 82.93% (34/41), 94.87% (37/39), 88.75% (71/80), 94.44% (34/36) and 84.09% (37/44). The sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, and negative predictive value of breast imaging reporting and data system (BI-RADS) were 95.12% (39/41), 87.18% (34/39), 91.25% (73/80), 88.63% (39/44), and 94.44% (34/36). The difference of diagnostic accuracy between texture parameter and BI-RADS had no statistical significance ($P=0.11$). BI-RADS combined texture parameter improved specificity significantly ($P<0.001$). **Conclusion** The texture analysis could be complementary to improve the accuracy of BI-RADS-MRI in breast nodules.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Texture analysis; Breast neoplasms; Diagnostic imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.201611079

MR 动态增强图像纹理分析判断乳腺结节良恶性的价值

陈文静¹, 牟 玮², 张文馨¹, 徐 蕊¹, 张 丽¹, 燕桂新¹, 梁 颖^{3*}

(1. 新疆建设兵团第六师医院影像科, 新疆 五家渠 831300; 2. 美国 Moffitt 癌症研究中心,

佛罗里达 坦帕 33612; 3. 国家癌症中心 中国医学科学院北京协和医学院

肿瘤医院 PET/CT 中心, 北京 100021)

[摘要] **目的** 探讨 MR 动态增强图像纹理分析鉴别诊断乳腺结节良恶性的价值。 **方法** 回顾性分析经手术病理证实的 78 例患者共 80 个乳腺结节的 MR 动态增强图像, 每个结节获得 63 个纹理特征参数。绘制纹理参数鉴别诊断良性乳腺结节的 ROC 曲线, 并与 MR 乳腺影像报告和数据系统(BI-RADS)的诊断效能比较。 **结果** 78 例患者的 80 个乳腺结节中, 纹理参数中灰度游程长不均匀度判断乳腺结节良恶性的 AUC 值(0.836)最大且诊断准确率高, 其诊断恶性乳腺结节的敏感度为 82.93%(34/41)、特异度为 94.87%(37/39)、准确率为 88.75% (71/80)、阳性预测值为 94.44% (34/36)、阴性预测值为 84.09% (37/44)。MR BI-RADS 分类诊断恶性乳腺结节的敏感度为 95.12%(39/41)、特异度为 87.18%(34/39)、准确率为 91.25%(73/80)、阳性预测值为 88.63%(39/44)、阴性预测值为 94.44%(34/36)。MR BI-

[第一作者] 陈文静(1978—), 女, 陕西户县人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 乳腺及妇科磁共振成像。E-mail: wen-jing333@163.com

[通信作者] 梁颖, 国家癌症中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院, 100021。E-mail: liangy_2000@sina.com

[收稿日期] 2016-11-15 **[修回日期]** 2017-03-04

RADS 分类和纹理分析判断恶性乳腺结节准确率差异无统计学意义($P=0.11$)。与单独应用 BI-RADS 分类比较,两者联合应用可明显提高诊断恶性乳腺结节的特异度($P<0.001$)。结论 MR 纹理分析可作为传统诊断乳腺良恶性结节的补充。

