

同步肌电分析方法及其应用*

王子羲¹ 季林红¹

肌肉的收缩是人体运动的可控动力来源。在随意运动和节律运动中, 骨骼肌受来自不同层次的运动中枢的神经支配而收缩, 内部肌纤维发生相应的一系列细胞膜去极化过程, 就是我们可以观察到的肌电现象。所以说, 肌电现象是肌肉收缩的必要条件。

随着对人体运动过程了解的深入, 如何通过记录到的肌电来描述运动的特点, 一直是医学界和体育运动研究人员非常关心的问题。这主要是因为, 人体运动是一个多系统参与的非常复杂的过程, 单纯依赖于运动学、运动力学和全局性的外部生理特征, 很难全面地描述运动的复杂过程^[1-3]。譬如, 从外部表现来观察, 脑卒中、截瘫、周围神经系统障碍及肌肉萎缩等患者, 在患病局部都会表现出肌力减弱或者消失的症状, 但是, 他们的致病机制不同, 康复的方式也有差异。通过肌电现象可以观察到运动过程中局部肌肉的电生理过程, 从而为运动过程的描述和评价提供一个新的观察角度。

作为一种新的分析手段, 肌电分析过程不可避免地需要克服一些技术障碍。首先是肌电采集环节的技术障碍。现有的技术条件下, 只能通过针电极采集局部肌纤维的肌电活动, 或者通过表面电极采集单块肌肉经过了人体的容积传导过程形成的表面肌电(所有肌纤维的去极化过程对一个检测点的综合电位影响)^[4]。我们所关心的实际发生的肌电全貌, 通过现有的测量技术手段是无法全面记录下来的。所以, 为了保障肌电采集的客观性和观察现象的可重复性, 必须确保肌电采集操作的规范化, 而在肌电分析过程中, 需要考虑到检测的不完整性和随机性问题, 这样可以最大限度地避免肌电采集技术局限性对测试结果的影响。即使我们有办法将单块肌肉中所有肌纤维的局部电生理过程都采集下来, 我们也将面临第二个技术问题: 如何通过记录到的肌电信息再现肌肉收缩的过程, 从而分析出运动过程的特征, 即设计肌电分析方法的技术问题。下面将介绍的同步肌电分析方法^[5], 是利用同步采集的多块肌肉的表面肌电信号, 通过时间和幅值的归一化处理, 提取出肌电幅值变化的规律性特征, 建立相应的多肌电模型。多肌电模型内包含的信息包括: 一个运动周期内部肌电幅值的变化规律、不同肌肉肌电变化之间的时序关系。通过这种信号处理方法最大限度地避免了测量条件的差异对分析结果的影响。得到的多肌电模型之间适于进行各种形式的比较, 从而分析运动过程的特点。

1 同步肌电分析方法在体育科学中的应用

从文献^[2-3]可以看出, 速滑运动员在完成高度规范和熟练的技术性很强的重复性滑跑动作时, 运动控制的冗余性比较小, 肌肉收缩活动大部分用来为运动员提供行进动力。此时, 运动员肌电幅值的变化过程呈现出明显的规律性, 从而允许我们通过提取幅值变化的统计学规律来建立这个运动员在完成这个动作时的多肌电模型。影响多肌电模型形态的因素

包括: 规范性动作的形式、高级运动中中枢运动模式的特点、运动员的运动器官的生理状态等, 所以, 多肌电模型是某个运动形式下某个运动员在某个时期所特有的肌电特征, 多肌电模型可以反映不同肌肉收缩形式下肌电的变化特点。通过模型比较可以分析运动员之间、运动模式之间的差别, 不同动作形式下肌电变化规律的差别, 以及运动员在不同时期运动模式的变化。

