

·临床研究·

# 早期认知障碍患者的认知功能和 双重任务步态的临床研究\*

钟倩<sup>1</sup> 朱奕<sup>2</sup> 吴含<sup>3</sup> 高雅新<sup>1</sup> 孙翠云<sup>3</sup> Nawab Ali<sup>1</sup> 吴希希<sup>4</sup> 王彤<sup>2,5</sup>

## 摘要

**目的:**探索早期认知障碍患者双重任务下步态参数与认知功能之间的关系。

**方法:**本研究共纳入轻度认知障碍者(MCI)20例,主观认知下降者(SCD)34例,认知功能正常者(NC)24例,均采用三维运动捕捉系统及建模仿真分析软件进行单任务及双重任务下步态参数(步长、步速、步频、步态周期)的采集与分析。

**结果:**双重任务下MCI组步频(步/min)(102.173±11.941)小于SCD组步频(110.500±10.435)( $P<0.01$ );MCI组步态周期(s)(1.209±0.133)较NC组步态周期(1.122±0.117)和SCD组步态周期长(1.116±0.102)( $P<0.01$ )。NC组在双重任务下步长(m)及步速(m/s)下降( $P<0.01$ );SCD组在双重任务下步长、步速及步频均下降( $P<0.05$ );MCI组在双重任务下步速、步频及步态周期均下降( $P<0.01$ )。相关性分析显示步速与记忆和语言功能存在正性相关( $P=0.005, r=0.312; P=0.014, r=0.277; P=0.005, r=0.317$ ),步频与记忆功能存在正性相关( $P=0.010, r=0.289; P=0.012, r=0.283$ ),步态周期与记忆功能存在负性相关( $P=0.001, r=-0.354$ ),与执行功能存在正性相关( $P=0.022, r=0.258$ )。

**结论:**双重任务下步态参数可作为早期评估认知功能的辅助指标。

**关键词** 轻度认知障碍;主观认知下降;双重任务;步态分析

中图分类号:R493,R318.0 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2021)-05-0546-07

Clinic study of cognitive function and dual task gait in patients with early cognitive impairment/ZHONG Qian,ZHU Yi, WU Han, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2021, 36(5): 546—552

## Abstract

**Objective:** To explore the relationship between gait parameters and cognitive function in patients with early cognitive impairment under dual task condition.

**Method:** Twenty patients with mild cognitive impairment, thirty four patients with subjective cognitive decline, and 24 normal cognition elderly were included in this study. Three-dimensional motion capture system and modeling analysis software were used to collect and analyse gait parameters (step length, step speed, cadence and gait cycle).

**Result:** The cadence (steps/min) of the MCI group (102.173±11.941) was lower than that of the SCD group (110.500±10.435) ( $P<0.01$ ); the stride time(s) of the MCI group (1.209±0.133) was longer than that of the NC group (1.122±0.117) and SCD group (1.116±0.102) ( $P<0.01$ ). The step length(m) and gait speed(m/s) of the NC group decreased under the dual task condition ( $P<0.01$ ); the step length, gait speed and cadence of the SCD group decreased under the dual task condition( $P<0.05$ ) and the gait speed, cadence and stride time de-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2021.05.007

\*基金项目:国家自然科学基金青年科学基金资助项目(81802244);国家自然科学基金面上项目(81772454);国家自然科学基金面上项目(81971237);江苏省科技厅临床前沿技术(BE2017734)

1 南京医科大学第一临床医学院,江苏省南京市,210029; 2 南京医科大学第一附属医院康复医学中心;3 南京大学医学院附属鼓楼医院康复医学科; 4 江苏省人民医院钟山康复分院; 5 通讯作者

第一作者简介:钟倩,女,硕士研究生;收稿日期:2020-03-18

creased under the dual task condition in MCI group ( $P < 0.01$ ). The correlation analysis showed that there was a positive correlation between gait speed and memory as well as language function ( $P = 0.005, r = 0.312; P = 0.014, r = 0.277; P = 0.005, r = 0.317$ ), a positive correlation between cadence and memory function ( $P = 0.010, r = 0.289; P = 0.012, r = 0.283$ ), a negative correlation between gait cycle and memory and a positive correlation between executive function ( $P = 0.001, r = -0.354; P = 0.022, r = 0.258$ ).

