

论 著

多模态影像学方法评估布依药鹿角壮骨煎液的骨折疗效*

王玉权¹ 金源卿² 周 瑞²
吴 瑜¹ 吴曙光² 曾宪春^{1,*}

1.贵州省人民医院医学影像科
(贵州 贵阳 550002)
2.贵州中医药大学动物研究所
(贵州 贵阳 550025)

【摘要】目的 运用多模态影像学方法评估布依药鹿角壮骨煎液的骨折疗效。方法 通过手术方式制作新西兰白兔左下胫骨中下段骨折模型30只，随机分成实验组15只给予布依药鹿角壮骨煎液灌胃治疗，对照组15只给予等量0.9%生理盐水灌胃治疗。在造模后当天、第7d、15d、21d、30d、42d随机选择2只模型兔分别行常规DR摄片、常规CT及双能量CT扫描，并对CT扫描数据进行冠状矢状位及骨髓成像后处理，对比不同影像学方法对实验组及对照组骨折端的对显示情况。结果 与对照组比较，实验组在X平片、CT平扫、双能量骨髓成像评估中均有统计学差异(P>0.05)，且CT平扫结合双能量骨髓成像对骨折愈合评估更加敏感、准确；对于骨折愈合周期比较，实验组较对照组愈合周期明显缩短，7天时间点骨折的修复评分较对照组提高97.3%。结论 布依药鹿角壮骨煎液可促进骨痂生长，缩短骨折病程，且CT平扫结合双能骨髓成像对骨折愈合的评估更加敏感、准确。

【关键词】双源CT；骨折；布依药鹿角壮骨煎液；影像多模态
【中图分类号】R683
【文献标识码】A
【基金项目】贵州省中医药管理局中医药、民族医药科学技术研究专项课题(QZYY-2020-018)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.047

Multimodal Imaging Method for Evaluating the Therapeutic Effect of Buyi Medicine Deer Antler and Bone Strengthening Decoction on Fractures*

WANG Yu-quan¹, JIN Yuan-qin², ZHOU Rui², WU Yu¹, WU Shu-guang², ZENG Xian-chun^{1,*}.
1.Department of Medical Imaging, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang 550002, Guizhou Province, China
2.Institute of Animal Science, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, Guizhou Province, China

ABSTRACT

Objective Using multimodal imaging methods to evaluate the therapeutic effect of Buyi medicine deer antler bone strengthening decoction on fractures. **Methods** 30 New Zealand white rabbits with left lower limb tibia fracture models were made through surgery. They were randomly divided into an experimental group of 15 rabbits and treated with Buyi medicine deer antler and strong bone decoction by gavage, while the control group of 15 rabbits was treated with an equal amount of 0.9% physiological saline by gavage. On the day of modeling, 7d, 15d, 21d, 30d, and 42d after modeling, two model rabbits were randomly selected to undergo conventional DR imaging, conventional CT, and dual energy CT scans, respectively. The CT scan data were subjected to post-processing of coronal sagittal and bone marrow imaging, and the display of fracture ends in the experimental group and control group using different imaging methods was compared. **Results** Compared with the control group, the experimental group showed statistical differences in X-ray, CT plain scan, and dual energy bone marrow imaging evaluations (P>0.05), and the combination of CT plain scan and dual energy bone marrow imaging was more sensitive and accurate in evaluating fracture healing; For the comparison of fracture healing cycles, the experimental group had a significantly shorter healing cycle compared to the control group, and the repair score of the fracture at the 7-day time point increased by 97.3% compared to the control group. **Conclusion** Buyi medicine deer antler bone strengthening decoction can promote callus growth, shorten the course of fracture, and CT plain scan combined with dual energy bone marrow imaging is more sensitive and accurate in evaluating fracture healing.

