

文章编号: 1004-7220(2023)01-0182-07

基于 Kinect 探讨针刺结合康复训练对脑卒中患者 上肢功能的影响

姚如婕¹, 尹鹭峰¹, 谢秋蓉^{2,3}, 盛博⁴, 李镇辉⁵, 陈青¹, 李楠¹, 王芑斌^{2,3}

(1. 福建中医药大学附属第三人民医院 康复科, 福州 350122; 2. 福建中医药大学 康复医学院, 福州 350122;
3. 中医骨伤及运动康复教育部重点实验室, 福州 350122; 4. 上海大学 机电工程与自动化学院, 上海 200444;
5. 福建医科大学附属龙岩第一医院 儿童保健科, 福建 龙岩 364000)

摘要:目的 用 Kinect 探讨针刺结合康复训练对脑卒中患者上肢功能的影响。方法 将脑卒中后上肢功能障碍患者随机分为对照组(康复训练)和治疗组(针刺+康复训练)各 15 例。比较两组患者治疗前后改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)、Fugl-Meyer 运动功能评估(Fugl-Meyer assessment, FMA)及 Wolf 运动功能测试(Wolf motor function test, WMFT),用 Kinect 评估两组患者干预前后前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的运动时间(motor time, MT)、运动单位数量(motor unit number, MUN)、曲率指数(index of curvature, IC)、肘关节屈曲角度(elbow flexion angle, EFA)、肩关节屈曲角度(shoulder flexion angle, SFA)与肩关节内收角度(shoulder adduction angle, SAA)的变化。结果 经过 6 周治疗,治疗组患者 MBI 和 FMA 分数、WMFT 总分及伸肘分数均高于对照组($P<0.05$);两组患者 MBI 和 FMA 分数、WMFT 总分、前臂放桌面、伸肘及喝水分数组内比较均高于治疗前($P<0.05$)。治疗组患者 3 个动作的 MT、MUN、IC、EFA、SFA、SAA 改善情况均优于对照组($P<0.05$);两组患者前臂放桌面、伸肘动作的 EFA 均较治疗前增加($P<0.05$),MT、MUN、IC、SFA、SAA 均较治疗前减小($P<0.05$);两组患者喝水动作的 EFA、SFA 均较治疗前增加($P<0.05$),MT、MUN、IC、SAA 均较治疗前减小($P<0.05$)。结论 针刺结合康复训练可以提高脑卒中患者上肢功能。Kinect 能精准反映脑卒中患者上肢功能的变化,适合运用于临床工作。

关键词: 脑卒中; 上肢运动功能障碍; Wolf 运动功能测试; Fugl-Meyer 运动功能评估; Kinect

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2023.01.027

Effects of Rehabilitation Training Combined with Acupuncture on Upper Limb Function of Stroke Patients Based on Kinect

YAO Rujie¹, YIN Lufeng¹, XIE Qiurong^{2,3}, SHENG Bo⁴, LI Zhenhui⁵, CHEN Qing¹,
LI Nan¹, WANG Xiangbin^{2,3}

(1. Rehabilitation Department, the Third People's Hospital Affiliated to Fujian University of TCM, Fuzhou 350122, China; 2. College of Rehabilitation Medicine, Fujian University of TCM, Fuzhou 350122, China; 3. Key Laboratory of Orthopedics & Traumatology of Traditional Chinese Medicine and Rehabilitation, Ministry of Education, Fuzhou 350122, China; 4. School of Mechatronic Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200444, China; 5. Department of Child Health Care, Longyan First Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Longyan 364000, Fujian, China)

收稿日期: 2022-03-30; 修回日期: 2022-05-25

基金项目: 福建省科技厅课题(2020J01752), 福建省卫生健康科研人才培养项目青年科研课题(2019-1-73)

