

超声观察神经源性膀胱大鼠膀胱形态学变化及其与尿流动力学的相关性研究

展立芬 卓越 艾坤 曾学究 梁柔筠 丁强盛 胡晓妹 刘熹 张泓

摘要 **目的** 建立脊髓横断损伤后神经源性膀胱(NB)大鼠模型,应用超声观察膀胱形态学变化,分析其与尿流动力学指标的相关性。**方法** 将 27 只 SPF 级 SD 大鼠按照随机数表法分为空白对照组 8 只、假手术组 8 只和模型组 11 只,其中空白对照组正常饲养;假手术组暴露脊髓后依次缝合并予抗感染处理;模型组采用手术建立脊髓横断损伤后 NB 大鼠模型。观察各组大鼠活动、食量、水量、排尿、排便和死亡等情况;建模后第 19 天大鼠排尿后于呼吸麻醉状态下应用超声测量膀胱上下径、左右径、前后径及膀胱壁厚度,计算膀胱容积;检测大鼠尿流动力学指标,包括大鼠膀胱最大压力、膀胱最大容量、灌注时间和漏尿点压力,比较各组大鼠上述指标的差异。然后处死大鼠并摘取膀胱逼尿肌组织进行病理组织学检查。采用 Pearson 相关分析法分析各组大鼠膀胱超声指标与尿流动力学指标的相关性。**结果** 模型组有 3 只大鼠造模失败,8 只造模成功。①一般情况:与空白对照组和假手术组比较,模型组大鼠食量减少,体质量下降,毛色光泽度偏暗,活动量减少;假手术组与空白对照组大鼠一般情况基本一致。②超声指标:与空白对照组和假手术组比较,模型组膀胱上下径、左右径、前后径及膀胱壁厚度均增加,膀胱容积增大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。③尿流动力学指标:与空白对照组和假手术组比较,模型组大鼠膀胱最大压力升高,膀胱最大容量增加,灌注时间延长,漏尿点压力升高,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。④病理组织学结果:空白对照组和假手术组大鼠膀胱组织基本正常,模型组膀胱组织中移行上皮细胞排列紊乱,细胞固有膜结构疏松破坏,可见组织水肿及出血性改变,肌纤维排列紊乱,伴局部纤维结缔组织增生。⑤相关性分析显示,各组大鼠膀胱壁厚度与膀胱最大压力、膀胱最大容量、灌注时间、漏尿点压力均呈线性相关(均 $P < 0.05$)。**结论** 本实验成功建立脊髓横断损伤后 NB 大鼠模型,超声检查发现 NB 大鼠膀胱壁厚度增加,且其与尿流动力学指标均呈线性相关,提示超声可用于评估 NB 大鼠膀胱功能。

关键词 超声检查;神经源性膀胱;形态结构;尿动力;大鼠

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

Study of correlation between morphological changes of bladder and urodynamics by ultrasonography in rats with neurogenic bladder

ZHAN Lifan, ZHUO Yue, AI Kun, ZENG Xuejiu, LIANG Roujun, DING Qiangsheng, HU Xiaomei, LIU Xi, ZHANG Hong
College of Acupuncture, Massage and Rehabilitation, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China

ABSTRACT **Objective** To establish the neurogenic bladder(NB) rats model after spinal cord transection injury, to observe the morphological changes of the bladder by ultrasonography, and to analyze the correlation between the morphological changes and urodynamic indexes.**Methods** Twenty-seven SPF-grade SD rats were divided into blank control group ($n=8$), sham-operation group ($n=8$), and model group ($n=11$) according to the random number table. The blank control group was raised normally. The sham-operation group was sequentially sutured and given anti-infective treatment after the spinal cord exposed. In the model group, the NB rat model after spinal cord transection was established by operation. The activities, food intake, water intake, urination, defecation, and death of rats in each group were observed. On the 19th day after operation, the left and right

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82274666, 81874510);湖南中医药大学学科建设揭榜挂帅项目(22JBZ013)

