

· 临床研究 ·

C₅ 和 C₆ 水平脊髓损伤的四肢瘫患者在伸肘活动中上肢和躯干的运动学分析

刘颖 李建军 华桂茹

【摘要】 目的 分析 C₅ 和 C₆ 水平脊髓损伤(SCI)的四肢瘫患者在与伸肘有关的日常生活活动中上肢和躯干运动的特点,为制定康复治疗提供理论依据。**方法** 选择 15 例完全性或不完全性 C₅ 和 C₆ 水平 SCI 的四肢瘫患者,作为四肢瘫组,另选择 15 例正常人作为对照组。应用 Peak Motus 运动解析系统对所有受试者抓取杯子、触摸开关、驱动轮椅和利用上肢负重等 4 项伸肘活动的摄像资料进行三维运动学分析。**结果** 与对照组相比,四肢瘫组在 4 项伸肘活动中的运动速度明显减慢($P < 0.05$ 或 0.01);除了利用上肢负重外,2 组受试者在其余 3 项活动中上肢和躯干各标志点的位移比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 在 C₅₋₆ 水平 SCI 四肢瘫患者的康复治疗中,应加强肱三头肌和其它残存肌的力量训练并改善患者的躯干稳定性;运动学检测是定量评定四肢瘫患者运动功能及康复疗效的一种新方法。

【关键词】 四肢瘫; 运动学; 伸肘; 日常生活活动; 肱三头肌

Kinematic analysis of the upper limbs during elbow extension in C₅ and C₆ spinal cord injury patients LIU

Ying*, LI Jian-jun, HUA Gui-ru. * Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100730, China

【Abstract】 Objective To investigate motor patterns in the upper limbs of C₅ to C₆ spinal cord injury (SCI) patients during elbow extension. **Methods** Fifteen C₅ and C₆ SCI patients and fifteen healthy subjects formed an SCI group and a control group respectively. A three-dimensional kinematic analysis was performed on videos of the subjects performing four elbow extension activities: grasping a cup, reaching for a light switch, propelling a wheelchair, and upper limb weight bearing. A Peak Motus motion analysis system was employed. **Results** Compared with controls, the movement time of the SCI group was significantly longer during grasping, reaching for a light switch and wheelchair ambulation. Their angular velocity was significantly slower during reaching for a light switch and during wheelchair ambulation. The patients with spinal cord injury performed the motor tasks primarily by relying on increasing or decreasing the angular displacement of the shoulder. But they compensated for their functional deficiency by changing the movement direction of the shoulder and elbow in sagittal projection during upper limb weight bearing activities. **Conclusion** C₅₋₆ SCI patients use motor patterns and strategies different from those of control subjects in completing elbow extension activities.

【Key words】 Spinal cord injury; Kinematics; Elbow extension; Activities of Daily Living; Triceps brachii muscle

C₅ 和 C₆ 水平脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)的四肢瘫患者由于肱三头肌瘫痪会出现主动伸肘困难。Moberg 和 Freehafer 等^[1,2]已尝试通过腱移植手术将三角肌后部纤维转移到肱三头肌肌腱上,以改善伸肘功能。Miller 等^[3]则将功能性神经肌肉电刺激治疗应用到 C₅₋₆ 水平 SCI 的四肢瘫患者中,以使其重新获得伸肘能力。但对于患者是如何通过改变自身运动模式来代偿其缺失的功能,目前的研究尚不充分,并且缺乏对四肢瘫患者上肢功能重建和康复治疗效果客观、定量的科学评价方法。

近年来迅速发展的生物力学现代测量技术使生物力学的实验研究方法有了质的飞跃,但由于条件所限,目前借助生物力学的技术设备对四肢瘫患者运动功能障碍特点的研究仍十分有限。迄今为止,国内尚未见到有关的报道,国外的报道则多针对某项动作中某一关节或肌肉进行研究,而缺少四肢瘫患者在完成一组功能相关的日常生活活动(activities of daily living, ADL)时,对其多个关节、肌肉的系统性研究。

本研究运用运动分析系统等先进的生物力学研究设备,通过比较 C₅ 和 C₆ 水平 SCI 的四肢瘫患者与正常人在完成一组与伸肘功能相关的 ADL 动作过程中上肢和躯干的运动学指标的差异,分析 C₅ 和 C₆ 水平 SCI 的四肢瘫患者上肢运动功能障碍的特点,以期为

