

· 论 著 ·

# 基于灰度差分法对隐匿性跖骨行军骨折 X 线片诊断能力的研究

夏巍巍, 范志刚, 徐周继, 陈金美

**[摘要]** 目的 提高隐匿性跖骨行军骨折的 X 线片诊断能力, 为相关方案的借鉴及推广提供依据。方法 收集解放军第 359 医院放射科影像学资料, 以首诊时 X 线片中跖骨行军骨折未被明确, 而复诊时确诊的病例为对象, 共计 129 例。收集同期接受影像学检查的脚部无异常 100 例作为对照组。运用医学图像灰度差分法对其进行回顾性分析研究。结果 结合灰度差分法, 隐匿性跖骨行军骨折处灰度波形曲线异常, 局部呈现陡增波峰或陡降波谷征象。多次采集可有效界定隐匿性跖骨行军骨折线的范围。基于灰度差分法对隐匿性跖骨行军骨折的诊断率分别为第 1 跖骨 100%, 第 2 跖骨 91.14%, 第 3 跖骨 100%, 第 4 跖骨 91.67%, 第 5 跖骨 92.00%。结论 基于灰度差分法可有效提高 X 线片对隐匿性跖骨行军骨折的诊断能力, 此种方案可在部队基层医院广泛推广。

**[关键词]** 灰度差分法; 跖骨; 行军骨折; 诊断

**[中图分类号]** R683.42 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-271X(2017)04-0365-03

**[DOI]** 10.3969/j.issn.1672-271X.2017.04.008

## A study on the diagnostic capability of the X ray of the occult metatarsal fracture based on the gray difference method

XIA Wei-wei, FAN Zhi-gang, XU Zhou-ji, CHEN Jin-mei

*(Department of Radiology, the 359th Hospital of PLA, Zhenjiang 212001, Jiangsu, China)*

**[Abstract]** **Objective** To improve the diagnostic ability of X ray in occult metatarsal fracture, and provide basis for reference and promotion. **Methods** Collecting the radiology data of the 359th Hospital of PLA, data of patient whose metatarsal fracture was not clear in the first diagnosis of X ray and diagnosed after the follow-up visit were included in the study. 129 cases were included in the case group, and 100 cases in the normal control group. A retrospective analysis was made by using the medical method of gray difference. **Results** Combining the gray difference method, occult fracture of metatarsal bone gray curve showed abnormal local steep peak or trough steep signs. Multiple collections can effectively define the range of occult metatarsal fractures. The diagnostic rate of occult metatarsal fractures was showed as followed, the first metatarsal bone 100%, the second metatarsal bone 91.14%, the third metatarsal 100%, the fourth metatarsal 91.67%, and the fifth metatarsal bone 92.00%, respectively. **Conclusion** Based on the gray difference method, the diagnostic capability of X ray in the occult metatarsal fracture could be effectively improved. This kind of scheme could be widely used in the primary hospitals of PLA.

**[Key words]** Gray difference method; Metatarsal bone; Marching fracture; Diagnosis

跖骨行军骨折好发于高强度、高负荷运动人群, 尤其在一线军事人员中, 已成为困扰诸多指战员的主要病患之一<sup>[1-2]</sup>。前期的文献已证实, 行军骨折不同于外界暴力导致的骨折, 其属于长期应力性骨折, 故病程具备由轻至重至折发展这一鲜明的特点<sup>[3-4]</sup>, 亦决定了该病变在早中期时 X 线片诊断

的局限性即隐匿性<sup>[5-6]</sup>。现代影像学设备的革命性发展, 包括 CT、MR 的应用, 虽然已使隐匿性跖骨行军骨折的诊断能力得到极大提高<sup>[7]</sup>, 然不同于地方医院的属性, 部队医院特别是野战救援医院的设施往往难以实现上述诊疗条件, 普通 X 线机器仍是主要医疗装备。基于此, 本文以新兴的灰度差分法为手段, 探讨该方案在提高 X 线片对隐匿性跖骨行军骨折的诊断能力中的作用和价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2010 年 1 月至 2016 年 12 月在我科确诊的跖骨行军骨折病例作为病例组。

作者单位: 212001 镇江, 解放军第 359 医院放射科

通信作者: 范志刚, E-mail: fzg359@163.com

引用格式: 夏巍巍, 范志刚, 徐周继, 等. 基于灰度差分法对隐匿性跖骨行军骨折 X 线片诊断能力的研究 [J]. 东南国防医药, 2017, 19(4): 365-367.

