

## · 临床研究 ·

## 小夹板结合 3D 打印支具外固定治疗 Colles 骨折

曾焘<sup>1</sup>, 高大伟<sup>1</sup>, 吴宇峰<sup>1</sup>, 陈亮<sup>1</sup>, 张红桃<sup>2</sup>

(1. 广州中医药大学附属中山医院, 广东 中山 528400; 2. 三的部落上海科技股份有限公司, 上海 200232)

**【摘要】** 目的: 探讨手法复位小夹板配合 3D 打印腕关节支具外固定治疗 Colles 骨折的近期临床疗效, 以及支具的使用优势。方法: 选取 2017 年 2 月至 12 月在中山市中医院就诊的 Colles 骨折患者, 符合纳入标准的共 60 例。所有患者分为两组, 即对照组和试验组。对照组 30 例, 男 13 例, 女 17 例; 年龄 16~66(49.46±12.63) 岁; 损伤至就诊时间 3~18 (6.86±3.15) h。试验组 30 例, 男 12 例, 女 18 例; 年龄 14~68(46.73±14.40) 岁; 损伤至就诊时间 3~19 (7.06±3.45) h。试验组及对照组患者均由同一医师手法整复骨折, X 线片显示复位满意后予以小夹板外固定。待骨折整复后 1 周起, 试验组拆除小夹板, 更换 3D 打印支具维持固定至骨折愈合; 对照组维持小夹板固定直至骨折愈合后拆除。两组患者分别在整复前后、复位后 4 周摄腕关节 X 线片, 观察掌倾角、尺偏角、桡骨高度并比较; 同时记录复位前后, 复位 1、2 周后两组患者 VAS 评分、肿胀程度评分; 复位 6~8 周解除外固定后比较两组腕关节 Cooney 及患者腕关节自我评价评分(patient rated wrist evaluation, PRWE) 评分。结果: 复位 2 周 VAS 评分试验组 2.40±0.49, 对照组 2.43±0.50, 两组比较差异无统计学意义 ( $P=0.364$ ); 肿胀程度评分试验组 0.50±0.50, 对照组 0.53±0.50, 两组比较差异无统计学意义 ( $P=0.746$ )。复位 6~8 周后试验组 Cooney 及 PRWE 评分优于对照组 ( $P<0.05$ ), 掌倾角、尺偏角、桡骨短缩等解剖学特征方面试验组优于对照组 ( $P<0.05$ )。结论: 3D 打印支具轻巧透气、舒适美观、方便敷药, 结合小夹板分时段应用于 Colles 骨折临床疗效确切, 丰富了外固定治疗的方法。

**【关键词】** Colles 骨折; 3D 打印; 腕关节; 小夹板固定

中图分类号: R274, R683

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.06.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Small splint external fixation combined with 3D printing brace for the treatment of Colles fractures** ZENG Tao, GAO Da-wei\*, WU Yu-feng, CHEN Liang, and ZHANG Hong-tao. \*Zhongshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhongshan 528400, Guangzhou, China

**ABSTRACT Objective:** To explore the short-term clinical efficacy of manipulation reduction-combined with small splint and 3D printing wrist brace external fixation of wrist brace for Colles fracture and the advantages of using the brace. **Methods:** A total of 60 patients with Colles fractures who were treated in Zhongshan Hospital of Traditional Chinese Medicine from February to December 2017 were selected. Patients were randomly divided into 2 groups according to the order of treatment, with 30 patients in the control group, including 13 males and 17 females, aged from 16 to 66 years, with a mean of (49.46±12.63) years; the time from injury to consultation ranged from 3 to 18 h, averaged (6.86±3.15) h. In the experimental group, there were 30 cases, 12 males and 18 females, ranging in age from 14 to 68 years old, with a mean of (46.73±14.40) years old; the time from injury to consultation ranged from 3 to 19 h, averaged (7.06±3.45)h. All the patients in the experimental group and the control group were treated with the same doctor's manipulation to reduce the fracture. The small splints were applied for external fixation after the satisfactory reduction shown in the X-ray. After 1 week of fracture treatment, the small splints were removed from the patients in the experimental group and the 3D printing braces were replaced to maintain fixation until the fracture healed. In the control group, small splints were maintained until the fracture healed. Wrist joint X-ray films were taken before and after reduction and 4 weeks after reduction to observe the palmar inclination angle, ulnar deviation angle, radius height and compare; VAS score and swelling degree score were recorded before and after reduction for 1 and 2 weeks; Cooney and PRWE score of wrist joint were compared after 6 to 8 weeks of reduction. **Results:** The VAS score of 2 weeks after reduction was 2.40±0.49 in the experimental group and 2.43±0.50 in the control group. There was no statistical difference in the VAS score between the two groups before and after reduction ( $P=0.364$ ). The swelling degree of 2 weeks after reduction was 0.50±0.50 in the experimental group and 0.53±0.50 in the control group. There was no statistical difference in the swelling degree between the two groups before and after reduction ( $P=0.746$ ). The Cooney and PRWE scores of the experimental group were better than those of the control group 6 to 8 weeks after reduction ( $P<0.05$ ), and the anatomical characteristics of palmar incli-

