

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2012.43.024 [http://www.crter.org/crter-2012-qikanquanwen.html]

梁文楷, 郭全义, 韩树峰, 张莉, 彭江, 汪爱媛, 陆翔, 梁增义, 许文静, 卢世璧. Micro-CT联合硬膜外造影在医用自交联透明质酸钠凝胶预防椎板切除后硬膜外粘连中的应用[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(43): 8094-8099

Micro-CT联合硬膜外造影在医用自交联透明质酸钠凝胶预防椎板切除后硬膜外粘连中的应用★◇

梁文楷¹, 郭全义², 韩树峰¹, 张莉², 彭江², 汪爱媛², 陆翔², 梁增义³, 许文静², 卢世璧²◇

¹山西医科大学第一临床医学院, 山西省太原市030001; ²解放军总医院骨科研究所, 北京市100853; ³北京中佑生物科技有限公司, 北京市100853

梁文楷★, 男, 1984年生, 山西省太原市人, 汉族, 山西医科大学在读硕士, 主要从事脊柱外科研究。iwvvi@163.com

通讯作者: 郭全义, 主任医师, 解放军总医院骨科研究所, 北京市100853
doctorguo@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: B
文章编号: 2095-4344
(2012)43-08094-06

收稿日期: 2012-02-08
修回日期: 2012-03-18
(20120105015/GW-T)

文章亮点: 应用 Micro-CT 联合硬膜外造影技术观察和评估自交联透明质酸钠凝胶预防椎板切除后硬膜外粘连的可行性, 发现 Micro-CT 联合硬膜外造影技术能够有效观察和评估硬膜外粘连; 两种医用自交联透明质酸钠凝胶 HyaRegen/SP I 和 HyaRegen/SP II 能够有效预防兔椎板切除后硬膜外粘连的发生。

关键词: Micro-CT; 硬膜外造影; 透明质酸钠凝胶; 硬膜外粘连; 对比剂; 生物材料

摘要

背景: 二维平面角度已证实医用自交联透明质酸钠凝胶能够在术后 8 周有效预防兔椎板切除后硬膜外粘连的发生。

目的: 应用 Micro-CT 联合硬膜外造影技术观察和评估自交联透明质酸钠凝胶预防椎板切除后硬膜外粘连的可行性。

方法: 将 18 只 L₅ 椎板全切除的新西兰大白兔随机分组: 对照组用生理盐水冲洗术区后关闭切口; HyaRegen/SP I 组用医用自交联透明质酸钠凝胶 HyaRegen/SP I 0.5 mL 覆盖暴露硬脊膜后关闭切口; HyaRegen/SP II 组用医用自交联透明质酸钠凝胶 HyaRegen/SP II 0.5 mL 覆盖暴露硬脊膜后关闭切口。

结果与结论: 各组体感诱发电位潜伏期均无明显延长, 3 组间差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。Micro-CT 联合硬膜外造影扫描并三维重建后显示, HyaRegen/SP I 组及 HyaRegen/SP II 组对比剂能够顺利充盈硬膜外间隙, 对照组对比剂充盈不顺畅, 在术区局部形成多处充盈缺损。HyaRegen/SP I 组及 HyaRegen/SP II 组术区硬脊膜外单位体积内对比剂充盈体积均高于对照组 ($P < 0.05$), 前 2 组间差异无显著性意义 ($P > 0.05$)。对照组硬膜外粘连程度要远高于 HyaRegen/SP I 组及 HyaRegen/SP II 组 ($P < 0.05$)。证实医用自交联透明质酸钠凝胶可有效预防兔椎板切除后硬膜外粘连的发生, 应用 Micro-CT 联合硬膜外造影技术能有效观察和评估硬膜外粘连。

Application of Micro-CT combined with epidurography in medical self-crosslinked sodium hyaluronate gel for the prevention of epidural adhesions after laminectomy

Liang Wen-kai¹, Guo Quan-yi², Han Shu-feng¹, Zhang Li², Peng Jiang², Wang Ai-yuan², Sui Xiang², Liang Zeng-yi³, Xu Wen-jing², Lu Shi-bi²

Abstract

BACKGROUND: Medical self-crosslinked sodium hyaluronate gel can effectively prevent epidural adhesions after laminectomy in rabbits within 8 weeks after operation, which has been confirmed by planar angle.