作者单位:410208 长沙市,湖南中医药大学针灸与推拿康复学院(展立芬、卓越、艾坤、曾学究、梁柔筠、丁强盛、胡晓妹、张泓);湖南中医药大学第二附属医院超声影像科(刘熹)

通讯作者:张泓, Email: zh5381271@sina.com

diameters, anterior and posterior diameters, upper and lower diameters and the thickness of bladder were measured by ultrasound under respiratory anesthesia of rats in each group, and the bladder volume was calculated. The urodynamic indexes of rats were detected, including the maximum bladder pressure, maximum bladder volume, perfusion time and leakage point pressure. The differences of the above indexes in each group were compared. Then the rats were sacrificed and the bladder detrusor tissues were removed for histopathological examination. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between bladder ultrasound indexes and urodynamic indexes. **Results** Three rats in the model group failed to establish the model, and 8 rats succeeded in the establishment of the model. ①General condition: compared with the blank control group and the sham-operation group, the rats in the model group had less food intake, lower body weight, darker coat color gloss, and less activities. The general conditions of the sham-operation group and the blank control group were basically the same. ②Ultrasound indexes: compared with the blank control group and the sham-operation group, the bladder wall thickness, upper and lower diameter, left and right diameter, and anterior and posterior diameter of the model group were all increased, and the bladder volume was increased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). ③Urodynamic indexes: compared with the blank control group and the sham-operation group, the maximum bladder pressure, maximum bladder volume, perfusion time and leakage point pressure of the model group were increased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). ④Histopathological results: the bladder tissues of rats in the blank control group and the sham-operation group were basically normal. In the model group, the transitional epithelial cells in the bladder tissues were disordered, the structure of the cell intrinsic membrane was loosed and damaged, tissue edema and hemorrhagic changes were found, muscle fibers were disordered, and local fibrous connective tissue hyperplasia was observed. ⑤Correlation analysis showed that the bladder wall thickness of rats in each group was linearly correlated with maximum bladder pressure, the maximum bladder volume, perfusion time, and leakage point pressure (all $P < 0.05$). **Conclusion** The NB rat model after spinal cord transection injury is successfully established in this experiment, and ultrasound examination showed that the bladder wall thickness of NB rats increased, and it is in a linear correlation with urodynamic dynamics indexes. It is suggested that ultrasound is expected to be a method for evaluating the bladder function in NB rats.

KEY WORDS Ultrasonography; Neurogenic bladder; Morphological structure; Urodynamics; Rats

神经源性膀胱 (neurogenic bladder, NB) 是脊髓遭受外伤、车祸及物理打击等外源性伤害和炎症、水肿等内源性损伤后最常见的并发症之一, 同时也是临床治疗的难点和热点^[1]。随着疾病的进展, 患者膀胱长期的病理改变可使双肾功能受到不同程度损伤, 最终导致肾衰竭, 严重影响患者的生活质量和生命安全。研究^[2]表明 NB 患者的膀胱超声表现具有一定特征, 且与脊髓损伤相关。本课题组前期实验研究^[3-4]表明, NB 大鼠膀胱顺应性下降, 且出现明显的形态学变化。目前 NB 大鼠模型建立成功的依据主要为尿流动力学改变。基于此, 本实验应用超声观察 NB 大鼠膀胱形态学改变, 并分析其与尿流动力学指标的相关性, 旨在探讨超声评估 NB 大鼠膀胱功能的应用价值。

材料与方法

一、实验动物、仪器及试剂

1. 实验动物: SPF 级 SD 大鼠 27 只 (根据前期基础实验研究中 72% 模型建立成功率^[3]和样本量估算^[5]得

出), 均购自湖南斯莱克实验动物有限责任公司 [许可证号: SYXK(湘)2019-0004], 体质量 (200±20)g, 饲养于湖南中医药大学动物实验中心, 自由饮水与摄食, 参照 GB 14925-2010《实验动物 环境及设施》和 GB 5749-2022《生活饮用水卫生标准》配备大鼠的生存环境及饲养条件; 饲养环境温度 24~26℃, 湿度 50%~70%, 背景噪音 30~50 dB、光-暗周期 12 h。所有大鼠均适应性喂养 1 周后进行实验研究。实验过程中遵照《关于善待实验动物的指导性意见》^[6]对实验大鼠进行处置, 所有操作均经湖南中医药大学动物实验伦理委员会批准 (伦审号: LL2021091504)。

