

3D 打印精准定位指导尺神经沟成形治疗肘管综合征

董汉青, 吴 兴, 许朋成, 王晴雯, 张植生, 赵建勇

<https://doi.org/10.12307/2024.062>

投稿日期: 2023-02-14

采用日期: 2023-05-08

修回日期: 2023-06-09

在线日期: 2023-06-28

中图分类号:

R459.9; R318; R338.8

文章编号:

2095-4344(2024)18-02825-05

文献标识码: A

文章快速阅读: 3D 打印精准指导尺神经沟成形对肘管综合征治疗效果的影响

研究起点:

- 肘管综合征
- 尺神经沟成形术
- 3D 打印技术
- 结合使用

尺神经沟成形术

肘管综合征

术后电生理

研究中心问题

3D 打印

握力、两点辨别觉、握力等

研究去脉:

- 肘管综合征
- 疗效比较
- 术后电生理
- 握力
- 握力
- 两点辨别觉 3D 打印

文题释义:

肘管综合征: 为上肢常见神经卡压综合征, 因尺神经于肘部的位置表浅, 在软组织、骨、肘部创伤炎症等病理因素或解剖因素影响下导致尺神经于肘管处受到摩擦、牵拉或压迫而引起。

3D 打印技术: 是一种利用计算机辅助设计、数控技术、三维 CT 技术等快速成型技术, 将数据立体化建模, 并运用粉末状的金属或塑料等可黏合材料逐层融合叠加, 最终打印出三维实物模型的技术。

尺神经沟成形术: 是将尺神经沟骨床利用磨钻扩大加深, 从而使尺神经在神经沟内压力减小, 缓解卡压症状, 并有效解决神经脱位不稳定问题。

摘要

背景: 随着肘管综合征患者增多, 尺神经沟成形术不影响尺神经的正常解剖结构及走行, 是治疗肘管综合征的主要外科手术之一。3D 打印结合尺神经沟成形可以更精准地定位神经沟的拓展深度及宽度, 从而避免一些手术并发症。

目的: 探讨 3D 打印技术结合尺神经沟成形对肘管综合征患者神经电生理及预后的影响。

方法: 选择 2020 年 3 月至 2022 年 3 月就诊于沧州市中西医结合医院的 70 例中重度肘管综合征患者作为研究对象, 随机分为 2 组, 每组 35 例, 对照组行传统尺神经沟成形术, 观察组行 3D 打印技术结合尺神经沟成形术, 随访 3 个月。比较两组患者的临床疗效优良率, 患肢拇展肌复合肌肉动作电位潜伏期、波幅及尺神经运动传导速度, 患侧握力、示中指和拇示指握力、小指 S-W 单丝触觉、小指两点分辨觉及上肢功能障碍评定量表评分。

结果与结论: ①与对照组(74%)比较, 观察组的疗效优良率(91%)显著升高($P < 0.05$); ②与治疗前比较, 治疗后两组患肢拇展肌复合肌肉动作电位潜伏期显著缩短, 波幅及尺神经运动传导速度显著升高; 观察组潜伏期显著短于对照组, 波幅及尺神经运动传导速度显著高于对照组($P < 0.05$); ③与治疗前比较, 治疗后两组患侧握力、示中指和拇示指握力显著增大, 小指 S-W 单丝触觉、小指两点分辨觉显著降低; 观察组患侧握力、示中指和拇示指握力显著大于对照组, 小指 S-W 单丝触觉、小指两点分辨觉显著小于对照组($P < 0.05$); ④与治疗前比较, 治疗后两组上肢功能障碍评定量表评分显著降低, 观察组显著低于对照组($P < 0.05$); ⑤提示 3D 打印技术结合尺神经沟成形治疗肘管综合征, 能够有效提高患者的临床疗效, 促进其神经电生理恢复, 改善手指和上肢功能, 具有较高的临床应用价值。

关键词: 3D 打印技术; 尺神经沟成形; 肘管综合征; 神经电生理; 预后

3D printing precise positioning guided ulnar groove plasty for treatment of cubital tunnel syndrome

Dong Hanqing, Wu Xing, Xu Pengcheng, Wang Qingwen, Zhang Zhisheng, Zhao Jianyong

Cangzhou Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital, Cangzhou 061001, Hebei Province, China

Dong Hanqing, Master, Attending physician, Cangzhou Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital, Cangzhou 061001, Hebei Province, China

Abstract

BACKGROUND: With the increase of patients with cubital tunnel syndrome, ulnar groove plasty does not affect the normal anatomical structure and distribution of the ulnar nerve, which is one of the main surgical procedures for the treatment of cubital tunnel syndrome. 3D printing combined with ulnar groove plasty can more accurately position the expansion depth and width of the ulnar groove to avoid some surgical complications.

