Published Online: 2019.July.13 **Research Article**

Archive of SID

Effect of Walking Speed and Cognitive Load on Gait Stability in the Elderly

Masoud Mirmoezzi[1], Mahdi Namazizadeh*[2], Heydar Sadeghi[3], Fariba Mohammadi[4]

1. Ph.D. Candidate in Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Full Professor in Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Esfahan, Iran
3. Full Professor in Sports Biomechanics, Kinesiology Research Center, Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor of Sports Sciences Research Institute of Iran (SSRII), Tehran, Iran

Received: 2019.April.30 **Revised: 2019.June.11** **Accepted: 2019.June.22**

Abstract

Background and Aims: Since walking and other tasks are simultaneously among the most common human activities, and considering the fact that that a large part of the elderly falls are during two tasks, the purpose of the present study was to examine the effect of walking speed and cognitive load on gait stability in the elderly.

Materials and Methods: A total of 10 healthy volunteer elderly (5 males and 5 females) without a history of falls took part in the study. They were asked to perform 3 walking trails on a treadmill, including walking at 3 paces (preferred, fast, and slow) with/without cognitive load. Cognitive task was performed by subtracting 3's from a random three digit number. The gait-stability ratio (GSR) was calculated for each of the above conditions. Two-way repeated measures ANOVA was used to examine the mean differences at the significance level of 0.05.

Results: The findings showed that the cognitive performance score decreases with increasing speed and at faster speeds, compared with speed with cognitive load, GSR was found to be higher ($p<0.01$).

Conclusion: The results showed that the elderly, through different walking strategies, especially the shorter phase, provide more dual support while walking, so that they will fall less with increasing steadiness.

Keywords: Walking speed; Dual-task; Stability; Elderly

Cite this article as: Masoud Mirmoezzi, Mahdi Namazizadeh, Heydar Sadeghi, Fariba Mohammadi. Effect of walking speed and cognitive load on gait stability in the elderly. J Rehab Med. 2020; 9(1): 156-163.

* **Corresponding Author**: Mahdi Namazizadeh. Professor in Motor Behavior, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Khorasgan Branch, Islamic Azad University, Esfahan, Iran
Email: namazizadehmahdi@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2019.111801.2103

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر سرعت راه رفتن و بار شناختی بر ثبات گام‌برداری در سالمندان

مسعود میرمعزی[۱]، مهدی نمازی‌زاده[۲*]، حیدر صادقی[۳]، فریبا محمدی[۴]

۱. دانشجوی دکترای رفتارحرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استادتمام گروه رفتارحرکتی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۳. استادتمام گروه بیومکانیک ورزشی، پژوهشکده علوم حرکتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۴. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۸/۰۲/۱۰ بازنگری مقاله ۱۳۹۸/۰۳/۲۱ پذیرش مقاله ۱۳۹۸/۰٤/۰۱ *

چکیده

مقدمه و اهداف

ازآنجا که انجام هم‌زمان راه رفتن و تکالیف دیگر، از روزمره‌ترین فعالیت‌های انسان به شمار می‌آید و با توجه به این‌که بخش عمده‌ای از زمین خوردن‌های سالمندان حین فعالیت دوتکلیفی اتفاق می‌افتد؛ هدف از تحقیق حاضر "بررسی تأثیر سرعت راه رفتن و بار شناختی بر ثبات گام‌برداری در سالمندان" بود.

مواد و روش‌ها

ده سالمند (۵ مرد و ۵ زن) سالم بدون سابقه زمین خوردن به‌صورت داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت نمودند. از شرکت‌کنندگان خواسته شد که سه تکلیف راه رفتن روی تردمیل با سرعت‌های ترجیحی، تند و کند را با/بدون اعمال بار شناختی انجام دهند. تکلیف شناختی با کم کردن ۳ تایی از یک عدد سه‌رقمی تصادفی انجام شد. نسبت ثبات گام‌برداری (GSR) برای هر یک از شرایط محاسبه گردید. از روش آماری واریانس مکرر دوطرفه برای بررسی اختلاف میانگین‌ها در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که نمره عملکرد شناختی با افزایش سرعت کاهش می‌یابد. در سرعت‌های تندتر از سرعت ترجیحی و بار شناختی مقدار GSR بیشتر است ($p<۰/۰۱$).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سالمندان از طریق استراتژی‌های مختلف راه رفتن به‌ویژه فاز کوتاه‌شونده، حمایت دوگانه بیشتری را حین راه رفتن ایجاد می‌کنند تا با افزایش ثبات گام‌برداری کمتر سقوط کنند.

