

·临床研究·

转弯方向对老年脑卒中患者360°转弯测试评估转弯能力及跌倒风险的影响

朱晓敏^{1,2} 刘元旻^{1,2} 杜雪晶^{1,2} 王亚囡^{1,2} 闫志宇^{1,2} 刘惠林^{1,2} 王华伟^{1,2,3}

摘要

目的:通过对不同运动功能分组的老年脑卒中患者进行不同转向单、双任务360°转弯测试,探讨每组受试者健、患侧转向测试间数据差异变化规律,并分析其对评估转弯能力及跌倒风险的影响。

方法:选取老年脑卒中患者70例,进行单、双任务向健、患侧转身的360°转弯测试,分别记录3种条件下向两侧转身测试的时间与步数。按Brunnstrom分期将受试者分为Ⅲ—Ⅳ期组(有联带运动)和Ⅴ期组(无联带运动),2组数据分别按患侧下肢单腿支撑时间进行排序,观察排序之后360°转弯测试的数据,观察指标为健侧转弯与患侧转弯之间的数据差异,根据观察结果进行数据分析,并统计其有效性。

结果:BrunnstromⅢ—Ⅳ期组,单腿支撑时间 ≥ 9 s时,3种条件下测试结果均为向健侧360°转弯时间 $>$ 向患侧360°转弯时间,差异有显著性意义($P<0.05$),步数差异无显著性意义($P>0.05$);BrunnstromⅤ期组,单腿支撑时间 ≤ 7 s时,3种条件下测试结果均为向健侧360°转弯时间 $<$ 向患侧360°转弯时间,差异有显著性意义($P<0.05$),向健侧360°转弯步数 $<$ 向患侧360°转弯步数,差异有显著性意义($P<0.05$)。

结论:应用360°转弯测试评估转弯能力及预测跌倒风险时,应考虑转弯方向。

关键词 转弯;平衡;脑卒中;老年人;双任务

中图分类号:R741, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2023)-08-1090-006

Effects of turn direction on the 360° turn test on turning ability and fall risk in elderly stroke patients/
ZHU Xiaomin, LIU Yuanmin, DU Xuejing, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38
(8):1090—1095

Abstract

Objective: By testing the time and steps of the single and dual-task 360° turn test in elderly stroke patients with different motor function groups, the data changes between the healthy and affected side turn tests of each group were investigated and analyzed.

Method: Seventy elderly stroke patients were selected and completed the single task or dual task 360° turn test when turning to the unaffected side or the affected side. We recorded the time and the number of steps under three conditions. According to the Brunnstrom stage, the patients were divided into the stage Ⅲ—Ⅳ group(with Synkinesis)and the stage Ⅴ group(without Synkinesis). The data of each group was sorted according to the single leg support time. The observation index was the data difference between the healthy side turn and the affected side turn, then the data analysis and validity were counted based on the observations.

Result: In the Brunnstrom Ⅲ—Ⅳ stage group, when the single-leg support time ≥ 9 s, the data showed that the 360° turn time when turning to the unaffected side was greater than the 360° turn time when turning to the affected side under all three conditions, and the difference was significant($P<0.05$). However, the number of steps had no significant difference($P>0.05$). In the Brunnstrom Ⅴ stage group, when the single-leg support

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.08.011

1 中国康复研究中心物理疗法3科,北京市,100068; 2 首都医科大学康复医学院; 3 通讯作者

第一作者简介:朱晓敏,女,主管治疗师; 收稿日期:2022-10-27

time ≤ 7 s, the time and steps under all conditions exhibited the greater turn time when turning to the unaffected side compared with when turning to the affected side, and the difference was significant ($P < 0.05$).

Conclusion: Turning direction should be considered when evaluating turning ability and predicting fall risk by 360° turning test.

