·临床研究·

健康中老年人利手和非利手侧饮水动作的三维运动学研究*

毛玉瑢[1] 王 琪[1] 邢从容[1] 卞瑞豪[1] 贾瑶琪[1] 游寒剑[1] 黄东锋[1,2]

摘要

目的：应用三维运动采集系统分析健康中老年人利手和非利手侧上肢饮水动作的运动学特点，探讨利手和非利手执行特定功能性动作是否存在差异性。

方法：用Vicon Nexus运动采集系统对18名右利手健康中老年人左右侧上肢执行饮水动作的运动轨迹进行采集，分析并比较利手和非利手侧肩、肘和腕关节的三维运动角度变化及角速度峰值。

结果：肘关节X、Y、Z轴上运动角度利手和非利手侧比较差异有显著性意义（$P<0.05$）。在角速度方面，双侧肩关节X轴上最小值、肘关节Y轴和Z轴的最大值及最小值、腕关节Y轴的最大值比较差异有显著性意义（$P<0.05$）。

结论：健康中老年人在执行饮水动作时，利手侧肘关节的屈伸幅度显著高于非利手侧；而非利手侧肘关节内收外展和内外旋运动角度及角速度显著高于利手侧。

关键词 三维运动分析；上肢；运动角度；角速度

中图分类号：R493，G804 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-1242（2016）-03-0286-05

Three-dimensional kinematic analysis of upper limb between dominant and nondominant hand drinking water activity of healthy subjects/MAO Yurong, WANG Qi, XING Congrong, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(3): 286—290

Abstract

Objective: To compare the kinematic characteristic of upper limb between dominant and nondominant hand of drinking water with healthy subjects by three-dimensional analysis, and exploring the difference.

Method: Eighteen healthy subjects with right dominant hand were recruited with the drinking water experiment. A three-dimensional upper extremity kinematic model with Vicon Nexus was using to obtain kinematic angle, angular velocity and trajectory of the shoulder, elbow and wrist at dominant and nondominant hand. The peak angle and velocity were computed and a comparison was made for left and right hand drinking water.

Result: Elbow kinematic range of X,Y and Z axes from dominant hand had statistical difference against the nondominant hand($P<0.05$). There were statistical significances in angular velocity of minimum peak at X axis of shoulder joint, the maximum and minimum peak at Y and Z axis of elbow joint, and the maximum peak at Y axis of wrist joint between dominant and nondominant hands($P<0.05$).

Conclusion: The kinematic angle at flexion and extension of elbow joint of dominant hand were significantly higher than that of nondominant hand during drinking water activity. Conversely, the kinematic angle and velocity of elbow joint at abduction and adduction, internal and external rotation, and radial flexion velocity of wrist joint of nondominant hand were more than that of dominant hand.

Author's address Rehabilitation of Medicine of the First Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University; Guang-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.03.006

*基金项目：国家自然科学基金资助项目（81372108）；中山大学5010项目（2014001）

1 中山大学附属第一医院康复医学科，广东省康复医学与临床转化工程技术研究中心，广东广州，510080；2 通讯作者

作者简介：毛玉瑢，女，副主任治疗师； 收稿日期：2015-03-23

dong Provincial Research Center for Rehabilitation Medicine and Translational Engineering Technology, Guangzhou, 510080

Key word three-dimensional kinematic analysis; upper extremity; kinematic angle; angular velocity.