2. 主要实验仪器: F3 导尿管 (150301J, 上海上医康鸽医用器材有限责任公司); 15 道生理记录仪 (MP150-WSW, 美国 BIOPAC 公司); 彩色多普勒超声诊断仪 (EZU-MT28-S1, 日本日立公司), 凸阵探头, 频率 3.5~10.0 MHz。

3. 主要实验试剂: 戊巴比妥钠、醋酸钠林格溶液 (江苏恒丰强生物技术有限公司); 青霉素钠 (哈药集团制药总厂); 耦合剂 (江苏省医疗器械有限公司)。

二、实验分组及模型建立

1. 分组: 将 27 只大鼠按照随机数表法分为空白对照组 8 只、假手术组 8 只和模型组 11 只。其中空白对照组未进行任何处理, 正常饲养; 假手术组暴露皮肤、筋膜与肌肉, 待暴露脊髓后依次缝合并予抗感染处理; 模型组采用手术建立脊髓横断损伤后 NB 大鼠模型。

2. 建模方法: 以改良 Hassan Shaker 脊髓全断法为基础, 结合本团队前期研究^[7]改良的方法进行 T8 节段脊髓完全性横断损伤。具体为: 术前 2 d 称重大鼠后经腹腔注射青霉素钠 (配置 20 万 U, 每只每次注射 0.35 ml) 预防感染, 术前 1 d 禁食不禁水。腹腔注射 3% 戊巴比妥钠 (30 mg/kg) 麻醉, 消毒备皮后沿大鼠背部正中线以 T8~T9 为中心做一长约 2~3 cm 纵向切口, 依次切开皮肤、皮下筋膜, 钝性分离两侧肌肉, 暴露 T8、T9 棘突及其相邻椎弓, 直至脊髓充分暴露, 然后采用牙科钩将椎间隙中的脊髓勾起, 用手术刀沿牙科钩平口快速切断脊髓, 并反复勾刮以保证无神经纤维残留。观察大鼠的心跳和呼吸无异常后, 于肌肉筋膜皮肤创缘撒下少量青霉素干粉 (广州白云山天心制药股份有限公司), 然后逐层缝合肌肉、筋膜和皮肤, 采用 5% 络合碘消毒切口及周围, 确认创口无活动性出血后将大鼠以头尾四肢伸展位俯卧平放于电热毯上复温, 等待其苏醒。术后喂养: 每笼 2 只大鼠, 定时护理及手法排尿, 限时限量喂水, 每 8 h (7:00、15:00、22:00) 给水 1 次, 每次水量 10 ml, 皮下注射醋酸钠林格溶液 (10 ml/kg) 预防酸碱失衡和电解质紊乱, 腹腔注射青霉素钠 (用法同前) 抗感染。

3. 成模及剔除标准: ①成模标准为造模后大鼠后肢完全瘫痪, 仅能以前肢拖动身体, 并出现膀胱排尿障碍 (即造模后大鼠立即进入脊髓休克期, 膀胱胀大明显, 表现为逼尿肌无反应性尿潴留; 待大鼠膀胱储尿功能明显下降, 膀胱不再胀大, 表现为尿潴留; 当大鼠膀胱逼尿肌产生无抑制性收缩, 下腹部及笼内垫料保持经常性潮湿), 尿流动力学检查示大鼠膀胱最大容量降低, 膀胱压力 (如基础压、漏尿点压力) 升高, 膀胱顺应性明显降低, 即为逼尿肌-括约肌协同失调型膀胱, 提示造模成功^[7]。②剔除标准为造模后大鼠若出现双后肢自主运动, 休克期后尿潴留或自主排尿、自噬或死亡。