入组标准:①初诊主诉为跖骨处疼痛;②初诊 X 线片诊断未发现明显异常;③复诊时经影像学资料(X 线、CT、MRI)确诊;④男性官兵。排除标准:①外伤性骨折;②跖骨其他病变。共收集 129 例符合上述标准病例,均为单发病变,其中平均年龄(17.8±3.4)岁,平均身高(169.3±12.6)cm,平均体重(55.8±7.4)kg;第 1 跖骨骨折 8 例,第 2 跖骨骨折 79 例,第 3 跖骨骨折 5 例,第 4 跖骨骨折 12 例,第 5 跖骨骨折 25 例。收集同期接受影像学检查的脚部无异常 100 例作为对照组,用以明确正常受试者跖骨灰度差分法下的形态,为辨别及诊断病例组骨折提供参照和依据。其中平均年龄(21.9±3.5)岁,平均身高(154.5±12.8)cm,平均体重(49.3±8.6)kg。2 组受试者一般资料比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。本研究经医院伦理委员会批准(批准号:002017018),所有受试官兵对其一般资料及 X 线片检查资料的使用知情并签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 X 线片资料收集** 以跖骨正位 X 线片为观测对象,舍弃侧位或斜位图像,并对详细主诉部位做对应记录。

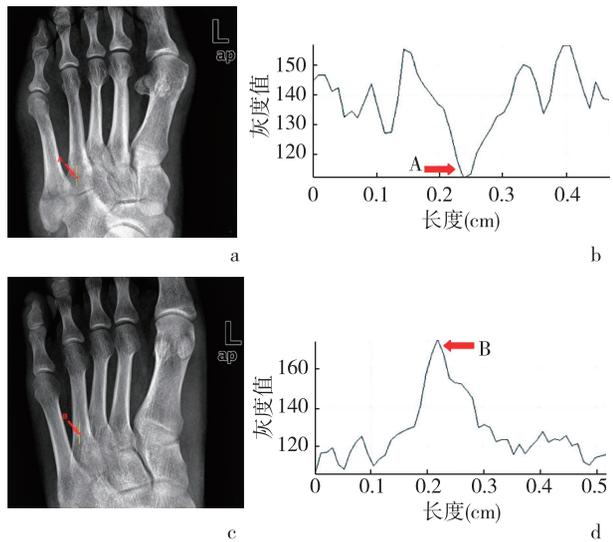
**1.2.2 灰度差分法** 以光盘将工作站所有筛选出的待试跖骨 X 线片导出,后转入 IMAGE J1.46r 软件中,加载灰度数据分析工具包。光盘中的 DICOM 图像转换为 8bit 格式,由 2 名放射科高年资医师按患者主诉疼痛部位勾画感兴趣区。在兴趣区跖骨显影图像范围内做长短不一数条灰度检测线,由此对应生成灰度波形曲线。正常骨质灰度曲线波形整齐规则,波峰波谷起伏规律。如检测线穿越骨折处,灰度曲线失去正常波形,呈现局限性陡增或陡降征象。采用多次测量,舍弃因设置超出范围的检测线对应的曲线图,确保检测线与灰度波形曲线图位置对应。

**1.3 统计学分析** 采用 Stata16.0 统计软件进行处理,计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,行 Levene's 方差齐性检验,并采用两独立样本均数比较的  $t$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 隐匿性跖骨行军骨折的 X 线片及灰度差分法表现** X 线片表现:病变跖骨形态规则,骨密度均匀,边缘光滑光整,未见明显骨折线影,见图 1a;图 1b 为与图 1a 同一跖骨灰度差分法图,灰度波形图形态异常,局部呈现明显陡降波谷,提示对应检测线处骨质均度异常,与对照组正常骨质相比,该处

