

三维打印夹板治疗科雷氏骨折的临床观察

蔡薇¹ 张翔¹ 郭锋¹ 廖锡锵¹ 冯锡文¹

[摘要] **目的:**探讨三维(3D)打印夹板在科雷氏(Colles)骨折患者治疗中的临床效果。**方法:**选择2022年12月至2024年5月因外伤致Colles骨折且自愿保守治疗的60例患者纳入本研究,随机分为传统夹板组和3D打印夹板组(各30例)。所有患者接受标准的三柱牵引复位治疗后,传统夹板组采用杉树皮夹板固定,3D打印夹板组采用3D打印的个体化定制夹板固定。比较两组患肢肿胀程度、腕关节Gartland-Wreley评分、上肢功能障碍DASH评分、骨折临床愈合后影像学检查结果(掌倾角、尺偏角及桡骨高度)和临床治疗效果。**结果:**3D打印夹板组在治疗后4周和8周的患肢肿胀评分、腕关节功能Gartland-Wreley评分和上肢功能障碍DASH评分均低于传统夹板组,差异有统计学意义($P < 0.05$);骨折临床愈合后,3D打印夹板组掌倾角、尺偏角及桡骨高度均优于传统夹板组,差异有统计学意义($P < 0.05$);所有患者各项治疗指标随时间逐步改善,但两组最终临床治疗效果比较差异无统计学意义($P > 0.05$),其中3D打印夹板组的治疗有效率为100%,传统夹板组为90%。**结论:**3D打印夹板固定治疗Colles骨折,可改善患肢肿胀程度、腕关节功能和上肢功能恢复,提高愈合期内的生活质量,使骨折愈合更加精准,提供了一种个体化和精准化的治疗方案。

[关键词] 3D打印夹板;桡骨远端骨折;临床疗效

[中图分类号] R683.41 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)08-0056-05

DOI: 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.250810

Clinical Observation of 3D Printed Splint in the Treatment of Colles Fracture

CAI Wei¹ ZHANG Xiang¹ GUO Feng¹ LIAO Xiqiang¹ FENG Xiwen¹

¹ Shunde Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine (Foshan Shunde District Hospital of Traditional Chinese Medicine), Foshan 528300, Guangdong China.

Abstract Objective: To investigate the clinical efficacy of 3D printing splint in the treatment of Colles fracture. **Methods:** From December 2022 to May 2024, 60 patients with Colles fracture caused by trauma and voluntary conservative treatment were enrolled in this study. They were randomly divided into traditional splint group ($n=30$) and 3D printed splint group ($n=30$). All patients received standard three-column traction reduction treatment. The traditional splint group was fixed with fir tree splint, and the 3D printed splint group was fixed with 3D printed customized splint. The degree of limb swelling, wrist joint Gartland-Wreley score (GW score), Disability of the Arm, Shoulder, and Hand (DASH) score, imaging results (palmar inclination angle, ulnar deviation angle, and radial height) after fracture healing and clinical treatment effects were compared between the two groups. **Results:** The swelling score of the affected limb, GW score of wrist function and DASH score of upper limb in the 3D printed splint group were lower than those in the traditional splint group at 4 and 8 weeks after treatment ($P < 0.05$). After fracture healing, the palmar inclination angle, ulnar deviation angle, and radial height of the 3D printed splint group were better than those of the traditional splint group ($P < 0.05$). The treatment indicators of all patients gradually improved with time, but there was no significant difference in the final clinical treatment

effect between the two groups ($P > 0.05$). The effective rate of the 3D printing splint group was 100%, and that of the traditional splint group was 90%. **Conclusion:** 3D printing splint fixation for Colles fracture can effectively improve the swelling degree of the affected limb, the recovery of wrist joint function and upper limb function, improve the quality of life dur-

基金项目:2022年佛山市自筹经费类科技计划项目
(2320001011375)

¹ 广州中医药大学顺德医院(佛山市顺德区中医院)
(广东 佛山, 528300)

ing the healing period, make fracture healing more accurate, and provide an individualized and precise treatment plan.

