·基础研究·

# 不同水平脊髓损伤大鼠盆底肌纤维的形态学研究

吕振[1] 李建军[2]

[1]中国康复研究中心北京博爱医院脊柱脊髓外科,首都医科大学康复医学院,北京 100068;

[2]中国康复研究中心北京博爱医院功能重建外科,首都医科大学康复医学院,中国康复科学所,北京脑重大疾病研究院神经损伤与修复研究所,北京 100068

通信作者:李建军,Email:crrc100@163.com

【摘要】 **目的** 通过对大鼠不同水平脊髓损伤后盆底肌纤维类型及电镜下形态学观察,为脊髓损伤盆底肌张力异常及功能障碍的临床研究提供参考。**方法** 选取雌性成年 SD 大鼠 30 只,按随机数字表法分为骶髓上脊髓损伤组(SS 组)、骶髓下脊髓损伤组(SC 组)和对照组,每组 10 只,采用脊髓离断法分别制作骶髓上和骶髓下脊髓损伤大鼠模型,造模成功 4 周后,观察各组大鼠耻尾肌Ⅰ型肌纤维含量、HE 染色和电镜下形态学变化。**结果** SS 组和 SC 组大鼠的Ⅰ型肌纤维含量分别为(12612.4±795.0)和(4963.0±1526.3)像素,显著低于对照组[(30625.8±1257.0)像素],组间差异有统计学意义($F=1720$,$P<0.05$),且 SC 组的Ⅰ型肌纤维含量显著低于 SS 组($P<0.05$)。HE 染色中,SS 组肌纤维走形迂曲、细胞核增生严重,局部毛细血管扩张;而 SC 组肌纤维严重断裂,排列紊乱,细胞核呈球状改变伴轻度增生。电镜下,SS 组肌小节溶解、断裂严重,但肌小节结构保留,伴轻度线粒体增生;SC 组肌小节溶解、断裂更严重,完全丧失肌小节结构,伴大量结缔组织增生,无明显线粒体增生。**结论** 骶髓上脊髓损伤后耻尾肌Ⅰ型肌纤维部分减少,以肌萎缩伴肌纤维结构基本保留为特点;而骶髓下脊髓损伤后耻尾肌Ⅰ型肌纤维显著减少,以肌萎缩伴肌纤维结构严重破坏为特点。

【关键词】 脊髓损伤; 盆底肌; 耻尾肌; 肌纤维类型; 形态学

**基金项目**:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2007-12)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.04.002

**A morphological study of the pelvic floor muscle fibers of rats with spinal cord injury**

*Lyu Zhen*[1], *Li Jianjun*[2]

[1]*Department of Spine and Spinal Cord Surgery*, [2]*Department of Functional Reconstruction Surgery*, *Beijing Bo'ai Hospital*, *Faculty of Rehabilitation Medicine*, *Capital Medical University*, *Beijing 100068*, *China*

*Corresponding author*: *Li Jianjun*, *Email*: *crrc100@163.com*

【**Abstract**】 **Objective** To seek better treatments for abnormal pelvic floor muscle tension and pelvic floor dysfunction after spinal cord injury. **Methods** The morphology of pelvic floor muscle fibers of rats with spinal cord injury at different levels was observed under the electron microscope. Thirty female adult Sprague-Dawley rats were randomly divided into a suprasacral (SS) cord injury group, a group with spinal cord injury at or below the sacral level (SC) and a normal group (NG), each of 10. The relevant spinal cord injury models were established in the SS and SC groups through spinal cord disconnection. Four weeks later, the pixel area of ATPase-positive fibers was used to quantify the content of type I fibers in the pubococcygeus muscle of each rat through observation under the electron microscope after hematoxylin and eosin staining. **Results** The average content of type I muscle fibers in both the SS and SC group was significantly lower than in the normal group. The SC group's average level was significantly lower than that of the SS group. Under the microscope the stained myofibers were tortuous, deformed in appearance and with proliferated nuclei. Capillary dilation could be seen locally in the SS group 4 weeks after the injury. In the SC group at 4 weeks after the injury the pubococcal fibers were seriously "dissolved", or disordered, with spherical nuclei and mild hyperplasia. Under the electron microscope, the sarcomeres of the SC group were obviously dissolved, atrophied and broken, though the basic structure persisted, with mild mitochondrial proliferation. The sarcomeres of the SC group were extremely dissolved and broken, completely losing basic structure, with abundant connective tissue proliferation but without obvious mitochondrial proliferation. **Conclusions** After suprasacral cord injury, the content of type I muscle fibers in the pubococcygeus muscle of the pelvic floor decreases somewhat, with the basic structure of the muscle fibers remaining intact. However, after spinal cord injury at or below the sacral level, type I muscle fibers