Keywords: Dual Source CT; Fracture; Buyi Medicine Deer Antler Bone Strengthening Decoction; Image Multimodality

由于生活节奏加快，现代社会骨折事件频发^[1]。然骨折后无论选择手术或保守治疗，其最终目标是希望骨折早日愈合、恢复功能结构并减少并发症^[2-3]。但临床工作中因大部分骨折源于高能量外伤，骨折类型复杂延缓愈合常有发生，成为骨折患者致残甚至致死的重要原因。祖国民族医药在骨折治疗中有悠久的历史，能够促进骨骼较迅速的愈合，如布依药“鹿角壮骨煎液”经大量临床样本证实能加快骨骼愈合，但更多为临床经验性的总结^[4]。本研究拟对新西兰白兔左下胫骨折模型行布依药“鹿角壮骨煎液”治疗和常规治疗后，通过影像多模态观察比较不同时间点骨折端愈合情况，最终达到获取布依药“鹿角壮骨煎液”治疗骨折的理论依据和可视化评估的目的。

1 资料与方法

1.1 动物模型制备 选择清洁健康成年新西兰白兔30只，由贵州中医药大学实验动物中心提供[实验动物生产许可证：SCXK(黔)2021-0003]、[实验动物使用许可证：SYXK(黔)2021-0005]，体重4.0-4.5kg。购置新西兰白兔后常规饲养3天，以3%的水合氯醛3mL/kg腹腔注射+速眠新二号0.1-0.3mg/kg肌注，大约 5-10分钟麻醉显效后将新西兰白兔以仰卧位固定于操作台并行左下肢剥毛、消毒，选择胫骨中下1/3处铺巾及无菌操作下沿内侧纵行切开皮肤，切口大小约1.5cm，逐层分离暴露胫骨(图1)，切开骨膜显露骨膜下骨质，用骨刀致其横断骨折(图2)，然后逐层缝合。术后进行3d抗感染治疗，肌肉注射青霉素40万U，1次/d。

1.2 药物制备 本实验布依药鹿角壮骨煎液由黔南州中医院药剂科购置，批准文号：黔药制字Z201 30003，规格0.45g×36粒。

1.3 动物分组及给药方法 随机将新西兰白兔骨折模型分为实验组、对照组各15只，并分笼饲养，常规标准饲料并自由摄食、摄水，室温18~20℃的清洁环境。实验组给予布依药鹿角壮骨煎液按剂量5g/(kg·d)灌胃，根据新西兰白兔对人等效剂量的2倍，每日早晚2次。对照组给予等量0.9%生理盐水灌胃，方法同实验组。所有实验动物均在造模后12 h左右给药。

1.4 影像学检查及评估 影像学检查：两组新西兰白兔均在成模型后第7d、15 d、21 d、30 d、42d随机选取3只麻醉后，行DR摄影采用飞利浦 Bucky Diagnost (Philips Medical Systems DMC GmbH, Roentgenstrasse, Hamburg, GERMANY)、CT扫描采

【第一作者】王玉权，男，主管技师，主要研究方向：影像新技术的应用推广研究。E-mail: wangyuquan@117.163.com
【通讯作者】曾宪春，男，主任医师，主要研究方向：腹部影像诊断及影像新技术的应用推广研究。E-mail: zengxianchun04@foxmail.com

用Siemens Somatom Force CT (SOMATOM Force, Siemens Healthcare, Forchheim, Germany)平扫及双能量扫描,将所有数据传至西门子后处理工作站,并通过3D重建界面测量并观察骨折断端、骨髓肿胀、骨痂生长及骨折愈合等情况并进行评分。

骨折愈合的影像学评估:骨折断端愈合评分标准^[5]:1分,骨折线清晰,边缘无或轻微骨膜反应,未见骨痂生成;2分,骨折线稍显模糊,边缘见轻微骨膜反应,少许密度浅淡的骨痂生成;3分,骨折线近乎消失,骨膜反应较明显,骨痂生成增多且密度进一步增高;4分,骨折线完全消失,骨膜反应与骨皮质密度相近并相互连接。

多模态影像学对骨折断端的评估:选取实验后第15天为时间节点,对实验组及对照组实验动物所检查的三种模式:DR检查、CT平扫、CT平扫+双能量骨髓成像评估骨折断端的细节情况,具体评分除参照骨折愈合的影像学评估外,对于骨折断端骨髓水肿的评估:双能量扫描后行骨髓重建,显示骨髓水肿在影像学评估基线上加0.2分,未显示加0分。