OBJECTIVE: To observe and evaluate the practicability of self-crosslinked sodium hyaluronate gel in preventing epidural adhesions by using Micro-CT combined with epidurography.

METHODS: Eighteen new Zealand white rabbits with total lumbar laminectomy at L₅ level were randomly divided into three groups: control, HyaRegen/SP I and HyaRegen/SP II groups. In the control group, only normal saline was used to flush the laminectomy area before wound closure, while in HyaRegen/SPI and HyaRegen/SP II groups, the exposed dura mater was covered with 0.5 mL HyaRegen/SPI or 0.5 mL HyaRegen/SPII, respectively before wound closure.

RESULTS AND CONCLUSION: The latency of cortical somatosensory evoked potentials was not delayed obviously in each group, and there was no significant difference in the three groups ($P > 0.05$). The scanning of Micro-CT combined with epidurography and the images of three-dimensional reconstruction showed that contrast agent could fill the epidural space smoothly in the HyaRegen/SP I and HyaRegen/SP II groups, but not in the control group, and many filling defects in local operation area could be observed. In addition, the filling volume of contrast agent of the HyaRegen/SP I and HyaRegen/SP II groups in the unit volume of operation area was higher than that in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference between HyaRegen/SPI and HyaRegen/SP II groups ($P > 0.05$). Moreover, the degree of epidural adhesions of the control group was significantly higher than that in the HyaRegen/SPI and HyaRegen/SP II groups ($P < 0.05$). These findings suggest that medical self-crosslinked sodium hyaluronate gel can effectively prevent epidural adhesions after laminectomy in rabbits. Besides, epidural adhesions can be observed and evaluated effectively by using Micro-CT combined with epidurography.

Liang WK, Guo QY, Han SF, Zhang L, Peng J, Wang AY, Sui X, Liang ZY, Xu WJ, Lu SB. Application of Micro-CT combined with epidurography in medical self-crosslinked sodium hyaluronate gel for the prevention of epidural adhesions after laminectomy. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2012;16(43): 8094-8099.

0 引言

椎板切除后手术区的过度纤维化可使瘢痕组织与局部硬膜及神经根发生致密粘连,成为引发下腰椎手术失败综合征的主要原因之一^[1]。不仅如此,硬膜外瘢痕粘连也显著增加了相同手术区二次手术时的难度和风险^[2-3]。因此,预防椎板切除后硬膜外粘连具有十分重要的临床意义。

对于椎板切除后硬膜外粘连预防的研究报道很多,但用影像学方法评价预防效果的却很少,虽已有学者用Micro-MRI对椎板切除后硬膜外粘连进行观察和评价^[4],但其观察和评价方法仍只停留在二维平面角度。Micro-CT具有的三维重建功能能够清晰重建椎板切除后硬膜外空间的全貌,但由于其对软组织的分辨能力要劣于Micro-MRI,因此无法单纯通过Micro-CT对硬膜外粘连情况进行观察和评价。因此本课题组设想是否能够以Micro-CT为工具,结合硬膜外造影来观察和评价硬膜外粘连。本实验将围绕这个目标,选用课题组前期已实验证实的能够有效预防硬膜外粘连的两种医用自交联透明质酸钠凝胶作为研究对象展开研究。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间及地点: 于2011年5至11月在解放军总医院骨科研究所完成。

材料:

实验动物: 四五月龄健康雄性新西兰大白兔18只,体质量2.5-3.0 kg,由解放军总医院实验动物中心提供,动物许可证号:SCSK(京)2007-0003。

试剂与仪器: Micro-CT(Explore Locus SP, GE Healthcare Technologies, USA); 体感诱发电位仪(CADWELL, cascade elite 1.0, USA); 医用自交联透明质酸钠凝胶(HyaRegen/SP I:生产批号ENT 1002001;

HyaRegen/SP II:生产批号AP 1002001),两种透明质酸均由常州百瑞吉生物医药有限公司提供,常温避光保存。

方法:

动物造模及分组: 取新西兰大白兔,3%戊巴比妥钠静脉麻醉生效后,剔除腰骶部背毛,俯卧位固定于手术操作台,腰骶部垫高。连接体感诱发电位仪,分别于兔双后肢内踝后方皮下刺入刺激电极(远)和参考电极(近),颅顶部(双耳连线中点)皮下刺入记录电极,双眼连线中点皮下刺入参考电极,腮部皮下刺入地线;连接完毕后予首次电刺激,记录麻醉后体感诱发电位潜伏期值;术区碘伏消毒后铺单。以L₅棘突为中心做腰骶部正中切口;暴露椎旁肌,钝性剥离离椎旁肌,暴露出L₅椎板。用电磨钻行L₅椎板切除,形成5 mm×8 mm硬脊膜暴露区,生理盐水术区冲洗,出血处压迫止血。此时行二次电刺激,记录椎板切除后体感诱发电位潜伏期值。

剔除因手术操作失误损伤脊髓而导致体感诱发电位正常波形消失或潜伏期延长明显或波幅下降明显的兔^[5],剩下的18只兔随机分为3组:对照组术区生理盐水冲洗后逐层关闭切口;HyaRegen/SP I组于硬脊膜暴露区覆盖医用自交联透明质酸钠凝胶HyaRegen/SP I 0.5 mL后逐层闭合切口;HyaRegen/SP II组于硬脊膜暴露区覆盖医用自交联透明质酸钠凝胶HyaRegen/SP II)0.5 mL后逐层闭合切口。各组切口闭合后,在动物苏醒前行第3次电刺激,电脑记录体感诱发电位波形及数值。术后动物允许笼中自由活动,单笼单兔,饲养条件同术前。

体感诱发电位测定: 各电极刺入体表位置如前所述,参数设定:持续刺激电极的频率 2.7 Hz;持续时间200 ms;方波刺激胫神经;刺激强度以略引起腓肠肌颤动为宜;信号叠加次数为200;过滤信号频率2-2 000 Hz。每只实验动物均进行3次体感诱发电位测定,分别为静脉麻醉生效之后进行首次测定,此测定值反映麻醉药物对体感诱发电位的影响;行L₅椎板切除暴露出硬脊膜后行二次测定,此测定值反映手术

¹Department of Orthopedics, First Clinical Medical College, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China; ²Institute of Orthopedics, General Hospital of Chinese PLA, Beijing 100853, China; ³Beijing ShenYou Biological Technology Co., Ltd., Beijing 100853, China

Liang Wen-kai★, Studying for master's degree, Department of Orthopedics, First Clinical Medical College, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, Shanxi Province, China
ivwvi@163.com

Corresponding author: Guo Quan-yi, Chief physician, Institute of Orthopedics, General Hospital of Chinese PLA, Beijing 100853, China
doctorguo@163.com

Received: 2012-02-08
Accepted: 2012-03-18

操作对体感诱发电位的影响,同时可以指导术者及时剔除脊髓受损动物;3组动物依照处理方法不同,在完成不同处理且闭合切口之后,在动物麻醉苏醒前进行第3次测定,此测定值反映不同处理方法对体感诱发电位的影响。

Micro-CT联合硬膜外造影:所有动物均在术后8周予以安乐死后取材。取材方法:沿原切口切开皮肤及筋膜,暴露出原手术节段,用电摆锯完整取出该节段脊柱(L₄-L₆),生理盐水冲洗。为防止对比剂从椎间孔等孔隙中漏出,预先用石蜡将该脊柱节段严密包裹;再用针头分别在所取脊柱节段椎管的两头各刺一孔,一侧孔用来打对比剂,另一侧孔起到排气作用;完成上述处理后,用5 mL注射器将对对比剂Optiray 320从椎管一侧孔中打入,待椎管另一侧排气孔中不断有对比剂流出为止,后立即将标本放入Micro-CT系统的检测管腔内进行扫描,扫描条件为:电压80 kV,电流80 μA,360°旋转扫描,协议选择45 μm-14 min-SS,时间间隔70 ms,帧平均4帧,角度增益0.4°,空间分辨率为45 μm×45 μm×45 μm。若瘢痕组织未与硬脊膜发生粘连,则对比剂会在硬脊膜外充盈并显影;反之,则对比剂会包绕粘连区域形成充盈缺损。完成扫描之后取脊柱横断面和纵轴面进行二维平面观察,并通过三维重建技术对椎板切除术区对比剂充盈部分(Threshold=3 500)进行三维重建,立体观察瘢痕组织与硬脊膜发生粘连的情况。

