

脑卒中偏瘫患者未受累侧上肢够物动作的生物力学研究

靳婷婷 潘冰玉 黄真 王群 谢斌 罗春

【摘要】 目的 分析脑卒中偏瘫患者未受累侧(健侧)上肢在够物动作中的生物力学特性。**方法** 选取脑卒中偏瘫患者 30 例设为患者组,另选取健康受试者 23 例作为对照组。2 组受试者均接受上肢够物测试,够物过程分为肩前屈和保持两个阶段。采用表面肌电技术和穿戴式微型运动捕获系统同步采集并提取上肢够物时相关肌肉的表面肌电参数(均方根值、积分肌电值)和三维运动学数据(躯干扭转度、肩关节运动幅度、肩关节运动速度、等张失稳度、肩关节角度分散度),患者组依据未受累上肢是否为利手侧,将其分为利手侧和非利手侧进行分别采集,对照组利手和非利手侧均进行采集,然后采用秩和检验对相关数据进行统计学分析。**结果** 患者利手侧在前屈阶段斜方肌上部均方根值为 $34.3 \mu\text{V}$,躯干扭转度为 -1.4° ,均高于对照组利手侧的 $19.7 \mu\text{V}$ 和 -2.3° ,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$),而肩关节运动速度则低于对照组利手侧,差异有统计学意义($P < 0.05$);在保持阶段斜方肌上部,患者利手侧均方根值为 $55.4 \mu\text{V}$,高于对照组利手侧,胸大肌均方根值和三角肌前组/斜方肌上部积分肌电值均低于对照组利手侧,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。患者非利手侧在前屈阶段三角肌中组均方根值高于对照组非利手侧,肩关节运动速度低于对照组非利手侧的,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。对照组双侧比较,在前屈阶段,非利手侧斜方肌上部均方根值大于利手侧,三角肌前组/斜方肌上部积分肌电值比在前屈和保持阶段均小于利手侧,组内差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 无论脑卒中偏瘫患者的未受累上肢是利手侧还是非利手侧,其够物动作的生物力学特点与健康人对应侧上肢并非完全一致,在对脑卒中偏瘫患侧上肢进行生物力学研究时最好以健康人对应侧上肢作为对照。

【关键词】 脑卒中; 非受累上肢; 够物; 运动学; 表面肌电

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81272166)

Hemiplegia affects the biomechanics of reaching with the unaffected upper limb Jin Tingting*, Pan Bingyu, Huang Zhen, Wang Qun, Xie Bin, Luo Chun. * Department of Rehabilitation Medicine, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

Corresponding author: Huang Zhen, Email: huangzhen6313@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the bio-mechanics when hemiplegics reach with the unaffected upper limb. **Methods** Thirty post-stroke hemiplegics were selected into the patient group, while 23 healthy counterparts were chosen for the control group. Both groups completed a reaching test of their upper limbs which divided reaching into a moving stage and a holding stage. Surface electromyography (sEMG) data were recorded during the tests along with the degree of torso twist, the range of motion of the shoulder, movement velocity, smoothness of movement and angle divergence collected using a wearable micro-sensor motion capture system. **Results** For the stroke patients whose dominant upper limb was unaffected, the average root mean square (RMS) signal from the upper trapezius ($34.3 \mu\text{V}$) and the average torso twist (-1.4°) in the moving phase were significantly larger than among the control subjects ($19.7 \mu\text{V}$ and -2.3°), but their average movement velocity was significantly slower. In the holding phase the average RMS signal from the upper trapezius ($55.4 \mu\text{V}$) was still significantly higher than in the control group, but their average pectoralis major signal and the integrated EMG ratio of the anterior segments of the deltoid and upper trapezius muscle pairs were significantly lower. For the stroke patients whose dominant upper limbs were affected, in the moving phase their average signal from the middle segments of the deltoid were significantly greater than those of the controls, but their movement velocity was significantly slower. For the control subjects, in the moving phase the