decrease significantly in the pubococcygeus muscle of the pelvic floor, and the basic structure is seriously damaged.

【Key words】 Spinal cord injury; Pelvic floor muscles; Pubococcygeus muscle; Muscle fiber types; Morphology

**Funding**: Special Fund for Basic Scientific Research of the Central Public Welfare Institute (2007-12)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.04.002

脊髓损伤后盆底功能障碍是脊髓损伤患者生活质量降低的重要因素,常见有尿潴留、尿失禁、大便失禁、便秘、性功能障碍等[1-2]。既往对于盆底功能障碍的研究,大多集中在膀胱逼尿肌和括约肌功能失调、尿动力学异常等,事实上盆底肌张力异常和肌肉功能障碍也是脊髓损伤后盆底功能障碍的重要组成部分,从盆底肌肉的角度分析盆底功能障碍,为脊髓损伤后盆底功能障碍的研究提供了一种研究思路[3-6]。笔者曾对脊髓损伤后盆底肌张力进行研究,发现不同水平脊髓损伤后盆底肌肉张力明显不同[4],且肌肉内神经肽含量也有显著性差异[3]。

不同水平脊髓损伤后,肢体骨骼肌会因为失神经支配发生一系列的改变,而对于盆底肌肉是否在不同水平脊髓损伤后也存在相应变化,目前研究较少。耻尾肌作为肛提肌的重要组成部分,连接盆底前后矢状径,不仅对腹、盆部脏器具有承托和支持作用,还参与下尿路、直肠和阴道的括约功能,对于排尿、排便及分娩的正常进行具有重要的辅助作用[7]。因此,结合大鼠盆底肌肉的解剖特点,耻尾肌是研究盆底肌肉的理想选择。本研究通过建立大鼠骶髓上和骶髓下水平的脊髓损伤模型,对盆底耻尾肌的肌纤维类型、HE 染色以及电镜下形态学改变进行研究,旨在从盆底肌肉角度进一步分析脊髓损伤盆底功能障碍的发病机制,并为其临床治疗提供依据。

## 材料与方法

一、实验动物及分组

选取 SPF 级健康成年雌性 Sprague-Dawley(SD)大鼠 30 只(由北京维通利华实验动物技术有限公司提供),250~280 g,按随机数字表法分为骶髓上脊髓损伤组(suprasacral cord injury,SS 组)、骶髓下脊髓损伤组(spinal cord injury at or below the sacral level,SC 组)和对照组,每组 10 只。

二、主要试剂与仪器

肌纤维类型测试:用 0.1 mol/L 巴比妥钠(pH 10.0),0.18 mol/L $CaCl_2$,0.2 mol/L 醋酸盐缓冲液(pH 4.6)分别制备碱性和酸性孵育液。

HE 染色:用 10%甲醛中性缓冲液、酒精(按 70%、80%、90%、95%、100%浓度稀释)、二甲苯(国产,AR 级)、石蜡、蒸馏水、Harris 苏木精染液、自来水、1%的盐酸酒精、1%伊红染液、中性树胶。

电镜标本制片:用 3%戊二醛、0.1 mol/L 磷酸盐缓冲液、锇酸、乙醇系列脱水(乙醇 50%、70%、85%、90%、100%)、丙酮 100%、醋酸铀、柠檬酸铅。