OBJECTIVE: To investigate the effect of 3D printing technology combined with ulnar groove plasty on nerve electrophysiology and prognosis in patients with cubital tunnel syndrome.

沧州市中西医结合医院, 河北省沧州市 061001

第一作者: 董汉青, 男, 1988 年生, 河北省沧州市人, 汉族, 2016 年苏州大学毕业, 硕士, 主治医师。

<https://orcid.org/0000-0002-0879-4274> (董汉青)

引用本文: 董汉青, 吴兴, 许朋成, 王晴雯, 张植生, 赵建勇. 3D 打印精准定位指导尺神经沟成形治疗肘管综合征 [J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(18):2825-2829.



METHODS: A total of 70 patients with moderate and severe cubital tunnel syndrome who were treated in Cangzhou Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Hospital from March 2020 to March 2022 were selected as the study subjects. They were divided into two groups, with 35 cases in each group. The control group underwent traditional ulnar groove plasty. The observation group underwent 3D printing technology combined with ulnar groove plasty. The patients were followed up for 3 months. The clinical efficacy, latency, amplitude of compound muscle action potential of abductor pollicis brevis of the affected limb and ulnar nerve motor conduction velocity, grip strength on the affected side, pinch strength of the middle and thumb fingers, S-W monofilament of the little finger, two-point discrimination of the little finger, and Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire score were compared between the two groups.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Compared with the control group (74%), the excellent and good rate was significantly higher in the observation group (91%) ($P < 0.05$). (2) Compared with pre-treatment, the latency of compound muscle action potential of abductor pollicis brevis of affected limb was significantly shorter and the wave amplitude and ulnar nerve motor conduction velocity were significantly higher in the two groups after treatment. The latency was significantly shorter and the wave amplitude and ulnar nerve motor conduction velocity were significantly higher in the observation group than those in the control group ($P < 0.05$). (3) Compared with pre-treatment, the grip strength, middle finger and thumb pinch strength of the affected side, S-W monofilament of the little finger and two-point discrimination of the little finger were significantly smaller in the observation group than those in the control group ($P < 0.05$). (4) Compared with pre-treatment, the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire scores of the two groups were significantly reduced after treatment, and the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire scores of the observation group were significantly lower than those of the control group ($P < 0.05$). (5) It is concluded that 3D printing technology combined with ulnar groove plasty in the treatment of cubital tunnel syndrome can effectively improve its clinical efficacy, promote the neurophysiological recovery of patients, and enhance the function of fingers and upper limbs, which has high clinical application value.

Key words: 3D printing technology; ulnar groove plasty; cubital tunnel syndrome; neuroelectrophysiology; prognosis

How to cite this article: DONG HQ, WU XU, XU PC, WANG QW, ZHANG ZS, ZHAO JY. 3D printing precise positioning guided ulnar groove plasty for treatment of cubital tunnel syndrome. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2024;28(18):2825-2829.

0 引言 Introduction

肘管综合征为 upper 肢常见神经卡压综合征，因尺神经于肘部的位置表浅，在软组织、骨、肘部创伤炎症等病理因素或解剖因素影响下导致尺神经于肘管处受到摩擦、牵拉或压迫而引起^[1]。肘管综合征早期以环指、小指尺侧部位麻木等为主要表现，伴随疾病进展，则可引起手肌力降低，甚至导致萎缩致残，对患者身体健康及日常生活造成了严重的影响^[2]。早发现、早治疗至关重要，然而肘管综合征早期麻木症状，很容易被忽略，导致很多患者在确诊时基本已至中晚期，临床多采用外科手术治疗患者^[3-4]。尺神经沟成形术通过扩大患者肘管四壁，对尺神经沟宽度及深度进行拓展，有效解决尺神经脱位、不稳定等问题，而不影响尺神经的正常解剖结构及走行，同时还能避免外力作用而引起神经损伤和疼痛，是治疗肘管综合征主要外科手术之一。伴随科技进步，医工结合快速发展，3D 打印技术逐渐走进临床治疗中，3D 打印技术作为新发展的一项技术，其融合了三维 CT、数字控制、计算机等多种技术，按照堆积或离散原理将相关的数据参数制作成模型，并且按照真实的生物结构塑造为实物^[5-6]。近年来，3D 打印技术已被临床广泛用于髋关节、创伤骨折、骨科肿瘤等多个骨科领域中，并且在临床中取得了较为满意的应用效果，具有广阔的应用前景^[7-8]。但目前关于 3D 打印技术与尺神经沟成形术联合应用的研究尚少，因而此次研究主要是探究 3D 打印技术结合尺神经沟成形对肘管综合征患者神经电生理及预后的影响，旨在为临床治疗肘管综合征提供更多参考思路。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 前瞻性随机对照试验，计量资料进行 t 检验；计数资料进行 χ^2 检验。