average signal from the upper trapezius on their non-dominant side was significantly higher than that from the dominant upper limb. The integrated EMG ratio from the anterior segments of the deltoid and upper trapezius muscle pairs on that side was smaller throughout the whole reaching movement. **Conclusion** The bio-mechanical characteristics in reaching of the unaffected upper limbs of stroke patients are not the same as those of the corresponding upper limbs of healthy subjects. It is more reasonable to select the corresponding upper limbs of healthy subjects as controls when a bio-mechanical study of the affected upper limbs is conducted.

【Key words】 Stroke; Reaching; Kinematics; Electromyography
Fund program: National Science Foundation of China (grant 81272166)

脑卒中具有高发病率、高致残率、高死亡率、高复发率、高经济负担五大特点。据统计,在过去的 20 年里,虽然高收入国家的缺血性脑卒中的发病率及死亡率均有所降低,但中低收入国家的缺血性脑卒中的发病率及死亡率均有所升高^[1]。几乎所有存活者可遗留不同程度的运动功能障碍。迄今为止对脑卒中患者偏瘫侧肢体运动功能的生物力学研究较多地以未受累侧为对照^[2-5],而关于未受累上肢与健康人相应上肢的生物力学特点对比方面的研究较少。

据美国永久性功能障碍分级标准可知,人的上肢运动功能约占全身运动功能的 60%。整个上肢运动功能主要分为够物和操作两部分,其中上肢够取物体功能约占 50%以上^[6-8]。已有研究表明脑卒中偏瘫患者未受累侧肢体与健康人相比并非真正意义上的“未受累侧”^[9-10],且健康人利手侧与非利手侧上肢在生物力学方面也存在差别^[10-11]。故本研究采用表面肌电技术和穿戴式微型运动捕获系统联合同步采集脑卒中偏瘫患者未受累上肢与健康人双上肢在矢状面肩前屈够物时的肌电信息及运动学信息,先将健康人利手与非利手侧上肢在够物活动中的生物力学特点进行对比,再将偏瘫患者未受累利手与非利手分别与健康人相应上肢的生物力学特点进行对比,以更全面、细致地了解上肢前屈够物时神经肌肉的特性和运动功能状态,分析在够物过程中偏瘫患者未受累上肢的生物力学特性,以指导相关的临床研究中更恰当地设计对照组。

资料与方法

一、研究对象及分组

脑卒中偏瘫患者入选标准:①根据临床表现、头颅 CT 或 MRI 确诊的单侧脑卒中患者;②病情平稳,初次发病后 6 个月之内;年龄 30~80 岁之间;③可维持独立坐位,坐位平衡二级以上(包括二级)。

排除标准:①有认知障碍、视力障碍、语言理解能力障碍或表达能力障碍;②有影响健侧上肢够物活动的其他神经系统、运动系统疾病;③合并严重疾病,如心力衰竭、呼吸衰竭等。

选取 2012 年至 2016 年期间于康复医学科门诊就诊或住院治疗且符合上述标准的脑卒中偏瘫患者 30 例为患者组。依据爱丁堡利手问卷(利手的判断考虑到中西方生活文化的差异,将使用餐刀一项改为使用筷子),所有患者病前均为右利手。根据患者未受累侧(健侧)肢体是否为利手侧,将患者组进一步分为利手侧和非利手侧。利手侧 17 例,其中脑梗死 16 例,脑出血 1 例;非利手侧 13 例,均为脑梗死。所有入组患者均在病情平稳后接受相应程度的康复训练,平均病程为 3.8 个月。另选取健康志愿者 23 例作为对照组(均为右利手)。所有受试者均为文职工作人员。采用 *t* 检验将 2 个患者亚组的男性、女性及总体组员的年龄、身高、体重分别与对照组进行比较,差异均无统计学意义(*P*>0.05),详见表 1。本研究已获得医学伦理委员会通过,所有受试者均知情同意,并签署知情同意书。