上肢运动功能是日常生活活动(activities of daily living, ADL)基本动作执行和完成技巧中的重要组成部分，如伸手够物、抓取和放开、转移物品、进食、修饰等[1—2]。老年人的生活质量很大程度取决于ADL能力[3]，脑功能障碍者上肢通常较难完成日常活动[4]。有研究发现利手在参与日常生活活动中占据了非常重要的角色，提示利手与非利手在日常生活中可能存在活动的差异[5]。磁共振研究也发现正常人群利手和非利手在动作执行过程中激活的相关脑区存在差异性[6]；并且上肢关节运动协调控制除与中枢神经系统的感知传导相关外，也与任务相关的目标内容执行相关[7]，因此上肢关节功能性活动质量也是中枢神经系统终极目标的体现；而饮水动作是日常生活活动中的基本动作和生活中的基本需求，可以作为ADL能力检测中代表上肢与口腔及头面部相关的运动功能，也是目前上肢运动功能检测中研究和应用较多的代表动作之一[1—2]。运用三维运动分析系统分析正常人日常生活活动过程中的关节运动，了解其在日常生活活动中的角度范围和运动速度等，可以作为上肢运动分析报告的标准化基础[8—11]。本研究基于三维运动学数据，分析饮水动作中上肢肩、肘和腕关节的运动角度和运动角速度，探讨健康中老年人上肢在执行协调性运动动作中利手和非利手是否存在差异性，为脑功能缺失等引起同侧和对侧上肢功能代偿和临床康复提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 实验对象

实验2014年3—11月收集健康中老年人(40—69岁)，上肢日常生活动作正常者共18名作为研究对象，其中男性9名，女性9名，年龄43—67岁，平均(56.82±6.89)岁。入选标准：①健康中老年人，年龄40—69岁，右利手；②无运动神经疾病，最近6个月上肢未出现扭伤、运动损伤及其他慢性肌肉和骨关节疾病等影响运动功能的疾病；③最近两天没有进行过剧烈的运动，上肢及躯干肌肉目前无酸痛及不适；④自愿参加本研究并签署知情同意书。

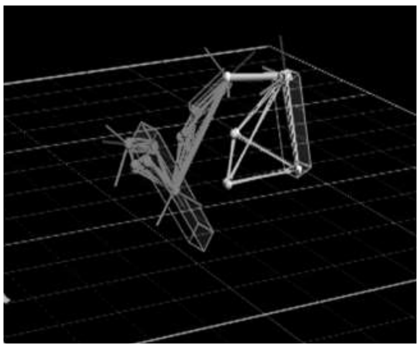
1.2 实验方法

1.2.1 实验操作程序：实验者穿紧身上衣坐在一张无靠背且可调节座椅高度的座椅上，髋关节和膝关节呈90°屈曲。座位前方放一张长方形台桌(150cm×100cm×92cm)，上肢自然地放置于桌子上，躯干挺直。起始位：肘关节位于一个近乎90°屈曲的位置，上肢自然放置于桌面上，掌心向下，桌子上方放一个圆柱状的水杯置于其正前方，距离躯干侧桌子边缘的距离为45cm[1]。先进行动作示范，模拟向前够取水杯喝水，之后移开水杯。具体动作：①模拟向前够取并握住水杯；②模拟喝水动作把水杯放置于嘴巴处；③模拟把水杯放回原位；④松手回到起始位置。要求受试者在进行饮水动作时保持躯干和头部相对静止。每个动作至少要完成来回7次动作周期。见图1。

1.2.2 三维运动数据采集：采用英国Vicon三维运动Nexus(版本1.7.1)检测系统连接启动(采样频率100Hz)6个MX13红外高速摄像头对实验者饮水动作进行运动捕捉，14个反光球分别贴于体表C7、T10、锁骨窝、胸骨柄及上肢的肩峰、上臂3点、肘关节内外侧、前臂中点、腕关节桡侧和尺侧及手背[1,8]。在起始位行静态建模，由每个标记小球建立上肢每个部分的坐标系，其中XYZ轴所在的面分别为被检查者的水平面、额状面和矢状面，每条坐标轴都垂直由另外两条坐标轴所在的平面。所得出来的数据包括肩肘腕三个关节在XYZ轴三个方向上的活动角度和角速度。X轴上的动作包括屈曲(+)和伸展(-)，Y轴方向上的动作为内收(+)和外展(-)，Z轴方向上的动作为旋前/内旋(+)和旋后/外旋(-)。通过Vicon Nexus的左侧上肢模型和右侧上肢模型采集上肢反光球形成的上肢运动轨迹，通过Pipeline运行获得肩、肘、腕三个关节在三个面上的角度和角速度。见图1。