主要仪器:脱水机、石蜡切片机、冰冻切片机、微量加样器、微波炉、37 ℃孵箱、光学显微镜(Olympus)、透射电子显微镜(日本电子 1230)。

手术器械:咬骨钳、弯剪、止血钳、电凝、缝合线等用于耻尾肌的组织分离。

三、研究方法

1. 模型制作方法:将 30 只大鼠普通环境下饲养 1 周,采用脊髓离断法将脊髓完全横断,骶髓上损伤组和骶髓下损伤组分别取胸$_{9-10}$和腰$_{3-4}$棘突水平将脊髓完全横断;术后常规处理,2 组造模大鼠均行人工膀胱排尿,每日 3 次,持续 4 周造模成功后进行耻尾肌取材测试。脊髓横断后,SS 组大鼠死亡 3 只,SC 组和对照组无大鼠死亡。对照组普通饲料喂养,无特殊干预。本研究获首都医科大学动物实验医学伦理学审查批准(1117-0421-0017-8)。

造模成功标准:骶髓上损伤大鼠的耻骨上区膀胱张力较高,人工排尿时尿道具有较高阻力,需要适当加压才可完成人工排尿,下肢肌肉具有痉挛表现;骶髓下损伤大鼠的耻骨上区膀胱张力低,人工排尿时尿道阻力很小,下肢肌肉张力低下、无痉挛表现。

2. 肌肉取材:用 4%水合氯醛溶液腹腔麻醉(300 mg/kg),将大鼠仰卧位固定四肢和头部置于测试台上。会阴部以骨盆出口处为中心备皮,消毒。骨盆骨性出口侧缘与肛门外口之间,剪开皮肤,止血钳钝性分离皮下组织,见耻尾肌纤维,继续钝性剥离肌肉深面的结缔组织,可见该肌纤维连接于耻骨联合后方与尾椎起始部之间,正常肌肉直径大约有 1 cm,呈扁圆柱形。暴露耻尾肌,显微外科剪游离包绕于直肠周围的耻尾肌,左右各一块,约 0.5 cm×0.5 cm 大小,迅速置入液氮冰冻保存(用于肌纤维类型分析),HE 染色和电镜切片按照常规方法处理取材标本。

3. 标本的制备:制备三磷酸腺苷酶染色标本用于肌纤维类型分析,使用 Dubowitz-Brooke 法[8]操作,切片的硫化钴黑色沉淀为 ATP 酶活性所在部位。三磷酸腺苷酶染色中,根据染色强度不同,将肌纤维分为Ⅰ型和Ⅱ型。酸性条件下(pH2~4)Ⅰ型纤维呈强染色,

Ⅱ型纤维呈弱染色或不染色；碱性条件下（pH8～10）Ⅰ型纤维为弱染色至无色，Ⅱ型纤维为强染色。常规方法制备 HE 染色标本和透射电镜标本。

四、统计学方法

根据肌纤维类型研究结果，将耻尾肌酸性条件下三磷酸腺苷酶染色切片图像经显微摄像扫描后输入计算机，使用 Leica QWIN 图像分析软件在 10×20 倍光学显微镜下，对三磷酸腺苷酶染色切片上强染色的Ⅰ型肌纤维阳性区域所占像素面积进行计算。每张切片随机选取 3 个视野取平均值，结果采用统计学软件 SPSS 19.0 单因素方差分析进行比较，Bonferroni 法，显著性水平 $P$ 为 0.05。HE 染色和电镜下改变，对图像特点进行描述性总结。

## 结　果

一、不同水平脊髓损伤后Ⅰ型肌纤维含量的变化

对照组、SS 组和 SC 组显微镜下的Ⅰ型肌纤维含量分别为（30625.8±1257.0）、（12612.4±795.0）和（4963.0±1526.3）像素，3 组间比较，差异均有统计学意义（$F$=1720，$P$<0.01）；SS 组和 SC 组的Ⅰ型肌纤维含量均显著低于对照组（$P$<0.05），且 SC 组的Ⅰ型肌纤维含量低于 SS 组更显著（$P$<0.05）。显微镜下图像如图 1 所示。