通信作者: 王芑斌, 教授, 博士生导师, E-mail: wangxb@fjtc.edu.cn

Abstract: Objective To investigate the effect of rehabilitation training combined with acupuncture (RTA) on upper limb function of stroke patients by Kinect. **Methods** Stroke patients with upper limb dysfunction were randomly divided into control group (rehabilitation training) and treatment group (RTA), with 15 cases in each group. The modified Barthel Index (MBI), Fugl Meyer assessment (FMA), and Wolf motor function test (WMFT) were compared between two groups before and after treatment. The changes in motor time (MT), motor unit number (MUN), index of curvature (IC), elbow flexion angle (EFA), shoulder flexion angle (SFA), and shoulder adduction angle (SAA) during three actions, namely, placing forearm on the table, extending elbow and drinking water, were evaluated by Kinect and then compared between two groups before and after treatment. **Results** After 6 weeks of intervention, the scores of MBI, FMA, WMFT and elbow extension in treatment group were higher than those in control group ($P < 0.05$). The scores of MBI, FMA, WMFT and three actions after treatment were higher than those before treatment ($P < 0.05$). For three actions, the improvement of MT, MUN, IC, EFA, SFA, and SAA in treatment group were better than those in control group ($P < 0.05$). Compared with pre-treatment, for the action of forearm placement on the table and elbow extension, both treatment group and control group showed an increase in EFA ($P < 0.05$), and a decrease in MT, MUN, IC, SFA and SA ($P < 0.05$). For the action of drinking water, both treatment group and control group showed an increase in EFA and SAA ($P < 0.05$), and a decrease in MT, MUN, IC and SAA ($P < 0.05$). **Conclusions** RTA can improve the upper limb function of stroke patients. Kinect can accurately reflect the changes in upper limb function of stroke patients, and it is suitable for clinical work.

Key words: stroke; upper limb motor dysfunction; Wolf motor function test (WMFT); Fugl-Meyer assessment (FMA); Kinect

脑卒中发病率逐年上升,患者常伴有运动功能障碍,上肢功能尤为明显。脑卒中发病初期,55%~75%患者存在上肢运动功能障碍,6个月后仍约有30%患者存在上肢运动功能障碍,故系统化的上肢功能评估对制定脑卒中患者上肢运动功能康复计划起到重要作用^[1]。Fugl-Meyer 运动功能评估(Fugl-Meyer assessment, FMA)和 Wolf 运动功能测试(Wolf motor function test, WMFT)是目前临床常用的上肢功能评估方法,但 FMA 和 WMFT 评估主观性较强,在阶段性的康复评估中,较难发现脑卒中患者具体的运动特征变化,难以及时调整运动处方,不利于脑卒中患者精准康复。因此,急需一种便携式和客观化的上肢评估系统,及时评估和发现患者上肢运动功能的变化。

Kinect 便携式无标志点运动分析系统(简称 Kinect)无须物理标记和传感器就能分析日常动作的运动特征,目前逐渐应用于脑卒中患者上肢运动功能的研究^[2-3]。Kinect 采集的数据与 Vicon 运动分析系统一致性达到 0.65~0.99,具有较高的可信度^[4]。Ma 等^[5]研究表明,Kinect 测量的动态肩肘关节屈伸角度能为患者上肢运动功能变化提供准确

的数据支撑。进行客观化的上肢运动功能评估,有利于进一步了解脑卒中患者运动功能改善情况,精准评估不同康复治疗手段对脑卒中患者上肢运动功能的效果。

针刺疗法和康复训练是指南推荐的脑卒中患者上肢康复治疗方法^[6]。针刺结合康复训练(rehabilitation training combined with acupuncture, RTA)和康复训练都能改善脑卒中患者上肢功能,且 RTA 疗效优于单独康复训练^[7]。但 Chen 等^[8]研究表明,短期的针刺不能明显改善脑卒中患者上肢运动功能,康复疗效差异性较大可能是由于评价指标量化程度不够和主观性较强,尚不能发现上肢运动特征的变化。基于此,本文运用 Kinect 及上肢评估量表分析 RTA 对脑卒中患者上肢运动功能的变化情况。

1 对象与方法

采用随机对照临床试验研究。本研究通过福建中医药大学附属第三人民医院伦理委员会批准。患者自愿参加并签署知情同意书。

1.1 受试者情况

选取 2019 年 9 月~2021 年 9 月在福建中医药

大学附属第三人民医院康复科就诊的脑卒中患者30例。采用随机数字表法将患者随机分为对照组(康复训练)15例,治疗组(RTA)15例。

对照组(男10例)年龄(62.53 ± 2.97)岁,病程(6.67 ± 1.03)月,脑出血6例(男2例),脑梗死9例(男8例),Brunnstrom分期III期5例(男3例),IV期4例(男2例),V期6例(男5例);治疗组(男9例)年龄(62.27 ± 2.98)岁、病程(5.73 ± 0.87)月,脑出血4例(男2例),脑梗死11例(男7例),Brunnstrom分期III期5例(男4例),IV期5例(男2例),V期5例(男3例)。两组在性别、年龄、病程、疾病类型、Brunnstrom分期无显著性差异($P > 0.05$)。