表 1 2 组受试者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均病程 (月, $\bar{x}\pm s$)	平均年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)		
		男	女		男	女	总体
患者组							
利手侧	17	14	3	3.8±1.5	60.9±10.7	63.7±14.0	61.4±10.9
非利手侧	13	9	4	3.8±1.6	56.3±8.9	56.5±16.8	56.4±11.1
对照组	23	12	11	—	58.2±11.1	58.5±8.9	58.3±9.9
组别	例数	平均身高(cm, $\bar{x}\pm s$)			平均体重(kg, $\bar{x}\pm s$)		
		男	女	总体	男	女	总体
患者组							
利手侧	17	172.0±5.2	154.3±9.3	168.4±9.1	70.1±8.7	63.3±7.6	68.9±8.7
非利手侧	13	173.6±3.9	160.8±7.6	169.6±7.9	70.1±8.4	62.6±8.5	67.8±7.9
对照组	23	172.1±5.8	158.0±4.4	165.3±8.8	70.1±13.4	61.0±8.1	65.7±11.9

二、研究方法

受试者端坐在靠背椅上(靠背与椅子平面的夹角约为 90°),起始位置为:患者骶尾部及背部紧贴椅子靠背,双上肢自然垂于体侧,掌心向内。在受试者被测肩关节正前方平肩水平并距肩一臂长距离处放置 1 个杯子。嘱受试者以自然速度去够杯子,但不要求抓握,触及杯子的握柄即可(此为肩前屈阶段),并在该水平维持 3 秒(此为保持阶段)然后自然放下(上肢恢复到初始位置)。患者组测试非受累侧上肢,而对照组测试双侧上肢。测试者发出口令,受试者根据口令重复上述动作 3 次。在正式测试前,要求受试者讲述动作要点,并练习 2~3 次,以便受试者熟练掌握。

依据上肢肌肉的主要功能解剖、位置表浅及面积大小,选取受试侧胸大肌(pectoralis major, PM)、斜方肌上部(upper trapezius, UT)、三角肌前组(anterior segments of deltoid, AD)、三角肌中组(middle segments of deltoid, MD)、肱二头肌(biceps brachii, BB)、肱三头肌(triceps brachii, TB)、肱桡肌(brachioradialis, BR)等 7 块肌肉作为受试肌,采集其表面肌电信号。贴电极前对前述靶肌的表面皮肤进行剃毛、去除角质,并用 75%乙醇棉球去除局部油脂等处理^[12]。采用双极 Ag-AgCl 电极作为记录电极。参照欧盟委员会推荐的方式(Surface Electromyography for the Non-invasive Assessment of Muscles, SENIAM)定位表面电极的位置。每对记录电极的中心点相距 2 cm,其连线的方向与肌纤维走行平行。参考电极置于第 7 颈椎棘突处。用 Megawin ME 6000 版表面肌电系统采集上述靶肌的生物电信号。电极片贴好后将中国科学院大学研发的 MPU9520 型穿戴式微型传感器运动捕获系统穿在受试者的躯干和受试侧上肢。该传感器带有 4 个小盒,将其分别固定于躯干背部正中央、上臂外侧中央、前臂背侧中央及手背中央^[13]。使用同一台电脑同步采集肌电数据和运动学数据。

三、信息采集和处理

(一)肌电信号的采集和处理

将采集的原始肌电信号进行去除噪声等预处理。由于胸大肌靠近心脏,此肌受到心电信号的影响较大。心电信号大部分的功率谱在 0~40 Hz,故用频率范围为 50~250 Hz 的切比雪夫带通滤波器对胸大肌的肌电信号进行滤波。由于肌电信号的主要频率范围是 0~500 Hz,故其余 6 块肌肉的肌电信号通过无限长单位脉冲响应系统进行 10~500 Hz 的带通滤波^[14]。肌电设备的采样频率为 1000 Hz,运动设备的采集频率为 50 Hz,故采用 20 ms 的积分窗口对滤波后的肌电数据进行积分计算,以获得数量相同的肌电积分采样点和运动数据采样点。选取受试者 3 次够物活动中信号表