完成观察之后,应用计算机ROI(region of interest)框定一单位体积(椎板切除术区X=6.0; Y=2.0; Z=10.0),用软件Microview计算出此单位体积内对比剂的充盈体积比,体积比越高则说明瘢痕组织与硬脊膜发生粘连区域越小,以此进行定量分析。

为利于观察比较,另取6只正常的未行椎板切除的新西兰兔,取其脊柱节段(L₄-L₆)同如上处理后进行观察及定量分析。

硬膜外粘连大体观察:所取标本在进行了扫描之后,在原手术脊柱节段L₅中部横断切开,取冠状位进行大体观察。邀请3位对实验分组不知情的病理医生对标本的硬膜外粘连情况进行大体观察评分;评分系统采用Ryde II标准:0级,硬膜外瘢痕组织与硬脊膜无粘连;1级,硬膜外瘢痕组织与硬脊膜有轻度粘连,但很容易钝性分离;2级,硬膜外瘢痕组织与硬脊膜相粘连,不容易钝性分离,但强行分离不会造成硬脊膜的撕裂;3级,硬膜外瘢痕组织与硬脊膜紧密相连,不能够钝性分离,强行钝性分离会造成硬脊膜的撕裂损伤。

主要观察指标:各组体感诱发电位潜伏期及硬膜外

粘连情况。

统计学分析:实验数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示,采用SPSS 17.0软件进行统计分析。多组间比较采用方差齐性检验和单因素方差分析(One Way ANOVA);进一步进行组间两两比较时,若方差齐时,采用SNK检验(Student-Newman-Keuls法);若方差不齐时,采用Games-Howell检验。率间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 一般情况 除术中因损伤脊髓而造成体感诱发电位波形及数值异常的动物以外(已剔除),其余动物均在术后存活状态良好,无双后肢无瘫痪等神经异常症状;手术切口未见感染,切口愈合时间约7 d。

2.2 体感诱发电位检测结果 3组3次体感诱发电位测定潜伏期值,见表1,各组间比较差异无显著性意义($P > 0.05$)。

表1 各组3次体感诱发电位潜伏期值比较
Table 1 Somatosensory evoked potentials at three time points in each group ($\bar{x}\pm s$, ms)

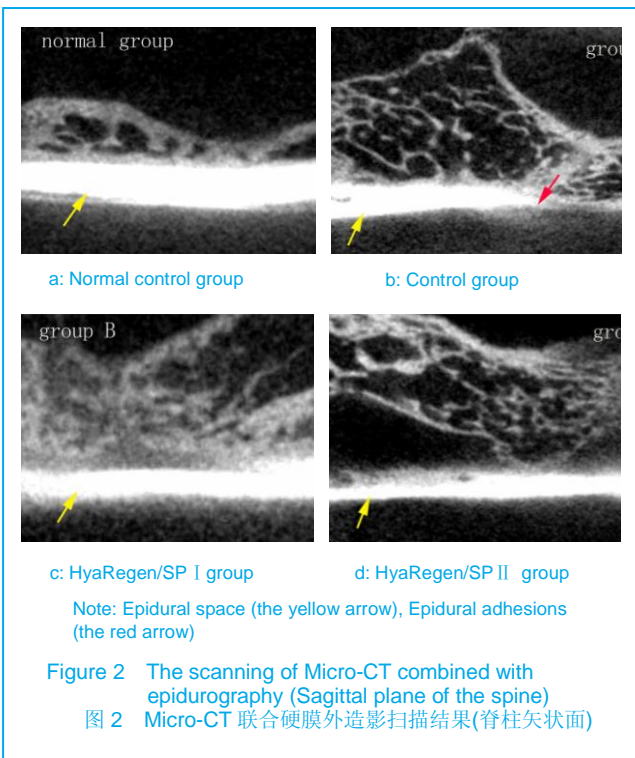
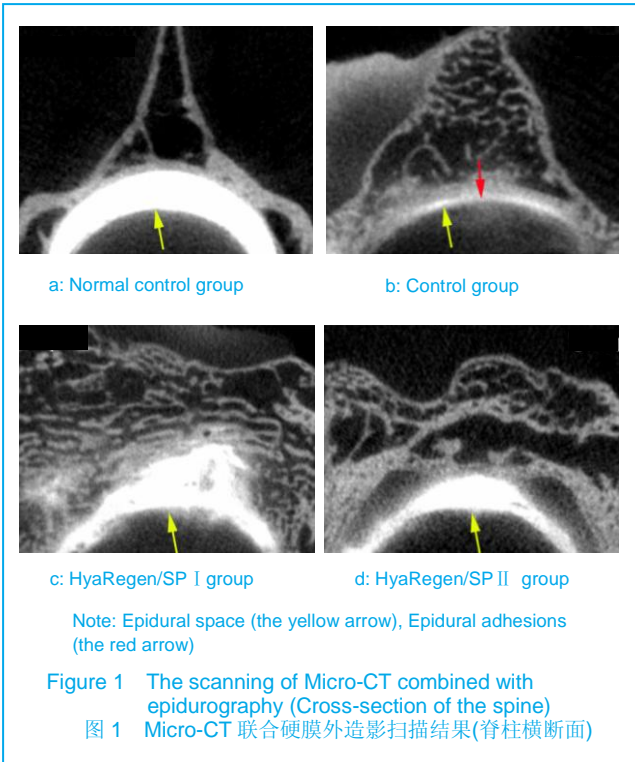
Group	Post anesthesia	When the dura was exposed completely	After wound healing
Control	20.70±0.66	21.30±0.78	20.38±0.90
HyaRegen/SP I	20.68±0.53	21.48±0.84	20.46±0.90
HyaRegen/SP II	20.37±0.85	21.13±0.79	20.23±0.55