1.2.3 实验数据处理：从采集的7个动作数据中去除第一次动作周期，从余下的6个动作周期中选取曲线较为平滑且重叠度较好的3次进行分析，由模

图1 上肢反光球放置位置和建模处理



拟准备拿起水杯动作作为动作起始点到模拟水杯放回原位动作为结束点作为一个运动周期，选择3个运动周期的角度和角速度，在Matlab软件R2010b（版本7.11.0.584)中以原始数据第一个点为新数据起始点，最后一个点作为末点，对其进行百分比计算，得到新数据的一百个点，然后再进行均值和峰值的计算，从而得出肩、肘、腕三个关节基于饮水动作动作周期(100%)在X、Y、Z轴三个方向上的运动角度以及角速度的数据和轨迹。

1.3 统计学分析

采用SPSS 13.0软件进行统计分析。运用配对t检验对上肢肩、肘和腕关节三个运动面上利手和非利手在整个饮水动作周期内的运动角度，以及运动中角速度的峰值进行比较。设显著性水平为$P<0.05$。

2 结果

见表1—3。利手和非利手侧肩、肘和腕关节进行饮水动作的运动角度范围和角速度进行比较，结果显示：①运动角度范围，肘关节左右侧Y、Y和Z

表1 利手和非利手肩、肘、腕关节在X、Y、Z轴上运动角度范围比较 ($\bar{x}\pm s$,°)

	左手	右手	P值
肩关节			
X轴	6.75±5.71	7.37±2.87	0.596
Y轴	6.71±2.72	7.45±4.66	0.650
Z轴	11.11±7.37	12.62±7.55	0.576
肘关节			
X轴	61.37±22.01	86.60±18.86	0.025
Y轴	51.64±20.93	28.74±13.98	0.008
Z轴	99.19±47.88	32.50±23.28	0.002
腕关节			
X轴	13.78±6.72	15.24±6.34	0.682
Y轴	20.85±10.63	18.09±8.08	0.388
Z轴	14.30±5.23	18.94±15.91	0.371

表2 利手和非利手肩、肘、腕关节在X、Y、Z轴上运动最大角速度比较 ($\bar{x}\pm s$,°/s)

	左手	右手	P值
肩关节			
X轴	16.12±11.49	19.34±6.45	0.442
Y轴	23.03±11.05	19.37±6.16	0.279
Z轴	30.25±11.50	23.76±10.32	0.186
肘关节			
X轴	138.92±63.84	174.54±66.00	0.127
Y轴	148.69±71.25	78.98±37.77	0.005
Z轴	215.71±126.79	82.14±33.21	0.010
腕关节			
X轴	35.71±20.80	31.38±9.69	0.463
Y轴	52.72±19.92	40.43±13.22	0.034
Z轴	41.67±12.66	49.40±20.69	0.276

表3 利手和非利手肩、肘、腕关节在X、Y、Z轴上运动最小角速度比较 ($\bar{x}\pm s$,°/s)

	左手	右手	P值
肩关节			
X轴	-16.25±9.44	-25.46±9.60	0.003
Y轴	-21.64±12.76	-20.57±8.48	0.762
Z轴	-25.20±14.76	-24.55±9.71	0.909
肘关节			
X轴	-142.89±52.76	-176.15±58.74	0.120
Y轴	-128.15±52.00	-83.14±29.10	0.006
Z轴	-217.88±125.30	-75.19±35.72	0.006
腕关节			
X轴	-36.20±13.43	-35.11±13.36	0.828
Y轴	-56.27±28.26	-44.33±13.37	0.187
Z轴	-42.81±19.27	-40.14±17.01	0.627

轴上活动度比较，差异均有显著性意义($P<0.05$)；②运动角速度，肩关节X轴最小值、肘关节Y轴和Z轴的最大值及最小值、腕关节Y轴的最大值左右侧比较差异有显著性意义($P>0.05$)；③其余运动角度和角速度左右侧比较，差异无显著性意义($P>0.05$)。

