Archive of SID

Research Paper: Effects of age and walking speeds on vertical ground reaction force in younger and older adults

Maryam Rastegar[1], *Seyyed Hosein Hoseini[2], Mohamad Hosein Naser Melli[1], Morteza Taffah[3]

1. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2. Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Department of Sport injuries and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education, University of Guilan, Rasht, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Rastegar M, Hoseini SH, Naser Melli MS, Taffah M. [The Effects of Age and Walking Speeds on Vertical Ground Reaction Force in Younger and Older Adults (Persian)]. Journal of Rehabilitation. 2016; 17(4):290-299. http://dx.doi.org/10.21859/jrehab-1704290

doi: http://dx.doi.org/10.21859/jrehab-1704290

Received: 20 Jun. 2016
Accepted: 11 Oct. 2016

ABSTRACT

Objective Walking is one of the most important activities of daily living that plays a vital role in the lives of the elderly population and can help improve their physical and mental health. Especially, the survey of ground reaction force (GRF) during walking with different speeds between young and old adults results in better perception of essential mechanisms of speed regulation during walking. Thus, the purpose of this study was to examine the effects of age and walking speeds on vertical GRF in younger and older adults.

Materials & Methods The subjects of this study included 15 younger and 15 older men with a mean age of 26.46 and 70.33 years, respectively. All the subjects were healthy and randomly selected. A-10-meters walking path was considered along the laboratory, and a three-axis Kistler Force plate was placed in the middle of the track. The distance of walking start line to force plate was 4 meters. Each subject walked this 10-meters path with self-selected (100%), slow (80%) and fast (120%) speeds. The vertical GRF during walking stance phases including weight acceptance or first peak phase (FZ1), midstance or depth phase (FZ2), and heel off or second peak phase (FZ3) were measured by the Force plate at 200-Hz frequency. The data were analyzed by ANOVA with repeated measures and Bonferroni tests.

Results The results showed that the effects of age (P=0.002) and speed (P=0.001) on the mean vertical GRF are significant. Also, the interaction effect of age and speed on the mean vertical GRF was significant (P=0.013). According to the Bonferroni test, in both age groups, the mean vertical GRF was significantly different between different speeds (P<0.01). Moreover, at 100% (P=0.036) and 120% (P=0.002) speeds, there were significant differences between younger and older adults. At slow speed, there was no significant difference in GRF components (FZ1, FZ2, and FZ3) between the two age groups (p>0.05). At self-selected and fast speeds, there were significant differences in FZ1 and FZ3 between the two groups (p<0.01) while there was no significant difference regarding FZ2 (p>0.05). In addition, there were significant differences at FZ1 and FZ3 between different speeds (p<0.01).

Conclusion In summary, the results of the present study showed that during walking with self-selected and fast speeds, the reaction forces of weight acceptance and heel off phases were significantly different between younger and older adults, but there was no significant difference in the reaction force of midstance phase. Moreover, in both age groups, there were significant differences among walking different speeds in the reaction forces of weight acceptance and heel off phases. It seems that lower extremity muscles strengthening in the older adults can increase walking speed and decrease falling risks and functional disabilities of these people.

Keywords:
walking speed, older adults, Younger adults, Vertical ground, reaction force

** Corresponding Author:*
Seyyed Hosein Hoseini, PhD
Address: Department of Physical Education and Sport Sciences, Faculty of Physical Education, University of Guilan, Rasht, Iran.
Tel: +98 (919) ۹۱۹۳۲۷۵
E-Mail: hoseini.papers@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثرات سن و سرعت راه‌رفتن بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در جوانان و سالمندان

مریم رستگار[۱]، *سیدحسین حسینی[۲]، محمدحسین ناصرملّی[۱]، مرتضی تفاح[۳]

۱- گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۲- گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۳- گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

تاریخ دریافت: ۳۱ خرداد ۱۳۹۵

تاریخ پذیرش: ۲۰ مهر ۱۳۹۵

چکیده

هدف افزایش پیش‌رونده جمعیت سالمندان در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته توجه را بیش‌ازپیش به سلامت این گروه سنی معطوف کرده است. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های حرکتی زندگی روزانه راه‌رفتن است که نقشی حیاتی در زندگی افراد این گروه سنی ایفا می‌کند و می‌تواند به تأمین سلامت جسمانی و روانی سالمندان کمک شایانی کند. به‌طورخاص بررسی نیروی عکس‌العمل زمین در حین راه‌رفتن سالمندان در سرعت‌های مختلف و مقایسه آن با جوانان می‌تواند درک بهتری از سازوکارهای زیربنایی تنظیم سرعت در طول راه‌رفتن به‌وجود آورد. بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی اثرات سن و سرعت راه‌رفتن بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در جوانان و سالمندان بود.

روش بررسی آزمودنی‌های این پژوهش را پانزده مرد جوان و پانزده مرد سالمند تشکیل می‌داد که میانگین سنی آن‌ها به‌ترتیب ۲۶/۴۶ و ۷۰/۴ سال بود. همگی این افراد سالم و به روش نمونه‌گیری غیرتصادفی انتخاب شده بودند. یک مسیر پیاده‌روی ده‌متری در طول آزمایشگاه درنظر گرفته و یک صفحه نیروی سه‌محوره کیستلر در وسط مسیر جاسازی شد. فاصله نقطه شروع راه‌رفتن آزمودنی‌ها تا صفحه نیرو چهار متر بود. هریک از آزمودنی‌ها این مسیر ده‌متری را با سرعت‌های مختلف خودانتخابی (۱۰۰درصد) و کُند (۸۰درصد) و سریع (۱۲۰درصد) راه رفتند. نیروهای عکس‌العمل عمودی زمین طی مراحل استقرار راه‌رفتن شامل مرحله پذیرش وزن یا اوج اول (FZ1) و مرحله میانه استقرار یا عمق (FZ2) و مرحله پیشروی یا اوج دوم (FZ3) با صفحه نیرو با فرکانس ۲۰۰ هرتز ثبت شد. داده‌ها با آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی تجزیه‌وتحلیل شد.