1.5 统计学方法 采用SPSS 软件23.0版本,对于图像客观评价指标的比较采用单样本t检验分析,对于图像质量总体评分采用秩和检验分析。检验水准 $P<0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

2.1 一般情况 实验组及对照组各15只新西兰白兔骨折模型,实验观察期因模型动物撕咬固定器导致手术部位感染而死亡共计5

只,包括对照组2只、实验组3只,最终对照组13只、实验组12只参与全程实验研究。

2.2 不同检查方法对骨折愈合情况显示的比较(表1) 不同检查方法对骨折愈合情况评估的比较发现,DR摄片、CT平扫、CT+骨髓水肿三种模态检查在实验组及对照组之间均存在统计学差异($P<0.05$),说明三种方法均可用有效评估骨折的愈合,但究其诊断效能,从评分看DR摄片 $<$ CT平扫 $<$ CT+骨髓水肿,并且相较于DR摄片,CT+骨髓水肿提高一倍以上。

2.3 实验组及对照组不同时间节点的影像学评分的比较(表2) 对新西兰白兔下肢骨折模型实验组及对照组不同时间节点行DR及双源CT影像学评估。对于DR检查,在第7天实验组和对照组间无统计学差异($P>0.05$),而CT检查存在统计学差异;其余时间节点无论DR还是CT检查,两组间均存在统计学差异($P<0.05$)。

2.4 实验组及对照组不同时间节点变化趋势比较(图3、图4) 实验组及对照组变化趋势表明,实验组骨质修复较对照组明显,同时在相同时间内愈合程度较对照组明显提高。其中在7天时间点骨折的修复评分较对照组提高97.3%,并可通过CT检查直观显示;在7至15天实验组CT斜率变化最大,而X观察斜率变化最大出现在15至21天。此外,从影像征象变化趋势发现,骨折断端骨折线清晰、周围软组织肿胀-骨折断端骨密度增高、骨膜反应渐明显-骨折断端骨痂生成渐多、断端边缘仍可见-骨折断端骨痂包绕骨折断端、骨折线模糊-骨折线基本消失、骨小梁力学结构渐为合理(图4)。

表1 不同检查方法对骨折愈合情况评估的比较

	实验组	对照组	t值	P值
DR摄片	1.19±0.18	0.78±0.16	1.28	0.025
CT平扫	2.23±0.44	1.59±0.28	1.25	0.024
CT+骨髓水肿	2.43±0.44	1.79±0.28	1.19	0.020

表2 实验组及对照组不同时间节点的影像学评分的比较

		实验组	对照组	t值	P值
7 d	DR	0.34±0.12	0.11±0.08	1.59	0.064
	CT	0.73±0.16	0.3,6±0.13	1.36	0.028
15 d	DR	1.19±0.18	0.78±0.16	1.28	0.025
	CT	2.23±0.44	1.59±0.28	1.25	0.024
21 d	DR	2.42±0.26	1.54±0.44	1.24	0.029
	CT	3.01±0.50	2.16±0.31	1.08	0.018
30 d	DR	3.02±0.41	2.18±0.43	1.12	0.034
	CT	3.58±0.50	2.54±0.19	1.21	0.017
42 d	DR	3.64±0.21	2.74±0.22	1.32	0.026
	CT	3.91±0.50	3.18±0.27	1.09	0.033