存在应力损伤导致的骨质损伤、骨密度减低。图 1c 为另一隐匿性跖骨行军骨折病例,X 线片中未见明显骨折线影;图 1d 为与图 1c 同一跖骨灰度差分法表现,其灰度波形图形态异常,局部呈现明显陡增波峰,提示对应检测线处骨质均度异常,与对照组正常骨质相比,该处存在应力损伤导致的骨质增生、骨密度增高。



a: 隐匿性跖骨行军骨折常规 X 线片(骨折处骨密度局部减低);b: 与 a 同一跖骨灰度差分法图;c: 隐匿性跖骨行军骨折常规 X 线片(骨折处骨密度局部增高);d: 与 c 同一跖骨灰度差分法图  
A 和 B 红色箭头所指处为对应检测中局部骨折异常部位  
图 1 隐匿性跖骨行军骨折的灰度差分法示意图

**2.2 灰度差分法对 X 线片中隐匿性跖骨行军骨折线范围的界定** 单次测量仅能以点的形式提示该处存在隐匿性骨折,故在 2.1 的基础上,以初次提示点为中心采用多次测量,形成数个骨质异常点,并以此作跖骨行军骨折的隐匿骨折线,其与复诊时 X 线片上呈现的实际骨折线所在部位、骨折线形态以及骨折线长度均无显著差异。见图 2。



a: 图示 1~4 分别为灰度检测线;b: 图示 1~4 分别为对应局部骨质异常点,4 个异常的点的红色连线为隐匿性骨折线走形  
图 2 隐匿性骨折线范围界定示意图

**2.3 隐匿性跖骨行军骨折的灰度差分法诊断能力评估** 灰度差分法对隐匿性跖骨行军骨折的诊断率分别为第 1 跖骨 100% (8/8), 第 2 跖骨 91.14% (72/79), 第 3 跖骨 100% (5/5), 第 4 跖骨 91.67% (11/12), 第 5 跖骨 92.00% (23/25)。

### 3 讨论

跖骨行军骨折又名跖骨疲劳性骨折,严格的军事化训练使其成为部队一线指战员最好发的疾病之一<sup>[8-9]</sup>。不同于外界暴力所致骨折时疼痛感与骨折线出现的同时性,跖骨行军骨折多由长期的高强度应力所致,其疼痛感往往明显先于骨折线的出现<sup>[10-11]</sup>,直至局部骨质的损伤、骨细胞破坏与骨细胞修复、增生并存这一状态最终失衡时,方可在 X 线片上显示清晰骨折线影。在主诉足部疼痛而 X 线诊断未能提供有价值诊断信息的背景下,许多就诊官兵甚至接诊医务人员多将其归因于训练中足部韧带或肌肉损伤,临床诊断误诊率极高<sup>[12]</sup>,直至疼痛加剧再次就诊时骨折线被明确后方做出正确的行军骨折诊断。虽然近年来驻军医院中 CT 及 MRI 设备的应用,已使行军骨折的提前诊断能力大大提高,遗憾的是特殊的军事条件及训练机动性,限制了这些大型检查设备在一线部队中的装备,X 线机仍是检查指战员骨质病变的重要方式。故在现有 X 线机仍为部队主流诊断设备的条件下,引入新型图像分析法,提高对该病变的诊断能力当属燃眉之急、势在必行。

灰度差分法是近年来医学图像后处理的重要手段,极其敏感且定量显示图像像素值及其排列方式的细微变化,亦称为图像显微镜<sup>[13]</sup>。以灰度差分法为手段的图像纹理质地研究已取得丰富的成果<sup>[14]</sup>,并广泛应用于临床工作中。然国内以灰度差分法为手段进行临床及科学研究尚处起步阶段,偶现其中枢神经类疾病中应用的报道,鲜见有关骨折病变的研究。本文以此为基础,以首诊跖骨行军骨折未被明确,而复诊时确诊的病例资料为对象,提炼其隐匿性这一特征,运用灰度差分法对其分析。本文结果提示,跖骨局部病变处呈现陡增或陡降征象,与行军骨折病理过程基本一致,即对应该处应力损伤导致的骨质损伤、骨密度减低或骨质修复、增生<sup>[15]</sup>。同时,本文采用多次测量、以点作线方式可以准确印证实际骨折线影,且灰度差分法对 129 例不同部位的隐匿性跖骨行军骨折的检测率均在 90% 以上。另外,简单便捷的灰度差分法亦易于在一线部队的医疗单位甚至是装备 X 线机的流动车辆上实施,其应用范围可拓展至包括外伤骨折的诊断、骨折愈合后的评价等多个医学领域。