二、不同水平脊髓损伤后 HE 染色光学显微镜与电镜下形态学对比

骶髓上脊髓损伤后，显微镜下可以观察到肌纤维的走行及其 HE 染色有较明显变化；光学显微镜下（纵切图，10×20 倍视野）观察发现，与正常肌纤维相比，损伤后 4 周时，肌纤维走形迂曲、外观变形、细胞核增生严重，局部可见到毛细血管扩张。而骶髓下脊髓损伤后 4 周时，耻尾肌在中高倍视野下（纵切图，10×40 倍视野）均可见到肌纤维的严重溶解、断裂，排列极其紊乱，细胞核呈球状改变伴轻度增生，毛细血管局部扩张，如图 2 所示。

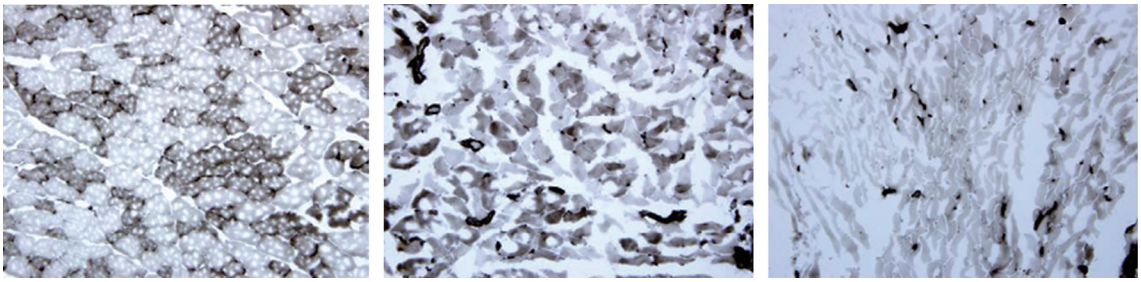
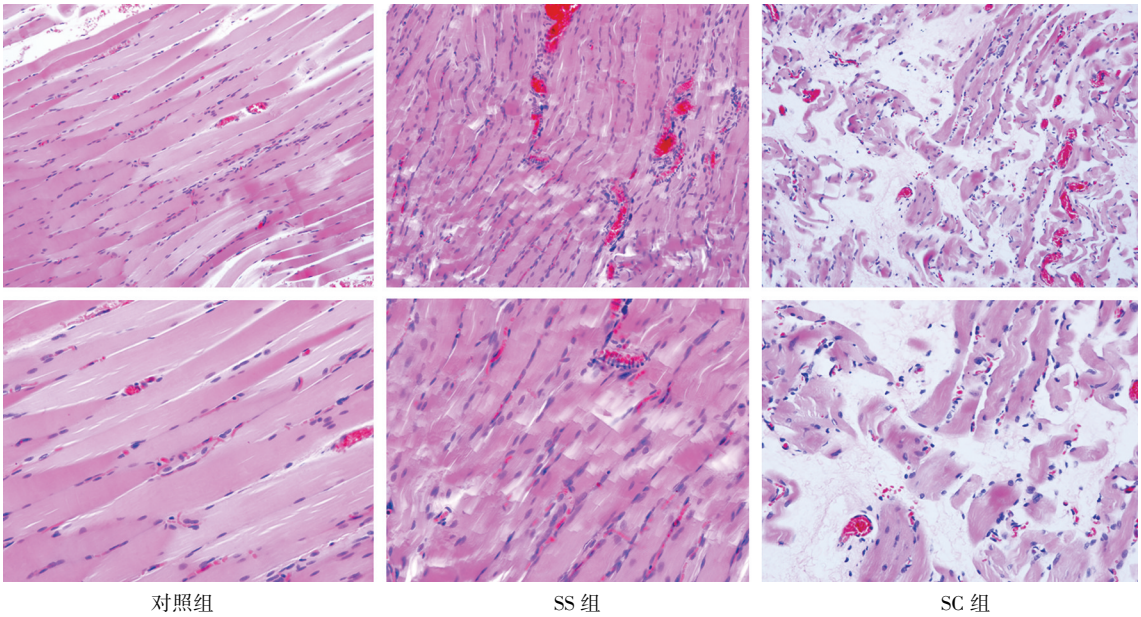