Author's address Department 3 of Physiotherapy, China Rehabilitation Research Center, Beijing, 100068

Key word turn; balance; stroke; elderly; dual task

据统计,2019年全球有1.43亿人因脑卒中引起残疾,相较于1990年,绝对数量增加了32%^[1],残疾人负担持续增长^[2]。脑卒中后残疾人跌倒的预防一直是相关领域的研究热点^[3],获取新的知识进而制定有效的预防策略对减轻社会负担意义非凡。

转弯作为日常生活中常见的活动之一^[4-5],对脑卒中患者动态平衡、姿势控制要求比直行更高^[6],跌倒风险也更高^[7-8]。评估是预防跌倒的重要举措之一,尽管评估方式倾向于智能化,但临床应用并未普及^[9]。360°转弯测试等便宜便捷的方式仍发挥着重要作用,其用途广泛且可结合其它转弯评估要素预测跌倒情况等^[10-14],其评估的准确性至关重要。脑卒中患者向患侧转弯的跌倒率高于健侧^[15-16],那么两侧转弯的时间及步数是否也有差异?有研究表明,两侧转弯步数及时间并无显著差异^[17-18];也有研究表明,两侧有差异^[19]。但大部分相关研究中对脑卒中转弯测试的方向仍然进行限定^[11,20-22],这是否表明学者对两侧转弯差异仍存在疑惑?且不同水平的脑卒中患者是否结果不同?本文将对此进行探讨。本研究通过选取不同运动功能的受试者进行双向360°转弯测试,观察并探讨不同方向间是否有差异。为提高准确性,研究中对转弯测试增加了2种不同的双任务360°转弯测试。单腿支撑时间是评估转弯能力的敏感因素^[23-25],因此,在统计资料时对测试结果按单腿支撑时间分组进行相关探讨。

1 资料与方法

1.1 一般资料

入选标准:①符合1995年第四届全国脑血管病会议制定的《脑血管病诊断标准》,且经头颅CT或MRI证实,发病时间2周以上者;②年龄(60—75)岁者,女性身高(157—167)cm,体重(55—70)kg,男性身高(165—175)cm,体重(65—80)kg;③初次发病,均为单侧肢体偏瘫者;④下肢Brunnstrom分期为

Ⅲ—V期^[26-27],改良Ashworth分级髋、膝关节屈伸肌张力 \leq I级^[28]者;⑤简易智力状态检查量表(MMSE) ≥ 27 分者^[29];⑥功能性步行分级(functional ambulation categories, FAC)在2—5级^[30],监督或不监督下可独立步行1min者。

排除标准:①听、视力障碍严重者;②患有严重精神疾病者;③合并严重器质性疾病如骨折、恶性高血压或肿瘤等者;④体力较差,需拄拐或其它辅助具步行者;⑤明显深、浅感觉障碍,下肢活动关节受限者;⑥不能或不配合者;⑦无跌倒史者。

采取便利抽样法,选取2021年12月—2022年9月在中国康复研究中心治疗的70例脑卒中患者作为研究对象。本研究经中国康复研究中心医学伦理委员会批准(批号:2022-001-1)。

所有入组受试者70例,男34例,女36例;年龄(66.99 ± 4.00)岁;身高:男(170.53 ± 2.48)cm,女(161.39 ± 2.68)cm;体重:男(71.76 ± 3.83)kg,女(64.47 ± 3.14)kg;FAC为4级;病程4个月;偏瘫肢体侧,左36例,右34例;脑出血32例,脑梗死38例;伯格平衡量表(Berg balance scale, BBS)50分。

1.2 研究方法

1.2.1 测试顺序:入组后签署知情同意书,测试前由受试者进行抽签,由抽签顺序决定360°转弯测试,任务1+360°转弯测试,任务2+360°转弯测试,3项测试的顺序、首选转弯方向则由受试者自己决定。

1.2.2 测试方法:评定时患者着平常穿的鞋,保持稳定直立位,双足与肩同宽,待治疗师发出开始指令后,患者开始进行无辅助下的360°转弯活动,待双足回到起始位置时结束^[10-11,14-15]。记录完成测试所需时间和步数,其中,每动一次下肢为1步(非左右各一次算1步)。