Keywords: 3D printing splint technology; Colles fracture; clinical efficacy

伸直型桡骨远端骨折又名科雷氏(Colles)骨折, 据统计约占成人骨折的 20%^[1], 占急诊骨折的 17%, 常见于跌倒后骨质疏松的老年患者及因高能量创伤后的年轻患者^[2]。随着社会经济和医疗技术的不断发展, 针对 Colles 骨折的治疗方式和理念也发生了巨大变化, 此类骨折可以通过保守治疗(即手法复位、石膏或夹板外固定)获得良好的预后^[3], 但手法复位后使用传统夹板固定仍存在固定稳定性不足、舒适度不高和易松动的问题, 可能影响骨折愈合^[4-6]。因此, 本研究使用个性化定制的三维(3D)打印夹板取代传统的夹板, 旨在探讨 3D 打印夹板固定治疗 Colles 骨折的临床效果, 为临床提供新的治疗策略, 现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

选取自 2022 年 12 月至 2024 年 5 月在广州中医药大学顺德医院收治的诊断为 Colles 骨折的 60 例患者, 所有患者入院行 X 线检查确诊为 Colles 骨折后, 接受三柱牵引复位保守治疗的标准化治疗方案。采用随机数字表法进行随机分组, 传统夹板组使用杉树皮夹板固定, 3D 打印夹板组使用根据 CT 数据进行 3D 数字化模型重建的 3D 打印夹板固定, 每组各 30 例。本研究已获得本院伦理委员会批准(伦理批号为 KY-2022055)。

1.2 诊断标准

参照《中医病证诊断疗效标准——桡骨下端骨折(伸直型)》制定: 1) 有明显的外伤史。2) 一般症状: 局部疼痛、肿胀、瘀斑、局部压痛、腕关节功能障碍。3) 特殊体征: 局部餐叉样畸形、骨擦音、腕背侧可扪及骨折远端骨突。4) X 线表现: X 线检查提示有桡骨远端骨折, 骨折端以远向背侧移位。

1.3 纳入标准

1) 年龄 ≥ 18 岁, 且自愿接受夹板固定保守治疗; 2) 经临床与影像技术(如 X 光、CT 等)诊断为 Colles 骨折, 骨折为非开放性、稳定性, 且骨干无偏移, 符合《中医病证诊断疗效标准——桡骨下端骨折》相关标准^[7]; 3) 无其他严重全身性疾病, 体能足以应对手术, 无重度骨质疏松或其他影响骨折愈合的病理状态; 4) 签署知情同意书, 明确同意参与本研究, 并承诺遵守研究规定。

1.4 排除标准

1) 病理性骨折, 关节内、粉碎性或开放性骨折, 伴有神经、血管、肌腱损伤或皮肤破损、感染; 2) 存在影响骨折愈合的严重并发症, 如糖尿病、重度骨质疏松、类

风湿性关节炎等; 3) 对研究中使用的药物或材料有过敏反应, 或存在其他手术不耐受情况; 4) 心理状态不佳, 如认知功能障碍或严重心理疾病, 无法理解和配合治疗; 5) 既往有桡骨远端骨折且未愈合者; 6) 同时参与其他临床试验或治疗者。

1.5 方法

1.5.1 治疗方法

入组后排除手法复位禁忌证, 骨折端予以利多卡因局部浸润麻醉后, 复位医生与助手对抗牵引下, 医者同时运用左右手, 分别握持拇指、示指、无名指和小指进行桡骨三柱拔伸牵引, 纠正短缩移位, 并采用“手摸心会”方法, 触摸桡骨茎突高于尺骨茎突位平面, 证实桡骨高度恢复。维持牵引下, 医者使用示指、拇指控制桡骨内外侧, 并顺势极度掌屈并向腕尺侧倾斜, 以纠正骨折远端向背侧移位。3D 打印夹板组: 根据治疗前前臂 CT 影像中三维重建数据, 进行 3D 数字化模型重建。通过逆向工程软件, 确保长度与患者的解剖结构相匹配, 并调整至合适的厚度。采用聚乳酸(PLA)材料打印出具有良好透气性和舒适度的一体化 3D 打印夹板固定患肢。传统夹板组: 复位后维持牵引下以院内预制杉树皮夹板固定患肢。夹板固定后复查腕关节正侧位片评估复位。予上肢悬吊带固定患肢于胸前, 指导患者早期进行握拳伸指功能锻炼, 并分别于固定后 3 d、1 周、2 周、3 周、4 周调整夹板再次拍摄腕关节正侧位片, 记录肿胀程度评分。固定 4~6 周后根据骨折愈合情况拆除夹板外固定, 并指导患者进行早期腕关节功能锻炼。