三、观测指标

1. 一般情况观察: 实验过程中观察各组大鼠活动、

食量、水量、排尿、排便、自噬和死亡等情况, 记录模型组大鼠尿量、粪便量。

2. 膀胱超声检查: 根据前期研究^[7]证实脊髓损伤后 NB 大鼠的成模时间为手术后 18 d, 本实验各组大鼠于建模后第 19 天行膀胱超声检查。检查当日上午 8 点采用手法排尿, 结束后禁水, 下午 1 点进行超声检查。受检大鼠经乙氟烷呼吸麻醉成功后行腹部剃毛, 充分暴露腹部并均匀涂抹耦合剂, 将超声探头置于大鼠耻骨区域, 采集膀胱纵切面和横切面图像, 分别测量膀胱左右径、前后径、上下径及膀胱壁厚度, 计算膀胱容积 (膀胱容积=左右径×前后径×上下径×0.75)。然后检查者轻压探头, 观察并记录耻骨上区域的膀胱充盈和排空状态^[8]。以上检查均由同一具有中级职称的超声医师完成。

3. 尿流动力学检查: 各组大鼠于超声检查结束后进行尿流动力学检查, 各组平行交替进行, 记录膀胱压力曲线。采用 3% 戊巴比妥钠 (30 mg/kg) 经腹腔注射麻醉成功后将大鼠固定, 用三通管连接 15 道生理记录仪、微量灌注泵及 F3 导尿管并排空管道内空气, 注入生理盐水充盈管道, 排空大鼠膀胱后于膀胱顶部开一瘻口, 将 F3 导尿管插入膀胱, 然后用手术缝线固定导管和膀胱肌肉, 以 0.6 ml/min 速率^[9]注入常温生理盐水。记录注入相同容积生理盐水情况下膀胱容积和膀胱压力的变化, 包括: ①膀胱基础压力, 即导管置入膀胱后的初始压力值; ②膀胱最大压力, 即全过程中膀胱压力的峰值; ③膀胱最大容量, 即尿道口首次流出液体时的灌注容积; ④灌注时间, 即尿道口首次流出液体时的灌注时间; ⑤漏尿点压力, 即尿道口首次流出液体时的膀胱压力值。本实验通过膀胱容积与膀胱压力变化的比值观察膀胱顺应性。

4. 病理组织学检查: 超声检查和尿流动力学检查结束后, 各组分别选 6 只大鼠处死后取膀胱组织, 于冰上剪取大小为 0.5 cm×0.5 cm 的组织块, 采用 4% 多聚甲醛固定 48 h, 乙醇梯度脱水、浸蜡并包埋, 连续切片 (厚约 3 μm), 每个样本选 4 张行 HE 染色, 然后于 100 倍光学显微镜下观察。

四、统计学处理

应用 SPSS 23.0 和 GraphPad Prism 5 统计软件, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 多组比较采用单因素方差分析, 两组比较采用独立样本 *t* 检验。采用 Pearson 相关分析法分析各组大鼠膀胱超声指标与尿流动力学指标的关联性。P<0.05 为差异有统计学意义。

结果

一、各组大鼠一般情况

本实验模型组剔除3只造模失败大鼠,8只造模成功大鼠纳入研究,术后各项体征逐步稳定。假手术组大鼠无死亡且伤口基本恢复,其活动、进食、饮水、排尿及排便等与空白对照组基本一致。与空白对照组和假手术组比较,模型组大鼠食量减少,体质量下降,活动量减少,毛色灰暗。

二、各组超声检查结果比较

1.空白对照组和假手术组大鼠膀胱均呈扁平状圆形无回声,膀胱周围组织呈高回声;模型组大鼠膀胱呈椭圆形无回声,膀胱周围组织呈高回声,且膀胱呈过度充盈状态及排尿后尿潴留,其中1只大鼠膀胱内可见絮状物。见图1。