واژه‌های کلیدی

سرعت راه رفتن؛ تکالیف دوگانه؛ ثبات؛ سالمندان

نویسنده مسئول: مهدی نمازی‌زاده، دکترای تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

آدرس الکترونیکی: namazizadehmahdi@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه و اهداف

فرآیند طبیعی پیری، سالمندان را با خطر بیشتر سقوط روبرو می‌کند و بیشتر سقوط‌ها در دوران سالمندی و حین راه رفتن است.[۱] در نتیجه با افزایش روند پیری، سازگاری در الگوی راه رفتن افراد مسن‌تر به سمتی می‌رود که با اتخاذ استراتژی‌های ضروری، ثبات گام‌برداری را افزایش دهد. هرچند ظرفیت حرکت بدن به جلو کاهش می‌یابد، اما این راه‌کار با افزایش ثبات گام‌برداری احتمال سقوط در سالمندان را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.[۲] سرعت، طول گام و حمایت دوگانه از مؤلفه‌های مهم در ثبات گام‌برداری و کاهش سقوط در افراد است.[۳] به‌منظور حفظ کارایی و روانی در راه رفتن، سیستم عصبی مرکزی (CNS) باید تغییرات در استراتژی‌های کنترل را در نظر بگیرد.[۴] CNS با محدود کردن حرکت مفاصل اندام تحتانی، الگوی راه رفتن را سازگار می‌کند و با این عمل سرعت راه رفتن نیز کاهش می‌یابد.[۲] از آنجا که تواتر گام‌برداری (Cadence) در بزرگ‌سالان و سالمندان یکسان است، سالمندان با طول گام کوتاه‌تر با تعداد گام یکسان نسبت به بزرگ‌سالان، مسافت کمتری را می‌پیمایند که این الگو باعث می‌شود سالمندان زمان بیشتری را در فاز حمایت دوگانه داشته باشند و در نتیجه الگوی راه رفتن باثبات‌تری را ایجاد می‌کنند.[۳] این در حالی است که الگوی راه رفتن در بزرگ‌سالان با فازهای بی‌ثبات همراه است و این الگو باعث می‌شود که بزرگ‌سالان پیشروی مؤثرتر روبه‌جلو همراه با تغییر جانبی مرکز ثقل در هر قدم داشته باشند[۲] و CNS راهکارهای کنترل‌کننده مختلفی را جهت جبران و برگشت سریع پایداری و حفظ تعادل پویا انجام دهد.[۴] در تحقیقات مختلفی رابطه سن با تغییرات در الگوی راه رفتن، ثبات گام‌برداری و تعادل بیان شده است و افزایش سن با کاهش عملکرد حرکتی ارتباط دارد.[۲، ۳، ۵]

در موقعیت‌های چالش‌برانگیز مانند راه رفتن در سرعت‌های مختلف و/یا تحت بارهای مختلف شناختی (که فعالیت‌های معمول روزانه را در برمی‌گیرد)، اعمال حرکتی و توجهی بیشتری از CNS می‌طلبد.[۴] تغییر سرعت راه رفتن، دسترسی به زمان پاسخ و همچنین بر انتخاب استراتژی اثر می‌گذارد.[۶] Chiu و Chou بیان کردند که سالمندان سازگاری در تغییرات سرعت راه رفتن را با استراتژی‌های مختلف کنترل عصبی–عضلانی انجام می‌دهند.[۷] Ghanavati و همکاران بیان کردند که تغییر در سرعت ترجیحی می‌تواند روی تغییرپذیری و دینامیک فاز راه رفتن تأثیر گذارد.[۴] Jordan و همکاران بیان کردند در یک سیستم کنترلی پویا هنگامی که افراد سرعت ترجیحی خود را تغییر می‌دهند، اغتشاش در سیستم ایجاد می‌شود. یکی از مفاهیم اساسی در رویکرد سیستم‌های پویا مفهوم جاذب‌ها است. جاذب می‌تواند به‌عنوان الگوی رفتار در نظر گرفته شود که در یک سیستم در حال شکل‌گیری است. با افزایش بسامد حرکتی، دو اندام نوسانگر رفتاری غیرخطی دارند. بی‌ثباتی در اجرا اختلال محسوب نمی‌شود، بلکه نوساناتی در خروجی سیستم است که پردازش نشده است. کاهش درجات آزادی مفاصل نیز یک راهکار برای برون‌رفت از این بی‌ثباتی و ایجاد جاذب جدید در سیستم است.[۸] Krasovsky و همکاران بیان کردند هر چقدر افزایش سرعت حرکت منجر به هماهنگی بین اندامی بیشتر (جاذب) می‌شود، ثبات گام‌برداری کاهش می‌یابد.[۵] به نظر می‌رسد تغییر در سرعت راه رفتن تلاش کنترلی (Control Effort) سیستم برای انجام تکلیف را افزایش می‌دهد و می‌تواند احتمال سقوط در سالمندان را افزایش دهد.[۹]

بار شناختی به‌عنوان مقدار از منابع ذهنی مورد نیاز برای اجرای کار می‌باشد. افزایش بار شناختی در تکالیف مختلف در راه رفتن (به‌عنوان‌مثال حساب) بار شناختی متفاوتی به سیستم پردازش مرکزی تحمیل می‌کند. بر اساس نظریه به اشتراک‌گذاری ظرفیت در پارادایم کنترل دوتکلیف، اجرای تکلیفی اضافی در راه رفتن ممکن است ویژگی‌های راه رفتن را تغییر دهد (به‌عنوان‌مثال، سرعت، تنوع و اعمال ذهنی) و یا اجرای تکلیف دوم و یا هر دو را تغییر دهد.[۱۰] Dubost و همکاران افزایش تغییرپذیری راه رفتن در افراد سالمند را حین اجرای تکالیف ساده محاسباتی گزارش کردند.[۱۱] Lindenberg و همکاران مشاهده کردند که اختلالات تکالیف دوگانه با افزایش سن بیشتر می‌شود و اختلالاتی نظیر کاهش در سرعت راه رفتن و افزایش در تعداد گام‌های اشتباهی در حین راه رفتن پدیدار می‌شود.[۱۲] به‌هرروی تغییرپذیری بیشتر یا کمتر از حد طبیعی می‌تواند منجر به ناپایداری حرکت شده و خطر زمین خوردن افزایش یابد.[۱۳]