[关键词] 磁共振成像;纹理分析;乳腺肿瘤;诊断显像

[中图分类号] R737.9; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)05-0647-05

目前,乳腺癌发病率居女性恶性肿瘤的首位,是女性死亡的第二大病因。研究^[1]表明,早期发现、早期诊断可有效提高乳腺癌患者的生存率。乳腺 MR 敏感度高,用于乳腺癌高危人群的筛查可提高 20% 或以上的生存率,因此可作为乳腺癌高危人群筛查的辅助手段^[2],但其特异度欠佳,部分、恶性病变的形态学和血液动力学表现存在重叠,易造成过度治疗^[3],故提高 MR 诊断的准确率成为研究热点。由于良恶性肿瘤不同的异质性,故根据良恶性肿瘤的异质性差异鉴别肿瘤性质引起关注。纹理特征作为一种定量评估肿瘤异质性的手段近年来逐渐应用于临床^[4]。本研究探讨 MR 增强图像的纹理分析鉴别诊断乳腺良恶性结节的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 11 月—2016 年 8 月间因乳腺结节接受 MR 检查的女性患者 78 例,年龄 20~70 岁,平均(47.4 ± 10.1)岁。所有患者均接受手术切除,共切除 80 个病灶,直径 4~42 mm 平均(16.02 ± 6.99)mm。手术病理证实良性结节 39 个,其中纤维腺瘤 22 个、囊性增生 12 个、乳头状瘤 2 个、乳腺增生 2 个、乳腺腺病并导管扩张 1 个;恶性结节 41 个,其中浸润性导管癌 38 个、导管内癌 2 个、导管来源印戒细胞癌 1 个。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Avanto 1.5T 超导 MR 扫描仪及专用 8 通道乳腺线圈。患者取俯卧位,双侧乳腺自然悬垂并适当固定于线圈中。扫描顺序如下:①轴位 T1WI;②轴位 T2 脂肪抑制序列;③轴位 DWI($b=800 \text{ s/mm}^2$);④ T1 脂肪抑制动态增强扫描(dynamic contrast enhanced, DCE),每期扫描时间 60 s,扫描层数约 104 层,层厚为 1.5 mm,第 1 期为不注射对比剂蒙片,后注射对比剂钆喷酸葡胺 15 ml,并跟注盐水 20 ml 洗,再连续扫描 6 期;最后进行延时扫描和腋窝淋巴结扫描。将薄层图像传入 Siemens 后处理工作站,图像后处理包括 MPR、时间-信号强度曲线(time-signal intensity curve, TIC)及测量 ADC 值等。

1.3 乳腺影像报告和数据系统(breast imaging reporting and data system, BI-RADS)分类 由 2 名放射科乳腺专业组的主治医师在不知病理结果的前提下对图像进行回顾性分析,意见有分歧时经协商达成一致。

根据病灶的 MRI 表现,运用 DWI、动态增强技术,结合 TIC 进行 BI-RADS 分类诊断。以 2003 年发布的 BI-RADS 分类为评价标准,Ⅰ~Ⅳa 类为良性,Ⅳb~Ⅴ类为恶性^[5]。

1.4 结节量化分析 采用蛇形曲线于动态增强 2 min 时的 T1 图像上勾画乳腺结节轮廓,测量 MR 图像的灰度值和结节体积,并采用 Matlab 计算提取结节的 63 个纹理特征,主要包括一阶统计纹理特征、二阶统计纹理特征和高阶统计纹理特征。一阶统计纹理特征主要根据肿瘤区域内的灰度直方图计算全局纹理特征。二阶纹理特征一般基于灰度共生矩阵(co-occurrence matrix, CM)获得。高阶纹理特征则是基于灰度区域矩阵(gray level size zone matrix, GLSZM)、灰度游程矩阵(grey level run length matrix, GLRLM)、邻域灰度差分矩阵(neighborhood gray level difference matrix, NGLDM)和纹理谱(texture spectrum, TS)矩阵等特征^[6],通常可以反映局部区域内的异质性。MR 纹理分析和 BI-RADS 分类联合诊断时,如均诊断为恶性,即为恶性,如其中一种诊断为良性,则为良性。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件。首先对所有特征进行 ROC 曲线分析,选取 AUC 值较高的纹理特征参数。以 AUC 值最高的纹理特征作为纹理分析参数判断乳腺结节良恶性,并与手术病理结果对照,计算诊断效能。同时计算 BI-RADS 分类、BI-RADS 分类与纹理分析参数联合诊断乳腺结节良恶性的诊断效能,诊断效能的比较采用 χ^2 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

根据 BI-RADS 标准诊断恶性结节 44 个,经手术病理证实 39 个恶性结节(36 个浸润性导管癌、2 个导管内癌和 1 个导管来源印戒细胞癌),5 个良性结节(2 个囊性增生、2 个纤维瘤、1 个内生性乳头状瘤)。5 个良性结节 MR 强化曲线为平台型,ADC 值为($0.70 \sim 0.95$) $\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,纹理特征游程长不均匀度(run length nonuniformity, RLN)为 52.94~114.77(诊断界值 1528.43)。根据 BI-RADS 标准诊断良性结节 36 个,经手术病理证实 34 个良性结节(20 个纤维腺

瘤、10 个囊性增生、2 个乳腺增生、1 个乳头状瘤、1 个乳腺腺病并导管扩张), 2 个恶性结节(均为浸润性导管癌)。2 个恶性结节 MR 强化曲线为平台型, ADC 值为 $(1.12 \sim 1.34) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, RLN 分别为 1 703.68、9 372.59。