یافته‌ها نتایج نشان داد اثر سن ($P=۰/۰۰۲$) و سرعت ($P=۰/۰۰۱$) بر میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین معنی‌دار است. همچنین اثر تعاملی سن و سرعت بر میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین نیز معنی‌دار بود ($P=۰/۰۱۳$). مطابق آزمون بونفرونی در هر دو گروه سنی جوانان و سالمندان میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی بین سرعت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۱$). به‌علاوه در سرعت‌های ۱۰۰درصد ($P=۰/۰۳۶$) و ۱۲۰درصد ($P=۰/۰۰۲$) بین جوانان و سالمندان تفاوت‌های معنی‌داری دیده شد. در سرعت ۸۰درصد در نیروهای اوج اول و عمق و اوج دوم عکس‌العمل عمودی زمین بین جوانان و سالمندان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). بااین‌حال در دو سرعت ۱۰۰ و ۱۲۰درصد تفاوت معنی‌داری در نیروهای اوج اول و دوم بین جوانان و سالمندان وجود داشت ($P<۰/۰۱$). این در حالی است که در نیروی عمق تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). افزون‌براین در هر دو گروه سنی در مقدار نیروهای اوج اول و دوم بین سرعت‌های مختلف راه‌رفتن تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۱$).

نتیجه‌گیری به‌طورخلاصه نتایج پژوهش حاضر نشان داد هنگام راه‌رفتن با سرعت‌های دلخواه و سریع نیروهای اوج اول و دوم در بین جوانان و سالمندان تفاوت معنی‌داری دیده شد درحالی‌که در نیروی عمق تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. علاوه‌براین در هر دو گروه سنی در مقدار نیروهای اوج اول و دوم بین سرعت‌های مختلف راه‌رفتن تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد. از نتایج تحقیق حاضر چنین استنباط می‌شود که کاهش نیروی اوج اول عکس‌العمل عمودی زمین در سالمندان به‌علومی مؤید ضعف پویا و واکنش سیستم عصبی‌عضلانی در آن‌ها و کاهش نیروی اوج دوم عکس‌العمل زمین بیانگر عملکرد ضعیف‌تر عضلات پلانتارفلکسور سالمندان در هنگام راه‌رفتن است. به‌نظر می‌رسد تقویت عضلات اندام تحتانی در سالمندان بتواند به بهبود سرعت راه‌رفتن آن‌ها کمک کند و در کاهش خطرهای افتادن و ناتوانی عملکردی مؤثر واقع شود.

کلیدواژه‌ها:

سرعت راه‌رفتن، سالمندان، جوانان، نیروی عکس‌العمل عمودی زمین

* نویسنده مسئول:

دکتر سیدحسین حسینی

نشانی: رشت، دانشگاه گیلان، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، گروه تربیت‌بدنی و علوم ورزشی.

تلفن: ۹۱۹۶۲۷۵ (۹۱۹) ۹۸+

رایانامه: hoseini.papers@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

افزایش پیش‌رونده جمعیت سالمندان در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته توجه را بیش‌ازپیش به سلامت این گروه سنی معطوف کرده است. آنچه دانش امروزی بدان توجه می‌کند، تنها طولانی‌کردن دوران زندگی نیست؛ بلکه باید توجه داشت که سال‌های اضافی عمر انسان درنهایت آرامش و سلامت جسمی و روانی سپری شود. درصورتی‌که چنین شرایطی تأمین نشود، پیشرفت‌های علمی برای تأمین زندگی طولانی‌تر بی‌نتیجه و مخاطره‌آمیز خواهد بود [۱].

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های حرکتی زندگی روزانه راه‌رفتن است که نقشی حیاتی در زندگی افراد این گروه سنی ایفا می‌کند و می‌تواند به تأمین سلامت جسمانی و روانی سالمندان کمک شایانی کند. درواقع راه‌رفتن طی سال اول زندگی فراگرفته می‌شود، در حدود هفت‌سالگی به تکامل می‌رسد و تا سن شصت‌سالگی در همان سطح باقی می‌ماند. سپس در دوره سالمندی توانایی راه‌رفتن به‌طورتدریجی شروع به کاهش می‌کند [۲]. از جمله تغییراتی که در الگوی راه‌رفتن افراد سالمند در مقایسه با افراد جوان مشاهده می‌شود، عبارت است از: طول گام کمتر، سرعت راه‌رفتن پایین‌تر، عرض گام بیشتر، آهنگ گام‌برداری پایین‌تر، دامنه حرکتی کمتر مفاصل اندام تحتانی و تمایل برای افزایش نوسانات پاسچرال به‌ویژه در جهت قدامی‌خلفی در سالمندان است. این تغییرات به‌نوعی می‌تواند هشداردهنده خطر سقوط در این افراد باشد [۶-۳].

همان‌گونه‌که بیان شده یکی از تغییرات ایجادشده در الگوی راه‌رفتن سالمندان کاهش در سرعت راه‌رفتن آنان است. سرعت راه‌رفتن یکی از شاخص‌های مهم الگوی راه‌رفتن محسوب می‌شود و توانایی تنظیم سرعت پیشروی در طول راه‌رفتن سازوکار مهمی است که فعالیت حرکتی را با تغییرات نیازهای محیطی (زمان فشار و ارتقای ایمنی) تطبیق می‌دهد. درحقیقت سرعت راه‌رفتن مؤلفه مهمی برای حفظ استقلال عملکردی سالمندان و پیش‌بینی‌کننده‌ای قوی برای تعیین میزان توانایی حرکتی در آن‌ها به‌شمار می‌رود. نتایج مطالعات مختلف نشان داده کاهش سرعت راه‌رفتن درنتیجه افزایش سن دلیل تغییرات مطالبات وظایف حرکتی است که درنهایت منجر به تغییر الگوهای فعالیت عضلانی در راه‌رفتن می‌شود. به‌علاوه سرعت‌های پایین راه‌رفتن سالمندان احتمال دارد که با کاهش حرکات و کینتیک مفصل و تغییرات بیومکانیکی و انتخاب راهبردهای محتاطانه راه‌رفتن وابسته باشد [۷،۳۰].