现最好(即运动轨迹相对平滑、躯干旋转程度小、原始肌电信号变异性小)的一次进行分析。提取的肌电参数为均方根值(root mean square, RMS)及积分肌电值(integrated electromyography, iEMG)的比值。该研究分析的肌电数据为:7 块肌肉分别在前屈阶段及保持阶段的 RMS、三角肌前组/斜方肌上部 iEMG 比值、肱二头肌/肱三头肌 iEMG 比值。RMS 是指一段时间内瞬间肌电图振幅平方平均的平方根,是放电的有效值,可作为肌肉收缩强度的度量。iEMG 表示一定时间内参与活动的运动单位放电总量。在时间不变的前提下,其值的大小在一定程度上反映了活动中运动单位的募集数量。iEMG 比值可以反映一对肌肉在完成某个动作中的配比关系^[15]。

(二)运动学参数的采集和处理

将获得的原始运动学信息进行校准和无迹卡尔曼滤波等处理,利用三维重建技术^[14]获得够物时上肢各关节的位置信息。本研究选取的运动学特征参数^[16-17]如下。

1. 主要反映前屈阶段运动状态的参数:①躯干扭转度,是躯干在水平面旋转角度的方差值的以自然数 e 为底的对数值。当躯干旋转角度的方差值小于 1 时其为负数,当等于 1 时为 0,大于 1 时为正数。它反映躯干在水平面扭转的程度,其值越大,代表躯干代偿的成分越多,上肢运动能力缺失的程度越大;②肩关节运动幅度,是指够物完成时肩关节在矢状面前屈的范围;③肩关节运动速度,是指肩关节在矢状面前屈的平均角速度,其值越大,代表肩关节的运动效率越高;④等张失稳度,是指上肢在三维空间的实际运动轨迹偏离理想运动轨迹的位移,反映上肢实际运动轨迹失去平滑的程度,体现了上肢在等张运动时受试者对上肢的控制能力,其值越大,代表控制力越差。

2. 主要反映保持阶段运动状态的参数:肩关节的角度分散度,代表上肢在活动末端维持 3 秒时受试者对上肢的控制能力,其值越大,代表受试者维持上肢稳定的能力越差。以上参数可反映整个够物过程中上肢及躯干的整体运动状态。

四、统计学分析

采用 SPSS 22.0 版统计学软件包进行数据分析。将数据进行方差分析,提示均呈非正态分布,故采用 M (Q_u-Q_L)的形式表示。采用秩和检验的方法对组间肌电数据结果及运动数据结果进行比较,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、对照组利手侧与非利手侧结果的比较

肩前屈阶段,对照组非利手侧斜方肌上部 RMS

高于利手侧,三角肌前组/斜方肌上部 iEMG 比值低于利手侧,差异具有统计学意义 ($P<0.05$);保持阶段,非利手侧三角肌前组/斜方肌上部 iEMG 比值低于利手侧,差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。对照组双侧的运动学参数组内比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$),详见表 2。

二、患者组利手侧与对照组利手侧结果的比较

患者利手侧在肩前屈阶段斜方肌上部的 RMS 高于对照组利手侧,差异有统计学意义 ($P<0.05$);保持阶段,斜方肌上部 RMS 高于对照组,胸大肌 RMS 及三角肌前组/斜方肌上部 iEMG 比值低于对照组,差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。运动学参数中躯干扭转度高于对照组利手侧,肩关节运动速度低于对照组利手侧,差异均有统计学意义 ($P<0.05$),详见表 2。

