

· 革新与发明 ·

# 新型无创牵引夹板的固定压力测试

孔博<sup>1</sup>, 颜威<sup>2</sup>, 奚小冰<sup>2</sup>, 马泓泓<sup>3</sup>, 李中伟<sup>2</sup>, 白梦瑶<sup>1</sup>

(1. 无锡市新吴区新瑞医院, 江苏 无锡 214145;

2. 上海交通大学医学院附属瑞金医院, 上海 200025;

3. 上海中医药大学研究生院, 上海 200120)

**摘要 目的:**探讨新型无创牵引夹板的固定效果。**方法:**随机选取 6 名健康成人, 分别在受试者腕关节的桡侧、尺侧、掌侧、背侧以及桡骨头下方约 3 cm 处放置 1 个薄膜压力传感器, 并用胶带固定, 分别采用石膏固定和新型无创牵引夹板固定, 通过固定压力数据采集系统采集 2 种固定方式下不同部位的固定压力, 比较 2 种固定方式的固定压力。**结果:**新型无创牵引夹板固定在腕关节桡侧、尺侧、背侧以及桡骨头下方约 3 cm 处的固定压力均大于石膏固定 [(4.10 ± 0.43) kPa, (1.72 ± 0.24) kPa,  $t = 1.858$ ,  $P = 0.032$ ; (2.37 ± 0.24) kPa, (1.66 ± 0.18) kPa,  $t = 5.934$ ,  $P = 0.041$ ; (5.43 ± 0.28) kPa, (3.29 ± 0.45) kPa,  $t = 9.933$ ,  $P = 0.033$ ; (2.12 ± 0.24) kPa, (1.35 ± 0.21) kPa,  $t = 11.662$ ,  $P = 0.034$ ], 新型无创牵引夹板固定在腕关节掌侧的固定压力与石膏固定比较, 差异无统计学意义 [(3.10 ± 0.20) kPa, (2.80 ± 0.33) kPa,  $t = 5.937$ ,  $P = 0.089$ ]。2 种固定方式均未出现末梢血液循环异常现象、皮肤损伤及明显的受压痕迹。**结论:**新型无创牵引夹板的整体固定效果优于石膏固定。

**关键词** 夹板; 石膏; 外科; 桡骨骨折; 骨折固定术; 固定压力测试

桡骨远端骨折是骨科临床中常见的骨折类型, 约占全身骨折的 17%<sup>[1-2]</sup>。桡骨远端骨折好发于中老年人群, 其发病率随着社会老龄化的加剧呈逐步上升趋势<sup>[3-4]</sup>。桡骨远端骨折会严重影响腕关节的正常活动<sup>[5-6]</sup>。临床上常采用闭合复位石膏或小夹板外固定治疗桡骨远端骨折, 具有操作方便、费用低、损伤小、疗效好等优势, 但同时可能导致短缩畸形等并发症的发生<sup>[7-11]</sup>。为了解决常规石膏或小夹板固定存在短缩畸形并发症的问题, 我们基于牵张成骨原理<sup>[12-16]</sup>, 设计了一款新型无创牵引夹板, 并对其固定压力进行了测试, 现总结报告如下。

## 1 材料与仪器

### 1.1 试验材料

新型无创牵引夹板, 普通熟石膏绷带, 医用绑带, 医用胶带。新型无创牵引夹板的主体由前臂掌侧夹板、手部掌侧夹板、前臂背侧夹板、手部背侧夹板、桡侧夹板、尺侧夹板 6 部分组成; 还包括 2 个 U 形固定