肌电特征与肌力之间的关系一直是被关注的问题。在探讨这个问题之前, 首先需要确定肌肉的收缩形式和负载的条件。在不同的收缩形式下, 肌电与肌力之间有不同的对应关系, 没有直接的可比性。在图 1 中是某运动员直道滑跑过程中左腿主要肌肉的多肌电模型, 其中, 一个单步周期内部 25%—45% 时间段中, 运动员完成的动作是将重心从右脚移动到左脚, 左腿的肌肉做变负荷的等长收缩, 负荷从零逐渐增加到等于运动员的体重; 在 45%—65% 时间段中, 运动员的重心一直停留在左脚上, 左腿的肌肉完成的是等负荷的等长收缩, 负荷等于运动员的体重。在这两个阶段中, 左腿主要肌群的肌纤维长度是近似相等的, 而在变负荷条件下肌电表现明显活跃于等负荷条件下的等长收缩。通过多肌电模型比较肌力变化时, 必须保障比较是在相同的收缩形式、相同的肌纤维长度, 以及相同的负载变化条件下进行的。这一要求在研究专项运动的等效训练形式时尤其重要。

通过多肌电模型可以分析运动员之间的运动模式的差别, 图 2 中两名运动员臀大肌在直道单步周期的 0%—30% 时间段内(收腿阶段)的差异非常明显, 表现出运动技术特点的不同, 即, 运动模式的差异。

多肌电模型也可以用来分析同一个运动员在不同时期的专项技术动作的变化特点, 图 3—4 中是两名运动员在一年间的模型比较, 可以看出, 运动员 C 的模型变化不大(我们主要关心臀大肌、股直肌、股内侧肌、股外侧肌、半腱肌等负责大腿蹬伸的主要肌群的肌电变化情况), 而运动员 D 的多肌电模型变化比较明显, 其中, 在该运动员 2004 年的多肌电模型中, 股直肌的肌电活动在支撑阶段初期发生了明显的提前, 反映出运动员技术特点的变化。

科学训练的的目的是为了使运动员的运动能力向着特定的目标可控地改变, 通过同步肌电分析得到的运动特征, 可以帮助教练员及时地发现问题, 并实施有针对性的训练计划。同步肌电分析在医学中, 尤其是运动功能障碍患者的康复治疗过程中有很好的应用价值。譬如, 可以将该方法应用

* 基金项目: 国家体育总局科研项目; 863 计划项目(2002AA420100-2)

1 清华大学精密仪器系与机械学系, 摩擦学国家重点实验室, 智能与生物机械研究分室, 北京, 100084

作者简介: 王子羲, 男, 助理研究员

收稿日期: 2005-09-11

图1 某运动员直道多肌电模型局部

图2 运动员A和B滑冰直道单步周期臀大肌模型的比较

图3 运动员C在2004年与2003年直道多肌电模型的比较
(深色为2004年模型)图4 运动员D在2004年与2003年直道多肌电模型的比较
(深色为2004年模型)

于患者运动功能的评估、自动康复训练设备的智能化训练内容调整,以及用于在康复训练中的生物反馈目的等。

2 同步肌电信号在医学中的应用

在利用同步肌电分析方法对运动功能障碍患者进行运动功能评估时,需要选择合理的规范动作。测试动作需要简单,技术型不强且容易掌握,这样就不可避免地存在运动控制的冗余性。与前面提到的技术性很强的滑冰动作不同,测试动作尽量选取那些健康测试者的个体差异对动作完成影响较小的形式。对应所选取的动作,在对患者完成动作的多肌电模型进行分析评价时,需要选择合理的参照多肌电模

型。在不同健康个体之间是否存在一个能够反映健康人完成规定动作时的肌电变化普遍特征的多肌电参考模型?同一个体左右两侧的多肌电模型是否相同(对称性的存在可以允许我们把偏瘫患者健侧的多肌电模型做为评价患侧运动功能的参照)?这两个问题的答案可以帮助我们为运动功能评估找到合适的多肌电参考模型。