3 讨论

日常生活中的饮水动作在保持躯干相对稳定条件下,主要涉及肩的屈伸和收展,肘的屈伸,前臂旋前旋后和腕的屈伸,以及抓握的功能,整个饮水周期动作为一个代表上肢与口腔及头面部之间的功能性任务提供了一个定量的评估方法[12]。3D建模分析运动轨迹作为评估上肢的测量结果可重复且可靠,为临床康复提供可靠的分析基础[8,13—15]。因此,本研究利用三维运动学检测方法,通过饮水动作的运动分析,探讨了利手和非利手侧肩、肘和腕关节在三维面上的运动角度和角速度的峰值及运动轨迹;结果显示利手和非利手侧在进行饮水动作时双侧上肢运动存在差异。

在双侧上肢关节运动角度方面,本研究结果显示非利手侧(左手)和利手侧(右手)X轴、Y轴和Z轴上肘关节运动角度差异性最明显。上肢动作的完成是以运动链的形式执行,在远近端相对固定的情况下,肘关节作为上肢运动链的中间链关节可以产生更多的适应性;van Andel等[10]的研究也显示饮水动作要求更多的肘关节屈伸和旋转。因此,针对该功能性任务所需的肘关节运动角度要求,本实验结果也显示利手主要通过增加肘关节屈伸,而非利手则主要通过肘关节旋转来完成饮水动作。同时,本实验显示非利手肘的屈伸和内收外展都显示较大的运动角度,说明非利手在完成饮水动作中肘关节三个平面上运动角度都需要较好的活动范围[17]。此外,上肢关节在执行饮水动作中,肘关节的运动幅度远大于肩关节和腕关节,这可能与实验的任务要求相关[17]。饮水动作对肩关节要求较小的情况下[17],结果显示双侧肩关节和腕关节的运动角度比较差异无显著性意义。因本实验取物位置相对固定,且要求实验者躯干相对保持静止,所以上肢远端腕关节和近端肩关节在动作起点和止点位置相对固定。Grosskop等[16]针对利手与非利手设计了抓取实验,把物品从A处转移一段距离到B处,其实验数据显示非利手的左手与利手的右手在抓握转移活动中运动角度无显著性差异。与此类似,本实验利手和非利手在移动距离相对固定的情况下,远端和近端关节三个平面上的运动角度比较也无明显差异性。

上肢关节运动过程中速度对日常动作完成也很重要[18],而角速度在运动分析中较常用且可重复测量[19—20]。Sainburg等[21]通过设置特殊的实验装置,减少重力和摩擦力的作用,对于目标任务,只有肩肘关节的活动,限制其余关节及躯干的活动,实验表示利手与非利手之间的差异没有显著性意义。也有实验指出如果是进行精细运动,利手与非利手活动差异有显著性意义,而且利手的表现会优于非利手[22]。本研究在上肢肩、肘和腕关节不限制情况下,左侧肘关节内收外展和旋转角速度变化明显大于右手,而屈伸角速度左右差异性不明显,说明非利手通过增加肘关节收展角速度来完成饮水动作。利手肘关节屈伸幅度最大,运动速度增加和减少虽然大于非利手,但无统计学意义,说明利手虽然主要通过肘关节屈伸完成中间链动作,但动作较为平滑和均速。利手肩关节X轴最小值和腕关节Y轴最大值和非利手比较也有差异性,说明在饮水动作时远近端也通过局部角速度增加和减小协助完成上肢饮水功能。因此,正常中老年人上肢在执行基于饮水这一特定任务功能的动作时,利手和非利手侧关节运动学上存在差异性;临床上为上肢左右手功能障碍患者康复时,若将上述差异性加以考虑,将有利于作业活动设计和功能恢复效应。本研究尚存在不足之处,未结合上肢表面肌电和数字化肌力检测,影响对结果的深入探讨;此外本研究对象也仅限于正常人群。

参考文献

[1] Butler EE, Ladd AL, Louie SA, et al. Three-dimensional kinematics of the upper limb during a Reach and Grasp Cycle for children[J]. Gait & Posture, 2010, 32(1):72—77.

