

· 临床研究 ·

生物反馈训练对正常青年人下肢部分负重控制准确性的影响及相关性分析

蔡可书 许光旭 伊文超 蒋学永 王盛 沈滢 侯红 范亚蓓

【摘要】目的 观察生物反馈训练对正常青年人下肢部分负重控制准确性的影响,并探讨其相关影响因素。**方法** 分别采用口头提示法、体重秤称重法及生物反馈法指导 7 名青年志愿者使用双肘拐辅助下肢进行减重(减重标准为 20% 体重负荷)步行训练,采用 PierenStep 步态量化训练与测试系统进行数据采集,对比分析入选志愿者使用这 3 种减重方法时的减重控制准确性,并观察志愿者在关闭生物反馈提示后 6 min 内延续效果,同时探讨影响志愿者使用生物反馈法时减重准确性的相关因素。**结果** 经统计学分析发现,入选 7 名青年志愿者使用口头提示法、体重秤称重法及生物反馈法减重步行时的“患肢”负重误差均值、误差最大值、最小值和负重误差比例其间差异均具有统计学意义(均 $P < 0.05$),且 3 种减重方案的误差值两两比较差异也具有统计学意义($P < 0.05$)。相关性分析结果显示性别($r = -0.67, P < 0.05$)、身高($r = 0.53, P < 0.05$)及日均运动时间($r = 0.56, P < 0.05$)与入选志愿者减重准确性密切相关,年龄、体重与志愿者减重准确性间未见明显相关性($P > 0.05$)。**结论** 生物反馈训练能促使青年志愿者实现准确的下肢支撑控制,并且有明显的短时效应,有望为骨折患者减重步行训练提供安全的步行条件。

【关键词】 部分负重; 两点步态; 生物反馈; 量化; 步态

The accuracy of gait quantization for evaluating partial weight-bearing normal young guys Cai Keshu*, Xu Guangxu, Yi Wenchao, Jiang Xueyong, Wang Sheng, Shen Ying, Hou Hong, Fan Yabei. * Department of Rehabilitation Medicine, the 1st Affiliated Hospital to Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

Corresponding author: Xu Guangxu, Email: xuguangxu1@126.com

【Abstract】Objective To compare the accuracy of weight-bearing training using biofeedback with conventional training for partial weight-bearing patients, and the factors influencing the accuracy. **Methods** Seven healthy volunteers were recruited to practice on a treadmill with their body weight partially supported on paired elbow crutches. The weight reduction was controlled by the subjects by means of verbal prompting from an experienced therapist, or by using a bathroom scale or a sound-vibrating biofeedback from the PierenStep gait quantization system. The PierenStep gait quantization system was also used to collect the data. All the subjects were instructed to reduce 20% of their body weight on their appointed leg. The accuracy of weight reduction on the appointed leg after training under the three methods was compared and the factors influencing the accuracy were analyzed. **Results** Significant differences were found among the three methods in terms of the average deviations observed, the maximum and minimum values. Sex, height and exercise time per day all were significantly correlated with the accuracy. **Conclusions** Biofeedback can help healthy young persons control the weight borne by their lower limbs accurately with obvious short-time subsequent effects. This should be helpful in the rehabilitation of fracture patients.

【Key words】 Partial weight-bearing; Two-point gait; Biofeedback; Quantification; Gait

下肢骨折术后负重时机及负重程度对骨折愈合具有显著影响,如把握得当可加快骨折愈合,同时还能提高骨折愈合强度,若负重过载或运动量偏大,则可能会对骨折愈合产生不利影响^[1]。徐莘香^[2]认为单纯依靠让患者以“无痛”为减重负重指标是盲目的,可能会

导致骨折端稳定性被破坏,具有很大的风险性。本研究通过生物反馈步态训练系统实时反馈入选志愿者下肢负重控制能力情况,并探讨影响志愿者下肢负重控制能力的相关因素,有助于为骨折患者减重步行训练提供安全的步行环境。现报道如下。

对象与方法

一、研究对象

采用随机数字表法选取 7 名(共 5 女 2 男)在我省

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.03.005

基金项目:江苏省高校优势学科建设工程资助项目(JX10231801)