1.2 时间及地点 试验于 2020 年 3 月在河北省沧州中西医结合医院手显微外科完成。

1.3 材料 3D 骨模型由模型树脂制作而成，产品由脂环族环氧树脂、环氧稀释剂、光引发剂、光起始剂等组成，见表 1，制作前将树脂摇匀，静止 30 min 去除气泡将树脂导入树脂槽内，按照 3D 打印设备打印模型。器械备案号为沪闵械备 20220045，生产备案凭证编号：胡敏药监械生产备 20182585 号。该模型试模后予以拿出。

表 1 | 3D 骨模型的材料学特征

Table 1 | Material characteristics of 3D bone models

指标	3D 骨模型
生产厂家	上海黑焰医疗科技有限公司
型号	BFOR001
批准号	胡敏药监械生产备 20182585 号
性能结构	由脂环族环氧树脂、环氧稀释剂、光引发剂、光起始剂等组成
材质	树脂
适应证	建造模型
生物相容性	良好
产品标注的不良反应	无

1.4 对象 选择 2020 年 3 月至 2022 年 3 月就诊于沧州中西医结合医院的 70 例中重度肘管综合征患者作为研究对象，根据随机数字表法将其随机分为对照组和观察组，每组 35 例。对照组行传统尺神经沟成形术，观察组行 3D 打印技术结合尺神经沟成形术。两组在性别、年龄、病程、发病侧别、Mc Gowan 分型^[9]、病因的比较中差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，具有可比性。

纳入标准：①经超声、X 射线片、肌电图等检查，所有患者均确诊为肘管综合征 (McGowan II、III 级)；②符合尺神经沟成形术适应证的患者 (肘外翻或者伴有骨性关节炎患者)；③单侧发病的患者；④心、肝、肾等功能正常的患者；⑤患者或其家属签订知情同意书。

排除标准：①无法耐受尺神经沟成形术的患者；②合并神经根型颈椎病、胸廓出口综合征、腕尺管综合征等神经卡压性疾病患者；③有 upper 肢外科手术史的患者；④软组织肿瘤、

骨肿瘤等占位病变或先天性因素所引起的肘管综合征患者；⑤合并格林巴利综合征、骨结核、脊髓空洞症等可引起肘管综合征类似临床表现的患者；⑥前臂或手部神经损伤臂丛神经损伤等患者；⑦妊娠或哺乳期妇女。

此次研究方案经河北省沧州中西医结合医院伦理委员会审核通过。

1.5 方法

1.5.1 对照组行传统尺神经沟成形术 对患者行臂丛神经阻滞麻醉，待麻醉成功即于肘内侧作一 5.0–6.0 cm 弧形切口 (图 1)，将皮肤切开使弓状韧带、尺神经显露，对尺骨鹰嘴附着处弓状韧带进行锐性剥离，翻开至肱骨内上髁处同时给予保护，为后期固定尺神经做好准备，以免尺神经滑脱。对尺神经进行彻底松解，同时向前方拉，使尺神经沟显露，必要时同时进行尺神经外膜松解术，于肱骨内上髁附着处剥开骨膜，并拉至肱骨后外方，将其修薄同时给予保护，做尺神经沟床用。借助磨钻对尺神经沟骨床进行扩大和加深使其成形，一般长 25–30 mm、宽 10 mm、深 10 mm，随时对碎骨屑进行冲洗，将骨蜡涂于骨床，将剥离骨膜缝回至原处，视作尺神经软组织床。待尺神经回到尺神经沟，则对肘关节进行被动屈伸，确定神经无卡压、滑脱、张力后则将弓状韧带缝至原位，确定尺神经于新建肘管内前后左右的活动超出 2 mm 后再将切口逐层关闭。



