

## · 论 著 ·

## 某部新兵跖骨行军骨折风险因素的多元 logistic 回归分析

范志刚, 夏巍巍, 潘森鑫, 刘美霞

**[摘要]** 目的 探讨新兵战士跖骨行军骨折的风险因素, 为部队建立新兵战士健康预警机制和防治提供依据。  
**方法** 采用多元 logistic 回归法对东部战区某部新兵战士身高、体重、训练时间、跖骨长度、跖骨宽度、跖骨密度、足弓高度、骨龄等风险因素进行逐层筛选分析。  
**结果** 跖骨宽度、跖骨密度、足弓高度、骨龄为跖骨行军骨折的消极因素。而训练时间、跖骨长度为跖骨行军骨折的积极因素。进一步的结果显示训练时间、跖骨长度、跖骨宽度、足弓高度可进入 logistic 回归模型, 且回归模型对数据的拟合度较好 ( $P=0.847$ ), 具有统计学意义 ( $\chi^2=52.449, P<0.001$ )。  
**结论** 多个因素参与行军骨折的发病过程, 其风险因素应得到重视, 以此建立有效的预防预警措施, 减低跖骨行军骨折在新兵战士群体中的发病率。

**[关键词]** 跖骨; 行军骨折; logistic 回归; 风险因素

**[中图分类号]** R683.42 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-271X(2017)05-0484-04

**[DOI]** 10.3969/j.issn.1672-271X.2017.05.009

## Multivariate logistic regression analysis of risk factors for fracture of metatarsal bones in recruits

FAN Zhi-gang, XIA Wei-wei, PAN Sen-xin, LIU Mei-xia

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

**[Abstract]** **Objective** To explore the risk factors of the metatarsal fracture of the new recruits, and to provide evidence for the establishment of early warning mechanism and prevention and control of recruits. **Methods** The training time, height, weight, metatarsal length, metatarsal width, arch height of metatarsal, bone density and bone age of the eastern theater recruits were screened by layer regression analysis method with multiple logistic. **Results** The width of metatarsal bone, the density of metatarsal bone, the height of arch, and the bone age were the negative factors of metatarsal fractures, while the training time and the length of metatarsal bone were the positive factors. Further results showed that the training time, metatarsal length, metatarsal width and arch height of metatarsal could enter the logistic regression model which fit the data well ( $P=0.847$ ) with statistical significance ( $\chi^2=52.449, P<0.001$ ). **Conclusion** Many factors were involved in the process of the progression of the fracture; The risk factors should be paid more attention so as to establish effective preventive measures to reduce the incidence of metatarsal fractures in recruits.

**[Key words]** Metatarsal bone; Marching fracture; Logistic regression; Risk factors

行军骨折又称疲劳性骨折, 其标准定义为由低于造成骨折的单一负荷的应力不断重复所造成骨骼的损伤<sup>[1-2]</sup>。行军骨折在作训部队官兵, 尤其是新入伍战士中具有较高的发病率, 以“行军”冠名该种疾病亦佐证其特殊的群体性。尽管在临床上及学术界中行军性骨折的发病主因已定义为反复应力所致<sup>[3-4]</sup>, 事实上除此之外, 仍有诸多潜在因素对行军性骨折的发病起着极其重要的作用, 诸如骨质以及病员自身属性等<sup>[5-6]</sup>, 然此类相关研究较为少见。本文以东部战区某部新入伍战士这一高发

病率人群为对象, 用多元 logistic 回归法对跖骨行军骨折的诸个风险因素作全面分析, 为新兵战士的军旅生活提供预防及诊疗依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 观察组: 收集 2010 年 1 月至 2015 年 5 月在我科确诊的跖骨行军骨折病例。入组标准: ①新入伍战士, 即处于新兵训练期间所发行军骨折; ②经影像学资料确诊, 包括初诊无异常, 后复查确诊病例; ③男性战士。排除标准: ①外伤性骨折; ②二次复查就诊的病例。共收集 115 例符合上述标准病例, 其中平均年龄 ( $18.2 \pm 2.5$ ) 岁, 身高 ( $167.6 \pm 16.3$ ) cm, 体重 ( $54.3 \pm 6.8$ ) kg。对照组: 收集同期接受影像学检查的新入伍战士脚部无异常的影像学资料, 共计 100 例。其中平均年龄 ( $18.6 \pm$

作者单位: 212001 镇江, 解放军第 359 医院放射科

通信作者: 夏巍巍, E-mail: xia\_ww@126.com

引用格式: 范志刚, 夏巍巍, 潘森鑫, 等. 某部新兵跖骨行军骨折风险因素的多元 logistic 回归分析[J]. 东南国防医药, 2017, 19(5): 484-487.