盖、4 条尼龙搭扣、4 块夹层海绵内衬及 4 个固定螺丝 (图 1)。前臂掌侧夹板: 长 170 mm、宽 70 mm、厚 3 mm; 略成弧形, 弧形深度 10 mm; 左右两侧各有 3 个长 25 mm、宽 3 mm 的绑带穿孔; 夹板中部有长 50 mm、宽 10 mm、高 5 mm 的长方形凸起; 长方形凸起两端各有 1 个螺丝孔, 两侧各有 2 个齿状结构 [图 2(1)]。手部掌侧夹板, 总长 200 mm, 由手掌贴合部和牵引组成部 2 部分构成; 手掌贴合部长 90 mm, 宽 120 mm, 两侧各有 1 个长 25 mm、宽 3 mm 的绑带穿孔; 牵引组成部长 110 mm, 宽 35 mm, 有 3 个平行的长 70 mm 的镂空, 中间镂空宽 12 mm, 镂空两侧各有 7 个齿状结构, 两侧镂空宽 2 mm [图 2(2)]。前臂背侧夹板: 长 170 mm、宽 80 mm、厚 3 mm; 略成弧形, 弧形深度 7 mm; 左右两侧各有 3 个长 25 mm、宽 3 mm 的绑带穿孔; 夹板中部有长 50 mm、宽 10 mm、高 5 mm 的长方形凸起; 长方形凸起两端各有 1 个螺丝孔, 两侧各有 2 个齿状结构 [图 2(3)]。手部背侧夹板: 总长 200 mm, 由手背贴合部和牵引组成部 2 部分构成; 手背贴合部长 90 mm, 上端宽 85 mm, 两侧各有 1 个长 35 mm、宽 5 mm 的绑带穿孔, 2 个绑带穿孔之间距离 25 mm; 牵引组成部与手部掌侧夹板牵引组成部相同 [图 2(4)]。桡侧和尺侧夹板, 长 180 mm、宽 30 mm, 两侧各有 3 个长 25 mm、宽 3 mm 的绑带穿孔。U 形固定盖, 长 100 mm、宽 50 mm, 通过螺丝可将 U

基金项目: 上海市卫生健康委员会中医药科研项目 (2020LZ008); 无锡市卫生健康委员会科研项目 (Q202158); 无锡市中医药管理局科技项目 (ZYKJ202122); 上海申康医院发展中心促进市级医院临床技能与临床创新能力三年行动计划项目 (SHDC2020CR3016A)

通讯作者: 奚小冰 E-mail: skxixiaobing@163.com

形固定盖与手部掌背侧夹板和前臂掌背侧夹板固定在一起。前臂掌侧和背侧夹板海绵内衬,长 210 mm、宽 150 mm;手部掌侧夹板海绵内衬,长 170 mm、宽 150 mm;手部背侧夹板海绵内衬,长 110 mm、宽 110 mm。

## 1.2 试验仪器

WIRELESS ELF 无线发射器、Flexi Force WB201 薄膜压力传感器(美国 Tekscan 公司),笔记本电脑(安装 ELF 多通道压力测试系统分析软件)。