作者单位:100730 北京,中国医学科学院中国协和医科大学北京协和医院物理医学康复科(刘颖、华桂茹);中国康复研究中心北京博爱医院脊柱脊髓外科(李建军)

康复医师和治疗师制定和优化康复治疗方案提供有益的帮助,并试图从中寻找出一种系统、定量、可靠的四肢瘫患者上肢运动功能的评定方法。

资料与方法

一、临床资料

将研究对象分为四肢瘫组与对照组,每组 15 例。四肢瘫组受试者为中国康复研究中心脊柱脊髓外科和康复科收治的 C₅ 或 C₆ 水平 SCI 的四肢瘫患者,其中男 14 例,女 1 例;损伤水平为 C₅ 者 5 例, C₆ 者 10 例;肱三头肌 MMT 评分^[4] 为Ⅲ级者 7 例,Ⅱ级者 8 例;完全和不完全损伤程度的确定采用修改的 Frankel 标准^[5],其中 Frankel 分级为 A 级者 7 例, B 级者 3 例, C 级者 4 例, D 级者 1 例。对照组受试者为患者的陪护人员或在北京博爱医院实习的大学生,入选条件为无上肢关节及肌肉疾病,且年龄、身高、体重与四肢瘫组相匹配的正常人,其中男 14 例,女 1 例。2 组基本情况见表 1,受试者年龄、身高、体重等比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。在测试前,对所有受试者的右侧肩、肘、腕、手关节进行检查以排除关节病变,并除外任何急性医学情况及曾患可能影响测试结果的身体和心理疾病者。

表 1 四肢瘫组与对照组的一般情况比较

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)
四肢瘫组	15	38.1 ± 11.3	173.9 ± 3.7	69.1 ± 8.2
对照组	15	33.7 ± 8.9	171.9 ± 4.4	68.0 ± 7.9

二、动作设计

我们参照四肢瘫功能指数(Quadriplegia Index of Function, QIF)量表^[5],设计了一份包含有 10 项 ADL 动作的四肢瘫上肢运动功能调查问卷,包括:(1)伸手取桌上的水杯;(2)用梳子梳理脑后的头发;(3)在水平面上向前驱动轮椅;(4)坐在床上穿裤子;(5)坐在轮椅上伸手触摸较自己头高约 20 cm 的开关;(6)使用轮椅手闸;(7)在床与轮椅之间进行转移;(8)利用双上肢支撑体重使臀部抬离座椅;(9)自行导尿;(10)从仰卧位到俯卧位翻身。将问卷分发给 26 名四肢瘫患者,要求其从中选出自身认为最重要的 4 项活动作为我们的测试内容。

通过对 26 份调查问卷结果进行统计学分析,有 4 项 ADL 动作最为患者所关注,包括:A. 抓取杯子;B. 触摸开关;C. 向前驱动轮椅;D. 利用双上肢支撑体重。完成每项动作的具体要求如下。

动作 A:于受试者正前方放一张高度可调的作业治疗桌,其右上肢的初始位置为右手自然伸展、掌心向下放置桌面上,肩关节保持 0°,肘关节保持屈曲 80°,躯干及左上肢固定于轮椅靠背上。将一直径约 6 cm

的圆柱形塑料杯放在桌面上,与肩峰正前方的水平距离为受试肢体臂长 - 5 cm。测试时要求受试者尽可能快速、准确地伸直肘关节用手抓取杯子,但不要求将杯子拿起。

动作 B:受试者右侧肢体及轮椅扶手平行靠近墙壁,开关位于墙壁上,距受试者右侧肩峰前方 56 cm、侧方 13 cm,距地面的垂直高度为 142 cm。受试者初始位置为右手自然伸展、掌心向下放置轮椅扶手上,右肘关节屈曲约 70°,右肩关节保持 0°,躯干及左上肢的位置同动作 A。测试时要求受试者尽可能快速、准确地伸手触摸开关。

动作 C:受试者初始位置为双肩关节后伸约 10°,双手握标准轮椅的手轮圈。测试时要求其在水平面上尽力向前驱动轮椅。

动作 D:受试者初始位置为双肩关节保持 0°,双手握轮椅手轮圈。测试时要求其利用双上肢支撑体重将臀部抬离座椅,尽量抬高并保持 2 s。

三、测试方法

1. 标记:受试者坐在轮椅上,在其右侧腋中线中点、肩峰、肱骨外上髁、桡骨茎突和第三掌骨头上分别贴上直径为 24 mm 的圆形黑色不干胶作为标志点。

2. 摄像系统的放置:安装 Peak 三维框架(图 1),将 2 台 Sony 数码摄像机(DCR-TRV11E 型)位置固定,其中一台正对受试者,另一台安放于受试者右前方,使 2 台摄像机主光轴之间的夹角约 60°,摄像机高度大约位于受试者高度的中点。



