·临床研究·

基于 3D 打印技术的腰椎间盘突出症康复支具的临床应用初步观察

陈平[1]，王海东[1]，苏俊杰[2]，潘盈[3]，李伟青[1]，田雪梅[1]，来桂林[3]，王嘉宁[3]
(1. 甘肃省中医院风湿骨病中心，甘肃　兰州　730050；2. 甘肃省中医院医疗联盟正宁县人民医院骨科，甘肃　庆阳　745399；3. 甘肃普锐特科技有限公司医疗部，甘肃　兰州　730030)

【摘要】　目的：分析 3D 打印个性化腰椎支具对腰椎间盘突出症患者腰部疼痛及腰椎功能的改善效果。**方法**：选取 2018 年 10 月至 2021 年 5 月收治的初次确诊为腰椎间盘突出症 60 例患者，将其分为观察组和对照组，每组 30 例。其中观察组男 18 例，女 12 例；年龄 24~56(45.23±6.07)岁；病程 1~24(6.25±0.82)个月，佩戴 3D 打印个性化腰椎支具实施康复治疗；对照组男 19 例，女 11 例；年龄 25~57(42.78±7.58)岁；病程 1~24(6.72±1.36)个月，佩戴传统腰椎护具实施康复治疗。分别于治疗前及治疗 1 个疗程(3 周)后采用日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association，JOA)评分评估治疗效果，比较两组腰椎 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index，ODI)及视觉模拟评分(visual analogue scale，VAS)。**结果**：治疗前两组 JOA、ODI、VAS 比较，差异均无统计学意义(P>0.05)。治疗 1 个疗程(3 周)后，两组 JOA 评分与治疗前比较均有提高(P<0.05)，ODI、VAS 与治疗前比较均有降低(P<0.05)；观察组治疗后 JOA 评分高于对照组(P<0.05)，ODI、VAS 低于对照组(P<0.05)。两组均无不良事件发生。**结论**：应用 3D 打印个性化腰椎支具能够有效减轻腰椎间盘突出症患者的疼痛，改善患者腰椎功能。

【关键词】　椎间盘移位；　腰椎；　3D 打印；　腰椎支具；　针刀疗法；　灸法
中图分类号：R274；R493
DOI：10.12200/j.issn.1003-0034.2023.09.011　　**开放科学(资源服务)标识码(OSID)**：

Preliminary observation on the clinical application of rehabilitation support for lumbar disc herniation based on 3D printing technology

CHEN Ping[1], WANG Hai-dong[1], SU Jun-jie[2], PAN Ying[3], LI Wei-qing[1], TIAN Xue-mei[1], LAI Gui-lin[3], WANG Jia-ning[3]
(1.Rheumatic Bone Disease Center, Gansu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730050, *Gansu, China; 2. Department of Orthopedics, Zhengning County People's Hospital, Medical Alliance of Gansu Traditional Chinese Medicine Hospital, Qingyang* 745399, *Gansu, China; 3. Medical Department, Gansu Prius Technology Co.LTD., Lanzhou* 730030, *Gansu, China*

ABSTRACT　Objective To analyze the important effect of 3D printing personalized lumbar support on lumbar pain and lumbar function in patients with lumbar disc herniation. **Methods** From October 2018 to May 2021, 60 patients initially diagnosed with lumbar disc herniation were selected and divided into an observation group and a control group, with 30 patients in each group. Among them, there were 18 males and 12 females in the observation group; the age ranged from 24 to 56 years old, with an average of (45.23±6.07) years old. The course of disease ranged from 1 to 24 months, with an average of (6.25±0.82) months, and rehabilitation treatment was carried out by wearing 3D printed personalized lumbar support. There were 19 males and 11 females in the control group; the age ranged from 25 to 57 years old, with an average of (42.78±7.58) years old. The course of disease ranged from 1 to 24 months, with an average of (6.72±1.36) months, and rehabilitation treatment is carried out by wearing traditional lumbar protective equipment. The Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores, lumbar Oswestry dysfunction index (ODI) and visual analogue scale (VAS) were evaluated and compared between the two groups before and 1 course after treatment (3 weeks). **Results** There was no statistically significant difference in JOA, ODI, and VAS between two groups before treatment (P>0.05). After one course of treatment (3 weeks), JOA scores of both groups was increased compared to before treatment (P<0.05), while ODI and VAS decreased compared to before treatment (P<0.05). After treatment, JOA score of observation group was higher than that of control group (P<0.05), while ODI and VAS scores were lower than those of control group. No adverse events occurred in both groups. **Conclusion** The application of 3D printing personalized lumbar sup-

