

· 临床研究 ·

锁定接骨板“假锁”现象的新分型和上肢分布规律

姚翔^{1,2}, 苗瀚², 刘圣洁^{2,3}, 邵荣杨², 唐毅琳², 汤继磊⁴, 胡敏杰^{1*}¹江苏大学附属人民医院骨科, 江苏 镇江 212000; ²江苏大学医学院, 江苏 镇江 212013; ³江苏大学附属人民医院烧伤整形科, 江苏 镇江 212000; ⁴启东市中医院骨科, 江苏 南通 226200

[摘要] 目的: 明确锁定板接骨术中假锁现象的定义, 提出一种全新的具有临床指导意义的分型, 研究假锁现象的发生率及其分布特征。方法: 根据锁定头螺钉在接骨板螺纹孔中的置入状态将假锁现象分为3类: A型假锁, 预成型锁定接骨板内的锁定头螺钉深度异常但方向正常; B型假锁, 预成型锁定接骨板内的锁定头螺钉深度和方向均异常; C型假锁, 过度折弯的接骨板内的锁定头螺钉深度和/或方向异常。采用回顾性队列研究设计, 收集并分析2017年6月—2024年4月接受锁定板接骨术治疗的1796例上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨和桡骨)骨折病例资料及术后影像学数据。采用Bonferroni校正的卡方检验来评估性别、年龄、侧别、骨骼类型、骨折部位和螺钉直径各分组的假锁发生率差异。结果: 共纳入1878块锁定接骨板, 包含锁骨1129块(60.1%)、肱骨364块(19.4%)、尺骨137块(7.3%)、桡骨248块(13.2%), 共计11636枚锁定头螺钉。假锁现象总体发生率为22.0%(2564/11636)。其中, A型假锁最为常见, 发生率为14.1%(1646/11636); B型次之, 为7.8%(911/11636); C型罕见, 为0.1%(7/11636)。结论: 本研究定义了锁定板接骨术中的“假锁”现象, 并建立了全新的分型。假锁现象在上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨及桡骨)接骨术中发生率超过1/5。熟悉接骨板预设的螺钉置入深度和方向、术中使用切线位透视有效识别假锁现象, 是提升锁定接骨板固定可靠性的重要环节。

[关键词] 锁定板接骨术; 骨折; 锁定头螺钉; 锁定接骨板; 分型**[中图分类号]** R681.7**[文献标志码]** A**[文章编号]** 1007-4368(2026)06-894-09**doi:** 10.7655/NYDXBNSN251464

Pseudolock phenomenon in locking plate osteosynthesis: classification and epidemiology in upper limb

YAO Xiang^{1,2}, MIAO Han², LIU Shengjie^{2,3}, SHAO Rongyang², TANG Yilin², TANG Jilei⁴, HU Minjie^{1*}¹Department of Orthopaedics, the Affiliated People's Hospital of Jiangsu University, Zhenjiang 212000; ²School of Medicine, Jiangsu University, Zhenjiang 212013; ³Department of Burn and Plastic Surgery, the Affiliated People's Hospital of Jiangsu University, Zhenjiang 212000; ⁴Department of Orthopaedics, Qidong Hospital of Traditional Chinese Medicine, Nantong 226200, China

[Abstract] **Objective:** To clarify the definition of pseudolock phenomenon during locking plate osteosynthesis, propose a novel clinically oriented classification, and explore the incidence and distribution characteristics of this phenomenon. **Methods:** According to the insertion state of locking head screws in the threaded holes of locking plates, the pseudolock phenomenon was classified into three types: Type A, the screw depth is insufficient, but the orientation is normal in a precontoured plate; Type B, both the screw depth and orientation are abnormal in a precontoured plate; Type C, the screw depth and orientation are either/both abnormal in an overbent plate. Demographic and radiographic data of 1796 patients with upper limb long bone fractures (clavicle, humerus, ulna, and radius) who underwent locking plate osteosynthesis from June 2017 to April 2024 were collected and analyzed. A Chi-square test with Bonferroni correction was used to assess the incidence of pseudolock incidences across different genders, ages, sites, sides, locations, and diameters. **Results:** A total of 1878 locking plates were identified in the long bones of the upper limbs, distributed as follows: clavicle 1129(60.1%), humerus 364(19.4%), ulna 137(7.3%), and radius 248(13.2%). In total, 11636 locking head screws placed in these plates were included in the analysis, of which 2564(22.0%) were pseudolocked. Type A pseudolock was the most common with an

[基金项目] 国家自然科学基金(82472436); 江苏省重点研发计划社会发展项目(BE2023756)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: szwjhmj@163.com(ORCID: 0000-0003-1685-3422)

incidence of 14.1% (1 646/11 636), followed by Type B at 7.8% (911/11 636), while Type C was rare with an incidence of 0.1% (7/11 636). **Conclusion:** The pseudolock phenomenon in locking plate osteosynthesis is defined and a new classification system is established. The incidence of pseudolock exceeds 20% in osteosynthesis of upper extremity long bones including clavicle, humerus, ulna and radius. Mastering the preset insertion depth and orientation of screws for locking plates and identifying pseudolock timely *via* tangential fluoroscopy during operation are crucial measures to improve the fixation stability of locking plates.