1.5.2 疗效评定方法

1.5.2.1 患肢肿胀情况: 治疗后第 2 周、第 4 周和第 8 周评估两组患者患肢肿胀情况, 评估准则: 0 级, 无肿胀, 记作 0 分; I 级, 轻度肿胀, 但皮肤纹理可见而未消失, 记作 1 分; II 级, 中度肿胀, 皮肤纹理消失但无水疱, 记作 2 分; III 级, 重度肿胀, 皮肤可见水疱, 记作 3 分^[8]。

1.5.2.2 腕关节功能: 治疗后第 2 周、第 4 周和第 8 周采用 Gartland-Wreley 腕关节评分系统对腕关节活动范围和握力进行评估, 得分越高功能越差。分为四个等级: 优秀, 腕关节活动自如, 握力强劲, 轻松完成日常活动, 0~2 分; 良好, 腕关节活动稍显受限, 握力略有下降, 能满足日常需求, 3~8 分; 一般, 腕关节活动范围明显受限, 握力显著降低, 需要辅助或调整, 9~20 分; 较差, 腕关节活动严重受限, 握力极差, 需要依赖帮

助,21分以上^[9]。

1.5.2.3 上肢功能:治疗后第2周、第4周和第8周采用上肢功能障碍评分(Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand, DASH)量表对上肢功能进行评估,由专注于上肢日常活动能力评估的A模块和侧重于上肢不适症状量化评分的B模块组成,计算公式为 $[(A\text{部分总分}+B\text{部分总分})-30]/1.2$,分值越高功能越差^[10]。

1.5.2.4 骨折愈合后影像学参数:评估骨折临床愈合后的影像学指标,4周后解除夹板外固定装置并复查掌倾角、尺偏角及桡骨高度等参数。

1.5.2.5 临床疗效:根据《中医病证诊断疗效标准——桡骨远端骨折》^[7]进行临床疗效的评估。痊愈:骨折复位满意,形成连续的骨痂,局部无显著畸形,无疼痛及肿胀症状,功能已全面或近乎全面恢复,腕关节掌屈、背伸及前臂旋转的受限程度低于 15° 。改善:骨折对位欠佳,伴有轻微局部疼痛与畸形,腕部伸展、手

掌屈曲及前臂旋转的活动范围受限在 $15^\circ\sim 45^\circ$ 。无效:骨折处压痛、叩击痛持续存在,伴有功能障碍、骨不连或显著畸形。除去无效患者,其余为总有效病例数。

1.6 统计学方法

用SPSS 25.0软件统计分析,计量资料采取 $\bar{x}\pm s$ 形式或 $M_{50}(M_{25}, M_{75})$ 形式描述,并通过 t 检验或Mann-Whitney U 检验进行差异显著性分析。对于不同时间点的数据变化,行重复测量方差分析以评估其变化趋势;对计数资料采用“例(%)”形式呈现,并用 χ^2 检验各分类之间的关联性。对于等级资料,则执行秩和检验(Wilcoxon 秩和检验)以分析其统计显著性, $P<0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

两组患者在性别、年龄、体重指数、受伤原因、伤后至就诊时间、骨折位置、骨折类型等多个关键维度上,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表1。

表1 两组患者基线资料比较($n=30$)

组别	性别		年龄/岁 ($\bar{x}\pm s$)	体重指数/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) ($\bar{x}\pm s$)	骨折位置	
	男/例	女/例			左侧/例	右侧/例
3D打印夹板组	14	16	54.01 \pm 3.98	25.61 \pm 2.87	17	13
传统夹板组	18	12	55.19 \pm 4.02	25.11 \pm 3.09	14	16
统计检验值	$\chi^2=1.071$		$t=1.143$	$t=0.649$	$\chi^2=0.601$	
P	0.301		0.258	0.519	0.438	

2.2 两组患者患肢肿胀情况比较

两组患者不同时间点患肢肿胀情况评分比较存在组间、时间、交互效应,差异有统计学意义($P_{\text{组间}}<0.001, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$)。两组患者不同时间点患肢肿胀评分比较结果显示,治疗后第2周评分 $>$

治疗后第4周评分 $>$ 治疗后第8周评分,差异有统计学意义($P<0.05$)。多变量方差分析结果显示,治疗后第4周和第8周3D打印夹板组患肢肿胀评分明显低于传统夹板组,差异有统计学意义($t=2.157, 4.038, P<0.05$),见表2。

表2 两组患者患肢肿胀情况比较($n=30, \bar{x}\pm s$, 分)