图 1 发射式天线型 Peak 三维框架

3. 测试过程:嘱受试者按要求依次完成上述 4 项 ADL 动作,每项动作重复 3 次,在此过程中用遥控器同时开启 2 台摄像机进行同步拍摄,以手控灯光同步信号发生器所产生的光信号作为事件标志,使 2 台摄像机同步工作并标记所有动作的开始相和结束相,然后应用 Peak Motus 运动图像解析系统(Peak Motus 技术公司,美国)将动作由开始相至结束相之间的多幅

图像数字化,并将结果转送到 Excel 数据库中保存。

4. 运动平面与关节角度的定义:根据 Peak Motus 运动图像解析系统所确立的三维坐标系,以人体躯干的前方作为参照,X 轴为左右方向的坐标轴,Z 轴为前后方向的坐标轴,Y 轴为上下方向的坐标轴;运动平面可定义为矢状面(YZ 平面)、额状面(XY 平面)和水平面(XZ 平面)三个平面。在位移和速度的结果描述中,X-肩表示肩关节在与 X 轴垂直的平面,即 YZ 平面(矢状面)上的投影所产生的位移或速度;Y-肩为肩关节在与 Y 轴垂直的平面,即 XZ 平面(水平面)上的投影所产生的位移或速度;Z-肩为肩关节在与 Z 轴垂直的平面,即 XY 平面(额状面)上的投影所产生的位移或速度;R-肩为肩关节在 XYZ 三维空间的合成位移或速度。肘关节、腕关节和腰部的位移或速度的表示方式以此类推。

四、数据的计算与处理

将 2 台摄像机所采集的动作图像传输到 Peak Motus 运动图像解析系统中,经分析得出受试者完成每项 ADL 动作所需要的运动时间及在动作过程中的不同时刻各个运动平面上的关节位置。以动作起点和终点的关节位置变化(位移)来描述每项 ADL 动作中关节的功能活动范围。位移(m) = 动作终点的关节位置 - 动作起点的关节位置;速度(m/s) = 位移(m)/运动时间(s)。

五、统计学分析

采用 SPSS 10.0 版统计软件包对数据进行统计学处理,位移和速度的比较采用 2 组独立样本的 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、位移

动作 A 中,四肢瘫组患者的肘关节在矢状面上的位移即 X-肘较对照组小,在额状面上的位移(Z-肘)较对照组大,2 组比较,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$ 或 0.01)。动作 B 中,四肢瘫组患者的肩关节在额状面上的位移(Z-肩)及在三维空间的合成位移(R-肩)显著大于对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$ 或 0.05)。动作 C 中,2 组受试者的各关节在各个运动平面上的位移比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。动作 D 中,四肢瘫组患者的 R-肘、X-腕、Y-腕、Z-腕、R-腕及 Y-腰、R-腰均明显小于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 0.01)。2 组其它各关节在各运动平面上的位移比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。具体数据见表 2。

二、速度

动作 A 中,四肢瘫组患者的 X-肩、R-肩、X-肘、Y-

肘、R-肘、X-腕、Z-腕、R-腕及 X-腰各关节的运动速度均显著小于对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$ 或 0.05)。动作 B 中,四肢瘫组患者的肩关节在额状面上的运动速度(Z-肩)较对照组大,2 组比较,差异有统计学意义($P < 0.01$);而其 Y-肘、R-肘、X-腕、Y-腕、R-腕及 Y-腰的运动速度则显著小于对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$ 或 0.05)。动作 C 中,四肢瘫组患者的 Z-肩、R-肩、Y-肘、Z-肘、R-肘、Z-腕、R-腕、Y-腰和 R-腰的运动速度均明显小于对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$ 或 0.05)。动作 D 中,四肢瘫组患者的 R-肘、X-腕、Y-腕、Z-腕、R-腕、Y-腰及 R-腰的运动速度也明显小于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 0.01)。2 组其它各点的运动速度比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。具体数据见表 3。