1.2.3 测试步骤:①先进行练习1次360°转弯测试;②360°转弯测试,每个方向进行2次测试并取其平均值;③任务1+360°转弯测试,参考起立-行走测试

(Time Up and Go Test, TUGT)中双任务测试对试验进行设置^[31-32],任务1为非患侧手拿水杯,注意水尽量不要洒出来,每个方向进行2次测试并取其平均值;④任务2+360°转弯测试,参考帕金森病患者双任务转弯研究^[21]及TUGT认知双任务研究对试验进行设置^[33-35],任务2为随机选取100以内数字进行100连续减7,保证测试过程中一直有计算任务,每个方向进行2次测试并取其平均值。

注意事项:测试任务2+360°转弯测试时由2位治疗师完成,一位进行计时同时进行-7任务的问题,一位进行计算步数;入组后由同一测试者在一天内完成所有测试;每完成1次测试休息1—2min,根据患者情况可适当延长休息时间;测试过程中始终有一位治疗师负责保护。

1.3 患侧单腿支撑时间

根据对老年人常用的单腿支撑能力测试方法进行测试^[36-37],测试前受试者尝试用患侧进行单腿支撑,待受试者准备好后再进行正式测试,方法为在无辅助情况下,抬起非患侧下肢(不得与患侧下肢接触),用秒表记录患侧下肢单独支撑时非患侧下肢不落地的时间,测试过程中始终有治疗师负责保护,防止摔倒。分别进行2次测试,测试之间休息1—2min,记录平均值。

1.4 统计学分析

采用SPSS 19.0统计学软件进行统计分析,正态检验用Shapiro-Wilk检验,符合正态分布计量资料用均数±标准差表示,不符合时用中位数(M)表示,数据符合正态分布时,2组样本均数比较采用配对t检验,数据不符合正态分布时,配对样本资料比较采用Wilcoxon符号秩检验。

2 结果

2.1 所有受试者健、患侧差异比较

统计所有参与试验受试者向健、患侧360°转弯时间及步数差异,3种条件下测试结果一致为:向健、患侧360°转弯间时间及步数差异无显著性意义($P>0.05$)(表1)。

2.2 按Brunnstrom分期分组健、患侧差异比较

按Brunnstrom分期将受试者分为Brunnstrom III—IV期(有联带运动)组和Brunnstrom V期(无联带

表1 所有受试者3种条件下向健、患侧360°转弯间的各指标差异比较 (M)

测试种类及指标	向患侧转	向健侧转	Z值	P值
360°转弯				
时间(s)	6.78	7.11	0.164	0.870
步数	9.00	10.00	0.423	0.672
任务1+360°转弯				
时间(s)	6.91	7.24	0.433	0.665
步数	10.00	10.00	0.122	0.903
任务2+360°转弯				
时间(s)	8.17	8.72	-0.524	0.600
步数	11.00	12.00	-0.379	0.705

表2 不同分组3种条件下向健、患侧360°转弯间的各指标差异比较 (M)

测试种类及指标	例数	向患侧转	向健侧转	Z值	P值
Brunnstrom分期III—IV期	28				
360°转弯					
时间(s)		8.63	8.04	-0.433	0.665
步数		10	10	-1.500	0.134
任务1+360°转弯					
时间(s)		9.42	8.81	-1.594	0.111
步数		10	11	-1.428	0.153
任务2+360°转弯					
时间(s)		10.62	9.99	-1.811	0.070
步数		12	12.50	-1.411	0.158
Brunnstrom分期V期	42				
360°转弯					
时间(s)		6.34	6.88	-0.194	0.846
步数		9.00	9.00	-0.663	0.508
任务1+360°转弯					
时间(s)		6.56	6.82	-0.750	0.453
步数		9.50	10.00	-1.049	0.294
任务2+360°转弯					
时间(s)		7.77	8.08	-0.732	0.464
步数		11	11.5	-0.718	0.473

运动)组,3种任务下测试结果一致为:向健、患侧360°转弯间时间及步数差异无显著性意义($P>0.05$)(表2)。

2.3 对数据进行整理

①对所有受试者按单腿支撑时间长短进行排序;②分别对Brunnstrom III—IV期(有联带运动)组和Brunnstrom V期(无联带运动)组按患肢单腿支撑时间长短进行排序。观察可知:所有受试者排序后无明显规律;Brunnstrom III—IV期(有联带运动)组,单腿支撑时间较长时,各任务向患侧与向健侧转弯时间有差异,而Brunnstrom V期(无联带运动)组,单腿支撑时间较短时,向患侧与向健侧转弯时间有差异。因此,本研究将Brunnstrom III—IV期组及Brunnstrom V期组分别按单腿支撑时间排序计数。按单腿支撑时间由大到小的顺序(Brunnstrom