作者单位:210029 南京,南京医科大学第一附属医院康复医学中心

通信作者:许光旭,Email:xuguangxu1@126.com

几所医学院校就读的健康大学生作为志愿者,其平均年龄(23.3 ± 2.1)岁,平均身高(167.9 ± 8.9)cm,平均体重(63.9 ± 15.7)kg,所有志愿者均为右利手,双下肢及双上肢均等长,无明显身体畸形,双上肢可抓握单杠保持双脚离地状态持续 1 min 以上。所有志愿者既往每天自由活动,其中有 5 名志愿者每天运动时间 > 2 h。

二、志愿者下肢负重控制能力训练

实验前对所有志愿者进行下肢骨折卫生知识和减重步行必要性及安全性宣教,并教会他们正确使用双肘拐的方法,双肘拐步法要求志愿者持双肘拐与“患脚”同时摆动、同时负重支撑,以确保减轻“患侧”下肢负重。本研究对志愿者测试时均采用相同方法,左、右侧腿各进行 1 次减重测试,先后顺序由志愿者自行决定。

本研究采用口头提示法、体重秤称重法和声音振动综合生物反馈法共三种方式对志愿者“患侧”下肢进行下肢减重控制能力训练,减重标准设定为 20% 体重,让患者充分体会下肢部分负重感觉,然后利用生物反馈量化训练系统对志愿者下肢减重控制能力进行测试。为尽量消除前一次练习及测试过程中本体感觉学习效果对下次实验的影响,3 种减重方法实施时间均间隔 1 周。第 1 次减重方法为口头提示法^[1],提示者(由经验丰富的治疗师担当)仅将手指置于志愿者“患侧”足跟下,嘱其将重心逐渐向该侧转移,提示者如感觉手指轻度疼痛时则提醒志愿者停止加重该侧肢体负重。第 2 次减重方法为体重秤称重法,将体重秤与一平台置于等高位置,嘱志愿者将“健侧脚”置于平台上,“患侧脚”则置于体重秤上并体会承担 80% 体重负荷的感觉。第 3 次减重方法为声音振动综合生物反馈法,采用德国产 PierenStep 步态量化测试与训练系统给志愿者提供“患肢”减重步行学习的反馈信息。本研究所有志愿者首先进行体会性训练,直至其认为掌握训练要点为止。PierenStep 步态量化训练与测试系统配置的两个拐杖下端均装有压力传感器,可实时感应和收集承重数据,精确度为 0.1 kg。本实验设置“患侧”下肢支撑时减重 20% 体重负荷,允许误差值为 ± 4 kg。当志愿者上肢辅助用力适当,“患肢”承重负荷在允许范围内时,拐杖无任何提示;若志愿者上肢用

力辅助较小,“患肢”负重过大,超过设定值及允许误差值之和时,肘拐会振动并发出“嘀嘀”急促提示音,系统界面呈现红色;若志愿者上肢用力辅助较大,则“患腿”负重较小,当超过设定值范围下限时,拐杖会发出一声“嘀”提醒,且系统界面会显示黄色。另外该系统要求志愿者步行时“患腿”与拐杖共同持续负重时间为 0.05 ~ 3.00 s,少于 0.05 s 或超过 3 s 的数据均不予记录。

三、志愿者下肢负重控制能力测试

入选志愿者依次采用口头提示法、体重秤称重法及综合生物反馈法进行 10 m 减重步行测试(上述不同减重方式下的下肢负重控制能力测试均间隔 1 周),测试过程中志愿者需步行 20 m,取中间 10 m 的步行数据作为数据统计源,检测系统会自动剔除拐杖触地时间超过 3 s 或少于 0.05 s 的负重步行数据。志愿者于最后一次下肢负重控制能力测试结束并休息数分钟后,切断 PierenStep 量化及训练系统提醒功能并要求志愿者再进行 6 min 扶拐步行,此时肘拐仍具有数据记录功能,对志愿者每一步行周期中“患腿”承重情况进行实时采集。

