

·综述·

## 双任务训练在脑卒中患者下肢康复中的研究进展\*

刘 玉<sup>1,2</sup> 李庆雯<sup>1,3</sup>

脑卒中是我国的常见病,近年来出现年轻化的趋势。虽然医疗技术不断提高,使得急性脑卒中的病死率下降,但致残率却还高达80%以上。脑卒中后会出现一系列功能障碍,如运动功能障碍、平衡障碍、认知障碍等,严重影响患者的生存质量,给家庭和社会带来沉重的负担。步行障碍是其中最明显及严重影响患者日常生活活动的障碍之一。尽管改善步行能力一直是脑卒中患者康复的关键目标,但是据报道经过康复出院的只有60%—80%的脑卒中患者可以独立步行<sup>[1]</sup>,大部分患者都未能获得良好的步态和步行速度,而且只有很小比例的脑卒中患者能够具备功能性的行走能力。

在日常生活中不可避免地会执行双任务的情况,如边走边和家人谈话,或端着水杯,或是过马路时观察交通等。有研究表明同时执行2个任务对步态表现有消极的影响,而且这种双任务会影响健康人和神经障碍患者的平衡和步行表现<sup>[2-3]</sup>。脑卒中患者在双任务情况下步行时的步态表现会更差,这种双任务协调能力的下降会限制其功能及回归家庭和参与社会的程度,并且不能同时进行2项或2项以上的任务,预示着有较高的跌倒风险<sup>[4-5]</sup>。因此,在双任务情况下提高患者的行走能力也是一个重要的目标,尤其是对于社区活动受限的慢性脑卒中患者来说。而目前常规康复治疗主要强调在单任务条件下注重运动功能的恢复,缺少在双任务条件下的干预,这可能使得慢性脑卒中患者跌倒风险增加、日常活动的独立性下降、家庭和社区参与度下降以及生存质量不高。并且有研究指出经过常规的康复训练后并没有明显改善患者在双任务下的表现<sup>[6-7]</sup>。

近年来国内外学者开始关注一种新的训练方法,即双任务(dual-task)训练<sup>[8]</sup>,即同时进行2项或2项以上的认知和运动训练,已证实可应用于脑卒中患者以及可有效改善患者的平衡、步态及双任务表现<sup>[9-11]</sup>。目前国内在脑卒中下肢康复的研究中,双任务训练也逐渐被关注和应用。

### 1 双任务干扰的理论解释

同时进行认知和运动任务时往往其中1个或2个任务的

表现下降,这种现象被称为认知运动双任务干扰(cognitive-motor interference,CMI)<sup>[12]</sup>。对于这种现象,最初被认知心理学的研究者称之为“心理不应期”<sup>[13]</sup>,即必须在前一个任务加工完毕后才能对下一个任务进行加工。之后,有些学者提出认知系统是一个具有有限容量的整体,如果同时执行多项任务,注意力就会被分配,进而会影响一个或多个任务的完成效果。Kahneman等<sup>[14]</sup>也认为在执行任务时,有一个总的注意力的需求,当同时执行任务的注意力需求超过中枢的处理能力时,就会出现任务之间的干扰。

在众多解释这一现象发生的机制的研究中,有3个较有影响力的理论是容量模型理论(capacity theory)<sup>[15]</sup>、瓶颈理论(bottle neck theory)<sup>[16]</sup>和交汇理论(cross-talk theory)<sup>[17]</sup>。容量模型理论指出认知资源是有一定限度的,在某一时刻同时完成一项以上的任务时,分到每一项任务的容量就会变小,那么完成任务的表现就会打折扣。瓶颈理论是指大量的信息被人体接受后筛选出有用信息进行加工的一种理论,人体在一个时间点只能对一个任务进行加工。当两个任务同时需要通过一个机制来完成时,其中一个任务或者两个任务就会出现延迟或者无法完成。瓶颈理论的限制导致不能同时完成2项任务,必须把2个任务放在2个不同的时间点各自加工。但是这个理论无法解释执行某些简单的双任务时并不出现步态变化的情况。交汇理论是指同时执行两个相同类型的任务时,会减少双任务干涉的程度。原则上,当双重任务操作的最后输出结果相似时,个体能够轻易地同时完成两项任务。