通讯作者: 高大伟 E-mail: 649204970@qq.com

Corresponding author: GAO Da-wei E-mail: 649204970@qq.com

nation, ulnar deviation and radial shortening of the experimental group were better than those of the control group ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** 3D printing braces are light and breathable, comfortable and beautiful, and convenient for dressing. The combination of small splint sequentially applied to Colles fracture has a definite clinical effect, which enriches the means of external fixation treatment. It is believed that with the deepening of clinical research, the design and materials of 3D printing braces as well as their application in future medical treatment will be further developed.

**KEYWORDS** Colles fracture; 3D printing; Carpal joints; Small splint fixation

Colles 骨折是临床高发疾病，目前发生率正逐年提升，60 岁以上中老年人成为高发人群<sup>[1-3]</sup>。对于较稳定、简单的 Colles 骨折，采用中医手法复位外固定方式疗效显著，目前已形成较一致认可<sup>[4-5]</sup>。石膏、小夹板、树脂绷带是目前最常用的外固定方式，虽有较多文献报道效果满意，但始终存在透气性差、缺乏个性化、舒适度不够、外观粗糙、松紧度调整不便等缺陷，不利于患者后期康复和社会生活<sup>[6]</sup>。随着科技进步，3D 打印技术日益成熟，在骨科得到了较好的应用与发展，如制造 1:1 骨骼模型、手术导板、外固定器等，为解决上述缺陷提供了条件<sup>[7-8]</sup>。本研究将 3D 打印支具结合小夹板分时段应用于 Colles 骨折，探讨其疗效并提供临床发展新思路。

### 1 资料与方法

#### 1.1 临床资料与分组方法

选取我院 2017 年 2 月至 12 月 Colles 骨折 60 例患者，分为两组，即对照组和试验组。复位固定操作由同一医生完成。对照组 30 例全程采用小夹板外固定：其中男 13 例，女 17 例；年龄 16~66(49.46±12.63)岁；损伤至就诊时间 3~18 (6.86±3.15) h；损伤部位：左侧 14 例，右侧 16 例；骨折损伤程度分型：A2 型 17 例，A3 型 7 例，C1 型 5 例，C2 型 1 例。试验组 30 例夹板外固定 1 周后改为 3D 打印支具外固定：男 12 例，女 18 例；年龄 14~68(46.73±14.40)岁；损伤至就诊时间 3~19 (7.06±3.45) h；损伤部位：左侧 15 例，右侧 15 例；骨折损伤程度分型：A2 型 18 例，A3 型 8 例，C1 型 3 例，C2 型 1 例。两组患者基线资料比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )，见表 1，具有可比性。

#### 1.2 病例选择

##### 1.2.1 诊断标准 Colles 骨折参考 2006 版《中华

人民共和国中医药行业标准》<sup>[9]</sup>：(1)有跌倒等外伤病史。(2)以老年女性患者多见。(3)腕部疼痛、肿胀、畸形、屈曲活动功能障碍。(4)桡骨远端局部压痛，检查可及骨擦音或骨擦感。(5)X 线摄片检查示：桡骨远端关节线距关节面 3 cm 以内，可达到关节面，骨折端向掌侧成角，骨折远端向背侧移位，可存在侧方成角、移位和桡骨短缩等骨折类型。

**1.2.2 纳入标准** (1)符合上述诊断标准，年龄 14~70 岁。(2)闭合性或 I 度开放性 Colles 骨折，均在放射科摄 1:1 的腕关节正侧位 X 线片。(3)对于所有患者按 AO 桡骨远端骨折分型进行分类，属 A2、A3、C1、C2 类型骨折。(4)手法复位后达到解剖或功能复位。(5)伤后至固定时间 ≤ 48 h。(6)居住或工作地为中山市，能完成长期随访者。(7)自愿接受小夹板或 3D 打印支具治疗，签署知情同意书，承诺完成全部研究。