**Conclusion:** Gait parameters under dual task condition in patients with early cognitive impairment can be used as an early auxiliary index of cognitive function.

**Author's address** The First Clinical Medical College of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu, 210029

**Key word** mild cognitive impairment; subjective cognitive decline; dual task; gait analysis

阿尔茨海默病(Alzheimer disease, AD)是一种神经退行性疾病,其特征是进行性认知障碍和日常生活能力丧失<sup>[1]</sup>。AD临床前期通常经历主观认知下降(subjective cognitive decline, SCD)和轻度认知障碍(mild cognitive impairment, MCI)阶段<sup>[2-3]</sup>。MCI患者认知功能介于正常衰老与失智症(痴呆)之间,60岁以上老年人MCI的患病率为15%—17%<sup>[4]</sup>。SCD是指个体主观上有记忆或认知功能下降,但是神经心理学评估尚处于正常范围<sup>[5]</sup>,其中AD临床前期SCD患者转化为MCI及AD的风险较高,应早期诊断与治疗。

研究显示MCI者的跌倒率是同龄老年人的2—3倍,并且与双重任务(dual task)下的步行能力下降密切相关,且SCD者在双重任务下姿势控制也出现异常<sup>[6-7]</sup>。双重任务是指在执行一个原发任务的同时执行一个继发任务<sup>[8]</sup>。双重任务下步态异常(步行速度下降、步行不稳)早于或伴随认知功能(注意力、执行能力和工作记忆)下降<sup>[9-10]</sup>。因此研究者认为认知干扰能够预测运动能力丧失、跌倒和痴呆进展<sup>[11]</sup>,但是双重任务下步行能力的评价往往被忽略。

目前研究显示双重任务下步行能力可能作为评价认知功能的有效手段<sup>[12-13]</sup>,但评估方式仅局限于足印迹法、秒表计时以及电子步道等,存在指标单一、精确度不足等问题,而且对于不同程度认知损害的老年人双重任务下步行能力的研究较少。因此,本研究采用三维运动捕捉系统来评价早期认知障碍患者双重任务下步行能力,旨在探讨不同认知损害老年人双重任务下步态参数的损害及其与认知功能之间的关系。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

南京医科大学第一附属医院康复医学科2019年6—10月通过报纸等公开招募方式共募集老年人180例,通过筛查最终纳入78例符合条件的受试者,其中认知功能正常(normal cognition, NC)组24例,SCD组34例,MCI组20例。3组受试者的性别、年龄、身高、体重以及受教育程度等一般临床资料无显著性差异( $P > 0.05$ ),见表1。本研究已通过了南京医科大学第一附属医院伦理委员会的批准(批准号:2019-SR-015),且所有受试者均签署知情同意书。

**1.1.1 入组标准:** MCI组:①符合美国国立老化研究院(National Institute of Aging, NIA)和阿尔茨海默病协会(Alzheimer's Association, AA)2018年最新MCI诊断标准,且病情稳定<sup>[5]</sup>;②有记忆障碍的主诉 $\geq 6$ 个月,但日常生活可以自理;③满足以下条件之一者:记忆、语言、执行功能中至少一个认知域的两个神经心理测评分都低于正常范围的1个标准差(1.0SD);三大认知域中,均有一个神经心理测评分都低于1.0SD;功能活动(Functional Activities Questionnaire, FAQ) $\geq 9$ <sup>[14]</sup>。

SCD组:①符合2014年SCD协作组提出的诊断标准,且病情稳定<sup>[15]</sup>;②同时满足以下条件者:未达到MCI的神经心理学标准、有记忆主诉、对记忆下降存在担忧。

NC组:①未达到MCI的神经心理学诊断标准;②无认知受损主诉。

**1.1.2 排除标准:**①年龄 $< 55$ 周岁或 $> 85$ 周岁者;②根据美国国立神经系统疾病与卒中研究所和瑞士神经科学研究国际协会(NINDS-AIREN)标准目前诊断为可能的血管性痴呆症;③改良的Hachinski缺血量表(MHIS)评分 $> 4$ 分;④不能配合认知功能检查者(包括失明、失聪、重度语言障碍等);⑤合并严重