然而,理论学家认为当两项任务涉及相似的信息时,处理的过程存在串扰,因此,同时完成这两项任务是存在难度的。Boes等<sup>[16]</sup>认为有神经损伤的像是多发性硬化、脑卒中、帕金森的患者及有认知缺陷的老年人,对于上述模型他们的认知资源可能更少。神经损伤的患者运动控制需要的注意力相对增加,这也意味着同时用于认知任务的注意力资源较少,更易受到双任务干扰的影响。其中对脑卒中患者来说最为典型的认知运动双任务干扰的模式有2种,一种是步态表

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.01.021

\*基金项目:天津市高等学校创新团队建设规划项目(TD12-5056)

1 天津体育学院社会体育与健康科学学院,301617; 2 天津市体育科学研究所; 3 通讯作者

第一作者简介:刘玉,女,康复治疗师; 收稿日期:2018-03-11

现较差而认知表现稳定(认知相关的运动干扰),另一种是步态表现和认知表现都较差(相互干扰)<sup>[6]</sup>。

## 2 双任务训练的实施方案

双任务训练主要分为2大类,一类是运动双任务训练<sup>[18]</sup>,需要在执行一项运动任务的同时执行另一项运动任务。另一类是认知运动双任务训练<sup>[19]</sup>,需要在执行一项运动任务的同时执行一项认知任务。运动双任务训练大多采用站立或步行并同时进行运动任务,包括边走边拿水杯,边走边拿盛有水杯的托盘,硬币转移,边走边打篮球,边走边接住或扔球等。认知运动双任务训练是采用站立姿势或步行并同时进行认知任务,不过一些贴近日常活动的运动任务,如平地行走、上下楼梯、跨越障碍物等也逐渐被运用。认知任务则来源于相应的认知领域,AI-Yahya等<sup>[20]</sup>在综述中将其归纳为五类,分别是反应时间类任务、区分和决策类任务、信息追踪类任务、工作记忆类任务、语言流畅类任务。不同类型的认知任务对训练效果的影响程度也不同。一般使用的认知任务如口头朗诵、n-back任务和倒着计数等被认为需要更多认知参与。有研究<sup>[21]</sup>指出计算任务对步态的干预作用最明显,脑卒中患者在步行的同时进行计算任务时,其步速和健侧摆动相百分比显著降低。威维璜<sup>[22]</sup>的研究也指出心算任务类似于日常生活中常见的双重任务,完成心算题需要在短时间内占用一定的认知负荷,速度越快,认知资源需求就越多。因此使用心算任务的双任务训练可提高患者在短时间内的认

知切换速度,也可在一定程度上改善患者认知分配策略,优化执行双任务时各个任务的作业绩效。另外,时钟任务<sup>[23]</sup>和言语任务<sup>[24]</sup>在脑卒中中的步态上也有较好的双任务效应。

双任务训练在脑卒中患者下肢康复的应用中选取的大都是病程半年以上<sup>[25-26]</sup>或一年以上<sup>[18,27]</sup>的患者,步行能力大都是较少辅助下步行10m或独立步行10m及10m以上<sup>[18,27-29]</sup>,另外有研究还强调了患者的步速至少是社区移动的最低步速(35m/min)<sup>[18,29]</sup>。认知功能大都是MMSE $\geq$ 24分<sup>[28-29]</sup>,能简单交流和遵从治疗师指令。训练的强度和频次一般在每天20—45min,每周3—5次,持续2—8周<sup>[9]</sup>。对步行能力的评估常用的有:①评估运动功能障碍严重程度的Fugl-Meyer运动功能评定量表(下肢部分);②评定平衡功能的Berg平衡量表;③评估行走协调移动能力的“起立-行走”计时测试;④评估患者的步行速度的10m步行速度测试;⑤步态分析采用GAITRite系统测得的步态参数。具体实施方案见表1。