[Key words] locking plate osteosynthesis; fracture; locking head screw; locking compression plate; classification

[J Nanjing Med Univ, 2026, 46(06): 894-902]

四肢长骨作为人体的主要力学支撑结构,其完整性对维持运动功能与身体稳定至关重要^[1]。各种暴力引起的长骨骨折是骨科临床中最常见的损伤^[2]。为实现骨折端的稳定固定以促进骨折愈合,骨科医生尝试了多种固定技术,包括从早期的夹板、石膏,逐渐演进到髓内钉、动力加压接骨板和外固定支架等多种固定方式^[3-6]。传统加压接骨板依靠螺钉使板紧压骨面,通过板和骨皮质的挤压产生摩擦力获得稳定。锁定接骨板(locking compression plate, LP),又名锁定内支架,是一种显著区别于传统加压接骨板的创新设计。LP系统在螺钉头部和接骨板的螺孔上都设计了互相匹配的螺纹,锁定头螺钉(locking head screw, LHS)与板两侧的螺纹锁定,形成角稳定的整体结构,提供强大的抗压能力和抗拔出力。LP的力学基础不依赖于板与骨面的压附,接骨板不和骨皮质接触,保留了局部骨膜血供,更符合生物学固定的原则。常见的LP系统包括微创稳定系统(less invasive stabilization system, LISS)和锁定加压板(locking compression plate, LCP),前者具有单一的圆形螺纹孔,后者将动态加压单元与螺纹孔结合在一起。LHS和LCP之间的锁定界面形成了一个完整的结构,在保持骨膜及其血液供应的同时,进一步增加支撑强度和角度稳定性。

锁定板接骨术已广泛应用于四肢长骨骨折的治疗^[7-11]。按照标准置钉步骤,LHS应该以预定的方向、深度和力度被拧入,LHS的头部螺纹应该和接骨板上的螺纹以合理的扭力完美交锁耦合。然而,实际置钉过程中,多种因素可能导致螺钉未能达到理想锁定状态,表现为LHS未能以预设的深度和方向与LCP交锁耦合。这种LHS置入深度不足或方向异常的现象在临床实践中广泛存在,却一直缺乏明确的学术定义与分类,其发生规律及临床意义尚未得到充分阐述,也无基于大样本的流行病学数据研究。本研究旨在提出“假锁”的概念,提出一种适用于术中辨识与术后评估的分型,并首次通过回顾性

大样本分析总结假锁现象在上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨和桡骨)骨折锁定板接骨术的流行病学特征,以期为临床规范操作、提升固定质量提供参考依据。

1 对象和方法

1.1 对象

2017年6月—2024年4月于江苏大学附属人民医院接受锁定板接骨术治疗的上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨和桡骨)骨折的1 796例患者资料。本研究已通过中国临床试验中心注册(注册号:ChiCTR2500109799)。并已通过江苏大学附属人民医院伦理审查(SQK-2025112-W)。

纳入标准:①成年患者(≥ 18 周岁);②急性创伤性骨折(损伤至手术间隔不超过3周);③局限于上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨及桡骨)的骨折;④使用双皮质或单皮质LHS;⑤使用具有固定角度锁定孔的LISS系统;⑥使用具有固定角度锁定孔的LCP;⑦使用预成型LCP;⑧LHS直径范围为2.4~5.0 mm;⑨接骨板和螺钉均由钛合金制成;⑩术后X线图像可以评估螺钉的锁定状态。

排除标准:①未成年患者(< 18 周岁);②陈旧性骨折(伤后 > 3 周)、继发于肿瘤的病理性骨折、假体周围骨折和先天性畸形病例(如成骨不全、软骨发育不全或石骨症等);③发生于指骨、掌骨或肩胛骨的骨折;④使用远端LHS以及全螺纹或部分螺纹的皮质骨或松质骨螺钉;⑤使用无专用锁定孔的接骨板(如有限接触动态加压接骨板);⑥使用可变角度锁定压缩板(variable angle locking compression plate, VA-LCP)或桥接组合式内固定系统;⑦使用三维打印接骨板或特殊定制接骨板;⑧LHS直径 < 2.4 mm,或 > 5.0 mm;⑨使用非金属接骨板(如碳纤维或聚醚醚酮材料);⑩术后影像学资料缺失,或图像无法评估螺钉的锁定状态。

1.2 方法

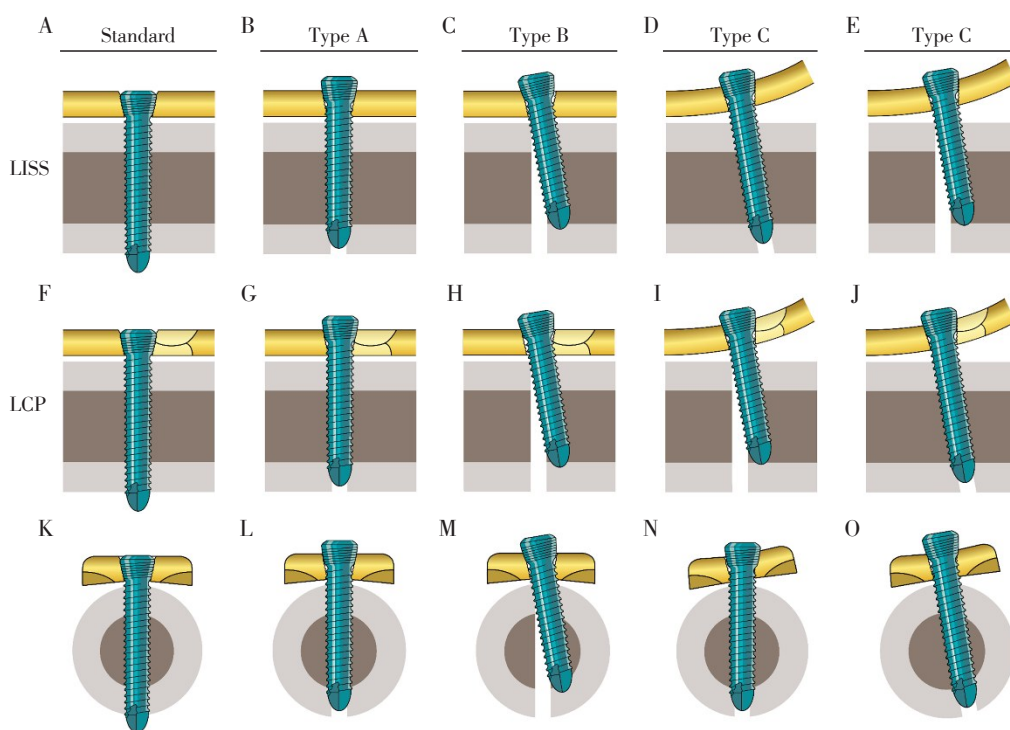
收集患者基本资料(性别、年龄、侧别、骨骼类

型、骨折部位和螺钉直径)和X线图像等信息。3名观察员(1名主任医师、1名主治医师和1名住院医师)独立在图像存档与通信系统(picture archiving and communication system, PACS)内阅片,根据新分型判定每1枚LHS与接骨板的锁定状态。当3名观察员评估结果存在异议时,经共同讨论复核,采用少数服从多数原则确定最终判读结果。