诊断标准:①符合《2018年中国急性缺血性脑卒中诊治指南》^[9]和《2019年中国脑出血诊治指南》^[10]的诊断标准;②头颅CT或MRI确诊为脑梗死或脑出血。

纳入标准:①符合诊断标准;②年龄40~80岁;③生命体征平稳,蒙特利尔认知量表(福州版) ≥ 18 分,评估和治疗能配合完成;④患侧上肢Brunnstrom分期为III~V期;⑤自愿参加本研究并签署知情同意书。

1.2 干预方法

根据本课题组成员的临床经验,两组受试者干预周期均为6周,康复训练:1次/d,30 min/次,6 d/周;针刺治疗:1次/d,20 min/次,6 d/周。

1.2.1 对照组 上肢康复训练参照《中国脑卒中康复治疗指南(2011完全版)》^[11]执行。康复训练内容包括:①体位摆放;②上肢肌力和关节活动度训练;③综合运用神经发育疗法、运动再学习等康复技术进行训练。训练原则:①根据上肢功能障碍特点,制定个体化方案;②以任务为导向。康复训练由有5年及以上工作经验的治疗师实施。

1.2.2 治疗组 治疗组在对照组基础上增加针刺治疗。取穴:四神聪、肩髃、曲池、手三里、外关、合谷^[12]。操作:患者仰卧位并充分暴露上肢,进针前用拇指按压穴位,再用佳健牌(无锡佳健医疗器械有限公司)针灸针进行针刺。穴位局部用75%酒精消毒后,曲池、肩髃、外关、合谷用针灸针(针体长度4 cm×直径0.03 cm)进针2.5~3.5 cm;四神聪用针灸针(针体长度2.5 cm×直径0.03 cm)平刺进针1.5~2.0 cm,通过手法使局部有酸、胀、麻感为度。

针刺由有10年及以上工作经验的针灸医生实施。

1.3 研究方法

1.3.1 实验仪器与参数 使用两台Microsoft Azure Kinect仪器(Microsoft公司,美国)和iPi Soft Motion Capture软件(iPi Soft公司,俄罗斯)采集运动学数据,采集频率为30 Hz。

1.3.2 实验步骤与方法 纳入本实验的患者在干预前进行第1次Kinect上肢功能评估,干预结束后1周内进行第2次Kinect上肢功能评估。

使用两台Microsoft Azure Kinect采集脑卒中患者上肢的运动特征。提前调试好Kinect镜头,桌子高度为70 cm;两台Kinect高度为70 cm,分别位于桌子两侧;两侧摄像头距桌子中心位置均为2.5 m;调整摄像头位置使地面约占1/2的范围,以保证数据采集过程中有足够的校准区域。测试前,治疗师指导患者正确摆放体位,并向患者介绍WMFT中的3个动作要点,确保患者理解;在Kinect采集数据前患者需要以T形开始每个动作(即面向摄像头,双臂平举站立,保持2~3 s),保证收集足够的数据进行身体数据识别,随后完成WMFT中的3个动作,分别为:①前臂放桌面。患者侧坐于桌旁,将前臂从腿上移动到桌面;②伸肘。患者侧坐于桌旁,前臂放于桌边,上肢在桌面上做充分伸肘动作;③喝水。患者正坐于桌旁,手放桌面并拿起易拉罐放到嘴边完成喝水动作。每个动作重复3次。评定由有5年及以上工作经验的治疗师完成。数据采集及处理过程见图1。

1.3.3 数据处理 数据处理和分析使用定制系统,该系统基于iPi Motion Capture Version 4系统(iPi Soft公司,俄罗斯)和Microsoft Visual Studio 2016系统(Microsoft公司,美国)进行定制开发。

1.4 评价指标

1.4.1 改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI) MBI用于评估患者日常生活活动能力(activities of daily living, ADL)。MBI总分越高,表示ADL越好。

1.4.2 FMA FMA用于评估患者上肢运动功能。FMA总分越高,表示上肢运动功能越好。

1.4.3 WMFT WMFT用于评估患者上肢运动功能,总共15个动作,每个项目评分为0~5分。WMFT总分越高,表示上肢运动功能越好。本文对



图1 Kinect 数据采集过程

Fig. 1 Kinect data acquisition process (a) T-shape, (b) Placing forearm on the table, (c) Data analysis