讨 论

肱三头肌作为 C_7 水平的肌肉,被认为是主要的伸肘肌^[3,6,7],因而 C_5 和 C_6 水平 SCI 的四肢瘫患者最主要的功能障碍之一是主动伸肘困难。肘关节功能占上肢功能的 70%,而肘关节的屈伸功能占肘功能的 60%,因此其占整个上肢功能的 42%^[5]。可见伸肘功能障碍会在很大程度上限制上肢功能的发挥,使许多四肢瘫患者必须通过改变运动模式才能设法完成某些运动任务。

本研究采用三维摄像及图像分析技术详细记录了受试者在完成 4 项 ADL 动作的过程中,肩、肘、腕关节及躯干(腰部)上的各标志点在矢状面、水平面和额状面上的位移及三维空间的合成位移。我们发现在抓取杯子的动作中,四肢瘫组患者的肘关节(肱骨外上髁)在矢状面上的位移即肘关节伸展产生的位移为 (0.09 ± 0.13) m,明显小于对照组的 (0.22 ± 0.13) m ($P < 0.05$);在额状面上的位移为 (0.19 ± 0.10) m,显著大于对照组的 (0.07 ± 0.05) m ($P < 0.01$);其余各标志点在各个运动平面上的位移幅度比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。可见在该动作中,四肢瘫组患者的肘关节伸展幅度不足,而在额状面上的摆动幅度较大,提示其肘部运动路径不直,动作的精确程度较差,考虑与伸肘肌力量不足致使肘部控制能力较差有关。在触摸开关的动作中,四肢瘫组患者的肩峰在额状面上的位移即肩外展所产生的位移及在三维空间的合成位移分别为 (0.06 ± 0.02) m 和 (0.08 ± 0.04) m,显著大于对照组的 (0.01 ± 0.01) m 和 (0.05 ± 0.02) m (均 $P < 0.05$)。提示 2 组受试者的肩峰运动路径不同,四肢瘫组患者主要通过增加肩部向外上方的动作幅度来完成向前上方够取目标的任务。此前,Reft 等^[8]曾比较过正常人与 SCI 患者进行抓取动作时上臂的运动

表 2 四肢瘫组与对照组各关节在不同运动平面上位移的比较(m, $\bar{x} \pm s$)

组别	动作 A															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.04 ± 0.04	0.02 ± 0.01	0.07 ± 0.05	0.09 ± 0.05	0.09 ± 0.13 [*]	0.08 ± 0.04	0.19 ± 0.10 [#]	0.27 ± 0.07	0.11 ± 0.14	0.07 ± 0.05	0.20 ± 0.08	0.29 ± 0.09	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.01
	0.07 ± 0.05	0.02 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.11 ± 0.04	0.22 ± 0.13	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.05	0.26 ± 0.07	0.20 ± 0.15	0.05 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.32 ± 0.10	0.04 ± 0.04	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.04
组别	动作 B															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.04 ± 0.03	0.04 ± 0.02	0.06 ± 0.02 [#]	0.08 ± 0.04 [*]	0.14 ± 0.07	0.41 ± 0.05	0.07 ± 0.05	0.44 ± 0.05	0.13 ± 0.05	0.59 ± 0.05	0.06 ± 0.04	0.60 ± 0.06	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02
	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.12 ± 0.07	0.38 ± 0.02	0.07 ± 0.03	0.43 ± 0.05	0.16 ± 0.06	0.56 ± 0.06	0.05 ± 0.06	0.60 ± 0.08	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02
组别	动作 C															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.18 ± 0.15	0.02 ± 0.01	0.17 ± 0.11	0.31 ± 0.11	0.27 ± 0.27	0.09 ± 0.05	0.32 ± 0.16	0.49 ± 0.18	0.30 ± 0.33	0.12 ± 0.07	0.39 ± 0.17	0.59 ± 0.29	0.21 ± 0.18	0.02 ± 0.02	0.23 ± 0.13	0.34 ± 0.13
	0.13 ± 0.10	0.02 ± 0.01	0.17 ± 0.04	0.26 ± 0.06	0.25 ± 0.20	0.09 ± 0.03	0.30 ± 0.09	0.42 ± 0.08	0.32 ± 0.28	0.09 ± 0.06	0.37 ± 0.08	0.50 ± 0.15	0.15 ± 0.15	0.03 ± 0.02	0.17 ± 0.04	0.28 ± 0.08
组别	动作 D															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.06 ± 0.03	0.04 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.03	0.07 ± 0.03 [*]	0.01 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02 [#]	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02 [#]
	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.06 ± 0.03	0.07 ± 0.05	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.10 ± 0.04	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.08 ± 0.02