**1.2.3 排除标准** (1)严重开放性骨折。(2)合并严重系统性疾病，不能配合手法复位。(3)陈旧性或病理性骨折。(4)手法复位未达到功能复位。(5)骨折伴有血管、神经等损伤，须行手术治疗者。

#### 1.3 治疗方法

**1.3.1 对照组** 采用中医小夹板外固定。先让患者脱去患肢衣服，解释治疗方法和目的，减轻患者恐惧心理，取得患者合作。然后根据肢体畸形和 X 线片的图像，运用中医正骨手法进行复位。复位成功后，助手维持腕掌屈、尺偏，术者行传统小夹板外固定术。嘱患者每周定期复查，或根据局部症状及血运情况随诊。如固定期间骨折移位予以调整，6~8 周后根据患肢愈合情况拆除外固定。

**1.3.2 试验组** 采用 3D 打印支具结合小夹板外固定治疗，复位方式同上。骨折复位满意后先以小夹

表 1 两组 Colles 骨折患者治疗前临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data of patients with Colles fracture between two groups before treatment

组别	例数	年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	损伤至就诊时间( $\bar{x} \pm s$ , h)	性别(例)		骨折损伤程度(例)			
				男	女	A2	A3	C1	C2
对照组	30	49.46±12.63	6.86±3.15	13	17	17	7	5	1
试验组	30	46.73±14.40	7.06±3.45	12	18	18	8	3	1
检验值	-	$t=0.782$	$t=-0.234$	$\chi^2=0.069$		$\chi^2=5.23$			
P 值	-	0.438	0.816	0.793		0.676			

板外固定治疗,1 周后根据局部情况更换 3D 打印支具外固定,骨折移位者更换 3D 打印支具时给予复位调整。嘱患者每周定期复查骨折对位情况,6~8 周后根据患肢愈合情况拆除外固定。

**1.3.3 3D 打印支具的制作** (1)手法复位满意后,让患者签署知情同意书,行电子计算机断层摄影(computed tomography,CT)扫描。CT 机为(Light-speed)64 排螺旋 CT(GE 公司,美国),扫描层厚≤0.6 mm。扫描范围由手指末节至肘关节以上。采集的薄层 CT 数据以 DICOM 格式刻盘存储。(2)将 DICOM 格式的 CT 数据导入 Mimics Research 17.0 (比利时 Materialise 公司)软件中,确定上下左右方向,生成图像的冠状面和矢状面。利用阈值设定工具提取轮廓,将清晰度调节到合适程度,阈值分割出不同的组织和结构(灰度值设定为 soft tissue),创建软组织蒙面,并结合区域增长功能(region growing)获得最终所需图像。然后通过 Calculate 3D 菜单选项,将二维图像转换成为三维模型,以 STL 格式输出保存,如图 1 所示。(3)将 STL 模型数据导入自动化逆向处理软件 Geomagic Studio 2013 (美国 Raindrop 公司)对三维模型进行优化处理。先对模型进行裁剪分割,得到个性化支具所包裹的区域。骨折部位与皮肤之间留取 2 mm 空间覆盖衬垫。优化处理模型表面之后,确定好关键模型点,连接关键点形成形态曲线,利用多条形态曲线构造网状曲面片,创建栅格网<sup>[10]</sup>。(4)将优化处理后的三维模型导入三维设计软件 3-matic (比利时 Materialise 公司)中。选取前臂中心平

面,将三维模型分成上下 2 个部分,通过软件的样条曲线功能分别沿上下前臂模型的边缘绘制支具的外部轮廓线,自动生成支具上下 2 个本体。同时考虑到外固定支具的透气性,在软件内利用布尔运算设计出透气孔的形状、大小。为方便患者穿戴及固定牢靠,支具豁口接合处采取可调节式拉伸锁紧扣装置结构,从而获得支具的最终模型,如图 2 所示。(5)支具的打印:本研究采用 SLA 工艺对支具进行加工,经证明在扫描速度一定时,抗拉强度大小与成形方向有关,模型在成形方向为 45°时抗拉强度最大,因此为保证支具的力学性能其在成形仓内选用此位置。与此同时,模型选用的打印材料为 Somos GP Plus,其是一种低黏度光敏聚合物,具有良好的强度及韧性,且通过了 USP Class VI 和 ISO 10993 认证,可用于生物医疗、牙齿和皮肤接触类方面的应用。图 3 为 3D 打印支具实物图,图 4 为典型病例复位前后 X 线片。

