doi:10.11659/jjssx.07E022116

·临床研究·

弹簧钩钢板在踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤内固定中的应用

张宏斌[1],荣 锦[2],张立峰[1],刘婷婷[3],关鹏飞[1] (1.唐山市第二医院创伤五科,河北 唐山 063000;2.唐山市第二医院手术室,河北 唐山 063000;3.唐山市第二医院手三科,河北 唐山 063000)

[摘 要] **目的** 探究弹簧钩钢板在骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤治疗中的应用效果。**方法** 选取我院102例骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤患者,采用随机数字表法分为观察组和对照组,每组51例。2组患者均行切开复位内固定治疗,对照组采用空心螺钉固定后踝骨块,观察组采用弹簧钩钢板固定后踝骨块。比较2组患者手术情况、术后康复情况、骨痂评分、骨代谢指标[Ⅰ型前胶原氨基端前肽(PI-NP)、转化生长因子-β1(TGF-β1)、骨形态发生蛋白-2(BMP-2)]、踝关节功能恢复情况以及并发症发生情况。**结果** 观察组术后引流量少于对照组,住院时间、骨折愈合时间均短于对照组($P<0.05$);观察组术后1个月、2个月、3个月的骨痂评分均高于对照组($P<0.05$);观察组术后3个月血清PI-NP、TGF-β1、BMP-2水平均高于对照组($P<0.05$);观察组术后6个月踝关节功能优良率高于对照组($P<0.05$);观察组并发症总发生率低于对照组($P<0.05$)。**结论** 在骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤的切开复位内固定治疗中,采用弹簧钩钢板固定后踝骨块能促进患者术后康复,改善术后骨代谢,促进骨折愈合,减少并发症的发生,进一步提高踝关节功能。

[关键词] 骨质疏松性踝关节骨折;粉碎性踝关节后方结构损伤;内固定;弹簧钩钢板;空心螺钉

[中图分类号] R687.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-07-29

Application of spring hook plate in internal fixation of ankle fracture and comminuted posterior structural injury of ankle

ZHANG Hong-bin[1], RONG Jin[2], ZHANG Li-feng[1], LIU Ting-ting[3], GUAN Peng-fei[1] (1. Fifth Department of Trauma, Tangshan Second Hospital, Tangshan Hebei 063000, China; 2. Operating Room, Tangshan Second Hospital, Tangshan Hebei 063000, China; 3. Third Department of Hand Surgery, Tangshan Second Hospital, Tangshan Hebei 063000, China)

Abstract: Objective To explore the application effect of spring hook plate in the treatment of osteoporotic ankle fracture and comminuted posterior structural injury of ankle. **Methods** A total of 102 patients with osteoporotic ankle fracture and comminuted posterior structural injury of ankle in our hospital were selected and divided into the observation group and the control group according to random number table method, with 51 cases in each group. Patients in both groups were treated with open reduction and internal fixation, the control group was treated with cannulated screw to fix the posterior malleolus fragment, and the observation group was treated with a spring hook plate to fix the posterior malleolus block. The operation condition, postoperative rehabilitation, callus score, and bone metabolism indexes [N-terminal propeptide of type Ⅰ precollagen (PINP), transforming growth factor-β1 (TGF-β1), bone morphogenetic proteins-2 (BMP-2)], ankle function recovery and incidence of complication of the two groups were compared. **Results** The postoperative drainage volume of the observation group was less than that of the control group ($P<0.05$), and the hospitalization time and fracture healing time were shorter than those of the control group ($P<0.05$). The callus scores 1 month, 2 months and 3 months after operation in the observation group were higher than those in the control group ($P<0.05$). The levels of serum PI-NP, TGF-β1 and BMP-2 3 months after operation in the observation group were higher than those in the control group ($P<0.05$). The excellent and good rate of ankle function 6 months after operation in the observation group was higher than that in the control group ($P<0.05$). The total incidence of complications in the observation group was lower than that in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** In the open reduction and internal fixation treatment of osteoporotic ankle fracture and comminuted posterior structural injury of ankle, the use of spring hook plate to fix the posterior malleolus fragment can promote postoperative rehabilitation of patients, improve postoperative bone metabolism, promote fracture healing, reduce complications, and further improve ankle function.