表1 受试者一般资料比较

( $\bar{x} \pm s, n=78$ )

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	身高(m)	体重(kg)	基础疾病(例)			受教育程度(年)
		男	女				高血压	糖尿病	腔隙性梗死	
NC组	24	14	10	71.33±4.63	1.63±0.09	65.43±12.32	11	4	2	12.67±2.50
SCD组	34	15	19	72.59±5.23	1.59±0.08	60.62±8.88	15	8	2	13.03±2.42
MCI组	20	9	11	70.90±6.46	1.59±0.06	64.18±9.79	7	3	0	12.00±2.94

的糖尿病足、心血管疾病、骨关节等运动系统疾病或平衡功能障碍影响步行者。

### 1.2 认知功能评估

根据《中国阿尔茨海默病临床前期主观认知下降的诊治策略》<sup>[14]</sup>,使用华山版听觉词语学习测验<sup>[16]</sup>(auditory verbal learning test Huashan version, AVLT-H)、动物词语流畅性<sup>[17]</sup>和波士顿命名测试(Boston naming test, BNT)<sup>[18]</sup>、形状连线测验A(trial-making-test A, TMT-A)和B(trial-making-test B, TMT-B)<sup>[19]</sup>。分别评估受试者记忆、语言和执行功能三大认知领域,并根据评估结果,将受试者分为NC组、SCD组及MCI组,见表2。

**1.2.1 记忆功能:**采用华山版听觉词语学习测验评估延时记忆(N5)和再认(N7)功能。测试内容由12个词语组成,包含花、职业以及服饰类各4个,分值越高,提示记忆功能越好。

**1.2.2 语言功能:**采用动物词语流畅性和BNT进行评估,动物流畅性要求受试者在1min的时间内尽可能多地说出动物的名称,个数越多提示语言功能越好;BNT要求受试者对30幅黑白线条描绘的图片进行命名并记录回答正确个数,个数越多提示语言功能越好。

**1.2.3 执行功能:**采用TMT-A和TMT-B进行评估,记录完成两个测试所用时间,所用时间越短,提示执行功能越好。

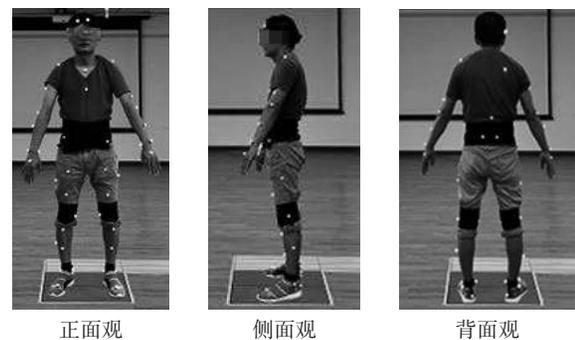
### 1.3 步行能力评估

**1.3.1 数据采集与分析:**步行能力评估在江苏省人民医院钟山康复分院三维步态分析实验室开展,利用三维运动捕捉系统(Vicon Nexus2.8, Oxford Metrics, Oxford, UK),12部摄影机(Vantage5, Vicon Nexus2.8, Oxford Metrics, Oxford, UK)校准后采集数据,见图1。采样频率为100Hz;所有受试者均按照CGM2.3(Conventional Gait Model2.3)运动捕捉模型<sup>[20]</sup>黏贴直径为14mm的荧光标记物,共51个,见图2。数据采集后使用建模仿真分析软件

图1 环境校准及数据采集



图2 CGM运动捕捉模型



(Visual 3D Professional V6, C-Motion Incorporation USA)进行分析。

**1.3.2 试验方案:**三组受试者均着实验室提供的统一服装并自备日常步行的鞋。在实验人员的引导下受试者先在测试区域步行数个来回适应环境,并了解试验经过。正式开始测试时,先以自选速度步行,然后再进行双重任务步行能力测试:在步行过程中执行连续100减7计算任务。上述两种方案均重复进行3次,保证至少采集10个步行周期参与计算分析;为排除步行启动时加速及结束时减速的加速度影响,开始与结束时1m内的步行周期不纳入计算分析。

