

· 论 著 ·

微创与传统开放腰椎后路术对竖脊肌影响的实验对比研究

郑江¹, 李开南^{1△}, 刘莉², 刘都礼²

(成都大学附属医院: 1. 骨科; 2. 病理科 610081)

摘要:目的 对比研究腰椎后路传统开放手术与经皮微创手术对竖脊肌损伤程度的差别。方法 将成年新西兰大白兔 24 只随机分为正常对照组($n=8$)不行手术, 开放手术组($n=8$)行传统开放后路手术, 微创手术组($n=8$)行微创后路手术。每组分别于术后 3 d、1、2 周、1、2、3、6 个月取手术区域竖脊肌肌肉, 分别石蜡切片行 HE、Masson 染色, 冷冻切片行 ATP、AChE、NADH 染色, 以及透射电镜检查。结果 开放手术组早期即呈现出明显的肌纤维的萎缩、坏死, 肌组织内微观结构的改变, 肌纤维的萎缩改变在后期仍恢复较差, 而微创手术组虽然仍有肌纤维的轻度萎缩、构成改变、脂肪浸润及瘢痕形成, 但在整个过程中表现出极佳的恢复效果。结论 手术创伤程度与竖脊肌的组织学改变密切相关, 经皮微创手术可以明显降低腰椎后路手术对于竖脊肌的损伤。

关键词:腰椎后路手术; 竖脊肌; 比较研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.25.002

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2011)25-2499-04

Comparison study of erector spinae injury between the minimally invasive and conventional open approach for posterior lumbar surgery

Zheng Jiang¹, Li Kainan^{1△}, Liu Li², Liu Duli²

(1. Department of Orthopedics; 2. Department of Pathology, Affiliated Hospital of Chengdu University, Chengdu, Sichuan 610081, China)

Abstract: **Objective** To investigate the differences of erector spinae injury between the minimally invasive and conventional open approach for posterior lumbar surgery. **Methods** Twenty four rabbits were randomly divided into control group, conventional group, minimally invasive group, 8 for each group. Morphological change of the erector spinae was observed by light microscope (Hematoxylin & Eosin Staining, Masson trichrome staining, myosin ATPase staining and tetrazolium staining) and transmission electron microscope at various times: three days, one week, two weeks, one month, two months, three months, six months after surgery. **Results** The pathological change of conventional group showed obvious muscle fiber atrophy, necrosis and the change of microstructure in early stage; the recovery of muscle fiber atrophy was poor even in later stage; for minimally invasive group, the erector spinae presented gently inflammatory cell infiltration, fiber necrosis and adipose infiltration in whole time, showed better recovery. **Conclusion** The morphological change of erector spinae has close relationship with the degree of surgical trauma, the minimally invasive surgery can reduce the injury of erector spinae.

Key words: posterior lumbar surgery; erector spinae; comparative study

传统的腰椎开放手术由于术野的需要, 往往需要较大范围剥离竖脊肌, 虽然手术效果较好, 但其手术切口和创伤大, 对肌组织的损伤较重, 出血较多, 术后大量瘢痕形成, 易导致长期腰痛。而微创手术切口和创伤小、出血少、疼痛轻、恢复快, 通过特殊的工具建立通道进行操作, 对竖脊肌组织损伤较小。目前, 对于微创与传统开放手术效果的研究仅在患者症状、体征、切口大小及手术出血量、术后影像学改变等方面, 尚无两种术式对竖脊肌影响的具体研究。本研究通过构建动物模型, 检测不同术式、术后不同阶段竖脊肌的组织形态学改变, 通过光镜与电镜观察显微结构的变化, 从而对比两种术式对竖脊肌的创伤程度, 以证明微创技术的优越性。现将结果报道如下。

1 材料与方

1.1 实验动物与分组 选择健康新西兰大白兔 24 只(雌雄不拘), 兔龄 3.0~4.0 个月, 体质量 2.0~2.5 kg, 由华西医科大学动物实验中心提供。饲养环境温度 22~26℃, 湿度 37%~42%, 光照按 12 h 昼夜交替(7:00~19:00)。实验前饲养 1 周。随机分为 3 组($n=8$): 正常对照组、开放手术组和微创手术组。