按照AO(arbeitsgemeinschaft für osteosynthesfragen)原则的描述,LHS的标准锁定状态应为:①螺钉头螺钉与接骨板表面齐平或轻度凸出;②螺钉轴线与接骨板螺孔预设轴线保持同轴。本研究将LHS

和LCP未能正确交锁耦合(螺钉头凸出程度超过预设高度0.5 mm,或者轴线偏移超过5°),表现为LHS深度或方向异常的现象命名为“假锁”现象。“假锁”表示“未能标准的锁定”,为标准锁定的反义词。对应英文词汇“pseudolock”由词根“pseudo”和“lock”组成。

根据接骨板形态、螺钉深度及方向的差异,将“假锁”现象分为3种类型:A型假锁,预成型LCP内的LHS深度异常但方向正常;B型假锁,预成型LCP内的LHS深度和方向均异常;C型假锁,过度折弯的接骨板内的LHS深度和/或方向异常。标准锁定和假锁各分型的示意图见图1。



A-E: Standard and pseudolocked configurations of locking head screws in the LISS. F-J: Standard and pseudolocked configurations of locking head screws in the LCP. K-O: Cross-sectional views showing standard and pseudolocked states of locking head screw placement.

图1 标准锁定和假锁3种分类的示意图

Figure 1 Schematic diagram illustrating the three types of pseudolock phenomenon

1.3 统计学方法

使用SPSS 19.0统计软件。定性数据以例数(百分比)表示,定量数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用Bonferroni校正的卡方检验来评估不同性别、年龄、侧别、骨骼类型、骨折部位及螺钉直径的假锁发生率差异。对于涉及2、3和4组的比较,调整后的显著性阈值分别设置为0.050 0、0.012 5和0.007 1。

2 结果

2.1 假锁现象的总体分布

本研究共纳入1 796例患者,其中,男989例,

女807例,年龄范围为19~92岁,年龄(53.2 ± 13.1)岁。共计纳入1 878块LP,包含左侧1 035块,右侧843块。接骨板分布在锁骨1 129块(60.1%)、肱骨364块(19.4%)、尺骨137块(7.3%)以及桡骨248块(13.2%)。共计纳入11 636枚LHS,其中标准锁定螺钉9 072枚(78.0%),发生假锁现象的螺钉共2 564枚,总体发生率为22.0%。按照全新的分型:A型假锁最常见,发生率为14.1%(1 646/11 636),B型假锁次之,发生率为7.8%(911/11 636),C型假锁罕见,发生率0.1%(7/11 636)。上肢假锁现象分布情况见图2。

2.2 假锁现象在上肢长骨骨折的分布特征

假锁发生率在各亚组中的分布见表1。按性别分组, 男性患者假锁发生率为21.9%(1 368/6 245), 女性患者假锁发生率为22.2%(1 196/5 391), 组间差异无统计学意义($P=0.717$)。按年龄分组, 青年组

(18~44岁)假锁发生率为22.1%(657/2 976), 中年组(45~64岁)为22.2%(1 380/6 222), 老年组(≥ 65 岁)为21.6%(527/2 438)。按侧别分组, 左侧肢体假锁发生率(22.4%, 1 434/6 388)略高于右侧(21.5%, 1 130/5 248), 组间差异无统计学意义($P=0.235$)。

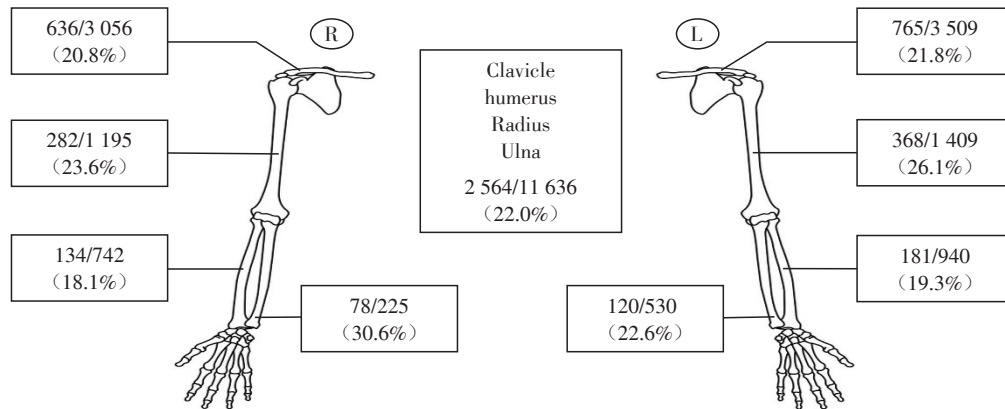


图2 上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨和桡骨)的假锁分布情况

Figure 2 Distribution of the pseudolock phenomenon in the major long bones (clavicle, humerus, ulna, and radius) of the upper limb

表1 假锁现象在不同性别、年龄、侧别、骨骼类型、骨折部位及螺钉直径分组的发生率

Table 1 The incidences of pseudolock across different genders, ages, sides, sites, locations, and diameters [$n(\%)$]