به نظر می‌رسد عواملی چون سرعت راه رفتن که به‌صورت ترجیحی و غیرترجیحی انجام می‌گیرد و تکالیف دوگانه در هنگام راه رفتن که در موارد بسیاری از نوع شناختی است، فرد را درگیر می‌کند. این عوامل می‌تواند بر ثبات گام‌برداری حین راه رفتن و سقوط فرد تأثیرگذار باشد. اغلب فعالیت‌های روزمره مستلزم انجام هم‌زمان بیش از یک فعالیت می‌باشد، مثل راه رفتن و صحبت کردن. بخشی از موارد افتادن در افراد مسن حین انجام فعالیت‌هایی روی می‌دهد که لازم است توجه فرد به‌طور هم‌زمان بر کنترل قامت و انجام تکلیف شناختی متمرکز شود. دانش در مورد کنترل حرکتی در افراد سالم می‌تواند به‌عنوان زیربنای مقایسه مکانیسم الگوی راه رفتن در سالمندان استفاده شود. استفاده از تکلیف دوگانه حرکتی و شناختی، مؤثر به نظر رسیده و می‌تواند هم در برنامه‌های شناسایی جمعیت درخطر و هم در بررسی نتایج برنامه‌های توان‌بخشی، باهدف پیشگیری از افتادن در افراد مسن به کار رود. بااین‌حال، هیچ مطالعه‌ای اثرات بار شناختی و تغییرات در سرعت راه رفتن را در سالمندان سالم به‌طور هم‌زمان بررسی نکرده است؛ در نتیجه در تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این سؤال هستیم که اثر سرعت راه رفتن و بار شناختی بر ثبات گام‌برداری در سالمندان چگونه است.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع علی-مقایسه‌ای است و ۱۰ سالمند (سن: ۴/۲۸±۶۶/۶۵ و BMI: ۲/۳۵±۲۶/۵۶) سالم بدون سابقه زمین خوردن به‌صورت داوطلبانه در تحقیق شرکت نمودند (حجم نمونه‌ای که توسط Byrne و همکاران پیشنهاد شد و توان آماری ۸۰٪ جهت تشخیص تفاوت گروه‌ها در سطح ۰/۰۵ دارد).[۱۴] تمام شرکت‌کنندگان در سلامت کامل بودند و از ویلچر، واکر یا هر وسیله کمکی دیگر برای راه رفتن استفاده نمی‌کردند و در صورت داشتن اختلالات ارتوپدی، ویستیبولار یا عصبی که بر راه رفتن یا کاهش نمره شناختی تأثیرگذار بود، از مطالعه حذف می‌شدند. شرکت‌کنندگان نمره آزمون معاینه مختصر وضعیت روانی (Mini-mental State Examination) بالاتر یا مساوی ۲۵ داشتند.[۱۵] در این پرسشنامه جهت‌یابی، ثبت در حافظه، توجه، محاسبه، حافظه اخیر، زبان و توانایی‌های دیداری-ساختاری را می‌آزماید. نمره کل پرسشنامه ۳۰ و نمره کمتر از ۲۵ احتمال وجود اختلال شناختی را مطرح می‌سازد.[۱۶] تمام افراد قبل از شرکت فرم رضایت آگاهانه را تکمیل کردند و تأییدیه کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه خوارزمی به شماره ۱۰۰۰/۱۰۰-ک.ا.پ گرفته شد.

تکلیف راه رفتن

از دستگاه تردمیل H/P/COSMOS کشور آلمان مدل Mercury که شامل دو صفحه نیروی Piezoelectric شرکت kistler است برای تکلیف راه رفتن استفاده شد. این صفحات نیرو می‌تواند تعداد قدم، طول قدم و گام، تواتر گام‌برداری و سرعت گام‌برداری را خروجی دهد.[۱۷]

آزمون‌های راه رفتن در سه سرعت (ترجیحی، افزایش ۲۰ درصدی و کاهش ۲۰ درصدی) با پای برهنه انجام شد. سرعت ترجیحی از شرکت‌کنندگان با درخواست از آن‌ها جهت راه رفتن روی تردمیل با سرعت ۱ km/h و افزایش تدریجی ۰/۵ km/h تا اعلام سرعت مناسب توسط خود شرکت‌کننده است. بعد از ثبت سرعت دوباره از شرکت‌کنندگان خواسته شد که بر روی تردمیل قرار گیرند و با سرعت ترجیحی که توسط خودشان تعیین شده با افزایش و کاهش سرعت ۰/۵ km/h سرعت مناسب خود را تائید کنند. این روش چهار بار تکرار شد تا در نهایت سرعت ترجیحی هر شرکت‌کننده تعیین شد. برای هر شرکت‌کننده شش بار تکلیف راه رفتن شامل سه بار تکلیف راه رفتن با سرعت‌های ترجیحی، تند و کند بدون/با اعمال بار شناختی انجام شد. ثبت داده‌ها برای ۹۰ ثانیه روی تردمیل صورت پذیرفت.[۴، ۷] لازم به ذکر است که برای آشنایی شرکت‌کنندگان با محیط آزمایشگاه و آزمون‌گیری پس از شرح کامل آزمون، هر شرکت‌کننده چند بار به‌صورت آزمایشی روی تردمیل تمرین کردند. زمان لازم برای استراحت بین آزمون‌ها به افراد داده شد. همچنین ملاحظات ایمنی در طول اجرای آزمون (جلیقه و بند حمایتی) رعایت شد.