基金项目：甘肃省科技计划项目(编号：20CX4FA021)
Fund Program: Gansu Provincial Science and Technology Plan Project (No. 20CX4FA021)
通讯作者：苏俊杰　E-mail：cy55572@163.com
Corresponding author: SU Jun-jie　E-mail: cy55572@163.com

port can effectively alleviate the pain of patients with lumbar disc herniation and improve their lumbar function of patients.

KEYWORDS　Intervertebral disk displacement;　Lumbar vertebra;　3D printing;　Lumbar support;　Acupotomy therapy;　Moxibustion

流行病学调查[1]表明，我国腰椎间盘突出症（lumbar disc herniation，LDH）的发病率约为 7.62%，高于西方国家。目前，LDH 主要有保守治疗和手术治疗两种治疗方案，而 3D 打印个性化腰椎支具作为 LDH 保守治疗的主要辅助康复方案之一，疗效肯定[2]。笔者在临床研究中发现，卧床休息是 LDH 保守治疗的基础，传统的腰椎护具对 LDH 患者的康复治疗也具有一定的效果，但存在诸多问题，如舒适性差、强度不够等。3D 打印个性化腰椎支具是否能提高对 LDH 患者的康复治疗疗效，可以实现患者早日离床锻炼，避免卧床休息带来的并发症，并有效避免佩戴传统腰椎康复护具带来的问题。自 2018 年 10 月至 2021 年 5 月收集临床病例，观察 3D 打印个性化腰椎支具对 LDH 患者的康复治疗疗效，以期为 LDH 患者提供更好、更精准的康复治疗思路和方案，现将结果报告如下。

1　资料与方法

1.1　病例选择

1.1.1　诊断标准　（1）西医诊断标准：参照《临床诊疗指南：骨科手册》[3]中腰椎间盘突出症的诊断标准。（2）中医诊断标准：参照国家中医药管理局《中医病证诊断疗效标准》[4]中腰痛的诊断标准。（3）腰椎间盘突出分型标准：参照《医学影像诊断学》[5]中腰椎间盘突出分型的标准。

1.1.2　纳入标准　符合中西医诊断标准；年龄 18~65 岁；无手术适应证；精神正常，意识清醒，可配合治疗、评估者；自愿参与研究，并签署知情同意书。

1.1.3　排除标准　因腰椎滑脱、骨质增生或其他原因导致的腰椎管狭窄；患有严重骨质疏松及神经肌肉系统疾病；有马尾神经损害；皮肤过敏不能佩戴者；有心肺等重要脏器疾病者；精神病患者；有血液系统疾病伴有凝血功能障碍者。

1.2　一般资料

选取 2018 年 10 月至 2021 年 5 月收治的初次确诊为腰椎间盘突出症患者 60 例，根据治疗方法不同分为观察组和对照组，每组 30 例。观察组男 18 例，女 12 例；年龄 24~56（45.23±6.07）岁；病程 1~24（6.25±0.82）个月；其中 A 型（后正中型）13 例，B 型（外侧型）11 例，C 型（韧带下型）5 例，D 型（游离型）1 例，E 型（硬膜囊内型）0 例。对照组男 19 例，女 11 例；年龄 25~57（42.78±7.58）岁；病程 1~24（6.72±1.36）个月；其中 A 型（后正中型）14 例，B 型（外侧型）12 例，C 型（韧带下型）4 例，D 型（游离型）0 例，E 型（硬膜囊内型）0 例。两组治疗前一般资料比较，差异无统计学意义（P>0.05），具有可比性。见表 1。本研究已获得甘肃省中医院医学伦理委员会批准（批文号：2022-138-01）。