**1.3.3 观察指标:**计算三组受试者经身高体重校正后获得的单任务与双重任务下步长、步速、步频及步态周期时空参数。

**步长:**一侧足跟触地到对侧足跟触地之间的距离,步长越大提示步行能力越好。

**步速:**一侧足跟触地到同侧足跟触地之间的距

去除以经过的时间,步速越快提示步行能力越好。

步频:1min内包含的步长个数,步频越快提示步行能力越好。

步态周期:一侧足跟触地到同侧足跟再次触地所经历的时间,步态周期越短提示步行能力越好<sup>[21]</sup>。

### 1.4 统计学分析

数据采用SPSS 22.0统计学软件进行分析,所有资料均符合正态分布。计量资料以均数±标准差表示,性别构成比及基础疾病计数统计采用校正的 $\chi^2$ 检验,三组年龄、身高、体重、受教育年限、步态参数等连续性资料采用单因素方差分析及多重比较检验,步态参数组内比较采用配对t检验,步态参数与认知功能指标相关性分析采用Pearson相关分析。 $P<0.05$ 为有显著性差异。

## 2 结果

### 2.1 三组受试者认知功能评估结果

NC组、SCD组和MCI组记忆功能、执行功能、语言功能均呈下降趋势。MCI组N5评分与SCD、NC组有显著性差异( $P=0.001, P<0.001$ ),SCD组与NC组无显著性差异( $P=0.478$ );三组N7评分( $P=0.006, P<0.001, P=0.009$ )、TMT-A测试评分( $P=$

$0.005, P<0.001, P=0.034$ )和TMT-B测试评分( $P=0.009, P<0.001, P=0.020$ )两两比较均有显著性差异。MCI组波士顿命名测试评分与SCD组、NC组有显著性差异( $P=0.018, P=0.002$ ),NC组与SCD组无显著性差异( $P=0.308$ );NC组动物流畅性评分与SCD、MCI组有显著性差异( $P=0.003, P<0.001$ ),SCD与MCI组无显著性差异( $P=0.068$ )。见表2。

### 2.2 三组受试者步态参数组内比较

三组受试者双重任务下步态参数较单任务相比,步长、步速、步频均减小,步态周期变长。其中,NC组步长及步速存在显著性差异( $P=0.002; P=0.002$ ),步频及步态周期无显著性差异( $P=0.100; P=0.924$ );SCD组步长、步频及步速有显著性差异( $P<0.001; P=0.028; P<0.001$ ),步态周期无显著性差异( $P=0.092$ );MCI组步速、步频及步态周期有显著性差异( $P=0.006; P=0.001; P=0.013$ ),步长无显著性差异( $P=0.759$ )。见图3。

### 2.3 三组受试者步态参数组间比较

双重任务下,SCD组步频大于MCI组,MCI组步态周期大于NC、SCD组,差异均有显著性( $P=0.007; P=0.011; P=0.010$ )。单任务下,SCD组步速大于MCI组,差异具有显著性( $P=0.034$ )。见表3。

表2 受试者认知功能评估结果比较

( $\bar{x}\pm s, n=78$ )

认知指标	组别			P值		
	NC(n=24)	SCD(n=34)	MCI(n=20)	NC与SCD	NC与MCI	SCD与MCI
N5	4.50±1.59	4.12±2.23	2.10±2.08	0.478	<0.001 <sup>②</sup>	0.001 <sup>①</sup>
N7	22.13±1.68	20.38±2.41	18.65±2.74	0.006 <sup>①</sup>	<0.001 <sup>②</sup>	0.009 <sup>①</sup>
TMT-A	55.79±15.62	73.12±24.56	86.80±25.71	0.005 <sup>①</sup>	<0.001 <sup>②</sup>	0.034 <sup>①</sup>
TMT-B	148.58±49.00	186.91±59.84	222.65±46.11	0.009 <sup>①</sup>	<0.001 <sup>②</sup>	0.020 <sup>①</sup>
波士顿命名	24.21±2.86	23.21±3.67	20.70±4.44	0.308	0.002 <sup>①</sup>	0.018 <sup>①</sup>
动物流畅性	21.04±3.74	17.56±3.64	15.35±5.55	0.003 <sup>①</sup>	<0.001 <sup>②</sup>	0.068