تکلیف شناختی

تکلیف شناختی تحقیق حاضر از نوع تکلیف محاسبه ذهنی است. تکلیف محاسبه ذهنی، حافظه کاری را درگیر می‌کند و بدین‌گونه اجرا می‌شود که شرکت‌کنندگان می‌بایست از یک عدد تصادفی سه‌رقمی، سه رقم سه رقم کم کنند و این روند برای ۹۰ ثانیه ادامه می‌یابد.[۴] از افراد مورد آزمون خواسته شد که در حالی که روی صندلی نشسته‌اند و/یا در حال حرکت روی تردمیل هستند، از یک عدد تصادفی سه‌رقمی، سه رقم سه رقم کم کنند و امتیاز افراد ثبت می‌شد. برای هر کدام از این آزمون‌ها، دفعات وقفه‌ها، کلمات یا محاسبات غلط و صحیح ثبت شد. در ضمن کلیه آزمون‌های گفتاری با یک ضبط صوت ضبط شد. شرکت‌کنندگان تمرین قبلی بر این تکلیف نداشتند. امتیاز عملکرد شناختی به‌وسیلهٔ فرمول زیر محاسبه شد:

میزان پاسخ صحیح=میزان پاسخ در هر ثانیه×درصد پاسخ‌های صحیح

تکلیف شناختی به تغییراتی که در میزان پاسخ‌های صحیح (CRR) بر اثر تکلیف دوگانه نسبت به شرایط تکلیف منفرد رخ می‌دهد، صورت پذیرفت. در این مطالعه، نمره‌ی عملکرد شناختی بر اساس فرمول زیر برای هر تکلیف محاسبه گردید.[۴، ۱۸]

$$\text{نمره‌ی عملکرد شناختی} = \frac{CRR_{\text{تکلیف دوگانه در راه رفتن}} - CRR_{\text{تکلیف دوگانه در وضعیت نشسته}}}{CRR_{\text{تکلیف دوگانه در وضعیت نشسته}}}$$

ثبات گام‌برداری

اندازه‌گیری‌های صورت‌گرفته در رابطه با سرعت راه رفتن و تغییرات طول قدم توسط Cromwell و همکاران بیان شد. این اندازه شامل نسبت ثبات گام‌برداری (GSR) که نسبت تواتر گام‌برداری (قدم بر ثانیه) بر سرعت (متر بر ثانیه) است که واحد آن برحسب قدم بر متر است. نسبت ثبات گام‌برداری بیان‌کننده ثبات در گام‌برداری است و افزایش آن نشان‌دهنده افزایش قدم‌ها بر متر است؛ یعنی فرد زودتر به مرحله حمایت دوگانه می‌رسد و ثبات گام‌برداری بهتری دارد. محققان در تحقیق خود بیان کردند که این روش از روایی خوبی برخوردار است و می‌تواند جهت ارزیابی و سنجش ثبات و پایداری در حرکت پویا باشد و پایایی آزمون را از طریق روش ضریب همبستگی درون-

www.SID.ir

Archive of SID

گروهی (ICC) برای سرعت راه رفتن ۰/۹۱ و برای تواتر گام‌برداری ۰/۷۵ گزارش کردند.[۲] پایایی آزمون-آزمون مجدد با استفاده از ضریب همبستگی برای ضریب ثبات گام‌برداری در تحقیق حاضر برابر ۰/۸۱ بود.

هر آزمودنی در ۶ تکلیف راه رفتن که شامل ۳ تکلیف راه رفتن بدون بار شناختی در سرعت‌های ترجیحی، تند و کند و ۳ تکلیف راه رفتن با بار شناختی با کم کردن ۳ تایی از یک عدد سه‌رقمی تصادفی در سرعت‌های ترجیحی، تند و کند بود، شرکت کردند. در تمام وضعیت‌ها تصادفی بودن اجرا رعایت شد. پس از آشنایی شرکت‌کنندگان با محیط آزمایشگاه، نحوه آزمون‌گیری و چندین اجرای آزمایشی جمع‌آوری داده‌ها شروع شد. آزمودنی‌ها تکلیف راه رفتن در سرعت‌های مختلف تعیین‌شده را انجام دادند و در هنگام بار شناختی به‌وسیله عدد سه‌رقمی تصادفی که از سوی آزمون‌گر از طریق ماشین‌حساب به آن‌ها اعلام می‌شد، به اجرای آزمون پرداختند و ثبت اطلاعات صورت گرفت. دو صفحه نیروی تعبیه‌شده در تردمیل تعداد قدم، طول قدم و گام، تواتر گام‌برداری و سرعت گام‌برداری را در فایل مربوطه در رایانه برای هر آزمودنی ذخیره کرد.