15 个动作总得分以及对前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作得分进行分析。

1.4.4 Kinect 参数 ① 运动时间 (motor time, MT)、运动单位数量 (motor unit number, MUN)。MT、MUN 用于评估患者前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的流畅性。即通过手的切向速度的局部最小值和最大值来定义速度峰值,最小值和下一个最大值之间的差值超过 20 mm/s 的范围表示速度峰值。1 个波峰即 1 个运动单位。数值越小,表明运动的流畅性越高,敏感性和特异性分别为 100% 和 94.7%^[13]。② 曲率指数 (index of curvature, IC)。IC 为终点路径长度与视线距离 (起点到终点位置之间) 之间的比率,用于评估患者手部的运动轨迹^[14]。③ 肘关节屈曲角度 (elbow flexion angle, EFA)、肩关节屈曲角度 (shoulder flexion angle, SFA) 与肩关节内收角度 (shoulder adduction angle, SAA)。

1.5 统计分析

采用 SPSS 25.0 进行统计分析。计数资料采用 χ^2 检验;计量资料采用均值±标准差表示,组内比较符合正态分布的采用配对样本 *t* 检验,不符合正态分布的采用 Wilcoxon 符号秩检验。组间比较符合正态分布的采用两独立样本 *t* 检验,不符合正态分布的采用 Mann-Whitney *U* 检验。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 治疗前后 MBI、FMA 比较

治疗前两组患者 MBI、FMA 分数组间比较无显著性差异 ($P > 0.05$),治疗后治疗组患者 MBI、FMA 分数高于对照组 ($P < 0.05$)。经过 6 周治疗,两组患者 MBI、FMA 分数组内比较均高于治疗前 ($P < 0.05$),见图 2。

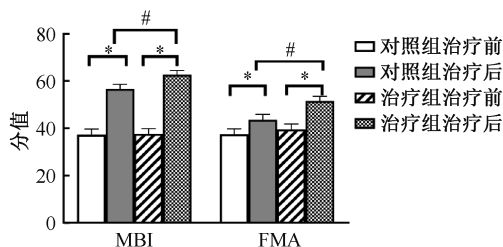


图2 两组治疗前后 MBI、FMA 分数比较

Fig. 2 Comparison of the scores of MBI and FMA before and after treatment in two groups

注:与同组治疗前比较,* $P < 0.05$;与对照组比较,# $P < 0.05$ 。

2.2 治疗前后 WMFT 比较

治疗前,两组患者 WMFT 总分数、前臂放桌面、伸肘、喝水分数组间比较无显著性差异 ($P > 0.05$);治疗后,治疗组患者 WMFT 总分数、伸肘分数高于对照组 ($P < 0.05$),前臂放桌面、喝水分数组间比较无显著性差异 ($P > 0.05$)。经过 6 周治疗,两组患者 WMFT 总分数、前臂放桌面、伸肘、喝水分数组内比较均高于治疗前 ($P < 0.05$),见图 3。

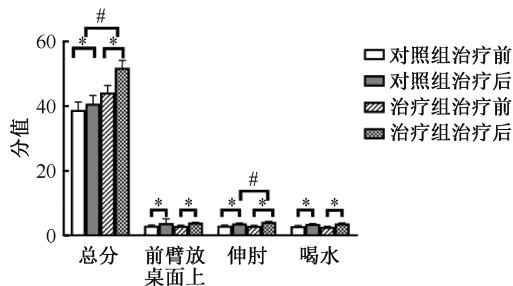


图3 两组治疗前后 WMFT 分数比较

Fig. 3 Comparison of the scores of WMFT before and after treatment in two groups

注:与同组治疗前比较,* $P < 0.05$;与对照组比较,# $P < 0.05$ 。

2.3 不同动作指标比较

治疗前,两组患者前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个

动作的 MT、MUN、IC、EFA、SFA、SAA 组间比较无显著性差异 ($P>0.05$); 治疗后, 治疗组患者前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的 MT、MUN、IC、EFA、SFA、SAA 改善情况组间比较优于对照组 ($P<0.05$)。经过 6 周治疗, 组内比较显示, 两组患者前臂放桌面、

