

水疗与电刺激联合防治大鼠失用性骨质疏松

赵廷刚

Balneotherapy combined with electrical stimulation for treatment of disuse osteoporosis

Zhao Ting-gang

Abstract

BACKGROUND: Both electrical stimulation and balneotherapy exhibit therapeutic effects on disuse osteoporosis. The combined application of these two methods has been rarely reported.

OBJECTIVE: To investigate the effects of electrical stimulation combined with balneotherapy on biomechanics of rat models of disuse osteoporosis.

METHODS: Sprague-Dawley rat models of disuse osteoporosis were developed by resection of sciatic nerve and femoral nerve. After wound healing, rats were interfered for 8 weeks with electrical stimulation, balneotherapy or their combination. Rat body weight and femoral biomechanics were investigated.

RESULTS AND CONCLUSION: After denervation, body mass of rats with disuse osteoporosis was greatly increased, the femur exhibited obvious abnormality in material and structural mechanics. After electrical stimulation and (or) balneotherapy, body mass of rats with disuse osteoporosis was decreased, and the material and structural mechanics were improved. In particular after electrical stimulation combined with balneotherapy, the maximum load, breaking load, elastic modulus, and ultimate strength of the femur of rats with disuse osteoporosis were obviously improved.

Department of Physical Education, Yibin University, Yibin 644000, Sichuan Province, China

Zhao Ting-gang, Lecturer, Department of Physical Education, Yibin University, Yibin 644000, Sichuan Province, China
ztgls100@163.com

Received: 2011-05-10
Accepted: 2011-06-30

Zhao TG. Balneotherapy combined with electrical stimulation for treatment of disuse osteoporosis. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(33): 6115-6117. [http://www.crter.cn http://en.zgckf.com]

摘要

背景: 电刺激和水疗均对失用性骨质疏松有治疗作用, 二者联合应用未见报道。

目的: 观察水疗与电刺激联合作用对失用性骨质疏松模型大鼠生物力学的影响。

方法: 采用切断坐骨神经和股神经的方法制备 SD 大鼠失用性骨质疏松模型。伤口愈合后采用电刺激、水疗及二者联合干预 8 周, 观察大鼠体质量及股骨生物力学指标的变化。

结果与结论: 去神经后失用性骨质疏松大鼠体质量显著增加, 股骨的材料力学和结构力学指标上均出现明显异常, 经电刺激和(或)水疗干预后失用性骨质疏松大鼠的体质量有所下降, 股骨的材料力学和结构力学指标有所改善, 尤其是电刺激和水疗联合应用, 可明显改善失用性骨质疏松大鼠股骨的最大载荷、破断载荷、弹性模量和极限强度。

关键词: 水疗; 骨质疏松; 电刺激; 联合作用; 生物力学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.33.009

赵廷刚. 水疗与电刺激联合防治大鼠失用性骨质疏松[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(33):6115-6117. [http://www.crter.org http://cn.zgckf.com]

0 引言

失用性骨质疏松症(disuse osteoporosis, DOP)属于继发性骨质疏松, 是由骨骼的机械张力刺激减少而引起的局部或全身性骨量减少。可能出现于运动能力受限或功能障碍, 也可能发生于创伤或者术后制动。依原因和环境因素不同可影响整个或部分骨骼系。低频电刺激不仅能促进多种生长因子的分泌和表达, 促进细胞的增殖与分化而对防治骨质疏松具有重要意义^[1], 而且能够增强肌肉力量。热水疗法属物理疗法, 根据阿基米德原理, 浸于水中的物体受到向上的浮力, 人体在水中失去的质量约等于体质量的9/10。所以人在水中活动较为省力。这对于发生创伤或手术后制动的肌肉康复很重要, 可以避免康复期肌肉过度用力而引起再度

损伤。热水浴具有扩张血管、增加全身血流量、降低血压和血液黏滞度、减少血小板聚集、改善微循环和加快新陈代谢的作用^[2]。运动防治骨质疏松的机制体现在运动的应力效应、激素效应、补钙效应、和肌力效应^[3]。

实验拟对失用性骨质疏松模型大鼠进行热水运动疗法(以下简称水疗)与低频电刺激相结合方式进行干预, 观察相关生物力学指标的改变。

1 材料和方法

设计: 随机对照动物实验。

时间和地点: 于2010-05在成都中医药大学动物试验中心完成。

材料:

实验动物: 健康清洁级2月龄雄性SD大鼠40

宜宾学院体育学院, 四川省宜宾市 644000

赵廷刚, 男, 1972年生, 四川省宜宾市人, 汉族, 成都体育学院毕业, 讲师, 主要从事体育与健康方面的研究。
ztgls100@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225 (2011)33-06115-03