图 1 | 尺神经沟成形术切口示意图
Figure 1 | Schematic diagram of incision of ulnar groove plasty

1.5.2 观察组行 3D 打印技术结合尺神经沟成形术 首先采用 64 排螺旋 CT (荷兰飞利浦公司) 全面检查患者患部肘关节，并在计算机中输入各项检查的数据，再而由专用软件塑造 3D 骨模型，对所建立的 3D 数字骨模型分区操作，将层截面作为单位对其进行分解，在 3D 打印机中输入该骨模型的相关参数，继而得到相应 1:1 骨模型，通过计算机对尺神经沟的扩大标准进行测量计算，进而制作个性化“试模”，采用环氧乙烷进行灭菌备用。之后即开始手术，手术操作与对照组相同，在骨床被扩大后则将灭菌后试模放至尺神经沟，并反复操作，直到“试模”完全贴附，之后摘除“试模”即对切口口骨碎屑进行冲洗，在骨床上涂骨蜡止血，之后操作同对照组 (术中未出现因为肘管扩大后韧带原位缝合不上的情况)。

两组患者手术由同一组医生完成。术后两组均给予常规营养神经、抗感染等治疗，采用石膏托对肘关节进行制动 3 周，之后即指导患者开展肘关节相关功能锻炼。

1.6 主要观察指标

1.6.1 临床疗效^[10] 根据治疗 3 个月后手部功能的恢复情况对临床疗效进行评价：优为手无畸形且功能基本恢复正常或

完全恢复正常；良为手无畸形或轻度畸形，且功能基本恢复正常，日常生活尚能自理；可为较好保护性感觉，手内在肌的肌力有所恢复，手功能部分恢复，日常生活自理难度高；差为手明显畸形且功能基本丧失。优良率 = (优 + 良) / $n \times 100\%$ 。

1.6.2 神经电生理 采用肌电图仪 (美国 Noraxon, 型号: MyoTraceTM 400) 分别对治疗前和治疗 3 个月后两组患者患肢拇短展肌复合肌肉动作电位潜伏期、波幅及尺神经运动传导速度进行测量。

1.6.3 手指功能 分别于治疗前和治疗 3 个月后采用液压握力测量仪 (上海玉研科学仪器有限公司, 型号: Jamar Plus) 对两组患者患侧握力进行测量；采用液压握力测量仪 (上海玉研科学仪器有限公司, 型号: Jamar Plus) 分别对患手示中指、拇示指握力进行测量；采用 S-W 单丝 (美国 Sammons Preston 公司) 对患侧小指末节的指腹触觉进行测量；采用两点分辨觉检查仪 (上海瑞狮生物科技有限公司) 对小指末节指腹两点分辨觉 (2 point discrimination, 2PD) 进行检查。

1.6.4 上肢功能 采用上肢功能障碍 (disabilities of arm, shoulder and hand, DASH) 评定量表分别对治疗前和治疗 3 个月后两组患者上肢功能进行评分^[11]，包括活动能力和症状活动程度共 34 个条目，满分为 100 分，分数越高，上肢功能障碍越严重。

1.7 统计学分析 采用 SPSS 22.0 进行统计学分析，计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示，进行 t 检验；计数资料采用例 (n) 或百分比 (%) 表示，进行 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有显著性意义。该文统计学方法经河北省沧州中西医结合医院统计学专家审核。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 按意向性处理，纳入 70 例中重度肘管综合征患者，随机分为对照组和观察组，每组 35 例。全部进入结果分析，无脱落。

2.2 试验流程图 见图 2。

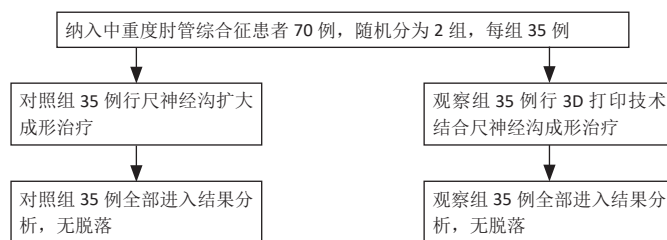


图 2 | 试验流程图
Figure 2 | Trial flow chart

2.3 基线资料比较 两组在性别、年龄、病程、发病侧别、Mc Gowan 分型、病因的比较中差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，具有可比性，见表 2。