2.3 Micro-CT联合硬膜外造影结果 扫描后从椎管纵轴面及横断面观察发现,未行椎板切除动物椎管对比剂能够顺利充盈硬膜外间隙;对照组椎板切除术区对比剂不能完整充盈硬膜外间隙;HyaRegen/SP I组及HyaRegen/SP II组椎板切除术区对比剂能够良好充盈硬膜外间隙,见图1, 2。

在对目标区域进行三维重建,进行立体观察后发现未行椎板切除动物椎管内未见有充盈缺损区域;对照组动物术区硬膜外间隙有大量的充盈缺损区,HyaRegen/SP I组、HyaRegen/SP II组动物术区硬膜外间隙未见明显充盈缺损区,见图3。

单位体积内对比剂的充盈体积比显示:正常对照组动物椎管内充盈体积比最高,为(43.51±6.94)%;其次为HyaRegen/SP I组、HyaRegen/SP II组,分别为(43.13±6.37)%、(42.08±6.05)%;对照组充盈体积比最低,为(23.57±7.27)%。正常对照组、HyaRegen/SP I组、HyaRegen/SP II组之间两两比较体积比差异无显著

性意义($P > 0.05$), 但均高于对照组($P < 0.05$)。



2.4 硬膜外粘连的大体观察结果 对照组动物的椎板切除区可见坚韧的瘢痕组织与硬脊膜发生致密粘连, 无法钝性分离, 强行钝性分离后多造成硬脊膜的撕裂; HyaRegen/SP I 组及HyaRegen/SP II 组术区未见明显瘢痕组织形成或仅有少量稀疏瘢痕组织形成, 硬膜外间

隙存在。根据Rydell标准, 各组所评等级见对照组硬膜外粘连程度高于HyaRegen/SP I 组及HyaRegen/SP II 组($P < 0.05$), HyaRegen/SP I 组及HyaRegen/SP II 组间比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表2。