Keywords: osteoporotic ankle fracture; comminuted posterior structural injury of ankle; internal fixation; spring hook plate; cannulated screw

踝关节骨折是创伤骨科常见骨折之一,主要由交通事故、扭伤、重物砸伤等引起,其发生率占全身骨折的6.78%,好发于老年群体和骨质疏松症患者[1-2]。后踝是踝关节内固定术中的关键骨块,其复位及固定效果直接影响患者预后,同时,内固定方法及材料不同,临床效果也存在一定差异[3]。目前,空心螺钉、1/3管型钢板是踝关节后方结构损伤后的常用内固定材料[4-5]。对于骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤患者,采用空心螺钉或1/3管型钢板固定后踝骨块难以获得有效的加压固定效果,术后早

[基金项目] 河北省2020年度医学科学研究课题计划(20201451)

[通信作者] 张宏斌,E-mail:26756183@qq.com

期活动易造成固定失效,不利于踝关节功能恢复。弹簧钩钢板是笔者基于传统钢板改良并结合多年临床经验设计的新型内固定材料,其在踝关节骨折中的应用效果目前尚不明确。本研究探究弹簧钩钢板在骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤治疗中的应用效果,旨在为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

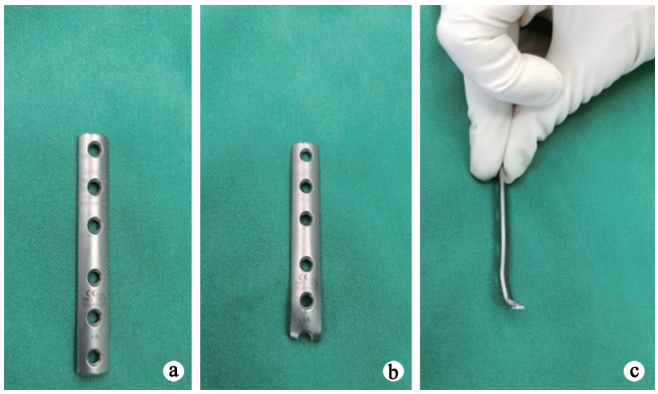
选取2020年9月至2021年9月我院102例骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤患者,采用随机数字表法分为观察组和对照组,每组51例。观察组中,男21例,女30例;年龄55~69岁,平均(60.12±2.54)岁;骨质疏松性踝关节骨折38例,粉碎性踝关节后方结构损伤13例。对照组中,男24例,女27例;年龄53~68岁,平均(59.27±3.13)岁;骨质疏松性踝关节骨折41例,粉碎性踝关节后方结构损伤10例。2组患者一般资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。本研究经我院伦理委员会审批[(2020)伦审第(761)号],患者均就本研究签署知情同意书。

纳入标准:①骨质疏松性踝关节骨折均参照《骨质疏松性骨折诊疗指南》[6]确诊,粉碎性踝关节后方结构损伤经X射线、CT等影像学检查确诊;②首次发生踝关节骨折;③骨折前下肢功能正常;④Haraguchi Ⅱ型或Ⅲ型后踝骨折。排除标准:①患有精神疾病或心理障碍;②患有血液系统疾病;③合并其他部位骨折;④患有骨关节炎;⑤合并感染,肝、肾功能障碍及免疫系统疾病。