伸肘动作的 EFA 均较治疗前增加 ($P<0.05$), MT、MUN、IC、SFA、SAA 均较治疗前减小 ($P<0.05$); 两组患者喝水动作的 EFA、SFA 均较治疗前增加 ($P<0.05$), MT、MUN、IC、SAA 均较治疗前减小 ($P<0.05$), 见图 4。

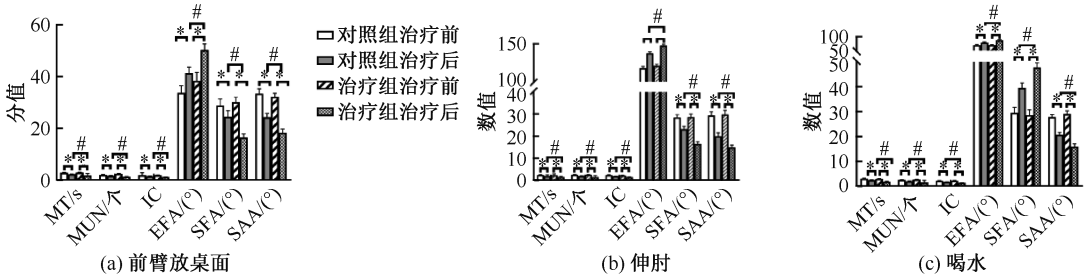


图 4 两组治疗前后不同动作各项指标比较

Fig. 4 Comparison of indexes for different activities before and after treatment in two groups (a) Placing forearm on the table, (b) Extending elbow, (c) Drinking water

3 讨论

本文使用 Kinect、FMA、MBI 及 WMFT, 客观评估 RTA 对脑卒中患者上肢运动功能的影响。结果表明, 经过 6 周的治疗, RTA 患者在上肢运动功能表现 (FMA 分数、WMFT 分数以及前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作运动表现)、日常生活能力均优于单独康复训练, 且两种训练方案均有疗效。

经过 6 周的治疗, RTA 和单独康复训练均能提高脑卒中患者上肢运动功能和 ADL, 表明短期康复训练能改善脑卒中患者整体功能, 可能是因为中枢神经具有可塑性。本文结果显示, RTA 对上肢运动功能和 ADL 的提高均优于单独康复训练, 可能是因为针刺治疗通过经络、神经提高神经反射通路中运动神经元的兴奋性, 使患侧脑细胞的代谢、侧支循环建立更迅速, 脑的可塑性得到充分发挥, 从而改善患者的功能^[15-16]; 康复训练通过抑制异常姿势和运动模式, 诱发正常运动, 增加神经元的数量, 提高中枢神经的可塑性, 达到重建和学习运动技能, 提高上肢运动功能和 ADL。针刺通过改善中枢神经系统可塑性的内在因素 (内在因素指的是自身神经生物学和神经免疫学等因素), 康复训练通过改善中枢神经系统可塑性的外在因素 (外在因素指的是丰富的环境因素、康复治疗等因素)^[17]。因此, RTA 在改善脑卒中患者上肢运动功能和 ADL 方面优于

单独康复训练。

经过 6 周康复治疗, 两组患者 FMA 和 WMFT 总分均高于干预前, 且 WMFT 中前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的得分也高于干预前, 表明康复治疗后脑卒中患者上肢运动功能改善。FMA、WMFT 以及 MBI 作为脑卒中患者上肢运动功能常见的主观评估方法, 受到评估者临床经验的影响, 在短期的康复治疗过程中, 缺乏训练参数来评估康复效果, 较难准确辨别出脑卒中患者上肢运动功能的进展情况, 影响患者康复效果^[18]。Finn 等^[19]研究发现, Kinect 用于上肢功能评估时精度是 0.99; Yun 等^[20]研究表明, Kinect 两侧摄像头与桌子中心的距离在 2~4 m 范围时测量误差最小 (小于 0.2 mm); 本研究中, Kinect 两侧摄像头与桌子中心距离均为 2.5 m, 误差较小, 对实验结果的影响控制在最小范围内。因此, 本研究采用 Kinect 评估脑卒中患者康复干预后上肢运动功能的变化情况, 能精准反映患者的运动改善特征。

经过 6 周的康复治疗, 虽然治疗后 WMFT 中的前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作得分高于治疗前, 但仅伸肘分数治疗组是优于对照组, 说明当治疗后的上肢功能改善不显著时, 单一的 WMFT 评分是无法准确反映出上肢运动功能的变化。而 Kinect 采集的前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的运动表现治疗组均优于对照组。本文认为, Kinect 除了能反