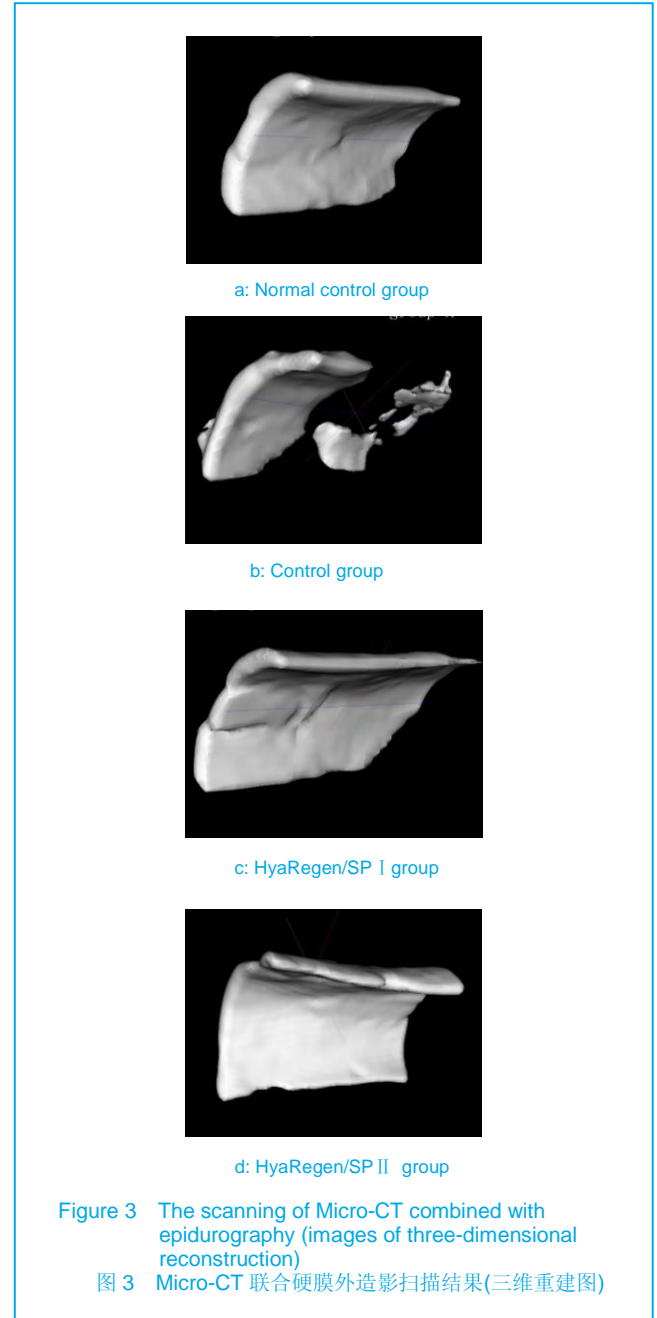


表 2 根据 Rydell 标准评定各组硬膜外粘连等级
Table 2 The grade of epidural adhesion according to the Rydell standard

Group	The grade of epidural adhesion			
	0	1	2	3
Control	0	0	2	4
HyaRegen/SP I	6	0	0	0
HyaRegen/SP II	5	1	0	0

3 讨论

硬膜外粘连是椎板切除后常见的并发症^[1], 其基本病理过程为手术创伤所造成的血肿聚集于椎板切除后硬脊膜暴露区, 成纤维细胞在炎症递质及生长因子的趋化作用下与毛细血管一起长入血凝块, 不断在局部聚集、增殖、合成并分泌胶原纤维, 最终产生瘢痕组织并与硬脊膜产生粘连^[6-7]。

大分子量透明质酸具有抗炎, 抗纤维化作用^[8-9], 能有效抑制纤维瘢痕的形成, 且呈半流体状, 能够更贴合包绕硬脊膜, 防止瘢痕组织与硬脊膜发生粘连。但普通透明质酸在体内降解速度快, 预防硬膜外粘连的时间仅4周左右^[10-11]。医用自交联透明质酸钠凝胶HyaRegen/SP I 和HyaRegen/SP II 保留了普通透明质酸的基本生化特性, 且体内降解时间延长, 前期实验已从组织学等常规指标证实了其能够在8周之内预防兔椎板切除后硬膜外粘连的发生。

对于预防硬膜外粘连的研究大部分以大体所见和组织学观察来评估粘连效果^[12]。影像学技术的飞速发展, 为人们提供了一种新途径, 那就是可以从影像学角度观察和评估椎板切除后硬膜外粘连情况。Lee等^[13]于2006年开始将MRI应用到小动物实验中。在此之后, Yang等^[14]通过应用MRI观察了在新西兰兔椎板切除模型中应用羟喜树碱预防硬膜外粘连的效果。Yang等^[4]更是通过应用Micro-MRI更清晰地观察了在大鼠椎板切除模型中应用丝裂霉素C预防硬膜外粘连的效果, 其影像学图像更加直观清晰。但通过以上这些手段, 不论是应用组织学, 还是应用Micro-MRI进行硬膜外粘连程度的观察及评估, 均只停留在二维平面角度, 因此在全面客观反映硬膜外粘连程度方面具有一定的局限性。