2.4 临床疗效的比较 观察组疗效优良率显著高于对照组，差异有显著性意义 ($P < 0.05$)，见表 3。

表 2 | 两组患者一般资料比较 (n=35)

Table 2 | Comparison of general data of patients between the two groups

指标	对照组	观察组	t/x ² 值	P 值
性别 (n/%)			0.023	0.887
男	21/60	22/63		
女	14/40	13/37		
年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	55.47 $\pm$ 10.07	56.31 $\pm$ 10.19	0.372	0.708
病程 ($\bar{x}\pm s$, 月)	15.89 $\pm$ 5.50	15.00 $\pm$ 5.21	0.459	0.639
发病侧别 (n/%)			0.473	0.492
左侧	15/43	14/40		
右侧	20/57	21/60		
Mc Gowan 分型 (n/%)			0.473	0.492
中度	20/57	21/60		
重度	15/43	14/40		
病因 (n/%)			0.270	0.873
职业劳损	15/43	13/37		
肘关节脱位	3/8	2/6		
骨性关节炎	9/26	10/29		
内上踝 / 肱骨外骨折	2/6	2/6		
风湿 / 类风湿关节炎	3/8	3/8		
医源性损伤	1/3	2/6		
其他	2/6	3/8		

表 3 | 两组临床疗效的比较 (n=35, n/%)

Table 3 | Comparison of clinical efficacy between the two groups

临床疗效	对照组	观察组	χ^2 值	P 值
优	15/43	22/63		
良	11/31	10/28		
可	8/23	1/3		
差	1/3	2/6		
优良率	26/74	32/91	6.351	0.011

2.5 神经电生理的比较 治疗前两组潜伏期、波幅及尺神经运动传导速度比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 治疗后两组潜伏期显著缩短, 波幅及尺神经运动传导速度显著升高; 观察组潜伏期显著短于对照组, 波幅及尺神经运动传导速度显著高于对照组, 差异有显著性意义 ($P < 0.05$), 见表 4。

表 4 | 两组治疗前后神经电生理的比较 ($\bar{x}\pm s$, n=35)

Table 4 | Comparison of neuroelectrophysiology between the two groups before and after treatment

指标	对照组	观察组
潜伏期 (ms)	治疗前 9.94 $\pm$ 2.16 治疗后 8.26 $\pm$ 1.10 ^a	9.96 $\pm$ 2.27 6.84 $\pm$ 1.22 ^{ab}
波幅 (mV)	治疗前 5.07 $\pm$ 1.23 治疗后 6.44 $\pm$ 1.37 ^a	4.92 $\pm$ 1.37 7.92 $\pm$ 1.49 ^{ab}
尺神经运动传导速度 (m/s)	治疗前 27.81 $\pm$ 5.09 治疗后 35.53 $\pm$ 7.59 ^a	28.02 $\pm$ 4.82 40.42 $\pm$ 8.27 ^{ab}

表注: 与治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与对照组比较, ^b $P < 0.05$

2.6 手指功能的比较 治疗前两组患侧握力、示中指和拇示指捏力、小指 S-W 单丝、小指 2PD 比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 治疗后两组患侧握力、示中指和拇示指捏力显著增大, 小指 S-W 单丝触觉、小指 2PD 显著降低; 观察组患侧握力、示中指和拇示指捏力显著大于对照组, 小指 S-W 单丝触觉、小指 2PD 显著小于对照组, 差异有显著性意义 ($P < 0.05$), 见表 5。

2.7 上肢功能的比较 治疗前两组 DASH 评分比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$); 治疗后两组 DASH 评分显著降低, 观察组显著低于对照组, 差异有显著性意义 ($P < 0.05$), 见表 6。

表 5 | 两组治疗前后手指功能的比较 ($\bar{x}\pm s$, n=35)

Table 5 | Comparison of finger function before and after treatment between the two groups