**图 1**　3 组大鼠盆底耻尾肌Ⅰ型肌纤维染色的光学显微镜下图像（横切图，10×20 倍视野）




注：上图为 10×20 倍数视野；下图为 10×40 倍数视野

**图 2**　3 组大鼠盆底耻尾肌普通 HE 染色（纵切图）

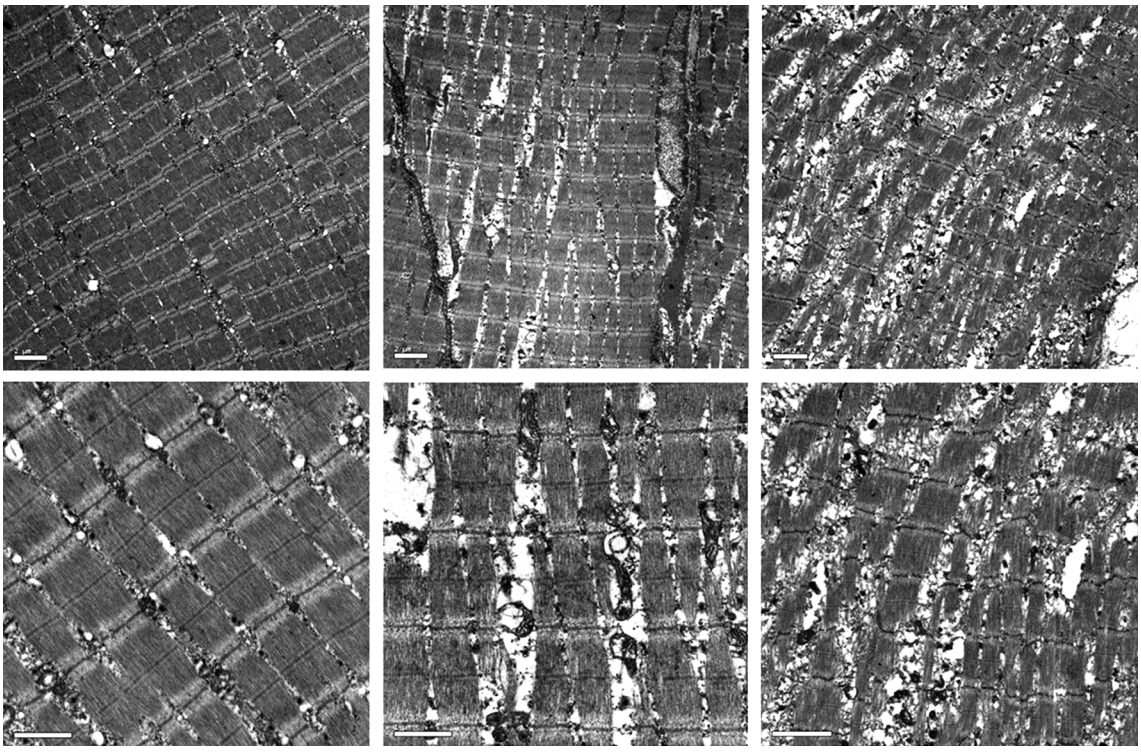
正常耻尾肌在电镜 8640 倍视野，和 29900 倍视野下可见到肌纤维规律的明暗带间隔排列，肌小节界限清楚、整齐有序，同一个肌束内 Z 线保持同一水平。骶髓上脊髓损伤后 4 周时，肌小节溶解、萎缩及断裂明显，但肌小节的基本结构仍然保留，且伴轻度线粒体增生；而骶髓下脊髓损伤后 4 周时，镜下可见到肌小节溶解、断裂严重，大多数 Z 线和肌丝破坏，完全丧失肌小节的基本结构，大量结缔组织增生，但无明显线粒体增生，低倍镜下整体呈竹林样改变，这与其 HE 染色的特点相一致（8640 倍视野），如图 3 所示。

## 讨　论

由于脊髓损伤后盆底肌肉张力异常及功能障碍与脊髓受伤部位密切相关，且临床治疗原则不同，所以本研究设计了以骶髓排尿中枢为分界的骶髓上脊髓损伤模型和骶髓下脊髓损伤模型。骶髓上脊髓损伤后，耻尾肌为上运动神经元性损伤，脊髓低级中枢存在，部分功能反射性保留；而骶髓下脊髓损伤后，支配耻尾肌的骶髓节段和相应马尾神经损伤，脊髓低级反射弧被切断，盆底肌肉则处于弛缓状态。耻尾肌作为盆底器官的一部分，脊髓中枢位于骶髓$_{1\text{-}4}$水平，结合既往研究证实大鼠的脊髓圆锥位于腰$_4$ 椎板水平[9-11]。本研究的 2 个动物模型分别从胸$_{9\text{-}10}$和腰$_{3\text{-}4}$棘突水平将脊髓及马尾神经横断，其中骶髓下脊髓损伤模型制作过程中，可清晰显示脊髓圆锥和马尾神经的离断状态。