Ⅲ—Ⅳ期组)和由小到大的顺序(Brunnstrom V期组)依次分别对各组受试者进行向患侧与向健侧转弯时间及步数差异统计,进而找出每组中按患肢支撑时间统计时差异有显著性意义的临界值。统计结果为:Brunnstrom Ⅲ—Ⅳ期组,单腿支撑时间 ≥ 9 s,3种条件下测试结果均为向健侧360°转弯时间 $>$ 向患侧360°转弯时间,差异有显著性意义($P < 0.05$),步数无显著性差异($P > 0.05$)(表3);Brunnstrom V期单腿支撑时间 ≤ 7 s组,3种条件下测试结果均为向健侧360°转弯时间 $<$ 向患侧360°转弯时间,差异有显著性意义($P < 0.05$),向健侧360°转弯步数 $<$ 向患侧360°转弯步数,差异有显著性意义($P < 0.05$)(表4)。

表3 Brunnstrom Ⅲ—Ⅳ期组单腿站立时间 ≥ 9 s时,3种条件下向健、患侧360°转弯间各指标差异比较 ($\bar{x} \pm s$)

测试种类及指标	例数	向患侧转	向健侧转	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
360°转弯	8				
时间(s)		5.57 \pm 1.33	6.21 \pm 1.12	-3.501	0.010
步数		7.00 \pm 1.51	7.50 \pm 1.69	-1.871	0.104
任务1+360°转弯	8				
时间(s)		5.72 \pm 1.48	6.33 \pm 1.39	-4.523	0.003
步数		7.13 \pm 1.46	7.63 \pm 1.30	-1.871	0.104
任务2+360°转弯	8				
时间(s)		6.53 \pm 1.65	7.42 \pm 1.67	-5.113	0.001
步数		8.69 \pm 1.62	9.13 \pm 1.89	-1.369	0.213

表4 Brunnstrom V期组单腿站立时间 ≤ 7 s时,3种条件下向健、患侧360°转弯间各指标差异比较 ($\bar{x} \pm s$)

测试种类及指标	例数	向患侧转	向健侧转	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
360°转弯	12				
时间(s)		10.41 \pm 1.53	9.62 \pm 0.97	3.487	0.005
步数		11.58 \pm 1.68	10.75 \pm 1.36	3.458	0.005
任务1+360°转弯	12				
时间(s)		10.85 \pm 1.71	10.09 \pm 1.17	4.034	0.002
步数		12.17 \pm 1.90	11.42 \pm 1.50	2.691	0.021
任务2+360°转弯	12				
时间(s)		12.23 \pm 2.06	11.41 \pm 1.42	3.261	0.008
步数		14.33 \pm 2.19	13.25 \pm 1.60	3.223	0.008

3 讨论

本研究发现,不同组运动功能及单腿支撑时间的老年脑卒中患者,向健侧与向患侧转弯时间及步数间差异也不同,可出现3种情况:无差异,患侧转弯 $>$ 健侧转弯,健侧转弯 $>$ 患侧转弯。为更准确地评估其转弯能力及跌倒风险,在应用360°转弯测试时,应记录转弯方向或结合两侧测试结果进行综合分析。

转弯测试研究中主要包括180°、360°两种角度,

均有研究表明具有较好的信度,能有效评估脑卒中患者的转弯能力^[10-12,18-19,38]。有研究表明,向健、患侧360°转弯测试间结果无显著差异^[18],而该研究中并未对受试者进行分组探讨。也有研究表明,向患侧比向健侧360°转弯时间长^[19],研究中只统计了参加试验的受试者平均Brunnstrom分期水平为(4 \pm 1)期(总6期),并未说明测试时患肢的单腿支撑时间,本测试为根据Brunnstrom分期及单腿支撑时间进行分组统计并探讨。