**1.4 观察项目与方法**

**1.4.1 记录 VAS 评分** 对患者复位前后及复位 1、2 周后行疼痛视觉模拟法(visual analog scale,VAS)测评并记录评分<sup>[9]</sup>,评估入组病例主观疼痛指数级别。0 分表示无痛;0~3 分为轻度疼痛;4~6 分时疼痛影响睡眠,但可耐受;7~10 分为强烈疼痛,影响患者生活作息及饮食。

**1.4.2 记录肿胀程度** 在复位前后及复位 1、2 周后记录患者患肢肿胀程度<sup>[11]</sup>。肿胀程度分度如下:Ⅰ度,皮纹变浅,记 1 分;Ⅱ度,皮纹消失,记 2 分;Ⅲ

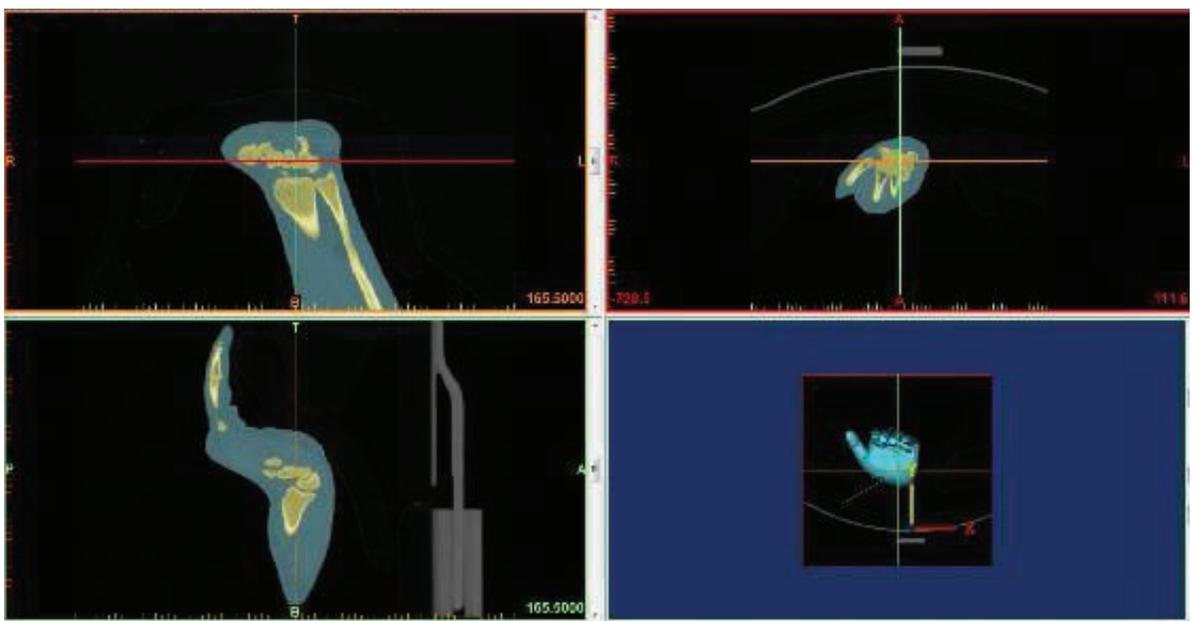


图 1 Mimics 三维模型重建图 1a. 前臂冠状面 1b. 前臂横断面 1c. 前臂矢状面 1d. 前臂整体重建图

Fig.1 Reconstruction of mimics 3 d model 1a. Forearm coronal plane 1b. Forearm cross section 1c. Forearm sagittal plane 1d. Forearm overall reconstruction



图 2 腕关节支具的 3D 打印模型图  
Fig.2 3D printing model of the braces

度,产生水泡,记 3 分。

**1.4.3 解剖学位置评估** 复位前、复位后第 4 周,根据 1:1 腕关节 X 线片测量患者受伤侧肢体的掌倾角、尺偏角及桡骨远端短缩位移情况,并比较两组患者移位情况有无差异。

**1.5 疗效评价方法**

复位 6~8 周后,X 线片复查提示骨折临床愈合,去除外固定并评价两组固定方式的疗效。评价标准采用腕关节 Cooney 等<sup>[12]</sup>评分和患者腕关节自我评价评分(patient-rated wrist evaluation, PRWE)<sup>[13]</sup>,根据患者有无畸形、疼痛状况、力量恢复、腕关节活动程度、日常生活能力等进行疗效评定。