1.3　治疗方法

1.3.1　两组基础治疗　（1）药物治疗。两组均口服杜仲腰痛丸（批号：甘药治字 Z09001921），10 粒，口服，每日 2 次；50 mg 盐酸曲马多片（批号：国医准字 H10950146），口服，每日 3 次。（2）针刀治疗。定点：选择相应患椎及相邻上下椎体双侧关节突关节点、棘突间、髂脊缘，每次 6 点。操作：患者选取俯卧位，充分暴露腰部操作部位，局部常规消毒，根据患者体型，选用 0.60 mm×50 mm 或 0.60 mm×80 mm 一次性针刀（江西老宗医牌），快速刺破皮肤，沿脊柱纵轴垂直进针，缓慢进入，到达骨面前，纵切横剥 2~3 刀。两组均根据患者病情每次选取 4~6 个治疗点，每个进针点操作结束后，由助手用无菌棉球按压进针点 5 min 止血后，用输液贴覆盖，治疗结束后嘱患者休息 5~10 min，确认患者无碍后方可离开，并嘱患者 24 h 保持进针点清洁干燥，以防感染。每 3 d 治疗 1 次，共治疗 6 次。（3）火龙灸治疗。患者取俯卧位，医护人员立于患者治疗床旁，充分暴露施灸腰部。所用灸饼（20 cm×14 cm）由本院自制，药物包括中药伏龙肝、白术等，采用研末混合法制成灸饼。将灸饼敷于腰部后，用面积略小于药饼的湿毛巾覆盖药饼，药

表 1　两组腰椎间盘突出症患者一般资料比较

Tab.1　Comparison of general data of patients with lumbar disc herniation between two groups

组别	例数	性别/例		年龄（$\bar{x}\pm s$）/岁	病程（$\bar{x}\pm s$）/月	腰椎间盘突出分型/例				
		男	女			A 型	B 型	C 型	D 型	E 型
观察组	30	18	12	45.23±6.07	6.25±0.82	13	11	5	1	0
对照组	30	19	11	42.78±7.58	6.72±1.36	14	12	4	0	0
检验值		χ^2=0.07		t=−0.184	t=0.339			Z=0.497		
P 值		0.791		0.064	0.239			0.619		

饼周围皮肤用毛巾遮盖即可。将 95%乙醇均匀滴撒在湿毛巾上后点燃施灸，患者诉皮肤发烫时盖灭，待施灸处温热感消退后，继续重复施灸，每次持续 20~30 min 且患者无明显不适为宜。每日 1 次，7 d 为 1 个疗程，持续治疗 7~14 d。

1.3.2　观察组　在基础治疗的同时，佩戴 3D 打印个性化腰椎支具实施离床康复治疗。观察所用 3D 打印个性化腰椎支具均由甘肃普锐特科技有限公司通过三维扫描技术获取轮廓数据，根据人体生物力学原理，依照个体功能需求设计出个性化支具模型，再利用选择性激光烧结技术完成支具一体化制作。佩戴时上缘紧贴第 10 肋骨水平，下缘贴髂棘缘下方 1 cm，包绕整个腰背部，基本完全限制腰椎活动。