تغییرات ایجادشده در راه‌رفتن سالمندان در سال‌های اخیر از نظر بیومکانیکی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است. در این‌گونه تحقیقات بیومکانیکی راه‌رفتن سالمندان و جوانان از جنبه‌های مختلف از جمله متغیرهای فضایی‌زمانی[۸]، تعادل و کنترل پوسچر [۴،۶]، کینتیکی [۲،۹،۱۰]، کینماتیکی [۲،۱۱] و فعالیت الکترومایوگرافی و هم‌انقباضی عضلانی [۱۵-۱۲] بررسی شده است. نتایج این تحقیقات نشان داده است که عواملی از قبیل سرعت راه‌رفتن و سن روی متغیرهای بیومکانیکی راه‌رفتن تأثیر می‌گذارد. به‌علاوه محققان در تحقیقی مروری نتیجه گرفته‌اند که کوتاه‌ترشدن طول گام، کُندشدن سرعت راه‌رفتن، افزایش عرض گام و طولانی‌شدن زمان حمایت دوطرفه در سالمندان ممکن است به‌عنوان راهبردی جبرانی با هدف افزایش پایداری و پیشگیری از سقوط یا کاهش هزینه متابولیکی حرکت صورت گیرد [۱۶]. باوجوداین همچنان نکات بسیاری وجود دارد که باید تحقیقات بیشتر و عمیق‌تری درباره آن‌ها انجام شود.

نیروی عکس‌العمل زمین یکی از متغیرهای بیومکانیکی محسوب می‌شود که نیاز است تا تحقیقات بیشتری درباره آن انجام گیرد. این متغیر می‌تواند در مطالعه راه‌رفتن به‌عنوان ابزار تشخیصی مهمی استفاده شود. مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین نیرویی خارجی است که بر شتاب مرکز جرم بدن تأثیر می‌گذارد. این نیرو اغلب در تحلیل‌های راه‌رفتن اندازه‌گیری و به‌عنوان معیاری برای ارزیابی راه‌رفتن درنظرگرفته می‌شود [۱۰]. دو اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زمین طی مراحل اوایل استقرار (مرحله پذیرش وزن) و اواخر استقرار (مرحله پیشروی) منعکس‌کننده حمایت از مرکز جرم بدن است. حداقل میزان این نیرو در مرحله میانه استقرار که عمق نیروی عکس‌العمل عمودی زمین نامیده می‌شود، نشان می‌دهد که نیروی عمودی واردشده بر زمین و نیروی عکس‌العمل از زمین به بدن کاهش یافته است [۱۷].

به‌دلیل ارتباط نیروی عکس‌العمل زمین با شتاب حرکت و درنتیجه تغییرات سرعت حرکت (برای مثال در راه‌رفتن) مطالعه این عامل بیومکانیکی، به‌ویژه در سالمندانی حائز اهمیت است که از سرعت حرکت کمتری برخوردارند. نقش اصلی عضلات در تنظیم سرعت راه‌رفتن، حفظ نیروهای شتاب‌دهنده و کم‌کننده شتاب اندام‌های بدن برای ایجاد پیشروی ایمن است. درحقیقت بررسی نیروی عکس‌العمل زمین در حین راه‌رفتن افراد سالمند در سرعت‌های مختلف و مقایسه آن با افراد جوان می‌تواند به درک بهتری از سازوکارهای زیربنایی تنظیم سرعت در طول راه‌رفتن منجر شود [۴]. ازاین‌رو تحقیق پیش‌رو با هدف مقایسه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در مراحل پذیرش وزن (نیروی اوج اول) و میانه استقرار (نیروی عمق) و پیشروی (نیروی اوج دوم) طی راه‌رفتن با سرعت‌های خودانتخابی (۱۰۰درصد) و کُند (۸۰درصد) و سریع (۱۲۰درصد) بین دو رده سنی جوانان و سالمندان است.

روش بررسی

آزمودنی‌ها

تحقیق حاضر از نظر شیوه پژوهشی از نوع نیمه‌تجربی و از نظر هدف از نوع پژوهش‌های کاربردی بود. آزمودنی‌های این

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش را پانزده مرد سالمند با میانگین سن ۳/۲۹±۷۰/۳۳ سال و قد ۵/۲۲±۱۷۲/۵۳ سانتی‌متر و جرم ۵/۱۴±۷۱/۶ کیلوگرم و پانزده مرد جوان با میانگین سن ۳/۳۴±۲۶/۴۶ سال و قد ۵/۲۶±۱۷۴/۷۳ سانتی‌متر و جرم ۵/۸۵±۷۰/۸ کیلوگرم تشکیل می‌دادند. این افراد به روش نمونه‌گیری غیرتصادفی و با توجه به معیارهای ورودوخروج به‌صورت هدفمند انتخاب شدند.

معیارهای ورود به پژوهش عبارت بود از: مذکربودن، امضای رضایت‌نامه کتبی و برخورداری از سلامت جسمانی، قرارداشتن در محدوده سنی بیست تا سی سال برای جوانان و ۶۵ تا ۷۵ سال برای سالمندان. برای گزینش نمونه‌های آزمون ابتدا طرح پژوهش برای آن‌ها تشریح شد و سپس با استفاده از پرسش‌نامه سوابق بیماری‌های ارتوپدی و عصبی‌عضلانی افرادی بررسی شد که به شرکت در پژوهش مایل بودند. افراد با علائم ارتوپدیک، آسیب‌های عضلانی‌اسکلتی، درد مزمن مفصل، اختلالات قلبی‌عروقی و عصبی و همچنین افرادی که برای اجرای پروتکل تمرینی و آزمون‌های مدنظر شرایط مطلوب بدنی نداشتند، از پژوهش کنار گذاشته شدند [۱۵]. افزون‌براین از انتخاب افراد چاق با شاخص توده بدنی بیش از سی جلوگیری شد تا تأثیر عامل بافت چربی زیرپوستی برای استخراج سیگنال EMG به حداقل برسد؛ زیرا ثابت شده است که بین شاخص توده بدنی و تعادل سالمندان ارتباط وجود دارد [۴]. قبل از شروع آزمون‌ها از تمام آزمودنی‌ها برای شرکت در پژوهش فرم رضایت‌نامه آگاهانه دریافت شد. پژوهش حاضر توسط کمیته اصول اخلاقی دانشگاه آزاد اسلامی کرج به تصویب رسیده است.