图1-图2 动物模型的制备过程,图1为实验动物固定于操作台上,消毒及备皮。图2为骨刀造成横断骨折模型。

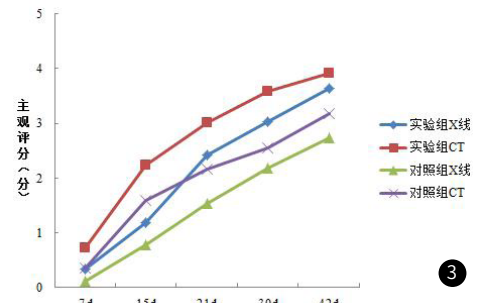


图3 实验组及对照组不同时间节点变化趋势比较

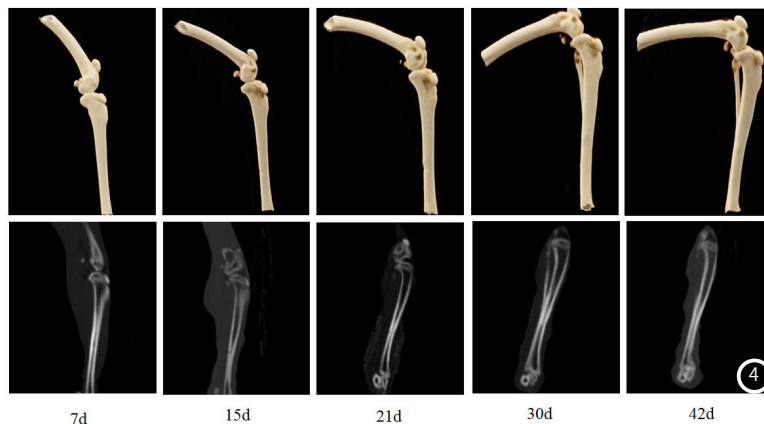


图4 实验组不同时间节点变化趋势

3 讨 论

民族医药是指中国少数民族的传统医药，民族地区有着独特的自然条件和生活习俗，长期实践形成了对某些疾病独特的治疗经验^[6]。如高寒地区专长于治疗风湿病，鄂伦春族对冻伤有独特治疗方法，草原游牧民族则善于治跌打损伤和脑震荡等^[7-9]。贵州是喀斯特地质地貌发育最典型最复杂的高原地区^[10]，同时也是布依族、苗族群居地，民族医药具有自己的特色，且老百姓对于民族医药信任程度高。由贵州省黔南州中医院经数十年悉心研究和改进的布依药“鹿角壮骨煎液”是布依族民间药方，采用告独六（鹿角霜）、萝卜难（续断）、印乃岂（骨碎补）、龙自然（自然铜）、戈难巩（党参）、专雄（川芎）等10多种布依药为原料按照一定比例加工而成^[11]，长期的临床实践表明强筋壮骨、补益肝肾功效确切，尤其是加快骨折愈合，缩短病程疗效显著。但布依药“鹿角壮骨煎液”在骨折治疗过程中，折端愈合情况目前为止未见准确直观可视化评估^[12-13]。因此，动态观察骨折后布依药“鹿角壮骨煎液”的修复能力，获取布依药“鹿角壮骨煎液”治疗骨折的理论依据和可视化诊断值得深入研究。

本研究发现，通过对实验组及对照组实验后第15天为时间节点的三种检查模式比较发现，DR摄片、CT平扫、CT+骨髓水肿三种模式检查均可用有效评估骨折的愈合。但究其绝对评分可见，DR摄片差于CT平扫，而CT平扫差于CT+骨髓水肿。且相较于DR摄片，CT+骨髓水肿的绝对评分提高一倍以上，说明CT平扫结合双能骨髓成像对骨折愈合的评估能提供更多信息，为临床精准评估提供更多依据。同时，与对照组相比，实验组不同时间节点DR检查及双源CT摄片影像学评估中，除成模第7天DR摄片外，均存在统计学差异($P>0.05$)，说明无论是DR摄片及双源CT扫描，均能有效显示和评估骨折愈合的情况。但对于成模第7天DR摄片实验组与对照组间无统计学差异，分析原因可能由于DR检查是重叠成像，且早期周围软组织影肿胀较重，导致骨折断端细微的改变显示不清晰所致。而对于CT显示，由于其组织分辨率较DR高，所以7天观察时可以被监测到而存在统计学差异。此外，对于实验组及对照组不同时间节点变化趋势表明，实验组骨质修复较对照组明显，同时在相同时间内愈合程度较对照组明显提高。其中在7天时间点骨折的修复评分较对照组提高97.3%，并可通过CT检查直观显示；在7至15天实验组CT斜率变化最大，而DR检查观察斜率变化最大出现在15至21天。此外，从影像征象变化趋势发现，骨折断端骨折线清晰、周围软组织肿胀-骨折断端骨密度增高、骨膜反应渐明显-骨折断端骨痂生成渐多、断端边缘仍可见-骨折断端骨痂包绕骨折断端、骨折线模糊-骨折线基本消失、骨小梁力学结构渐为合理，符合骨修复再塑的生物学行为。因此，充分说明布依药“鹿角壮骨煎液”能加快骨折愈合，缩短病程疗效显著。同时DR摄片结合CT检查对骨折愈合过程能更早及准确评估。当然本研究也存在不足，其一，并未对布依药“鹿角壮骨煎液”加快骨折的药理作用进行深入分析；其二，并未对布依药“鹿角壮骨煎液”按照计量分组，或者改药的剂量大小可能同样会导致骨折的愈合效果。上述不足将在其后的研究中改进、完善并深入研究。