3D 打印个性化腰椎支具制作过程及佩戴：(1)3D 扫描取模。患者站立位，保持双眼平视前方、头稍后仰、双上肢自然平伸外展 90°的标准姿势，采用手持便携式白光三维光学扫描仪（Thunk3D-hscans，腾讯科技，中国），便携式平板（Ipad, pro, 2019.美国）对其腰背部、胸腹部范围进行扫描，减少衣物遮挡，扫描者站立位于患者正前方，保持正常距离，打开 iPad 上 Structure Sensor 扫描仪中的 APP Scanner。扫描者双手稳定持 iPad，及时调整手持扫描仪与患者距离及 Scanner 的正常扫描范围及大小，使患者腰背部，胸腹部绝对呈现在 Scanner 可扫区域内，围绕扫描范围进行 360°调整转动，扫描成功的部位将由白色覆盖，见图 1。整个程序结束后，则点击“完成”即可。全程规范扫描 5~8 min，扫描过程中，要求周围环境避光，并避免其他干扰因素。(2)3D 打印制作。将腰椎支具三维模型导入 3D 打印设备，以选择性激光烧结（selective laser sintering, SLS）方式打印成康复支具治疗实体。打印材料为热塑性聚氨酯弹性体橡胶（thermoplastic polyurethanes, TPU），通过后期完整处理，制作成 LDH 个性化康复支具，并佩戴，见图 2。

1.3.3　对照组　在基础治疗的同时，佩戴普通腰椎护具（衡水希跃）实施离床期康复治疗，普通腰椎护具佩戴要点与 3D 打印个性化腰椎支具相同。

1.4　观察项目与方法

1.4.1　临床症状观察　康复治疗 3 周后，采用日本骨科协会（Japanese Orthopaedic Association, JOA）评分[5]评估功能疗效，腰椎 Oswestry 功能障碍指数（Oswestry disability index, ODI）[6] 及视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）[7]对临床症状进行评定。

(1)JOA 评分：主要从患者主观症状、日常活动能力、临床体征、膀胱功能 4 项评估患者腰椎功能以及改善情况。评分范围 0~29 分，总分越高说明患者病情越轻。(2)腰椎 ODI：采用 ODI 量表，从疼痛强度、生活自理等 9 个方面评价患者疼痛程度及功能恢复情况，每个问题有 6 个备选答案，由轻到重依次为 0~5 分，评分范围 0~45 分。ODI=[(所得分数/45)]×100，评分越高表明患者腰椎功能障碍越严重。(3)VAS：采用疼痛视觉模拟量表，在白纸上画 1 条长为 10 cm 的横线，左端为“0”代表无痛，右端为“10”代表最剧烈的疼痛，患者根据即刻的疼痛，在线上标出相应位置。分别于治疗前（即初诊）、治疗后对各观察指标进行评估。

1.4.2　不良事件　详细记录受试者研究期间出现的不良事件，包括局部瘀青、血肿、感染等。如有不良事件发生，分析其发生的原因是否与针刀操作有关，并予对症处理。不良反应的分级[8]：Ⅰ级，安全，治疗过程中无不适；Ⅱ级，相对安全，无须处理，可继续佩戴 3D 打印个性化腰部支具；Ⅲ级，有安全性问题，出现中等程度的不良反应，如过敏、软组织损伤等，处理后可继续佩戴 3D 打印个性化腰部支具；Ⅴ级，

图 1　腰背部扫描图像
Fig.1　Low back scan image

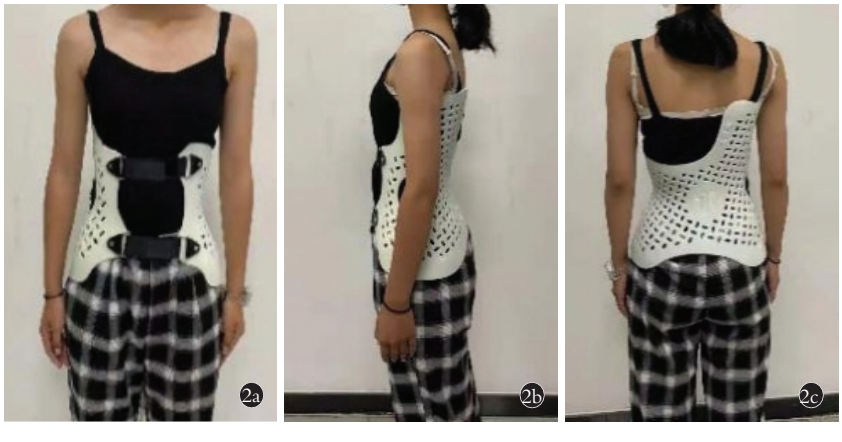

图 2　3D 打印腰椎支具佩戴图片　**2a.** 正面观　**2b.** 侧面观　**2c.** 后面观
Fig.2　3D printing of wearing pictures of lumbar brace　**2a.** Front view　**2b.** Side view　**2c.** Posterior view