清华大学精仪系进行了健康人多肌电模型采集实验。初步数据分析结果表明,健康人之间在完成某个规范的简单测试动作时,为完成动作提供主要动力的几块肌肉(动力肌)肌电的变化规律存在相似性,动力肌的特点是在完成相应动作时进行非等长性收缩,其工作状态直接影响动作是否能够完成;其他一些肌肉也参与运动,但主要功能是提供支撑和辅助,其肌电变化反映的主要是带有冗余性的人体运动调节功能,这些肌肉(冗余肌)的肌电变化规律相似性比较差。不同动作对应的动力肌不同,数量也有差异。同一个健康受试者左右侧肢体运动之间也存在同样的问题。通过同步肌电分析,可以为特定测试动作找出对应的动力肌与冗余肌。作为参照的多肌电模型主要依据动力肌的肌电变化规律来建立。初步的实验结果证明,通过合理的动作设计和选择合适的被检测肌电,可以建立一个对应某一测试动作的健康人多肌电参考模型,从而为运动功能障碍患者的同步肌电分析提供评估依据。

在依据多肌电参考模型对运动功能障碍患者的肌电变化进行评估时,不但要找出肌电变化之间的差异,还需要依此来分析存在这些差异的功能性原因。肌肉协调、肌间协调、肌张力异常等方面的功能性问题,在患者的多肌电模型中都有各自的表现形式。如何通过肌电分析来区分这些功能性特征,是利用多肌电分析进行运动功能评估的关键问题,需要进行更加细致的研究工作。

参考文献

- [1] 汤晓芙.神经系统临床电生理学(下册)(肌电图学及其他)[M].北京:人民军医出版社,2002.
- [2] 曹辉,王子羲,季林红,等.速滑中腿部肌肉协调性同步肌电分析方法研究[J].清华大学学报(自然科学版),2005,45(8):1072-1075.

- [3] De Koning JJ, De Groot G, Schenau Gerrit Jan van Ingen. Coordination of leg muscles during speed skating[J]. J Biomechanics, 1991, 24 (2) : 137-146.
- [4] Pandy MG, Zajac FE. Optimal muscular coordination strategies

- for jumping [J]. Journal of Biomechanics, 1991, 24 (1) : 110.
- [5] Raasch CC, Zajac FE. Locomotor strategy for pedaling: muscle groups and biomechanical functions [J]. Journal of Neurophysiology, 1999, 82: 515-525.

·康复护理·

呼吸训练改善颈段脊髓损伤患者呼吸功能的疗效观察

余小梅¹ 李小金¹

摘要 **目的:** 探讨呼吸操训练对改善颈段脊髓损伤患者呼吸功能的作用。 **方法:** 将经确诊的 22 例患者分为实验组和对照组, 两组患者给予相同的康复功能训练及康复护理, 实验组增加呼吸操训练, 20 天后对两组患者的最大通气量(MVV)及 1 秒钟用力呼气肺活量(FEV₁)进行比较。 **结果:** 两组患者的 MVV 及 FEV₁ 均有提高($P<0.05$), 实验组优于对照组($P<0.05$)。 **结论:** 呼吸操训练对改善颈段脊髓损伤患者的呼吸功能有着积极意义。

关键词 颈段脊髓损伤; 呼吸操训练; 呼吸功能

中图分类号: R493, R322.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-1242(2006)-02-0171-01

呼吸功能障碍为脊髓损伤常见的并发症, 尤其是颈段脊髓损伤的患者。由于呼吸肌功能活动受影响, 通气量及排痰能力下降, 造成肺部感染等并发症, 而产生呼吸困难, 甚至危及生命^[1]。对此类患者进行呼吸功能训练, 以改善呼吸功能, 减少并发症的发生, 提高生存质量。