بررسی انطباق توزیع فراوانی متغیرهای کمی با توزیع نظری نرمال از طریق آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف انجام پذیرفت. بررسی تأثیر اصلی و متقابل گروه، بار شناختی و سرعت راه رفتن بر متغیرهای وابسته توسط آزمون آماری تحلیل واریانس مکرر با سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت و در صورت حصول معناداری، از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.

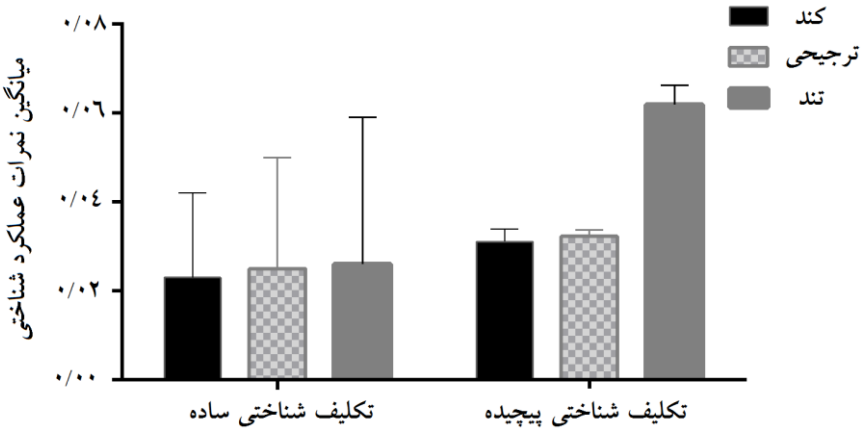
یافته‌ها

ویژگی‌های فردی شرکت‌کنندگان در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن توزیع داده‌ها را نشان داد ($p\geq$۰/۰۵). میانگین نمرات عملکرد شناختی سالمندان در سرعت‌های مختلف راه رفتن در نمودار ۱ مشاهده می‌شود. با استفاده از این فرمول سرعت و دقت فرد در انجام تکالیف شناختی مد نظر قرار می‌گیرد. مقادیر بیشتر نمره عملکرد شناختی نشان‌دهنده عملکرد شناختی ضعیف‌تر فرد (میزان پاسخ‌های صحیح کمتر) ضمن راه رفتن دوتکلیفی و برعکس است. به نظر می‌رسد که سالمندان در تکالیف شناختی پیچیده و در سرعت سریع‌تر نمره عملکرد شناختی ضعیف‌تری داشتند (نمودار ۱).

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرهای زمینه‌ای شرکت‌کنندگان

گروه	تعداد و جنسیت	متغیرهای زمینه‌ای	انحراف استاندارد±میانگین
سالمندان	۵ مرد و ۵ زن	سن (سال)	۶۶/۶۵±۴/۲۸
		قد (متر)	۱/۶۰±۲/۰۲
		وزن (کیلوگرم)	۶۹/۵۹±۳/۸۹
		نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۶/۵۶±۲/۳۵

داده‌ها به صورت "انحراف معیار±میانگین" گزارش شده است.



نمودار ۱: میانگین نمرات عملکرد شناختی سالمندان در سرعت‌های مختلف راه رفتن

میانگین پارامترهای دخیل در ثبات گام‌برداری در سرعت‌های متفاوت و با/بدون اعمال بار شناختی به ترتیب در جدول ۲ بیان شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: پارامترهای دخیل در ثبات گام‌برداری در سرعت‌های متفاوت و با/بدون اعمال بار شناختی

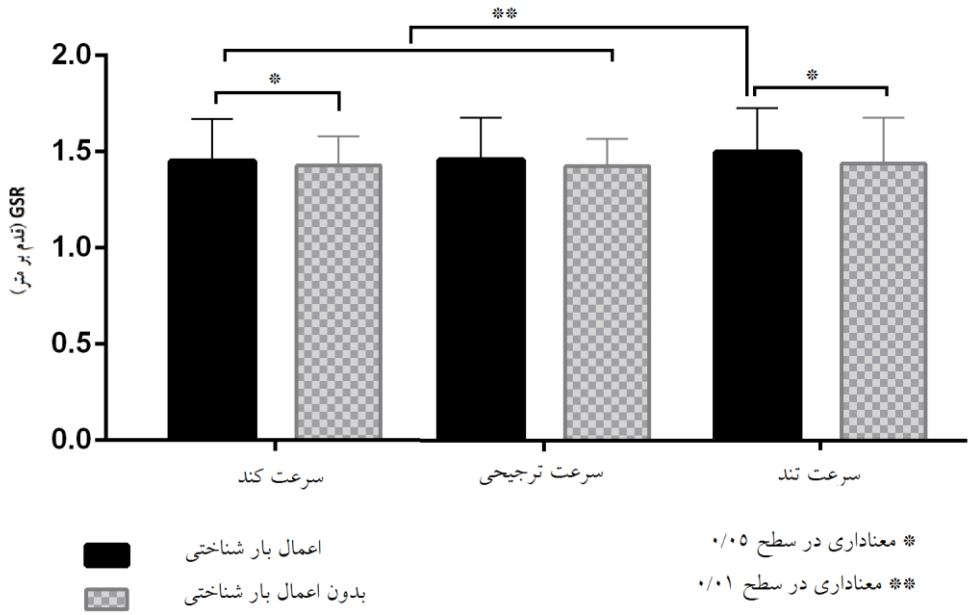
بار شناختی	سرعت راه رفتن	آهنگ گام-برداری (قدم بر ثانیه)	سرعت راه رفتن (متر بر ثانیه)	GSR (قدم بر متر)	طول گام (متر)	حمایت دوگانه (ثانیه)
بدون بار شناختی	کند	۱/۳۸±۰/۱۹	۰/۹۶±۰/۱۴	۱/۴۳±۰/۱۵	۰/۵۵±۰/۰۷	۰/۹۱±۰/۲۹
	ترجیحی	۱/۷۲±۰/۱۲	۱/۲۰±۰/۱۸	۱/۴۳±۰/۱۴	۰/۵۹±۰/۰۹	۰/۸۵±۰/۲۱
	تند	۲/۰۷±۰/۲۵	۱/۴۴±۰/۱۹	۱/۴۴±۰/۲۴	۰/۶۳±۰/۱۰	۰/۷۹±۰/۳۳
اعمال بار شناختی	کند	۱/۳۱±۰/۱۳	۰/۹۱±۰/۲۲	۱/۴۵±۰/۲۲	۰/۵۳±۰/۰۹	۰/۹۲±۰/۱۶
	ترجیحی	۱/۷۳±۰/۲۶	۱/۱۸±۰/۲۰	۱/۴۶±۰/۲۲	۰/۵۴±۰/۱۷	۰/۹۳±۰/۲۷
	تند	۲/۳۰±۰/۱۴	۱/۵۴±۰/۱۰	۱/۵۰±۰/۲۳	۰/۶۴±۰/۰۷	۰/۸۲±۰/۱۸