认知运动双任务训练实施过程中,可能会遇到执行双任务时姿势稳定性增加和降低的现象,Lacour等<sup>[33]</sup>提出U型非线性的相互作用模型来解释这种现象,指出姿势稳定性的增加或下降取决于第二任务的复杂性和消耗的注意力资源,即若第二任务需要的资源少,姿势稳定性将提高,若第二任务的复杂程度增加,姿势稳定性将降低。对于双任务训练中双任务的复杂性,Ghai等<sup>[34]</sup>在系统评价中指出发音清晰度是其复杂性的一个因素。此外,作者还指出语言的产生也是伴随

表1 各项研究的具体实施方案

受试者	纳入标准	干预	时间	结果测量	
Kim <sup>[30]</sup>	住院脑卒中患者20,双任务组G1=10,单任务组G2=10	病程1年以上,MMSE $>$ 24	G1:步行训练同时进行认知任务(无具体说明) G2:步行训练	30min/d 3d/w 4w	Stroop测试,起立行走计时测试,10m步行测试,Figure-of-8行走测试
Plummer <sup>[31]</sup>	社区脑卒中患者44,双任务组G1=22,单任务组G2=22	病程1年以上,无辅助下能独立步行,蒙特利尔认知评定得分大于23	G1:步行训练同时进行认知任务(工作记忆、执行功能、视觉空间处理、语言任务) G2:步行训练	30min/d 3d/w 4w	Stroop测试,Fugl-Meyer评定量表,起立行走计时测试,步态参数(步长,双支撑期)
Liu <sup>[29]</sup>	住院脑卒中患者28,认知运动双任务组G1=9,运动双任务组G2=9,单任务组G3=10	病程1年以上,无辅助下独立步行10m,有最低的社区步行速度(35m/min),MMSE $>$ 24	G1:在常规康复基础上,步行训练同时进行认知任务(言语、计数、朗读、背诵等) G2:常规康复基础上,步行训练 G3:常规康复	30min/d 3d/w 4w	步态参数(步速、步频、步长等)
Kyung-hoon <sup>[32]</sup>	脑卒中患者23,双任务组G1=12,单任务组G2=11	病程1年以上,无辅助下独立步行10m,MMSE $>$ 20	G1:步行训练同时进行认知任务(减法计算、言语流畅性任务) G2:步行训练	30min/d 5d/w 4w	步态参数(步速、步长、双支撑期等)
Yang <sup>[18]</sup>	社区脑卒中患者25,双任务组G1=13,单任务组G2=12	病程一年以上,无辅助下独立步行,步速在58—80cm/s,理解指令并遵从	G1:步行同时进行运动任务(拿球、打球、踢球等) G2:无干预	30min/d 3d/w 4w	步态参数(步速、步频、步长等)

\* MMSE: Mini-mental State Examination, 简易智力状态检查量表

着感觉皮质的反馈错误检测系统再次激活运动区进行语言调整,因此建议听觉反馈在双任务训练中作为额外的因素增加复杂性。Yang等<sup>[35]</sup>也观察到由于不同类型的任务导致神经损伤的患者实际运动减少,强调双任务的表现需要在复杂的环境下进行双任务训练来增强。根据任务特定训练的原则,在各种环境背景下进行双任务活动的练习,是提高双任务能力的必要条件。

### 3 双任务训练的训练效果

在脑卒中的相关研究中, Lee等<sup>[36]</sup>通过BioRescue进行步行和重心转移的虚拟训练的同时进行计算和阅读等认知任务,使用Berg平衡量表和起立-行走计时测试对脑卒中患者进行疗效评估发现,双任务训练对提高脑卒中患者的平衡和步行能力有积极的作用。Her等<sup>[37]</sup>通过对脑卒中患者进行姿势控制的同时进行计数、数学减法计算、命名、背诵等认知任务,干预6周后发现在COP、K-BBS和FIM中有显著性改善,并且优于单任务组。Liu等<sup>[38]</sup>将28例脑卒中患者随机分成单任务组10例和运动双任务组9例和认知运动双任务组9例,单任务组进行直线走、倒着走和S形走,运动双任务组在步行时同时进行手握球、撑伞、摇铃、打篮球等运动任务,认知运动双任务组在步行时同时执行重复短语、计数、朗读、说话、背诵等认知任务,训练4周后采用GAITRite评估患者的步态参数,结果显示3组较训练前在步长、步速和步频方面均有改善,认知运动双任务组相比其他组改善更明显。