注:与对照组相比, * $P < 0.05$, # $P < 0.01$ 表 3 四肢瘫组与对照组各关节在不同运动平面上速度的比较(m/s, $\bar{x} \pm s$)

组别	动作 A															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.03 ± 0.03 [#]	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.03 [#]	0.07 ± 0.11 [#]	0.05 ± 0.04 [#]	0.12 ± 0.07	0.18 ± 0.07 [#]	0.09 ± 0.12 [*]	0.05 ± 0.03	0.14 ± 0.07 [#]	0.20 ± 0.10 [#]	0.01 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.01
	0.09 ± 0.07	0.02 ± 0.02	0.06 ± 0.03	0.14 ± 0.06	0.28 ± 0.19	0.10 ± 0.04	0.08 ± 0.06	0.32 ± 0.13	0.26 ± 0.21	0.07 ± 0.05	0.21 ± 0.05	0.40 ± 0.16	0.04 ± 0.04	0.01 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.05
组别	动作 B															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.02 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.02 [#]	0.04 ± 0.03	0.08 ± 0.04	0.25 ± 0.08 [#]	0.04 ± 0.04	0.27 ± 0.08 [#]	0.08 ± 0.04 [#]	0.36 ± 0.12 [#]	0.04 ± 0.02	0.37 ± 0.12 [#]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.00 [*]	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.11 ± 0.06	0.33 ± 0.05	0.06 ± 0.03	0.37 ± 0.07	0.13 ± 0.05	0.48 ± 0.10	0.05 ± 0.06	0.52 ± 0.10	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02
组别	动作 C															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.12 ± 0.11	0.01 ± 0.01	0.12 ± 0.08 [#]	0.20 ± 0.09 [#]	0.19 ± 0.23	0.06 ± 0.0 [#]	0.22 ± 0.13 [#]	0.34 ± 0.20 [#]	0.22 ± 0.29	0.08 ± 0.05	0.27 ± 0.17 [#]	0.42 ± 0.29 [*]	0.15 ± 0.16	0.02 ± 0.02 [*]	0.15 ± 0.10	0.24 ± 0.15 [*]
	0.16 ± 0.16	0.02 ± 0.02	0.22 ± 0.09	0.33 ± 0.12	0.31 ± 0.28	0.12 ± 0.06	0.39 ± 0.16	0.53 ± 0.18	0.39 ± 0.38	0.11 ± 0.09	0.47 ± 0.17	0.64 ± 0.27	0.19 ± 0.21	0.03 ± 0.03	0.21 ± 0.07	0.35 ± 0.13
组别	动作 D															
	肩				肘				腕				腰			
	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R	X	Y	Z	R
四肢瘫组	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.03	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.05 ± 0.02 [*]	0.00 ± 0.01 [*]	0.00 ± 0.00 [*]	0.00 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01 [*]	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01 [#]	0.02 ± 0.02	0.02 ± 0.02 [#]
	0.03 ± 0.04	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.02	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.06	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02	0.08 ± 0.05	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.06 ± 0.02

注:与对照组相比, * $P < 0.05$, # $P < 0.01$

轨迹,发现 SCI 组指尖和肩峰的运动路径不直;对于较远的目标,SCI 组的肩峰位移主要为垂直向上,而不像正常组为向前上,且位移幅度较小;对于较近的目标,2 组的运动方向均以向上为主,但正常组的运动幅度稍小,与本研究的结果相似。在驱动轮椅的动作中,2 组受试者的各标志点在各个运动平面上的位移比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。在完成支撑动作时,四肢瘫组患者的肘关节在三维空间的合成位移、腕关节(桡骨茎突)在各平面上的位移、躯干(即右侧腋中线中点)在水平面及三维空间的合成位移均明显小于对照组(均 $P < 0.05$)。提示四肢瘫组患者对该动作的完成质量欠佳,躯干的抬举高度不够,这可能与其伸肘肌力量不足、躯干控制能力差,从而导致躯干和上肢的位移减小有关。综合以上分析,可以看出除动作 D 外,2 组受试者在完成各项动作时各标志点的位移幅度差别不太大,我们认为这是由于对 2 组受试者完成各项运动任务的要求一致所致。