首先,本研究中选取360°,而未选180°,其原因:360°转弯测试转弯角度大,需要的时间久、步数多,若有差异时更明显。研究显示,日常生活中大多数转弯角度在50°到200°间^[4],180°无法涵盖所有较常用角度。第二,研究显示,有跌倒经历的脑卒中患者转弯跌倒发生情况与认知、注意力及感觉问题等相关性更高,而不是运动受损^[39-40],而本测试主要考虑下肢的运动能力,因此,尽管本研究中主要为患者自身向健、患侧转弯能力进行对比,但为避免同一组受试者统计时离散值过多,选取的试验对象均为无跌倒经历人群。第三,分组主要依据为:①转弯时外侧下肢相对需要移动较远距离^[10,15],内侧下肢相对单腿支撑时间会增加^[25],因此,两侧转弯的差异比较应结合患肢的移动能力和单腿支撑能力。②研究中首先根据Brunnstrom分期将受试者进行分组,主要因为分期不同,患肢的移动能力也不同。研究显示,下肢肌肉根据直行功能被分成不同的模块^[41],脑卒中患者患肢调动肌肉模块能力受损,即运动时模块合并^[42],对不同Brunnstrom分期脑卒中患者肢体表面肌电图观察得知,当患肢Brunnstrom分期较低时,肌肉模块合并较多^[26-27]。因此,将受试者按Brunnstrom分期分为联带运动组(Brunnstrom Ⅲ—Ⅳ期)与无联带运动组(Brunnstrom V期),对向健、患侧360°转弯测试间差异进行分析。③考虑两侧是否有差异需结合2个方向间转弯的情况,迈步能力影响向健侧转弯,而患侧下肢支撑时间影响向患侧转弯,研究发现,转弯患侧单腿支撑时间不足时,健肢步幅更小,停顿更频繁^[10],因此,在进行一次分组后,试验中又按单腿支撑时间对受试者进行排序统计。

Brunnstrom Ⅲ—Ⅳ期组(联带运动)中:患肢肌

肉模块合并单独激活能力相对较低^[26-27],向健侧转弯时,迈步相对费力,且患肢需移动更长的距离,转弯时间会相对增加;而转向患侧时,若患侧下肢支撑时间足够长,不足以影响外侧下肢即健侧下肢迈步。因此,结合向两侧转弯时的分析,患肢单腿支撑时间较长时,转向患侧时间<转向健侧时间,而短时无显著差异。其中,步数为显著差异,推测原因可能是衡量的敏感度相对较低。Brunnstrom V期组(无联带运动)中:患肢肌肉模块合并单独激活能力相对较高^[26-27],向健侧转弯时,患肢迈步相对不费力,尽管需要移动更长的距离,但不明显影响移动;向患侧转弯时,当单腿支撑时间不足时,会影响健肢即外侧肢体迈步,主要表现为步幅减小、停顿更频繁^[10],因此,结合向两侧转弯时的分析,患肢单腿支撑时间较短时,转向患侧时间>转向健侧时间,而较长时无显著差异。因此,应用360°转弯测试进行跌倒风险预测时,应结合两侧转弯时间及步数。研究显示,转弯测试时间可鉴别出易跌倒人群^[14,43],转弯时间及步数可预测跌倒风险^[14],本测试发现部分老年脑卒中患者健、患侧360°转弯测试间有差异,这可能会对预测跌倒风险的有效性有所影响,因此,在进行跌倒风险相关研究时,应规定转弯方向或结合双侧360°转弯测试进行评估,以提高测试的准确性。

4 结论

应用360°转弯测试对老年脑卒中患者进行转弯能力及跌倒风险相关评估时要结合患者的Brunnstrom分期及单腿支撑时间决定是否考虑转弯方向。本研究只是对患者的转弯测试进行初步探讨,有效病例较少,且试验结果时间节点是根据参与本试验的受试者总结所得,是否符合所有未曾跌倒受试者可能需要更多样本量验证。

参考文献

[1] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990—2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(10): 795—820.
[2] GBD 2016 Neurology Collaborators. Global, regional, and national burden of neurological disorders, 1990—2016: a systematic analysis for the global burden of disease study 2016[J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(5): 459—480.