**1.6 统计学处理**

搜集的临床数据采用 IBM SPSS 22.0 统计分析软件进行数据处理分析。两组患者 VAS 评分和肿胀程度比较,两组患者治疗前后 VAS 评分及肿胀程度比较采用两因素重复测量的方差分析; 两组腕关节



图 3 3D 打印腕关节支具实物图  
Fig.3 Physical drawings of 3D printing braces



图 4 患者,女,55 岁,Colles 骨折采用 3D 打印支具固定 4a. 复位前正位 X 线片 4b. 复位前侧位 X 线片 4c. 复位后正位 X 线片 4d. 复位后侧位 X 线片

Fig.4 Female,55-year-old,Colles fracture treated with 3D printing braces 4a. Pre-reset positive film 4b. Reset the anterior lateral film 4c. Positive film after reset 4d. Anterior lateral film after reset

Cooney 功能评分比较采用 Mann-Whitney *U* 检验; 复位前后两组患者掌倾角、尺偏角、桡骨短缩变化情况以及两组 PRWE 评分比较采用成组设计定量资料的 *t* 检验; 疗效比较采用秩和检验。检验水准  $\alpha=0.05$ , 以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

### 3 结果

#### 2.1 两组患者 VAS 评分比较

组内比较: Mauchly 球形度检验结果  $P=0.001$ , 采用多元方差分析, 参考 Pillai's Trace 结果,  $P=0.00$ , 提示各时间点 VAS 评分存在差异。组间比较: 治疗过程中, 相同时间点 VAS 评分比较  $F=0.836$ ,  $P=0.364$ , 两组间评分差异无统计学意义, 如表 2。

表 2 两组 Colles 骨折患者治疗前后 VAS 评分比较  
Tab.2 Comparison of VAS scores before and after treatment between two groups of patients with Colles fractures

组别	例数	VAS 评分( $\bar{x}\pm s$ , 分)			
		复位前	复位后	复位 1 周后	复位 2 周后
试验组	30	7.07±0.82	6.17±0.59	3.23±0.62	2.40±0.49
对照组	30	7.10±0.99	6.10±0.71	3.53±0.50	2.43±0.50

#### 2.2 两组患者肿胀程度比较

结果见表 3。组内比较: Mauchly 球形度检验结果  $P=0.594$ , 符合球形度检验,  $F=220.325$ , 组内不同时间点比较差异有统计学意义,  $P=0.012$ , 其中, LSD 法成对比较显示复位前后肿胀程度无差异。组间比较:  $F=0.106$ ,  $P=0.746$ , 差异无统计学意义。

#### 2.3 解剖学移位情况评估

两组患者治疗前测量掌倾角、尺偏角、桡骨短缩等解剖学特征, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 而治疗后第 4 周复查 X 线片, 显示试验组在掌倾角、尺偏角、桡骨短缩等解剖学特征方面优于对照组 ( $P<0.05$ ), 结果见表 4。

#### 2.4 两组疗效比较

根据 Cooney 评分, 试验组优 23 例, 良 4 例, 可

表 3 两组 Colles 骨折患者治疗前后肿胀程度评分比较  
Tab.3 Comparison of degree of swelling before and after treatment between two groups of patients with Colles fractures

组别	例数	肿胀程度评分( $\bar{x}\pm s$ , 分)			
		复位前	复位后	复位 1 周后	复位 2 周后
试验组	30	2.40±0.50	2.43±0.50	1.60±0.48	0.50±0.50
对照组	30	2.37±0.49	2.40±0.49	1.53±0.50	0.53±0.50

3 例, 差 0 例; 对照组优 15 例, 良 10 例, 可 5 例; 差 0 例; 两组比较,  $Z=32.12$ ,  $P=0.047$ , 试验组优于对照组。腕关节 PRWE 评分, 试验组  $90.60\pm 3.46$ , 对照组  $85.77\pm 4.35$ , 试验组优于对照组 ( $t=1.453$ ,  $P=0.012$ )。