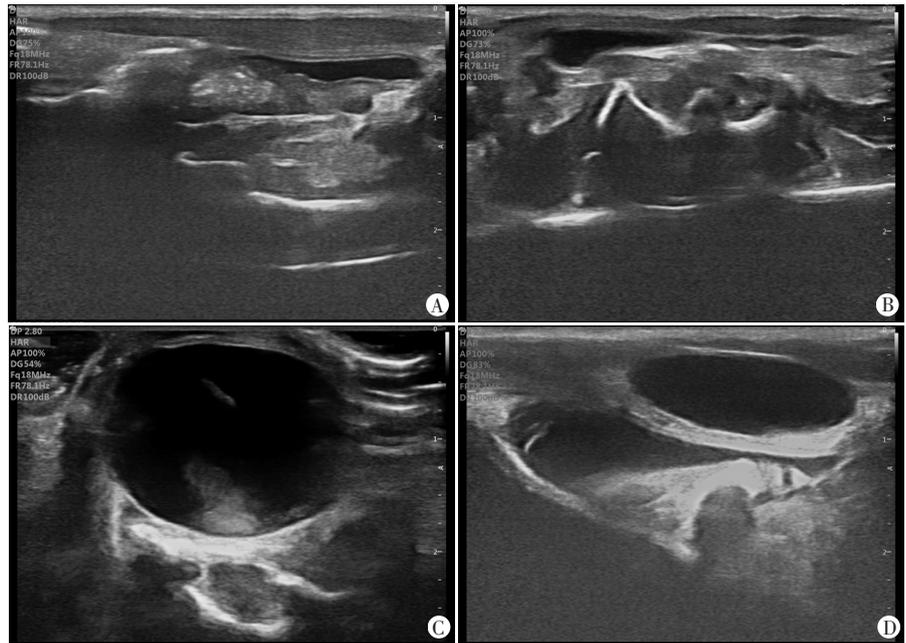
2.各组膀胱上下径、左右径、前后径、容积及膀胱壁厚度比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。与空白对照组和假手术组比较,模型组膀胱上下径、左右径及前后径、膀胱壁厚度均增加,膀胱容积增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);空白对照组与假手术组各超声指标比较,差异均无统计学意义。见表1和图2。

三、各组尿流动力学指标比较

各组尿流动力学指标比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。与空白对照组和假手术组比较,模型组大鼠膀胱最大压力升高,膀胱最大容量增加,灌注时间延长,漏尿点压力升高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。空白对照组与假手术组各尿流动力学指标比较,差异均无统计学意义。见表2。

四、各组病理组织学检查结果比较

空白对照组和假手术组大鼠膀胱组织中移行上皮细胞排列紧密整齐,细胞固有膜完整,未见炎性浸



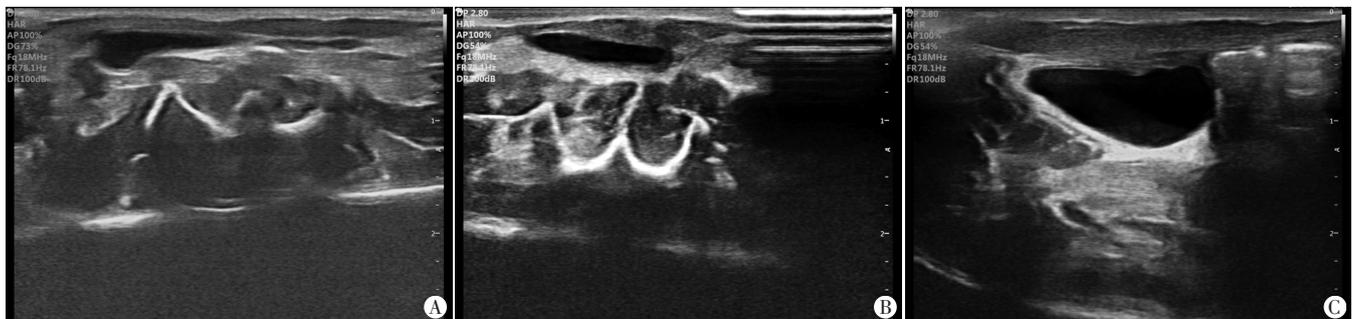
A:空白对照组;B:假手术组;C:模型组(未排空尿液);D:模型组(已排空尿液)