1.2 建立动物模型 实验动物用 3% 的戊巴比妥 1 mL/kg 静

脉麻醉。将动物俯卧于手术台上, 背部常规备皮、消毒、铺巾。开放手术组: 自髂棘平面起沿棘突向头侧端做 7 cm 皮肤切口, 沿棘突两旁剥离竖脊肌, 以自动拉钩牵开竖脊肌, 维持一定时间(1 h)和压力(900 g/cm²)^[1]。微创手术组: 在 L_{5/6} 椎棘突中线旁两侧 0.5~1.0 cm 分别插入导针至腰椎板位置, 沿导针置入逐级扩张和工作通道, 器械到位后维持 1 h。正常对照组不进行任何处理。手术完毕后, 常规关闭切口。术前 30 min 以青霉素钠 2 万 U/kg 肌肉注射 1 次, 术后切口涂以安尔碘, 以青霉素钠 2 万 U/kg 肌肉注射 1 周, 每 8 小时 1 次。允许动物在笼内活动, 10 d 后拆除皮肤缝线。

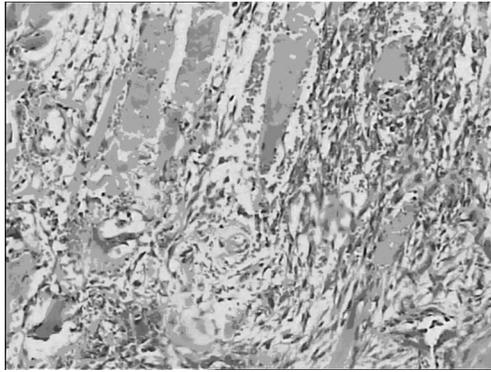
1.3 标本制作及观察指标 3 组均分别于术后 3 d、1、2 周、1、2、3、6 个月时取手术区域竖脊肌标本 7 次, 在微创空心套管及显微镜帮助下取材, 显微技术采用双侧椎旁肌间隔取材, 以减小取材损伤, 开放手术组取材部位通常位于棘突旁手术区域中心深层拉钩区域竖脊肌, 微创手术组位于扩张通道部位中心深层区域竖脊肌, 每次取材部位尽量保持一致。标本一部分立刻放入冷冻管于液氮中速冻, 之后转移到 -80℃ 冰箱保存。用冷冻切片进行冷冻切片(恒冷室温度 -25℃, 冻头温度 -23℃), 取横断面, 切片厚 6 μm, 用于苏木精-伊红(HE)、Masson、

△ 通讯作者, Tel: (028) 86433427; E-mail: likainan1961@126.com。

肌球蛋白三磷酸苷酶(ATP)、乙酰胆碱酯酶(AChE)及还原型辅酶 I 四唑氮还原酶(NADH)染色。另一部分送透射电镜检查。在 ATP 染色中, I 型肌纤维不显色, II a 型肌纤维呈深黑色, II b 型肌纤维呈浅黑色。在 NADH 酶染色中, I 型肌纤维呈深蓝色, II 型肌纤维呈淡蓝色。在 AchE 染色中, AchE 活性部位显示红褐色沉淀。HE 染色用于观察肌纤维的大小、分布, 肌膜核的改变, 肌细胞脂肪浸润和纤维瘢痕化病变的状况和程度等。Masson 染色用于观察纤维化的程度, ATP 染色主要用于观察肌纤维分型及构成比例、肌群萎缩和肌群同型化等改变, NADH 染色主要用于观察因肌原纤维结构破坏所引起的“靶纤维”、“虫蚀状纤维”和“环状纤维”等病理变化, 非特异性酯酶染色主要用于观察神经肌接头结构有无变化。透射电镜主要观察肌原纤维、线粒体、肌质内质网、肌膜和间质成分的形态特点和程度等。