三、患者组非利手侧与对照组非利手侧结果的比较

患者非利手侧在肩前屈阶段三角肌中组的 RMS 高于对照组非利手侧,差异具有统计学意义 ($P<0.05$);保持阶段,所有肌肉 RMS 和 iEMG 的比值与对照组非利手侧比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。运动学参数中肩关节运动速度低于对照组,差异具有

统计学意义 ($P<0.05$),详见表 2。

讨 论

本研究结果显示,健康对照组双上肢分别够物时大部分受试肌 RMS 双侧比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$),该结果提示,受试肌募集的运动单位量双侧相比无明显差异,这与既往研究结果一致^[18]。但在前屈阶段,非利手侧斜方肌上部 RMS 高于利手侧;在前屈和保持阶段非利手侧三角肌前组/斜方肌上部 iEMG 比值低于利手侧 ($P<0.05$),该结果提示,对照组非利手侧斜方肌较利手侧更多地参与肩前屈够物运动,双上肢的运动模式可能存在不同。这可能与利手侧上肢肌群间协同收缩模式更优化,可更高效地完成任务有关。但表面肌电参数方面的差异并未在运动学参数上有所体现,考虑在反映运动模式特性方面,肌电参数可能比运动学参数更敏感。

有研究表明,功能性皮质脊髓束同侧支配的肌肉以躯干肌和肢体近端肌肉为主^[19]。本研究中,患者组利手侧肱二头肌、肱三头肌、肱桡肌 RMS 与对照组相比结果无显著性差异,但胸大肌 RMS 在保持阶段却低于对照组 ($P<0.05$),这可能与受损侧大脑的同侧皮质脊髓束受累有关。另外,本研究结果还显示,患者组利

表 2 2 组受试者肌电与运动学数据结果比较

组别	例数	前屈阶段肌肉 RMS(μV)							前屈阶段肌肉 iEMG 比值	
		胸大肌	斜方肌上部	三角肌前组	三角肌中组	肱二头肌	肱三头肌	肱桡肌	三角肌前组/ 斜方肌上部	肱二头肌/ 肱三头肌
患者组										
利手侧	17	16.9	34.3 ^a	96.6	66.2	35.0	14.6	18.6	2.7	2.4
非利手侧	13	23.7	71.4	124.3	79.8 ^b	37.1	20.3	16.5	1.9	2.2
对照组										
利手侧	23	31.0	19.7 ^b	106.8	63.6	29.2	25.1	18.6	4.4 ^b	2.0
非利手侧	23	31.3	35.1	100.1	50.0	34.5	29.2	23.9	2.5	2.0

组别	例数	保持阶段肌肉 RMS(μV)							保持阶段肌肉 iEMG 比值	
		胸大肌	斜方肌上部	三角肌前组	三角肌中组	肱二头肌	肱三头肌	肱桡肌	三角肌前组/ 斜方肌上部	肱二头肌/ 肱三头肌
患者组										
利手侧	17	22.3 ^a	55.4 ^a	150.0	107.0	33.1	37.5	18.9	2.9 ^a	1.0
非利手侧	13	39.4	51.0	130.9	129.6	40.7	31.8	19.2	2.9	1.5
对照组										
利手侧	23	43.4	22.2	167.6	115.4	32.3	29.5	21.1	7.3 ^b	1.2
非利手侧	23	36.5	27.5	137.5	99.4	35.5	36.4	22.7	5.6	1.3

组别	例数	运动学参数				
		躯干扭转度 (°)	肩关节运动幅度 (°)	肩关节运动速度 (°/s)	等张失稳度 (cm)	肩关节角度 分散度
患者组						
利手侧	17	-1.4 ^a	74.8	1.9 ^a	-4.7	-9.4
非利手侧	13	-1.4	74.9	1.9 ^b	-4.7	-9.7
对照组						
利手侧	23	-2.3	78.8	3.2	-4.6	-9.7
非利手侧	23	-2.2	80.3	3.2	-4.7	-9.3

