

·临床研究·

生物谐振规律对步行效率影响的前驱研究

许光旭¹ 顾绍钦¹ 孟殿怀¹ 王红星¹ 励建安^{1,2}

摘要 目的:通过下肢软瘫模型研究生物谐振对步行效率的影响。**方法:**下肢软瘫并导致步行障碍的男性小儿麻痹后遗症患者12名(17±1岁,身高1.68±4.6m,体重52.5±5.4kg)与同龄健康青年12名匹配对照。采用三维步态分析系统获取步态参数,采用便携式气体分析系统测定氧价,作为能量效率的指标。评测状态为自然步行、80%自然步频以及120%自然步频,即100%、80%、120%自然步频。**结果:**儿麻患者在100%、80%、120%自然步频的条件下步速分别为(65.45±8.71、53.04±5.92、74.47±9.49)m/s,步速和步频密切相关($r=0.96, P<0.01$);耗氧量分别为(15.17±3.56、20.76±4.31、21.48±6.16)ml/min/kg,慢速与快速步频的耗氧量均显著高于自然步频($P<0.01$);氧价分别为(0.231±0.043、0.294±0.061、0.288±0.072)ml/m/kg,和同龄正常人比较自然、慢速与快速步频下的氧价均明显增加($P<0.01$)。慢速与快速步频的氧价亦显著高于自然步频($P<0.05$)。**结论:**儿麻患者自然步频的能量效率最高,步频加速或者减慢均降低此效率,提示肌肉固有谐振规律的作用。

关键词 生物谐振;步态分析;氧价;小儿麻痹后遗症

中图分类号:R726.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2008)-12-1092-03

Effect of muscle bio-resonance on walking efficiency:A primary study/XU Guangxu, GU Shaoqin, MENG Dianhuai, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine,2008,23(12): 1092—1094

Abstract Objective: To explore the internal walking bio-resonance essence in the patient with poliomyelitis sequela so as to discover ideal walking state of lowest energy expenditure. **Method:** Twelve young male students with poliomyelitis sequela were involved in this study (age 17.25±1ys, height 1.68±4.6m and weight 52.5±5.4kg). Another 12 healthy students were matched as control. The time-space parameters were collected with Motion Analysis System and oxygen cost was obtained with a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. The self-selected, comfortable walking frequency was recorded through three dimensional gait analysis system. The participants walked according to 80% and 120% comfortable walking frequency. **Result:** The comfortable walking frequency in poliomyelitis was 101.3±8.5 steps/min. Low speed and high speed walking frequency were 80.42±8.5 steps/min and 121.1±10.0 steps/min ($P<0.001$). The walking speed (m/min) was 65.45±8.71, 53.04±5.92 and 74.47±9.49 ($P<0.01$). The comparison of oxygen consumption in three conditions were significantly different ($P<0.01$), and the oxygen cost was lowest (0.231±0.043ml/m/kg) in natural walking frequency ($P<0.05$). Meanwhile, the oxygen cost of patients with poliomyelitis were higher than normal subjects ($P<0.01$). **Conclusion:** The ideal walking state in the patients with poliomyelitis sequela is in a natural, self-selected, comfortable walking rhythm and energy consumption and oxygen cost are lowest. The change of walking rhythm may result in increase of energy expenditure and decrease of work efficiency.

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, 210029

Key words bio-resonance; gait analysis; oxygen cost; poliomyelitis sequela

谐振是自然界所有物体必然存在的现象之一,反映物体内在活动和外部运动的运动周期性规律。物体在跟位移大小成正比,并且总是指向平衡位置的力作用下的振动叫谐振。生物谐振的运动特征是由运动频率和运动幅度两部分组成。谐振状态下的理想运动频率(固有谐振)即人体最省能完成额定做功的频率,即能量应用效率最高的运动状态^[1-2]。理想化的运动应该符合肌肉活动的固有谐振频率,通过谐振使能量不断蓄积,并在特定运动动作时爆发,达到最大的肌肉功能和能量释放,使人体最大运动能力提高。