Variable	Screws	Standard locked	Pseudo-locked	Type A	Type B	Type C	Chi-square test with Bonferroni correction			
Number	11 636	9 072(78.0)	2 564(22.0)	1 646(14.1)	911(7.8)	7(0.1)	Male	Female		
Sex										
Male	6 245	4 877(78.1)	1 368(21.9)	873(14.0)	491(7.9)	4(0.1)	/	#		
Female	5 391	4 195(77.8)	1 196(22.2)	773(14.3)	420(7.8)	3(0.1)	#	/		
Age							Youth	Middle-aged	Old-aged	
Youth	2 976	2 319(77.9)	657(22.1)	427(14.3)	229(7.7)	1(0.0)	/	#	#	
Middle-aged	6 222	4 842(77.8)	1 380(22.2)	882(14.2)	493(7.9)	5(0.1)	#	/	#	
Old-aged	2 438	1 911(78.4)	527(21.6)	337(13.8)	189(7.8)	1(0.0)	#	#	/	
Side							Left	Right		
Left	6 388	4 954(77.6)	1 434(22.4)	935(14.6)	496(7.8)	3(0.0)	/	#		
Right	5 248	4 118(78.5)	1 130(21.5)	711(13.5)	415(7.9)	4(0.1)	#	/		
Site							Clavicle	Humerus	Ulna	Radius
Clavicle	6 565	5 164(78.7)	1 401(21.3)	827(12.6)	572(8.7)	2(0.0)	/	*	#	#
Humerus	2 604	1 954(75.0)	650(25.0)	469(18.0)	179(6.9)	2(0.1)	*	/	#	*
Ulna	785	587(74.8)	198(25.2)	113(14.4)	83(10.6)	2(0.3)	#	#	/	*
Radius	1 682	1 367(81.3)	315(18.7)	237(14.1)	77(4.6)	1(0.1)	#	*	*	/
Location							Diaphyseal	Metaphysis		
Diaphyseal	6 647	5 174(77.8)	1 473(22.2)	850(12.8)	619(9.3)	4(0.1)	/	#		
Metaphysis	4 989	3 898(78.1)	1 091(21.9)	796(16.0)	292(5.9)	3(0.1)	#	/		
Diameter							2.4/2.7 mm	3.5 mm	5.0 mm	
2.4/2.7 mm	1 464	1 214(80.9)	250(17.1)	177(12.1)	73(6.7)	0(0.3)	/	*	#	
3.5 mm	9 800	7 557(77.1)	2 243(22.9)	1 424(14.5)	813(8.3)	6(0.1)	*	/	#	
5.0 mm	372	301(82.9)	71(19.1)	45(12.1)	25(5.0)	1(0.0)	#	#	/	

*: statistically significant after Bonferroni correction; #: not statistically significant after Bonferroni correction; /: not applicable.

按骨骼类型分组, 肱骨与尺骨假锁发生率较高, 分别为25.0%(650/2 604)与25.2%(198/785), 锁骨的假锁发生率为21.3%(1 401/6 565); 桡骨最低, 为18.7%(315/1 682)。按骨折部位分组, 骨干与干骺端区域的假锁发生率接近, 分别为22.2%(1 473/6 647)与21.9%(1 091/4 989), 组间差异无统计学意义($P=0.707$)。按螺钉直径分组, 2.4/2.7 mm螺钉的假锁发生率为(17.1%, 250/1 464), 3.5 mm为(22.9%, 2 243/9 800), 5.0 mm为(19.1%, 71/372), 3组间差异无统计学意义。典型病例见图3~6。

3 讨论

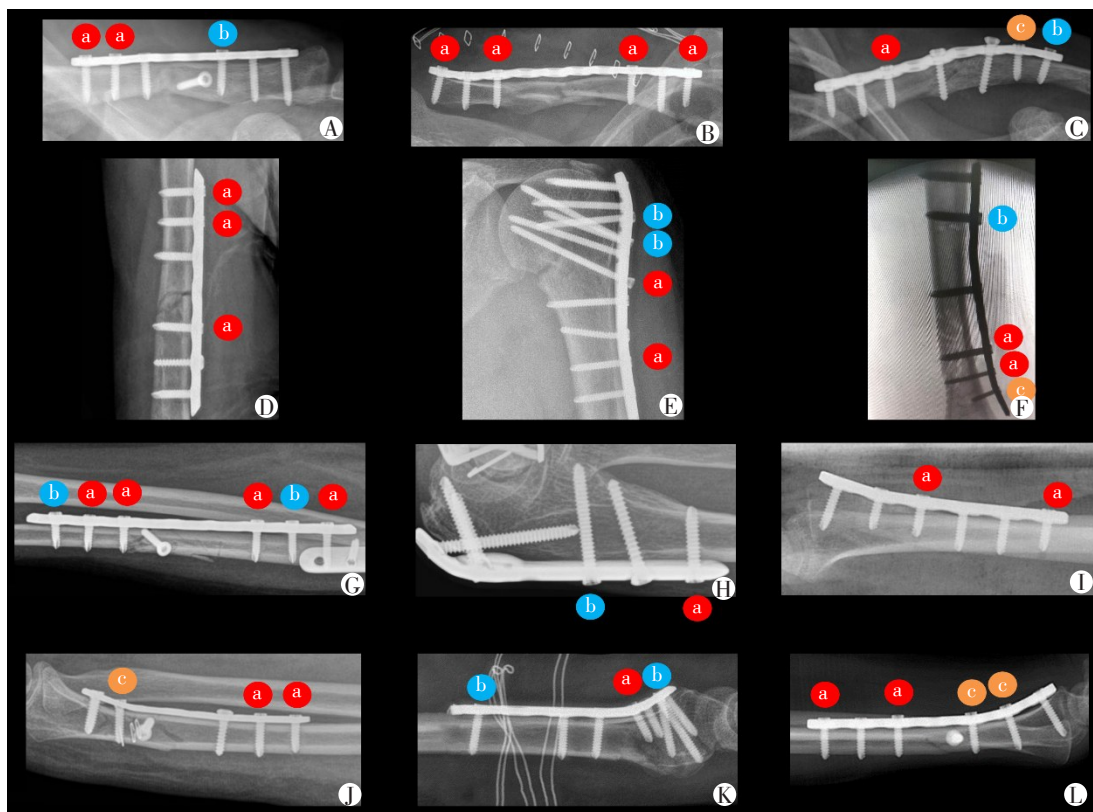
本研究首次定义了LHS未能标准锁定的假锁现象并建立了全新的分型, 探索了假锁现象在上肢长骨锁定板接骨术中的流行病学特点, 探讨了假锁现象的原因和术中排查技巧。