### 3 讨论

Colles 骨折中医保守治疗从复位、固定、功能锻炼每一过程都不可忽视, 而外固定的质量好坏对功能恢复的效果起到决定性作用<sup>[14]</sup>。现存的外固定材料在透气性、轻便度、舒适性、美观性及牢固性等方面均有所欠缺, 给患者后期康复带来种种不便。骨折早期(1~2 周)采用小夹板外固定, 可为患肢局部提供一个相对稳定的环境, 减轻疼痛、促进局部水肿的消退; 1 周后疼痛和肿胀均较前大幅减轻, 骨折局部形成纤维连接, 此时更换为 3D 打印支具进行固定治疗, 一方面骨折再移位风险较低, 另一方面支具本身具有的特点更适合患者功能锻炼及社会生活<sup>[15-17]</sup>。3D 打印支具对比传统外固定具有如下优点: (1) 个性化量身定制, 贴合患者肢体。(2) 具有良好的透气性和可吸水性, 减少皮肤病的发生。(3) 网孔结构便于患者在支具外表熏洗药物。(4) 外形美观、质量轻便, 患者穿戴后不影响日常工作和生活。(5) 拉伸锁紧扣装置方便患者在肿胀消退后及时调整松紧度。(6) 采用光敏树脂材料制作, 力学性能良好<sup>[18]</sup>。

本研究在设计制作 3D 腕关节支具过程中, 采用有限元分析测试腕关节支具抗扭转、抗背伸压力情况良好, 光敏树脂合成材料强度高, 不易发生变形。患者在复位满意后获得 CT 数据, 并根据此时骨

表 4 两组 Colle 骨折患者治疗前后桡骨远端解剖学位移情况比较( $\bar{x}\pm s$ )

Tab.4 Comparison of anatomic displacement of distal radius between two groups before and after treatment of patients with Colle fractures( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	掌倾角( $^{\circ}$ )		尺偏角( $^{\circ}$ )		桡骨短缩(mm)	
		治疗前	治疗 4 周	治疗前	治疗 4 周	治疗前	治疗 4 周
试验组	30	-5.7±3.4	13.3±5.2	8.5±6.1	20.4±2.2	4.7±1.7	1.3±0.2
对照组	30	-4.9±3.2	8.5±2.0	8.1±3.2	14.8±3.2	4.2±2.3	3.2±0.4
<i>t</i> 值		12.56	23.77	-8.23	11.23	20.67	-34.88
<i>P</i> 值		0.783	0.012	1.750	0.002	0.098	0.012

折及相关软组织位置设计与之完全贴合的固定形态,因此佩戴后患者骨折部位可维持原有状态不偏移。因考虑到患者 1~2 周后消肿后肢体相应变小,笔者在支具外表面施加魔术带进行弹性固定,肢体缩小的过程中,支具亦可以相应缩小维持固定力度,这也是优于传统小夹板的地方。本研究结果发现,小夹板结合 3D 打印支具分阶梯治疗 Colles 骨折效果好,且明显改善了患者骨折后生活质量。此治疗方法在患者疾病康复的同时提高了生活便利度,减少了反复返院就诊换药的次数和时间,具有临床推广应用的价值。