注:N5:延时记忆功能评分;N7:再认功能评分;TMT-A:trial-making-test A 连线测试A;TMT-B:trial-making-test B 连线测试B;认知功能组间比较:①0.001≤ $P<0.05$ ;② $P<0.001$

表3 受试者单、双重任务下步行时空参数组间的比较

( $\bar{x}\pm s, n=78$ )

步态参数	组别			P值		
	NC(n=24)	SCD(n=34)	MCI(n=20)	NC与SCD	NC与MCI	SCD与MCI
<b>单任务</b>						
步长(m)	0.567±0.063	0.596±0.125	0.550±0.060	0.256	0.569	0.094
步速(m/s)	1.068±0.179	1.115±0.185	1.006±0.176	0.324	0.262	0.034 <sup>①</sup>
步频(步/min)	114.853±23.542	113.464±10.307	111.386±13.939	0.750	0.485	0.652
步态周期(s)	1.119±0.117	1.095±0.096	1.139±0.128	0.431	0.536	0.161
<b>双重任务</b>						
步长(m)	0.537±0.074	0.566±0.120	0.547±0.071	0.262	0.745	0.475
步速(m/s)	0.972±0.168	1.008±0.162	0.918±0.176	0.424	0.284	0.059
步频(步/min)	107.641±10.094	110.500±10.435	102.173±11.941	0.321	0.097	0.007 <sup>①</sup>
步态周期(s)	1.116±0.102	1.122±0.117	1.209±0.133	0.863	0.011 <sup>①</sup>	0.010 <sup>①</sup>

注:SCD组与NC组比较,MCI组与NC组比较,MCI组与SCD组比较:① $P<0.05$

### 2.4 步态参数与认知功能相关性分析

单任务步速与N5、N7以及波士顿命名测试正性相关( $P=0.005$ ;  $P=0.014$ ;  $P=0.005$ ); 双重任务步频与N5、N7正性相关( $P=0.010$ ;  $P=0.012$ ); 双重任务步态周期与N7负性相关( $P=0.001$ ), 与TMT-B正性相关( $P=0.022$ )。见表4。

### 3 讨论

目前AD的药物治疗效果证据不足,非药物干预作用有限,因此AD的临床前期成为研究热点。AD临床前期SCD和AD所致的MCI,早期诊断和干

预能够一定程度地延缓AD的发生。本课题组对不同认知水平的老年人进行步行能力的评估,了解认知功能与步行能力的相关性。

本研究发现单任务步速、双重任务步频与N5、N7存在正性相关,双重任务步态周期与N7具有负性相关,由于N5和N7分别反映了延时记忆和再认的能力,这一结果说明记忆功能越差则步行能力越差;双重任务步态周期与TMT-A、TMT-B具有正性相关,即双重任务下执行功能越差步行能力越差。既往研究提示海马和前额叶与记忆和执行功能密切相关<sup>[22]</sup>,而这两个脑区同时也与参与步行控制<sup>[23]</sup>,因此,认知储备越高,表现为步行能力越好<sup>[9]</sup>。一项前瞻性队列研究发现,双重任务下步行能力差的受试者,患MCI的风险明显高于步行能力正常者,双重任务下的步行能力与MCI向痴呆转化密切相关<sup>[12-13]</sup>。因此,本课题组认为双重任务下步态参数可能作为临床早期筛查认知障碍的辅助指标,与国内外研究结果相一致<sup>[24-25]</sup>。