收稿日期: 2011-05-10
修回日期: 2011-06-30
(20110510013/WLM · S)

只, 体质量(140 ± 10)g, 购自四川大学华西医学院实验动物中心, 许可证号: SCXK(川) 2009-09。

方法:

分组与造模: 实验大鼠适应性饲养1周后, 分别称体质量, 随机分为5组, 每组8只。除假手术组外, 其他4组大鼠均制备DOP模型。用体积分数2%的戊巴比妥钠(30 mg/kg)麻醉大鼠, 取俯卧位固定于手术台, 用碘伏将左后肢股骨近段和尾部近段消毒, 在大腿后方靠近尾部行长约1 cm的切口, 皮肉逐层分离, 在股后肌群之间找到坐骨神经, 靠近上段予以切除5 mm, 并将神经断端打结处理, 然后缝合切口; 再置大鼠于仰卧位, 正中纵切口, 于腹股沟韧带水平切断大鼠左侧股神经, 游离远端5 mm, 同样将神经断端进行打结处理, 并缝合切口。假手术组大鼠分离暴露坐骨神经和股神经后缝合切口。大鼠伤口愈合后(大约10 d)进行如下干预:

电刺激组: 将大鼠置于自制的网夹内, 以拉出左后肢, 大鼠左小腿脱毛膏脱毛后, 以双层生理盐水浸湿纱布包裹, 采用龙口市恒康科技有限公司生产的NMR型神经肌肉康复仪进行电刺激^[4], 将两电极(直径120 μ m) 间隔5 mm垂直肌肉长轴平行插入腓肠肌中下1/3处, 引导电极插入刺激电极远端。刺激电压为20~25 V, 刺激频率为4 Hz, 串长200 s, 连续刺激10 min, 1次/d。

水疗组: 水疗缸为一直径65 cm, 高30 cm不锈钢盆, 将大鼠置于水温37~40 $^{\circ}$ C, 水深8 cm的水疗缸中进行3 min适应性水疗, 驱逐大鼠在水中行走, 1周后, 每日将大鼠置于水疗缸中行走10 min, 上岸休息2 min, 共2次, 水疗结束后将大鼠用500 W电热器距离1.2 m进行烘干处理, 总干预时间为8周。

电刺激+水疗组: 大鼠同时进行电刺激和水疗, 治疗方法同电刺激组和水疗组。

模型组: 造模后正常饲养, 不进行任何干预。

假手术组: 正常饲养, 不进行其他干预。

取材: 干预8周后, 所有大鼠在安静状态下称体质量并记录数据。处死后剥取右侧股骨, 剔除软组织, 置冰箱冷冻保存。

股骨横截面积的计算: 将左侧股骨牙科锯将其锯断, 在细水磨石上磨平截面。对骨截面进行显微摄影, 将截面图像输入电脑, 然后采用Photoshop图形处理软件对其进行分析处理, 所得结果再经sport hospital不规则图形面积分析专用软件, 分析计算股骨横切面积。

股骨三点弯曲力学试验及生物力学指标测定: 将右侧股骨置于Instron万能材料试验机上作三点弯曲实验, 所有数据均由机器自带软件自动记录, 记录频率为2 Hz, 加载速度为2 mm/min, 跨距为20 mm, 记录其载荷-变形曲线。材料力学参数中弹性模量由应力-应变曲线获得。极限强度、结构刚度则由相关指数及股骨横切面积计算。

主要观察指标: 大鼠体质量变化, 股骨横截面积的改变及股骨生物力学参数的变化。

统计学分析: 所有测量数据用SPSS 12.0统计软件进行组间两两比较, 测定数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 各组均数之间比较采用单因素方差分析统计, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 实验动物数量分析 实验共纳入40只大鼠, 均进入结果分析。

2.2 各组大鼠体质量的变化 实验前, 各组大鼠的体质量差异无显著性意义, 实验后各组大鼠体质量均明显增加($P < 0.01$); 与假手术组比较, 模型组大鼠体质量显著增加($P < 0.01$), 电刺激组、水疗组、电刺激+水疗组大鼠体质量与模型组比较均显著下降($P < 0.05$), 见表1。

表1 实验前后各组大鼠体质量的变化
Table 1 Changes of body weight before and after experiment in each group ($\bar{x} \pm s$, $n=8$, g)

Group	Before experiment	After experiment
Sham operation	234.63 $\pm$ 9.41	273.55 $\pm$ 23.22
Model	235.89 $\pm$ 9.50	320.10 $\pm$ 22.76 ^a
Electrical stimulation	237.60 $\pm$ 10.10	288.50 $\pm$ 22.34 ^b
Spa	235.82 $\pm$ 10.20	292.50 $\pm$ 20.21 ^b
Spa+electrical stimulation	236.78 $\pm$ 9.81	291.41 $\pm$ 19.73 ^b