注:与对照组利手侧比较,^a $P<0.05$;与对照组非利手侧比较,^b $P<0.05$

手侧斜方肌上部 RMS 在整个够物活动中高于对照组利手侧,三角肌前组/斜方肌上部 iEMG 比值在保持阶段低于对照组利手侧;患者组非利手侧前屈阶段三角肌中组 RMS 大于对照组非利手侧,差异均有统计学意义($P<0.05$)。以上结果提示,患者组利手侧斜方肌上部募集更多运动单位来参与稳定肩关节,患者组非利手侧三角肌中组募集较多的运动单位参与肩前屈运动,其原因可能为,脑损伤导致同侧皮质脊髓束支配的某些肌肉受累^[19],引发其他肌肉协同收缩程度增加,或由于脑卒中后未受累侧大脑发生适应性变化^[20-24],从而导致未受累侧上肢某些肌肉的协同收缩方式发生改变^[25]。有研究发现,对受试者的一侧肢体进行运动训练后,对侧肢体的肌力亦会有所提高,提示康复训练效果存在“交叉转移”现象^[26]。本研究入组的患者均在医院每天接受相应程度的康复训练,故也不排除这种现象的存在。

右侧大脑半球较发达的人,空间感及把握全局的能力较强,完成各种动作时较敏捷^[27]。右侧大脑半球受损后,这方面能力可能有所下降,导致代偿模式更为明显。本研究中,患者组利手侧躯干扭转度和肩关节运动速度与对照组利手侧比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),提示患者组利手侧上肢的活动能力和运动效率降低,躯干扭转代偿成分较多。该结果与既往的研究结果相一致^[28]。本研究中,患者组非利手侧肩关节的运动速度与对照组非利手侧比较,差异有统计学意义($P<0.05$),而其他运动学参数与对照组非利手侧比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),提示患者组非利手侧上肢亦存在运动控制模式的改变,但程度较轻。本课题组根据以上结果分析认为,脑卒中未受累上肢近端肌肉可能也受累,如为保持肩关节的稳定性,其他肌肉协同收缩程度增加(如斜方肌、三角肌中组),这样虽增加了肩关节的稳定性,但可能导致肩关节的运动速度变小,灵活性降低,且出现躯干扭转度增加的代偿现象;本研究结果还提示,患者组利手侧虽能较好地维持稳定,但反映神经肌肉功能状态的肌电参数已发生一定的改变,如斜方肌过度参与肩前屈的等长收缩。

综上所述,在做够物动作时,健康人利手侧和非利手侧部分受试肌在肌电参数方面存在差异,但在运动学参数方面无明显差异;而对于脑卒中偏瘫患者,无论未受累上肢为利手侧还是非利手侧,部分受试肌的肌电参数和运动学参数与对照组同侧比较,均存在一定程度的差异。据此,本课题组认为,脑卒中的未受累上肢很有可能并非真正意义上的“未受累”。因此,对偏瘫患者患侧肢体进行研究时,以其未受累肢体为对照可能并不合理,最好以健康人的同侧肢体作为对照。本研究由于样本量偏小、肌电数据未进行归一化处理、

