

等速运动训练对不完全脊髓损伤患者肌耐力和社区步行的影响

吴霜 刘春风 楚兰 陈彦 王志涛 田新原

【摘要】 目的 探讨等速训练对不完全脊髓损伤 (SCI) 患者下肢肌耐力和社区步行的影响。**方法** 选取符合入选标准的腰段不完全性 SCI 患者 60 例,按随机数字法分为对照组和治疗组各 30 例。对照组给予常规康复训练,治疗组在此基础上增加等速运动训练(包括肌力训练和肌耐力训练)。于治疗前和治疗 3 个月(治疗后)测试 2 组患者股四头肌和腘绳肌等速耐力比(RO)、股直肌(RF-MPF)和股二头肌表面肌电平均功率频率(BF-MPF),并进行 6 分钟步行测试(6MWT),同时比较治疗后 2 组患者可完成社区性步行的例数。**结果** 治疗后,2 组患者以上各项指标与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.01$),且治疗组的腘绳肌和股四头肌 RO、RF-MPF、BF-MPF 和 6MWT 亦显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。治疗后,治疗组 27 例患者中有 25 例可以完成社区性步行,对照组 28 例患者中有 20 例可以完成社区性步行,组间比较 $\chi^2 = 4.139$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 等速运动训练结合常规康复治疗可显著改善不完全性 SCI 患者的下肢肌耐力和社区步行能力。

【关键词】 不完全脊髓损伤; 等速运动训练; 肌肉耐力; 社区步行

基金项目:贵州省科技计划项目(黔科合同 LG 字[2012]037 号),贵州省卫生厅科学技术基金项目(gzskj2011-1-103)

Isokinetic training can improve endurance and walking capacity after incomplete lumbar spinal cord injury

Wu Shuang*, Liu Chunfeng, Chu Lan, Chen Yan, Wang Zhitao, Tian Xinyuan. * Department of Neurology, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 550004, China

Corresponding author: Chu Lan, Email: chulan8999@yeah.net

【Abstract】 Objective To explore the effects of isokinetic training on muscle endurance and the ambulatory capacity of patients with incomplete lumbar spinal cord injury (SCI). **Methods** Sixty patients were randomly divided into a control group and a treatment group, each of 30. Both groups were given conventional rehabilitation, while the treatment group was additionally provided with isokinetic muscle strength and muscle endurance training for 3 months. The endurance ratio (RO) of the quadriceps and hamstrings, the mean power frequency of the rectus femoris (RF-MPF) and the biceps flexor cruris (BF-MPF), and distance covered in the 6-minute walk test (6MWT) were evaluated before and after the treatment. An index of functional community ambulation was also compared between the 2 groups. **Results** After the treatment significant differences were observed in all of the measurements compared to before the treatment for both groups. The average RO improvement of the quadriceps and hamstrings, the BF-MPF, the RF-MPF and the 6MWT distance of the treatment group were all significantly higher compared with the control group. After the treatment, 25 patients of the treatment group could demonstrate functional community ambulation, significantly better than that of 20 of the control group. **Conclusion** Isokinetic training can improve muscle endurance and the walking capacity of persons with an incomplete lumbar spinal cord injury.

【Key words】 Spinal cord injury; Isokinetic training; Endurance; Walking

Fund program: Guizhou Province Science and Technology Project (Qian Science contract LG [2012] No. 037), Science and Technology Fund of the Guizhou Provincial Health Department (grant gzskj2011-1-103)

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)患者步行能力

的丧失严重影响患者的生命质量。不完全性 SCI 患者经过运动训练后,脊髓的可塑性和运动环路可得到不同程度的改善,可使患者重获功能性步行能力^[1]。研究指出,不完全性 SCI 患者如要实现社区性步行,则需要双下肢完成交替迈步,这需要足够的肌耐力^[2]。本研究旨在观察等速运动训练结合综合康复训练对不完全 SCI 患者肌耐力和社区步行能力的康复效果,以期

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.12.005

作者单位:215004 苏州,苏州大学第二附属医院神经内科(吴霜、刘春风);苏州大学神经科学研究所(刘春风、楚兰);贵州医科大学附属医院康复医学科(吴霜、陈彦、王志涛);神经内科(楚兰)