图 1 新型无创牵引夹板外观图



图 2 新型无创牵引夹板主体组成部件图

## 2 方 法

### 2.1 试验对象选择

随机选取 6 名健康成人, 年龄 18 ~ 70 岁, 性别不限, 上肢无残缺、无皮肤破损。

### 2.2 固定压力数据采集系统建立

根据普通小夹板固定绑带约束力的最大值(约为 5.88 N) 确定合适量程的薄膜压力传感器, 选取 5 个

点对量程进行标定, 调整满量程为 6 N。开启 WIRELESS ELF 无线发射器, 将笔记本电脑连入局域网, 建立固定压力数据采集系统。

### 2.3 固定压力数据采集

测试者裸露左上肢, 分别在腕关节的桡侧、尺侧、掌侧、背侧以及桡骨头下方约 3 cm 处放置 1 个薄膜压力传感器, 并用胶带固定(图 3)。

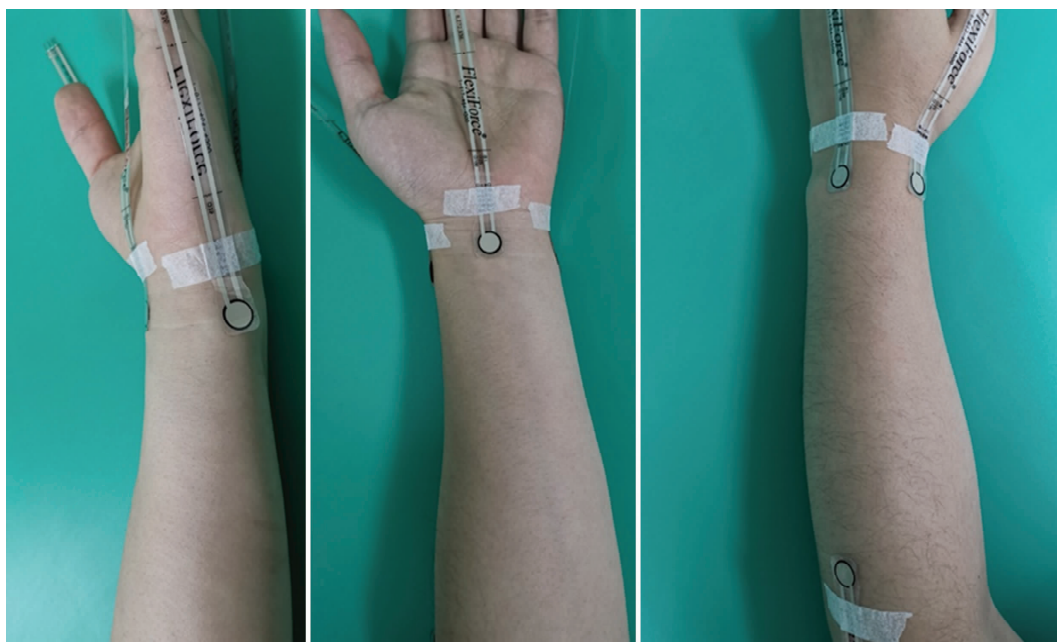


图 3 薄膜压力传感器固定位置图

**2.3.1 石膏固定压力数据采集** 石膏固定范围为肘关节下方 3 ~ 4 cm 处至手掌中部(不固定大拇指), 固定过程中根据受试者感受调整合适的松紧度。待石膏固定完成后, 开启无线发射器, 并将传感器依次接入对应的无线发射器, 运行 ELF 多通道压力测试系统分析软件, 待薄膜压力传感器测定的压力数据稳定后, 开始数据采集(图 4)。



图 4 石膏固定压力数据采集图

**2.3.2 新型无创牵引夹板固定压力数据采集** 将前臂掌侧夹板的凸起部分和手部掌侧夹板的牵引部分组装在一起, 用螺丝将 U 形固定盖固定在夹板上, 在

前臂掌侧夹板和手部掌侧夹板上各粘贴 1 块海绵内衬, 完成掌侧夹板组装; 以同样方法完成背侧夹板组装。采用 4 条尼龙搭扣依次穿过背侧夹板、尺侧夹板、掌侧夹板和桡侧夹板上的绑带穿孔, 完成夹板组装。受试者上肢套石膏袜套, 安装夹板并拉紧尼龙搭扣固定, 固定过程中根据受试者感受调整合适的松紧度。待新型无创牵引夹板固定完成后, 开始固定压力数据采集(图 5)。

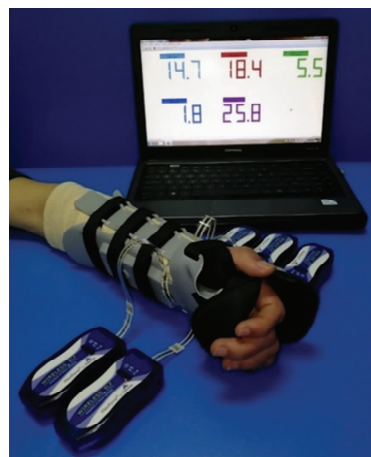


图 5 新型无创牵引夹板固定压力数据采集图

## 2.4 数据统计

采用 SPSS23.0 统计软件对所得数据进行统计学分析。2 种固定方式不同部位固定压力的比较均采用  $t$  检验, 检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 3 结 果

新型无创牵引夹板固定在腕关节桡侧、尺侧、背

侧以及桡骨头下方约 3 cm 处的固定压力均大于石膏固定, 新型无创牵引夹板固定在腕关节掌侧的固定压力与石膏固定比较, 差异无统计学意义(表 1)。2 种固定方式均未出现末梢血液循环异常现象、皮肤损伤及明显的受压痕迹。

表 1 2 种固定方式不同部位的固定压力

固定方式	样本量/ 名	腕关节桡侧/ ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)	腕关节尺侧/ ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)	腕关节掌侧/ ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)	腕关节背侧/ ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)	桡骨头下方约 3 cm 处/ ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)
石膏固定	6	4.10 $\pm$ 0.43	2.37 $\pm$ 0.24	3.10 $\pm$ 0.20	5.43 $\pm$ 0.28	2.12 $\pm$ 0.24
新型无创 牵引夹板固定	6	1.72 $\pm$ 0.24	1.66 $\pm$ 0.18	2.80 $\pm$ 0.33	3.29 $\pm$ 0.45	1.35 $\pm$ 0.21
$t$ 值		1.858	5.934	5.937	9.933	11.662
$P$ 值		0.032	0.041	0.089	0.033	0.034