肌张力异常在肢体功能异常的研究甚多，但骶髓上脊髓损伤后盆底肌肉张力异常的针对性研究较少，事实上常见的脊髓损伤后盆底功能障碍（如尿潴留、尿失禁、便秘、性功能障碍等）均与盆底张力异常关系密切，如尿道外括约肌张力异常导致逼尿肌-括约肌协同失调，肛提肌痉挛导致排便时的排泄阻力增大[12]，坐骨海绵体肌的张力增大导致阴茎异常勃起和勃起时间过长等[13]。而对于盆底肌张力研究相对较多集中在骶髓排尿中枢远端的损伤，如腰骶部脊髓脊膜膨出患者盆底肌肉张力低下出现压力性尿失禁和便失禁[14-15]；产后老年女性骨盆部神经损伤导致盆底结构张力低下引起盆底器官脱垂、尿失禁等[16-17]，可见在关注盆底功能障碍时应重视盆底肌肉张力异常。

肌肉纤维类型作为影响肌张力的关键因素，在脊髓损伤盆底肌肉的研究中少见报道。目前，肌纤维类型的最常用分类方法是 1970 年 Brooks 根据肌纤维形态、机能和代谢特征提出的分类方法[18]，该方法将肌纤维分为Ⅰ型、Ⅱa 和Ⅱb型。耻尾肌内两种类型的肌纤维均有一定的含量，分别起着不同的作用，Ⅰ型肌纤




注：上图为 8640 倍视野；下图为 29900 倍视野

**图 3**　3 组大鼠盆底耻尾肌透射电镜下肌小节结构变化

维主要维持静息时盆底肌肉张力,承托盆腔器官并保证尿道出口一定的阻力,防止站立及体位变化时尿失禁;Ⅱ型肌纤维则主要在腹压突然增高时快速收缩,通过保护性反射来防止尿失禁及便失禁[19]。曾有研究报道脊髓损伤后下肢不同肌肉肌纤维类型的萎缩程度,完全性脊髓损伤 5 个月后股外侧肌的Ⅰ、Ⅱa 和Ⅱb 型肌纤维横截面积分别减少 62%、68% 和 55%[20]。这仅是针对肢体骨骼肌而不是盆底肌肉的肌纤维类型研究,可见盆底肌肉纤维类型的研究尚未得到足够的重视。本研究重点关注对盆底肌张力影响大的Ⅰ型肌纤维变化。

通过骶髓上脊髓损伤和骶髓下脊髓损伤的耻尾肌纤维类型对比,本研究发现两者的Ⅰ型肌纤维含量均显著低于对照组($P<0.05$),而后者的Ⅰ型肌纤维含量显著低于前者($P<0.05$),这与前期研究两种水平脊髓损伤后盆底肌肉张力和神经肽含量的变化[3]以及临床表现相一致。分析原因:骶髓上脊髓损伤作为上运动神经元损伤,在脊休克过后由于脊髓低级反射通路的完整,损伤水平远端的肌肉大多进入痉挛期,盆底肌肉也不例外,这部分肌肉保持了自身的收缩特性,延缓了因为失神经支配导致的肌肉萎缩;有观点认为此痉挛状态与脊髓介导的单突触神经反射恢复以及神经递质受体上调、感觉神经元过敏有关[21],从而保留了一定比例的Ⅰ型肌纤维。骶髓下脊髓损伤由于脊髓反射的低级反射通路中断,脊髓反射被抑制或丧失,肌肉长期处于弛缓状态,无法实现任何收缩,神经对于肌肉的营养作用完全消失,导致Ⅰ型肌纤维的含量严重下降。前期研究[4]已证实骶髓上脊髓损伤后的不同时期,大鼠盆底肌肉张力变化规律与脊髓损伤后肢体骨骼肌的张力变化规律类似;关于脊髓损伤后盆底肌肉张力与Ⅰ型肌纤维比例的关系尚无定论,从本研究的结果分析Ⅰ型肌纤维比例的下降可能与张力低下相关,但不能排除其它因素对肌张力的影响,如 α 运动神经元参与的肌紧张反射等。