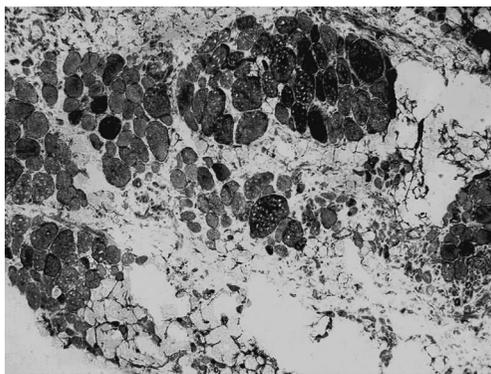
2 结 果

正常对照组光镜组织学观察显示肌纤维排列整齐, 横纹清楚均匀, I、II 型肌纤维的数量和大小接近。电镜显示肌原纤维排列整齐, 可见明暗条纹及“Z”带, 核染色质分布均匀, 线粒体、内质网无肿胀, 糖原颗粒丰富, 结构清晰, 肌膜完整。



1 周时大量炎症细胞浸润, 肌纤维坏死。

图 1 开放手术组 (HE 染色 ×100)



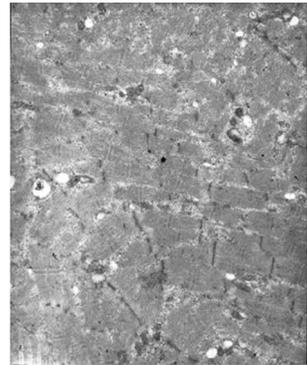
2 周时肌纤维同型性成群。

图 2 开放手术组 (NADH 染色 ×100)

开放手术术后两周以变性及坏死反应为主。光镜下可见肌纤维及肌束间质中大量炎症细胞浸润, 不同程度的细胞间水肿和核内移, 部分肌纤维肥大或萎缩, 萎缩的肌纤维核固缩聚集成堆, 肌纤维坏死改变明显, 可见角状纤维及频率逐渐增高的“破碎红纤维”、“靶纤维”、“环状纤维”或“虫蚀状纤维”等病理变化。非特异性酯酶染色有时可见肿胀变性的有髓神经纤维伴不同程度的神经肌接头肿胀。ATP 染色可见小群肌萎缩和较多的小角状纤维, I、II 型肌纤维的镶嵌样分布特征紊

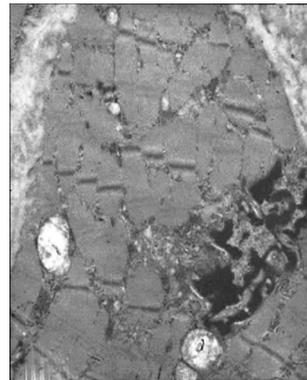
乱, 甚至可见肌纤维同型性成群改变, II 型肌纤维明显萎缩或消失。电镜下可见肌纤维排列较紊乱或溶解, 核染色质聚集, 线粒体肿胀明显, 空泡变或溶解, 并开始出现脂滴, 糖原颗粒减少(图 1~6)。微创手术组可见轻度肌纤维间水肿和炎细胞浸润, 少量肌纤维坏死, 部分肌纤维萎缩。电镜下早期偶见局灶性的肌原纤维溶解, 肌原纤维排列基本整齐, 明暗条纹及“Z”带可见, 线粒体、内质网轻度肿胀, 结构正常, 糖原颗粒丰富(图 7~9)。

两周后开放手术组逐渐向修复反应过度, 萎缩消失的肌纤维被脂肪组织替代, 纤维组织开始增生, 部分视野甚至可见满视野的脂肪组织及纤维组织。电镜下见不同程度的脂滴聚集, 肌原纤维“Z”带消失, 肌细胞固缩、巨噬细胞和成纤维细胞增生, 与光镜改变基本一致。



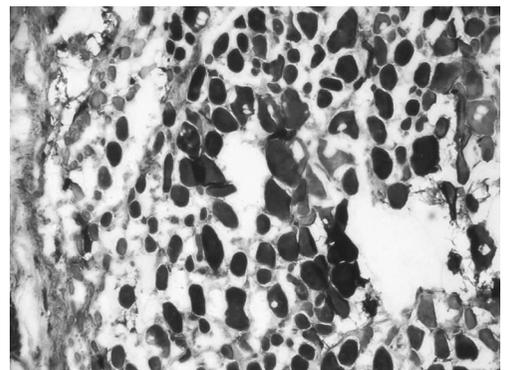
3 d 时肌纤维排列紊乱, 部分有溶解。

图 3 开放手术组 (透射电镜 ×8 000)