既往大量研究阐述了接骨板在长骨骨折治疗中的应用, 但针对螺钉未能与锁定板形成有效锁定这一普遍存在的现象, 尚无深入探讨与系统分类^[12]。本研究提出了“假锁”概念, 指LHS因置入深度或方向

异常, 未能与接骨板螺孔实现预期的交锁耦合, 是对现有创伤骨科内固定理论的重要补充。

根据接骨板形态、螺钉深度及方向, “假锁”现象分为3种类型: A型假锁, 预成型LCP内的LHS深度异常但方向正常。原因分成两大类: 术中扭矩不足(如螺丝刀故障、螺钉过短或者螺钉自攻槽变钝)和螺钉置入阻力增加(如钻头磨损、骨密度高或者软组织嵌入); B型假锁, 预成型LCP内的LHS深度和方向均异常。主要原因为钻孔方向失误或拧入过程中螺钉发生歪斜所致; C型假锁, 过度折弯的接骨板内的LHS深度和/或方向异常, 这种情形相对少见。本研究提出的全新的分型描述了接骨板形态、螺钉深度和螺钉方向3个定性指标, 全面涵盖了临床中LHS未能标准锁定的各种情形, 除X线外不需要特殊的检测仪器和设备, 具有较好的实用性与临床指导价值。

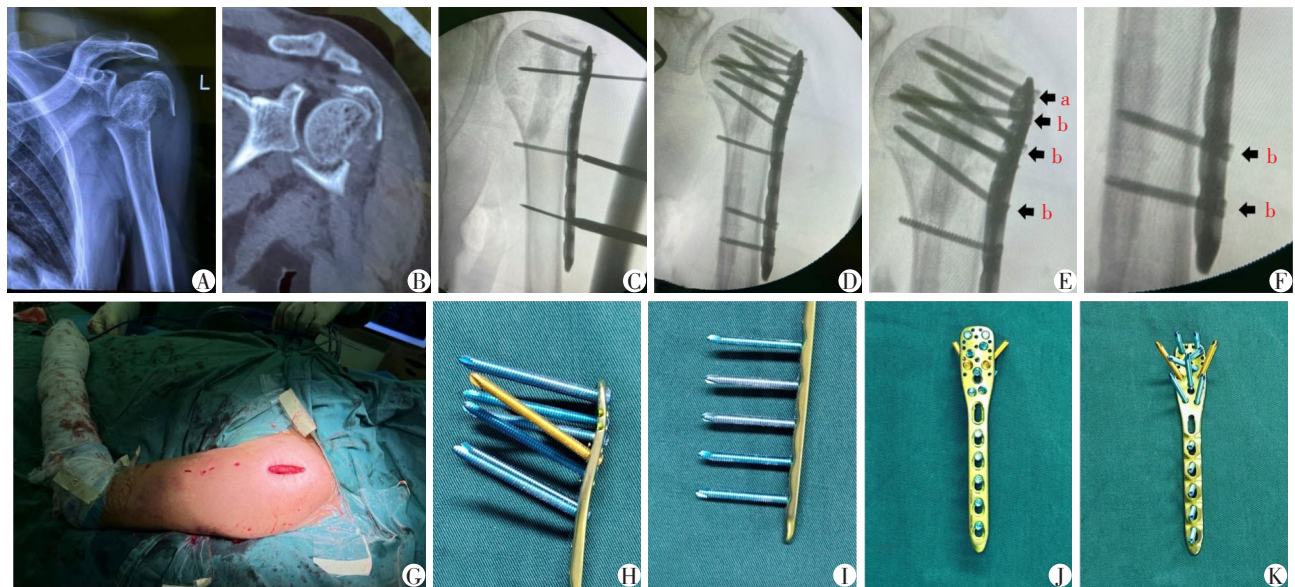
本研究统计发现, 上肢长骨骨折锁定板接骨术的LHS假锁现象总发生率高达22.0%(2 564/11 636), 意味着超过1/5的LHS未达到标准锁定状态。这个比例相当惊人, 距离理想化的100%标准锁定相去甚远。



A-C: Pseudolock phenomenon in the clavicle. D-F: Pseudolock phenomenon in the humerus. G-I: Pseudolock phenomenon in the ulnar. J-L: Pseudolock phenomenon in the radius. ① in red, type A. ② in blue, type B. ③ in orange, type C.