本研究还观察了不同损伤水平大鼠盆底肌肉的 HE 染色和电镜下肌小节结果变化情况,对比其与肌纤维类型之间的关系,发现 SC 组具有典型的失神经后肌肉萎缩、组织退变、结缔组织增生等特征;SS 组的表现则有所不同,其特征表现与Ⅰ型肌纤维类型的研究结果一致。分析其原因,骶髓上脊髓损伤通过保留的脊髓反射在一定程度上补偿肌肉和某些盆底功能,而骶髓下脊髓损伤后,盆底肌肉及器官的功能基本完全丧失,呈现长期的迟缓和无功能状态[3]。

综上所述,骶髓上脊髓损伤后,盆底耻尾肌Ⅰ型肌纤维部分减少,形态学以肌萎缩但肌纤维结构基本保留为主要特点,这与骶髓上脊髓损伤通过保留的脊髓反射在一定程度上补偿某些盆底功能、延缓肌肉萎缩有关;而骶髓下脊髓损伤后,盆底耻尾肌Ⅰ型肌纤维显著减少,形态学以肌萎缩伴肌纤维结构严重破坏为主要特点,这与骶髓下脊髓损伤后盆底肌肉及器官长期的迟缓状态加重了盆底组织结构退变有关。因此,在今后的临床治疗中,如何利用骶髓上脊髓损伤后残留的脊髓反射调节盆底肌肉张力,最大限度地恢复盆底功能,如何选取有效的康复手段刺激或替代盆底肌肉延缓骶髓下脊髓损伤后盆底肌肉和器官的萎缩,将会是重要的研究方向。

## 参 考 文 献


[1] Craggs MD, Balasubramaniam AV, Chung EAL, et al. Aberrant reflexes and function of the pelvic organs following spinal cord injury in man[J]. Auton Neurosci, 2006, 126-127: 355-370. DOI: 10.1016/j.autneu.2006.03.010.

[2] De Looze DA, de Muynck MC, van Laere M, et al. Pelvic floor function in patients with clinically complete spinal cord injury and its relation to constipation[J]. Dis Colon Rectum, 1998, 41(6): 778-786. DOI: 10.1007/BF02236269.

[3] 吕振,李建军,廖利民,等.不同水平大鼠脊髓损伤后盆底肌肉张力及神经肽的变化[J].中华外科杂志,2009,47(12):927-930. DOI:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2009.12.014.

[4] Lu Z, Li JJ, Liao LM, et al. Changes in pubococcygeus muscle tension in the pelvic floor of rats after spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2010, 48(6): 464-469. DOI: 10.1038/sc.2009.169.

[5] Vasquez N, Knight SL, Susser J, et al. Pelvic floor muscle training in spinal cord injury and its impact on neurogenic detrusor over-activity and incontinence[J]. Spinal Cord, 2015, 53(12): 887-889. DOI: 10.1038/sc.2015.121.

[6] Elmelund M, Biering-Sorensen F, Due U, et al. The effect of pelvic floor muscle training and intravaginal electrical stimulation on urinary incontinence in women with incomplete spinal cord injury: an investigator-blinded parallel randomized clinical trial[J]. Int Urogynecol J, 2018, 29(11): 1597-1606. DOI: 10.1007/s00192-018-3630-6.

[7] 曹泽毅. 中华妇产科学[M]. 北京:人民卫生出版社,1999:16-17.

[8] Brooke MH, Kaiser KK. Three "myosin adenosine triphosphatase" systems: the nature of their pH lability and sulfhydryl dependence[J]. J Histochem Cytochem, 1970, 18(9): 670-672. DOI: 10.1177/18.9.670.