通信作者:楚兰,Email:chulan8999@yeah.net

为不完全性胸腰髓损伤患者康复治疗和评估提供更多临床证据。

资料与方法

一、研究对象及分组

入选标准:①经 CT 或 MRI 确诊的外伤性 SCI 患者,2006 版美国脊柱损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)脊髓损伤分级^[3]C~D 级;②所有患者均由临床科室完成前期治疗或手术,生命体征稳定;③脊髓损伤平面均为 L₁₋₃水平;④年龄 15~70 岁,并伴有下肢功能障碍;⑤病程<3 个月;⑥均签署知情同意书。

排除标准:①有严重的脏器疾病或伤者;②有严重身体畸形及截肢者;③有严重意识、认知障碍或精神病患者;④伴有四肢骨折者;⑤合并深静脉血栓者。

选择 2012 年 4 月至 2015 年 6 月在贵州医科大学附属医院急诊骨科、脊柱骨科、康复科住院且符合上述入选和排除标准的不完全 SCI 患者 60 例作为研究对象。按随机数字表法将入选患者 55 例分为治疗组(常规康复训练+等速肌力训练)和对照组(常规康复训练),其中治疗组患者 27 例,对照组患者 28 例,2 组患者的性别、平均年龄、平均病程、ASIA 分级、损伤节段等一般资料经统计学分析,组间差异无统计学意义($P>0.05$)。详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$)	性别(例)	
				男	女
治疗组	27	38.19±10.15	41.81±8.67	16	11
对照组	28	39.39±7.89	41.11±10.95	16	12

组别	例数	ASIA 分级(例)		损伤节段(例)	
		C 级	D 级	L ₁	L ₂₋₃
治疗组	27	13	14	8	19
对照组	28	13	15	8	20

二、治疗方法

2 组患者均采用综合康复治疗方法,急性期综合康复治疗方法包括体位摆放、关节被动运动、早期坐起训练、起立床训练、呼吸训练、二便的处理、关节保护和训练、直立适应性训练、压疮防护、心理治疗;恢复期综合康复治疗方法包括四肢及躯干肌力训练、牵伸训练、坐位训练、转移训练、步行训练、轮椅训练、日常生活能力训练。以上综合康复治疗方法每周训练 5 d,连续训练 3 个月。

治疗组在上述综合康复治疗方法的基础上增加等速肌力训练(德国 D&R 公司研制的 ISOMED 2000 型等速肌力测试训练系统)。患者取屈髋屈膝 90°端坐位于等速训练椅上,固定带固定躯干和训练侧肢体,然后进行肌力训练和肌耐力训练。

1. 肌力训练:分别在 60°/s、90°/s、120°/s 三种运动速度下进行向心性肌力训练,每种速度训练 10 次,间歇 1 min 后进行下一种速度的训练,3 种速度全部完成为 1 组,每 3 组为 1 个训练单位,每日训练 2~3 个训练单位,每个训练单位之间休息 3 min,每周训练 5 d,连续训练 3 个月。对膝关节屈伸肌群肌力<3 级的患者,选择去除肢体重力模式下的向心性收缩肌力训练^[4]。

2. 肌耐力训练:在等速训练仪上选择等长训练模式,嘱患者完成持续 5 s 的最大用力伸膝和最大用力屈膝动作,每组训练 15 次,每次间隔 20 s,每日训练 1 组,每周训练 5 d,连续训练 3 个月。

三、评估方法

于治疗前和治疗 3 个月后(治疗后)由通过专业培训的康复医师对 2 组患者进行等速肌力测试、表面肌电(surface electromyography, sEMG)信号测试和 6 min 步行测试(6-minute walk test, 6MWT)。

1. 等速肌力测试:受试者取屈髋屈膝 90°坐于等速测试座位上,固定带固定髋部及大腿,防止测试过程中产生代偿动作。正式测试前,进行 3~5 次预测试,保证患者熟悉测试方法;测试过程中,适当给予鼓励性指令,测试肌群为腓绳肌和股四头肌,测试角速度为 180°/s,共测试 3 组,每组测试间隔 1 min,每组 15 次,以最后 5 次作功量与最初 5 次作功量比值表示耐力比(endurance ratio, RO),取平均值^[4]。