图3 上肢长骨锁定板接骨术中的典型假锁病例

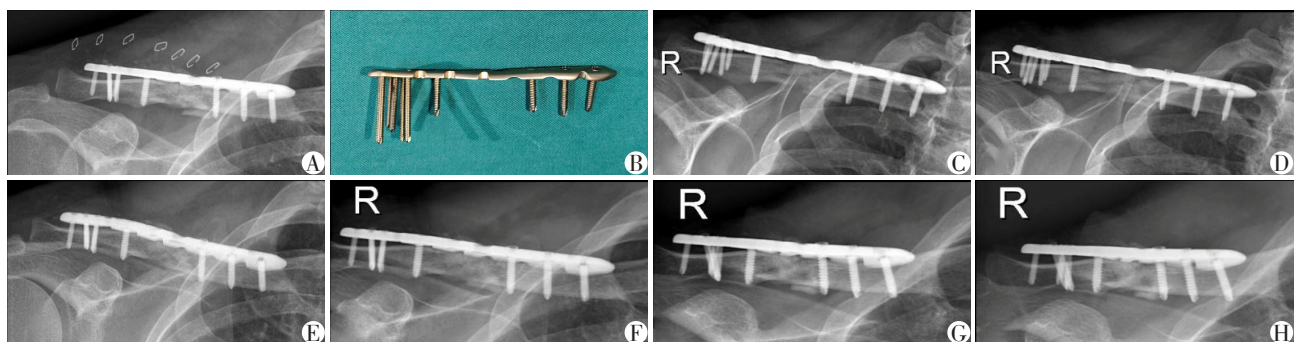
Figure 3 Typical pseudolocked cases in locking plate osteosynthesis of upper limb long bones



A: Preoperative X-ray. B: Preoperative CT. C, D: Intraoperative fluoroscopic images. E: Magnified view of the proximal fluoroscopy showing type A (a) and type B(b) pseudolock screws. F: Magnified view of the distal fluoroscopy showing both screws exhibiting type B(b) pseudolock. G: Photograph of multiple small incisions from the minimally invasive procedure. H-K: Images showing standard insertion depth and orientation of locking head screws in the locking compression plate.

图4 1例肱骨骨折微创手术病例, 术中采用多处小切口置钉, 多枚LHS发生了假锁现象

Figure 4 A case of minimally invasive surgery for a humerus fracture demonstrating small incisions and pseudolocked screws



A: Routine anteroposterior shoulder X-ray. B: Photograph of the locking plate. C-H: Various angled fluoroscopic views of the plate surface, highlighting the necessity of multi-angle imaging to verify that each screw is correctly and fully inserted.

图5 1例锁骨锁定板接骨术后图像, 多角度透视才能确认每个LHS是否标准置钉

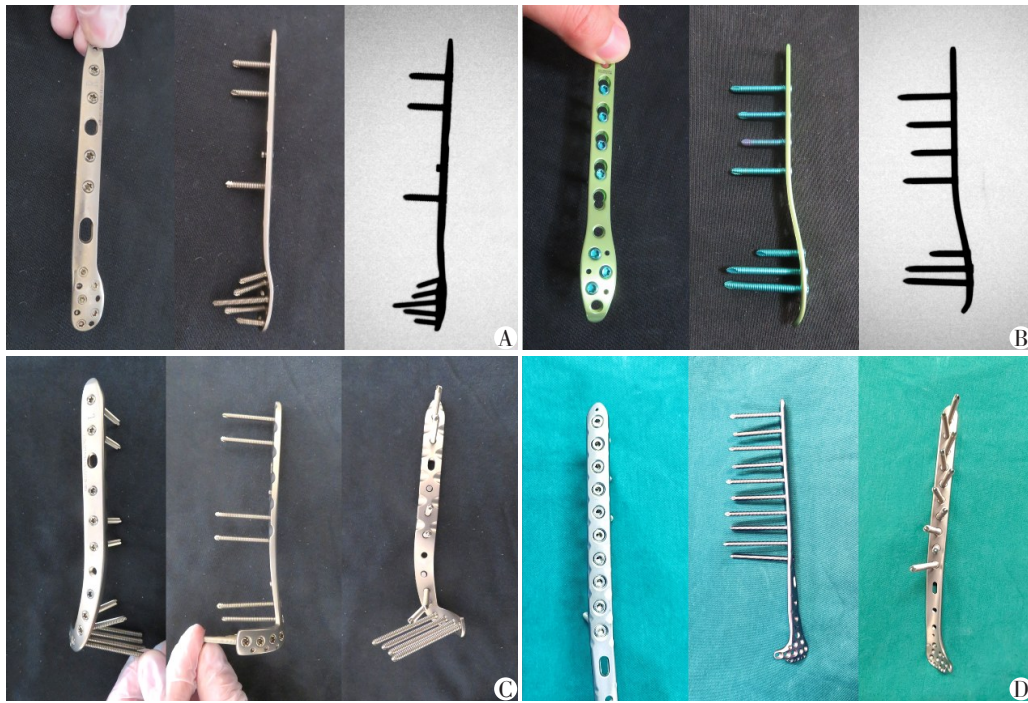
Figure 5 Postoperative images of clavicle locking plate osteosynthesis demonstrating the need for multiple angled perspectives to confirm proper insertion of locking head screws

按各亚型分组, 上肢长骨锁定板接骨术中, A型假锁的上肢发生率最高, 为(14.1%, 1 646/11 636), B型次之(7.8%, 911/11 636), 而C型罕见(0.1%, 7/11 636)。A、B两型假锁占绝对主导地位, 提示在手术过程中, 医生对于LHS的置入环节值得进一步规范操作。

按性别分组, 男性病例的假锁发生率为21.9%(1 368/6 245), 女性病例为22.2%(1 196/5 391), 两组差异无统计学意义($P=0.717$)。按年龄分组, 青年组、中年组和老年组假锁发生率非常相近(21.6%

vs. 22.1% vs. 22.2%), 组内差异无统计学意义。按侧别分组, 左侧假锁发生率为22.4%(1 434/6 388), 右侧发生率为21.5%(1 130/5 248), 组间比较差异无统计学意义($P=0.235$)。表明性别、年龄和侧别并非上肢假锁分布差异的主要因素。

按骨骼类型分组, 不同骨骼间存在明显差异: 肱骨(25.0%, 650/2 604)与尺骨(25.2%, 198/785)的假锁发生率显著高于锁骨(21.3%, 1401/6 565)与桡骨(18.7%, 315/1 367)。肱骨和桡骨对比组、尺骨与桡骨对比组, 两组皆存在统计学差异。这可能与肱



A: LHS head flush with the locking compression late (LCP) surface (fibula LCP). B: LHS head slightly protruding from the LCP surface (fibula LCP). C: LHS oriented completely parallel (tibia LCP). D: LHS oriented with irregular crossing angles (tibia LCP).