四、统计学分析

本研究所得计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 13.0 版统计学软件包进行数据分析,3 种减重方式下减重步态数据比较采用 ANOVA 方差分析,生物反馈提示功能关闭后 6 min 减重步态数据与关闭前数据比较采用 *t* 检验,生物反馈准确性相关因素分析采用 Person 相关分析, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、3 种减重方式下志愿者下肢负重误差情况分析

本实验实时记录志愿者“患肢”负重误差均值、误差最大值和最小值、负重误差比例等数据,具体结果见表 1。经统计学分析发现,3 种减重方式下志愿者下肢负重误差均值间差异具有统计学意义($P < 0.05$),且两两比较其差异均具有统计学意义($P < 0.05$);生物反馈组负重误差最大值、误差最小值、负重偏高比例和负重偏低比例与口头提示组及体重秤提示组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。

表 1 3 种减重方式下志愿者下肢负重误差情况分析

减重方式	例数	最小误差 (kg)	最大误差 (kg)	平均误差 (kg)	负重偏高比例 (%)	负重偏低比例 (%)
口头提示	7	9.13 ± 6.48	27.10 ± 9.56	20.30 ± 7.57	85.0	15.0
体重秤提示	7	7.48 ± 11.4^a	14.60 ± 10.90^a	9.32 ± 7.06^a	83.0 ^a	17.0 ^a
生物反馈提示	7	0.21 ± 0.48^{ab}	7.36 ± 5.51^{ab}	1.99 ± 0.98^{ab}	57.0 ^{ab}	43.0 ^{ab}

注:与口头提示比较,^a $P < 0.05$;与体重秤提示比较,^b $P < 0.05$

二、生物反馈效果延续性分析

在生物反馈提示下,7 名志愿者 10 m 步行测试负重误差均值为 (1.99 ± 0.98) kg;关闭 PierenStep 步态量化训练与测试系统提醒功能后再次进行 6 min 扶拐步行,发现其步行时负重误差均值为 (1.53 ± 0.55) kg,较关闭提醒功能前负重误差均值有减小趋势,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。

三、生物反馈误差相关因素分析

将可能影响生物反馈法负重误差值的因素进行相关性分析,发现入选志愿者性别、身高及日均运动时间与减重控制准确性具有相关性,而年龄、体重与减重控制准确性间的相关性不显著。具体结果见表 2。

表 2 影响生物反馈法误差值的相关性分析

相关因素	相关系数 r	P 值
性别	-0.67	<0.05
年龄	-0.02	>0.05
身高	0.53	<0.05
体重	0.38	>0.05
平均运动时间	0.56	<0.05

讨 论

减轻下肢负重是下肢创伤、疼痛及骨科术后患者常用的下肢支撑方式,这种减重直立体位对患者尽快康复具有促进作用。临床常用的患肢减重方法包括口头提示法及体重秤称重法,其中口头提示法^[1]以患者自身感觉或治疗师主观感受为标准,依赖治疗师的经验及患者表现,无客观数据信息反馈。Hurkmans 等^[3]认为,即使经验丰富的治疗师也无法精准判断患者减重比例;Tveit 等^[4]也认为该方法并不适用于患者训练。但 Serena 等^[5]认为该方法简便易行,且目前已成临床最常用方法之一^[6]。体重秤称重法可提供定量反馈数据,患者通过在体重秤上反复进行重心转移以体会下肢定量负重感觉,对站立位患侧下肢本体感觉重塑具有积极意义。但借助体重秤双侧下肢分开站立或模拟步行状态前、后站立时的重心转移均是相对静态的,其负重感觉在运动状态下是否会有变化不得而知,而下肢静态负重感觉与动态(如走路)负重感觉并不完全一致,所以该方法仅适用于静态站立^[7-8]时重心调整和下肢负重调节反馈,不能用于步行过程中的定量负荷减重训练^[9-10]。曾有部分学者为克服上述缺陷,让患者在一排体重秤上进行步行训练^[11],但该方法除操作上难度较大以外,患腿在进入支撑相中期和摆动相前期时患侧压力会突然增大,不仅影响体重秤结果,而且还会影响患者步行速度。可见体重秤称重法用于下肢骨折患者初始减重步行训练时会有较大误差,很难