روش اجرا

یک مسیر پیاده‌روی ده‌متری در طول آزمایشگاه درنظرگرفته و صفحه نیروی کیستلر[1] در وسط مسیر جاسازی شد. محققان مختلف روایی و اعتبار این دستگاه را برای اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین تأیید کرده‌اند [۲، ۷، ۹، ۱۰، ۱۲]. فاصله نقطه شروع راه‌رفتن آزمودنی‌ها تا صفحه نیرو چهار متر بود. راه‌رفتن آزمودنی در مسیر تعیین‌شده پنج بار تکرار و در هریک از متغیرهای مدنظر میانگین پنج بار تکرار برای محاسبات آماری درنظرگرفته شد. به‌منظور عادی‌سازی داده‌ها مقادیر به‌دست‌آمده توسط دستگاه بعد از میانگین‌گرفتن از تکرارها، بر وزن بدن (نیوتن) تقسیم و حاصل در عدد صد ضرب شد تا از این طریق مقدار نهایی براساس درصدی از وزن بدن بیان شود و تأثیر وزن بدن آزمودنی‌ها به‌حداقل کاهش یابد [۷]. شرایط انجام آزمون در حین راه‌رفتن به آزمودنی‌ها توضیح داده و از آن‌ها خواسته شد تا جای ممکن به‌طورطبیعی راه بروند و از نگاه‌کردن به صفحه نیروسنج خودداری کنند. هر آزمودنی عمل راه‌رفتن را در پنج کوشش با گفش تکرار می‌کرد. انجام عمل راه‌رفتن به‌صورت غیرطبیعی نگاه‌کردن به صفحه نیروسنج حین راه‌رفتن و قرارنگرفتن کامل پا روی صفحه نیروسنج از جمله مواردی بود که منجر به تکرار آن کوشش می‌شد.

1. Kistler

استخراج و محاسبه داده‌های مربوط به نیروی عکس‌العمل

سن و سرعت راه‌رفتن به‌عنوان متغیرهای مستقل و مقدار نیروی عکس‌العمل عمودی زمین به‌عنوان متغیرهای وابسته درنظرگرفته شد. برای اندازه‌گیری نیروی عکس‌العمل زمین از صفحه نیروی سه‌محوره مدل کیستلر در ابعاد ۷×۶۰×۴۰ سانتی‌متر ساخت کشور سوئیس استفاده شد که در مرکز مسیر پیاده‌روی جاسازی شده بود. این صفحه نیرو قابلیت ثبت نیروی عکس‌العمل زمین در دامنه ده تا پانصد هرتز را دارد.

صفحه نیرو با فرکانس دویست هرتز اطلاعات راه‌رفتن را با سرعت‌های مختلف خودانتخابی (۱۰۰درصد) و کُند (۸۰درصد) و سریع (۱۲۰درصد) ثبت کرد. همچنین نیروهای عکس‌العمل عمودی در مراحل استقرار راه‌رفتن شامل نیروی مرحله پذیرش وزن یا نیروی اوج اول (FZ۱) و نیروی مرحله میانه استقرار یا نیروی عمق (FZ۲) و نیروی مرحله پیشروی یا نیروی اوج دوم (FZ۳) ثبت شد. داده‌ها با نرم‌افزار ورک‌استیشن[2] محاسبه و به‌شکل فایل اکسل در مکانی ذخیره شد که قبلاً تعریف شده بود. در این پژوهش داده‌ها با استفاده از فیلتر پایین‌گذر مرتبه چهارم باترورث با قطع فرکانس ده هرتز فیلتر شد. گفتنی است که در تحلیل نهایی فقط از داده‌های مربوط به مرحله استقرار استفاده شد.

2. Workstation

روش‌های تحلیل آماری

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات مدنظر از نسخه ۲۲ نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. همچنین برای سازمان‌دهی، خلاصه‌کردن، طبقه‌بندی نمرات خام و توصیف اندازه‌های نمونه از آمار توصیفی و برای تعیین طبیعی‌بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلک استفاده شد. برای بررسی تفاوت گروه‌های مطالعه‌شده در شاخص نیروی عکس‌العمل عمودی از آزمون آنووا[3] با اندازه‌گیری‌های مکرر به‌صورت ۲ (گروه سنی) × ۳ (سرعت راه‌رفتن) و به‌منظور یافتن محل تفاوت‌ها از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معنی‌داری تفاوت‌ها $P<0/05$ درنظرگرفته شد.

3. ANOVA

یافته‌ها

مقادیر میانگین و انحراف‌معیار متغیر سرعت راه‌رفتن در جدول شماره ۱ ارائه شده است. براساس این جدول میانگین سرعت خودانتخابی یا دلخواه (۱۰۰درصد) آزمودنی‌ها در گروه سنی جوانان بیشتر از گروه سنی سالمندان بود. در جدول شماره ۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. میانگین و انحراف‌معیار سرعت راه‌رفتن آزمودنی‌ها برحسب متر بر ثانیه

متغیر	سرعت راه‌رفتن (m/s)	
	جوانان	سالمندان
سرعت ٪۸۰	۱/۱۸±۰/۱۱	۱/۰۹±۰/۱۰
سرعت ٪۱۰۰	۱/۴۸±۰/۱۷	۱/۳۶±۰/۱۴
سرعت ٪۱۲۰	۱/۸۷±۰/۱۹	۱/۶۳±۰/۱۷

توانبخشی

نتایج مقایسه میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین (میانگین سه مرحله) بین سرعت‌های مختلف و گروه‌های سنی جوانان و سالمندان نشان داده شده است. طبق این جدول میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین بین جوانان و سالمندان تفاوت معنی‌داری دارد؛ به‌عبارت‌دیگر سن به‌طورمستقل از سرعت روی این متغیر تأثیر معنی‌داری دارد (P=۰/۰۰۲). افزون‌براین تأثیر سرعت نیز به‌صورت مستقل از سن معنی‌دار است (P=۰/۰۰۱). همچنین مطابق جدول شماره ۲ اثر تعاملی سن و سرعت بر نیروی عکس‌العمل عمودی زمین نیز معنی‌دار است (P=۰/۰۱۳).

به‌منظور مقایسه‌های جفتی از آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد (جدول شماره ۳). مطابق این جدول در هر دو گروه سنی جوانان و سالمندان میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی بین سرعت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارد (P<۰/۰۱). علاوه‌براین در سرعت‌های ۱۰۰ (P=۰/۰۳۶) و ۱۲۰ درصد (P=۰/۰۰۲) بین جوانان و سالمندان تفاوت‌های معنی‌داری وجود دارد.