图6 不同制造商提供的锁定接骨板内LHS置入的预设深度和方向的差异

Figure 6 Variations in the preset depth and orientation of LHS

骨、尺骨骨皮质相对较厚的因素有关。

按骨折部位分组,骨干假锁发生率为22.2%(1 473/6 647),干骺端假锁发生率为21.9%(1 091/4 989),两组间差异无统计学意义($P=0.707$)。按螺钉直径分组,2.4/2.7 mm螺钉的假锁发生率为17.1%(250/1 464),3.5 mm为22.9%(2 243/9 800),5.0 mm为19.1%(71/372),3组间差异无统计学意义。

上述结果提示,不同骨骼之间的皮质厚度可能是上肢假锁发生率差异的因素。但由于文献中尚无相关发生率的报道,暂无其他同类型数据可以进行比较。

近年来,随着保护血供减少医源性创伤的理念的推广,微创经皮钢板内固定板接骨术(minimally invasive plate osteosynthesis, MIPO)的应用越来越多。MIPO术中,LHS常通过经皮小切口置入,而不是在传统大切口的直视下置入^[13-14]。这种手术操作技巧可以很大程度减少软组织创伤,但也使术者无法直视检查螺钉锁定状态。这种视野限制导致假锁现象在MIPO手术过程中更难被发现和纠正。1例肱骨近端粉碎性骨折的微创手术中,外科医生按照MIPO的方式通过几个小切口进行了接骨板和LHS的置入(图4)。然而,术中的透视提示多枚(超过6枚)LHS发生假锁现象(图4E~G)。多枚螺钉未能

标准锁定的医源性技术失误明显增加了整个钉板结构早期松动的可能。

在LHS的标准置入过程中,扭矩限定螺丝刀在扭转到一定程度时,内部金属结构脱扣并发出“咔嗒”声,意味着此时已经达到了螺丝刀能提供的默认标准扭力,也是该装置的最大扭力。在绝大多数置钉情形时,默认标准扭力足以驱动螺钉实现标准锁定。但若置钉阻力较大超过了常规状况时,螺丝刀提供的标准扭力就不足以驱动每个LHS达到标准锁定状态。因此,无论采用微创或开放手术,术中均需使用X线透视排除假锁现象。由于锁定板的形态的不规则及螺钉置入方向的多样化,常规的前后位与侧位透视常因结构重叠导致难以评估所有螺钉的锁定状态。垂直接骨板平面的切线位X线可清晰显示螺钉与螺孔的相对位置关系,对判断螺钉置入深度与方向是否达到标准至关重要。图5展示了1例锁骨接骨板的多角度透视图。由于锁骨锁定板的弧形形态及螺钉多种置入方向,只有多角度透视才能确认每个LHS是否为标准锁定。Chen等^[15]的研究也证实,采用约25°的切线位透视,对于评估锁骨螺钉置入是否达标非常有帮助。本研究推荐在术中使用多个角度的切线位透视对每一枚螺钉的深度和方向进行确认。在医疗条件允许的前提

下,也可以使用术中CT从多个层面多个角度对螺钉的置钉深度和方向进行判定^[16]。

此外,不同制造商生产的锁定系统在交锁结构设计上存在差异。首先,LHS的头部可能与板表面齐平或略凸出,且凸出程度并无标准(图6A、B)。其次,LHS的排列方向并不总是平行,可以呈现发散或汇聚等多种空间分布(图6C、D)。因此,术者必须在术前充分掌握所用锁定接骨板及LHS的预设角度和深度,术中仔细操作,确保实现每一颗LHS的标准锁定,提供最佳的内固定稳定性。

随着材料学与工程技术的进步,可变角度锁定板、个性化定制植入物、新型金属(如镁合金)及非金属材料(如PEEK、碳纤维复合材料)等不断涌现^[17-20]。本研究提出的假锁现象分型主要基于临床广泛应用的固定角度钛合金锁定系统,对于上述新兴设计及未来可能出现的新型构型与材质,其适用性仍需进一步验证。本研究仍存在局限。首先,作为一项单中心回顾性研究,其结果受中心患者群体特征、医生操作习惯和接骨板制造商的影响。未来需要通过多中心、前瞻性的的大样本研究进一步验证,以提供更高级别的循证医学证据。其次,本研究聚焦于上肢主要长骨(锁骨、肱骨、尺骨、桡骨),而未纳入肩胛骨、腕骨、掌骨及指骨等其他上肢骨骼,这些部位假锁现象的发生率有待后续探讨。最后,假锁分型判定在一定程度上依赖观察者的主观评估,其观察者之间的一致性及可靠性需要更严格的信度分析加以证实。篇幅所限,假锁在下肢长骨骨折的分布规律和各型的处理策略将在随后的研究中详细阐述。

综上所述,本研究首次定义了锁定板接骨术中的“假锁”现象,并建立了全新的分型。该分型为术中即时评估与术后影像学判断LHS的锁定状态提供了实用的分类标准,是当前创伤骨科内固定理论体系的重要补充。假锁现象在上肢长骨(锁骨、肱骨、尺骨及桡骨)接骨术中普遍存在,是临床实践中一个尚未被充分重视的常见技术失误。熟悉接骨板预设的LHS置入深度和方向、术中使用切线位透视有效识别假锁现象,是提升LCP固定可靠性、确保骨折愈合的重要环节。

利益冲突声明:

所有作者声明无利益冲突。

Conflict of Interests:

All the authors declare no conflict of interests.