然而在对老年人的研究中, You等<sup>[38]</sup>在对老年人进行的持续6周的认知运动双任务训练后,步态测试结果表明,对照组参与者步速显著提高,但实验组参与者步速改善却不明显,且两组间在稳定性方面未发现有显著性差异。并且也有研究未发现认知运动双任务训练比单纯认知或运动训练的效果更加显著<sup>[39-40]</sup>。Linde等<sup>[39]</sup>将70例健康老年人分为4组,分别接受认知训练、运动训练、认知-运动训练及不进行任何干预,发现训练后单任务组和认知-运动训练组效果相当。双任务训练是否比单纯的认知或运动训练更为有效,目前的研究报道还不是很一致。但大部分研究者认为,双任务训练要优于常规训练,不仅是双任务训练能够获取更大的训练效益,而且还能获得更长的效益持续时间。研究结果的不一致,可能是因为研究人群情况、干预的类型及评估的方式等的不同。

### 4 双任务训练对脑卒中患者单、双任务下的表现效果

目前国内外对于脑卒中患者进行双任务训练的研究中,大都关注的是双任务训练后在单任务条件下的表现效果。Kim等<sup>[30]</sup>将20例脑卒中患者随机分成单任务组10例和双任务组10例,两组均接受常规治疗,双任务组在此基础上接受

有认知任务的双步行训练,单任务组仅接受单步行训练,结果显示干预4周后,在认知能力(Stroop test)和单步行能力(TUGT、10MWT和F8WT)均有显著改善。在HyeonAc Kim等<sup>[26]</sup>的双任务训练对脑卒中患者步行能力影响的研究中,实验组进行双任务训练(从椅子上站起来的同时拿取脚前面的塑料杯,前方、侧方和后方步行的同时拿100g沙袋,上下斜坡或楼梯的同时转移杯子),对照组进行单运动训练(从椅子上站起来,前方、侧方和后方步行,上下斜坡和楼梯),干预4周后采用GAITRite评估患者在单步行下的步态参数,实验组患者的步速、步频、步长及步行周期均有显著改善,且与对照组相比有显著性差异。An等<sup>[11]</sup>还探讨了不同类型的双任务训练在单任务条件下的训练效果,将36例慢性脑卒中患者随机分成三组,分别进行运动双任务训练(在跑步机上步行的同时进行扔接球、循环挂圆环、解扣衣扣、拿稳水杯、转移水杯等5项运动任务),认知双任务训练(在跑步机上步行的同时进行辨别颜色、减法计算、口头类比推理、拼写单词等5项认知任务),认知和运动双训练(在跑步机上步行的同时进行15min的运动任务和15min的认知任务),采用STI、WDI、FRT、TUGT、FSST测量其平衡功能,采用10mWT和6minWT测量其单步行能力,干预8周后三组患者的平衡功能和步行能力均有明显改善,且联合认知和运动的双任务训练改善效果更佳。综上所述,双任务训练可改善脑卒中患者在单任务条件下的表现。

相关研究指出双任务训练还可提高脑卒中患者在双任务条件下的表现<sup>[4,9]</sup>。Yang等<sup>[18]</sup>对25例慢性脑卒中患者进行4周的双任务步态训练后,采用GAITRite评估其在双任务条件(步行同时拿着托盘)下步行时的步态参数,发现患者的步速、步频、步幅时间和步长均有显著性的改善。Plummer等<sup>[27]</sup>在对7例社区脑卒中患者进行双任务步态训练的案例研究中,让患者在步行时同时进行随机数的说出、词语联想、记忆、计算时间和背诵等认知任务,任务难度逐渐增加,结果显示在训练4周后双任务步速明显改善。Plummer-D'Amato等<sup>[31]</sup>将44例社区脑卒中患者随机分成单任务组和双任务组,单任务组练习步态活动,双任务组在练习步态活动的同时执行工作记忆任务、视觉空间处理任务、语言任务,并在Stroop任务、时钟任务条件下测量其双任务表现,结果表明在认知运动双任务训练后社区脑卒中患者的双任务步态表现明显改善。