与病理结果对照, MR BI-RADS 分类诊断乳腺恶性结节的敏感度为 95.12%(39/41)、特异度为 87.18%(34/39)、准确率为 91.25%(73/80)、阳性预测值为 88.64%(39/44)、阴性预测值为 94.44%(34/36)。

经纹理分析, 每个结节获得 63 个纹理特征参数, ROC 曲线分析显示 RLN、纹理频谱中心对称性(central symmetry, CS)、熵的 AUC 较高(表 1)。

表 1 纹理特征参数的 ROC 曲线分析结果

纹理特征参数	诊断界值	AUC	P 值	标准误	95%可信区间	
					下限	上限
RLN	1 528.43	0.836	<0.001	0.045	0.748	0.925
CS	67 766.03	0.836	<0.001	0.046	0.747	0.926
熵	2 305.76	0.789	<0.001	0.053	0.685	0.893

RLN 诊断乳腺恶性结节 36 个, 手术病理证实 34 个恶性(32 个浸润性导管癌、1 个导管内癌、1 个导管来源印戒细胞癌), 2 个良性(均为纤维瘤); RLN 诊断乳腺良性结节 44 个, 手术病理证实 37 个良性(纤维腺瘤 20 个、囊性增生 12 个、乳头状瘤 2 个、乳腺增生 2 个、乳腺腺病并导管扩张 1), 7 个恶性(6 个浸润性导管癌、1 个导管内癌)。RLN 诊断乳腺恶性结节的敏感度为 82.93%(34/41), 特异度为 94.87%(37/39), 准确率为 88.75%(71/80), 阳性预测值为 94.44%(34/36)和阴性预测值为 84.09%(37/44)。CS 诊断乳腺恶性结节的敏感度为 60.98%(25/41), 特异度为 94.87%(37/39), 准确率为 77.50%(62/80)。熵诊断乳腺恶性结节敏感度为 73.17%(30/41), 特异度为 84.61%(33/39), 准确率为 78.75%(63/80)。以 1 528.43 为诊断界值, 纹理参数中 RLN 诊断恶性乳腺结节的 AUC 值最大且诊断准确率高。

BI-RADS 分类与 RLN 诊断乳腺良恶性结节准确率、敏感度、特异度差异均无统计学意义(准确率: $\chi^2 = 2.554$, $P = 0.110$; 敏感度: $\chi^2 = 2.02$, $P = 0.155$; 特异度: $\chi^2 = 1.41$, $P = 0.235$)。两者联合诊断乳腺良恶性结节的特异度为 97.44%(38/39), 与单独 BI-RADS 分类(87.18%)比较, 差异有统计学意义($\chi^2 = 16.61$, $P < 0.001$), 两者联合诊断敏感度为 73.17%(30/41), 较单独 BI-RADS-MRI 分类减低(95.12%), 差异有统

计学意义($\chi^2 = 7.41$, $P = 0.007$), 余指标差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。见表 2, 图 1、2。

表 2 BI-RADS-MRI 分类联合 RLN 诊断乳腺恶性结节与手术病理结果对照(个)

两者联合	手术病理		合计
	恶性	良性	
恶性	30	1	31
良性	11	38	49
合计	41	39	80

3 讨论

乳腺 MR 检查因其较高的软组织分辨力, 在发现病灶、确定病灶范围和数量及与周边关系等方面优于其他影像学检查手段, 尤其是 MR 动态增强扫描, 在鉴别诊断良恶性结节方面具有很高的敏感度^[7-8]。本研究显示 BI-RADS-MRI 分类诊断乳腺恶性结节的敏感度为 95.12%, 特异度为 87.18%, 与既往研究^[9-10]报道基本相似。2007 年, 美国癌症协会乳腺癌筛查指南提出将 MRI 作为乳腺癌高危人群的影像学检查方法^[2], 但 MRI 高敏感度导致的假阳性结果使部分患者可能会接受过度治疗, 本组也有 5 例良性病变诊断为恶性结节而接受手术治疗。故减少 MRI 诊断中的假阳性率是目前临床尚待解决的问题。