1.2 方法

2组患者均行切开复位内固定治疗,患者取仰卧位,行全身麻醉或腰硬联合麻醉,大腿上气囊止血带(60 kPa)。于内踝作弧形切口(长4 cm左右)并切开,显露骨折线,清理积血、嵌插的软组织,碎骨块对位,复位骨折端,采用2枚克氏针临时固定;沿外踝作纵形切口(长10 cm左右),将外踝骨折复位,采用解剖钢板固定,于腓骨短肌及足跨长屈肌间隙进入,显露后踝骨折线,将后踝骨折复位。观察组采用弹簧钩钢板(图1)固定后踝骨块,弹簧钩钢板紧贴后踝,螺钉固定,若患者存在下胫腓韧带损伤,则于踝关节斜向前内侧钻孔,用2枚螺钉由外向内将下胫腓关节固定,C型臂X射线机透视确认骨折复位良好、弹簧钩钢板长度合适、内固定位置满意后冲洗切口,止血后常规缝合。对照组采用空心螺钉固定后踝骨块,采用空心钻钻孔,根据骨折块大小,拧入1~2枚空心钉,其余操作同观察组。

2组术后均根据患者情况进行早期康复训练,骨质疏松症患者术后参照《骨质疏松性骨折诊疗指南》[6]行抗骨质疏松治疗。



a:1/3管型钢板;b、c:弹簧钩钢板

图1 1/3管型钢板与弹簧钩钢板

1.3 观察指标

比较2组患者手术和术后康复情况,包括手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、骨折愈合时间。根据X射线检查结果评估2组患者术后1个月、2个月、3个月骨痂评分,评估标准:骨折线边缘模糊,未形成骨痂,计1分;骨折边缘消失,骨折处有一侧骨痂形成,计2分;骨折边缘消失,骨折端骨痂形成,计3分。比较2组患者术前、术后3个月骨代谢指标,包括Ⅰ型前胶原氨基端前肽(N-terminal propeptide of type Ⅰ precollagen,PI-NP)、转化生长因子-β1(transforming growth factor-β1,TGF-β1)、骨形态发生蛋白-2(bone morphogenetic proteins-2,BMP-2),采集患者术前、术后3个月空腹静脉血,离心取血清,采用酶联免疫吸附法(北京百奥莱博)检测各指标水平。比较2组患者踝关节功能恢复情况,术后6个月根据美国足踝外科协会踝-后足评分标准[7]评估,总分100分,90分及以上为优、75~89分为良、50~74分为可、50分以下为差,优良率=(优例数+良例数)/总例数×100%。比较2组患者术后6个月内并发症(切口感染、肌腱激惹、关节面塌陷、内固定松动)的发生率。

1.4 统计学方法

采用SPSS 22.0统计软件分析数据。计数资料以率(%)表示,采用χ^2检验。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用t检验。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术和术后康复情况

观察组术后引流量少于对照组,住院时间、骨折愈合时间均短于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);2组患者手术时间和术中出血量比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。

表 1 手术和术后康复情况($\bar{x}\pm s$,$n=51$)

组别	手术时间(min)	术中出血量(mL)	术后引流量(mL)	住院时间(d)	骨折愈合时间(周)
观察组	83.26±13.71	51.42±10.17	48.27±10.53	11.82±2.34	11.72±1.08
对照组	80.92±12.58	52.38±9.65	53.12±12.46	13.07±2.59	12.39±1.13
t	0.898	0.489	2.123	2.557	3.061
P	0.371	0.626	0.036	0.012	0.003

2.2 骨痂评分

观察组术后 1 个月、2 个月、3 个月的骨痂评分均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 2。

2.3 骨代谢指标

术后 3 个月,2 组患者血清 PI-NP、TGF-β1、BMP-2 水平均明显高于术前,差异有统计学意义($P<0.05$),且观察组以上指标均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

表 2 骨痂评分($\bar{x}\pm s$,$n=51$,分)

组别	术后 1 个月	术后 2 个月	术后 3 个月
观察组	1.35±0.41	2.10±0.46	2.77±0.16
对照组	1.13±0.35	1.83±0.41	2.45±0.47
t	2.915	3.129	4.603
P	0.004	0.002	<0.001

表 3 骨代谢指标($\bar{x}\pm s$,$n=51$)