小儿麻痹后遗症(poliomyelitis sequela)患者由于脊髓前角运动神经元的损害,导致肢体的弛缓性瘫痪,通过系列的康复治疗 and 生长发育的影响,原先的功能障碍已经发生了显著的变化^[3]。由于患儿已经经历十年以上的行走能力的适应,必然会产生身体运动功能以及生理功能的变化。他们的步行行为以及步态特征是否存在一定的内在本质的规律性,在

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科,南京,210029

2 通讯作者

作者简介:许光旭,男,副教授,博士

收稿日期:2008-05-29

谐振状态下的步行规律可能存在最低的能量消耗。本研究的在于明确步行谐振的内在规律以及寻求理想运动频率下能量应用效率是否为最佳的运动状态。

1 对象与方法

1.1 研究对象

1.1.1 正常肌肉模型: 正常青少年男性在校中学生 10 名, 身体健康, 无任何步行障碍以及各个系统疾病, 年龄 16 ± 2 岁, 身高 1.73 ± 0.1 m, 体重 56.1 ± 7 kg。

1.1.2 肌肉麻痹模型: 男性儿麻患者 12 名, 有步行障碍, 可扶拐独立步行, 但无其他系统疾病, 年龄 17 ± 1 岁, 身高 1.68 ± 4.6 m, 体重 52.5 ± 5.4 kg。

1.2 研究方法

1.2.1 步态分析方法: 采用美国 Motion Analysis 公司远红外线三维步态分析系统进行步态分析^[4]。系统包括 1 台主机、6 台红外摄像机、2 个 Kistler 测力平台、8 导动态表面肌电图。具体步骤: ①按照标准安置 22 个标记点; ②步态分析走道长 6m, 每次测试时被测者进行 2m 适应性行走; ③要求被测者以其自然方式步行, 每个被测者都测试 3 次, 然后取平均值作为测量结果; ④被测者的运动信息进行分析, 建立三维坐标图; ⑤分析处理时间-空间参数、阶段性运动参数及肌电活动。

1.2.2 步行效率的测定^[5]: 本研究采用意大利 Cosmed 公司的 K4b2 便携式气体分析系统来测定氧价以评定受试者步行效率。测定过程: ①测试前 24h 时被试者未进行任何剧烈活动、服用药物、饮用咖啡和吸烟。研究对象早饭后休息 30min; ②3-D 运动分析系统校正; ③K4b2 便携式气体分析系统预热 45min, 采用标准方法对 K4b2 进行室内空气校正、气体延迟校正和流量计校正; ④测定前再让研究对象休息 3min, 给测试对象戴上面罩和 K4b2 便携式气体分析系统, 研究对象以自然速度行走 6min, 行走中从第 30m 开始每 30m 标记 1 次, 测定每 25m 的行走时间和 VO_2 (ml/min); ⑤第 5 分 30 秒时标记距离和时间, 继续让受试者走完 6min; ⑥每次测定结束时评估受试者的主观体力感觉等级, 使其等级维持在 10—11, 超过此限制休息 30min 后再重新进行, 最多测定 3 次。

测试参数存储在便携式测试仪中, 并通过遥测传输或便携式测试仪下载到计算机中。数据的编辑、筛选均采用 Cosmed K4b2 软件完成。截取患者从第 30 秒开始到第 5 分 30 秒结束之间的行走距离和 VO_2 , 求出 5min 的步行速度、距离和 VO_2 , 计算氧价,

氧价 = 耗氧量 ÷ (步速 × 体重) ml/m/kg。

1.2.3 测定的指标: 步态分析参数的时间-空间参数: 自然步态下的步频、80%自然正常步频以及 120%自然正常步频下的步态、步行速度以及氧价。

1.2.4 测定方案: 在实验室准备完备后, 让测试者充分暴露身体各个主要关节, 采用红外反光球固定在关节处, 通过测定自由行走步态的运动学分析, 得出自然步态的步频, 然后分别得出 80%与 120%的步频, 采用节律器标定步频, 受试者按照音律节拍行走, 反复 2 次适应后进行正式测定。佩带便携式气体代谢测试系统进行测试。

1.3 统计学分析

采用 SPSS13.0 统计分析软件, 所有数据均以 (均数 ± 标准差) 表示, 呈正态分布且方差齐性, ANOVA 两两比较 Q 检验, 显著性水平: $P < 0.05$ 为差异具有显著性。