图1 各组大鼠膀胱超声图

表1 各组大鼠膀胱超声指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	膀胱壁厚度(mm)	上下径(mm)	左右径(mm)	前后径(mm)	膀胱容积(ml)
空白对照组	0.78±0.12	10.47±0.58	4.22±0.78	3.07±0.12	102.73±25.42
假手术组	0.82±0.06	10.55±0.84	4.62±0.59	3.51±0.96	116.40±18.26
模型组	1.32±0.24 [#]	23.68±0.51 [#]	8.71±0.79 [#]	6.89±0.67 [#]	427.63±63.22 [#]
F值	27.982	61.554	28.057	175.354	212.142
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与空白对照组比较, * $P<0.05$;与假手术组比较, # $P<0.05$



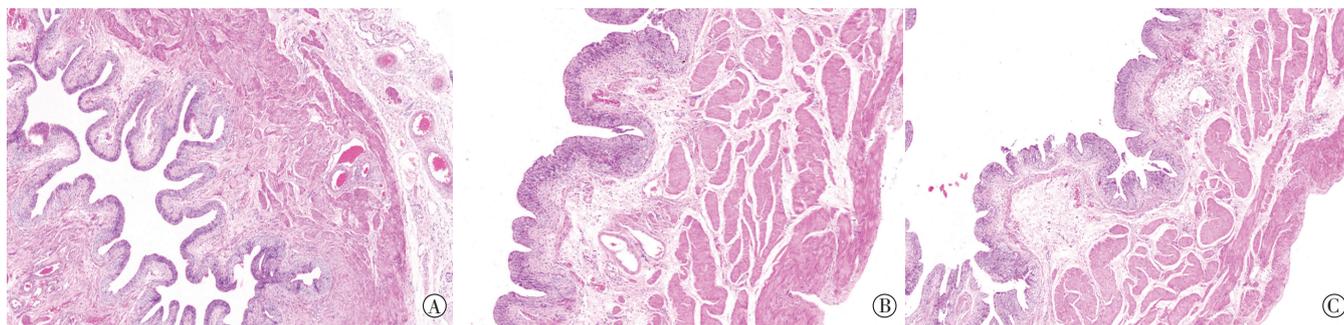
A:空白对照组,膀胱壁厚度为0.74 mm;B:假手术组,膀胱壁厚度为0.78 mm;C:模型组,膀胱壁厚度为1.54 mm

图2 各组大鼠膀胱壁厚度测量图

表2 各组尿流动力学指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	膀胱最大压力 (cmH ₂ O)	膀胱最大容量 (ml)	灌注时间 (min)	漏尿点压力 (cmH ₂ O)
空白对照组	39.25±0.37	2.250±0.250	14.13±1.26	20.25±0.88
假手术组	39.75±0.45	2.875±0.227	15.26±0.65	20.00±0.65
模型组	69.38±2.76*#	7.000±0.267*#	81.25±4.41*#	49.00±2.89*#
F值	111.90	107.90	203.80	87.52
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与空白对照组比较,* $P<0.05$;与假手术组比较,# $P<0.05$ 。1 cmH₂O=0.098 kPa



A:空白对照组;B:假手术组;C:模型组

图3 各组大鼠膀胱组织病理图(HE染色,×100)

表3 膀胱超声指标与尿动力学指标的相关性分析

膀胱超声指标	膀胱最大压力		膀胱最大容量		灌注时间		漏尿点压力	
	r值	P值	r值	P值	r值	P值	r值	P值
空白对照组膀胱壁厚度	0.888	0.003	0.640	0.008	0.957	<0.001	0.838	0.009
假手术组膀胱壁厚度	0.891	<0.001	0.924	0.001	0.714	0.047	0.783	0.020
模型组膀胱壁厚度	0.877	<0.001	0.968	<0.001	0.921	0.001	0.866	0.005