داده‌ها به صورت "انحراف معیار±میانگین" گزارش شده است.

نتایج تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر برای GSR نشان می‌دهد که اختلاف معناداری در گروه سالمندان با/بدون اعمال بار شناختی برای GSR وجود دارد ($p=۰/۰۰۲$ و $F_{۱ ,۹}=۲۹/۱۹$). همچنین در سرعت‌های مختلف راه رفتن برای GSR اختلاف معناداری وجود دارد ($p=۰/۰۳۱$ و $F_{۲ ,۱۸}=۲۶/۷۷$).

جدول ۳: نتایج تحلیل واریانس دوطرفه با اندازه‌های مکرر برای GSR

منابع واریانس	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	مقدار P
سرعت راه رفتن	۴/۷۴	۲	۲/۳۷	۲۶/۷۷	۰/۰۳۱
بار شناختی	۳/۱۲	۱	۳/۱۲	۲۹/۱۹	۰/۰۰۲
خطا	۷/۸۵	۲	۳/۹۳	–	–



نمودار ۲: نتایج آزمون بونفرونی با/بدون اعمال بار شناختی و سرعت راه رفتن متفاوت بر GSR در سالمندان

آزمون تعقیبی برای مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که افزایش سرعت راه رفتن همزمان با بار شناختی با سرعت‌های ترجیحی و کند، با/بدون بار شناختی اختلاف معنادار دارد ($p\leq۰/۰۱$) و در زمان بار شناختی ثبات گام‌برداری بیشتر است. نتایج آزمون نشان می‌دهد که در سرعت‌های تند و کند، با/بدون بار شناختی اختلاف معنادار وجود دارد ($p\leq۰/۰۵$). به نظر می‌رسد افزایش در سرعت ترجیحی و بار شناختی منجر به ثبات گام‌برداری بیشتر می‌شود (نمودار ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

بسیاری از سقوط‌ها در سالمندان حین راه رفتن و هم‌زمان با تکلیف شناختی روی می‌دهد.[۱۲] نتایج نشان داد که تند راه رفتن نسبت به راه رفتن با سرعت دلخواه و کند به‌طور قابل ملاحظه‌ای اجرای عملکرد شناختی افراد را بدتر می‌کند. این افت به‌ویژه در مورد تکلیف شناختی دشوارتر و در سالمندان، بزرگ‌تر به نظر می‌رسید. یافته‌های این بخش از مطالعه با نتایج پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد. تحقیقات نشان دادند که هزینه تکلیف دوگانه برای عملکرد شناختی با سخت‌تر شدن تکلیف حرکتی افزایش می‌یابد.[۱۹] Hollman و همکاران بیان کردند افراد سالمند سرعت راه رفتن کمتری نسبت به میان‌سالان و جوانان دارند و در زمان اعمال تکلیف دوگانه، این سرعت بیشتر کاهش می‌یابد. همچنین تغییرات گام‌برداری در حالت معمولی و حالت اعمال تکلیف دوگانه حین راه رفتن در سالمندان بیشتر است.[۱۳] راه رفتن و انجام هم‌زمان تکلیف دوگانه، حافظه کاری و توجه پایدار (Sustaine Attention) می‌توانند اجرای راه رفتن هم‌زمان با تکلیف شناختی پیچیده (مانند تفریق‌های سه‌تایی) را توضیح دهند و به نظر می‌رسد هرچه تکلیف شناختی سخت‌تر شود، هزینه تکلیف دوگانه برای راه رفتن بیشتر می‌شود و برعکس با سخت‌تر شدن تکلیف حرکتی، هزینه تکلیف دوگانه برای اجرای عملکرد شناختی افزایش می‌یابد که این یافته کاملاً با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد.[۱۸]