[3] Xu T, Clemson L, O'Loughlin K, et al. Risk factors for falls in community stroke survivors: a systematic review and meta-analysis[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 99(3): 563—573.e5.
[4] Leach JM, Mellone S, Palumbo P, et al. Natural turn measures predict recurrent falls in community-dwelling older adults: a longitudinal cohort study[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 4316.
[5] Glaister BC, Bernatz GC, Klute GK, et al. Video task analysis of turning during activities of daily living[J]. *Gait Posture*, 2007, 25(2): 289—294.
[6] King LA, Mancini M, Priest K, et al. Do clinical scales of balance reflect turning abnormalities in people with Parkinson's disease?[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2012, 36(1): 25—31.
[7] 罗玉球, 邓晓清, 吴彩葵, 等. 老年脑卒中后2年跌倒的临床特点及危险因素分析[J]. *中华老年医学杂志*, 2018, 37(9): 978—983.
[8] Simpson LA, Miller WC, Eng JJ. Effect of stroke on fall rate, location and predictors: a prospective comparison of older adults with and without stroke[J]. *PLoS One*, 2011, 6(4): e19431.
[9] Mohan DM, Khandoker AH, Wasti SA, et al. Assessment methods of post-stroke gait: a scoping review of technology-driven approaches to gait characterization and analysis[J]. *Front Neurol*, 2021(12): 650024.
[10] Faria CD, Paula de Carvalho-Pinto B, Nadeau S, et al. 180° turn while walking: characterization and comparisons between subjects with and without stroke[J]. *J Phys Ther Sci*, 2016, 28(10): 2694—2699.
[11] Zou TE, Liang PJ, Lee SC. Turning duration and steps predict future falls in poststroke hemiplegic individuals: a preliminary cohort study[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2021, 28(1): 33—41.
[12] Shiu CH, Ng SS, Kwong PW, et al. Timed 360° turn test for assessing people with chronic stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97(4): 536—544.
[13] Lewallen LK, Srivastava S, Kautz SA, et al. Assessment of turning performance and muscle coordination in individuals post-stroke[J]. *J Biomech*, 2021(114): 110113.
[14] Chiu HL, Tsai CY, Liu YL, et al. Turning assessment for discrimination of frailty syndrome among community-dwelling older adults[J]. *Gait Posture*, 2021(86): 327—333.
[15] Barrois RP, Ricard D, Oudre L, et al. Observational study of 180° turning strategies using inertial measurement units and fall risk in poststroke hemiparetic patients[J]. *Front Neurol*, 2017(8): 194.
[16] Chen IH, Liang PJ, Chiu VJ, et al. Trunk muscle activation patterns during standing turns in patients with stroke: an electromyographic analysis[J]. *Front Neurol*, 2021(12): 769975.