برای ارائه تصویری شماتیک از الگوی نیروی عکس‌العمل عمودی زمین دیاگرام این نیرو در مراحل پذیرش وزن (اوج اول) و میانه استقرار (عمق) و پیشروی (اوج دوم) در جوانان و سالمندان در سرعت خودانتخابی، در تصویر شماره ۱ ترسیم شده است. همچنین تصویر شماره ۲ اثر تعاملی سن × سرعت راه‌رفتن

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس دوراهه با اندازه‌گیری مکرر برای مقایسه میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین

منبع تغییر	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	مقدار P
سن	۶۱۸۳/۸۵	۱	۶۱۸۳/۸۵	۷۷/۳۴	۰/۰۰۲
سرعت راه‌رفتن	۹۸۵/۶۶	۲	۴۹۲/۸۳	۲۵/۲۸	۰/۰۰۱
سن × سرعت	۳۷۱۹/۲۸	۲	۲۳۵۹/۶۴	۱۶/۹۱	۰/۰۱۳

توانبخشی

جدول ۳. نتایج آزمون بونفرونی برای مقایسه میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین بین جفت گروه‌ها

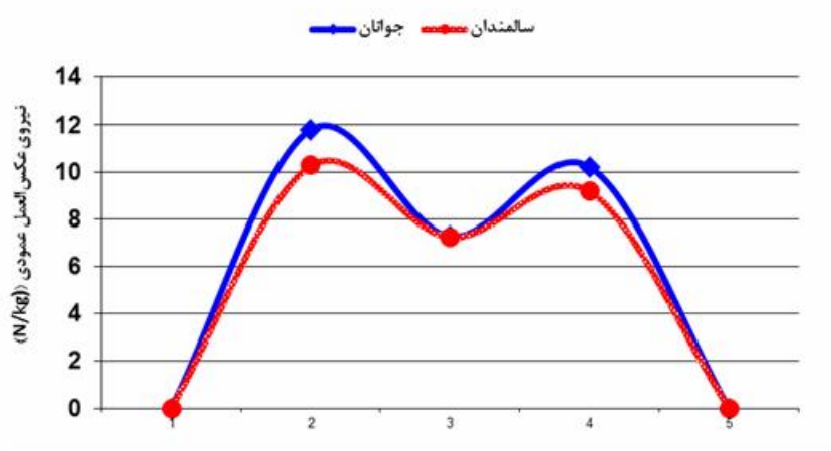
گروه (I)	گروه (J)	اختلاف میانگین (I–J)	خطای انحراف‌معیار	سطح معنی‌داری[a]
جوانان (٪۸۰)	جوانان (٪۱۰۰)	-۱/۱۵۵	۰/۰۸۵۱	۰/۰۱
	جوانان (٪۱۲۰)	-۲/۶۷۱۷	۰/۰۸۵۱	۰/۰۰۳
	سالمندان (٪۸۰)	-۰/۰۲۱۷	۰/۰۸۵۱	۰/۱۶۹
جوانان (٪۱۰۰)	جوانان (٪۱۲۰)	-۱/۴۱۶۷	۰/۰۸۵۱	۰/۰۰۹
	سالمندان (٪۱۰۰)	۰/۴۷	۰/۰۸۵۱	۰/۰۳۶
جوانان (٪۱۲۰)	سالمندان (٪۱۲۰)	۱/۶۷۵۹	۰/۰۸۵۱	۰/۰۰۲
سالمندان (٪۸۰)	سالمندان (٪۱۰۰)	-۰/۶۳۳۳	۰/۰۸۵۱	۰/۰۳
	سالمندان (٪۱۲۰)	-۱/۹۵۳۳	۰/۰۸۵۱	۰/۰۰۱
سالمندان (٪۱۰۰)	سالمندان (٪۱۲۰)	-۰/۷۸۹	۰/۰۸۵۱	۰/۰۳

توانبخشی

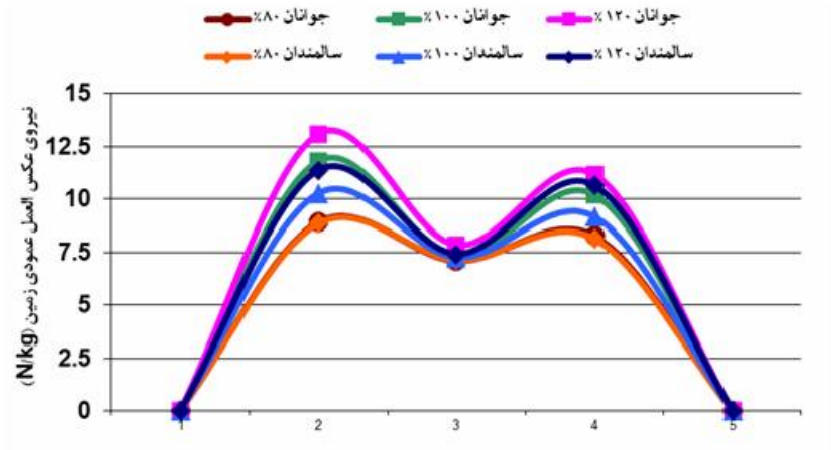
[a] سطح معنی‌داری در مقایسه‌های جفتی آزمون بونفرونی.

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۱. دیاگرام الگوی نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در جوانان و سالمندان در سرعت خودانتخابی (۱۰۰درصد). نیروهای FZ1 و FZ2 و FZ3 به‌ترتیب نشان‌دهنده نیروی اوج اول (مرحله پذیرش وزن) و نیروی عمق (مرحله میانه استقرار) و نیروی اوج دوم (مرحله پیشروی) عکس‌العمل عمودی است.



تصویر ۲. نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در جوانان و سالمندان در سرعت‌های مختلف. نیروهای FZ1 و FZ2 و FZ3 به‌ترتیب نشان‌دهنده نیروی اوج اول و نیروی عمق و نیروی اوج دوم عکس‌العمل عمودی است.
*: تفاوت معنی‌دار بین سرعت راه‌رفتن، †: تفاوت معنی‌دار بین گروه سنی.

را روی تغییرات نیروی عکس‌العمل عمودی زمین نشان می‌دهد.