نتایج نشان داد که در سرعت‌های تندتر از سرعت ترجیحی با اعمال بار شناختی مقدار GSR بیشتر می‌باشد. Cromwell و همکاران بیان کردند که مقدار GSR در سالمندان نسبت به جوانان بیشتر است؛ بدین‌معنی که سالمندان گام‌های بیشتری در یک مسافت یکسان برمی‌دارند، در نتیجه با این مکانیسم ثبات الگوی راه رفتن آن‌ها افزایش می‌یابد. افزایش پایداری در حین راه رفتن باعث می‌شود سالمندان کاهش تعادل را تا اندازه‌ای جبران کنند؛ بنابراین با به حداکثر رساندن ثبات راه رفتن، سالمندان، الگوی حرکتی ایجاد می‌کنند که مقاومت و پایداری بیشتری نسبت به اختلال ایجاد می‌کند و به‌عنوان یک مکانیسم برای محافظت در برابر سقوط عمل می‌کند[۲]، اما این مکانیسم، سرعت پیشروی سالمندان را کاهش می‌دهد و به نظر می‌رسد سرعت فدای پایداری و ثبات در گام‌برداری می‌شود و سالمندان نسبت به جوانان، توجه بیشتری را فدای کنترل راه رفتن خواهند کرد.[۱۱، ۲۰، ۲۱] در نتیجه راه رفتن از یک رفتار آهنگین و خودکار به رفتاری چندتکلیفی پیچیده بدل می‌گردد که کنترل آن دشوارتر بوده و احتمال افتادن فرد را بیشتر می‌نماید.[۲۱] همچنین این اختلاف در اجرای هم‌زمان تکلیف شناختی پیچیده بیشتر بود. به‌منظور حفظ وضعیت قائم قامت، CNS باید اطلاعات آوران حسی را یکپارچه‌سازی کرده و مجدداً اطلاعات توزیع وزن را از سیستم‌های حسی مختلف (سیستم بینایی، سیستم دهلیزی و سیستم حسی–حرکتی) دریافت و فرمان‌های سیستم عصبی و عضلانی را به‌طور مداوم تنظیم نماید.[۲۲] اگرچه این فرآیند خودکار است، مطالعات متعدد با استفاده از تکلیف دوگانه نشان داده‌اند تکالیفی مانند راه رفتن با سرعت‌های متفاوت و اجرای تکالیف شناختی پیچیده نیازمند منابع توجهی است؛ لذا رقابت روی منابع محدود توجه جهت کنترل پاسچر و اجرای تکالیف دوگانه شناختی و عملکردی همواره وجود دارد.[۲۳]

سالمندان در سرعت تند و کند با/بدون اعمال بار شناختی دارای ثبات گام‌برداری متفاوت هستند و ثبات گام‌برداری در سرعت تند و با اعمال بار شناختی بیشتر است. در شرایط سخت بار حرکتی (سرعت راه رفتن) یا تکالیف شناختی در سیستم پویا تلاش کنترلی بیشتر می‌شود و در سالمندان که با افت شدید سیستم‌های حسی، عضلانی–اسکلتی، شناختی و غیره مواجه هستند، فشار بیشتر بر سیستم وارد می‌آید و سیستم کنترلی برای کاهش این تلاش از مکانیسم‌های مختلفی مثل کاهش سرعت راه رفتن، افزایش GSR و افزایش زمان حمایت دوگانه بهره می‌گیرد تا فرد سالمند با ثبات گام‌برداری بیشتر در فعالیت‌های روزمره ظاهر شود و خطر سقوط کاهش یابد. به نظر می‌رسد می‌توان با طراحی تمرین برای سالمندان در راه رفتن با سرعت‌های مختلف و با اعمال شناختی استراتژی‌های مختلف از طریق تغییر طول گام، سرعت گام و حمایت دوگانه را در سالمندان ایجاد کرد که این امر منجر به افزایش ثبات گام‌برداری شده و احتمال سقوط در سالمندان را به میزان زیادی کاهش می‌دهد.

تعدادی از سالمندانی که به لحاظ جسمانی و روانی شرایط لازم برای شرکت در مطالعه را دارا نبودند، به دلیل عدم توانایی در انجام تکالیف شناختی و عملکردی در مطالعه شرکت داده نشدند. وضعیت خواب، استراحت و تغذیه آزمودنی‌ها پیش از انجام آزمون‌ها در کنترل پژوهشگر نبود. همچنین استفاده از تردمیل می‌تواند یک محدودیت بالقوه برای تحقیق باشد زیرا تردمیل به‌اجبار سرعت راه رفتن فرد را در کلیه شرایط ثابت نگه می‌داشت که می‌تواند به‌طور مصنوعی تنوع‌پذیری طبیعی و نیازهای توجهی راه رفتن را تغییر دهد، ولی از آنجایی که شرکت‌کنندگان با شرایط کنترل‌شده یکسان و نسبت به بار شناختی و سرعت راه رفتن خودشان مورد آزمون قرار می‌گرفتند، می‌توان گفت که راه رفتن روی زمین تفاوت جزئی با مقادیر اندازه‌گیری‌شده فعلی دارد، این موارد از محدودیت‌های تحقیق حاضر بود.