2 结果

2.1 儿麻患者各步频组步频、步速、耗氧量和氧价的比较

儿麻患者慢速、快速与自然步行时的步频步频及步速两两比较存在显著性差异 ($P < 0.01$); 耗氧量均比自然步行明显增加 ($P < 0.01$); 氧价也呈现显著增加 ($P < 0.05$), 见表 1。

2.2 儿麻患者步频与步速的相关关系

慢速、快速与自然步行时的步频两两比较存在显著性差异 ($P < 0.01$)。慢速、快速与自然步行时的步速两两比较存在显著性差异 ($P < 0.01$)。步速和步频密切相关 ($r = 0.96$, $P < 0.01$), 见表 1。

2.3 儿麻患者不同步频下耗氧量比较

慢速、快速与自然步行时的耗氧量两两比较明显增加 ($P < 0.01$), 见表 1。

2.4 正常青年和儿麻患者在不同步频下氧价比较

表 2 显示正常同龄青年步频、步速、耗氧量和氧价结果。慢速、快速与自然步行时的步速两两比较亦呈现增加趋势 ($P < 0.05$)。正常青年与儿麻患者进行不同速度下比较结果显示儿麻患者氧价均明显增加 ($P < 0.01$)。

3 讨论

1972 年 Mulder 提出儿麻后遗症 (post-polio myelitis sequela, PPS) 的诊断标准: 脊髓灰质炎的病史并留有运动神经元受损; 急性期度过后至少病情平稳 15 年; 渐进性或突发性的新的肌无力或非正常的肌肉疲劳和全身疲劳; 排除导致以上症状的

表1 儿麻患者各步频组步频、步速、耗氧量和氧价的比较

指标	自然步频组	80%步频组	120%步频组
步频(step/min)	101.3±8.5	80.42±8.5 ^①	121.1±10.0 ^①
步速(m/min)	65.45±8.71	53.04±5.92 ^①	74.47±9.49 ^①
耗氧量(ml/min/kg)	15.17±3.56	20.76±4.31 ^①	21.48±6.16 ^①
氧价(ml/m/kg)	0.231±0.043	0.294±0.061 ^②	0.288±0.072 ^②

①P<0.01, ②P<0.05

表2 正常青年各步频组步频、步速、耗氧量和氧价比较

指标	自然步频组	80%步频组	120%步频组
步频(step/min)	107.6±1.78	85.80±7.45 ^①	128.60±10.46 ^①
步速(m/min)	74.85±9.39	57.37±7.79 ^①	86.83±9.25 ^①
耗氧量(ml/min/kg)	12.74±4.10	17.47±3.75 ^②	18.10±3.46 ^②
氧价(ml/m/kg)	0.14±0.04	1.93±0.05 ^③	0.99±0.03 ^③

①P<0.001, ②P<0.01, ③P<0.05

其他疾病。如果没有其他疾病可以解释,就可以诊断为PPS^⑥。

参与试验的儿麻患者均为在校中学生,具备基本的步行能力,虽然存在肢体功能不同程度的残疾,但是患者日常生活活动均全部自理。长期的适应以及在儿麻中心的康复训练使他们均能实现效能较高的步行节律或频率,潜意识状态下步行效率大为提高。本研究的步行速度和步行效率均是在尽量保持在自由行走时的步行速度,通过主观体力感觉等级来控制,也就是对患者没有特殊的要求,而且通常在测试前先让研究对象试走1—2次,以消除患者的紧张情绪。

谐振状态下的理想运动频率(固有谐振)指最省能完成额定做功的频率,即能量应用效率最高的运动状态。运动学的研究表明,长期运动训练可以产生特异性的训练效应,即特定动作的训练使该动作的肌肉收缩做功效率提高,而不能使该肌肉进行其他运动的效率提高。运动谐振可以提高最大运动能力:①肌肉组织可以利用振动间期进行能量代谢;②谐振的反复积累产生动能积蓄,从而在特定的时期释放产生最大收缩做功^⑦。