将静态承重训练时获得的感觉信息转化并应用到动态步行过程中。

生物反馈法是近年来逐渐兴起的康复训练方法之一,有研究显示,将生物反馈技术应用于下肢骨折患者的减重步行训练中能发挥显著疗效^[12],但对其他疾病患者的负重训练效果不显著^[13-14]。前期有大量研究认为,生物反馈相关设备的康复应用前景较好,但其结果准确性及便携性一直存在问题^[15-16]。PierenStep 定量步行训练系统通过拐杖底部传感器获取拐杖触地时压力数据并实时分析、反馈负重信息,当拐杖压力值超出预设范围时给予提醒,对下肢骨折患者尽早体验步行负重感觉及正确掌握步行节奏具有重要意义。关于减重负荷的设定标准,目前尚无定论。有研究采用减重 25 磅(约 11.3 kg)^[15]或减少 25% 体重负荷^[6]作为减重方案;Pauser 等^[17]采用足跟下压力测试仪观察发现,正常人足跟负重减少 10% 会导致足跟压强峰值减小 52%,峰值应力负荷减小 54%。本研究综合考虑设备性能参数、手杖高度、志愿者上肢力量以及其他相关因素,将减重标准设定为 20% 体重,结果显示 PierenStep 步态量化训练与测试系统能准确量化志愿者“患肢”负重程度。

根据本研究相关性分析结果可知,平均日运动时间越长者进行“患侧”下肢减重步行时其减重控制准确性越好。经常运动锻炼对上肢肌力及耐力有正面影响,故对于运动技能的学习能力亦较强,所以动作稳定性及减重控制能力相对较好。虽然男性较女性拥有较好的力量基础,但本研究结果显示男性志愿者在生物反馈减重步行过程中的减重控制表现不及女性志愿者,这与 Hustedt 等^[18]得出性别对生物反馈准确性影响不大的结果不同,另外该研究还认为生物反馈减重训练适用于广泛年龄区间患者,其结果受年龄因素影响较小,与本研究结果类似;同时本研究结果还显示身高因素与下肢负重时减重准确性间具有相关性,可能是由于身高因素加大了受试者稳定手杖的难度,另一方面也可能是由于志愿者使用手杖行走时带来的测量误差所致。

本研究中志愿者进行生物反馈减重步行时的减重误差值均 < 2 kg,明显优于体重秤称重法及口头提示法,说明生物反馈训练能给志愿者提供良好的信息反馈,能帮助患者集中注意力并控制减重程度,与 Joshua 等^[15]研究结果基本一致。本研究志愿者在关闭生物反馈提示后,在随后进行的 6 min 扶拐步行测试中发现志愿者减重控制能力并没有下降,从数据层面分析其减重准确性甚至较关闭提示前还有上升趋势,提示该生物反馈系统能为志愿者提供良好的减重控制能力学习环境,提高其减重控制能力。需要指出的是,本研究

中入选志愿者在扶拐步行测试前均通过训练以尽量模拟骨折患者步行特点, 所得结果是否与实际情况一致还有待商榷; 另外本研究对生物反馈法持续疗效的观察时间偏短, 还有待后续研究对定量步行训练系统的长期疗效进行跟踪调查。