项目	对照组	观察组
患侧握力 (kg)	治疗前 19.48 $\pm$ 1.79 治疗后 24.67 $\pm$ 1.07 ^a	20.19 $\pm$ 1.51 29.93 $\pm$ 1.58 ^{ab}
示中指捏力 (kg)	治疗前 3.18 $\pm$ 0.69 治疗后 4.19 $\pm$ 0.88 ^a	3.20 $\pm$ 0.76 4.97 $\pm$ 1.02 ^{ab}
拇示指捏力 (kg)	治疗前 2.00 $\pm$ 0.47 治疗后 2.92 $\pm$ 0.57 ^a	1.86 $\pm$ 0.49 3.58 $\pm$ 0.84 ^{ab}
小指 S-W 单丝 (规格)	治疗前 4.86 $\pm$ 0.58 治疗后 3.67 $\pm$ 0.50 ^a	4.67 $\pm$ 0.51 2.77 $\pm$ 0.51 ^{ab}
小指 2PD(mm)	治疗前 6.57 $\pm$ 1.07 治疗后 5.17 $\pm$ 0.96 ^a	6.48 $\pm$ 1.06 4.39 $\pm$ 0.98 ^{ab}

表注: 与治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与对照组比较, ^b $P < 0.05$ 。2PD: 小指末节指腹两点分辨觉

表 6 | 两组治疗前后上肢功能障碍评分的比较 ($\bar{x}\pm s$, n=35, 分)

Table 6 | Comparison of Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire score before and after treatment between the two groups

时间	对照组	观察组
治疗前	57.87 $\pm$ 11.18	58.52 $\pm$ 10.46
治疗后	42.60 $\pm$ 5.41 ^a	29.69 $\pm$ 6.68 ^{ab}

表注: 与治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与对照组比较, ^b $P < 0.05$

2.8 不良事件 观察组 2 例患者术中出现前臂内侧皮神经损伤, 出现肘前皮肤麻木, 术后 8 周麻木症状消失。

3 讨论 Discussion

肘管综合征在老年、体力劳动群体中高发, 且相较于女性, 男性发病率更高, 伴随社会高速发展、电脑及手机使用时间的延长, 肘管综合征逐渐呈现出年轻化趋势, 需引起高度重视^[12]。尺神经沟成形术为临床治疗肘管综合征常用外科手术之一, 其不仅减压彻底, 几乎不会对尺神经血供造成破坏, 而且创伤小、操作简单^[13], 然而其对重度肘管综合征的治疗效果并不是很好。3D 打印技术能够通过 1 : 1 打印物理模型对解剖结构进行还原, 利于术者在术前对手术切口、植入物大小、植入物位置等的确定, 进而减少术中的重复操作, 缩短手术时间, 并提高置入的准确性^[14-15]。但目前很少有研究探究 3D 打印技术结合尺神经沟成形术对肘管综合征患者神经电生理及预后的影响。此次研究结果显示, 相较于传统尺神经沟成形术, 3D 打印技术结合尺神经沟成形术可促进肘管综合征患者神经电生理恢复及改善预后, 现分析原因如下。

宿晓雷等^[16]研究结果显示, 3D 打印技术指导下的尺神经沟成形术治疗肘管综合征的优良率达到了 92.5%; 在此次研究中, 相较于对照组 (74%), 观察组优良率 (91%) 明显提高, 与宿晓雷等的研究结果相符, 表明 3D 打印技术结合尺神经沟成形术能够有效治疗肘管综合征。分析其原因: 尺神经沟成形术可增加尺神经沟深度, 减少尺神经再次脱位; 手术不会影响尺神经的正常解剖走行, 可有效解决肘关节屈曲所引起的尺神经拉长、肘管底部相对升高、容积变小等问题; 可避免尺神经张力升高, 改善尺神经微循环, 避免出现缺氧缺血现象; 同时术中屈伸肘关节可对尺神经沟内尺神经无滑脱、无张力进行保证^[17]。然而传统手术多通过 X 射线片、CT 片等对患处关节进行诊断, 只能提供其平面影像, 使得医生

无法对患处关节进行全面了解,使得术者无法在术前对人工假体准确参数进行确定,往往需要于术中多次匹配,不利于手术开展^[18]。3D 打印技术由美国科学家 CHUCK HULL 于 1986 年创造,是以数字模型文件为基础的一种快速成型技术,其以多种技术做支撑,按照堆积或离散原理以 1 : 1 比例塑造实物,3D 打印技术包括了电子束熔融、选择性激光熔融、分层实体制造、熔融沉积成型、选择性激光烧结、光固化成型等多项技术,3D 打印技术制作的骨模型三维立体优势能够弥补平面影像的不足,通过 1 : 1 的实物模型直观且客观地将患处关节情况呈现出来,有助于医生细致入微的观察,继而使手术方案更详实、精准;手术过程中将尺神经沟暴露后,借助磨钻对增生骨赘进行打磨以扩大肘管,“试模”可对其扩大程度进行验证,避免出现神经未完全松解、肘管扩大不足等问题;医生通过仔细分析 3D 打印技术制作的骨模型能够选择出最恰当的入路方式,进而有效减小手术的切口长度,可实现精准治疗、有限显露^[19-21]。