纹理分析以往主要应用于肺部肿瘤性病变, 近年来逐渐应用乳腺病变。研究^[11]表明, 通过计算机辅助纹理分析可使 X 线片中乳腺病变特点显示更加清晰。在 MR 动态增强扫描中, 尤其在动态增强 2 min 后发现纹理特征对比显著。已有研究^[12]开始将 MR 纹理分析应用乳腺肿瘤高危人群的筛查中, 且可以提高病变检出的准确率。本研究也证实, 动态增强 2 min 纹理特征鉴别良恶性结节对比显著, ROC 曲线显示多个纹理特征参数表现出较高的敏感度, 其中 RLN、CS、熵曲线下面积较大, 分别为 0.836、0.836、0.789。RLN 和 CS 用来评估图像纹理的规则性、粗糙性、粒度。熵是图像所具有的信息量的度量, 是图像灰度基本混乱程度的表征, 主要用来评估图像纹理的均匀度^[13]。本研究运用动态增强 2 min 剪影序列图像, 剪影图像去除了乳腺腺体干扰, 结节形态学表征和内部特征显示更为清晰。选取纹理分析曲线下面积值和准确率最大的 RLN 诊断恶性乳腺结节, 其敏感度为 82.93%、特异度为 94.87%。而既往研究中较多提到的熵在本组中的敏感度为 73.17%, 特异度为 84.61%, 较 RLN 和 CS 的敏感度和特异度低, 可能

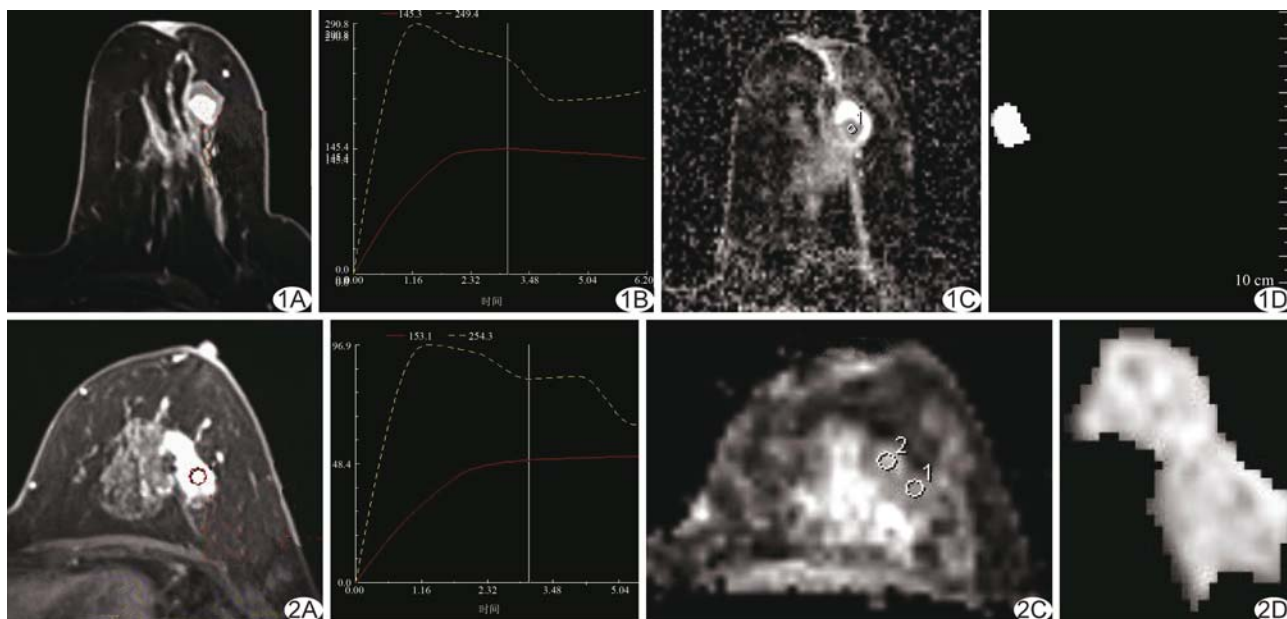


图 1 患者女,左乳导管内乳头状瘤并导管扩张 A~C. DCE、TIC、ADC 图示 BI-RADS 分类为 IVb 类,误诊为恶性;D. 蛇形曲线勾画剪切后,纹理分析诊断良性 (RLN 值为 1 059.12,小于界值 1 528.43) 图 2 患者女,浸润性导管癌 A~C. 分别为 DCE、TIC、ADC 图示 BI-RADS 分类为 IVa 类,诊断为良性;D. 蛇形曲线勾画剪切后,纹理分析诊断恶性 (RLN 值为 5 287.28,大于界值 1 528.43)。