- [17] Lam T, Luttmann K. Turning capacity in ambulatory individuals poststroke[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2009, 88(11):873—883;quiz 884—886+946.
- [18] Kobayashi M, Takahashi K, Sato M, et al. Association of performance of standing turns with physical impairments and walking ability in patients with hemiparetic stroke[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(1):75—78.
- [19] Liang PJ, Chiu VJ, Teng YC, et al. Turning difficulties after stroke and its relationship with trunk function[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(6):859—865.
- [20] Stuart S, Belluscio V, Quinn JF, et al. Pre-frontal cortical activity during walking and turning is reliable and differentiates across young, older adults and people with Parkinson's disease[J]. *Front Neurol*, 2019(10):536.
- [21] Belluscio V, Stuart S, Bergamini E, et al. The association between prefrontal cortex activity and turning behavior in people with and without freezing of gait[J]. *Neuroscience*, 2019(416):168—176.
- [22] Chen IH, Yang YR, Cheng SJ, et al. Neuromuscular and biomechanical strategies of turning in ambulatory individuals post-stroke[J]. *Chin J Physiol*, 2014, 57(3):128—136.
- [23] Hollands KL, Agnihotri D, Tyson SF. Effects of dual task on turning ability in stroke survivors and older adults[J]. *Gait Posture*, 2014, 40(4):564—569.
- [24] Ulrich B, Santos AN, Jolles BM, et al. Gait events during turning can be detected using kinematic features originally proposed for the analysis of straight-line walking[J]. *J Biomech*, 2019(91):69—78.
- [25] Bonnyaud C, Pradon D, Vuillerme N, et al. Spatiotemporal and kinematic parameters relating to oriented gait and turn performance in patients with chronic stroke[J]. *PLoS One*, 2015, 10(6):e0129821.
- [26] Liparulo L, Zhang Z, Panella M, et al. A novel fuzzy approach for automatic Brunnstrom stage classification using surface electromyography[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2017, 55(8):1367—1378.
- [27] Watanabe H, Tashiro K. Brunnstrom stages and Wallerian degenerations: a study using MRI[J]. *Tohoku J Exp Med*, 1992, 166(4):471—473.
- [28] Meseguer-Henarejos AB, Sánchez-Meca J, López-Pina JA, et al. Inter- and intra-rater reliability of the modified Ashworth scale: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2018, 54(4):576—590.
- [29] Burton L, Tyson SF. Screening for cognitive impairment after stroke: a systematic review of psychometric properties and clinical utility[J]. *J Rehabil Med*, 2015, 47(3):193—203.
- [30] Elord C, Corrêa FI, Pereira GS, et al. Translation into Brazilian Portuguese, cross-cultural adaptation, reliability and validation of the functional ambulation classification for the categorization of ambulation following a stroke in a clinical setting[J]. *Rev Neurol*, 2020, 70(10):365—371. Spanish, English.
- [31] Chan PP, Si Tou JI, Tse MM, et al. Reliability and validity of the timed up and go test with a motor task in people with chronic stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2017, 98(11):2213—2220.
- [32] Ansai JH, Aurichio TR, Rebelatto JR. Relationship between dual task walking, cognition, and depression in oldest old people[J]. *Int Psychogeriatr*, 2016, 28(1):31—38.
- [33] Asai T, Oshima K, Fukumoto Y, et al. Association of fall history with the timed up and go test score and the dual task cost: a cross-sectional study among independent community-dwelling older adults[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2018, 18(8):1189—1193.
- [34] Yang L, He C, Pang MY. Reliability and validity of dual-task mobility assessments in people with chronic stroke[J]. *PLoS One*, 2016, 11(1):e0147833.
- [35] Asai T, Oshima K, Fukumoto Y, et al. Does dual-tasking provide additional value in timed "up and go" test for predicting the occurrence of falls? a longitudinal observation study by age group (young-older or old-older adults) [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2021, 33(1):77—84.
- [36] Bongue B, Dupré C, Beauchet O, et al. A screening tool with five risk factors was developed for fall-risk prediction in community-dwelling elderly[J]. *J Clin Epidemiol*, 2011, 64(10):1152—1160.
- [37] Maciaszek J. Effects of posturographic platform biofeedback training on the static and dynamic balance of older stroke patients[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2018, 27(7):1969—1974.
- [38] Shiu CH, Ng SS, Kwong PW, et al. Timed 360° turn test for assessing people with chronic stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97(4):536—544.
- [39] Kuan YC, Lin LF, Wang CY, et al. Association between turning mobility and cognitive function in chronic poststroke [J]. *Front Neurol*, 2022(13):772377.
- [40] Hollands KL, Hollands MA, Zietz D, et al. Kinematics of turning 180 degrees during the timed up and go in stroke survivors with and without falls history[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2010, 24(4):358—367.
- [41] Clark DJ, Ting LH, Zajac FE, et al. Merging of healthy motor modules predicts reduced locomotor performance and muscle coordination complexity post-stroke[J]. *J Neurophysiol*, 2010, 103(2):844—857.
- [42] Routson RL, Kautz SA, Neptune RR. Modular organization across changing task demands in healthy and post-stroke gait[J]. *Physiol Rep*, 2014, 2(6):e12055.
- [43] Almajid R, Goel R, Tucker C, et al. Balance confidence and turning behavior as a measure of fall risk[J]. *Gait Posture*, 2020(80):1—6.