范琛琛等^[22]研究显示,创伤性肘外翻致肘管综合征患者经尺神经沟扩大成形术治疗后,其握力明显增大,小指 2PD 明显减小。宿晓雷等^[23]研究结果显示,中医疗法结合 3D 打印技术能够提高中重度肘管综合征患者侧方握力、握力、2PD、运动感觉传导速度。在此次研究中,治疗后两组潜伏期、小指 S-W 单丝触觉、小指 2PD、DASH 评分明显降低,波幅、尺神经运动传导速度、患侧握力、示中指和拇示指握力明显升高,而相较于对照组,观察组潜伏期、小指 S-W 单丝触觉、小指 2PD、DASH 评分更低,波幅、尺神经运动传导速度、患侧握力、示中指和拇示指握力更高,综合范琛琛等^[22]、宿晓雷等^[23]的研究结果表明,3D 打印技术结合尺神经沟成形术可促进肘管综合征患者的神经电生理及预后恢复。对其原因进行分析:通过 3D 打印技术制作骨模型能够对患处病情进行准确判断,设计出最合理的治疗方案,达到较好的治疗效果,这对患者相关功能的恢复起到了重要的临床作用;同时 3D 打印技术制作骨模型还可对术中假体安装进行精确指导,使得肢体力线良好,促进关节功能的快速恢复^[24-25]。

此次研究的局限性在于所选取的样本量较小,可能会使结果中的数据与实际值存在偏差,同时未进行长期随访,不能判定 3D 打印技术结合尺神经沟成形术对肘管综合征患者的长期影响,因此后期还需扩大样本量、延长随访时间以做进一步的验证研究。

综上所述,3D 打印技术结合尺神经沟成形术治疗肘管综合征不仅可以改善电生理,还能促进功能恢复,利于预后,从而有效提高临床疗效,值得临床参考。

作者贡献:董汉青负责课题研究及文章撰写,吴兴负责手术及课题提出,许朋成及王晴雯负责随访,张植生及赵建勇负责审查及评估。

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。

前瞻性临床研究数据开放获取声明:文章作者同意:①可以在一定范围内开放研究参与者去标识的个体数据;②可以在一定范围内开放共享文章报告结果部分的去标识个体基础数据,包括正文、表、图及附件;③可以在一些情况下开放研究方案和知情同意书等相关文档;④全文开放获取数据的时间是从文章出版后即刻,并无终止日期。

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《随机对照临床试验研究报告指南》(CONSORT 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投稿宗旨。