^a $P < 0.01$, vs. sham operation group; ^b $P < 0.05$, vs. model group

2.3 各组大鼠股骨三点弯曲实验力学参数的比较 测量结果显示, 与假手术组比较, 模型组大鼠的股骨最大载荷、破断载荷及结构刚度均明显降低($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$); 与模型组比较, 电刺激组、水疗组、电刺激+水疗组大鼠股骨最大载荷、破断载荷及结构刚度均明显增高, 以电刺激+水疗组增高最明显($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 见表2。

表2 各组大鼠股骨结构力学参数的比较
Table 2 Comparison of structure mechanical parameters of femur ($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Group	Maximum load (N)	Breaking load (N)	Stiffness (N/mm)
Sham operation	109.67 $\pm$ 9.88 ^b	95.31 $\pm$ 10.80 ^a	232.04 $\pm$ 35.11 ^a
Model	92.97 $\pm$ 7.55	79.75 $\pm$ 8.40	185.10 $\pm$ 24.24
Electrical stimulation	105.24 $\pm$ 8.22 ^a	95.23 $\pm$ 11.88 ^a	225.72 $\pm$ 24.50 ^a
Spa	107.32 $\pm$ 7.12 ^a	95.52 $\pm$ 10.20 ^a	223.23 $\pm$ 32.25 ^a
Spa+electrical stimulation	109.93 $\pm$ 9.77 ^b	95.25 $\pm$ 10.44 ^a	229.17 $\pm$ 31.12 ^b

^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$, vs. model group

对于材料力学参数, 与假手术组比较, 模型组大鼠的股骨弹性模量及能量吸收均明显降低($P < 0.01$), 而股骨最大应变和破断应变均显著增加; 与模型组比较,

电刺激组、水疗组、电刺激+水疗组大鼠股骨弹性模量及能量吸收均明显增高,以电刺激+水疗组增高最明显($P < 0.01$),同时电刺激组、水疗组、电刺激+水疗组大鼠股骨最大应变较模型组显著降低,而破断应变与模型组比较差异无显著性意义($P > 0.05$),见表3。

表3 各组大鼠股骨材料力学参数的比较
Table 3 Comparison of material mechanical parameters of femur ($\bar{x} \pm s$, $n=8$)

Group	Flexibility (MPa)	Maximum strain (%)	Breaking strain (%)	Energy absorption (N/mm ²)
Sham operation	5 223.32±478.85 ^b	2.45±0.22 ^a	3.90±0.62 ^a	105.44±14.21 ^b
Model	4 688.30±681.21	2.66±0.46	4.34±0.77	79.85±16.59
Electrical stimulation	4 998.00±480.77 ^a	2.42±0.34 ^a	4.28±1.12	110.34±22.74 ^a
Spa	5 099.10±831.76 ^a	2.43±0.95 ^a	4.34±1.40	114.55±17.65 ^a
Spa+ electrical stimulation	5 293.70±496.23 ^b	2.48±0.24 ^a	4.11±0.91	117.48±14.45 ^b

^a $P < 0.05$, ^b $P < 0.01$, vs. model group

3 讨论

骨生物力学特性直接反映骨的质量与性能。大量研究证明,骨质疏松导致骨强度下降的机制不仅仅是骨量的下降,还与骨体积、皮质厚度和骨松质骨小梁结构有密切关系^[5]。因此,对骨质疏松研究,必须重视骨生物力学指标的变化。实验结果显示,DOP后,大鼠的相关生物力学指标变差,表明大鼠失神经支配后,股骨生物力学性能明显下降;而给予电刺激和(或)水疗干预后大鼠的相关生物力学指标明显改善。说明以上干预方式都能对失神经大鼠产生积极作用。也提示实验模型的成功。

被动运动(物理疗法)用于防治DOP的疗效已被广泛证实^[6-7]。水疗属于物理疗法的一种,大量研究证实水疗有镇痛、解痉、软化组织等作用^[8-11]。实验运用水疗在康复医疗中的特殊作用,创新性将水疗用于去神经大鼠骨质疏松的治疗,结果显示水疗组大鼠股骨最大载荷、极限强度、结构刚度、弹性模量以及能量吸收值等均优于模型组,说明水疗法用于防治骨质疏松是可行的。

电刺激对成骨细胞有增殖作用,能影响骨的代谢和重建,达到抑制骨衰退和逆转骨质疏松症的作用,而且已广泛应用于骨质疏松的预防与治疗^[12]。同时,电刺激能够激活损伤部位神经元,加快再生部位的生理反应时间;影响细胞内外分子的分布;改善损伤部位血液循环和防治肌肉萎缩^[13-16]。实验结果显示,电刺激组大鼠股骨最大载荷、能量吸收、结构刚度、弹性模量等指标均优于模型组;说明电刺激疗法能够有效改变DOP的骨代谢,促进骨含量的增加,改良骨性能。同时,实验中联