PPS中训练的作用^⑧:研究显示正确的训练可以改善肌力、心肺的适应性和步行效率,甚至可以增加患者的舒适性。主要训练的强度要合理而且可以避免疲劳。特别是可以增加在运动中和运动后关节和肌肉的疼痛和疲劳,研究显示正确的训练可以改善其心理和生理的状况。正确的训练被认为是PPS的治疗措施中最重要的一项。日常生活中最常见的是行走和上下楼梯的困难。针对某一个患者有不同的原因因此运动处方要根据具体情况来定。避免肌肉和关节过度使用和明显新的肌无力。体重增加要避免,因为会给生活带来进一步的困难。

能耗可以反应临床问题^⑨:14名试验组和对照组儿麻患者行走时的步速(61.8m/min,28%)明显小

于对照组,而能量消耗大于(4.8J/kg/m)(40%)对照组。步速和肌力的关系^⑩:步速和肌力之间非线性关系,健康组最大步速是2.57m/s,试验组是2.02m/s,保护肌力,影响肌力的主要问题是肌力之间的不平衡。

谐振规律研究的儿麻患者均为同年龄组在校的中学生,虽然他们的下肢因脊髓前角运动神经元受到一定的损害,部分肌肉处于软瘫状态,丧失部分肌肉的谐振状态,影响运动谐振频率的改变。但是,长期的适应以及儿时开始接受康复训练,他们步行的能力以及适应性改变同样存在固有的步行频率,这种固有频率的节奏,是他们下意识状态,能量消耗最低,也可以成为获得性的肌肉运动谐振状态。本研究显示,下肢软瘫的儿麻患者氧价同正常肌肉模型相同的结果,证实长期的运动适应能够达到新的谐振状态。

人体固有谐振规律是最大运动能力的重要基础的研究为神经-肌肉疾病的运动能力障碍的进一步研究提供基础,若固有谐振是制定运动训练方案的基本要素之一,那么,谐振规律的训练可以改善和提高人体运动功能障碍^{⑪-⑫}。本研究样本量较少,选取同年龄组的中学生进行研究主要考虑检测与分析成本较大。

参考文献

- [1] Gammaitoni L, Hanggi P, Jung P, et al. Stochastic resonance[J]. Rev Modern Phys,1998, 709(1):223—287.
- [2] Mattsson E. Energy cost of level walking [J]. Scand J Rehabil Med Suppl,1989,23:1—48.
- [3] 石宗义,宁志杰. 脊髓灰质炎后综合症流行病学调查[J]. 山东医药,1996,36(5):32.
- [4] 励建安,孟殿怀. 步态分析的临床应用[J]. 中华物理医学与康复杂志,2006,28(7):500—503.
- [5] Bowen TR, Cooley SR, Castagno PW, et al. A method for normalization of oxygen cost and consumption in normal children while walking [J]. J Pediatr Orthop,1998, 18(5):589—593.
- [6] Mulder DW, Rosenbaum RA, Layton DD. Late progression of poliomyelitis or forme fruste amyotrophic lateral sclerosis [J]? Mayo Clin Proc, 1972,47:756—61.
- [7] Bereket S. Effects of Anthropometric parameters and stride frequency on estimation of energy cost of walking [J]. J Sports Med Phys Fitness, 2005, 45(2):152—16.
- [8] Agre JC. The role of exercise in the patient with post-polio syndrome [J]. Ann N Y Acad Sci,1995,5,25(753):321—34.
- [9] Brehm MA, Nollet F, Harlaar J. Energy demands of walking in persons with postpoliomyelitis syndrome: relationship with muscle strength and reproducibility [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2006,87(1):136—40.
- [10] Willen C, Stibrant Sunnerhagen K, Ekman C, et al. How is walking speed related to muscle strength? A study of healthy persons and persons with late effects of polio [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2004,11,85(12):1923—8.
- [11] Nollet F, Beelen A. Submaximal exercise capacity and maximal power output in polio subjects [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2001,82(12):1678—1685.
- [12] Dalakas MC. How to design a therapeutic study in patients with the post-polio syndrome. Methodological concerns and status of present therapies [J]. Ann N Y Acad Sci,1995,25(753):314—20.