本研究还发现,2 组受试者在完成 4 项 ADL 动作时,上肢和躯干各标志点在各个运动平面上的运动速度差异均较大,且主要表现为四肢瘫组的运动速度小于对照组。动作 A 中,四肢瘫组患者的肩峰在矢状面上的运动速度、肘关节标志点肱骨外上髁在矢状面与水平面上的运动速度、腕关节标志点桡骨茎突在矢状面与额状面上的运动速度、躯干标志点右侧腋中线中点在矢状面上的运动速度及肩、肘、腕关节的标志点在三维空间的合成速度明显小于对照组(均 $P < 0.05$);动作 B 中,肱骨外上髁(肘)在水平面上的运动速度、桡骨茎突(腕)在矢状面与水平面上的运动速度、右侧腋中线中点(躯干)在水平面上的运动速度及肘、腕关节标志点在三维空间的合成速度明显小于对照组(均 $P < 0.05$);动作 C 中,四肢瘫组患者的肩峰在额状面上的运动速度、肱骨外上髁(肘)在水平面与额状面上的运动速度、桡骨茎突(腕)在额状面上的运动速度、右侧腋中线中点(躯干)在水平面上的运动速度及肩、肘、腕、躯干各标志点在三维空间的合成速度明显小于对照组(均 $P < 0.05$);动作 D 中,四肢瘫组患者的桡骨茎突(腕)在各个运动平面上的运动速度、右侧腋中线中点(躯干)在水平面上的运动速度及肘、腕、躯干各标志点在三维空间的合成速度也显著小于对照组(均 $P < 0.05$)。我们认为,这种差异是由于四肢瘫组患者缺乏正常的伸肘肌和躯干的稳定性,从而导致其躯干、肩胛

骨、臂和腕部的运动不协调所造成。Reft 等^[8]在对正常人与 SCI 患者在目标抓取动作时手和肩峰运动速度的研究中发现,SCI 组手的运动速度较正常组减慢,但 2 组峰值肩峰速度比较,差异无统计学意义。另外,本研究结果还显示,在触摸开关的动作中,四肢瘫组患者的肩峰在额状面上的运动速度反而较对照组增大,2 组差异有统计学意义($P < 0.01$),我们认为这是因为前者在额状面上的肩峰位移较后者显著增大而造成。

综上所述,与对照组相比,四肢瘫组在 4 项 ADL 动作中的运动速度明显减慢;但除了动作 D,上肢和躯干各标志点的位移差别不太大。我们认为,除了肱三头肌的运动功能障碍, $C_5\sim_6$ 水平 SCI 的四肢瘫患者缺乏良好的躯干稳定性可能是造成这种差异的主要原因,提示在这类患者的康复治疗中,不仅要加强肱三头肌和其它残存肌的力量训练,还要设法改善四肢瘫患者的躯干稳定性,这样才能更有效地促进四肢瘫患者上肢功能的发挥,提高其功能独立性。另外,三维运动学测试可以比较系统、全面地反映患者运动功能障碍的特点,有望成为评估四肢瘫患者运动功能及康复治疗效果的新方法。

参 考 文 献

- 1 Moberg E. Surgical treatment for absent single-hand grip and elbow extension in quadriplegics: principles and preliminary experience. J Bone Joint Surg, 1975, 57: 196-206.
- 2 Freehafer AA, Kelly CM, Peckham PH. Tendon transfer for the restoration of upper limb function after cervical spinal cord injury. J Hand Surg, 1984, 9: 279-288.
- 3 Miller LJ, Peckham PH, Keith MW. Elbow extension in the C_5 quadriplegic using functional neuromuscular stimulation. IEEE Trans Biomed Eng, 1989, 36: 771-780.
- 4 南登崑, 缪鸿石, 主编. 康复医学. 北京: 人民卫生出版社, 1993. 43.
- 5 缪鸿石, 主编. 康复医学理论与实践. 上海: 上海科学技术出版社, 2000. 287, 1433, 1437-1443.
- 6 An KN, Hui FC, Morrey BF, et al. Muscles across the elbow joint: a biomechanical analysis. J Biomech, 1981, 14: 659-669.
- 7 Daniels L, Worthingham C. Muscle testing: technique of manual examination. 5th ed. Philadelphia: Saunders, 1986. 89-91.
- 8 Reft J, Hasan Z. Trajectories of target reaching arm movements in individuals with spinal cord injury: Effect of external trunk support. Spinal Cord, 2002, 40: 186-191.

(收稿日期: 2005-08-27)

(本文编辑: 吴倩)

欢迎订阅《中华物理医学与康复杂志》