1 对象与方法

1.1 对象

22 例经 CT 确诊为颈段脊髓损伤患者, C4 3 例, C5 6 例, C6 8 例, C7 5 例; 男 20 例, 女 2 例, 年龄 19—67 岁。

1.2 方法

采用随机法将患者分为两组, 实验组 12 例, 年龄 41±11 岁; 对照组 10 例, 年龄 45±9 岁。两组患者入院时呼吸功能评分差异无显著性意义($P>0.05$)。入院后两组患者均进行康复功能训练与常规的康复护理。实验组除以上训练外, 指导患者练习呼吸体操, 内容包括: ①腹式呼吸训练, 根据患者情况取仰卧位或半卧位, 坐位, 让患者一手放在上腹部(剑突下), 感觉横膈和腹部的活动, 另一只手放在胸部, 感觉上胸及辅助呼吸肌的活动。经鼻腔做深吸气, 同时向上隆起腹部而使胸廓运动保持最小。呼气时腹肌和手同时下压腹腔, 以进一步增加腹内压, 迫使横膈肌上抬^[2]。通过缩唇缓慢呼出气体, 开始 2 次/天, 10—25min/次, 练习时避免出现头晕、胸闷等过度通气症状, 逐渐增加次数和时间, 恢复自然呼吸习惯; ②缩唇呼吸训练, 患者闭嘴经鼻吸入气体后, 缩唇吹口哨样缓慢呼气^[3], 吸气时间与呼气时间为 1:2 至 1:5, 呼吸频率<20 次/min^[4]。③咳嗽训练, 患者在床上取坐或半卧位, 稍向前弯腰, 手放在剑突下面, 深吸一口气, 短暂屏气 1s, 再用爆发力咳嗽, 把痰液排出^[5]。

1.3 评估标准

两组患者入院时及入院后 20 天的最大通气量(MVV)及 1s 用力呼气肺活量(FEV₁)作为疗效的评估指标。

1.4 统计学分析

对两组患者的呼吸功能检查结果比较采用 t 检验。

2 结果及讨论

见表 1。

表 1 两组病例治疗前后肺功能比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	年龄 (岁)	MVV(L)		FEV ₁ (L)	
			治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
实验组	12	41±11	10.1±2.29	23.5±3.05	1.2±0.16	2.1±0.01
对照组	10	45±9	9.76±2.53	17.3±2.90	1.0±0.12	1.4±0.04
P 值			>0.05	<0.05	>0.05	<0.05

当颈段脊髓损伤时, 较易出现呼吸障碍, 呼吸肌受一定损害。运动及呼吸肌的训练可以明显提高呼吸肌的肌力和耐力。缩唇呼吸训练, 可提高气道压力而抑制其塌陷。腹式呼吸训练, 是运用膈肌改善呼吸方式, 减少无效死腔^[6]。腹式呼吸结合缩唇呼吸, 能减少呼吸频率, 增加潮气量, 减少功能残气量, 提高肺泡通气, 改善通气/血流比值, 缓解呼吸困难。体位排痰, 可清除肺部痰液。颈段脊髓损伤患者通过呼吸功能训练, 可提高呼吸效率, 改善肺功能, 肺活量较前增加, 实验组患者在入院时的 MVV 及 FEV₁ 与对照组无明显区别 ($P>0.05$), 入院 20 天后两组的 MVV 及 FEV₁ 差异有显著性意义, 实验组优于对照组 ($P<0.05$)。患者自觉症状改善, 从而提高了患者的生存质量。

参考文献

- [1] 叶添文, 贾连顺. 颈椎脊髓损伤呼吸系统并发症及其处理[J]. 国外医学·骨科学分册, 2004, 17(6): 330—332.
- [2] 胡艳飞, 胡桂芳. 腹式呼吸训练在颈髓损伤患者中的应用. 护理与康复, 2005, 6(4): 217—218.
- [3] 刘凌, 张剑青. 营养支持和呼吸体操改善稳定期 COPD 患者呼吸肌功能的临床研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2002, 17(3): 181—182.
- [4] 徐祗强. 呼吸训练在慢性阻塞性肺疾病缓解期的应用[J]. 中国临床康复, 2003, 5(9): 1454.
- [5] 宋鑫. 综合康复治疗改善慢性阻塞性肺疾病患者的生活质量[J]. 中国临床康复, 2003, 5(9): 1431.

1 广州中山医大黄埔医院康复中心, 广州 510700

作者简介: 余小梅, 女, 护师

收稿日期: 2005-02-22