讨论

NB是脊髓损伤后常见且严重的并发症,患者的主要临床症状为排尿困难及尿潴留^[10],可对肾脏造成损伤,甚至引起肾衰竭,严重影响患者的生活质量和生命安全^[11]。恢复膀胱功能是改善脊髓损伤患者生活质量的首要目标^[12],《神经源性膀胱护理实践指南(2017版)》^[13]强调应将膀胱功能测定作为评估脊髓损伤程度及其治疗效果的辅助手段。临床评估NB患者膀胱功能的常用手段为尿流动力学检查^[14]、排尿日记^[15]和下尿路功能评定^[16]。尿流动力学检查可以观察患者充盈期逼尿肌压力、膀胱顺应性、最大尿流率和残余尿量;排尿日记通过记录排尿次数、单次排尿量、漏尿事件次数来评估排尿情况;下尿路功能评定可通过国际下尿路症状评分对患者症状进行评价。上述方法均可反映患者膀胱功能,但缺乏可视化资料。超声具有非侵入性、便捷、可重复性好等优点,是目前临床肾脏、输尿管和膀胱疾病的常用检查方法,具有良好的诊断敏感性,可以直观地反映膀胱状态,

提供可视化资料,辅助临床医师进行诊断及评估。本实验通过分析NB大鼠的膀胱超声表现及其与尿流动力学指标的相关性,旨在探讨超声评估NB大鼠膀胱功能的应用价值。

五、相关性分析

相关性分析显示,各组大鼠膀胱壁厚度与膀胱最大压力、膀胱最大容量、灌注时间和漏尿点压力均呈线性相关(均 $P<0.05$)。见表3。

润及组织水肿样改变,逼尿肌层肌纤维束排列整齐、组织结构紧密,肌纤维无增生及纤维化改变;模型组大鼠膀胱组织中移行上皮细胞排列紊乱,细胞固有膜结构疏松破坏,可见组织水肿及出血性改变,肌纤维排列紊乱,伴局部纤维结缔组织增生。见图3。

本实验通过对大鼠的T8脊髓节段进行完全性横断后成功制备NB大鼠模型。与空白对照组和假手术组比较,建模后第19天模型组大鼠食量减少,体质量下降,活动量减少,毛色灰暗;尿流动力学检查发现模型组大鼠膀胱最大容量、膀胱最大压力、灌注时间和漏尿点压力均较空白对照组和假手术组增加(均 $P<0.05$);病理组织学检查发现模型组大鼠膀胱逼尿肌组织结构排列紊乱,膀胱肌层和膀胱壁黏膜层明显增加;膀胱超声检查也发现模型组大鼠膀胱壁厚度、前后径、左右径、上下径及膀胱容积均大于空白对照组和假手术组(均 $P<0.05$)。各种检查结果均符合T8节段脊髓完全性横断损伤后以膀胱增大和尿潴留为主的NB表现,与本课题组前期实验研究^[17]结论一致。相关性分析显示,膀胱壁厚度与膀胱最大压力、膀胱最大容量、灌注时间和漏尿点压力均呈线性相关(均 $P<0.05$),提

示随着膀胱壁逐渐增厚,膀胱最大压力减小、漏尿点压力升高、膀胱最大容量减小、灌注时间增加,符合 NB 的病变过程^[15]。本实验结果表明:①各组大鼠尿流动力学指标、病理组织学检查结果和超声影像资料间存在一致性;②为超声评估 NB 大鼠膀胱功能状态奠定了基础。

本实验模型组大鼠膀胱超声图像提示有结石样改变,考虑与尿钙排泄增多^[18]、膀胱神经肌肉功能障碍等因素有关^[19]。与空白对照组和假手术组比较,模型组大鼠膀胱壁增厚,膀胱容积增大,推测可能为脊髓横断损伤后支配膀胱的神经节段异常导致膀胱储尿与排尿紊乱,膀胱壁肌肉代偿性病变所致。病理组织学检查结果显示,模型组大鼠膀胱组织病理改变明显,与其膀胱功能异常相符合。超声检查简便、无创、安全、可重复性好,可对不同阶段 NB 的膀胱状态进行可视化分析,且不影响膀胱功能,降低了尿反流到肾脏的风险和由此引起的感染扩散。