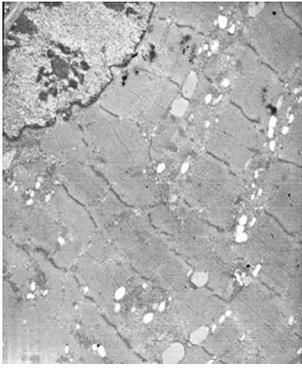
1 周时肌细胞核染色质聚集, 线粒体肿胀。

图 4 开放手术组 (透射电镜 ×10 000)



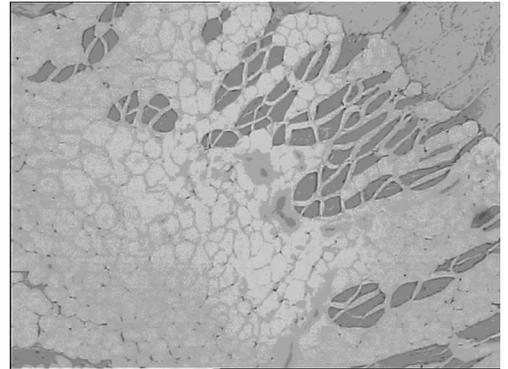
2 周时小群肌萎缩和较多的小角状纤维。

图 5 开放手术组 (ATP 染色 ×100)



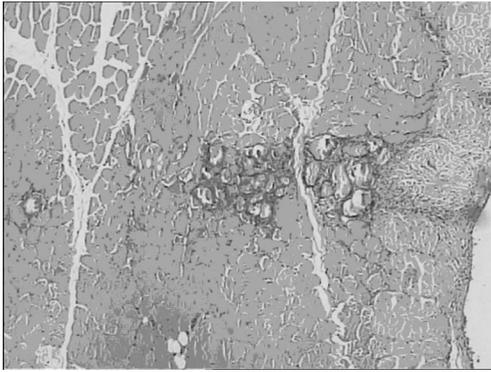
2 周时肌纤维中出现脂肪变性。

图 6 开放手术组(透射电镜×6 000)



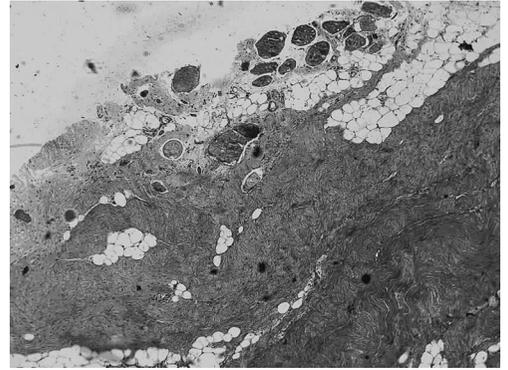
3 个月时明显脂肪浸润。

图 10 开放手术组(HE 染色×100)



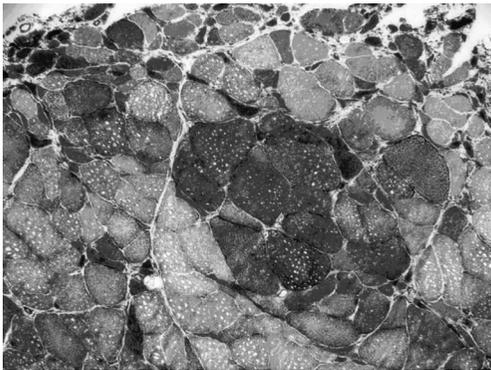
1 周时少量肌纤维坏死及炎症细胞浸润。

图 7 微创手术组(HE 染色×100)



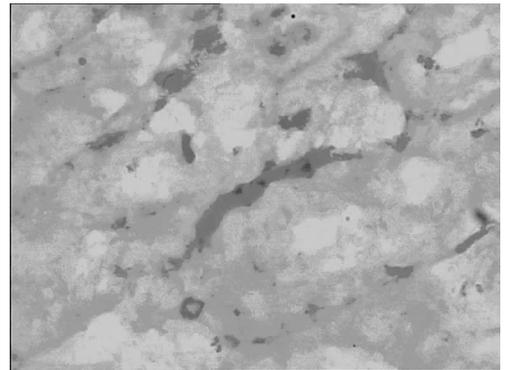
6 个月时大量纤维增生。

图 11 开放手术组(Masson 染色×100)