组别	PI-NP(μg/mL)		TGF-β1(μg/L)		BMP-2(ng/L)	
	术前	术后 3 个月	术前	术后 3 个月	术前	术后 3 个月
观察组	18.61±3.82	30.12±6.79*	338.74±45.67	437.55±52.18*	49.67±9.34	91.23±13.62*
对照组	19.34±4.05	27.24±6.31*	345.18±48.20	412.78±50.93*	50.29±10.15	85.41±12.09*
t	0.936	2.219	0.693	2.426	0.321	2.282
P	0.351	0.029	0.490	0.017	0.749	0.025

*:与术前比较,$P<0.05$

2.4 踝关节功能

术后 6 个月,观察组踝关节功能优良率高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 4。

表 4 术后 6 个月踝关节功能[$n=51$,例(%)]

组别	优	良	可	差	优良
观察组	26(50.98)	22(43.14)	3(5.88)	0(0)	48(94.12)
对照组	21(41.18)	20(39.22)	8(15.69)	2(3.92)	41(80.39)
χ^2					4.320
P					0.038

2.5 并发症

观察组并发症总发生率低于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 5。

表 5 并发症[$n=51$,例(%)]

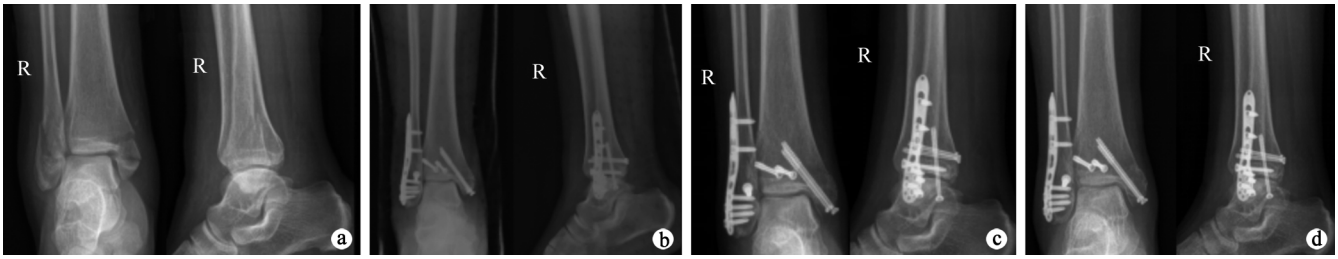
组别	切口感染	肌腱激惹	关节面塌陷	内固定松动	合计
观察组	1(1.96)	0(0)	1(1.96)	0(0)	2(3.92)
对照组	2(3.92)	1(1.96)	2(3.92)	3(5.88)	8(15.69)
χ^2					3.991
P					0.046

2.6 典型病例

对照组典型病例:患者,女,58 岁,右侧骨质疏松性踝关节骨折,行切开复位内固定治疗,采用空心螺钉固定后踝骨块,术后 6 个月踝关节功能达到优标准(图 2)。观察组典型病例:患者,女,60 岁,右侧骨质疏松性踝关节骨折,行切开复位内固定治疗,采用弹簧钩钢板固定后踝骨块,术后 6 个月踝关节功能达到优标准(图 3)。

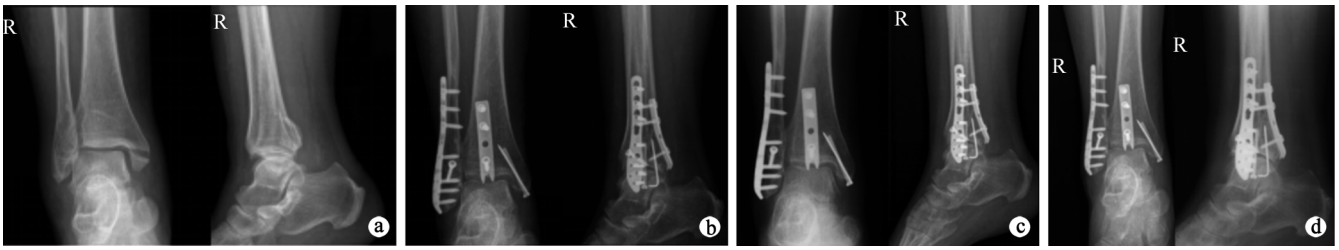
3 讨论

既往临床治疗后踝骨折多采用空心螺钉、1/3 管型钢板,可获得良好固定效果[8]。但骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤的固定难度大,加压强度降低导致术后易出现内固定松动[9]。为解决这一问题,笔者结合后踝解剖结构特点,对 1/3 管型