综上所述,本实验应用超声观察了脊髓横断损伤 NB 大鼠膀胱形态学变化,并发现膀胱壁厚度与尿流动力学指标呈线性相关,提示通过可视化超声影像资料与尿流动力学指标可以共同反映膀胱功能。但本实验存在以下局限:①未比较干预治疗前后膀胱超声指标变化情况;②未应用超声观察大鼠自我恢复过程中膀胱变化。后续研究中本课题组将适当延长超声检查时间,深入探讨超声在评估干预治疗前后膀胱功能变化中的应用价值,并进一步观察膀胱组织超微结构与膀胱超声检查结果的关系,为临床应用超声评估膀胱功能提供实验基础和应用依据。

参考文献

- [1] 寄婧,张丽蓉,连红强,等.神经源性膀胱的研究进展[J].西部中医药,2022,35(12):155-158.
- [2] 王丽萍,任定远.神经源性膀胱功能障碍超声声像图特点与脊髓损伤的关系分析[J].中国性科学,2020,29(11):17-19.
- [3] 卓越,许明,邓石峰,等.大鼠骶上不同节段脊髓损伤后神经源性膀胱模型比较及尿流动力学分析[J].湖南中医药大学学报,2022,42(9):1426-1433.
- [4] 张雨辰,张泓,艾坤,等.大鼠脊髓损伤后神经源性膀胱模型的制备[J].中国康复医学杂志,2014,29(6):542-546.
- [5] 曹策,李玲美,訾明杰,等.医学研究中动物实验样本量的确定方法[J].中国比较医学杂志,2023,33(2):99-105.
- [6] 中华人民共和国科学技术部.关于善待实验动物的指导性意见[Z].国科发财字[2006]398号,2006-09-30.
- [7] 许明,张泓,刘继生,等.完全性骶上脊髓损伤后神经源性膀胱大鼠模型的建立及尿流动力学分析[J].中国康复理论与实践,2016,22(8):869-875.
- [8] Sartori AM, Schwab ME, Kessler TM. Ultrasound: a valuable translational tool to measure postvoid residual in awake rats?[J]. Eur Urol Focus, 2020, 6(5): 916-921.
- [9] Shea VK, Cai R, Crepps B, et al. Sensory fibers of the pelvic nerve innervating the rat's urinary bladder[J]. J Neurophysiol, 2000, 84(4): 1924-1933.
- [10] Steven Kirshblum, Denise I. Campagnolo. 脊髓医学[M]. 2版. 济南: 山东科学技术出版社, 2015: 134.
- [11] Rabadi MH, Aston C. Complications and urologic risks of neurogenic bladder in veterans with traumatic spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2015, 53(3): 200-203.
- [12] 刘京宇,周谋望,杨延砚,等.综合医院康复医学科脊髓损伤住院患者情况分析[J].中国康复医学杂志,2022,37(10):1360-1363.
- [13] 蔡文智,孟玲,李秀云.神经源性膀胱护理实践指南(2017年版)[J].护理学杂志,2017,32(24):1-7.
- [14] 廖利民,吴娟,鞠彦合,等.脊髓损伤患者泌尿系管理与临床康复指南[J].中国康复理论与实践,2013,19(4):301-317.
- [15] 蔡文智,陈思婧.神经源性膀胱护理指南(2011年版)(二)[J].中华护理杂志,2011,46(2):210-216.
- [16] 黄伟娜,吴芃,张耀光,等.国际尿失禁咨询委员会男性下尿路症状量表的汉化及验证研究[J].中华泌尿外科杂志,2019,40(4):299-303.
- [17] 卓越,许明,邓石峰,等.大鼠骶上不同节段脊髓损伤后神经源性膀胱模型比较及尿流动力学分析[J].湖南中医药大学学报,2022,42(9):1426-1433.
- [18] Weinberg AE, Patel CJ, Chertow GM, et al. Diabetic severity and risk of kidney stone disease[J]. Eur Urol, 2014, 65(1): 242-247.
- [19] Hughes T, Ho HC, Pietropaolo A, et al. Guideline of guidelines for kidney and bladder stones[J]. Turk J Urol, 2020, 46(Suppl. 1): 104-112.

(收稿日期:2023-05-12)