2.3)岁,身高(169.5±14.7)cm,体重(55.2±7.1)kg。观察组和对照组的年龄、身高、体重比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。本研究经我院伦理委员会批准(批准号:002017011),所有受试战士均在检查前具有知情权并签署知情同意书。

**1.2 方法** 所有观察组和对照组资料由 2 名影像科高年资主治医师经训练后双盲法进行整理分析评测,结果采用 Kappa 值分析判断 2 名医师所测结果是否具有高度的一致性。记录入组战士的身高(cm)、体重(kg)、训练时间(d)、跖骨长度(mm)、跖骨宽度(mm)、跖骨密度等参数。其中跖骨密度以 X 线片的灰度值表示,具体方法为:将 X 线片图导入 IMAGE J 1.46 软件,转换图像格式为 8bit,并测量其平均灰度值。

**1.3 变量赋值** 将各连续性变量分别根据各自的四分位数划分为有序多分类变量,见表 1。

表 1 跖骨行军骨折风险因素的赋值说明

参数名称	变量名	赋值说明
身高(cm)	$X_1$	$165 \leq = 0, 165.1 \sim 170 = 1, 170.1 \sim 175 = 2, \geq 175.1 = 3$
体重(kg)	$X_2$	$55 \leq = 0, 55.1 \sim 65 = 1, 65.1 \sim 75 = 2, \geq 75.1 = 3$
训练时间(d)	$X_3$	$20 \leq = 0, 21 \sim 40 = 1, 41 \sim 60 = 2, \geq 61 = 3$
跖骨长度(mm)	$X_4$	$35 \leq = 0, 35.1 \sim 45 = 1, 45.1 \sim 55 = 2, \geq 55.1 = 3$
跖骨宽度(mm)	$X_5$	$6 \leq = 0, 6.1 \sim 10 = 1, 10.1 \sim 14 = 2, \geq 14.1 = 3$
跖骨密度	$X_6$	$800 \leq = 0, 801 \sim 1600 = 1, 1601 \sim 2400 = 2, \geq 2401 = 3$
足弓高度(mm)	$X_7$	$14 \leq = 0, 14.1 \sim 16 = 1, 16.1 \sim 18 = 2, \geq 18.1 = 3$
骨龄(年)	$X_8$	$16 \leq = 0, 16.1 \sim 18 = 1, 18.1 \sim 20 = 2, \geq 20.1 = 3$
跖骨行军骨折	Y	对照=0,病例=1

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS19.0 统计软件进行单因素 logistic 回归分析( $\alpha_{入} = 0.05, \alpha_{出} = 0.1$ )以筛选自变量,将其中有统计学意义的自变量采用逐步前向似然比法建立 logistic 回归模型(纳入标准  $P<0.05$ ,排除标  $P>0.10$ ),对回归参数采用 Wald  $\chi^2$  检验,对整个模型采用似然比检验,以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 一般资料比较** 2 组训练时间、跖骨长度、跖骨宽度、跖骨密度、足弓高度及骨龄差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。见表 2。

表 2 正常对照组战士与跖骨行军骨折战士一般资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

项目	对照组( $n=100$ )	观察组( $n=115$ )
训练时间(d)	38.4±2.3	50.2±2.5*
跖骨长度(mm)	40.9±14.7	47.3±16.3*
跖骨宽度(mm)	10.1±7.1	8.1±6.8*
跖骨密度	1928.4±2.3	1462.7±2.5*
足弓高度(mm)	15.9±14.7	14.7±16.3*
骨龄(年)	19.2±7.1	17.8±6.8*