2. sEMG 信号测试:受试者取屈髋屈膝 90°位坐于等速测试系统座位上,暴露下肢待测肌群部位,室温 25℃。酒精棉球局部脱脂,测试电极置于每组测试肌的肌腹最丰满处,透明胶带固定线圈及导联线。用带状弹力护膝将电极和导联线固定妥当。要求患者双膝关节从屈膝 90°位置,分别完成 3 次 60 s 的最大用力伸膝、屈膝动作,检查者于踝部予以徒手抗阻,保证膝关节不发生活动,同时采集股直肌(rectus femoris, RF)、股二头肌(biceps femoris, BF)的 sEMG。3 次检测间隔 1 min,取最大值作为观察指标。采用 MegaWin3.0 版软件处理截取 60 s 最大等长收缩过程中 sEMG,采集平均功率频率值(mean power frequency, MPF)。

3. 6MWT:统计患者 6 min 平地步行距离,休息和中止时间记录在内。单位以米(m)记录,不能完成步行的患者按 0 m 记录。

四、统计学分析

采用 SPSS 16.0 版统计学软件包进行数据分析,本研所得计量数据以($\bar{x}\pm s$)表示,计量资料符合正态分布则组内分析比较采用配对 t 检验,组间分析比较采用成组 t 检验;计数资料用 χ^2 检验,以 $P<0.01$ 为差异有统计学意义。

结 果

治疗前,2 组患者的腓绳肌和股四头肌 RO、RF-MPF、BF-MPF 和 6MWT 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),且 2 组患者均不能完成社区性步行。治疗后,2 组患者以上各项指标与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.01$),且治疗组的腓绳肌和股四头肌 RO、RF-MPF、BF-MPF 和 6MWT 亦显著优于对照组治疗后,差异有均统计学意义($P<0.01$),详见表 2 和图 1、2。治疗后,治疗组患者有 25 例可以完成社区性步行,对照组仅 20 例,组间比较, $\chi^2 = 4.139$,差异有统计学意义($P<0.05$)。

讨 论

本研究结果显示,治疗 3 个月后,治疗组患者股直肌和股二头肌最大收缩状态下的 MPF 值均明显优于组内治疗前和对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。本课题组认为,这可能与治疗后肌纤维兴奋传导速度的提高,运动效率的增加,运动单位以及耐力的改善有关^[5]。社区性步行的恢复是改善腰段不完全性 SCI 患者生活质量的关键。有研究指出,肌力和步速均对 SCI 患者的步行功能产生重要影响,可预示患者能否完成社区步行和是否需要支具辅助步行^[6-7]。完成社区步行要求患者能连续步行 900 m,患者下肢肌力和肌耐力的提升是同等重要且相互促进

的。SCI 发生后由于运动单位募集的减少、运动单位放电率的下降以及肌纤维兴奋的传导速度的不断降低,使得运动效率降低,运动单位的同步性也随之下降^[7],严重影响患者运动的效率和协调性。在此过程中,肌肉适应性的改变可使肌纤维类型由 I 型纤维向 II 纤维转变^[8],以致于肌肉更易出现疲劳。本研究采用表面肌电频域分析参数 MPF,代表将功率谱面积等分时对应的频率,根据其下降的程度和频谱左移可反应肌肉疲劳的程度。

本研究结果显示,治疗后,治疗组的腓绳肌和股四头肌 RO 均显著优于组内治疗前和对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。本课题组认为,等速训练系统可提供与肌肉实际收缩能力相匹配的顺应性阻力,使肌肉产生最大的张力和力矩输出,提升肌力明显优于传统肌肉收缩运动。而小负荷、多重复是耐力训练的基本原则,这种训练模式可以在训练中优先募集慢肌纤维。因此在训练肌力的同时,选择多量低强度、间歇性高强度的训练模式强化慢肌纤维的募集^[9],对提高肌耐力效果更佳。有研究发现,运动训练可提高不完全 SCI 患者神经细胞的可塑性、促进神经修复,重获功能性的步行能力^[1],而患者肌肉功能的改变是与运动单位和脊髓通路的适应性改变相协调的^[7]。本课题组认为,等速训练通过促进运动纤维类型的转换,提高运动单位的同步性,从而增强了脊髓损伤后神经通路的可塑性变化。