作者贡献声明:

姚翔负责实验方法设计,研究资金获取;苗瀚负责实际调查研究,论文初稿撰写;刘圣洁负责实验数据分析;邵荣杨,唐毅琳负责数据整理;汤继磊负责研究概念生成;胡敏杰负责研究项目管理,论文审阅与修改。

Author's Contributions:

YAO Xiang was responsible for methodology, funding acquisition. MIAO Han was responsible for investigation, writing-original draft. LIU Shengjie was responsible for formal analysis. SHAO Rongyang and TANG Yilin were responsible for data Curation. TANG Jilei was responsible for conceptualization. HU Minjie was responsible for project administration, writing - review & editing.

[参考文献]

- [1] NICHOLSON J A, MAKARAM N, SIMPSON A, et al. Fracture nonunion in long bones: a literature review of risk factors and surgical management[J]. *Injury*, 2021, 52 (Suppl 2): S3-S11
- [2] CHANG S M, HOU Z Y, HU S J, et al. Intertrochanteric femur fracture treatment in Asia: what we know and what the world can learn[J]. *Orthop Clin North Am*, 2020, 51 (2): 189-205
- [3] REN C, LI M, SUN L, et al. Comparison of intramedullary nailing fixation and percutaneous locked plating fixation for the treatment of proximal tibial fractures: a meta-analysis[J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2021, 29(2): 23094990211024395
- [4] BLAZEVIC D, KODVANJ J, ADAMOVIC P, et al. Comparison between external locking plate fixation and conventional external fixation for extraarticular proximal tibial fractures: a finite element analysis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2022, 17(1): 16
- [5] VRANJES M, MAJKIC M, VUKOSAV N, et al. Can the screw number in volar locking plate fixation for distal radius fractures predict the patient-rated wrist evaluation outcome?[J]. *Cir Cir*, 2024, 92(6): 697-701
- [6] LIU J H, ZHANG Q, WEI G H, et al. A retrospective comparison of double-hooked locking plates versus non-locking plates in minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis for the treatment of comminuted distal fibular fractures accompanied by tibial Pilon fractures[J]. *J Orthop Surg Res*, 2023, 18(1): 287
- [7] D'ALMEIDA S S, CANNON R, VU N T, et al. Comparing intramedullary nails and locking plates in displaced proximal humerus fracture management: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2024, 16(2): e54235
- [8] MACHADO DO AMARAL F, ANGELI MALAVOLTA E, BRANDAO ANDRADE E S F, et al. Comparative study

- of patients with midshaft clavicle fracture fixed with a locked plate *via* an open versus percutaneous approach[J]. *Injury*, 2023, 54(Suppl 6): 110746
- [9] SISMAN A, POLAT O. Comparison of intramedullary nailing and plate fixation in the surgical treatment of isolated fractures of the distal two-thirds of ulna diaphysis[J]. *Jt Dis Relat Surg*, 2023, 34(2): 374-380
- [10] LI F, TAN Y, CUI L, et al. Efficacy and safety of volar locking plate versus cast immobilization for distal radius fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2024, 59: 108-116
- [11] 张 浩, 方加虎, 宋李军, 等. 背侧入路治疗桡骨远端背侧不稳定骨折的疗效观察[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2019, 39(5): 717-720
ZHANG H, FANG J H, SONG L J, et al. Observation of the efficacy of dorsal approach in treating distal radius fractures with dorsal instability [J]. *Journal of Nanjing Medical University(Natural Sciences)*, 2019, 39(8): 717-720
- [12] MILLER D L, GOSWAMI T. A review of locking compression plate biomechanics and their advantages as internal fixators in fracture healing [J]. *Clin Biomech (Bristol)*, 2007, 22(10): 1049-1062
- [13] ORTEGA-YAGO A, BALFAGON-FERRER A, BARRESCARSI M, et al. Treating multifocal humerus fractures: a comparison between the mipo technique and intramedullary nailing[J]. *Injury*, 2022, 53(10): 3332-3338
- [14] LA BANCA V, LIMA GHV, VIGANO AVP, et al. Complications and clinical outcomes with minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) technique for midshaft clavicle fractures: a systematic review and meta-analysis [J]. *JSES Int*, 2024, 8(2): 257-267
- [15] CHEN W, WANG B, LIU Z. A fluoroscopic view for midshaft clavicular fracture reduction and internal fixation: posteroanterior 25 degrees skyline projection [J]. *BMC Surg*, 2022, 22(1): 371
- [16] KEIL H, VETTER S Y, GRÜTZNER P A, et al. Intraoperative computed tomography in orthopaedic trauma surgery [J]. *Zeitschrift Für Orthopädie Und Unfallchirurgie*, 2021, 160(4): 407-413
- [17] LEFAIVRE K A, SLOBOGEAN G, O' HARA N N, et al. Far cortical locking versus standard constructs for locked plate fixation in the treatment of acute, displaced fractures of the distal femur: a multicenter randomized trial[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2024, 106(19): 1739-1749
- [18] ZHAO D W, ZHANG T W, WANG W D, et al. Internal fixation with biodegradable high purity magnesium screws in the treatment of ankle fracture [J]. *J Orthop Translat*, 2025, 51: 198-206
- [19] YEUNG C M, BHASHYAM A R, PATEL S S, et al. Carbon fiber implants in orthopaedic oncology [J]. *J Clin Med*, 2022, 11(17): 4959
- [20] LIN C C, WANG S P, LIN K J, et al. Mechanical optimization of plate-screw interfaces in variable-angle locking systems: a parametric study [J]. *Front Bioeng Biotechnol*, 2025, 13: 1681460

(收稿: 2025-12-25; 修回: 2026-04-29; 录用: 2026-04-30)

(本文编辑: 唐 震)