本研究中三组受试者双重任务下步长、步频、步速与单任务相比均减小,步态周期增大,并且双重任务下NC组以及SCD组步态周期均小于MCI组,SCD组步频大于MCI组,提示受试者在执行双重任务时,认知任务可能对运动任务造成干扰,导致步行能力下降,并且认知损害越重,双重任务下步行能力受干扰程度越大。既往研究显示,MCI执行双重任务时步态周期明显大于正常老年人<sup>[26]</sup>,步速、步频明显小于正常老年人<sup>[8,27]</sup>,与本研究结果一致。

研究显示正常老年人执行双重任务时前额叶与颞叶皮层的连接性增强<sup>[28]</sup>,并且双重任务下步速减慢的正常老年人额叶、扣带回和海马体的体积减小<sup>[29]</sup>,提示双重任务下步行能力下降可能与认知执行网络的控制下降有关。初步证据显示,健康老年人双重任务下步速减慢、步速的认知消耗增大与 $\beta$ 淀粉样蛋白沉积相关<sup>[30]</sup>,而SCD及MCI的双重任务下步行能力比正常老年人更差,但其与上述脑区的功能变化及脑内 $\beta$ 淀粉样蛋白沉积的关系仍需要更多的研究来明确。

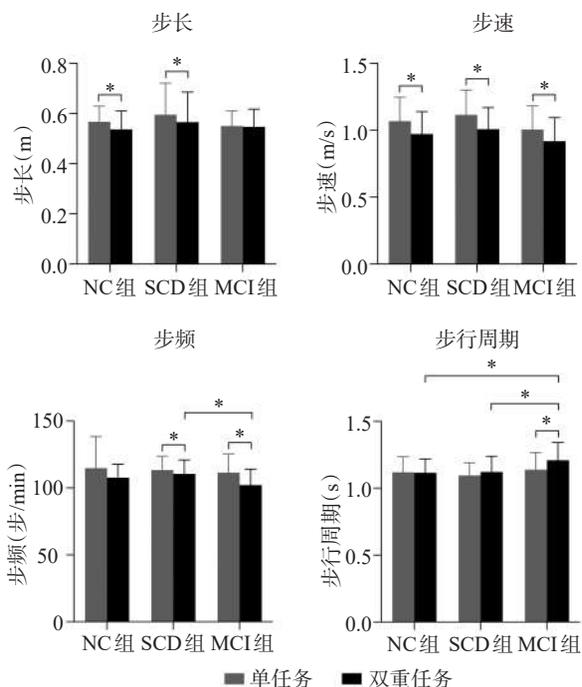
另外本研究发现,SCD和NC双重任务步行能力差异不大,可能是因为SCD患者主要出现的损害是记忆减退,而双重任务步行主要和运动控制、执行

表4 单、双重任务下时空参数与认知功能的相关性分析(相关系数 $r$ ) (n=78)

认知功能	单任务步速	双任务步频	双任务步态周期
N5	0.312 <sup>②</sup>	0.289 <sup>②</sup>	-0.209
N7	0.277 <sup>①</sup>	0.283 <sup>①</sup>	-0.354 <sup>②</sup>
TMT-A	-0.212	-0.143	0.219
TMT-B	-0.202	-0.192	0.258 <sup>①</sup>
波士顿命名	0.317 <sup>②</sup>	0.042	-0.07
动物流畅性	-0.096	-0.067	-0.105

注: N5: 延时记忆功能评分; N7: 再认功能评分; TMT-A: trial-making-test A 连线测试A; TMT-B: trial-making-test B 连线测试B; 步态参数与认知功能的相关性: ①0.01< $P$ ≤0.05; ② $P$ ≤0.01

图3 三组受试者单、双重任务下步态参数比较



注: 单、双重任务下步态参数比较\* $P$ <0.05

能力有关<sup>[31]</sup>。本研究采用的双重任务中认知任务是计算,SCD可能因为计算能力没有明确受损,所以无法体现和NC之间的差异。本课题组后期将探讨不同认知任务对MCI患者步行能力的影响尤其是对SCD较为敏感的记忆任务。