همچنان‌که تصویر شماره ۲ نشان می‌دهد در سرعت ۸۰درصد نیروهای اوج اول و عمق و اوج دوم عکس‌العمل عمودی زمین بین جوانان و سالمندان متفاوت نیست ($P>0/05$)؛ اما در دو سرعت ۱۰۰ و ۱۲۰درصد نیروهای اوج اول و دوم بین جوانان و سالمندان به‌طورمعنی‌داری متفاوت است ($P<0/01$). این در حالی است که در نیروی عمق تفاوتی وجود نداشت ($P>0/05$). به‌علاوه در هر دو گروه سنی در مقدار نیروهای اوج اول و دوم، بین سرعت‌های مختلف راه‌رفتن تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد ($P<0/01$).

بحث

پژوهش حاضر با هدف مقایسه نیروی عکس‌العمل عمودی زمین طی راه‌رفتن با سرعت‌های خودانتخابی (۱۰۰درصد) و کُند (۸۰درصد) و سریع (۱۲۰درصد) در بین دو رده سنی جوانان و سالمندان انجام شد. نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در زیرمراحل استقرار راه‌رفتن با استفاده از فورس‌پلیت اندازه‌گیری و سپس نیروی عکس‌العمل عمودی براساس جرم بدن طبیعی شد.

براساس نتایج پژوهش حاضر در میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در سرعت کُند (۸۰درصد)، در بین جوانان و سالمندان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. این نتیجه با نتایج لاروچ و همکارانش (۲۰۱۱) همسو بود. این محققان در هنگام بررسی نیروی عکس‌العمل در راه‌رفتن با سرعت استاندارد (۰/۸ متر بر ثانیه) تفاوت معنی‌داری را در بین عملکرد سالمندان با قدرت کم و سالمندان با قدرت طبیعی مشاهده نکردند [۱۸]. احتمالاً این امر به‌دلیل سرعت پایین راه‌رفتن است که موجب می‌شود سالمندان بتوانند بدون‌ناتوانی راه بروند و از

www.SID.ir

Archive of SID

عملکردی مشابه با گروه جوانان برخوردار باشند [۱۹،۲۰].

نتایج این پژوهش نشان داد میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در سرعت‌های ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد در جوانان بیشتر از سالمندان بود. هنگام مقایسه دقیق‌تر داده‌ها در زیرمراحل مختلف استقرار یافته‌ها نشان داد که در دو سرعت ۱۰۰ و ۱۲۰درصد نیروهای اوج اول (FZ۱) و اوج دوم (FZ۳) در جوانان بیشتر از سالمندان بود. این در حالی است که در نیروی عمق (FZ۲) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ اگرچه دره مربوط به دیاگرام این نیرو عمیق‌تر شد. در پژوهش حاضر نبودِ تفاوت در نیروی عمق عکس‌العمل عمودی زمین بین سالمندان و جوانان و بیشتربودن نیروی اوج دوم در جوانان با یافته‌های تودا و همکارانش (۲۰۱۵) همخوانی داشت؛ اما این محققان درباره نیروی اوج اول نتیجه متناقضی را گزارش کرده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که در بین نیروی اوج اول و نیروی عمق عکس‌العمل عمودی در بین جوانان و سالمندان تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ اما دومین اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زنان سالمند به‌طورمعنی‌داری کمتر از زنان جوان است [۱۰]. علاوه‌براین لاریش و همکارانش (۱۹۸۹) نیز نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در FZ۱ وجود ندارد. بااین‌حال این محققان معتقدند تفاوت موجود در FZ۳ معنی‌دار است [۲۱]. باوجوداین نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر با نتایج پژوهش یامادا و مای (۱۹۹۶) همخوان است. این پژوهشگران نیز چنین گزارش کرده‌اند که اولین و دومین اوج نیروی عکس‌العمل زمین در سالمندان کمتر از جوانان و مقدار FZ۲ در آن‌ها بیشتر از گروه سنی جوانان است [۲۲].

ازآنجایی‌که مقدار اولین و دومین اوج نیروی عکس‌العمل زمین بیشتر از سرعت گام‌برداری تأثیر می‌پذیرد تا طول گام [۲۳]، بنابراین ممکن است تفاوتی بین جوانان و سالمندان در FZ۱ وجود نداشته باشد. هر دو نیروی FZ۱ و FZ۳ مسئول ایجاد شتاب روبه‌بالا در مرکز جرم بدن است [۱۰]. گفتنی است که در مطالعه تودا و همکارانش (۲۰۱۵) زنان سالمند در مرحله جدا شدن پاشنه از زمین شتاب روبه‌بالای کمتری در مرکز جرم بدنشان داشتند. این موضوع می‌تواند علی مرحله حمایت دوگانه بار موجود روی اندام جلویی زنان سالمند را در هنگام تولید شتاب روبه‌بالا افزایش دهد. به‌نظر می‌رسد کاهش معنی داری که در این پژوهش در نیروی اوج اول عکس‌العمل عمودی زمین در سالمندان مشاهده شد، به‌نوعی نشان‌دهنده ضعف پویا و واکنش سیستم عصبی‌عضلانی در این گروه سنی باشد؛ زیرا این مؤلفه از نیروی عکس‌العمل عمودی زمین به مقدار این نیرو علی مرحله پذیرش وزن یا تماس کف پا با زمین مربوط می‌شود.

همچنین شایان‌ذکر است عضلات نیز نقش ویژه‌ای در تغییر نیروی عکس‌العمل زمین در هنگام راه‌رفتن دارند. در ابتدای مرحله استقرار که در آن شتاب بدن و شتاب جاذبه هم‌راستا است، عضلات اکستنسور زانو (وستوس‌مدیالیس و لترالیس و اینترمدیوس) و اکستنسور ران (گلوتئوس‌مکزیموس) اوج اول نیروی عکس‌العمل عمودی را حفظ می‌کنند که کمی بیشتر از وزن بدن است [۲۴].

در مرحله میانه استقرار نیروی عکس‌العمل عمودی به کمتر از وزن بدن می‌رسد و به‌صورت دره در نمودار نیروی عکس‌العمل عمودی مشاهده می‌شود که در این مرحله عضله گلوتئوس‌مدیوس بیشترین حمایت را فراهم می‌کند.