## 4 讨 论

新型无创牵引夹板的设计以人体上肢解剖特点为基础, 结合了医学、人体工程学、生物力学等相关内容, 并利用了 3D 扫描和打印技术。新型无创牵引夹板的核心设计是前臂掌侧夹板、手部掌侧夹板、前臂背侧夹板、手部背侧夹板的齿状结构, 其发挥了重要的轴向牵引作用。齿状结构均设计为锐角, 进而确保轴向牵引的单向性。齿状结构的底部宽度为 4 mm, 前臂夹板与手部夹板齿状结构的 1 次相对移动可使夹板整体长度延长 4 mm, 即可实现轴向 4 mm 的牵引; 前臂夹板与手部夹板齿状结构共能相互移动 5 次, 因此新型无创牵引夹板的理论牵引距离为 20 mm。该设计主要依据桡骨的平均高度以及桡骨短缩程度与腕关节功能的关系<sup>[17-18]</sup>。该设计能够进一步量化夹板的轴向牵引距离, 便于临床操作。此外, 新型无创牵引夹板搭配了海绵内衬, 提高了夹板的舒适性和透气性, 而采用魔术绑带串联固定, 更有利于夹板松紧度的调整。

夹板的固定效果是其能否应用于临床的关键, 固定压力测试是检测固定效果的重要内容。本研究结果显示, 新型无创牵引夹板在腕关节桡侧、尺侧、背侧以及桡骨头下方约 3 cm 处的固定效果优于石膏固定, 在腕关节掌侧的固定效果与石膏固定相当。该结果提示新型无创牵引夹板存在压力分布不均的问题, 这可能与该夹板不具有可塑性, 其结构与肢体之间存在形态上的差异有关。此外, 本研究仅从不同部位的固定压力对新型无创牵引夹板的固定效果进行了评价, 评价指标单一, 未来可增加血流动力学方面的评价指标, 进一步完善对新型无创牵引夹板固定效果的

客观评价。

本研究结果表明, 新型无创牵引夹板的整体固定效果优于石膏固定。

## 参考文献

- [1] 廖才杰. 老年桡骨远端骨折的研究进展[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(93): 82-83.
- [2] 潘廷明, 董忠, 杨连梓, 等. 手法复位石膏外固定联合中药熏洗和切开复位钢板内固定治疗骨质疏松性桡骨远端骨折疗效比较[J]. 中国中西医结合杂志, 2019, 39(1): 63-66.
- [3] CUNG K C, SPILSON S V. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States[J]. J Hand Surg Am, 2001, 26(5): 908-915.
- [4] MACLMTYRE N J, DEWAN N. Epidemiology of distal radius fractures and factors predicting risk and prognosis[J]. J Hand Ther, 2016, 29(2): 136-145.
- [5] 贺达. 正骨复位外固定治疗 C 型桡骨远端骨折的临床研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2019.
- [6] 张琳袁, 迟英俊, 刘凤祥, 等. 伸直型与屈曲型桡骨远端骨折手术疗效对比[J]. 中国骨伤, 2021, 34(2): 101-107.
- [7] 高维旭, 陈晓, 王强. 石膏与钢板固定治疗成人桡骨远端骨折效果比较的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(31): 5069-5076.
- [8] 欧梁, 卢敏, 张永辉, 等. 手法复位小夹板固定治疗老年桡骨远端骨折临床疗效 Meta 分析[J]. 中国中西医结合杂志, 2019, 39(1): 57-62.
- [9] SELLES C A, MULDER M A M, WINKELHAGEN J, et al. Volar plate fixation versus cast immobilization in acceptably reduced intra-articular distal radial fractures: a randomized controlled trial[J]. J Bone Joint Surg Am, 2021, 103(21): 1963-1969.