a:术前;b:术后 1 个月;c:术后 2 个月;d:术后 3 个月

图 2 对照组典型病例手术前后 X 射线片



a:术前;b:术后 1 个月;c:术后 2 个月;d:术后 3 个月

图 3 观察组典型病例手术前后 X 射线片

钢板进行改良,制成弹簧钩钢板,并将其应用于骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤患者切开复位内固定治疗中,结果显示,与采用常规空心螺钉固定后踝骨块比较,踝关节骨折患者切开复位内固定治疗中采用弹簧钩钢板固定后踝骨块不会增加手术时间和术中出血量,但能明显减少术后引流量,缩短住院时间,可见弹簧钩钢板固定后踝骨块能促进患者术后康复。分析其原因在于,弹簧钩钢板是在1/3管型钢板的基础上改良设计而成,将 1/3 管型钢板远端一孔折弯成 90°,然后用克丝钳将折弯孔呈 45°锐角剪断,使之形成远端 90°双尖弯钩弹簧钢板,其体积菲薄,软组织占位干扰小,且弹簧钩钢板远端 90°双尖钩垂直刺入后踝骨质,避免了远端钉孔置钉,减少了对局部血供的损伤,有助于术后软组织愈合,从而可促进患者康复。

观察骨痂生长情况是判断骨折愈合情况的有效方法[10-11]。本研究结果显示,采用弹簧钩钢板固定后踝骨块能明显提高患者术后 1 ~3 个月的骨痂评分,且能明显缩短骨折愈合时间,说明采用弹簧钩钢板固定后踝骨块能加速骨痂形成,促进骨折愈合。考虑原因为弹簧钩钢板远端通过尖锐的弯钩嵌入后踝骨质内,无需在远端钉孔内置钉,既可通过近端的滑动孔对折进行纵向加压,又可控制后踝骨块的侧方移位,同时兼具 1/3 管型钢板的弹性效应,能抵消纵向剪切力可能导致的后踝骨块上移,可在不额外增加副损伤的基础上,实现后踝骨块由点状垂直加压固定到面状弹性加压固定的效果,增加力学稳定性,有助于患者术后早期进行功能锻炼,降低术后制动可能导致的不良后果,且弹性固定在一定程度上可获得骨折端微动,有助于刺激新骨形成,形成骨性连接,加速骨折愈合。本研究结果还显示,采用弹簧钩钢板固定后踝骨块后,患者术后血清 PI-NP、TGF-β1、BMP-2 水平均升高。其中 PI-NP 是反映机体骨形成和骨吸收的重要标志物[12],骨折愈合过程中 PI-NP 水平升高提示机体骨折愈合能力增强[13-14]。TGF-β1、BMP-2 是骨代谢和重塑过程中发挥重要作用的因子,TGF-β1 能促进骨细胞发育,BMP-2 具有诱导骨细胞分化和成熟的作用,二者形成的通路被激活能促进骨折愈合[15-16]。由此可见,弹簧钩钢板固定后踝骨块能促进骨折愈合,但其具体作用机制尚未明确,仍需进一步深入探讨。本研究还发现,采用弹簧钩钢板固定后踝骨块能显著提升踝关节功能优良率,同时可降低术后并发症发生率,进一步说明弹簧钩钢板固定后踝骨块在骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤患者切开复位内固定治疗中具有较高的有效性及可行性。

综上可知,骨质疏松性踝关节骨折及粉碎性踝关节后方结构损伤的切开复位内固定治疗中采用弹簧钩钢板固定后踝骨块能促进患者术后康复,提高患者的踝关节功能,改善术后骨代谢情况,促进骨折愈合,降低并发症发生率,具有较高推广应用价值。

[参考文献]

[1] 朱 伟,邱旭升,施鸿飞,等. 1080 例踝关节骨折的流行病学分析[J]. 实用骨科杂志,2018,24(3):230 - 233. doi:10. 13795/j. cnki. sgkz. 2018. 03. 010.