因不良反应而中止观察。

1.5　统计学处理

采用 SPSS 21.0 软件进行数据分析，定性资料采用 χ^2 检验，统计检验同时行双侧检验。符合正态分布的定量资料用均数±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，两组比较采用配对设计定量资料的 t 检验，组间比较采用成组设计定量资料的 t 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结果

两组患者均参与康复治疗过程，无剔除及中止患者，无不良事件发生。JOA、ODI 观察项目评分比较见表 2 和表 3。治疗期间及治疗后两组均未见不良反应。治疗 1 个疗程（3 周）后，两组 JOA 评分与治疗前比较均有提高（$P<0.05$），ODI、VAS 与治疗前比较均有降低（$P<0.05$）。观察组治疗后 JOA 评分高于对照组（$P<0.05$），ODI、VAS 低于对照组。见表 4。

表 2　两组腰椎间盘突出症患者治疗前后 JOA 评分各项指标比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab.2　Comparison of JOA scores of patients with lumbar disc herniation between two groups before and after treatment（$\bar{x}\pm s$）

单位：分

项目	观察组（例数=30）		对照组（例数=30）	
	治疗前	治疗 3 周后	治疗前	治疗 3 周后
主观症状	4.21±1.34	7.19±0.97	4.35±1.57	5.99±1.07
临床体征	2.71±0.53	4.66±0.85	2.77±0.62	3.79±0.71
日常活动	8.37±2.11	14.15±2.79	8.42±1.98	11.73±2.14
总分	14.60±5.67	25.75±6.23	15.55±5.31	21.20±3.60

3　讨论

近年来，由于人们工作和生活方式的改变，我国 LDH 的发病率增加明显，且发病年龄呈年轻化趋势[9]。LDH 是指腰椎间盘在外力、慢性损伤作用下，引起椎间盘内的纤维环部分或全部破裂，单独或连同髓核等向椎管内突出或脱出，刺激或压迫相应的神经和（或）神经根，以腰背部疼痛，伴或不伴有下肢放射痛等为主要症状的一种疾病[10]。它是常见的脊柱疾病，通过中西医综合疗法，如中西药口服、针刀治疗、中医理疗等，可以起到很好的治疗效果，也是多数患者的主要选择。但如何维持腰椎的稳定，才是保证 LDH 患者早期康复治疗效果的关键。所以很长时间以来，许多肌肉骨骼疾病一直被认为可以通过卧床休息解决，故对于 LDH 患者，卧床休息是最基本的对症康复治疗方法之一，也是保守治疗的基础。但是卧床会带来一系列的并发症，如消化不良、肌肉萎缩、心脑血管疾病等。因此，找一个更有利的方法，显得尤为重要，直到 3D 打印个性化腰椎支具的出现，提供了新的辅助康复治疗方法，它可以让患者实现早日离床康复锻炼，避免并发症的发生。3D 打印技术，又称增材制造技术（additive manufacturing），它可以把虚拟的影像数字转变为可触及的实体 3D 模型，从而给临床康复治疗带来了很大的帮助[11]。近年

表 3　两组腰椎间盘突出症患者治疗前后 ODI 各项指标比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab.3　Comparison of the scores of observation items before and after treatment of lumbar disc herniation between two groups ODI（$\bar{x}\pm s$）