动作设计较为简单,研究结果所能说明的问题欠充分,相关机制的研究还有待扩大样本量、增加动作的复杂性后进行更深入的验证。

参 考 文 献

- [1] 王陇德.中国脑卒中防治报告[M].北京:中国协和医科大学出版社,2015:6-7.
- [2] 梁明,窦祖林,温红梅,等.脑卒中患者肘屈伸肌表面肌电变化与运动功能的相关性[J].中华医学杂志,2014,94(17):1304-1308. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2014.17.006.
- [3] Kallenberg LA, Hermens HJ. Motor unit properties of biceps brachii in chronic stroke patients assessed with high-density surface EMG[J]. Muscle Nerve, 2009, 39(2):177-185. DOI:10.1002/mus.21090.
- [4] Williams S, Schmidt R, Disselhorst-Klug C, et al. An upper body model for the kinematical analysis of the joint chain of the human arm[J]. J Biomech, 2006, 39(13):2419-2429. DOI:10.1016/j.jbiomech.2005.07.023.
- [5] Chang JJ, Tung WL, Wu WL, et al. Effect of bilateral reaching on affected arm motor control in stroke-with and without loading on unaffected arm[J]. Disabil Rehabil, 2006, 28(24):1507-1516. DOI:10.1080/09638280600646060.
- [6] 王群,黄真.脑卒中偏瘫患者上肢功能的生物力学机制研究[J].中华物理医学与康复杂志,2016,38(12):951-954. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.12.020.
- [7] Van der Putten J, Hobart JC, Freeman JA, et al. Measuring change in disability after inpatient rehabilitation: comparison of the responsiveness of the Barthel index and the Functional Independence Measure[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1999, 66(4):480-484.
- [8] Hughes AM, Freeman CT, Burridge JH, et al. Shoulder and elbow muscle activity during fully supported trajectory tracking in people who have had a stroke[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2010, 20(3):465-476. DOI:10.1016/j.jelekin.2009.08.001.
- [9] Tsao CC, Mirbagheri MM. Upper limb impairments associated with spasticity in neurological disorders[J]. J Neuroeng Rehabil, 2007, 4(1):45.
- [10] Beer RF, Dewald JP, Dawson ML, et al. Target-dependent differences between free and constrained arm movements in chronic hemiparesis[J]. Exp Brain Res, 2004, 156(4):458-470.
- [11] Petuskey K, Bagley A, Abdala E, et al. Upper extremity kinematics during functional activities: three-dimensional studies in a normal pediatric population[J]. Gait Posture, 2007, 25(4):573-579.
- [12] 卢祖能,曾庆杏,李呈晏,等.实用肌电图学[M].北京:人民卫生出版社,2000:170.
- [13] 罗春,黄真,谢斌,等.微型传感器运动捕获系统对脑卒中偏瘫患者上肢够物功能的定量评估[J].中华物理医学与康复杂志,2012,34(2):104-107. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.02.008.
- [14] 刘霏,谢斌,黄真,等.基于肌电和惯性传感器数据融合的脑卒中患者上肢够物运动定量评估[J].中国康复医学杂志,2013,28(7):632-637-647. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.07.009.
- [15] 王健.sEMG 信号分析及其应用研究进展[J].体育科学,2000,20(4):56-60. DOI:10.3969/j.issn.1000-677X.2000.04.016.
- [16] Li J, Pan B, Jin T, et al. A single task assessment system of upper-limb motor function after stroke[J]. Technol Health Care, 2016, 24(s2):