因本组运用剪影图像去除了腺体基质的干扰,内部灰度改变较普通 T1 增强图像差异小,导致熵判断病灶的良恶性不如其他纹理特征参数准确。

BI-RADS 分类与纹理参数判断乳腺良恶性结节的差异无统计学意义,纹理分析判断乳腺良恶性结节可作为于 BI-RADS 的补充,诊断特异度达 94.87%。两种方法联合判断与手术病理结果一致乳腺良性结节 38 个,诊断特异度达 97.43%,与单独应用 BI-RADS 分类判断比较,诊断特异度提高约 10.25% ($P < 0.05$)。若仅一种方法诊断为恶性结节,需再回顾病灶影像学资料仔细分析,可进一步提高诊断准确率,本组中 5 个手术病理为良性结节,BI-RADS 判断为恶性,其中包括囊性增生 2 个,纤维瘤 2 个,内生性乳头状瘤 1 个,回顾性分析图像的影像学特点,在 MRI 动态增强中强化曲线类型为平台型,ADC 值较低 [$(0.70 \sim 0.95) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$],表现出 MRI 在良性病变诊断中特异性不足,在某些征象与恶性病变重叠,纹理分析可弥补这方面不足,这 5 个结节纹理分析数值小于界值,病理诊断为良性。有 2 个恶性结节 BI-RADS 判断为良性,MRI 强化曲线为平台型,ADC 值较高 [$(1.12 \sim 1.34) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$],病理结果均为浸润性导管癌,纹理分析数值大于界值,正确判断为恶性。BI-RADS 分类乳腺癌恶性结节敏感度较高,特异度不足,纹理分析诊断乳腺恶性结节特异度较高,但敏感度不如先验知识诊断,可

与 BI-RADS 互补,提高 MRI 的诊断准确率。

本研究将 MRI 与纹理分析相结合,通过计算机对图像特征参数的提取,定量分析肿瘤的异质性,从而提高良恶性结节鉴别诊断的准确率^[14]。

[参考文献]

- [1] Rakoczy M, McGaughey D, Korenberg MJ, et al. Feature selection in computer-aided breast cancer diagnosis via dynamic contrast-enhanced magnetic resonance images. J Digit Imaging, 2013,26(2):198-208.
- [2] Saslow D, Boetes C, Burke W, et al. American cancer society guidelines for breast screening with MRI as an adjunct to mammography. CA Cancer J Clin, 2007,57(2):75-89.
- [3] 许玲辉,顾雅佳. 乳腺磁共振在乳腺癌诊断治疗中的运用. 中国癌症杂志,2013,23(8):613-617.
- [4] Wang TC, Huang YH, Huang CS, et al. Computer-aided diagnosis of breast DCE-MRI using pharmacokinetic model and 3-D morphology analysis. Magn Reson Imaging, 2014,32(3):197-205.
- [5] American College of Radiology (2003) ACR BI-RADS ©-Mammography: Breast Imaging Reporting and Data System, Breast Imaging Atlas, vol 4. ACR, Preston.
- [6] 牟玮. 肿瘤 PET/CT 成像影像组学相关算法的研究. 北京:中国科学院大学,2016:42-46.
- [7] 吴晓燕,张贵祥. 扩散加权成像在乳腺癌中的临床应用进展. 中国医学影像技术,2012,28(11):2094-2097.
- [8] 贾晓,金正吉,张晓晓. 不同分子亚型乳腺癌超声及 MRI 特征. 中国医学影像技术,2013,29(8):1297-1300.

- [9] 徐新艳, 朱正, 蔡俊. 彩色多普勒超声与 MR 诊断乳腺病变的临床价值分析. 医学影像学杂志, 2014, 24(5):753-755, 766.
- [10] 何东峰, 马大庆, 靳二虎. 动态增强 MRI 在鉴别乳腺良、恶性肿瘤和提示恶性肿瘤病理分级中的作用. 中华放射学杂志, 2012, 46(12):1075-1078.
- [11] Teruel JR, Heldahl MG, Goa PE, et al. Dynamic contrast-enhanced MRI texture analysis for pretreatment prediction of clinical and pathological response to neoadjuvant chemotherapy in patients with locally advanced breast cancer. NMR Biomed, 2014, 27(8):887-896.
- [12] Bo LY, Cho N, Li M, et al. Intratumoral heterogeneity of breast cancer Xenograft Models: Texture analysis of diffusion-weighted MR imaging. Korean J Radiol, 2014, 15(5):591-604.
- [13] Pang YC, Li L, Hu WY, et al. Computerized segmentation and characterization of breast lesions in dynamic contrast-enhanced MR images using fuzzy c-means clustering and snake algorithm. Comput Math Methods Med, 2012, 2012:634904.
- [14] 李珂, 刘惠. 乳腺计算机辅助诊断中 DCE-MRI 图像特征的选择与分析. 北京生物医学工程, 2012, 31(4):343-348.