单位：%

项目	观察组（例数=30）		对照组（例数=30）	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
疼痛程度	2.13±0.14	0.42±0.06	2.11±0.11	1.01±0.09
自理能力	3.05±0.21	0.35±0.14	2.95±0.19	1.23±0.16
提物	2.29±0.26	0.71±0.15	2.41±0.31	1.49±0.22
行走	2.57±0.18	0.65±0.23	2.43±0.20	1.33±0.14
坐立	2.95±0.33	0.55±0.11	2.87±0.29	1.12±0.27
站立	1.95±0.09	0.27±0.04	1.89±0.12	0.71±0.08
睡眠	1.45±0.23	0.25±0.07	1.39±0.21	0.61±0.11
社会活动	2.39±0.15	0.63±0.11	2.41±0.21	1.16±0.29
旅行	2.74±0.37	0.57±0.12	2.83±0.33	1.07±0.19
总分	21.16±9.89	4.55±3.53	21.29±7.73	9.90±4.67

表 4　两组腰椎间盘突出症患者治疗前后 VAS、ODI、JOA 评分比较（$\bar{x}\pm s$）

Tab.4　Comparison of VAS、JOA and ODI in patients with lumbar disc herniation between two groups before and after treatment（$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	VAS/分		JOA/分		ODI/%	
		治疗前	治疗 3 周后	治疗前	治疗 3 周后	治疗前	治疗 3 周后
观察组	30	5.49±1.61	1.31±0.11$^{\#}$	14.60±5.67	25.75±6.23$^{\triangle}$	21.16±9.89	4.55±3.53$^{\bigcirc}$
对照组	30	4.96±1.47	2.01±0.91$^{\#\#}$	15.55±5.31	21.20±3.60$^{\triangle\triangle}$	21.29±7.73	9.90±4.67$^{\bigcirc\bigcirc}$
t 值		1.331	4.182	0.669	3.463	0.056	5.005
P 值		0.188	0.000	0.505	0.001	0.955	0.000

注：与治疗前比较，$^{\#}t=8.908$，$P<0.05$；$^{\#\#}t=7.346$，$P<0.05$；$^{\triangle}t=-20.381$，$P<0.05$；$^{\triangle\triangle}t=-10.535$，$P<0.05$；$^{\bigcirc}t=37.969$，$P<0.05$；$^{\bigcirc\bigcirc}t=15.734$，$P<0.05$

来，3D 打印技术在脊柱康复领域呈现出快速发展的趋势，其以功能解剖为基础，从人体生物力学角度出发，根据患者具体情况量身定制，突破了解剖结构上的限制，能设计出与患者脊柱功能高度匹配的外固定支具[12]。相对于传统康复护具，其实现轻量化、美观化的同时，又可以提高固定强度，集中制造的同时还能节约时间和整体成本，甚至在价格方面低于传统护具。

目前，3D 打印技术在医疗领域广泛应用，包括解剖模型、组织工程支架和组织模型等[13]，尤其在康复医学领域，3D 打印技术能为制造矫形器和辅具过程中遇到的诸多问题提供独特的解决方案[14-16]。通过本次研究分析，在中医综合康复治疗的基础上，3D 打印个性化腰椎支具在辅助改善腰椎活动度、腰部疼痛感和提高日常生活能力等方面明显优于传统的腰椎护具，且个性化程度高，可以满足不同患者的佩戴需求。其通过取模、结合腰椎数据和患者的具体病情高度个性化设计完成，在冠状位和矢状位均可以达到限制腰椎活动的目的，降低椎间盘的压力，有利于消除周围软组织的张力，恢复椎间盘的生物力学平衡。为患者提供脊柱支撑和稳定，减轻腰椎压力，且能够固定和保护受损腰椎局部，达到协助缓解腰腿痛的目的。但存在不足的是，本次研究设计时间较短，仅为 1 个疗程。因为经临床观察发现，一部分患者在康复治疗 3 周后，佩戴支具的耐受力呈下降趋势，甚至出现脱落，另一部分患者出现腰背肌肌张力降低等并发症。当然，笔者会做好本次所有研究患者的长期病例收集和数据统计工作，以期提高研究质量。

虽然，目前还没有足够的高等级证据推荐 3D 打印个性化腰椎支具对 LDH 的作用。但通过本次研究证明，3D 打印个性化腰椎支具可以有效辅助减轻腰痛和改善腰椎功能，康复治疗效果明显，可能较普通腰椎护具有更好的应用价值。未来需要通过更为严谨的设计和研究，收集更高价值和高质量的数据，评估 3D 打印个性化腰椎支具对 LDH 的康复治疗疗效，提供更好的 LDH 的临床康复治疗方案。

参考文献

[1] YANG G H, WANG Y, ZENG Y X, et al. Rapid health transition in China, 1990-2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010[J]. Lancet, 2013, 381(9882): 1987-2015.