表 2 2 组患者治疗前、后腓绳肌和股四头肌各项观察指标比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	腓绳肌 RO (%)	股四头肌 RO (%)	RF-MPF (Hz)	BF-MPF (Hz)	6MWT (m)
治疗组						
治疗前	27	66.85±11.89	66.75±17.16	74.59±12.76	76.07±13.58	57.52±79.15
治疗后	27	89.13±8.93 ^{ab}	86.73±13.79 ^{ab}	57.07±10.10 ^{ab}	56.96±11.71 ^{ab}	198.81±60.64 ^{ab}
对照组						
治疗前	28	65.56±12.90	67.41±16.87	74.11±12.06	75.32±12.56	56.39±73.32
治疗后	28	76.87±13.09 ^a	77.12±16.29 ^a	51.76±9.76 ^a	52.89±11.71 ^a	157.07±53.51 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

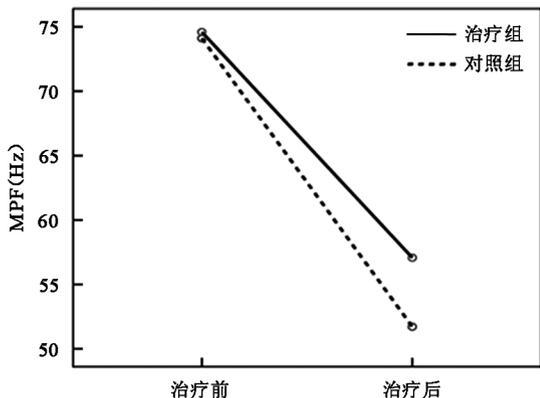


图 1 2 组患者治疗前、后 RF-MPF

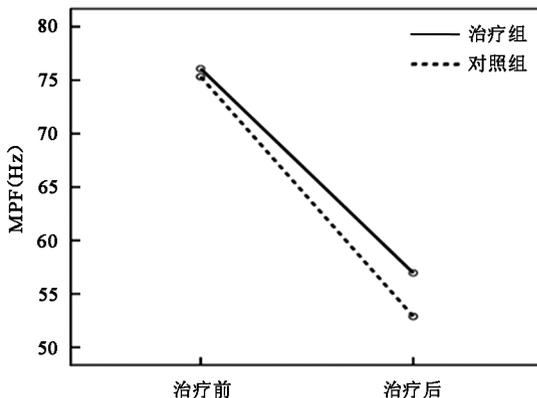


图 2 2 组患者治疗前、后 BF-MPF

本研究结果还显示,治疗后,治疗组的 6MWT 均显著优于组内治疗前和对照组治疗后,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。有研究证明,肌力的提升可降低或延迟局部肌肉的疲劳,从而增强心肺系统的耐受水平^[10]。耐力训练可提高 SCI 患者的最大摄氧量和无氧阈,最终增强心肺适应能力^[11]。6MWT 是综合反映患者运动过程中肌肉、心肺功能和神经系统的测试,可较灵敏地反应脊髓损伤患者日常生活的功能代偿水平。本研究中,治疗后,治疗组 6MWT 以及完成社区性步行的例数均明显优于对照组,这可能与治疗组肌耐力的提升有关。

综上所述,在肌力提升的基础上,肌耐力的提升对不完全 SCI 患者完成社区步行有重要意义。等速训练结合常规康复治疗可显著改善不完全 SCI 患者的肌耐力,更好地促进其实现社区功能性步行。

参 考 文 献

- [1] Hubli M, Dietz V. The physiological basis of neurorehabilitation-locomotor training after spinal cord injury [J]. J Neuroeng Rehabil, 2013,10(1):1-8.DOI: 10.1186/1743-0003-10-5.
- [2] Harkema SJ, Schmidt-Read M, Lorenz DJ, et al. Balance and ambulation improvements in individuals with chronic incomplete spinal cord injury using locomotor training-based rehabilitation [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2011, 93 (9): 1508-1517. DOI: 10.1016/j.apmr.2011.01.024.
- [3] 美国脊柱损伤协会,国际脊髓学会.脊髓损伤神经学分类国际标

准[J].中国康复理论与实践,2008,14(7):693-698.