Osteolysis of humerus after electrical injury: Case report 电击伤后肱骨骨质溶解 1 例

刘国徽, 苏国强, 彭湘涛, 陈洪建, 孟英豪

(中国人民解放军第 401 医院医学影像科, 山东 青岛 266071)

[Key words] Osteolysis; Electrical injury; X-rays [关键词] 骨质溶解; 电击伤; X 线

DOI:10.13929/j.1003-3289.201609045

[中图分类号] R681.7; R814.41 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2017)05-0651-01

患者女, 56 岁。右上臂疼痛不适 10 余年, 摔倒后疼痛加重 2 天。查体: 右上肢活动受限, 手及腕部活动基本正常。患者 10 余年前右上臂曾遭受高压电击伤, 右肱骨粉碎性骨折伴软组织电击伤, 患者选择保守治疗后上肢活动受限, 手及腕部功能逐渐恢复, 可操作简单工具。X 线片(图 1): 右肱骨大部骨质缺如, 残留骨质密度不均, 肱骨下端可见骨质密度减低, 下段骨折, 断端错位。诊断: 右肱骨电击后骨质溶解, 右肱骨骨折。

讨论 电击伤后肩关节脱位在临床较常见, 但导致肱骨大部骨折较少见, 骨折后合并骨质溶解更罕见, 本例患者即可见大片骨质溶解和骨折。当电流通过皮肤、肌肉、神经和血管时, 即可发生不同程度的烧伤。由于骨骼为不良导体, 电流通过较少, 所以骨骼损伤常为间接作用的结果, 其发生机制可能为肌肉高强度痉挛收缩引起机械性损伤、电弧作用热损伤(热坏死、凝聚性坏死)以及混合性损伤。血管、神经为良导体, 可形成进行性血管损伤和周围神经系统损伤, 血管运动障碍及神经营养性损伤是常见的晚期继发性改变, 骨与关节的电击伤可能是软组织损伤、血管损伤和神经损伤的继发性综合表现。

电击当时可因受害者被突然冲击或由于肌肉强烈收缩等引起骨折或脱位, 肱骨骨折常见, 其次为胸腰椎压缩性骨折和其他长管骨骨折; 电热引起的骨损伤改变差别较大, 部分患者仅出现轻度骨膜反应和骨质增生, 部分患者则在损伤部位出现骨质疏松、致密, 以及骨纹变形, 严重者可见骨溶解、骨自截和骨变形; 末梢神经损伤可使神经营养障碍, 导致夏科关节; 创伤



图 1 右肱骨骨质溶解 A. X 线正位片; B. X 线侧位片

后软组织广泛充血水肿, 局部出血后积血压迫导致骨质溶解; 血管损伤伴严重循环障碍(由于骨膜剥离、血管壁损伤, 以及血管内进行性血栓形成), 可导致骨缺血性坏死。

电击伤致骨质溶解影像表现缺乏特异性, 但临床有明确病史, 诊断不难, 影像上需与以下疾病相鉴别: ①大块骨质溶解症, 又称特发性骨质溶解症、鬼怪骨, 无外伤病史。X 线表现为骨质吸收并逐渐消失, 吸收后无残留骨片影, 骨质无硬化, 骨膜无炎症反应。②溶骨性骨转移瘤, 有原发病史, 骨质不规则破坏, 有骨组织残留且形态不规则, 部分有软组织肿块。③骨髓炎, 急性期骨质硬化与骨质破坏并存, 骨皮质有明显增厚, 病变界限模糊, 慢性期典型表现为死骨形成。

[第一作者] 刘国徽(1986—), 男, 山东潍坊人, 学士, 医师。

E-mail: 187014684@qq.com

[收稿日期] 2016-09-12 [修回日期] 2017-01-20