组别	治疗后第2周	治疗后第4周	治疗后第8周
3D打印夹板组	1.89 \pm 0.51	1.21 \pm 0.49 ¹⁾³⁾	0.87 \pm 0.11 ¹⁾²⁾³⁾
传统夹板组	1.93 \pm 0.42	1.54 \pm 0.68 ¹⁾	0.99 \pm 0.12 ¹⁾²⁾
F, P	$F_{\text{组间}}=17.001, P_{\text{组间}}<0.001; F_{\text{时间}}=25.440, P_{\text{时间}}<0.001; F_{\text{交互}}=9.438, P_{\text{交互}}<0.001$		

注:1)与同组治疗后第2周比较, $P<0.05$;2)与同组治疗后第4周比较, $P<0.05$;3)与传统夹板组比较, $P<0.05$ 。

2.3 两组患者腕关节功能比较

两组患者不同时间点腕关节功能评分比较存在组间、时间、交互效应,差异有统计学意义($P_{\text{组间}}<0.001, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$)。两组患者不同时间点腕关节功能评分比较结果显示,治疗后第2周评分 $>$ 治疗后第4周评分 $>$ 治疗后第8周评分,差异有统计学意义($P<0.05$)。多变量方差分析结果显示,治疗后第4周和第8周3D打印夹板组腕关节功能评分明显低于传统夹板组,差异有统计学意义($t=5.456, 6.427, P<0.05$),见表3。

2.4 两组患者上肢功能比较

两组患者不同时间点上肢功能评分比较存在组

表3 两组患者腕关节功能比较($n=30, \bar{x}\pm s$, 分)

组别	治疗后第2周	治疗后第4周	治疗后第8周
3D打印夹板组	10.10 \pm 1.45	5.42 \pm 1.04 ¹⁾³⁾	3.51 \pm 0.91 ¹⁾²⁾³⁾
传统夹板组	10.23 \pm 1.53	7.56 \pm 1.68 ¹⁾	5.24 \pm 1.16 ¹⁾²⁾
$F_{\text{组间}}, P_{\text{组间}}$	$F=16.140, P<0.001$		
$F_{\text{时间}}, P_{\text{时间}}$	$F=33.671, P<0.001$		
$F_{\text{交互}}, P_{\text{交互}}$	$F=10.226, P<0.001$		

注:1)与同组治疗后第2周比较, $P<0.05$;2)与同组治疗后第4周比较, $P<0.05$;3)与传统夹板组比较, $P<0.05$ 。

间、时间、交互效应,差异有统计学意义($P_{\text{组间}}<0.001, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$)。两组患者不同时间点上肢功能评分比较结果显示,治疗后第2周评分 $>$ 治疗后第4周评分 $>$ 治疗后第8周评分,差异有统计学意

义($P < 0.05$)。多变量方差分析结果显示,治疗后第 4 周和第 8 周 3D 打印夹板组不同时间点上肢功能评分明显低于传统夹板组,差异有统计学意义($t = 6.993, 5.478, P < 0.05$),见表 4。

表 4 两组患者上肢功能比较($n = 30, \bar{x} \pm s$, 分)

组别	治疗后第 2 周	治疗后第 4 周	治疗后第 8 周
3D 打印夹板组	15.24 ± 3.38	9.16 ± 1.44 ¹⁾²⁾	6.87 ± 2.11 ¹⁾²⁾³⁾
传统夹板组	15.62 ± 3.42	12.39 ± 2.08 ¹⁾	9.89 ± 2.16 ¹⁾²⁾
$F_{\text{组间}}, P_{\text{组间}}$	$F = 34.098, P < 0.001$		
$F_{\text{时间}}, P_{\text{时间}}$	$F = 45.330, P < 0.001$		
$F_{\text{交互}}, P_{\text{交互}}$	$F = 12.349, P < 0.001$		

注:1)与同组治疗后第 2 周比较, $P < 0.05$;2)与同组治疗后第 4 周比较, $P < 0.05$;3)与传统夹板组比较, $P < 0.05$ 。

2.5 两组患者骨折愈合后影像学参数比较

本研究中观察到 3D 打印夹板组患者的掌倾角、尺偏角及桡骨高度的测量值显著优于传统夹板组水平,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 5。

表 5 两组患者骨折愈合后影像学参数比较($n = 30, \bar{x} \pm s$)