در مرحله انتهایی استقرار که در آن شتاب بدن درخلاف شتاب جاذبه زمین است، عضلات پلانتار فلکسور مچ پا (گاستروکنمیوس و سولئوس) و عضلات اکستنسور زانو در حفظ دومین اوج نیروی عکس‌العمل عمودی و شتاب‌بخشیدن به بدن نقش مهمی دارد [۲۵،۲۴]. درواقع کاهش نیروی اوج دوم عکس‌العمل عمودی زمین در سالمندان بر ارتباط عملکرد عضلات پلانتارفلکسور با سرعت راه‌رفتن در این افراد تأکید دارد [۲۶]. به‌عبارت‌دیگر کاهش دومین اوج نیروی عکس‌العمل زمین در سالمندان به‌دلیل ضعف عضلات پلانتارفلکسور مچ پا و عضلات اکستنسور زانو و ران این افراد است [۲۷]؛ بنابراین نتایج مطالعات انجام‌شده بر اهمیت تقویت این عضلات در سالمندان تأکید دارد.

براساس نتایج پژوهش حاضر میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در هر دو گروه سنی جوانان و سالمندان در بین سرعت‌های مختلف متفاوت است. در هر دو گروه سنی مقدار نیروهای اوج اول و دوم عکس‌العمل عمودی زمین در سرعت‌های بالاتر راه‌رفتن به‌طورمعنی‌داری بیشتر از سرعت‌های پایین است. این نتایج با یافته‌های پژوهش لاروچ و همکارانش (۲۰۱۱) همخوان بود. آنان بیان کرده‌اند حداکثر سرعت راه‌رفتن با اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زمین همبستگی دارد [۱۸]. درحقیقت ازآنجایی‌که حداکثر سرعت راه‌رفتن سالمندان کمتر از جوانان است، می‌توان انتظار داشت که اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در سالمندان نیز کمتر از جوانان باشد [۲۷،۲۸].

به‌دلیل وجود رابطه خطی مثبت در بین اوج نیروی عکس‌العمل عمودی زمین و سرعت راه‌رفتن افرادی که در عضلات اندام تحتانی خویش به ضعف قدرت مبتلا هستند، برای راه‌رفتن سریع نیز ظرفیت کمتری دارند. درواقع آنچه به نظر آشکار می‌رسد این است که کاهش قدرت اندام تحتانی در سالمندان منجر به کاهش نیروهای اوج اول و دوم عکس‌العمل عمودی و نیز کاهش حداکثر سرعت راه‌رفتن در آن‌ها می‌شود [۲۹]. ازاین‌رو تقویت عضلات اندام تحتانی در سالمندان می‌تواند به بهبود سرعت حرکت و افزایش نیروی عکس‌العمل عمودی آن‌ها کمک کند و در کاهش خطرهای افتادن و ناتوانی عملکردی مؤثر واقع شود.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر میانگین نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در بین دو گروه سنی جوانان و سالمندان در سرعت‌های ۱۰۰ و ۱۲۰درصد راه‌رفتن تفاوت معنی‌داری داشت. هنگام مقایسه دقیق‌تر داده‌ها در زیرمراحل مختلف استقرار نتایج

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داد که در این سرعت‌ها نیروهای اوج اول و دوم در بین جوانان و سالمندان از تفاوت معنی‌داری برخوردار بود؛ درحالی‌که در نیروی عمق تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در هر دو گروه سنی در مقدار نیروهای اوج اول و دوم بین سرعت‌های مختلف راه‌رفتن تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شد.

به‌طورکلی از نتایج تحقیق حاضر چنین استنباط می‌شود که کاهش نیروی اوج اول عکس‌العمل عمودی زمین در سالمندان، به‌نوعی مؤید ضعف پویا و واکنش سیستم عصبی‌عضلانی در آن‌ها و کاهش نیروی اوج دوم عکس‌العمل عمودی بیانگر عملکرد ضعیف‌تر عضلات پلانتارفلکسور سالمندان در هنگام راه‌رفتن است. به‌نظر می‌رسد تقویت عضلات اندام تحتانی در سالمندان بتواند به بهبود سرعت حرکت راه‌رفتن آن‌ها کمک کند و در کاهش خطرهای افتادن و ناتوانی عملکردی مؤثر واقع شود.

محدودیت‌ها

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر میسر نبودن یکسان‌سازی نوع کفش آزمودنی‌ها با توجه به تفاوت زیاد در شماره کفش و ابعاد آنتروپومتریکی پا و نیز تفاوت‌های سنی بود. احتمالاً نوع کفش بتواند بر میزان نیروهای عکس‌العمل زمین مؤثر باشد.

پیشنهادها

به پژوهشگران علاقه‌مند پیشنهاد می‌شود تحقیق مشابهی را با درگیرکردن گروه‌های سنی دیگر از قبیل کودکان و نوجوانان انجام دهند. همچنین تمرکز پژوهشی بر سازوکارهای کنترل پوسچر و مطالعه تفاوت‌های نوسان مرکز فشار (COP)[4] بین سالمندان و جوانان و بررسی ارتباط عملکرد عضلات با سیستم کنترل پوسچر اطلاعات ارزشمندی را در زمینه الگوی راه‌رفتن سالمندان عرضه می‌کند. افزون‌براین بررسی مقایسه‌ای مؤلفه‌های دیگر نیروی عکس‌العمل زمین (مدیولترال و آنتروپوستریور) در سالمندان و جوانان و مطالعه تفاوت‌های مورفولوژیک عضلات ضدجاذبه و نقش این تفاوت‌ها در حفظ تعادل از اهمیت پژوهشی زیادی برخوردار است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول در رشته تربیت بدنی و علوم ورزشی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرج است.

4. Center of pressure

References

[1] Shoaee F, Azkhosh M, Alizad V. [Health status of Iranian older people: A demographical Analysis (Persian)]. Iranian Journal of Ageing. 2013; 8(2):60-69.

[2] Paroczai R, Bejek Z, Illyés A. Kinamatic and kinetic parameters of healthy elderly people. Periodica Polytechninca Ser Mechanical Engineering. 2005; 49(1): 63–67.

[3] Akbari-Kamrani AA, Azadi F, Salavati M, Kazemi B. [Predicting fall risk in nursing home elderly using two functional assessment methods (Persian)]. Journal of Rehabilitation. 2003; 4(2):45-52.