与对照组比较,\* $P<0.05$

**2.2 跖骨行军骨折风险因素的单因素 logistic 回归分析** 应变量设为是否跖骨行军骨折,以表 1 中的各风险因素为协变量分别进行单因素 logistic 回归分析,筛选  $X_1$  至  $X_8$  八个变量。结果显示,变量  $X_5$ 、 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_8$  的回归系数  $\beta$  为负,OR 值小于 1,提示跖骨宽度、跖骨密度、足弓高度、骨龄为跖骨行军骨折的消极因素。以跖骨宽度为例,在其他影响因素均衡的条件下,训练时间每升高一个水平,跖骨行军骨折发生率为其前一水平的 0.726 倍。变量  $X_3$ 、 $X_4$  的回归系数为正,OR 值大于 1,提示训练时间、跖骨长度为跖骨行军骨折的积极因素。以训练时间为例,在其他影响因素均衡的条件下,训练时间每升高一个水平,跖骨行军骨折发生率为其前一水平的 3.755 倍。其余协变量的  $P>0.05$ ,认为与跖骨行军骨折的发生无显著性影响,见表 3。

**2.3 跖骨行军骨折风险因素的多因素 logistic 回归分析** 将单因素 logistic 回归分析筛选出的五项  $P<0.05$  的指标训练时间、跖骨长度、跖骨宽度、跖骨密度、足弓高度以及骨龄经多因素 logistic 逐步向前回归分析,将不符合方程的跖骨密度和骨龄这两项指标剔除,其余四项指标训练时间( $X_3$ )、跖骨长度( $X_4$ )、跖骨宽度( $X_5$ )、足弓高度( $X_7$ )进入 logistic 回归模型,建立回归方程  $P = 1/[1 + e^{-(1.521 + 2.663X_3 + 1.557X_4 - 1.945X_5 - 1.601X_7)}]$ ,其中 P 值为跖骨行军骨折的发病率, $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 、 $X_7$  均为方程协变量,Hosmer and Lemeshow Test 检验显示观测数据和预测数据相比差异无统计学意义( $P=0.847$ ),表明回归模型对数据的拟合度较好。对方程进行似然比检验, $\chi^2=52.449, P<0.001$ ,表明模型有统计学意义。见表 4。

表 3 跖骨行军骨折风险因素的单因素 logistic 分析

变量	参数名称	偏回归系数	标准误	OR 值(95%CI)	Wald $\chi^2$ 值	P 值
X <sub>1</sub>	身高	0.034	0.185	1.365(0.827~1.561)	0.061	0.742
X <sub>2</sub>	体重	-0.068	0.258	0.986(0.815~1.363)	0.473	1.502
X <sub>3</sub>	训练时间	0.592	0.151	3.755(2.235~3.947)	8.628	0.008
X <sub>4</sub>	跖骨长度	0.259	0.322	2.231(1.847~2.542)	5.561	0.021
X <sub>5</sub>	跖骨宽度	-0.224	0.151	0.726(0.684~1.326)	1.062	0.033
X <sub>6</sub>	跖骨密度	-0.328	0.241	0.639(0.518~1.079)	3.279	0.023
X <sub>7</sub>	足弓高度	-0.429	0.147	0.413(0.357~0.681)	4.558	0.011
X <sub>8</sub>	骨龄	-0.306	0.186	0.783(0.449~0.898)	2.887	0.032

表 4 跖骨行军骨折风险因素的多因素 logistic 分析

协变量	参数名称	偏回归系数	标准误	OR 值(95%CI)	Wald $\chi^2$ 值	P 值
X <sub>3</sub>	训练时间	2.663	0.794	0.071(0.014~0.343)	9.547	0.001
X <sub>4</sub>	跖骨长度	1.557	0.608	0.328(0.069~0.852)	4.628	0.027
X <sub>5</sub>	跖骨宽度	-1.945	0.633	6.005(1.843~19.424)	7.851	0.031
X <sub>7</sub>	足弓高度	-1.601	0.691	6.593(2.693~20.709)	7.259	0.008
常数项		1.521	1.885	4.771	0.684	0.421

3 讨论

交通工具的跨越式发展,出行方式的革命性变化,使得跖骨行军骨折这一传统性疾病虽在普通人群中的发病率逐年减低,然在愈发严格的军事化训练和竞技体育中,该疾病已成为困扰相关受训人的重要疾患<sup>[7]</sup>。目前围绕行军骨折,尤其是跖骨这一好发部位的研究正纷至沓来<sup>[8]</sup>。细胞生物学、分子生物学、三维重建以及流体力学技术在医学领域的发展应用,诸多学者已对行军骨折做出深入浅出的报道,从不同层面角度阐释行军骨折的病理生理过程及发病机制<sup>[9]</sup>。前期文献对跖骨行军骨折的研究已形成公论<sup>[10]</sup>:与一次性暴力损伤引起的骨折不同,行军骨折是发生于正常骨质的应力骨折,其特征是骨折与修复过程同时进行,故近年来学界正逐渐将其归入应力骨折的一种类型,以应力学为方向已成为行军骨折的主要研究趋势。回顾前人研究,训练时间及足弓高度两项因素均已被广泛接受认可:长期高强度训练为骨质应力的主要来源<sup>[11]</sup>,足弓为调节应力分布的重要结构基础<sup>[12]</sup>。但值得注意的是,除此之外,身高、体重以及骨自身属性均与应力密切相关<sup>[13]</sup>,然鲜见此类相关报道。故笔者对跖骨行军骨折的最高发群体——新入伍战士的病情资料做筛选,以应力为研究切入点,提炼与之密切相关的身高、体重、训练时间、跖骨长度、跖骨宽度、跖骨密度、足弓高度以及骨龄这八项指标为纳入范畴,为跖骨行军骨折的诸多因素进行

统筹分析,旨在为该种疾病的预防及诊疗提供科学可信的依据。

本文研究结果发现,在单因素 logistic 回归分析中,身高及体重两个指标率先被剔除,提示该两项指标与跖骨行军骨折发病率无显著关联,亦侧面证实越高或越重的身材对跖骨应力无显著影响。这一结果与笔者临床工作中鲜见较高较胖兵员发生跖骨行军骨折的实际情况亦基本相符。在单因素筛选后进入方程的 6 项指标中,除训练时间和足弓高度两指标外,其余 4 项跖骨长度、跖骨宽度、跖骨骨密度及骨龄均未曾被报道<sup>[14]</sup>。虽然跖骨密度和骨龄这两项指标在随后的逐步向前回归中被剔除(提示该 2 项指标虽与跖骨行军骨折发生率有关,但却未能进入多元方程),跖骨长度和宽度这两项指标引起笔者的注意。本文建立的多因素 logistic 回归方程显示,越长的跖骨与行军骨折的发生率呈显著正性相关,而越宽的跖骨则与行军骨折的发生率呈显著负性相关,提示跖骨行军骨折的发生不仅与训练、足弓高度有关,跖骨自身属性亦起着决定性作用。在此理论基础上,临床诊疗中跖骨行军骨折常好发于第 2 跖骨这一现象亦得到信服的解释<sup>[15]</sup>:与粗壮的第 1 跖骨相比,第 2 跖骨宽度为略欠,而与第 3~5 跖骨相比,其长度有余。而方程中的其他两项指标应力时间和足弓高度,本文结果与之前已有报道基本一致,即:跖骨行军骨折与应力时间呈正性相关,与足弓高度呈负性相关。

综上,本文以 logistic 回归法对跖骨行军骨折的

诸个因素做出分析,并得到具备临床价值意义的结果,为此类相关研究拓展了研究领域,之后可以此为线索展开进一步的应力学研究。

# 【参考文献】

- [1] Miller T, Kaeding CC, Flanigan D. The classification systems of stress fractures: a systematic review[J]. *Phys Sportsmed*, 2011, 39(1): 93-100.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Miller JR, Dunn KW, Ciliberti LJ, *et al.* Association of vitamin D with stress fractures: a retrospective cohort study[J]. *J Foot Ankle Surg*, 2016, 55(1): 117-120.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 何东, 陈兴灿, 钟琦. 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.
- [11] Carmont MR, Patrick JH, Cassar-Pullicino VN, *et al.* Sequential metatarsal fatigue fractures secondary to abnormal foot biomechanics[J]. *Mil Med*, 2006, 171(4): 292-297.
- [12] 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.
- [13] Tins BJ, Garton M, Cassar-Pullicino VN, *et al.* Stress fracture of the pelvis and lower limbs including atypical femoral fractures-a review[J]. *Insights Imaging*, 2015, 6(1): 97-110.
- [14] Knobloch K, Schreibmueller L, Jagodzinski M, *et al.* Rapid rehabilitation programme following sacral stress fracture in a long-distance running female athlete[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2007, 127(9): 809-813.
- [15] 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.

(收稿日期:2017-05-07; 修回日期:2017-06-14)

(本文编辑:叶华珍; 英文编辑:王建东)