[9] Liu Y, Yang R, Kong Q, et al. Metabolomic changes in rat model of cauda equina injury[J]. World Neurosurg, 2017, 102: 449-458. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.03.072.

[10] 王金武,侯春林,陈爱民,等.SD 大鼠马尾与骶神经根的解剖学观察[J].中国临床解剖学杂志,2003,21(4):368-370. DOI: 10.3969/j.issn.1001-165X.2003.04.023..

[11] 纪江峰,冯世庆.脊髓损伤动物模型研究进展[J].中华实验外科杂志,2006,23(9):1151-1152. DOI: 10.3760/j.issn:1001-9030.2006.09.057.

[12] Shafik A. The role of the levator ani muscle in evacuation, sexual performance and pelvic floor disorders[J]. Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct, 2000, 11(6): 361-376. DOI: 10.1007/pl00004028.

[13] Nout YS, Schmidt MH, Tovar CA, et al. Telemetric monitoring of

corpus spongiosum penis pressure in conscious rats for assessment of micturition and sexual function following spinal cord contusion injury [J]. J Neurotrauma, 2005, 22(4): 429-441. DOI: 10.1089/neu.2005.22.429.

[14] Hudgins RJ, Gilreath CL. Tethered spinal cord following repair of myelomeningocele[J]. Neurosurg Focus, 2004, 16(2): E7. DOI: 10.3171/foc.2004.16.2.8.

[15] Reuvers SHM, Groen J, Scheepe JR, et al. Heterogeneity in reporting on urinary outcome and cure after surgical interventions for stress urinary incontinence in adult neuro-urological patients: a systematic review[J]. Neurourol Urodyn, 2018, 37(2): 554-565. DOI: 10.1002/nau.23364.

[16] Ostrzenski A. The new etiology and surgical therapy of stress urinary incontinence in women[J]. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, 2020, 245(1): 26-34. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2019.11.023.

[17] Rahkola-Soisalo P, Savolainen-Peltonen H, Gissler M, et al. Increased risk for stress urinary incontinence in women with postmenopausal hormone therapy[J]. Int Urogynecol J, 2019, 30(2): 251-256. DOI: 10.1007/s00192-018-3682-7.

[18] 杨锡让.实用运动生理学[M].北京:北京体育大学出版社,2007:195-200.

[19] 张玉海.膀胱排尿功能障碍[M].北京:人民卫生出版社,2000:19-20.

[20] Crameri RM, Weston AR, Rutkowski S, et al. Effects of electrical stimulation leg training during the acute phase of spinal cord injury: a pilot study[J]. Eur J Appl Physiol, 2000, 83(4-5): 409-415. DOI: 10.1007/s004210000263.

[21] Ditunno JF, Little JW, Tessler A, et al. Spinal shock revisited: a four-phase model[J]. Spinal Cord, 2004, 42(7): 383-395. DOI: 10.1038/sj.sc.3101603.

（修回日期：2021-03-23）
（本文编辑：汪　玲）

·消息·

# 《中华物理医学与康复杂志》第三届吞咽障碍康复优秀论文评奖拉开帷幕

吞咽障碍是康复医学领域的难点和热点研究课题之一。自 2009 年开始，《中华物理医学与康复杂志》携手广州中山大学第三附院，已连续举办了多次“全国吞咽障碍康复高峰论坛”，并借以选择和组织发表了一大批优秀专题论文，对促进吞咽障碍康复学术交流，推动我国吞咽障碍康复工作的发展起到了良好作用。

今年 5 月 28-30 日，《中华物理医学与康复杂志》将再度与中山大学第三附院携手，在广州举办“第七届中国吞咽障碍康复高峰论坛”。根据此前确定的原则，我们如约开展了《中华物理医学与康复杂志》第三届吞咽障碍康复优秀论文评奖活动，对 2018-2020 年期间本刊发表的吞咽障碍康复方面的优秀论文进行评选和奖励。

本次活动采用函评方式，特邀请国内吞咽障碍康复方面的权威专家进行评审，最终将根据每篇论文得分高低，评出一等奖 1 名，二等奖 3 名，三等奖 5 名，鼓励奖 10 名，并分别给予相应奖励。

**《中华物理医学与康复杂志》编辑部**

**2021 年 4 月**