组别	掌倾角/ $^{\circ}$	尺偏角/ $^{\circ}$	桡骨高度/mm
3D 打印夹板组	12.14 ± 1.50	21.54 ± 1.52	10.52 ± 0.59
传统夹板组	9.45 ± 0.99	18.49 ± 1.67	9.04 ± 0.76
t	8.198	7.398	8.425
P	<0.001	<0.001	<0.001

2.6 两组患者临床疗效比较

3D 打印夹板组 30 例患者痊愈 23 例,好转 7 例,总体治疗有效率达到 100%;传统夹板组患者痊愈 19 例,好转 8 例,其总体治疗有效率为 90%;在运用等级资料比较方法(Wilcoxon 秩和检验, $Z = 1.292, P = 0.196$)进行分析时,两组患者间治疗有效率差异并无统计学意义。进一步地卡方检验($\chi^2 = 3.158, P = 0.076$)评估临床总体有效率时,同样发现两组患者间差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 6。

表 6 两组患者临床疗效比较[$n = 30$, 例(%)]

组别	痊愈	好转	无效	总有效
3D 打印夹板组	23	7	0	30(100.0%)
传统夹板组	19	8	3	27(90.0%)
统计检验值	$Z = 1.292$		$\chi^2 = 3.158$	
P	0.196		0.076	

3 讨论

桡骨远端的解剖学特征较为特殊,1996 年 Rikli 等^[11]通过 20 例患者的手术治疗提出了桡骨远端骨折三柱理论:外侧柱由桡骨茎突及舟状窝组成,中间柱由月状窝和桡骨半月切迹组成,内侧柱由三角纤维软骨复合体(TFCC)组成。三柱中任何一柱损伤都会引起腕关节的不稳定。在桡骨远端骨折治疗策略的选择上,保守治疗常被优先考虑,治疗的核心环节涵盖手法复位与外固定。黄枫教授基于无痛复位结合现代医学之三柱理论创立的三柱复位法,可通过对桡侧柱、中央

柱和尺侧柱施加牵引力,该技术将骨折区域细化为桡侧、中间及尺侧,通过精准牵引与手法操作进行逐一复位,提升骨折端解剖关系的恢复精度,降低移位与畸形愈合的风险^[12-14]。复位成功后,需要选择合适的材料及时进行外固定,传统杉树皮夹板以其卓越的透气性、可塑性和低成本成为常用的选择。但杉树皮夹板的防水性能相对较弱,且其强度和稳定性不足以满足所有临床需求,在一定程度上限制了其应用范围^[15-16]。随着 3D 打印技术的进步和成本降低,个性化定制的 3D 打印夹板在临床中应用成为可能,其具有更广泛的适应性和准确度。因此,本研究围绕 3D 打印技术的临床转化开展了相关分析。

本研究共招募 60 名 Colles 骨折患者,其中传统夹板组遵循传统的固定治疗方法,而 3D 打印夹板组则应用 3D 打印技术定制的夹板进行治疗,结果显示骨折完全愈合后,3D 打印夹板组患者的掌倾角、尺偏角恢复情况及桡骨高度均显著优于传统夹板组。同时 3D 打印夹板组在减轻患肢肿胀、提升上肢功能及腕关节活动度等方面有明显优势,对提升 Colles 骨折患者的生活质量起到积极作用,其疗效明确。传统夹板组的治疗方案以其操作的简便性、成本效益及基本的固定效能为特点,传统夹板作为广泛使用的外固定方法,其设计通常具有一定的通用性,适用于多种骨折情况,但这种泛用性设计有时可能无法完全贴合每位患者的具体骨折形态,对腕关节的活动自由度产生一定限制。在某些情况下可能增加肌肉废用性萎缩和关节僵硬的风险,影响上肢功能的全面康复进程。传统夹板的固定精准度可能因患者个体差异、夹板材料特性以及固定技巧等多种因素的影响,导致在骨折愈合过程中,掌倾角、尺偏角及桡骨高度的恢复程度存在差异,少数患者可能面临畸形愈合的风险,影响骨折部位的功能恢复和患者的日常生活质量。本研究中 3D 打印夹板技术通过个性化定制,能更精确地匹配患者骨折部位的复杂形态,并能根据患者自身感受提供更为贴合和稳定的固定效果,这种技术的优势在于其高度的灵活性和精确度,有助于减少骨折端的微小移动,促进骨折愈合。同时,3D 打印夹板的透气性设计也有助于减轻患者的不适感,并可在一定程度上促进局部血液循环,有利于骨折部位的康复。与传统夹板相比,3D 打印夹板的制作成本较高,且对技术和设备的要求也相对较高,限制其在某些医疗条件下的广泛应用^[17-19]。