[2] 杨唐柱,黄晓琳,陈文斌,等. 偏瘫患者与正常人日常生活活动的三维运动学分析[J].中华物理医学与康复杂志, 2010,32(11): 840—844.

[3] 康宇华,张卫国,曲镭. 正常老年人关节活动范围的研究[J].中华物理医学与康复杂志,2001,23(4):221—223.

[4] Page SJ, Levine P, Sisto S, et al. Stroke patients' and therapists' opinions of constraint-induced movement therapy[J]. Clin Rehabil,2002,16: 55—60.

[5] Coley B, Jolles BM, Farron A, et al. Estimating dominant upper-limb segments during daily activity[J]. Gait Posture, 2008,27(3):368—375.

[6] 于薇,林冲宇,臧玉峰, 等. 利手和非利手随意运动的全脑功能磁共振成像[J]. 中华放射学杂志,2003,37(5):402—405.

[7] Sainburg RL, Ghez C, Kalakanis D. Intersegmental dynam-

ics are controlled by sequential anticipatory, error correction, and postural mechanisms[J]. J Neurophysiol, 1999, 81(3): 1045—1056.

[8] Mackey AH, Walt SE, Lobb GA, et al. Reliability of upper and lower limb three- dimensional kinematics in children with hemiplegia[J]. Gait Posture, 2005, 22(1):1—9.

[9] Reid S, Elliott C, Alderson J, et al. Repeatability of upper limb kinematics for children with and without cerebral palsy [J]. Gait Posture, 2010,32(1):10—17.

[10] van Andel CJ, Wolterbeek N, Doorenbosch CA, et al. Complete 3D kinematics of upper extremity functional tasks[J]. Gait & Posture, 2008, 27(1):120—127.

[11] Butler EE, Rose J. The Pediatric Upper Limb Motion Index and a temporal- spatial logistic regression: Quantitative analysis of upper limb movement disorders during the Reach & Grasp Cycle[J]. Journal of Biomechanics, 2012, 45 (6):945—951.

[12] Chen W, Xiong C, Huang X, et al. Kinematic analysis and dexterity evaluation of upper extremity in activities of daily living[J]. Gait & Posture, 2010, 32(4): 475—481.

[13] Jaspers E, Feys H, Bruyninckx H, et al. The reliability of upper limb kinematics in children with hemiplegic cerebral palsy[J]. Gait & Posture, 2011, 33: 568—575.

[14] Aizawa J, Masuda T, Koyama T, et al. Three- dimensional motion of the upper extremity joints during various activities of daily living[J]. J Biomech, 2010, 43(15): 2915—2922.

[15] Levanon Y, Gefen A, Lerman Y, et al. Validity and reliability of upper extremity three- dimensional kinematics during a typing task[J].Gait Posture, 2010, 32(4):469—474.

[16] Grosskop A, Kuhtz- Buschbeck JP. Grasping with the left and right hand: a kinematic study[J]. Exp Brain Res, 2006, 168(1—2): 230—240.

[17] Safaee- Rad R, Shwedyk E, Quanbury AO, et al. Normal functional range of motion of upper limb joints during performance of three feeding activities[J]. Arch Phys Med Rehabil,1990,71(7):505—509.

[18] Coley B, Jolles BM, Farron A, et al. Estimating dominant upper- limb segments during daily activity[J]. Gait Posture, 2008,27(3):368—375.

[19] Kontaxis, Cutti AG, Johnson GR, et al. A frame work for the definition of standardized protocols for measuring upper-extremity kinematics[J]. Clin Biomech, 2009,24(3):246—253.

[20] Maynard V, Bakheit AM, Oldham J, et al. Intra- rater and inter-rater reliability of gait measurements with CODA mpx 30 motion analysis system[J]. Gait Posture,2003,17:59—67.

[21] Sainburg RL, Kalakanis D. Differences in control of limb dynamics during dominant and nondominant arm reaching [J]. Journal of Neurophysiology, 2000,83(5): 2661—2675.

[22] Jeannerod M. The formation of finger grip during prehension. A cortically mediated visuomotor pattern[J]. Behavioural Brain Research, 1986, 19(2): 99—116.