参 考 文 献

- [1] 徐莘香, 宁漱岩, 刘建国, 等. 第三种骨折愈合方式的力学与生物学基础[J]. 中华外科杂志, 1992, 30(5): 308-310.
- [2] 徐莘香. 遵循骨折愈合的规律指导骨折内固定术后的治疗[J]. 中华创伤骨科杂志, 2002, 4(4): 244-246.
- [3] Hurkmans HL, Bussmann JB, Benda E. Validity and interobserver reliability of visual observation to assess partial weight-bearing[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2009, 90(2): 309-313.
- [4] Tveit M, Kärholm J. Low effectiveness of prescribed partial weight bearing. Continuous recording of vertical loads using a new pressure-sensitive insole[J]. J Rehabil Med, 2001, 33(1): 42-46.
- [5] Serena Yu, McDonald T, Jesudason C, et al. Orthopedic inpatients' ability to accurately reproduce partial weight bearing orders[J]. Orthopedics, 2014, 37(1): e10-18.
- [6] Hurkmans HL, Bussmann JB, Benda E, et al. Techniques for measuring weight bearing during standing and walking[J]. Clin Biomech, 2003, 18(7): 576-589.
- [7] Malviya A, Richards J, Jones RK, et al. Reproducibility of partial weight bearing[J]. Injury, 2005, 36(4): 556-559.
- [8] Chow DHK, Cheng CTK. Quantitative analysis of the effects of audio biofeedback on weight-bearing characteristics of persons with transtibial amputation during early prosthetic ambulation[J]. J Rehabil Res Dev, 2000, 37(3): 255-260.
- [9] Dabke HV, Gupta SK, Holt CA, et al. How accurate is partial weight-bearing? [J]. Clin Orthop Relat Res, 2004, 421(1): 282-286.
- [10] Warren CG, Lehmann JF. Training procedures and biofeedback methods to achieve controlled partial weight bearing: an assessment[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1975, 56(10): 449-455.
- [11] Chow SP, Cheng CL, Hui PW, et al. Partial weight bearing after operations for hip fractures in elderly patients[J]. J R Coll Surg Edinb, 1992, 37(4): 261-262.
- [12] Hershko E, Tauber C, Carmeli E. Biofeedback versus physiotherapy in patients with partial weight-bearing[J]. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2008, 37(5): e92-96.
- [13] Vasarhelyi A, Baumert T, Fritsch C, et al. Partial weight bearing after surgery for fractures of the lower extremity-is it achievable? [J]. Gait Posture, 2006, 23(1): 99-105.
- [14] Pataky Z, De León Rodríguez D, Golay A, et al. Biofeedback training for partial weight bearing in patients after total hip arthroplasty[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2009, 90(8): 1435-1438.
- [15] Hustedt JW, Blizzard DJ, Baumgaertner MR, et al. Is it possible to train patients to limit weight bearing on a lower extremity? [J]. Orthopedics, 2012, 35(1): e31-37.
- [16] Hustedt JW, Blizzard DJ, Baumgaertner MR, et al. Current advances in training orthopaedic patients to comply with partial weight-bearing instructions[J]. Yale J Biol Med, 2012, 85(1): 119-125.
- [17] Pauser J, Jendrissek A, Swoboda B, et al. Inaccuracy of a physical strain trainer for the monitoring of partial weight bearing[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2011, 92(11): 1847-1851.
- [18] Hustedt JW, Blizzard DJ, Baumgaertner MR, et al. Effect of age on partial weight-bearing training [J]. Orthopedics, 2012, 35(7): e1061-1067.

(修回日期: 2014-11-13)

(本文编辑: 易 浩)

· 外刊摘英 ·

Outcomes of a single corticosteroid injection for trigger finger

BACKGROUND AND OBJECTIVE Trigger finger is one the most common pain disorders, with an estimated lifetime risk of 2.6% in the general population. Prior studies have shown the success of corticosteroid injections to be in the range of 61% to 84% with one to three injections. This study investigated the long-term effectiveness of a single corticosteroid injection for trigger finger.

METHODS This retrospective case series involved successive patients treated for trigger finger from January of 2000 to December of 2007. The records were examined for primary outcome of treatment failure, defined as a subsequent injection or surgical release of the affected digit. Success was identified as an absence of symptoms at subsequent follow-up visits, or by telephone interview.

RESULTS Of the 366 patients, 44% had multiple trigger fingers, and 24% were diabetic at the time of the injection. Of those, 54.6% had repeat injection or surgical release, and 45.4% had no further intervention. Treatment success occurred in 49.2% of females and 38.1% of males ($P < 0.05$). Of those with treatment failure, 64% required repeat injection and 33% underwent surgical release. Of those with single digit trigger fingers, 50.7% had treatment success, as compared with 30.5% of those with multiple trigger fingers ($P < 0.05$).

CONCLUSION This retrospective study of patients undergoing a single corticosteroid injection for trigger finger found that 45% experienced long-term treatment success.

【摘自: Wojahn RD, Foeger NC, Gelberman RH, et al. Long-term outcomes following a single corticosteroid injection for trigger finger. J Bone Joint Surg (Am), 2014, 19, 96(22): 1849-1854.】