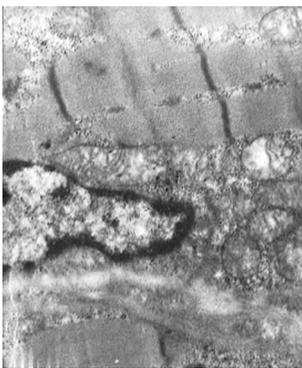
2 周时部分肌纤维萎缩。

图 8 微创手术组(NADH 染色×100)



1 个月时神经肌接头肿胀。

图 12 开放手术组(AChE 乙酰胆碱酯酶染×400)



2 周时线粒体有不同程度的改变。

图 9 微创手术组(透射电镜×17 000)



6 个月时接近正常结构。

图 13 微创手术组(透射电镜×12 000)

微创手术组可见坏死部分逐渐被脂肪组织及胶原纤维替代,肌纤维逐渐恢复正常排列结构,I、II型肌纤维的数量和大小无明显改变。

1个月后光镜改变接近正常。电镜改变与光镜一致,肌原纤维排列基本整齐,线粒体结构正常,肌细胞核染色质分布均匀,见图10~13。

3 讨论

脊柱传统开放手术往往切口大,需从棘突大范围剥离竖脊肌,剥离组织范围广,出血多;同时术中使用电刀及肌肉牵开器持续牵拉,造成竖脊肌及软组织受到严重破坏,术后肌肉失神经萎缩,瘢痕产生,肌肉功能损伤^[2]。因手术的需要,有时需咬除部分或全部椎板或其他附件,破坏了脊柱的后柱结构。竖脊肌的损伤及脊柱后柱结构的破坏导致脊柱不稳,而脊柱不稳又进一步加剧了竖脊肌的损伤,引起长期的腰部疼痛,形成恶性循环,甚至造成腰椎术后综合征(failed back surgery syndrome, FBSS)。微创化是现代外科发展的重要趋势,目前临床已开展多项后路脊柱微创技术,但对传统开放手术与微创技术的比较,尚缺乏确切长期的实验对比研究,无法确切证明两种术式的优劣。

本实验建立了传统手术与微创手术两种后路手术操作的模型,从光镜和电镜组织学角度分析竖脊肌损伤与后方外科学术式之间的关系。由于传统开放手术对竖脊肌的损伤较大,术后早期即可见明显的肌纤维变性、坏死,炎症反应较重,可见角状纤维及频率逐渐增高的“破碎红纤维”、“靶纤维”、“环状纤维”或“虫蚀状纤维”,小群肌萎缩,肌纤维同源性成群等病理变化,肌纤维的构成方式和分布特征亦发生了变化,II型肌纤维萎缩、减少。肌束的小群状肌萎缩和肌同型化是竖脊肌失神经和肌肉再生所致,提示了早期失神经性肌萎缩的存在。有研究认为,竖脊肌的失神经改变导致肌萎缩和肌内膜、肌束膜的I型胶原增多、结缔组织增生和进一步纤维化,并且肌细胞的“靶纤维变”、II型肌纤维萎缩与肌纤维的纤维化进程是相呼应的^[3]。透射电镜下观察到明显的肌原纤维溶解和线粒体、内质网的肿胀、崩解,提示了光镜与电镜组织学结果的一致性。Garrett等^[4]发现,骨骼肌损伤后,有用的功能能够不同程度地恢复,但是肌肉的形态、肌纤维的组成方式将永远难以恢复到正常。本研究显示,在中、后期,微创手术组肌肉基本在组织解剖学上呈现出与正常对照组相似的结果。开放手术组可见明显的单核增生、纤维增生及脂肪浸润。肌纤维的组成方式亦产生了较大的变异,II型肌萎缩、减少明显。