合应用水疗和电刺激的作用效果更明显。电刺激疗法防治DOP的作用机制可归结为促进神经修复和重建,进而影响骨代谢;水疗法的作用机制含应力、激素、肌力等。因此,二者联合产生的效果不是简单的重复和叠加,而是有机组合从不同方面影响骨代谢,以达到防治骨质疏松的目的。

4 参考文献

- [1] Xiong L, Qi HB, Yao CG, et al. Guowai Yixue Shengwu Yixue Gongcheng Fence. 2005;28(3):184-187.
雄兰,漆洪波,姚陈果,等.电刺激促进创伤修复的研究进展[J].国外医学生物医学工程分册,2005,28(3):184-187.
- [2] Wen YQ, Dong XL. Shizhen Guoyi Guoyao. 2010;21(5):1293-1294.
温元强,董晓丽.中药水疗配合功能训练对痉挛型脑瘫患儿临床痉挛指数的影响[J].时珍国医国药,2010,21(5):1293-1294.
- [3] Deng SX. Beijing: Gaodeng Jiaoyu Chubanshe. 2009:339-343.
邓树勋.运动生理学[M].第二版.北京:高等教育出版社,2009:339-343.
- [4] Shang XL. Zhongguo Yundong Yixue Zazhi. 2009;28(1):29-31.
尚西亮.低频电刺激过程中大鼠骨骼肌张力和肌电信号的变化特征[J].中国运动医学杂志,2009,28(1):29-31.
- [5] Liu JY. Tianjin Tiyu Xueyuan Xuebao. 2010;25(6):537-540.
刘建宇.运动对去卵巢大鼠股骨生物力学性能影响的实验研究[J].天津体育学院学报,2010,25(6):537-540.
- [6] Zhang XY. Chengdu Tiyu Xueyuan Xuebao. 2008;34(11):75-77.
张兴毅.被动运动与电刺激联合作用防治去神经大鼠骨质疏松的研究[J].成都体育学院学报,2008,34(11):75-77.
- [7] Lirani-Galvão AP, Lazaretti-Castro M. Physical approach for prevention and treatment of osteoporosis. Arq Bras Endocrinol Metabol. 2010;54(2):171-178.
- [8] Lu CY. Xiandai Kangfu. 2001;5(8):22-23.
卢昌亚.水疗的康复效应、作用机制及其进展[J].现代康复,2001,5(8):22-23.
- [9] Chen FL. Zhongguo Shouyi Zazhi. 2010;46(7):56-57.
陈方良.水中运动疗法在大病康复护理中的应用[J].中国兽医杂志,2010,46(7):56-57.
- [10] Mourrot L, Teffaha D, Bouhaddi M, et al. Exercise rehabilitation restores physiological cardiovascular responses to short-term head-out water immersion in patients with chronic heart failure. J Cardiopulm Rehabil Prev. 2010;30(1):22-27.
- [11] Beneka AG, Malliou PC, Benekas G. Water and land based rehabilitation for Achilles tendinopathy in an elite female runner. Br J Sports Med. 2003;37(6):535-537.
- [12] Ribeiro-Resende VT, Koenig B, Nichterwitz S, et al. Strategies for inducing the formation of bands of Büngner in peripheral nerve regeneration. Biomaterials. 2009;30(29):5251-5259.
- [13] Liu XL. Zhonghua Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. 2010;24(5):622-627.
刘晓琳.神经肌肉电刺激治疗周围神经损伤的研究进展[J].中华修复重建外科杂志,2010,24(5):622-627.
- [14] Fujita N, Murakami S, Arakawa T, et al. The combined effect of electrical stimulation and resistance isometric contraction on muscle atrophy in rat tibialis anterior muscle. Biosci J Basic Med Sci. 2011;11(2):74-79.
- [15] Alrashdan MS, Sung MA, Kim Kwon Y, et al. Effects of combining electrical stimulation with BDNF gene transfer on the regeneration of crushed rat sciatic nerve. Acta Neurochir (Wien). in press.
- [16] Hortobágyi T, Maffiuletti NA. Neural adaptations to electrical stimulation strength training. Eur J Appl Physiol. in press.

来自本文课题的更多信息--

作者贡献: 赵廷刚进行实验设计、实施、评估,并对文章负责。

致谢: 感谢成都中医药大学动物实验中心给予的大力支持。

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。

伦理批准: 实验过程中对动物处置符合 2006 年科学技术部颁布的《关于善待实验动物的指导性意见》的相关要求。