Micro-CT具有三维重建功能, 其优点在于能够清晰的三维重建椎板切除后硬膜外空间的全貌。但对软组织性质的辨别能力较Micro-MRI差, 因此Micro-CT多应用于小动物骨组织的三维形态观察及骨量的计算中^[15]。虽然Micro-CT对软组织性质的辨别能力差(即在本实验中不能通过单独应用Micro-CT来区分图像中瘢痕组织和硬脊膜), 但评估硬膜外粘连程度的重点不在于分辨出这两种软组织(瘢痕组织和硬脊膜), 而在于观察这两种软组织之间的关系。因此在本实验中结合了硬膜外造影, 通过对比剂在硬膜外间隙的充盈范围和程度来观察和评估硬膜外间隙的变化, 间接反映出硬膜外粘连的情

况。这充分发挥了Micro-CT的三维重建功能, 使得能够从三维立体角度更加直观地观察和评价各组硬膜外粘连情况。为了检测本方法的可行性, 除了对照组、HyaRegen/SP I 组、HyaRegen/SP II 组之外, 还加入了正常对照组, 对这几组的Micro-CT图像进行观察和比较后发现: 在正常对照组和HyaRegen/SP I 组、HyaRegen/SP II 组对比剂均能良好充盈硬膜外间隙, 而对照组对比剂并不能顺利的充盈硬膜外间隙, 形成了大量充盈缺损区。同时对各组术区硬膜外单位体积内度对比剂充盈体积比进行测算后发现: 正常对照组和HyaRegen/SP I 组、HyaRegen/SP II 组比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 但均高于与对照组($P < 0.05$)。根据这些三维图像和数据结果, 再结合硬膜外粘连大体观察的结果, 充分证实了Micro-CT联合硬膜外造影确实能更全面、更客观反映出硬膜外粘连的范围及程度, 同时又从另一个角度证实了这两种医用自交联透明质酸钠凝胶HyaRegen/SP I 和HyaRegen/SP II 预防硬膜外粘连的效果。

值得一提的是, 本实验中还运用了术中体感诱发电位监测技术, 因为体感诱发电位是测定脊髓损伤的敏感指标^[16], Su等^[17]通过应用术中体感诱发电位测定硬膜外局部应用丝裂霉素C前后体感诱发电位潜伏期的变化, 来判断药物是否对脊髓电生理产生影响。本实验也分别测定麻醉后, 手术操作完全暴露硬脊膜后及局部施以不同处理闭合切口后的体感诱发电位潜伏期值, 这不仅有效排除了因手术操作而造成脊髓损伤所带来的偏倚及误差, 更有效检测了两种经交联后的透明质酸是否会对其电生理功能产生影响, 其结果显示术中体感诱发电位的应用是有必要的, 因为它可以及时剔除因手术操作而造成脊髓损伤的动物, 使得实验结果更客观准确。

致谢: 感谢导师韩树峰教授, 解放军总医院骨科研究所卢世璧院士、郭全义主任、张莉主任等对本课题研究的大力支持和帮助。

4 参考文献

- [1] Rabb CH. Failed back syndrome and epidural fibrosis. Spine J. 2010;10 (5):454-455.
- [2] Chandler K, Cappello R. Laminectomy membrane formation in dogs: is the answer still elusive? Vet J. 2006;172(3):1-2.
- [3] Jou IM, Tai TW, Tsai CL, et al. Spinal somatosensory evoked potential to evaluate neurophysiologic changes associated with postlaminotomy fibrosis: an experimental study. Spine. 2007;32(19):2111-2118.