Macnab等^[5]的临床随访研究发现,腰椎后路手术后大约81%患者出现的下腰痛是由于腰背伸肌发生神经活性改变所致。有研究显示,术后腰背伸肌力的下降与术后腰背伸肌的萎缩密切相关^[6-7]。术后下腰痛和肌无力的主要原因是腰椎后路术后竖脊肌的失神经性肌萎缩和纤维瘢痕化所致^[8]。本实验发现,开放手术组早期即出现II型肌纤维改变(萎缩、减少),电镜下显示线粒体、内质网的肿胀或崩解,中、晚期II型肌纤维仍维持损伤后的病理改变,而微创手术组则基本与正常对照组一致。由此可见,选择性的II型肌萎缩和肌细胞内结构的病理改变与手术对竖脊肌的损伤明确相关。

手术对竖脊肌造成的创伤可能是肌肉萎缩最重要的原因之一^[9]。竖脊肌是脊柱旁的重要肌群,分为多裂肌、最长肌和髂肋肌。腰椎后路手术主要影响多裂肌。多裂肌主要起稳定脊柱的作用,其支配神经为腰神经后支的内侧支。传统手术对两侧多裂肌的剥离和牵拉必会导致肌肉的损伤和失神经支配。而多裂肌与邻近肌肉间以及肌束本身间即存在分裂面,如果通

过这些间隔钝性分离肌束,则可减少对多裂肌的损伤^[10]。开放手术组早期即呈现出明显的肌纤维的萎缩、坏死,肌组织内微观结构的改变,肌纤维的萎缩改变在后期仍恢复较差,而微创手术组虽然仍有肌纤维的轻度萎缩、构成改变、脂肪浸润及瘢痕形成,但在整个过程中表现出极佳的恢复效果。不同术式对竖脊肌的影响截然不同,可见术式对竖脊肌的影响非常重要。开放手术对脊柱以及椎旁组织创伤较大,在剥离椎旁肌时,腰动脉背侧分支常有出血。强力电凝这些血管常常会损伤与之相伴的腰神经后支^[8]。虽然达到了手术目的,但常引起长期的下腰部肌肉疼痛、脊柱不稳,甚至椎体滑脱^[11-12]。而经皮微创术式通过特殊的工作通道把棘突一侧竖脊肌挤向外侧,这样可更多地减少肌肉损伤^[13]。既解决了患者疾患又尽可能少地破坏邻近组织,减少创伤,缩短恢复期。微创外科技术避免了对椎旁多裂肌的广泛剥离,最大限度地保留了多裂肌深面的神经支配,减小了其失神经支配的区域,尽可能地保护了椎旁肌的正常生理特性,降低了术后腰背痛的发生率。

随着临床脊柱生物力学研究的不断深入,人们进一步认识到脊柱稳定的重要性。而随着内镜技术的发展,微创在骨科领域的应用也越来越频繁。在椎间盘镜下已开展多项手术,包括椎间盘镜下腰椎间盘切除术、腰椎弓根螺钉固定腰椎体间 cage 植骨融合术、腰椎骨折复位及椎弓根螺钉固定术、腰椎体骨折伴椎管狭窄在椎间盘镜下复位固定并行椎管减压术、胸腰椎跳跃骨折一期在椎间盘镜下固定及复位术等,其创伤小,患者恢复快,疗效佳。传统开放手术由于剥离范围广泛,对椎旁肌持续牵拉,可造成肌肉内压升高,血供受阻,加之其支配神经腰神经后支受损,导致椎旁肌损伤,失去对脊柱的支持稳定作用,引起腰椎失稳,长期的下腰痛。而腰椎不稳又引起保护性的椎旁肌痉挛,进一步加重了椎旁肌的损伤,故在腰椎后路手术中,应合理控制椎旁肌骨膜下剥离的范围,适度牵拉脊神经,缩短椎旁肌的牵拉时间,减小牵拉强度,从而减少术后下腰痛和腰背肌无力的发生率。微创手术由于使用专用器械设置有限的工作通道,不剥离竖脊肌,对竖脊肌损伤小,最大限度地保留了脊柱后部结构的稳定性,故应在条件允许的情况下积极开展减少外科入路创伤反应的微创外科手术。

参考文献:

- [1] Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. Part 1: Histologic and histochemical analyses in rats [J]. Spine, 1994, 19 (22): 2590-2597.
- [2] Taylor H, McGregor AH, Medhi-Zadeh S, et al. The impact of selfretaining retractors on the paraspinal muscles during posteriorspinal surgery [J]. Spine, 2002, 27 (24): 2758-2762.
- [3] Lehto M, Hurme M, Alaranta H, et al. Connective tissue changes of the multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. An immunohistologic study of collagen types I and III and fibronectin [J]. Spine, 1989, 14 (3): 302-309.
- [4] Garrett WE Jr, Seaber AV, Boswick J, et al. Recovery of skeletal muscle after laceration and repair [J]. J Hand Surg Am, 1984, 9(5): 683-692.
- [5] Macnab I, Cuthbert H, Godfrey CM. The incidence of denervation of the sacropinales muscles following spinal surgery [J]. Spine, 1977, 2(1): 294. (下转第 2505 页)

关注^[9]。有研究证明,多种药物是通过抑制 NF- κ B 通路,影响炎症因子的表达发挥其抗粥样硬化及再狭窄的作用^[10-12]。P-选择素是一种重要的黏附分子,它的表达受 NF- κ B 的调控。P-选择素在血小板、内皮细胞、血管损伤后的平滑肌细胞、巨噬细胞、再生内皮细胞表面均有表达^[13]。有研究表明,P-选择素缺失小鼠血管损伤后新生内膜增生明显减少,证明 P-选择素在血管损伤反应中起重要作用^[14]。

本研究结果显示,NF- κ B 在正常血管即有少量表达,但主要集中在胞质。而对照组可见 NF- κ B 多量表达,平滑肌细胞、单核细胞和内皮细胞中均可以检测到 NF- κ B,而且胞质、胞核均有表达,胞核检测到 NF- κ B 提示 NF- κ B 处于激活状态。P-选择素在多种细胞胞膜上广泛表达。但是本研究中 P-选择素在粥样斑块形成过程中持续表达,与黏附分子主要参与动脉粥样硬化及再狭窄的早期过程的观点并不相符,提示 P-选择素在兔颈动脉粥样硬化及再狭窄的进展期同样发挥着重要作用。治疗组与对照组阳性表达指数比较结果表明 ATRA 能够下调 NF- κ B 和 P-选择素的表达。直线相关分析结果表明,NF- κ B 与 P-选择素的表达呈正相关,说明 ATRA 对 P-选择素的抑制作用可能是通过下调 NF- κ B 的表达实现的。金红芳等^[15]研究发现,ATRA 能够抑制 NF- κ B 的激活和表达,下调 NF- κ B 的靶基因的表达,从而有效抑制炎症。本研究结果与之相符。

综上所述,ATRA 通过抑制 NF- κ B 的激活和表达,下调 NF- κ B 的靶基因 P-选择素的表达,进而抑制病灶中的炎症过程,可能是抑制内皮损伤后内膜增生的机制之一。鉴于再狭窄过程炎症机制涉及多种信号通路及促炎性细胞因子,故对于 ATRA 抑制炎症反应的机制还需要进一步深入的研究。

参考文献:

- [1] 王国栋,褚现明,郭英华,等. ATRA 对兔颈动脉粥样硬化性狭窄中平滑肌细胞凋亡及其机制的研究[J]. 中国分子心脏病学杂志,2005,5(1):418-420.
- [2] Costa MA, Simon DI. Molecular Basis of Restenosis and Drug-Eluting Stents[J]. *Circulation*, 2005, 11(17):2257-2273.
- [3] 张社华,王旖旎,郭琳琳,等. ATRA 对兔颈动脉粥样硬化病灶 VSMC 增殖信号传导途径的影响[J]. 中国分子心脏病学杂志,2007,7(1):30-33.
- [4] 郭琳琳,董果雄,张社华,等. ATRA 对兔颈动脉粥样硬化病变中 C-myc 表达及血管平滑肌细胞增生的影响[J]. 复旦学报:医学版,2006,33(4):526-529.
- [5] 张青青,董果雄,张社华,等. ATRA 对兔颈动脉粥样硬化

病灶 VSMC 增殖及 E2F1 表达的影响[J]. 中国分子心脏病学杂志,2009,9(5):282-286.