目前关于探究双任务训练后脑卒中患者在双任务条件下的表现的研究还相对较少,笔者认为评估其在双任务条件下的表现是非常重要的,在日常生活中我们经常需要同时处理多种任务,包括社区步行也需要具备将步行与复杂环境中的其他任务结合起来的能力。双任务条件下的评估可有助于识别那些在复杂环境下步行困难的患者,与单任务条件下

的评估相比,评估双任务条件下的表现可为脑卒中患者的日常生活活动能力提供更好的指标。另外,双任务条件下步态的改善也意味着其社区步行能力的改善。因此,在注重双任务训练后单任务条件下表现的同时,也要评估其在双任务条件下的表现,从而使双任务训练更有效的应用于脑卒中患者。尽管相关文献中评估的双任务条件不尽一致,但笔者认为选取的双任务条件在满足有较大的双任务干扰的情况下还要贴近患者的日常生活,然而在这一方面还需要更多的关注和研究。

## 5 双任务训练中的可变优先级效应

单双任务下的训练形式会影响双任务下的表现,有研究指出在双任务条件下步行时,灵活分配两任务之间的注意力也可能是影响双任务表现的重要因素<sup>[42]</sup>。在对健康人的双任务训练研究中已经注意到可变优先级效应,指出接受可变优先级指令的人比接受固定优先级指令的人学习任务的速度更快,表现更好<sup>[43]</sup>。在 Silsupadol 等<sup>[44]</sup>的研究中也探讨了这点,他们对 23 例有平衡障碍的老年人进行 3 种不同的平衡训练,分别是单任务训练,固定优先级的双任务训练和可变优先级的双任务训练,单任务训练是仅进行身体稳定性训练,双任务训练是在双任务条件下进行平衡训练时同时增加听觉和视觉识别任务和计算任务,固定优先级要求受试者在所有时间内同等注意 2 个任务,可变优先级需要在 2 任务(姿势和认知任务)之间变换他们的优先权。结果显示只有可变优先级组在 2 周后的双任务条件下的步速方面有着较好的训练适应性,并且在 12 周的随访中训练效果依然维持。Ghai 等<sup>[44]</sup>在 meta 分析中指出在认知任务表现、学习效率和随访期内维持技能水平的能力方面,可变优先级指令下的双任务训练效果优于固定优先级指令下的训练效果。目前还不是很清楚脑卒中患者双任务下行走时是否有自动调整注意力的能力,且很少的研究关注于采用不同优先级指令对脑卒中患者进行双任务训练,只有 Kim 等<sup>[30]</sup>采用可变优先级指令对脑卒中患者进行认知运动双任务训练,结果显示认知和步行能力改善且优于单任务组,并且在 2 周后的随访中效果依然维持。因此,在对脑卒中的双任务训练过程中如何指示引导他们的注意也是较为重要的。

## 6 双任务训练后的转移效应

双任务训练后,不仅在训练过的双任务下的表现改善,而且在未训练的双任务下的表现也有改善,这种现象被称为转移效应。关于这种转移效应已经在老年人<sup>[45]</sup>和帕金森患者<sup>[46]</sup>的研究中报道了,经过双任务训练后,改善了未训练的双任务下的表现。但是在脑卒中的相关研究中,关于双任务训练后的转移效应,报道还不是很一致。Liu 等<sup>[29]</sup>对 28 例脑

卒中患者进行认知运动双任务训练(步行同时执行重复短语、计数、朗读、说话、背诵等认知任务),训练 4 周后在未训练的双任务条件下(步行时拿着托盘和步行时同时进行减法计算)测试,结果显示步长和双任务步速明显改善,表明认知运动双任务训练对未训练的双任务有积极的转移效应。但在 Plummer 等<sup>[27]</sup>的研究中却指出双任务训练在脑卒中患者的转移效果较低。存在差异的原因可能是双任务的不同,也可能是 Liu 的研究使用执行功能任务作为结果测量,在 Plummer 等的研究中是使用视觉空间任务来评估训练干预的转移效果。有可能在同种类型认知任务中有积极的转移效果,但在不同类型的认知任务中没有有效的转移效果,对此,还需要再进一步探讨对脑卒中患者进行双任务训练后的转移效果以及任务类型对转移效果的影响。