نتیجه‌گیری

در شرایط سخت بار حرکتی یا شناختی در سیستم پویا تلاش کنترلی بیشتر می‌شود و CNS به دنبال کاهش تلاش کنترلی بر سیستم است چراکه ظرفیت کنترلی محدود است و CNS از سازوکارهای مختلفی برای جبران این اختلال استفاده می‌کند. سالمندان از طریق

www.SID.ir

Archive of SID
استراتژی‌های مختلف راه رفتن به‌ویژه فاز کوتاه‌شونده، حمایت دوگانه بیشتری را حین راه رفتن ایجاد می‌کنند تا با افزایش ثبات گام‌برداری کمتر سقوط کنند.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری یادگیری حرکتی آقای مسعود میرمعزی می‌باشد. بدین‌وسیله از کلیه افرادی که در فرآیند پژوهش ما را یاری کردند، تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

1. Beurskens R, Bock O. Age-related deficits of dual-task walking: a review. Neural plasticity. 2012;2012.
2. Cromwell RL, Newton RA. Relationship between balance and gait stability in healthy older adults. Journal of Aging and Physical Activity. 2004;12(1):90-100.
3. Osoba MY, Rao AK, Agrawal SK, Lalwani AK. Balance and gait in the elderly: A contemporary review. Laryngoscope Investigative Otolaryngology. 2019.
4. Ghanavati T, Salavati M, Karimi N, Negahban H, Takamjani IE, Mehravar M, et al. Intra-limb coordination while walking is affected by cognitive load and walking speed. Journal of Biomechanics. 2014;47(10):2300-5.
5. Krasovsky T, Lamontagne A, Feldman AG, Levin MF. Effects of walking speed on gait stability and interlimb coordination in younger and older adults. Gait & posture. 2014;39(1):378-85.
6. Hebenstreit F, Leibold A, Krinner S, Welsch G, Lochmann M, Eskofier BM. Effect of walking speed on gait sub phase durations. Human movement science. 2015;43:118-24.
7. Chiu S-L, Chou L-S. Effect of walking speed on inter-joint coordination differs between young and elderly adults. Journal of biomechanics. 2012;45(2):275-80.
8. Jordan K, Challis JH, Newell KM. Walking speed influences on gait cycle variability. Gait & posture. 2007;26(1):128-34.
9. Yoon J, Kumar RP, Özer A. An adaptive foot device for increased gait and postural stability in lower limb Orthoses and exoskeletons. International Journal of Control, Automation and Systems. 2011;9(3):515.
10. Chiu S-L, Chou L-S. Variability in inter-joint coordination during walking of elderly adults and its association with clinical balance measures. Clinical biomechanics. 2013;28(4):454-8.
11. Dubost V, Kressig RW, Gonthier R, Herrmann FR, Aminian K, Najafi B, et al. Relationships between dual-task related changes in stride velocity and stride time variability in healthy older adults. Human movement science. 2006;25(3):372-82.
12. Lindenberger U, Marsiske M, Baltes PB. Memorizing while walking: increase in dual-task costs from young adulthood to old age. Psychology and aging. 2000;15(3):417.
13. Hollman JH, Childs KB, McNeil ML, Mueller AC, Quilter CM, Youdas JW. Number of strides required for reliable measurements of pace, rhythm and variability parameters of gait during normal and dual task walking in older individuals. Gait & Posture. 2010;32(1):23-8.
14. Byrne JE, Stergiou N, Blanke D, Houser JJ, Kurz MJ, Hageman PA. Comparison of gait patterns between young and elderly women: an examination of coordination. Perceptual and motor skills. 2002;94(1):265-80.
15. Lord SR, Smith ST, Menant JC. Vision and falls in older people: risk factors and intervention strategies. Clinics in geriatric medicine. 2010;26(4):569-81.
16. Ansari NN, Naghdi S, Hasson S, Valizadeh L, Jalaie S. Validation of a Mini-Mental State Examination (MMSE) for the Persian population: a pilot study. Applied neuropsychology. 2010;17(3):190-5.
17. Irandoust K, Taheri M. The effect of aquatic training on kinematic walking patterns of elderly women. International Archives of Health Sciences. 2019;6(1):1.
18. Hall CD, Echt KV, Wolf SL, Rogers WA. Cognitive and motor mechanisms underlying older adults' ability to divide attention while walking. Physical therapy. 2011;91(7):1039-50.
19. Krampe RT, Schaefer S, Lindenberger U, Baltes PB. Lifespan changes in multi-tasking: concurrent walking and memory search in children, young, and older adults. Gait & posture. 2011;33(3):401-5.
20. Hausdorff JM, Schweiger A, Herman T, Yogev-Seligmann G, Giladi N. Dual-task decrements in gait: contributing factors among healthy older adults. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2008;63(12):1335-43.
21. Lamoth CJ, van Deudekom FJ, van Campen JP, Appels BA, de Vries OJ, Pijnappels M. Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2011;8(1):2.
22. García RB, Corresa SP, Bertomeu JMB, Suárez-Varela MMM. Static posturography with dynamic tests. Usefulness of biomechanical parameters in assessing vestibular patients. Acta Otorrinolaringologica (English Edition). 2012;63(5):332-8.
23. Boisgontier MP, Beets IA, Duysens J, Nieuwboer A, Krampe RT, Swinnen SP. Age-related differences in attentional cost associated with postural dual tasks: increased recruitment of generic cognitive resources in older adults. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2013;37(8):1824-37.

www.SID.ir