- [6] 徐永革,周定标,郑集义,等. 颈动脉粥样硬化性狭窄动物模型的建立[J]. 中华神经外科杂志,2003,19(4):255-258.
- [7] 王凯,王涛,张占普,等. 颈动脉狭窄动物模型的构建及核因子- κ B 和胰岛素样生长因子-1 的表达[J]. 中华神经科杂志,2009,42(12):813-818.
- [8] Toutouzas K, Colombo A, Stefanadis C. Inflammation and restenosis after percutaneous coronary interventions[J]. *Eur Heart J*, 2004, 25(19):1679-1687.
- [9] Ohtani K, Egashira K, Nakano K, et al. Stent-Based Local Delivery of Nuclear Factor- κ B Decoy Attenuates In-Stent Restenosis in Hypercholesterolemic Rabbits[J]. *Circulation*, 2006, 114(25):2773-2779.
- [10] 马志强,成蓓,曾永利,等. 缬沙坦对动脉粥样硬化兔核因子- κ B 和单核细胞趋化因子-1 的影响[J]. 微循环学杂志,2008,18(3):28-31.
- [11] Zuckerbraun BS, McCloskey CA, Mahidhara RS, et al. Overexpression of mutated IkappaB alpha inhibits vascular smooth muscle cell proliferation and intimal hyperplasia formation[J]. *J Vasc Surg*, 2003, 38(4):812-819.
- [12] Cui R, Tieu B, Recinos A, et al. RhoA Mediates Angiotensin II-Induced Phospho-Ser536 Nuclear Factor κ B/RelA Subunit Exchange on the Interleukin-6 Promoter in VSMCs [J]. *Circ Res*, 2006, 99(7):723-730.
- [13] Li GH, Sanders JM, Phan ET, et al. Arterial Macrophages and Regenerating Endothelial Cells Express P-Selectin in Atherosclerosis-Prone Apolipoprotein E-Deficient Mice [J]. *Am J Pathol*, 2005, 167(6):1511-1518.
- [14] Smyth SS, Reis ED, Zhang W, et al. Beta(3)-integrin-deficient mice but not P-selectin-deficient mice develop intimal hyperplasia after vascular injury: correlation with leukocyte recruitment to adherent platelets 1 hour after injury[J]. *Circulation*, 2001, 103(20):2501-2507.
- [15] 金红芳,方红,王宏伟. ATRA 抗支气管哮喘大鼠气道炎症的作用及机制[J]. 中华结核和呼吸杂志,2004,27(4):280-281.

(收稿日期:2011-04-20 修回日期:2011-05-21)

(上接第 2502 页)

- [6] Mayer TG, Vanharanta H, Gatchel RJ, et al. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients[J]. *Spine*, 1989, 14(1):33-36.
- [7] Fujita T, Kanbara M. RIR and electromyographic assessment of paravertebral muscle damage in posterior lumbar surgery[J]. *Cen Jpn J Orthp Surg*, 1996, 39(1):319.
- [8] Boelderl A, Daniaux H, Kathrein A, et al. Danger of damaging the medial branches of the posterior rami of spinal nerves during a dorsomedian approach to the spine[J]. *Clin Anat*, 2002, 15(2):77-81.
- [9] Suwa H, Hanakita J, Ohshita N, et al. Postoperative changes in paraspinal muscle thickness after various lumbar back surgery procedures[J]. *Neurol Med Chir(Tokyo)*, 2000, 40(3):151-155.

- [10] Kuriyama N, Ito H. Electromyographic functional analysis of the lumbar spinal muscles with low back pain[J]. *J Nippon Med Sch*, 2005, 72(3):165-173.
- [11] Datta G, Gnanalingham KK, Peterson D. Back pain and disability after lumbar laminectomy: is there a relationship to muscle retraction? [J]. *Neurosurgery*, 2004, 54(6):1413-1420.
- [12] Kim DY, Lee SH, Chung SK, et al. Comparison of multifidus muscle atrophy and trunk extension muscle strength: percutaneous versus open pedicle screw fixation [J]. *Spine*, 2005, 30(1):123-129.
- [13] 杨维权,刘大雄,郑和平,等. 腰椎间盘突出症后路微创手术的应用解剖学研究[J]. 骨与关节损伤杂志,2004,19(9):588-589.

(收稿日期:2011-01-09 修回日期:2011-03-22)