综上所述,3D 打印夹板固定治疗 Colles 骨折,在改善患肢肿胀、恢复腕关节功能、提高上肢功能及促进骨折愈合方面展现出显著疗效,并提升了患者的生活质量。尽管与传统方法相比,3D 打印夹板技术在成本和技术要求上存在挑战,但其个性化定制和稳定固定

的优势值得临床进一步研究和推广。

参考文献

- [1] 刘庆梁,高斌礼. 桡骨远端骨折的治疗进展[J]. 骨科, 2019,10(4):363-366.
- [2] MACINTYRE N J, DEWAN N. Epidemiology of distal radius fractures and factors predicting risk and prognosis[J]. J Hand Ther, 2016,29(2):136-145.
- [3] 严才平,蒋电明. 桡骨远端骨折治疗方式的选择与挑战[J]. 中国骨伤, 2024,37(10):941-946.
- [4] SHEN O, CHEN C T, JUPITER J B, et al. Functional outcomes and complications after treatment of distal radius fracture in patients sixty years and over: a systematic review and network meta-analysis [J]. Injury, 2023, 54(7):110767.
- [5] BARBUR I, OPRIS H, CRISAN B, et al. Statistical comparison of the mechanical properties of 3D-printed resin through triple-jetting technology and conventional PMMA in orthodontic occlusal splint manufacturing[J]. Biomedicine, 2023,11(8):2155.
- [6] HARICHANE Y. 3D printing of thermoflexible therapeutic splints: treating bruxism more comfortably[J]. Compend Contin Educ Dent, 2023,44(9):518-521.
- [7] 中国中医药学会骨伤科学会,佛山市中医院. 中医骨伤科病证诊断疗效标准[S]. 北京:国家中医药管理局, 1994: 55.
- [8] YE J J, QIAN W, CHEN N G, et al. The clinical efficacy of Zuqing Xu “Wuduling” powder for snake injury on the swelling of the affected limb bitten by *Agkistrodon halys*[J]. Biotechnol Genet Eng Rev, 2024,40(2):943-960.
- [9] MA H, RUAN B, LI J, et al. Topology-optimized splints vs casts for distal radius fractures: a randomized clinical trial[J]. JAMA Netw Open, 2024,7(2):e2354359.
- [10] SILVA E R, MAFFULLI N, MIGLIORINI F, et al. Function, strength, and muscle activation of the shoulder complex in CrossFit practitioners with and without pain: a cross-sectional observational study [J]. J Orthop Surg Res, 2022,17(1):24.
- [11] RIKLI D A, REGAZZONI P. Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function: a preliminary report of 20 cases [J]. J Bone Joint Surg Br, 1996,78(4):588-592.
- [12] 姜自伟,高怡加,罗伟东,等. 黄枫教授手法复位夹板固定治疗不稳定型桡骨远端骨折的经验[J]. 广州中医药大学学报, 2012,29(5):590-592.
- [13] MCIVER N D, SALAS C, MENON N, et al. Appropriately matched fixed-angle locking plates improve stability in volar distal radius fixation[J]. J Hand Surg Glob Online, 2022,4(3):135-140.
- [14] 郭卫中,苏郁,林旺,等. 两种牵引开放复位内固定胫骨平台三柱骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2022,30(14):1249-1254.
- [15] 张城源,庞向华,杨桂芳,等. 杉树皮夹板结合火龙罐循经治疗桡骨远端骨折的研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2023,32(8):1123-1126.
- [16] 陈明,李城,郭利俊,等. 富阳张氏手法复位夹板外固定治疗儿童肱骨髁上骨折 60 例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2022,30(12):50-53.
- [17] CHOO Y J, BOUDIER-REVÉRET M, CHANG M C. 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: narrative review[J]. Ann Palliat Med, 2020,9(6):4262-4270.
- [18] WU J, HENG M, BAI Y. A novel dice-inspired multifunctional 3D printing guided splint for minimally invasive access cavity preparation and canal orifice identification[J]. Technol Health Care, 2023,31(6):2381-2387.
- [19] ARGYROPOULOS A, BOTSARIS P N. Modern applications of 3D printing: the case of an artificial ear splint model[J]. Methods Protoc, 2021,4(3):54.

(收稿日期:2024-03-17)