[4] Bahariouei H, Nodehi-Moghaddam A. [Correlation between Body Mass Index and Postural Balance in Elderly (Persian)]. Journal of Rehabilitation. 2012; 12:54-9.

[5] Kimura T, Kobayashi H., Nakayama E, Hanaoka M. Effects of aging on gait patterns in the healthy elderly. Anthropological Science. 2007; 115(1):67-72. doi: 10.1537/ase.060309

[6] Gomes MM, Reis JG, Neves, TM, Petrella, M, Abreu DC. Impact of aging on balance and pattern of muscle activation in elderly women from different age groups. International Journal of Gerontology. 2013; 7(2):106-11. doi: 10.1016/j.ijge.2012.11.013

[7] Winter DA. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological 2nd ed. Ontario: University of Waterloo Press; 1991.

[8] Sadeghi H, Norouzi H. [Spatio-Temporal Parameters Changes in Gait of Male Elderly Subjects (Persian)]. Iranian Journal of Ageing. 2010; 4(2):71-76.

[9] Toda H, Nagano A, Luo Z. Contribution of lower extremity joint moment on ground reaction force during walking in elderly and younger people.Paper presented at: 2013 IEEE/SICE International Symposium on System Integration; 2013 Dec 15–17; Kobe, Japan.

[10] Toda H, Nagano A, Luo Z. Age and gender differences in the control of vertical ground reaction force by the hip, knee and ankle joints. Journal of Physical Theraphy Science. 2015; 27(6):1833–838. doi: 10.1589/jpts.27.1833

[11] Arshi AR, Eskandari F, Navvab Motlagh F, Karimi M. [Comparing pelvic and trunk kinematics between young and older adults during treadmill walking (Persian)]. Paper presented at: 21th Iranian Conference on Biomedical Engineering; 26-28 Nov 2014; Tehran, Iran.

[12] Larsen AH, Puggaard L, Hamalainen U, Aagaard P. Comparison of ground reaction forces and antagonist muscle coactivation during stair walking with ageing. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2008; 18(4):568–80. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.12.008

[13] Hortobagyi T, Solnik S, Gruber A, Rider P, Helseth J, DeVita P. Interaction between age and gait velocity in the amplitude and timing of antagonist muscle co-activation. Gait & Posture. 2009; 29(4): 558–64. doi: 10.1016/j.gaitpost.2008.12.007

[14] Schmitz A, Silder A, Heiderscheit B, Mahoney J, Thelen DG. Differences in lower-extremity muscular activation during walking between healthy older and young adults. Journal of Electromyo-

www.SID.ir

Archive of SID

graphy and Kinesiology. 2009; 19(6):1085–091. doi: 10.1016/j.jelekin.2008.10.008

[15] Khodaveisi H, Anbarian M, Khodaveisi M. [Comparison of Electromyographic Activity Pattern of Knee Two-Joint Muscles between Youngs and Olders in Gait Different Speeds (Persian)]. Journal of Rehabilitation. 2015; 16(4): 234-41.

[16] Aboutorabi A, Arazpour M, Bahramizadeh M, Hutchins SW, Fadayevatan R. The effect of aging on gait parameters in able-bodied older subjects: a literature review. Aging Clinical and Experimental Research. 2016; 28(3):393-405. doi: 10.1007/s40520-015-0420-6

[17] Lin MR, Hwang HF, Wang YW, Chang SH, Wolf SL. Community-Based Tai Chi and its effect on injurious falls, balance, gait and fear of falling in older people. Physical Therapy. 2006; 85(9):1189-201.doi: 10.2522/ptj.20040408

[18] LaRoche DP, Millett ED, Kralian RJ. Low strength is related to diminished ground reaction forces and walking performance in older women. Gait & Posture. 2011; 33(4):668–72. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.02.022

[19] Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. Journal of Applied Physiology. 2006; 95(5):1851–60. doi: 10.1152/japplphysiol.00246.2003

[20] Bouchard DR, Janssen I. Dynapenic-obesity and physical function in older adults. Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2011; 65(1):71–7. doi: 10.1093/gerona/glp159

[21] Larish DD, Martin PE, Mungiole M. Characteristic patterns of gait in the healthy old. Annals of the New York Academy of Sciences. 1989; 515(1):18–32. doi: 10.1111/j.1749-6632.1988.tb32960.x

[22] Yamada T, Maie K. The characteristics of walking in old men analyzed from the ground reaction force. Journal of Anthropological Society of Nippon. 1996; 96(1):7–15. doi: 10.1537/ase1911.96.7

[23] Martin PE, Marsh AP. Step length and frequency effects on ground reaction forces during walking. Journal of Biomechanics. 1993; 25(10):1237–1239. doi: 10.1016/0021-9290(92)90081-b

[24] Liu MQ, Anderson FC, Pandy MG, Delp SL. Muscles that support the body also modulate forward progression during walking. Journal of Biomechanics. 2006; 39(14):2623-630. doi: 10.1016/j.jbiomech.2005.08.017

[25] Kepple TM, Siegel KL, Stanhope SJ. Relative contributions of the lower extremity joint moments to forward progression and support during gait. Gait & Posture. 1997; 6(1):1-8. doi: 10.1016/s0966-6362(96)01094-6

[26] Keller TS, Weisberger AM, Ray JL, Hasan SS, Shiavi RG, Spengler DM. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. Clinical Biomechanics. 1999; 11(5):253-59. doi: 10.1016/0268-0033(95)00068-2

[27] McGibbon CA, Krebs DE. Discriminating age and disability effects in locomotion: neuromuscular adaptations in musculoskeletal pathology. Journal of Applied Physiology. 2008; 96(1):149–60. doi: 10.1152/japplphysiol.00422.2003

[28] Devita P, Hortobagyi T. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. Journal of Applied Physiology. 2007; 88(5):1804-811. PMID: 10797145

[29] Rantanen T, Guralnik JM, Izmirlian G, Williamson JD, Simonsick EM, Ferrucci L. Association of muscle strength with maximum walking speed in disabled older women. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1988; 77(4):299–305. doi: 10.1097/00002060-199807000-00008

[30] Akbari Kamrani AA, Zamani Sani SH, Fathi Rezaie Z, Aghdasi MT. Concurrent validity of functional gait assessment, timed up and go, and gait speed tests in the Persian community-dwelling elderly. Iranian Rehabilitation Journal. 2010; 8(2):15-20.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir