

# 肱骨近端锁定内固定系统钢板治疗肱骨近端骨折肱骨头螺钉的分布特点

胡流超<sup>1,2</sup>, 罗毅文<sup>1,2</sup>, 黄杰文<sup>1,2</sup>, 蓝思彬<sup>1,2</sup>, 吴志方<sup>1,2</sup>

https://doi.org/10.12307/2024.621

投稿日期: 2023-06-29

采用日期: 2023-08-09

修回日期: 2023-09-08

在线日期: 2023-09-22

中图分类号:

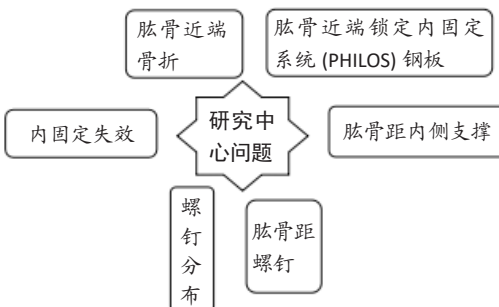
R459.9; R318; R683

文章编号:

2095-4344(2024)24-03850-05

文献标识码: A

文章快速阅读: PHILOS 锁定钢板治疗肱骨近端骨折肱骨头螺钉分布对内固定失效的影响



文题释义:

**PHILOS锁定钢板:** 是肱骨近端骨折最常用的固定方式。其特点是锁定螺钉的成角稳定性及肱骨头内多个角度螺钉的组合排列的结构能增加对肱骨头的把持, 降低了内固定失效的风险, 因此在临床广泛运用。

**肱骨距螺钉:** 肱骨距是指肱骨头内下方解剖颈至外科颈弯曲处的致密骨板, 它具有支撑肱骨头、防止其内翻塌陷的作用。临床上肱骨近端骨折常在此区域置入螺钉恢复肱骨内侧支撑, 称为肱骨距螺钉。

摘要

**背景:** 肱骨近端锁定内固定系统钢板是肱骨近端骨折最常用的固定方式, 但临床上其失败率仍较高, 螺钉的合理置入是影响内固定稳定性的重要因素。

**目的:** 探讨在肱骨近端锁定内固定系统钢板治疗肱骨近端骨折中肱骨头螺钉的分布特点及对内固定失效的影响。

**方法:** 对2017年1月至2021年12月在广州中医药大学第三附属医院收治的采用肱骨近端锁定内固定系统钢板内固定治疗的老年肱骨近端骨折患者进行回顾性分析, 共纳入124例, 其中男16例, 女108例, 年龄 $\geq 60$ 岁, 根据其术后是否出现内固定失效分为正常组(101例)和内固定失效组(23例)。收集患者年龄、性别、骨折类型、内侧柱完整性、钢板高度、颈干角、是否置入肱骨距螺钉、肱骨头螺钉数量, 并根据术后数字X射线摄影正位片将肱骨头分为8个区, 收集患者肱骨头螺钉在各区螺钉分布特点, 绘制螺钉分布热力图。

**结果与结论:** ①两组患者在年龄、性别、骨折类型、内侧柱完整性、钢板高度、颈干角、是否置入肱骨距螺钉、肱骨头螺钉数量方面均无统计学差异( $P > 0.05$ ); ②但热力图显示, 在正常组中肱骨头螺钉分布均匀, 主要分散在4, 6, 7区; 而内固定失效组的螺钉分布不均匀, 主要集中在4, 6区; 此外, 在肱骨距螺钉理想区域(7/8区)中, 正常组螺钉明显多于内固定失效组; ③提示在肱骨近端锁定内固定系统钢板治疗肱骨近端骨折过程中, 肱骨头螺钉均匀分布是保证内固定效果的关键, 合理的肱骨头螺钉分布有助于提高治疗效果和内固定成功率。

**关键词:** 肱骨近端骨折; 肱骨近端锁定内固定系统; 锁定钢板; 肱骨头螺钉分布; 内固定失效

## Distribution characteristics of humeral head screws in treatment of proximal humeral fractures with proximal humerus internal locking system plate

Hu Liuchao<sup>1,2</sup>, Luo Yiwen<sup>1,2</sup>, Huang Jiewen<sup>1,2</sup>, Lan Sibin<sup>1,2</sup>, Wu Zhifang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Third Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China; <sup>2</sup>Guangdong Research Institute for Orthopedics and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China

Hu Liuchao, Master, Attending physician, Third Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China; Guangdong Research Institute for Orthopedics and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China

**Corresponding author:** Luo Yiwen, MD, Professor, Chief physician, Master's supervisor, Third Affiliated Hospital, Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China; Guangdong Research Institute for Orthopedics and Traumatology of Chinese Medicine, Guangzhou 510378, Guangdong Province, China

Abstract

**BACKGROUND:** Proximal humerus internal locking system locking plate is the most commonly used fixation method for proximal humeral fractures, but its failure rate is still high in clinical practice. Reasonable screw placement is an important factor affecting the stability of internal fixation.

<sup>1</sup>广州中医药大学第三附属医院, 广东省广州市 510378; <sup>2</sup>广东省中医骨伤研究院, 广东省广州市 510378

**第一作者:** 胡流超, 男, 1993年生, 广东省清远市人, 汉族, 广州中医药大学毕业, 硕士, 主治中医师, 主要从事创伤骨科临床与基础研究。

**通讯作者:** 罗毅文, 博士, 教授, 主任中医师, 硕士生导师, 广州中医药大学第三附属医院, 广东省广州市 510378; 广东省中医骨伤研究院, 广东省广州市 510378

https://orcid.org/0000-0002-9881-092X (胡流超)

**基金资助:** 广东省中医药管理局科研项目(20231120), 项目负责人: 胡流超; 广东省中医骨伤研究院开放基金课题(GYH202102-01), 项目负责人: 黄杰文

**引用本文:** 胡流超, 罗毅文, 黄杰文, 蓝思彬, 吴志方. 肱骨近端锁定内固定系统钢板治疗肱骨近端骨折肱骨头螺钉的分布特点[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(24):3850-3854.



**OBJECTIVE:** To investigate the distribution of humeral head screws in the treatment of proximal humeral fractures with proximal humerus internal locking system plate and its influence on internal fixation failure.

**METHODS:** From January 2017 to December 2021, data from patients with proximal humeral fractures undergoing proximal humerus internal locking system plate in Third Affiliated Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine were retrospectively analyzed. A total of 124 patients were enrolled, including 16 males and 108 females, at the age of  $\geq 60$  years. According to whether there was internal fixation failure after operation, they were divided into normal group ( $n=101$ ) and internal fixation failure group ( $n=23$ ). The patient's age, gender, fracture type, the integrity of the medial column, plate height, neck-shaft angle, whether the talus screw was inserted, and the number of humeral head screws, were collected. The humeral head was divided into eight zones according to the postoperative digital radiography anteroposterior film, and the distribution characteristics of the screws in each zone were collected, and the heat map of the screw distribution was drawn.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) There were no significant differences between the two groups in age, gender, fracture type, the integrity of the medial column, plate height, neck-shaft angle, whether to insert talus screws, and the number of humeral head screws ( $P > 0.05$ ). (2) The heat map showed that the humeral head screws were evenly distributed in the normal group, mainly scattered in zones 4, 6, and 7. However, the screw distribution in the internal fixation failure group was not uniform, mainly concentrated in zones 4 and 6. In addition, in the ideal area of talus screws (7/8 zone), there were significantly more screws in the normal group than in the internal fixation failure group. (3) It is indicated that in the treatment of proximal humeral fractures with proximal humerus internal locking system plate, the uniform distribution of humeral head screws is the key to ensuring the internal fixation effect. A reasonable distribution of humeral head screws helps to improve the treatment effect and the success rate of internal fixation.

**Key words:** proximal humerus fracture; proximal humerus internal locking system; locking plate; humeral head screw distribution; internal fixation failure

**Funding:** Research Project of Guangdong Provincial Administration of Traditional Chinese Medicine, No. 20231120 (to HLC); Open Fund Project of Guangdong Academy of Traditional Chinese Medicine Osteopathy, No. GYH202102-01 (to HJW)

**How to cite this article:** HU LC, LUO YW, HUANG JW, LAN SB, WU ZF. Distribution characteristics of humeral head screws in treatment of proximal humeral fractures with proximal humerus internal locking system plate. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2024;28(24):3850-3854.

## 0 引言 Introduction

肱骨近端骨折是临床较常见的骨折类型，其发生率占全身骨折的5%–6%，在65岁以上的老年骨折患者中位列第三<sup>[1-3]</sup>。对于大多数的肱骨近端骨折采用保守治疗即可获得满意疗效，但对于复杂肱骨近端骨折常需要手术治疗。传统的手术固定方式包括钢板螺钉固定和髓内钉固定，其中肱骨近端锁定内固定系统 (proximal humerus internal locking system, PHILOS) 治疗是目前的主流术式<sup>[2]</sup>。PHILOS 锁定钢板运用已超过10年，是目前临床上治疗肱骨近端骨折最为成熟可靠的治疗方式，其提供了锁定螺钉的成角稳定性及肱骨头内多个角度螺钉组合排列的结构，能增加对肱骨头的把持，降低内固定失效的风险。尽管如此，其相关的手术并发症仍然较高，如肱骨头内外翻、钢板松动、螺钉穿出关节面、肩峰撞击、肱骨头坏死等<sup>[4]</sup>，特别是对于骨质量差、骨折粉碎的患者，如肱骨内侧柱骨缺损，要想获得良好的复位及维持稳定的固定仍具有挑战性。此次研究回顾性研究使用 PHILOS 锁定钢板治疗肱骨近端骨折中的肱骨头螺钉分布特点及对内固定失效的影响，以期完善肱骨近端骨折钢板固定方法，降低内固定失效的发生，提高固定效果。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**1.1 设计** 回顾性病例分析，组间比较采用  $t$  检验或卡方检验。

**1.2 时间及地点** 所有数据均来自2017年1月至2021年12月广州中医药大学第三附属医院创伤骨科收治的肱骨近端骨折患者。

**1.3 材料** PHILOS 锁定钢板介绍见表1。

**1.4 对象** 对2017年1月至2021年12月在广州中医药大学第三附属医院就诊的老年肱骨近端骨折患者进行回顾性分析，采用 PHILOS 锁定钢板内固定治疗，共纳入124例，其中男16例，女108例。此次研究已通过广州中医药大学第三附属医院机构审查委员会伦理审查 (批准号: PKY-20220420-010)，所有患者对治疗方案均知情同意。

表1 | 植入物的材料学特征

Table 1 | Material characteristics of implants

指标	PHILOS 锁定钢板
生产厂家	强生 (上海) 医疗器械有限公司
型号	441.924
批准号	国械注进 20182462026
材质	钛合金
适应证	肱骨近端骨折
生物相容性	良好
产品标注的不良反	无

**纳入标准:** ①年龄  $\geq 60$  岁; ②采用 PHILOS 钢板治疗的新鲜肱骨近端骨折 (受伤到手术时间  $< 2$  周); ③术后首次复查有标准的 X 射线前后位片; ④术后首次复查显示复位质量良好, 无肱骨头内外翻畸形 (肱骨颈干角  $120^{\circ}$ – $150^{\circ}$ ); ⑤所有患者随访时间超过3个月, 影像学资料及病历资料完整。

**排除标准:** ①病理性骨折、开放性骨折; ②合并神经血管损伤; ③受伤前患肩有肩关节创伤史或慢性损伤病史, 影响肩关节活动者。

### 1.5 方法

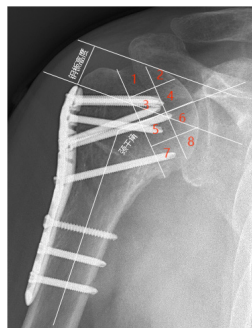
**1.5.1 手术方法** 臂丛神经阻滞或全身麻醉下, 患者取沙滩椅位, 患肢外展。经三角肌–胸大肌肌间入路显露, 不切开关节囊, 确定结节间沟位置, 以缝线、克氏针等辅助复位, 选择长度适当的锁定钢板, 近端置于结节间沟后方5 mm、大结节顶点下方5 mm处, 远端置于肱骨干外侧。骨折近端打入5枚以上锁定螺钉, 所有螺钉都经多角度透视证实长度适宜。关闭伤口, 前臂吊带悬吊制动。

**1.5.2 内固定失效的界定** 板钉系统拔出、螺钉穿出、肱骨头继发内外翻畸形。

**1.6 主要观察指标** 所有患者的年龄、性别、骨折类型、内侧柱完整性、钢板高度、颈干角、是否置入肱骨距螺钉、肱骨头螺钉数量。

**肱骨头螺钉分布区域统计及热力图绘制:** 将患者术后即刻复查数字 X 射线摄影前后位片根据如图1所示, 分成8个区域, 统计每个区域螺钉末端分布的数值, 计算各个区域螺钉平均值, 根据平均值绘制肱骨头螺钉分布热力图。热力图

绘制采用线热力图绘制网站 (软件由武汉灰大科技有限公司研发)。



图注: 以肱骨头解剖颈为界限, 将肱骨头平均分为 8 个区域, 各区以数字序号命名, 分别统计各个区域的螺钉数量。此外根据前后位数字 X 射线摄影测量钢板高度、颈干角等参数

图 1 | 肱骨头螺钉分布区域划分以及钢板高度和颈干角的测量

Figure 1 | Division of screw distribution area in humeral head and measurement of plate height and neck-shaft angle

1.7 统计学分析 统计学处理采用 SPSS 20.0 软件完成, 进行两组患者的基线资料 (年龄、性别、骨折类型、内侧柱完整性、钢板高度、颈干角、是否置入肱骨距螺钉、肱骨头螺钉数量) 比较, 其中定量资料采用  $t$  检验, 定性资料采用卡方检验,  $P < 0.05$  为差异有显著性意义。文章统计学方法已经被广东省中医骨伤研究院办公室专家审核。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 此次研究包括 124 例肱骨近端骨折患者, 依据术后末次随访数字 X 射线摄影判断内固定是否失效, 分为正常组和内固定失效组, 随访期间均无脱落, 全部进入结果分析。

2.2 试验流程图 见图 2。

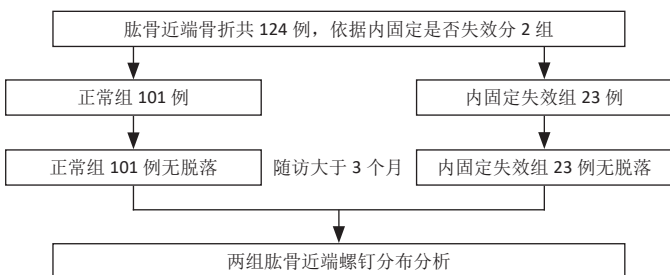


图 2 | 试验流程图

Figure 2 | Trial flow chart

2.3 两组患者基线比较 两组患者在年龄、性别、骨折类型、内侧柱完整性、钢板高度、颈干角、是否置入肱骨距螺钉、肱骨头螺钉数量等方面均无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性, 详见表 2。

2.4 两组患者肱骨近端螺钉分布特点分析 表 3 为两组患者各区域螺钉均值统计, 根据均值绘制肱骨头螺钉分布热力图 (图 3)。如图所示, 在正常组中螺钉分布较为均匀, 主要分散在 4, 6, 7 区; 而内固定失效组的螺钉分布明显不均匀, 主要集中在 4, 6 区。另外在 7, 8 区 (肱骨区螺钉常分布区域) 中, 正常组螺钉数量明显多于失效组。

2.5 不良事件 所纳入 124 例患者中 23 例患者出现了内固定失效, 其中 15 例患者肱骨头内翻畸形, 5 例钢板松动, 3 例螺钉切割; 有 6 例患者行翻修手术治疗。

表 2 | 两组患者基线比较

Table 2 | Comparison of baseline data of patients of two groups

变量	正常组 (n=101)	内固定失效组 (n=23)	$\chi^2/t$ 值	P 值
性别 (n%)			0.104	0.747
女	87/86	21/91		
男	14/14	2/9		
年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	72.70±9.01	71.57±8.67	0.550	0.583
骨折 Neer 分型 (n%)				0.061
II 型	62/61	11/48		
III 型	37/37	9/39		
IV 型	2/2	3/13		
内侧柱完整性 (n%)			3.708	0.054
无	9/9	6/26		
有	92/91	17/74		
随访时间 ( $\bar{x} \pm s$ , 月)	12.21±5.34	12.54±6.59	-0.227	0.822
近端螺钉数量 ( $\bar{x} \pm s$ )	7.01±0.99	6.83±0.98	0.801	0.425
钢板高度 ( $\bar{x} \pm s$ , mm)	10.20±3.65	10.24±3.50	-0.047	0.963
颈干角 ( $\bar{x} \pm s$ , °)	135.66±7.14	134.13±9.40	0.874	0.384
肱骨距螺钉 (n%)			0.011	0.916
无	14/14	4/17		
有	87/86	19/83		

表 3 | 两组患者各区域螺钉数量均值统计

( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 | Mean statistics of the number of screws in each region of patients from the two groups

分区	正常组 (n=101)	内固定失效组 (n=23)
1 区	0.11±0.31	0.10±0.29
2 区	0.13±0.34	0.18±0.39
3 区	0.52±0.70	0.36±0.45
4 区	1.73±0.81	1.43±0.90
5 区	0.82±0.64	1.23±0.92
6 区	2.03±0.82	2.30±0.93
7 区	1.27±0.87	0.67±0.66
8 区	0.64±0.64	0.43±0.66

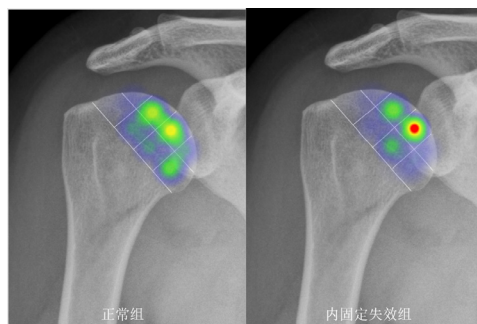


图 3 | 两组患者肱骨近端螺钉分布热力图

Figure 3 | Thermal maps of screw distribution in the proximal humerus of patients from the two groups

2.6 植入物与宿主的生物相容性 所有患者均未观察到明显的材料宿主不良反应发生, 如植入物周围感染、手术伤口愈合不良、过敏反应、免疫排斥反应等。

## 3 讨论 Discussion

PHILOS 锁定钢板治疗肱骨近端骨折已在临床运用上得到广泛认可。相比其他治疗方式, PHILOS 锁定钢板多角度的螺钉设计对肱骨头有很好的把持力, 特别在钢板下方设置有肱骨距螺钉, 其为肱骨内侧柱提供了重要的支撑结构, 明显降低了内固定失效的风险。但是许多研究报道这种固定方式出现肱骨头内翻、钢板松动、螺钉切除、肱骨头坏死等并发症的发生率仍可达到 10%~50%<sup>[5-7]</sup>。之所以并发症发生率波动范围如此大, 可能与研究设计、纳入群体、术者经验及偏

好等多种因素相关。骨质疏松、高龄、手术技巧(如骨折复位质量、钢板螺钉的放置等)均是肱骨近端骨折术后内固定失效的危险因素<sup>[4, 8-9]</sup>, 前两者均为不可控因素, 而诸如骨折复位的质量、钢板的放置、螺钉方向、长度、数目的选择等因素则取决于临床医生的经验。研究表明肱骨头螺钉的位置、数目、长度均对内固定失效有重要的影响<sup>[10-12]</sup>, 但在手术中肱骨头螺钉置入深度、位置以及螺钉数量应该遵循怎样的原则目前尚存在争议。作者通过总结既往病例将肱骨头螺钉分布规律进行总结, 以期指导临床治疗。

在此次研究中, 正常组中肱骨距区域(7/8区)螺钉分布明显要多于内固定失效组, 这表明内固定失效最重要的原因是缺乏肱骨距螺钉支撑, 这与既往研究相符。肱骨距螺钉对维持内固定稳定的重要性已被多个研究所证实<sup>[13-15]</sup>。早在2007年GARDNER等<sup>[13]</sup>就提出肱骨内侧支撑概念, 并认为在肱骨内侧即肱骨距上使用螺钉支撑即肱骨距螺钉可有效降低肱骨头内翻的发生率。肱骨距是在肱骨头内下方的一段连续骨皮质区, 此处为骨折应力集中处, 特别是骨质疏松患者此处常常被破坏而导致骨质缺失。肱骨距皮质的缺损被认为是术后肱骨头内翻畸形、钢板松动、螺钉穿出的重要因素<sup>[16-17]</sup>, 因此手术减低内固定失效的重要方式是恢复肱骨距的连续性。重建肱骨近端内侧结构的手术方式有很多, 如锁定钢板联合肱骨距螺钉<sup>[13-15]</sup>、锁定钢板联合不同形式的植骨支撑<sup>[18-19]</sup>、联合内外侧钢板<sup>[20-21]</sup>、骨水泥增强等方式<sup>[22-23]</sup>, 相比后几种方式, 在锁定钢板上合理置入肱骨距螺钉是一种操作简便且行之有效的办法, 但目前对于肱骨距螺钉置入位置、深度、数目仍存在争议。有学者认为肱骨距螺钉应位于肱骨内下方, 在不穿出软骨面的情况下螺钉越长稳定性越好。理想的位置在肱骨头软骨下5 mm<sup>[24]</sup>。另有学者对肱骨距螺钉位置进行量化, 认为肱骨距螺钉离肱骨头下方12 mm以内或其离与肱骨头底部25%范围内可以有效减低内固定失败率<sup>[25]</sup>。李波等<sup>[26]</sup>则发现对于肱骨内侧粉碎患者肱骨距螺钉可以抵在肱骨头下皮质外, 临床随访均未出现肱骨头内翻塌陷、螺钉穿透关节面等并发症发生, 但他也提出螺钉尖不与骨皮质接触的最佳长度尚不清楚, 螺钉太短可能容易失效, 而太长则会刺激肱骨头和肩盂软组织。在此次研究中, 正常组和内固定失效组置入肱骨距螺钉数量上并无统计学差异, 但热力图显示在肱骨距区域(7/8区)螺钉分布明显要多于内固定失效组, 因此在理想的位置置入肱骨距螺钉对内固定稳定性起重要作用。而对于螺钉的数目, GARDNER等<sup>[13]</sup>认为使用1枚肱骨距螺钉支撑即可有效降低肱骨头内翻。而有生物力学研究显示置入2枚肱骨距螺钉更具有力学优势, 其所受的应力最为分散, 位移程度最小<sup>[27]</sup>。显然目前肱骨距螺钉置入标准仍无共识, 还需要更多的生物力学测试以及临床研究来确定最优的方式。

一般认为, 肱骨近端内侧柱缺损的患者都应该置入肱骨距螺钉进行肱骨内侧柱支撑从而减低内固定失效风险。但在临床上常常面临着肱骨距螺钉置入困难的问题, 其原因有以

下几点: ①患者肱骨头大小存在个体差异, 钢板近端的螺钉排布及钢板尺寸均不统一; ②骨折复位质量, 如复位质量不佳肱骨头内外翻、头前后倾改变均可影响肱骨距螺钉的位置; ③术中钢板位置放置过高或过低均影响肱骨距螺钉置入, 作者认为可通过先在肱骨距螺钉孔位置钻孔, 并透视证实位置是否合适来确定钢板的最佳位置。此外, 生物力学研究表明锁定螺钉存在5°以内的误锁不会影响螺钉与钢板锁定孔的稳定性, 因此亦可通过螺钉方向微调, 从而提高肱骨距螺钉置入的准确性<sup>[28]</sup>。另外, 目前已有新型的具有万向锁定螺钉孔的肱骨近端锁定钢板逐步开始运用, 这不失为解决肱骨距螺钉置入困难的好方法。

在此次研究中, 正常组的肱骨头螺钉分布比较均匀, 分散在4, 6, 7, 8区域中, 而在内固定失效组中, 螺钉主要集中在4, 6区, 且螺钉较为集中。螺钉分散式排布能降低应力集中, 从而降低内固定失效风险。研究也表明PHILOS锁定钢板交叉多轴向分散设计的固定比既往肱骨近端单轴平行锁定螺钉平行固定更加可靠<sup>[29-30]</sup>。FLETCHER等<sup>[31]</sup>研究了不同构型的螺钉分布, 他们认为通过增加螺钉的数量或增加螺钉之间的距离可以有效降低螺钉周围的应变。有学者建议肱骨头螺钉要保证至少5枚且有1枚为肱骨距螺钉<sup>[32]</sup>。而有学者认为在置入肱骨距螺钉的前提下, 使用5枚螺钉与7枚螺钉的固定效果是相当的<sup>[33]</sup>。合理的螺钉分布应考虑肱骨头不同区域的骨量特点。BARVENCIK等<sup>[34]</sup>在尸体解剖上对肱骨头中心冠状面区域进行骨量分析, 将其分为内、中、外共12个感兴趣区域, 发现随着年龄增加, 大结节区域骨质下降最明显, 而肱骨头中心冠状面区域的骨量最好的在内侧区域, 该区域与年龄和性别无关, 因此可以认为是放置软骨下螺钉的最佳位置。故有学者认为螺钉应尽量避免过于集中置入在肱骨头的上象限, 此区域骨小梁稀疏, 螺钉的抗拔出强度最弱<sup>[11]</sup>。一项尸体的研究在肱骨头上象限采用3枚悬挂螺钉或肱骨头下象限3枚支撑螺钉固定进行生物力学测试, 结果下象限3枚螺钉支撑固定优于上象限3枚螺钉悬挂固定, 而上下象限6枚螺钉同时固定则效果最佳<sup>[35]</sup>。

在此次研究中, 正常组肱骨头螺钉分散在4/6/7/8区这些靠近软骨下区域, 这说明肱骨头螺钉必须有足够的长度。较长的肱骨头螺钉对肱骨头的把持力较好, 可以降低内固定失效的风险<sup>[36-37]</sup>。有学者提出类似股骨尖顶距的概念, 即肱骨尖顶距, 是指肱骨头内距离软骨最近的螺钉尖端到软骨的距离, 该指标的动态观察能有助于预测内固定失效<sup>[38]</sup>。因此, 要想提高内固定可靠性, 术中肱骨头螺钉应注意要分散排布、且尽量靠近软骨下区域。但值得注意的是, 过长的螺钉亦有穿出肱骨头的风险, 由于肱骨头呈球状, 因此如果一个螺钉在透视上出现突出, 那么说明它就已经在头部穿孔了。一项尸体研究表明手臂外展位30°的腋窝位对螺钉穿透的敏感性最高, 但至少需要4个不同平面的X射线片来证实所有螺钉切出<sup>[39]</sup>。为避免螺钉穿出风险, 术中可通过增加不同透视角度, 可较大程度地降低穿出风险。

**总结与展望:** 肱骨近端骨折是临床上常见的骨折类型, 尤其复杂肱骨近端骨折在临床上仍面临重大的挑战。而肱骨头螺钉对维持骨折稳定性的重要作用已得到广泛认同, 尤其是肱骨距螺钉的重要性。而此次研究通过总结既往病例, 通过热力图分析螺钉分布规律, 认为减少内固定失效要保证肱骨距螺钉; 其次肱骨头螺钉均匀分布, 且要保证足够长度。合理的肱骨头螺钉分布有助于提高治疗效果和手术成功率, 但由于此次研究仅采用肱骨近端前后位 X 射线片进行影像学分析, 属于二维层面的分析, 对螺钉具体位置判断会存在一定的误差。此外, X 射线影像受体位影响变化较大, 尽管临床有大量的肱骨近端骨折病例, 但符合标准的病例数都非常有限, 导致样本量不足, 存在偏倚。这需要进一步大样本的病例试验及生物力学研究来支持, 以期达到完善肱骨近端骨折固定方法、解决固定问题的目的。

**作者贡献:** 全体作者共同参与文章写作, 胡流超负责分析总结, 吴志方、蓝思彬负责资料收集, 罗毅文、黄杰文负责项目指导与最终审核。全体作者都阅读并同意最终的文本。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

**版权转让:** 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

**出版规范:** 该文章撰写遵守了《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次文字和图表查重, 文章经小同行外审专家双盲审稿, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

## 4 参考文献 References

[1] PATEL AH, WILDER JH, OFA SA, et al. Trending a decade of proximal humerus fracture management in older adults. *JSES Int.* 2022;6(1):137-143.

[2] BAKER HP, GUTBROD J, STRELZOW JA, et al. Management of Proximal Humerus Fractures in Adults-A Scoping Review. *J Clin Med.* 2022;11(20):e140.

[3] JAWA A, BURNIKEL D. Treatment of Proximal Humeral Fractures: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev.* 2016;4(1):e2.

[4] KAVURI V, BOWDEN B, KUMAR N, et al. Complications Associated with Locking Plate of Proximal Humerus Fractures. *Indian J Orthop.* 2018;52(2):108-116.

[5] LAUX CJ, GRUBHOFFER F, WERNER C, et al. Current concepts in locking plate fixation of proximal humerus fractures. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):137.

[6] MARONGIU G, VERONA M, CARDONI G, et al. Synthetic Bone Substitutes and Mechanical Devices for the Augmentation of Osteoporotic Proximal Humeral Fractures: A Systematic Review of Clinical Studies. *J Funct Biomater.* 2020;11(2):29.

[7] SUN Q, WU X, WANG L, et al. The plate fixation strategy of complex proximal humeral fractures. *Int Orthop.* 2020;44(9):1785-1795.

[8] 汪秋柯. 肱骨近端骨折分型与锁定钢板内固定术后继发性螺钉穿出的关系[D]. 上海: 上海交通大学, 2019.

[9] LONGO UG, PETRILLO S, BERTON A, et al. Reverse total shoulder arthroplasty for the management of fractures of the proximal humerus: a systematic review. *Musculoskelet Surg.* 2016;100(2):83-91.

[10] LIEW AS, JOHNSON JA, PATTERSON SD, et al. Effect of screw placement on fixation in the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg.* 2000;9(5):423-426.

[11] TINGART MJ, LEHTINEN J, ZURAKOWSKI D, et al. Proximal humeral fractures: regional differences in bone mineral density of the humeral head affect the fixation strength of cancellous screws. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15(5):620-624.

[12] ERHARDT JB, STOFFEL K, KAMPSHOFF J, et al. The position and number of screws influence screw perforation of the humeral head in modern locking plates: a cadaver study. *J Orthop Trauma.* 2012;26(10):e188-e192.

[13] GARDNER MJ, WEIL Y, BARKER JU, et al. The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma.* 2007;21(3):185-191.

[14] 李波, 张世民, 胡孙君, 等. 肱骨头下皮质外距螺钉重建内侧柱稳定性的三维有限元分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022,36(8):995-1002.

[15] MEHTA S, CHIN M, SANVILLE J, et al. Calcar screw position in proximal humerus fracture fixation: Don't miss high. *Injury.* 2018;49(3):624-629.

[16] REN H, WU L, ZHANG X, et al. The effect of integrity of lesser tuberosity-medial calcar on postoperative outcome in the proximal humeral fracture. *J Orthop Surg Res.* 2023;18(1):363.

[17] PONCE BA, THOMPSON KJ, RAGHAVIA P, et al. The role of medial comminution and calcar restoration in varus collapse of proximal humeral fractures treated with locking plates. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(16):e111-e113.

[18] LEE SH, HAN SS, YOO BM, et al. Outcomes of locking plate fixation with fibular allograft augmentation for proximal humeral fractures in osteoporotic patients: comparison with locking plate fixation alone. *Bone Joint J.* 2019;101-B(3):260-265.

[19] GARDNER MJ, BORAIAH S, HELFET DL, et al. Indirect medial reduction and strut support of proximal humerus fractures using an endosteal implant. *J Orthop Trauma.* 2008;22(3):195-200.

[20] HE Y, ZHANG Y, WANG Y, et al. Biomechanical evaluation of a novel dualplate fixation method for proximal humeral fractures without medial support. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):72.

[21] PARK SG, KO Y. Medial Buttress Plating for Humerus Fractures With Unstable Medial Column. *J Orthop Trauma.* 2019;33(9):e352-e359.

[22] SOMASUNDARAM K, HUBER CP, BABU V, et al. Proximal humeral fractures: the role of calcium sulphate augmentation and extended deltoid splitting approach in internal fixation using locking plates. *Injury.* 2013;44(4):481-487.

[23] RODERER G, SCOLA A, SCHMOLZ W, et al. Biomechanical in vitro assessment of screw augmentation in locked plating of proximal humerus fractures. *Injury.* 2013;44(10):1327-1332.

[24] 林浩东, 傅慧超, 吴晓明. 《2021 版老年肱骨近端骨折治疗指南》解读[J]. *中华创伤杂志*, 2022,38(9):6.

[25] PADEGIMAS EM, ZMISTOWSKI B, LAWRENCE C, et al. Defining optimal calcar screw positioning in proximal humerus fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2017;26(11):1931-1937.

[26] 李波, 张世民, 胡孙君, 等. 肱骨头下皮质外距螺钉重建内侧柱稳定性的三维有限元分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022,36(8):995-1002.

[27] ZHANG X, HUANG J, ZHAO L, et al. Inferomedial cortical bone contact and fixation with calcar screws on the dynamic and static mechanical stability of proximal humerus fractures. *J Orthop Surg Res.* 2019;14(1):1.

[28] GALLAGHER B, SILVA MJ, RICCI WM. Effect of off-axis screw insertion, insertion torque, and plate contouring on locked screw strength. *J Orthop Trauma.* 2014;28(7):427-432.

[29] PADEGIMAS EM, CHANG G, NAMJOUYAN K, et al. Failure to restore the calcar and locking screw cross-threading predicts varus collapse in proximal humerus fracture fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(2):291-295.

[30] OCKERT B, BRAUNSTEIN V, KIRCHHOFF C, et al. Monoaxial versus polyaxial screw insertion in angular stable plate fixation of proximal humeral fractures: radiographic analysis of a prospective randomized study. *J Trauma.* 2010;69(6):1545-1551.

[31] FLETCHER J, WINDOLF M, RICHARDS RG, et al. Screw configuration in proximal humerus plating has a significant impact on fixation failure risk predicted by finite element models. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019;28(9):1816-1823.

[32] ERHARDT JB, STOFFEL K, KAMPSHOFF J, et al. The position and number of screws influence screw perforation of the humeral head in modern locking plates: a cadaver study. *J Orthop Trauma.* 2012;26(10):e188-e192.

[33] LINDSAY C, HASTY E, CARPENTER D, et al. Proximal Humeral Locking Plates: A Cadaveric Study of 5 Versus 7 Metaphyseal Locking Screws. *Orthopedics.* 2018;41(5):306-311.

[34] BARVENCIC F, GEBAUER M, BEIL FT, et al. Age- and sex-related changes of humeral head microarchitecture: histomorphometric analysis of 60 human specimens. *J Orthop Res.* 2010;28(1):18-26.

[35] DONOHUE DM, SANTONI BG, STOOPS TK, et al. Biomechanical Comparison of 3 Inferiorly Directed Versus 3 Superiorly Directed Locking Screws on Stability in a 3-Part Proximal Humerus Fracture Model. *J Orthop Trauma.* 2018;32(6):306-312.

[36] CIRIC D, MISCHLER D, QAWASMI F, et al. Secondary Perforation Risk in Plate Osteosynthesis of Unstable Proximal Humerus Fractures: A Biomechanical Investigation of the Effect of Screw Length. *J Orthop Res.* 2019;37(12):2625-2633.

[37] FLETCHER J, WINDOLF M, GRUNWALD L, et al. The influence of screw length on predicted cut-out failures for proximal humeral fracture fixations predicted by finite element simulations. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(8):1069-1074.

[38] SAUL D, HIMMELMANN T, DRESING K. Humeral Tip-apex-distance as a Prognostic Marker for Proximal Humeral Fractures in 203 Patients. *Open Orthop J.* 2017;11:297-308.

[39] SPROSS C, JOST B, RAHM S, et al. How many radiographs are needed to detect angular stable head screw cut outs of the proximal humerus- a cadaver study. *Injury.* 2014;45(10):1557-1563.

(责任编辑: ZLJ, GD, ZN, QY)