- [4] Yang J, Ni B, Liu J, et al. Application of liposome-encapsulated hydroxycamptothecin in the prevention of epidural scar formation in New Zealand white rabbits. *Spine*. 2011;11(3): 218-223.
- [5] Xu YK, Ge BF, Xu ST. Beijing: Renmin Junyi Chubanshe. 2005: 155-157.
徐印坎, 葛宝峰, 胥少汀. 实用骨科学[M]. 3版. 北京: 人民军医出版社, 2005: 155-157.
- [6] Choi HJ, Kim KB, Kwon YM. Effect of amniotic membrane to reduce postlaminectomy epidural adhesion on a rat model. *J Korean Neurosurg Soc*. 2011;49(6):323-328.
- [7] Ulrich MM, Verkerk M, Reijnen L, et al. Expression profile of proteins involved in scar formation in the healing process of full thickness excisional wounds in the porcine model. *Wound Repair Regen*. 2007;15(4):482-490.
- [8] Duygu G, Güler N, Cam B, et al. The effects of high molecular weight hyaluronic acid (Hylan G-F 20) on experimentally induced temporomandibular joint osteoarthritis: part II. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(12):1406-1413.
- [9] Schimizzi AL, Massie JB, Murphy M, et al. High-molecular-weight hyaluronan inhibits macrophage proliferation and cytokine release in the early wound of a preclinical postlaminectomy rat model. *Spine J*. 2006;6(5):550-556.
- [10] Pang Z, Xu H, Xie W. An experimental study on prevention of peridural adhesion after laminectomy. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2006;20(12):1176-1179.
- [11] Zhou W, Liu C, Kong HY, et al. *Zhongguo Jizhu Jisui Zazhi*. 2011;21(5):384-389.
周卫, 刘灿, 孔焕宇, 等. 三七透明质酸钠凝胶对家兔硬膜外瘢痕中Cox-2、TGF- β 1及CTGF表达的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(5):384-389.
- [12] Farrokhi MR, Vasei M, Fareghbal S, et al. The effect of methylene blue on peridural fibrosis formation after laminectomy in rats: an experimental novel study. *Spine J*. 2011;11(2):147-52.
- [13] Lee JY, Stenzel W, Impekoven P, et al. The effect of mitomycin C in reducing epidural fibrosis after lumbar laminectomy in rats. *J Neurosurg Spine*. 2006;5(1):53-60.
- [14] Yang J, Ni B, Liu J, et al. Application of liposome-encapsulated hydroxycamptothecin in the prevention of epidural scar formation in New Zealand white rabbits. *Spine J*. 2011;11(3): 218-223.
- [15] Yoo WJ, Cheon JE, Lee HR, et al. Physeal Growth Arrest by Excessive Compression: Histological, Biochemical, and Micro-CT Observations in Rabbits. *Clin Orthop Surg*. 2011; 3(4):309-314.
- [16] Chen YG, Peng XS, Wan Y, et al. Evaluation of the role of combined TES-MEP and CSEP monitoring during the spinal surgery. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2010;48(3):209-212.
- [17] Su C, Yao C, Lu S, et al. Study on the optimal concentration of topical mitomycin-C in preventing postlaminectomy epidural adhesion. *Eur J Pharmacol*. 2010;640(1-3):63-67.

来自本文课题的更多信息—

作者贡献: 实验设计为梁文锴, 参与实验实施为梁文锴、张莉、彭江; 实验评估为韩树峰、汪爱媛、睦祥, 资料收集为梁文锴, 梁文锴成文, 卢世璧、郭全义、许文静、梁增义审校, 郭全义对文章负责。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理要求: 实验过程中对动物的处置完全符合 2009 年《Ethical issues in animal experimentation》相关动物伦理学标准的条例。

文章概要:

文章要点: 研究应用 Micro-CT 联合硬膜外造影技术观察和评估自交联透明质酸钠凝胶预防椎板切除后硬膜外粘连的可行性。

关键信息: 提出了一种新的对椎板切除后硬膜外粘连观察和评估的方法, 并且通过实验证实了其可行性。

研究的创新之处与不足: ①首次创新性的应用 Micro-CT 联合硬膜外造影技术从三维立体角度观察了硬膜外粘连情况。②创新性应用硬膜外对比剂充盈体积比来作为定量分析硬膜外粘连程度的指标。

作者声明: 文章为原创作品, 数据准确, 内容不涉及泄密, 无一稿两投, 无抄袭, 无内容剽窃, 无作者署名争议, 无与他人课题以及专利技术的争执, 内容真实, 文责自负。