## 7 双任务训练的疗效机制

减少双任务干扰是通过至少两种可能的机制实现:①通过重复练习提高步行的自动化程度,步态自动化降低了步态对注意力的需求,从而增加了同时执行认知任务的能力;②通过任务型训练提高双任务协调能力,与步态相关的双任务可以提高这些活动性能<sup>[31]</sup>。Pellecchia 等<sup>[47]</sup>研究认为,双任务训练可增加参与者对双任务的协调能力,因为同时进行的两个任务不是互相独立的,动作系统通过计划整合当前的活动,并且通过练习获得任务间的协调性。Silsupadol 等<sup>[44]</sup>研究也指出双任务训练后效果改善显著是由于双任务训练接近任务整合假说,同时进行 2 项任务练习时更好的发展了任务协调技能。威维璜等<sup>[22]</sup>的研究指出通过长期的双任务训练,能有效降低完成任务时所需的认知负荷并优化分配策略。双任务训练可帮助参与者自动执行一个任务,同时关注发生的其他任务,提高个人处理能力,并且训练后有更多可用的注意资源来处理外部信息,以及应对突发的干扰时反应更快<sup>[48]</sup>。放射学的证据<sup>[49]</sup>也表明通过双任务训练增强了大脑的背外侧前额叶皮质的血流动力学,并且在训练后与双任务处理相关的某些中枢表现出较少的激活,表明训练后对处理的需求减少。总之,关于双任务训练的疗效机制可能有三个大的方面,第一个是在双任务训练后使受试者学会更有效的整合 2 个任务,第二是双任务训练可提高主要任务的自动化水平,这样主要任务需要的认知资源就会相对减少,那么就会有更多可用的认知资源用于次要任务,第三是双任务训练会使得信息处理的过程加快<sup>[50]</sup>。

## 8 小结

脑卒中康复的基本目标主要包括增加患者的独立性和促进患者回归社会并创造性的生活两个方面,最终的目的还是要回归家庭和社会。但康复过程中大都关注脑卒中患者

在单任务下的评估和训练,这使得患者即便康复回到家庭和社区也存在着跌倒风险增加、生存质量不高及社会参与度下降等问题。而双任务训练是同时执行两项或两项以上的任务,选取贴近日常生活中的运动和认知任务,可有效改善患者在单任务和双任务条件下的表现,提高患者执行双任务的能力,以及提高其功能性行走能力。双任务的方式更加符合脑卒中患者的生活现实,尤其是对于慢性脑卒中患者来说,双任务训练更是为其回归到复杂的家庭和社区活动提供了支持。但目前关于双任务训练在脑卒中康复中应用的报道仍有限,由于现实生活环境的复杂性,所以寻求更有效的双任务评估和训练在脑卒中的康复中仍需要更多的关注和研究。由于大多数的研究观察的是双任务训练可在短时间内有效改善脑卒中患者的平衡和步行能力,未来可对双任务训练的长期效益和效益持续时间做进一步探讨。