- S707-15.DOI:10.3233/THC-161199.
- [17] Huang S, Luo C, Ye S, et al. Motor impairment evaluation for upper limb in stroke patients on the basis of a microsensor[J]. *Int J Rehabil Res*, 2012, 35(2): 161-169. DOI: 10.1097/MRR.0b013e328353053a.
- [18] 宋海燕, 张建国, 刘涛然, 等. 日常生活活动中人体上肢肌肉表面肌电特性研究[J]. *生物医学工程学杂志*, 2009, 26(6): 1177-1180.
- [19] Müller K, Kass-Iliyya F, Reitz M. Ontogeny of ipsilateral corticospinal projections: a developmental study with transcranial magnetic stimulation[J]. *Ann Neurol*, 1997, 42(5): 705-711.
- [20] Dang C, Liu G, Xing S, et al. Longitudinal cortical volume changes correlate with motor recovery in patients after acute local subcortical infarction[J]. *Stroke*, 2013, 44(10): 2795-2801. DOI: 10.1161/STROKEAHA.113.000971.
- [21] Fan F, Zhu C, Chen H, et al. Dynamic brain structural changes after left hemisphere subcortical stroke[J]. *Hum Brain Mapp*, 2013, 34(8): 1872-1881. DOI: 10.1002/hbm.22034.
- [22] 肖湘, 李乐, 吕衍春, 等. 弥散张量成像显示亚急性期脑梗死神经网络损伤及各运动参数分析[J]. *中国组织工程研究*, 2014, 18(15): 2421-2426. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2014.15.021.
- [23] Jang SH, Yi JH, Choi BY, et al. Changes of the corticospinal tract in the unaffected hemisphere in stroke patients: a diffusion tensor imaging study[J]. *Somatosens Mot Res*, 2016, 33(1): 1-7. DOI: 10.3109/08990220.2016.1142435.
- [24] Jang SH, Jang WH. Change of the corticospinal tract in the unaffected hemisphere by change of the dominant hand following stroke: a cohort study[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(6): e2620. DOI: 10.1097/MD.0000000000002620.
- [25] Silva CC, Silva A, Sousa A, et al. Co-activation of upper limb muscles during reaching in post-stroke subjects: An analysis of the contralateral and ipsilateral limbs[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2014, 24(5): 731-738. DOI: 10.1016/j.jelekin.2014.04.011.
- [26] 于俊海, 周石, 黄力平. 单侧肢体电刺激训练对双侧肢体力量和表面肌电的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28(3): 209-214. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2013.03.004.
- [27] Sperry RW. Hemisphere disconnection and unity in conscious awareness[J]. *Am Psychol*, 1968, 23(10): 723-733.
- [28] Robertson JV, Roby-Brami A. The trunk as a part of the kinematic chain for reaching movements in healthy subjects and hemiparetic patients[J]. *Brain Res*, 2011, 1382: 137-146. DOI: 10.1016/j.brainres.2011.01.043.

(修回日期: 2017-07-29)

(本文编辑: 阮仕衡)

• 外刊撷英 •

Vagus nerve stimulation and level of consciousness

BACKGROUND AND OBJECTIVE Studies have suggested that patients in a vegetative state have disconnections in long-range cortico-cortical and thalamo-cortical pathways. The neural signature of spontaneous recovery is linked to an increase in thalamo-cortical activity and improved fronto-parietal functional connectivity. This study evaluated the effect of thalamo-cortical stimulation through vagus nerve stimulation in a patient in a vegetative state.

METHODS This case study included a 35-year-old male with a history of traumatic brain injury, who had been in a persistent vegetative state for 15 years. Baseline evaluations included behavioral, electroencephalographic, and 18F-FDG PET recordings. The patient then underwent the surgical implant of a vagus nerve stimulator, with stimulation increased to a maximum intensity of 1.5 mA. The effects were monitored for 6 months.

RESULTS At one month, the patient demonstrated reproducible and consistent improvements in general arousal, sustained attention, body motility and visual pursuit. Scores on the Coma Recovery Scale-Revised test (CRS-R) improved, with the greatest improvement in the visual domain. The change in these scores suggested an improvement from vegetative state to minimally conscious state. The EEG data revealed a significant increase in theta band power ($P < 0.0001$), distributed over the occipito-parietal, inferior temporal and fronto-central regions. As an index of consciousness, a weighted symbolic mutual information (wSMI) was calculated, demonstrating that this increase correlated with CRS-R scores of clinical improvement ($P = 0.0015$). The PET data revealed increases activity in the occipital-parietal-frontal, and basal ganglia regions as early as three months after surgery.

CONCLUSION This case study of a patient 15 years in a vegetative state found that a surgically implanted vagal nerve stimulator could improve his cognitive state to a minimally conscious state.

【摘自: Corazzol M, Lio G, Lefevre A, et al. Restoring consciousness with vagus nerve stimulation. *Curr Biol*, 2017, 9, 25, 18: R994-R996.】