三维运动分析系统采集的数据能获得的步行时空参数更丰富,体现整体步态,并且利用三维运动捕捉系统可获得步行过程中运动学及动力学参数,进而客观定量地反映受试者的运动功能,目前已广泛应用于骨骼肌肉系统、脑瘫及帕金森等疾病的临床研究<sup>[32-34]</sup>,但对于MCI患者的运动学参数和动力学参数分析尚未见研究报道,因此本研究采用了三维运动捕捉系统进行双重任务步态分析,探讨早期认知障碍患者步行能力与认知水平之间的关系。

本研究的创新之处在于通过三维步态分析观察了SCD患者双重任务下步行能力及其认知功能之间的关系。本实验尚存在样本量较小,以及双重任务中认知任务方案较为单一的问题,可能不能完全反映整体人群的特点。在后续研究中,本课题组会继续扩大样本量,进一步研究双重任务与认知功能之间的关系。

#### 4 结论

不同认知水平在双重任务下步态参数存在差异,可作为评估认知功能的辅助指标。

#### 参考文献

- [1] Longhe Z. 2020 Alzheimer's disease facts and figures[J].*Alzheimer's & Dementia*,2020, 16(3): 391—460.
- [2] Petersen RC. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity[J].*Journal of Internal Medicine*,2004, 256(3): 183—194.
- [3] Hafkemeijer A, Altmann-Schneider I, Oleksik AM, et al. Increased functional connectivity and brain atrophy in elderly with subjective memory complaints[J].*Brain Connectivity*, 2013, 3(4): 353—362.
- [4] Xue J, Li J, Liang J, et al. The prevalence of mild cognitive impairment in China: A systematic review[J]. *Aging and Disease*,2018, 9(4): 706—715.
- [5] Jack CR Jr, Bennett DA, Blennow K, et al. NIA-AA Research Framework: Toward a biological definition of Alzheimer's disease[J].*Alzheimer's & Dementia*, 2018, 14(4): 535—562.
- [6] Callisaya ML, Launay CP, Srikanth VK, et al. Cognitive status, fast walking speed and walking speed reserve—the Gait and Alzheimer Interactions Tracking (GAIT) study[J]. *GeroScience*,2017, 39(2): 231—239.
- [7] Carr S, Pichora-Fuller MK, Li KZH, et al. Multisensory, Multi-Tasking Performance of Older Adults With and Without Subjective Cognitive Decline[J].*Multisensory Research*, 2019, 32(8): 797—829.
- [8] Montero-Odasso M, Muir SW, Speechley M. Dual-task complexity affects gait in people with mild cognitive impairment: the interplay between gait variability, dual tasking, and risk of falls[J].*Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*,2012, 93(2): 293—299.
- [9] Holtzer R, Wang C, Lipton R, et al. The protective effects of executive functions and episodic memory on gait speed decline in aging defined in the context of cognitive reserve[J].*Journal of the American Geriatrics Society*, 2012, 60(11): 2093—2098.
- [10] Watson NL, Rosano C, Boudreau RM, et al. Executive function, memory, and gait speed decline in well-functioning older adults[J].*The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2010, 65(10): 1093—1100.
- [11] Montero-Odasso M, Verghese J, Beauchet O, et al. Gait and cognition: a complementary approach to understanding brain function and the risk of falling[J].*Journal of the American Geriatrics Society*,2012, 60(11): 2127—2136.
- [12] Montero-Odasso MM, Sarquis-Adamson Y, Speechley M, et al. Association of Dual-Task Gait With Incident Dementia in Mild Cognitive Impairment: Results From the Gait and Brain Study[J].*JAMA Neurology*, 2017, 74(7): 857—865.
- [13] Rosso AL, Metti AL, Faulkner K, et al. Complex walking tasks and risk for cognitive decline in high functioning older adults[J].*Journal of Alzheimer's Disease*, 2019, 71(s1): S65—S73.
- [14] 韩纓. 中国阿尔茨海默病临床前期主观认知下降的诊治策略[J]. *J Chin Clin Med Imaging*,2018, 29: 534—538.
- [15] Jessen F, Amariglio RE, van Boxtel M, et al. A conceptual framework for research on subjective cognitive decline in preclinical Alzheimer's disease[J].*Alzheimer's & Dementia*,2014, 10(6): 844—852.
- [16] Guo QH, LC, Hong Z. Reliability and validity of auditory verbal learning test on Chinese elderly patients[J].*Chinese Mental Health*,2001, 15(3): 1—7.
- [17] Yu J, Li J, Huang X. The Beijing version of the Montreal Cognitive Assessment as a brief screening tool for mild