#### 参考文献

- [1] 聂伟志,隋显玉,胡雅黎. Colles 骨折无创外固定研究进展[J]. 中国中医骨伤科杂志,2017,25(6):79-82.  
NIE WZ,SUI XY,HU YL. Noninvasive external fixation of Colles fracture[J]. Zhongguo Zhong Yi Gu Shang Ke Za Zhi,2017,25(6):79-82. Chinese.
- [2] Hosseini HS,Dünki A,Fabech J,et al. Fast estimation of Colles' fracture load of the distal section of the radius by homogenized finite element analysis based on HR-pQCT[J]. Bone,2017,97:65-75.
- [3] Jantzen C,Cieslak LK,Barzanji AF,et al. Colles' fractures and osteoporosis—a new role for the Emergency Department[J]. Injury,2016,47(4):930-933.
- [4] 赵勇. 桡骨远端骨折中西医论治的思考[J]. 中国骨伤,2016,29(1):1-3.  
ZHAO Y. Reflections on Chinese and western medicine for treating distal radius fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma,2016,29(1):1-3. Chinese.
- [5] 赵继荣,李红专,蔡向前. 桡骨远端骨折的非手术治疗进展[J]. 中国中医骨伤科杂志,2015,23(12):77-80.  
ZHAO JR,LI HZ,MU XQ. Nonsurgical treatment of distal radius fractures[J]. Zhongguo Zhong Yi Gu Shang Ke Za Zhi,2015,23(12):77-80. Chinese.
- [6] 罗从风,曾志敏. 桡骨远端骨折的处理原则[J]. 中国骨伤,2010,23(8):567-569.  
LUO CF,ZENG ZM. Management principles for distal radius fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma,2010,23(8):567-569. Chinese.
- [7] 王燎,戴尅戎. 骨科个性化治疗与 3D 打印技术[J]. 医用生物力学,2014,29(3):193-199.  
WANG L,DAI KR. Individualized orthopedics treatment and 3D printing technology[J]. Yi Yong Sheng Wu Li Xue,2014,29(3):193-199. Chinese.
- [8] 胡堃,李路海,余均武,等. 3D 打印技术在骨科个性化治疗中的应用[J]. 高分子通报,2015,28(9):61-70.  
HU K,LI LH,YU JW,et al. Application of 3D printing technology in individualized treatment of orthopedics[J]. Gao Fen Zi Tong Bao,2015,28(9):61-70. Chinese.
- [9] 董万涛,吕泽斌,宋敏. 三柱理论在 Colles 骨折手法复位、小夹板固定及早期康复功能锻炼中的指导作用[J]. 中国骨伤,2014,27(6):478-481.  
DONG WT,LYU ZB,SONG M. The guiding role of the three-column theory in the reduction of Colles fracture technique,small splint fixation and early rehabilitation function exercise[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma,2014,27(6):478-481. Chinese with abstract in English.
- [10] 刘非,邱冰,薛向东,等. 基于 3D 打印技术的个性化外固定支具设计[J]. 中国矫形外科杂志,2016,24(24):2260-2263.  
LIU F,QIU B,XUE XD,et al. Personalized external fixator design based on 3D printing technology[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi,2016,24(24):2260-2263. Chinese.
- [11] 恽晓平. 康复疗法评定学[M]. 北京:华夏出版社,2005:680-681.  
YU XP. Assessment of Rehabilitation Therapy[M]. Beijing:Huaxia Publishing House,2005:680-681. Chinese.
- [12] Cooney WP,Bussey R,Dobyns JH,et al. Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist[J]. Clin Orthop Relat Res,1987,(214):136-147.
- [13] MacDermid JC,Turgeon T,Richards RS,et al. Patient rating of wrist pain and disability:a reliable and valid measurement tool[J]. J Orthop Trauma,1998,12(8):577-586.
- [14] 刘勇,瞿懿,孙振中,等. 影响桡骨远端骨折治疗效果的多因素分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2013,28(9):834-836.  
LIU Y,QU Y,SUN ZZ,et al. Analysis of multiple factors affecting the treatment effect of distal radius fracture[J]. Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi,2013,28(9):834-836. Chinese.
- [15] 张兴平. 桡骨远端骨折治疗方法的选择与思考[J]. 中国骨伤,2011,24(11):887-889.  
ZHANG XP. Treatment of distal radius fracture[J]. Zhongguo Gu Shnag/China J Orthop Trauma,2011,24(11):887-889. Chinese.
- [16] 杨德福,张功林,夏丽平,等. 桡骨远端骨折术后短缩的原因及对策[J]. 中国骨伤,2010,23(8):581-584.  
YANG DF,ZHANG GL,XIA LP,et al. Causes and countermeasures of short contraction after distal radius fracture[J]. Zhongguo Gu Shnag/China J Orthop Trauma,2010,23(8):581-584. Chinese with abstract in English.
- [17] 张雄辉,肖智青,王爱明,等. 小夹板和石膏托外固定治疗桡骨远端骨折的比较研究[J]. 中国骨伤,2010,23(8):578-580.  
ZHANG XH,XIAO ZQ,WANG AM,et al. Comparative study on the treatment of distal radius fracture with small splints and external fixation with gypsum[J]. Zhongguo Gu Shnag/China J Orthop Trauma,2010,23(8):578-580. Chinese with abstract in English.
- [18] 王延庆,沈竟兴,吴海全. 3D 打印材料应用和研究现状[J]. 航空材料学报,2016,36(4):89-98.  
WANG YQ,SHEN JX,WU HQ. Application and research status of 3D printing materials[J]. Hang Kong Cai Liao Xue Bao,2016,36(4):89-98. Chinese.

(收稿日期:2018-10-18 本文编辑:连智华)