- [4] 吴毅.等速肌肉功能测试和训练技术的基本原理和方法[J].中国康复医学杂志,1999(1):44-47.
- [5] Shields RK. Muscular, skeletal, and neural adaptations following spinal cord injury [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 2002, 32(2): 65-74.
- [6] DiPiro ND, Holthaus KD, Morgan PJ, et al. Lower extremity strength is correlated with walking function after incomplete SCI [J]. Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2015, 21(2): 133-139. DOI: 10.1310/sci2102-133.
- [7] Van Hedel HJ. Gait speed in relation to categories of functional ambulation after spinal cord injury [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2009, 23(4): 343-350. DOI: 10.1177/1545968308324224.
- [8] Burnham R, Martin T, Stein R, et al. Skeletal muscle fiber type transformation following spinal cord injury [J]. Spinal Cord, 1997, 35(2): 86-91.
- [9] Wilson JM, Loenneke JP, Jo E et al. The effects of endurance, strength, and power training in muscle fiber type shifting [J]. J Strength Cond Res, 2012, 26(6): 1724-1729. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318234eb6f.
- [10] Zoeller RF Jr, Riechman SE, Dabayeb IM, et al. Relation between muscular strength and cardiorespiratory fitness in people with thoracic-level paraplegia [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2005, 86(7): 1441-1446.
- [11] Phillips WT, Kiratli BJ, Sarkarati M, et al. Effect of spinal cord injury on the heart and cardiovascular fitness [J]. Curr Probl Cardiol, 1998, 23(11): 641-716.

(修回日期:2016-11-20)

(本文编辑:阮仕衡)

· 外刊撷英 ·

Change in bone mineral density as an indicator of anti-fracture effect of intervention

BACKGROUND AND OBJECTIVE Osteoporosis related fractures result in a significant individual and societal burden. This diagnosis is usually based on finding low bone mineral density (BMD) using dual energy x-ray absorptiometry (DXA). This study assessed the effectiveness of repeated BMD testing in routine clinical practice as a predictor of treatment related fracture risk.

METHODS Since 1997, routine DXA baseline screening has been completed for women in Manitoba, Canada, at the age of 65 years, as well as younger women with additional risk factors. This program's recommended interval for follow-up is three years for most patients and at least five years for those reported as low risk. From this database, women 40 years or older were identified, each of whom had undergone at least one follow-up examination. Using a linkage with a province-wide retail pharmacy network, women were identified who had not been receiving osteoporosis treatment during the year before baseline testing, who had then initiated. The DXA Scans were reviewed to determine whether subsequent scans revealed stable, decreased or increased BMD. Incident fractures were recorded and compared to the DXA data.

The final sample were 6629 women, with an average age of 64.3 years at baseline. Of these, 57.2% met the BMD criteria for osteoporosis at one or more sites. Biphosphonates were prescribed in 84.9% of the women. The mean interval between the first and second BMD tests was 4.5 years. For the total hip, a detectable increase was seen in 30.4% of the women and a detectable decrease in 18.8%.

RESULTS As compared with stable total hip BMD, a decrease in total hip BMD was associated with a greater risk of fracture ($P < 0.001$). while an increase was associated with lower risk of fracture ($P = 0.004$). A one standard deviation increase in total hip BMD was associated with 19% relative reduction in the fracture hazard rate.

CONCLUSION This Canadian study found that treatment related increases in total hip BMD are associated with a reduction of fracture risk, while decreases in BMD are associated with an increased risk of fracture.

【摘自:Leslie WD, Majumdar SR, Morin SN, et al. Change in bone mineral density is an indicator of treatment-related anti-fracture effect in routine clinical practice. Ann Int Med, 2016 doi: 10.7326/M15-2937.】