4 参考文献 References

- [1] POWER HA, PETERS BR, PATTERSON JMM, et al. Classifying the severity of cubital tunnel syndrome: A preoperative grading system incorporating electrodiagnostic parameters. *Plast Reconstr Surg*. 2022;150(1):115-126.
- [2] LIU Z, ZHANG D. Clinical efficacy of decompression and anterior transposition of the ulnar nerve in osteoarthritis-induced cubital tunnel syndrome and influencing factors. *Hand Surg Rehabil*. 2022;41(3):370-376.
- [3] XIE Q, SHAO XZ, SONG XL, et al. Ulnar nerve decompression and transposition with versus without supercharged end-to-side motor nerve transfer for advanced cubital tunnel syndrome: a randomized comparison study. *J Neurosurg*. 2021;136(3):845-855.
- [4] 王自方, 明立功, 王新德, 等. 关节清理成形尺神经松解前置术治疗中重度肘关节骨关节炎伴肘管综合征 [J]. 实用手外科杂志, 2019,33(2):153-155,167.
- [5] LIU WJ, SHAO ZW, RAI S, et al. Three-dimensional-printed intercalary prosthesis for the reconstruction of large bone defect after joint-preserving tumor resection. *J Surg Oncol*. 2020;121(3):570-577.
- [6] FILARDO G, PETRETTA M, CAVALLLO C, et al. Patient-specific meniscus prototype based on 3D bioprinting of human cell-laden scaffold. *Bone Joint Res*. 2019;8(2):101-106.
- [7] 朱乐银, 朱成栋, 乔高山, 等. 3D 打印辅助微创治疗 AO/OTA-43C 型胫骨远端骨折早期疗效观察 [J]. 生物骨科材料与临床研究, 2022,19(1):54-57.
- [8] 盛健峰, 唐平, 胡俊, 等. 计算机设计及辅助制作结合 3D 打印技术在颌骨肿瘤切除后骨缺损修复的应用 [J]. 肿瘤预防与治疗, 2019,32(7):618-623.
- [9] LANZETTI RM, ASTONE A, PACE V, et al. Neurolysis versus anterior transposition of the ulnar nerve in cubital tunnel syndrome: a 12 years single secondary specialist centre experience. *Musculoskelet Surg*. 2021;105(1):69-74.
- [10] 郑笑天, 迟鸣立, 刘鹏程, 等. 尺神经原位松解术与尺神经皮下前置术治疗肘管综合征近期疗效比较的回顾性研究 [J]. 现代生物医学进展, 2020,20(14):2771-2775.
- [11] WANG I, KAPELUSCH J, RAHMAN MH, et al. Psychometric evaluation of the disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) in patients with orthopedic shoulder impairments seeking outpatient rehabilitation. *J Hand Ther*. 2021;34(3):404-414.
- [12] ÖZTÜRK T, ZENGİN EÇ, ŞENER U, et al. Endoscopic versus open in situ decompression for the management of cubital tunnel syndrome. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2022;56(2):125-130.
- [13] 孙守勇, 王海峰, 梁旭东. 肘管扩大成形术治疗肘关节炎性肘管综合征 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018,26(15):1431-1432.
- [14] AKOH CC, CHEN J, ADAMS SB. Total ankle total talus replacement using a 3D printed talus component: A case report. *J Foot Ankle Surg*. 2020;59(6):1306-1312.
- [15] BRADFORD PS, BLACK JS. Three-dimensional-printed temporal mandibular joint for use in mandibular distraction for patients with craniofacial microsomia. *J Craniofac Surg*. 2020;31(8):2273-2275.
- [16] 宿晓雷, 余航, 李闯, 等. 3D 打印技术指导下的尺神经沟成形术在治疗肘管综合征中的应用 [J]. 中华手外科杂志, 2020,36(4):296-297.
- [17] YUSHAN M, ABULA A, REN P, et al. Outcomes of revision neurolysis of the ulnar nerve and ulnar groove plasty for persistent and recurrent cubital tunnel syndrome-A retrospective study of 21 cases. *Injury*. 2020;51(2):329-333.
- [18] XU J, ZHANG GD, HE ZP, et al. Anatomical reduction and precise internal fixation of intra-articular fractures of the distal radius with virtual X-ray and 3D printing. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2019;43(1):35-47.
- [19] 陈华东, 尚学红, 赵宇, 等. 多层螺旋 CT 三维重建辅助 3D 打印技术对复杂髌臼骨折手术的应用价值研究 [J]. 中国现代医学杂志, 2022,32(11):20-25.
- [20] HORAS K, HOFFMANN R, FAULENBACH M, et al. Advances in the preoperative planning of revision trauma surgery using 3D printing technology. *J Orthop Trauma*. 2020;34(5):e181-e186.
- [21] TEO AQA, NG DQK, LEE P, et al. Point-of-care 3D printing: A feasibility study of using 3D printing for orthopaedic trauma. *Injury*. 2021;52(11):3286-3292.
- [22] 范琛琛, 叶门勒汉·巴合苏提汗, 刘凯, 等. 尺神经沟扩大成形术治疗外伤性肘外翻致肘管综合征 16 例 [J]. 实用手外科杂志, 2021,35(4):467-471.
- [23] 宿晓雷, 余航, 李闯, 等. 中医疗法结合 3D 打印技术治疗中重度肘管综合征 [J]. 中国中西医结合外科杂志, 2021,27(3):498-502.
- [24] CASCONI P, D'ALESSANDRO F, GALLO E, et al. The role of three-dimensional printing technology as an additional tool in unilateral condylar hyperplasia surgical planning. *J Craniofac Surg*. 2020;31(7):735-738.
- [25] 胡浩, 曹开宇, 黄攀, 等. 3D 打印技术辅助内外侧锁定钢板内固定治疗胫骨平台 Schatzker VI 型骨折的疗效分析 [J]. 生物骨科材料与临床研究, 2022, 19(3):38-41.

(责任编辑: GD, ZN, QY, ZLJ)