#### 参考文献

- [1] Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, et al. Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1995,76(1):27—32.
- [2] Li KZ, Lindenberger U, Freund AM, et al. Walking while memorizing: age-related differences in compensatory behavior [J]. Psychological Science,2001, 12(3):230—237.
- [3] Lovden M, Schaefer S, Pohlmeier AE, et al. Walking variability and working-memory load in aging: a dualprocess account relating cognitive control to motor control performance [J].The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences,2008, 63(3):121—128.
- [4] Baetens T, De Kegel A, Palmans T, et al. Gait analysis with cognitive-motor dual tasks to distinguish fallers from nonfallers among rehabilitating stroke patients[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,2013,94(4): 680—686.
- [5] 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.
- [6] Plummer P, Eskes G, Wallace S, et al. Cognitive-motor interference during functional mobility after stroke: state of the science and implications for future research[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,2013,94(12):2565—2574.
- [7] Cockburn J, Haggard P, Cock J, et al. Changing patterns of cognitive motor interference over time during recovery from stroke[J]. Clin Rehabil,2003,17(2):167—173.
- [8] Shin SS, An DH. The effect of motor dual-task balance training on balance and gait of elderly women[J]. J Phys Ther Sci, 2014, 26(3): 359—361.
- [9] Wang XQ, Pi YL, Chen BL, et al. Cognitive motor interference for gait and balance in stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Neurol, 2015,22(3):555—e37.
- [10] Subramaniam S, Wan-Ying Hui-Chan C, Bhatt T. A cognitive-balance control training paradigm using wii fit to reduce fall risk in chronic stroke survivors[J]. JNPT,2014,38(4): 216—225.
- [11] An HJ, Kim JI, Kim YR, et al. The effect of various dual task training methods with gait on the balance and gait of patients with chronic stroke[J]. Journal of Physical Therapy Science, 2014,26(8):1287—1291.
- [12] Dennis A, Dawes H, Elsworth C, et al. Fast walking under cognitive motor interference conditions in chronic stroke[J]. Brain Res,2009,1287:104—110.
- [13] 黄琳,葛列众,王勇军. 双重任务操作的理论和实验研究[J]. 人类工效学,2000,6(3):5—9.
- [14] Kahneman D. Attention and effort[M]. NJ:Prentice Hall, 1973.112—118.
- [15] Tombu M, Jolicoeur P. All-or-none bottleneck versus capacity sharing accounts of the psychological refractory period phenomenon[J]. Psychol Res,2002,66(4):274—286.
- [16] Boes MK, Sosnoff JJ, Socie MJ, et al. Postural control in multiple sclerosis: effects of disability status and dual task [J]. J Neurol Sci,2012,315(1):44—48.
- [17] Pashler H. Dual-task interference in simple task: date and theory[J]. Psychol Bull,1994,116(2):220—244.
- [18] Yang YR, Wang RY, Chen YC, et al. Dual-task exercise improves walking ability in subjects with chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(10): 1236—1240.
- [19] Dennis A, Dawes H, Elsworth C, et al. Fast walking under cognitive motor interference conditions in chronic stroke [J]. Brain Res,2009,1287:104—110.
- [20] Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, et al. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis[J]. Neurosci Bio behav Rev,2011,35(3):715—728.
- [21] 鲁俊,许光旭,孟殿怀,等. 认知任务干扰脑卒中步态的前驱研究[J]. 中国康复医学杂志,2016,31(4):454—456.
- [22] 戚维璜. 不同双重任务下的平衡能力比较研究[D]. 上海体育学院,2013.
- [23] Plummer-D'Amato P, Brancato B, Dantowitz M, et al. Effects of gait and cognitive task difficulty on cognitive-motor interference in aging[J]. Journal of Aging Research,2012, 2012:583894.
- [24] Plummer D'Amato P, Altmann LJ, Reilly K. Dual-task effects of spontaneous speech and executive function on gait in aging: exaggerated effects in slow walkers[J]. Gait and Posture,