综上所述，本研究通过影像多模态对动物骨折模型愈合过程行对比评估，进一步验证布依药“鹿角壮骨煎液”可促进骨痂生长，提高骨折治愈，缩短患者病程，且CT平扫结合双能骨髓成像对骨折愈合的评估更加准确，值得临床推广。

参考文献

[1] 胡小峰, 郑晓飞, 李建美, 等. 全膝关节置换术治疗髌臼骨折后继发创伤性关节炎的中远期疗效分析[J]. 中国临床医生杂志, 2023, 51 (12): 1466-1468.

[2] 吕陆寅, 鲁启源, 杨晓强, 等. 肌少症患者髌部骨折治疗的研究进展[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2023, 31 (12): 84-88.

[3] 林伟文, 刘刚, 刘凌杰, 等. CT扫描成像对后踝关节内嵌入骨块形态学分析的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22 (4): 160-162.

[4] 王羿, 何先游, 苏军. 布依药鹿角壮骨煎液对大鼠骨折模型愈合的影响[J]. 广州中医药大学学报, 2014, 31 (2): 260-263, 321.

[5] 李志鹏, 环大维, 袁兆丰, 等. 老年股骨颈骨折全髋或半髋关节置换的中远期状态: 倾向性评分匹配法评价[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28 (24): 3839-3844.

[6] 杜梦凡, 陈灿, 陈一仁, 等. 基于中医传承辅助系统挖掘三期辨证指导下中医治疗骨质疏松性骨折的用药规律[J]. 中国医药导报, 2023, 20 (20): 34-38.

[7] 肖远平, 王伟杰. 大健康产业背景下民族医药民俗的传承与保护研究[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2016, 36 (4): 29-33.

[8] 傅文第, 邱维鹏, 孟健男, 等. 东北地区满族民间医药文化研究[J]. 文化创新比较研究, 2023, 7 (17): 77-80, 87.

[9] 鲁姝, 韩飞, 孔祥文, 等. 民族药在北京中医药大学第三附属医院临床使用中合理性分析[J]. 临床药物治疗杂志, 2017, 15 (1): 21-24.

[10] 杨兴艺, 包玉, 王志泰, 等. 喀斯特区城市遗存山体野境自然野性评价-以贵阳为例[J]. 生态学报, 2022, 42 (24): 9995-10010.

[11] 王羿, 何先游. 从X线影像学观测布依药鹿角壮骨煎液对大鼠骨折模型的作用[J]. 云南中医中药杂志, 2015, 36 (2): 59-60.

[12] 宋贤亮, 锁咏梅, 邱晓晖, 等. CT值及差值定量评估新鲜与陈旧骨质疏松性椎体压缩骨折的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22 (2): 162-164.

[13] 谭小波, 莫世赞, 李翔翔, 等. 改良法置钉对合并下胫腓联合分离的踝关节骨折治疗效果[J]. 中国医药指南, 2023, 21 (33): 62-64.

(收稿日期: 2023-12-08)
(校对编辑: 翁佳鸿)