[2] KALICHMAN L, HUNTER D J. Diagnosis and conservative management of degenerative lumbar spondylolisthesis[J]. Eur Spine J, 2008, 17(3): 327-335.

[3] 中华医学会. 临床诊疗指南：骨科分册[M]. 北京：人民卫生出版社，2009：97-98.
Chinese Medical Association. Clinical diagnosis and treatment guide-orthopedics fascicle[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2009: 97-98. Chinese.

[4] 国家中医药管理局. 中医病证诊断疗效标准[M]. 南京：南京大学出版社，1994：201-202.
NATIONAL ADMINISTRATION OF TRADITIONAL. Chinese Medicine Diagnostic and Curative Effect Standard of Traditional Chinese Medicine Disease Syndrome[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1994: 201-202. Chinese.

[5] 夏瑞明，刘林祥. 医学影像诊断学[M]. 第 3 版. 北京：人民卫生出版社，2014：597.
XIA R M, LIU L X. Medical Imaging Diagnostics[M]. 3rd edition. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014: 597. Chinese.

[6] FUJIWARA A, KOBAYASHI N, SAIKI K, et al. Association of the Japanese Orthopaedic Association score with the Oswestry Disability Index, Roland-Morris Disability Questionnaire, and short-form 36[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2003, 28(14): 1601-1607.

[7] FAIRBANK J C, PYNSENT P B. The oswestry disability index[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(22): 2940-2952.

[8] 郝双林，田宝斌，王玲，等. VAS 测痛法的临床初步评估[J]. 中国医学科学院学报，1994，16(5)：397-399.
HAO S L, TIAN B B, WANG L, et al. A primary evaluation of VAS for use in clinical experimental pain assessment[J]. Acta Acad Med Sin, 1994, 16(5): 397-399. Chinese.

[9] LEVINE J, SCHOOLER N R. SAFTEE: a technique for the systematic assessment of side effects in clinical trials[J]. Psychopharmacol Bull, 1986, 22(2): 343-381.

[10] KIM Y K, KANG D, LEE I, et al. Differences in the incidence of symptomatic cervical and lumbar disc herniation according to age, sex and national health insurance eligibility: a pilot study on the disease's association with work[J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15(10): 2094.

[11] GIBBS D M, VAEZI M, YANG S F, et al. Hope versus hype: what can additive manufacturing realistically offer trauma and orthopedic surgery[J]. Regen Med, 2014, 9(4): 535-549.

[12] BARTLETT S. Printing organs on demand[J]. Lancet Respir Med, 2013, 1(9): 684.

[13] HALEEM A, JAVAID M. 3D scanning applications in medical field: a literature-based review[J]. Clin Epidemiol Glob Health, 2019, 7(2): 199-210.

[14] FERLIN K M, PRENDERGAST M E, MILLER M L, et al. Influence of 3D printed porous architecture on mesenchymal stem cell enrichment and differentiation[J]. Acta Biomater, 2016, 32: 161-169.

[15] WU C T, FAN W, ZHOU Y H, et al. 3D-printing of highly uniform CaSiO3 ceramic scaffolds: preparation, characterization and in vivo osteogenesis[J]. J Mater Chem, 2012, 22(24): 12288-12295.

[16] ZHANG Y L, XIA L G, ZHAI D, et al. Mesoporous bioactive glass nanolayer-functionalized 3D-printed scaffolds for accelerating osteogenesis and angiogenesis[J]. Nanoscale, 2015, 7(45): 19207-19221.

（收稿日期：2022-06-20　本文编辑：王宏）