[2] Hjelle AM, Apalset EM, Gjertsen JE, et al. Associations of overweight, obesity and osteoporosis with ankle fractures[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1):723. doi:10. 1186/s12891 - 021 - 04607 - 9.

[3] Blom RP, Meijer DT, de Muinck Keizer RO, et al. Posterior malleolar fracture morphology determines outcome in rotational type ankle fractures[J]. Injury, 2019, 50(7):1392 - 1397. doi:10. 1016/j. injury. 2019. 06. 003.

[4] 沈 骏,高田田,杨 杰. 抗滑钢板固定和空心钉固定治疗伴后踝骨折踝关节骨折患者的疗效及安全性比较[J]. 临床和实验医学杂志,2020,19(12):1328 - 1331. doi:10. 3969/j. issn. 1671 - 4695. 2020. 12. 028.

[5] Xia X, Yang Z, Deng C, et al. Effects of microsurgical repair treatment on the clinical efficacy, complications, and flap follow-up scores of patients with exposed steel plates after surgery for foot and ankle fractures[J]. Ann Palliat Med, 2020, 9(6):4089 - 4096. doi:10. 21037/apm - 20 - 2018.

[6] 中华医学会骨科学分会骨质疏松学组. 骨质疏松性骨折诊疗指南[J]. 中华骨科杂志,2017,37(1):1 - 10. doi:10. 3760/cma. j. issn. 0253 - 2352. 2017. 01. 001.

[7] Kostuj T, Stief F, Hartmann KA, et al. Using the Oxford Foot Model to determine the association between objective measures of foot function and results of the AOFAS Ankle-Hindfoot Scale and the Foot Function Index: a prospective gait analysis study in Germany[J]. BMJ Open, 2018, 8(4):e019872. doi:10. 1136/bmjopen - 2017 - 019872.

doi:10.11659/jjssx.08E022055

·临床研究·

完全性左侧卧位在腹腔镜下肝Ⅶ段切除术中的临床应用

金 伟,招富林,刘雨声,黄 海 (广西医科大学附属武鸣医院肝胆外科,广西 南宁 530199)

[摘 要] **目的** 探讨完全性左侧卧位在腹腔镜下肝Ⅶ段切除术中的临床应用价值。**方法** 选择本院收治的肝Ⅶ段肝细胞癌患者60例,按照随机数字表法分为观察组和对照组,每组30例。观察组行完全性左侧卧位腹腔镜下肝Ⅶ段切除术,对照组实施左侧倾斜30°~60°大字斜坡卧位腹腔镜下肝Ⅶ段切除术。比较2组患者手术时间、术中出血量、术后引流量、术后留置引流时间、摆放体位耗时、术中手术床调整频次、中转开腹率及术中解剖性肝切除率;分析2组患者手术前后肝功能指标变化;统计围术期并发症发生率。**结果** 观察组患者手术时间及术后留置引流时间均短于对照组($P<0.05$),术中出血量及术后引流量均低于对照组($P<0.05$),观察组患者术中手术床调整频次少于对照组($P<0.05$),术中解剖性肝切除率显著高于对照组($P<0.05$);观察组患者术后肝功能指标水平低于对照组($P<0.05$);观察组患者围术期并发症发生率低于对照组($P<0.05$)。**结论** 完全性左侧卧位下腹腔镜肝Ⅶ段切除术可缩短手术时间,减少术中出血量,提高解剖性肝切除率,改善术后肝功能,降低手术并发症发生率。