- 2011,33(2):233—237.
- [25] Sunhwa Shim, Jaeho Yu, Jinhwa Jung, et al. Effects of motor dual task training on spatiotemporal gait parameters of post-stroke patients[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2012, 24(9):845—848.
- [26] Hyeon Ae Kim, HyunMin Lee, Kyo Chul Seo. The effects of dual-motor task training on the gait ability of chronic stroke patients[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2013, 25(3):317—320.
- [27] Plummer P, Villalobos RM, Vayda MS, et al. Feasibility of dual-task gait training for community-dwelling adults after stroke: a case series[J]. *Stroke Research and Treatment*, 2014, 2014: 538602.
- [28] Kim K, Lee DK, Kim EK. Effect of aquatic dual-task training on balance and gait in stroke patients[J]. *J Phys Sci*, 2016, 28(7):2044—2047.
- [29] Liu YC, Yang YR, Tsai YA, et al. Cognitive and motor dual task gait training improve dual task gait performance after stroke - A randomized controlled pilot trial[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1):4070.
- [30] Kim GY, Han MR, Lee HG. Effect of Dual-task rehabilitative training on cognitive and motor function of stroke patients[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2014, 26(1):1—6.
- [31] Plummer-D'Amato P, Kyvelidou A, Sternad D, et al. Training dual-task walking in community-dwelling adults within 1 year of stroke\_ a protocol for a single-blind randomized controlled trial[J]. *BMC Neurol*, 2012, 12:129.
- [32] Kyunng-hoon Yu, Hye-seon Jeon. The effects of dual-task gait training on gait performance under cognitive tasks in chronic stroke[J]. *J Kor Phys Ther*, 2015, 27(5):364—368.
- [33] Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods[J]. *Neurophysiol Clin*, 2008, 38(6):411—421.
- [34] Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Interv Aging*, 2017, 12:557—577.
- [35] Yang YR, Chen YC, Lee CS, et al. Dual-task-related gait changes in individuals with stroke[J]. *Gait Posture*, 2007, 25(2):185—190.
- [36] Lee IW, Kim YN, Lee DK. Effect of a virtual reality exercise program accompanied by cognitive tasks on the balance and gait of stroke patients[J]. *Journal of Physical Therapy Science*, 2015, 27(7):2175—2177.
- [37] Her JG, Park KD, Yang YA, et al. Effects of balance training with various dual-task conditions on stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2011, 23:713—717.
- [38] You JH, Shetty A, Jones T, et al. Effects of dual-task cognitive-gait intervention on memory and gait dynamics in older adults with a history of falls: a preliminary investigation [J]. *Neuro Rehabilitation*, 2009, 24(2):193—198.
- [39] Linde K, Alfermann D. Single versus combined cognitive and physical activity effects on fluid cognitive abilities of healthy older adults: a 4-month randomized controlled trial with follow-up[J]. *J Aging Phys Act*, 2014, 22(3):302—313.
- [40] Shatil E. Does combined cognitive training and physical activity training enhance cognitive abilities more than either alone? a four-condition randomized controlled trial among healthy older adults[J]. *Front Aging Neurosci*, 2013, 5: 8.
- [41] Agmon M, Belza B, Nguyen HQ, et al. A systematic review of interventions conducted in clinical or community settings to improve dual-task postural control in older adults [J]. *Clin Interv Aging*, 2014, 9:477—492.
- [42] Siu KC, Chou LS, Mayr U, et al. Does inability to allocate attention contribute to balance constraints during gait in older adults? [J]. *Journals of Gerontology A Biological Sciences and Medical Sciences*, 2008, 63(12): 1364—1369.
- [43] Kramer AF, Larish JF, Strayer DL. Training for attentional control in dual task settings: a comparison of young and old adults[J]. *J Exp Psychol Appl*, 1995, 1:50—76.
- [44] Silsupadol P, Shumway-Cook A, Lugade V, et al. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2009, 90(3):381—387.
- [45] Yamada M, Aoyama T, Arai H, et al. Dual-task walk is a reliable predictor of falls in robust elderly adults[J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2011, 59(1):163—164.
- [46] Yogeve-Seligmann G, Giladi N, Brozgov M, et al. A training program to improve gait while dual tasking in patients with Parkinson's disease: a pilot study[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2012, 93(1):176—181.
- [47] Pellecchia GL. Dual-task training reduces impact of cognitive task on postural sway[J]. *J Motor Behavior*, 2005, 37(3): 239—246.
- [48] Bisson E, Contant B, Sveistrup H, et al. Functional balance and dual task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training[J]. *Cyberpsychol Behav*, 2007, 10(1):16—23.
- [49] Erickson KI, Colcombe SJ, Wadhwa R, et al. Training-induced functional activation changes in dual-task processing: an fMRI study[J]. *Cereb Cortex*, 2007, 17(1):192—204.
- [50] Ruthruff E, Van Selst M, Johnston JC, et al. How does practice reduce dual-task interference: integration, automatization, or just stage-shortening? [J]. *Psychological Research*, 2006, 70(2):125—142.