- cognitive impairment: a community-based study[J]. *BMC Psychiatry*, 2012, 12: 156—156.
- [18] Williams BW, Mack W, Henderson VW. Boston Naming Test in Alzheimer's disease[J]. *Neuropsychologia*, 1989, 27(8): 1073—1079.
- [19] 陆骏超, 郭浩, 洪震, 等. 连线测验(中文修订版)在早期识别阿尔茨海默病中的作用[J]. *中国临床心理学杂志*, 2006, 14(2): 118—120.
- [20] Schwartz M, Dixon PC. The effect of subject measurement error on joint kinematics in the conventional gait model: Insights from the open-source pyCGM tool using high performance computing methods[J]. *PLoS One*, 2018, 13(1): e0189984—e0189984.
- [21] 姜淑云. 步态分析-正常和病理功能(译)[M]. 第2版. 上海: 上海科学技术出版社, 2017. 1—12.
- [22] Deweer B, Pillon B, Pochon JB, et al. Is the HM story only a "remote memory"? Some facts about hippocampus and memory in humans[J]. *Behav Brain Res*, 2001, 127(1—2): 209—224.
- [23] Lafleur MF, Jackson PL, Malouin F, et al. Motor learning produces parallel dynamic functional changes during the execution and imagination of sequential foot movements [J]. *Neuroimage*, 2002, 16(1): 142—157.
- [24] Quan M, Xun P, Chen C, et al. Walking Pace and the Risk of Cognitive Decline and Dementia in Elderly Populations: A Meta-analysis of Prospective Cohort Studies[J]. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2017, 72(2): 266—270.
- [25] Beauchet O, Launay CP, Sekhon H, et al. Association of increased gait variability while dual tasking and cognitive decline: results from a prospective longitudinal cohort pilot study[J]. *GeroScience*, 2017, 39(4): 439—445.
- [26] Bahureksa L, Najafi B, Saleh A, et al. The impact of mild cognitive impairment on gait and balance: A systematic review and meta-analysis of studies using instrumented assessment[J]. *Gerontology*, 2017, 63(1): 67—83.
- [27] Gillain S, Warzee E, Lekeu F, et al. The value of instrumental gait analysis in elderly healthy, MCI or Alzheimer's disease subjects and a comparison with other clinical tests used in single and dual-task conditions[J]. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2009, 52(6): 453—474.
- [28] Allali G, Montembeault M, Brambati SM, et al. Brain Structure Covariance Associated With Gait Control in Aging [J]. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2019, 74(5): 705—713.
- [29] Chapman SB, Aslan S, Spence JS, et al. Neural mechanisms of brain plasticity with complex cognitive training in healthy seniors[J]. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 2015, 25(2): 396—405.
- [30] Nadkarni NK, Lopez OL, Perera S, et al. Cerebral Amyloid Deposition and Dual-Tasking in Cognitively Normal, Mobility Unimpaired Older Adults[J]. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 2017, 72(3): 431—437.
- [31] Forte R, Pesce C, Di Baldassarre A, et al. How older adults cope with cognitive complexity and environmental constraints during dual-task walking: the role of executive function involvement[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(10): 1835.
- [32] Myers PS, Rawson KS, Harrison EC, et al. Cross-sectional analysis of backward, forward, and dual task gait kinematics in people with parkinson disease with and without freezing of gait[J]. *Journal of Applied Biomechanics*, 2020, 36(2): 85—95.
- [33] Haddas R, Ju KL, Belanger T, et al. The use of gait analysis in the assessment of patients afflicted with spinal disorders[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(8): 1712—1723.
- [34] Shin HI, Sung KH, Chung CY, et al. Relationships between isometric muscle strength, gait parameters, and gross motor function measure in patients with cerebral palsy [J]. *Yonsei Med J*, 2016, 57(1): 217—224.