[关键词] 手术体位;完全性左侧卧位;腹腔镜;肝Ⅶ段切除;解剖性肝切除率

[中图分类号] R735.7 [文献标识码] A [收稿日期] 2022-08-09

Clinical application of complete left lateral position in laparoscopic hepatectomy for segment Ⅶ

JIN Wei, ZHAO Fu-lin, LIU Yu-sheng, HUANG Hai (Department of Hepatobiliary Surgery, Wuming Hospital Affiliated to Guangxi Medical University, Nanning Guangxi 530199, China)

Abstract: Objective To explore the clinical application value of complete left lateral position in laparoscopic hepatectomy for segment Ⅶ. **Methods** A total of 60 patients with hepatocellular carcinoma in Ⅶ hepatic segment were selected and randomly divided into the observation group and the control group according to random number table, with 30 cases in each group. Patients in the observation group received complete laparoscopic hepatectomy for segment Ⅶ with the left lateral position, while patients in the control group received laparoscopic hepatectomy for segment Ⅶ with the left oblique position of 30° ~ 60°. The operation time, intraoperative bleeding volume, postoperative drainage volume, postoperative indwelling and drainage time, posture time, frequency of intraoperative operating bed adjustment,

[基金项目] 国家自然科学基金(82060478)

[通信作者] 黄 海,E-mail:huanghai138@126.com

[8] 许腾飞,龙 毅.微型钢板内固定与螺钉内固定治疗后踝关节骨折患者的疗效比较[J].创伤外科杂志,2020,22(7):547-550.doi:10.3969j.issn.1009-4237.2020.07.017.

[9] 陈 雪,张展榕,邓子翔,等.老年骨质疏松性踝关节骨折切开复位固定的疗效[J].中华创伤杂志,2020,36(1):39-44.doi:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2020.01.009.

[10] Naveiro JM, Puértolas S, Rosell J, et al. A new approach for initial callus growth during fracture healing in long bones[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2021, 208(1): 106262. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106262.

[11] Wilson CJ, Epari DR, Ernst M, et al. Morphology of bony callus growth in healing of a sheep tibial osteotomy[J]. Injury, 2021, 52(1): 66-70. doi:10.1016/j.injury.2020.10.083.

[12] Cavalier E, Lukas P, Bottani M, et al. European Biological Variation Study (EuBIVAS): within-and between-subject biological variation estimates of β-isomerized C-terminal telopeptide of type I collagen (β-CTX), N-terminal propeptide of type I collagen (PINP), osteocalcin, intact fibroblast growth factor 23 and uncarboxylated-unphosphorylated matrix-Gla protein-a cooperation between the EFLM Working Group on Biological Variation and the International Osteoporosis Foundation-International Federation of Clinical Chemistry Committee on Bone Metabolism[J]. Osteoporos Int, 2020, 31(8): 1461-1470. doi: 10.1007/s00198-020-05362-8.

[13] 伯 宇,金 云,臧 园,等.高压氧综合治疗对胫骨骨折患者术后愈合及骨性标志物水平的影响[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2019,26(6):583-587.doi:10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2019.06.025.

[14] 郭瑞峰,郑 稼.微创前外侧入路下全髋置换术对股骨颈骨折患者骨代谢指标及髋关节功能的影响[J].中国骨伤,2019,32(12):1117-1122.doi:10.3969/j.issn.1003-0034.2019.12.010.

[15] Buarque de Gusmão CV, Batista NA, Vidotto Lemes VT, et al. Effect of low-intensity pulsed ultrasound stimulation, extracorporeal shockwaves and radial pressure waves on Akt, BMP-2, ERK-2, FAK and TGF-β1 during bone healing in rat tibial defects[J]. Ultrasound Med Biol, 2019, 45(8): 2140-2161. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.04.011.

[16] Ali AA, Mukhtar MM, Shaheen S, et al. Assessment of plasma BMP-2, BMP-7, BMP-10, vitamin D, and TGF β1 in simple fractures among Sudanese patients[J]. PLoS One, 2021, 16(2): e0247472. doi: 10.1371/journal.pone.0247472.

(编辑:贺绍梅)