综上,本文以基层医疗单位的临床实际工作不足之处为切入点,以简单易行的新型图像后处理技术为手段,以跖骨行军骨折为病种观察对象,实例论证了灰度差分法在 X 线骨折诊断中的科学性及其可行性,相关方案可值得借鉴及推广应用。同时,其应用局限性亦应被注意,如:现有分析多局限于单样本之间的比较,未开展多样本组间比较。其次,其较高的敏感性易会造成部分结果的假阳性。另外,纵使其有较高的精确性,仍依托于人工或经验法对初始兴趣区进行划定。

### 【参考文献】

- [1] Jacklin BD, Wright IM. Frequency distributions of 174 fractures of the distal condyles of the third metacarpal and metatarsal bones in 167 Thoroughbred racehorses (1999-2009) [J]. *Equine Vet J*, 2012, 44(6): 707-713.
- [2] 许伟,李善杰,马小贝,等. 军事训练致股骨疲劳骨折的 MRI 诊断[J]. *临床军医杂志*, 2013, 41(7): 766.
- [3] 唐治,周晟. 疲劳骨折影像学诊断及其误诊原因分析[J]. *中国优生优育*, 2014, 20(6): 437-440.
- [4] 叶小明. 疲劳骨折 68 例诊治体会[J]. *东南国防医药*, 2006, 8(2): 115-116.
- [5] Emmerson TD, Lawes TJ, Goodship AE, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry measurement of bone-mineral density in the distal aspect of the limbs in racing Greyhounds [J]. *Am J Vet Res*, 2000, 61(10): 1214-1219.
- [6] Miller T, Kaeding CC, Flanigan D. The classification systems of stress fractures: a systematic review [J]. *Phys Sportsmed*, 2011, 39(1): 93-100.
- [7] 何东,陈兴灿,钟琦,等. 四肢关节专用 MRI 诊断疲劳性骨折的价值[J]. *东南国防医药*, 2014, 16(1): 48-51.
- [8] 常静. 微信平台在济南地区武警官兵应力性骨折院外护理中的应用[J]. *实用临床护理学杂志*, 2016, 1(8): 195-196.
- [9] Milgrom C, Finestone A, Sharkey N, et al. Metatarsal strains are sufficient to cause fatigue fracture during cyclic overloading [J]. *Foot Ankle Int*, 2002, 23(3): 230-235.
- [10] Taylor D, Casolari E, Bignardi C. Predicting stress fractures using a probabilistic model of damage, repair and adaptation [J]. *J Orthop Res*, 2004, 22(3): 487-494.
- [11] Muir P, McCarthy J, Radtke CL, et al. Role of endochondral ossification of articular cartilage and functional adaptation of the subchondral plate in the development of fatigue microcracking of joints [J]. *Bone*, 2006, 38(3): 342-349.
- [12] Scalco E, Rizzo G. Texture analysis of medical images for radiotherapy applications [J]. *Br J Radiol*, 2017, 90(1070): 20160642. doi: 10.1259/bjr.20160642.
- [13] Chen Z, Chen X, Liu M, et al. Texture features of periaqueductal gray in the patients with medication-overuse headache [J]. *J Headache Pain*, 2017, 18(1): 14.
- [14] Weist R, Eils E, Rosenbaum D. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures [J]. *Am J Sports Med*, 2004, 32(8): 1893-1898.
- [15] 喻树高,盘振宇. 军事训练致下肢应力性骨折流行病学调查[J]. *人民军医*, 2008, 51(2): 72-73.

(收稿日期:2017-05-06; 修回日期:2017-06-06)

(本文编辑:叶华珍; 英文编辑:王建东)