映这 3 个动作治疗前后的变化外,还能更精确地反映指标变化。因此,Kinect 能更精确反映治疗前后脑卒中患者上肢功能的变化。

本文选取 WMFT 中的前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作作为 Kinect 数据采集的动作,原因如下:

① 前臂放桌面动作是日常生活中常见动作,涉及患者肩关节功能,脑卒中患者常表现出肩手综合征,该动作能较客观反映患者的肩关节功能;② 伸肘动作主要反映患者肘关节运动情况,脑卒中患者肌张力增高时,常表现出肩内收内旋,肘关节屈曲,前臂旋前,腕关节内收、屈曲。本文选取脑卒中患者 Brunnstrom 分期为 III~V 期,处于共同运动向分离运动进展阶段,进行伸肘测试能更好反映出上肢运动功能的进展;③ 喝水动作涉及手的抓握功能以及肩、肘、腕关节的协调运动,能全面反映脑卒中患者上肢运动功能和 ADL,且 WMFT 用于脑卒中患者上肢功能障碍的评定具有良好的信效度^[21]。

脑卒中患者上肢功能障碍的运动特征主要表现为肌肉无力、异常协同运动模式(如抬起手臂时肘关节同时屈曲,通过移位和旋转患侧肩关节来增加远端肢体的运动范围^[22],上肢运动速度较慢,运动轨迹偏离,MUN 更多等^[23])、肌肉协调障碍和肌肉疲劳^[24],导致运动时肢体启动困难、难以调节和维持准确运动,对患者日常生活中各项功能性任务的执行造成重大的影响。本文结果表明,经过 6 周康复治疗,两组患者前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作 MT 均降低,表明在相同的运动范围内,患者运动效率提高;两组患者前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的 IC(评估患者手部的运动轨迹)和 MUN(评估患者手部动作的流畅性)相较于干预前均明显改善;且前臂放桌面、伸肘这两个动作运动过程中,SFA 减小,EFA 增加;喝水动作中,SFA 增加,SAA 减小,均表明患者上肢运动过程中的代偿减小,运动轨迹平滑度提高,上肢各关节间协调性和稳定性增强,上肢运动模式从共同运动和联合运动向分离运动变化,进一步明确了针刺和康复训练对脑卒中患者上肢运动功能的促进作用,这与当前的研究结论针刺和康复训练能改善脑卒中患者上肢运动功能障碍相一致。

本研究仍存在如下的局限性:① 只分析了 WMFT 中的 3 个代表性动作,后期将对剩余的动作

进行分析;② 纳入的患者上肢运动功能 Brunnstrom 分期为 III~V 期,尚未纳入 Brunnstrom 分期为 I~II 期患者,原因在于 Kinect 通过分析动作的 MT、MUN、IC、EFA、SFA、SAA 等指标来反映上肢功能变化,Brunnstrom 分期为 I~II 期的患者上肢处于软瘫或者肌张力较高状态,Kinect 数据处理难度较大,后期将进一步改进 Kinect 数据处理方法,尽可能进一步明确 Brunnstrom 不同分期的运动特征,更好为临床工作人员制定更精准的康复方案提供帮助。

4 结论

本文通过 Kinect 采集前臂放桌面、伸肘、喝水 3 个动作的运动表现,结合 FMA 及 WMFT、MBI 的评定结果变化,发现 RTA 相较于单纯的康复训练能更有效提高脑卒中患者上肢功能及 ADL,RTA 更适合用于治疗脑卒中患者上肢运动功能障碍。Kinect 通过评估上肢运动过程中的客观指标变化,更精准反映脑卒中患者上肢功能的进展情况。因此,将 Kinect 运用于临床工作中,有利于减轻医师或康复治疗师的工作强度,提高工作效率,提供功能评估,为进一步指导临床脑卒中患者康复方案的制定提供可视化的数据,促进患者上肢功能的恢复。

参考文献:

- [1] OMAR NH, MOHD NN, CHAI SC, et al. Functionality among stroke survivors with upper limb impairment attending community-based rehabilitation [J]. *Med J Malaysia*, 2020, 75(2): 146-151.
- [2] 刘东威,马晔. 基于 RGB-D 传感器的无标志点运动捕捉系统研究[J]. *医用生物力学*, 2021, 36(S1): 361.
- [3] 马焯星. 基于 Kinect 的康复训练运动动作质量评估系统 [D]. 深圳: 中国科学院大学(中国科学院深圳先进技术研究院), 2021.
- [4] CAI L, MA Y, XIONG S, et al. Validity and reliability of upper limb functional assessment using the microsoft Kinect V2 sensor [J]. *Appl Bionics Biomech*, 2019, doi: 10.1155/2019/7175240. eCollection 2019.
- [5] MA Y, MITHRATNE K, WILSON N, et al. Kinect V2-based gait analysis for children with cerebral palsy: Validity and reliability of spatial margin of stability and spatiotemporal variables [J]. *Sensors*, 2021, 21(6): 2104.
- [6] 林志诚,薛偕华,江一静,等. 中医康复临床实践指南·脑卒中[J]. *康复学报*, 2019, 29(6): 6-9.
- [7] FAN W, KUANG X, HU J, et al. Acupuncture therapy for

- poststroke spastic hemiplegia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Complement Ther Clin Pract*, 2020, 40: 101176.
- [8] CHEN L, FANG J, MA R, *et al*. Additional effects of acupuncture on early comprehensive rehabilitation in patients with mild to moderate acute ischemic stroke: A multicenter randomized controlled trial [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2016, 16: 226.
- [9] 彭斌, 吴波. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9): 666-682.
- [10] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(12): 994-1005.
- [11] 张通. 中国脑卒中康复治疗指南(2011 完全版)[J]. *中国康复理论与实践*, 2012, 18(4): 301-318.
- [12] 王园园, 戴丽雯, 秦妍萍, 等. 针灸治疗中风偏瘫的疗效评价 Meta 分析[J]. *中医临床研究*, 2017, 9(35): 8-11.
- [13] MURPHY MA, WILLÉN C, SUNNERHAGEN KS. Kinematic variables quantifying upper-extremity performance after stroke during reaching and drinking from a glass [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2011, 25(1): 71-80.
- [14] LIEBERMANN DG, BERMAN S, WEISS PL, *et al*. Kinematics of reaching movements in a 2-D virtual environment in adults with and without stroke [J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2012, 20(6): 778-787.
- [15] 蓝圣资, 商发科, 崔煜萌. 针灸联合康复疗法对脑卒中偏瘫患者神经功能缺损及上肢运动功能的影响[J]. *医学理论与实践*, 2021, 34(24): 4377-4379.
- [16] 代杰, 项容, 陈勇, 等. 头针结合康复治疗急性脑梗死的最佳时间窗研究[J]. *现代中西医结合杂志*, 2014, 23(13): 1381-1383.
- [17] 倪朝民. *神经康复学*[M]. 北京:人民卫生出版社, 2018: 3-5.
- [18] 赵梦文, 胡志刚, 王新征, 等. 基于 AnyBody 脑卒中患者手部抓握训练的肌肉力学特性分析[J]. *医用生物力学*, 2021, 36(5): 698-704.
- ZHAO MW, HU ZG, WANG XZ, *et al*. Analysis on muscle mechanical properties of stroke patients' hand grasping training based on AnyBody [J]. *J Med Biomech*, 2021, 36(5): 698-704.
- [19] FINN MTM, SMITH CL, NASH MR. Open-ended measurement of whole-body movement: A feasibility study [J]. *Quant Meth Psychol*, 2018, 14(1): 38-54.
- [20] YUN S, CHOI J, WON CS, *et al*. Omnidirectional 3D point clouds using dual kinect sensors [J]. *J Sensors*, 2019(4): 1-17.
- [21] 吴媛媛, 闵瑜, 燕铁斌. Wolf 运动功能测试量表评定脑卒中急性期患者上肢功能的效度和信度研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2009, 24(11): 992-994.
- [22] LANG CE, WAGNER JM, EDWARDS DF, *et al*. Recovery of grasp versus reach in people with hemiparesis poststroke [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2006, 20(4): 444-454.
- [23] 高蓓瑶, 江山, 谢欲晓. 脑卒中后运动功能代偿和神经可塑性机制[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(8): 1015-1020.
- [24] 廖麟荣, 廖曼霞. 脑卒中患者运动控制障碍的原因与特征[J]. *中国康复*, 2016, 31(4): 309-311.