(下转第 76 页)

- nal anesthesia for amyotrophic lateral sclerosis patient undergoing lower extremity orthopedic surgery: an overview of the anesthetic considerations [J]. *Int Med Case Rep J*, 2020, 13: 249 – 254.
- [12] 华豪, 张邓新, 王猛, 等. 无背景剂量羟考酮静脉自控镇痛联合髋关节周围神经阻滞用于老年患者全髋关节置换术后镇痛的效果[J]. *临床麻醉学杂志*, 2023, 39(5): 492 – 496.
- [13] 李威鹏, 郑煜丽, 高晓曼, 等. 连续髋关节周围神经阻滞与连续髂筋膜间隙阻滞对老年全髋关节置换术患者围术期镇痛效果影响的比较[J]. *临床麻醉学杂志*, 2023, 39(3): 254 – 259.
- [14] ALISTE J, LAYERA S, BRAVO D, et al. Randomized comparison between pericapsular nerve group (PENG) block and suprainguinal fascia iliaca block for total hip arthroplasty [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2021, 46(10): 874 – 878.
- [15] ROOS P M. Osteoporosis in neurodegeneration [J]. *J Trace Elem Med Biol*, 2014, 28(4): 418 – 421.
- [16] WANG Z, LEVIN J E, AMEN T B, et al. Total joint arthroplasty and osteoporosis: looking beyond the joint to bone health [J]. *J Arthroplasty*, 2022, 37(9): 1719 – 1725.
- [17] 张秋丽, 张明. 肌萎缩侧索硬化症患者神经影像学研究的进展[J]. *西安交通大学学报(医学版)*, 2023, 44(5): 668 – 673.
- [18] PUPILLO E, MESSINA P, LOGROSCINO G, et al. Long-term survival in amyotrophic lateral sclerosis: a population-based study [J]. *Ann Neurol*, 2014, 75(2): 287 – 297.
- [19] TROJSI F, SICILIANO M, PASSANITI C, et al. Vitamin D supplementation has no effects on progression of motor dysfunction in amyotrophic lateral sclerosis (ALS) [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2020, 74(1): 167 – 175.
- [20] 周宗科, 翁习生, 曲铁兵, 等. 中国髋、膝关节置换术加速康复——围术期管理策略专家共识[J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2016, 9(1): 1 – 9.
- [21] 陈金伟, 袁堂波, 覃健. 陈旧性股骨颈骨折合并运动神经元病 1 例[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33(2): 215 – 216.
- [22] 李欢利, 范杨, 岑媛, 等. 骨骼肌质量对全髋关节置换术后早期关节功能康复的影响[J]. *陆军军医大学学报*, 2023, 45(11): 1211 – 1219.
- [23] 郎俊哲, 吴聪聪, 金建锋, 等. 肌少症对股骨颈骨折行髋关节置换术后早期功能的影响分析[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(9): 835 – 839.

(收稿日期: 2023-11-04 本文编辑: 郭毅曼)

(上接第 72 页)

- [10] RAI P, HAQUE A, ABRAHAM A. A systematic review of displaced paediatric distal radius fracture management: plaster cast versus Kirschner wiring [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2020, 11(2): 275 – 280.
- [11] WHITE D E, JOHN VAN WYK M. Comparison of water absorption and drying in distal radius fracture casts and orthoses [J]. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*, 2021, 5(9): e21.00115.
- [12] GUBIN A V, BORZUNOV D Y, MALKOVA T A. The Ilizarov paradigm; thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research [J]. *Int Orthop*, 2013, 37(8): 1533 – 1539.
- [13] GUBIN A V, BORZUNOV D Y, MARCHENKOVA L O, et al. Contribution of G. A. Ilizarov to bone reconstruction: historical achievements and state of the art [J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2016, 11(3): 145 – 152.
- [14] GOLDSTEIN R Y, JORDAN C J, MCLAURIN T M, et al. The evolution of the Ilizarov technique: part 2: the principles of distraction osteosynthesis [J]. *Bull Hosp Jt Dis*, 2013, 71(1): 96 – 103.
- [15] MAKHDOM A M, HAMDY R C. The role of growth factors on acceleration of bone regeneration during distraction osteogenesis [J]. *Tissue Eng Part B Rev*, 2013, 19(5): 442 – 453.
- [16] MORCOS M W, AL-JALLAD H, HAMDY R. Comprehensive review of adipose stem cells and their implication in distraction osteogenesis and bone regeneration [J]. *Biomed Res Int*, 2015: 842975.
- [17] PALMER A K, WERNER F W. Biomechanics of the distal radioulnar joint [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1984(187): 26 – 35.
- [18] DARIO P, MATTEO G, CAROLIAN C, et al. Is it really necessary to restore radial anatomic parameters after distal radius fractures? [J]. *Injury*, 2014, 45(Suppl 6): S21 – S26.

(收稿日期: 2023-08-22 本文编辑: 吕宁)