SALMAND
IRANIAN JOURNAL OF AGEING

Autumn 2023. Vol 18. Issue 3

Research Paper

Effect of Combined Exercises on Stair Negotiation Performance of Older Men: A Randomized Controlled Clinical Trial

*Mehdi Ghaderian[1], Gholam Ali Ghasemi[1], Shahram Lenjannejadian[1], Ebrahim Sadeghi Demneh[2]

1. Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
2. Department of Orthotics and Prosthetics, Faculty of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghaderian M, Ghasemi Gh A, Lenjannejadian Sh, Sadeghi Demneh E. [Effect of Combined Exercises on Stair Negotiation Performance of Older Men: A Randomized Controlled Clinical Trial (Persian)]. Iranian Journal of Ageing. 2023; 18(3):304-325. http://dx.doi.org/10.32598/sija.2022.3468.2

http://dx.doi.org/10.32598/sija.2022.3468.2

CC BY NC

ABSTRACT

Objectives The ability to safely walk up and down the stairs is an essential factor in older adults' independence and quality of life. This study aims to investigate the effect of combined exercises on stair negotiation performance of older men.

Methods & Materials In this randomized controlled clinical trial, 30 older men with at least 60 years of age living in Isfahan, Iran, in 2021 were selected who had functional independence, mental health, the ability to perform daily activities without using an assistive device, and without a history of falling. They assigned randomly to two parallel groups of intervention and control groups. Participants in the intervention group completed 12 weeks of combined exercise. The center of pressure (COP) parameters were measured by a force plate, and the time of stair ascending and descending was recorded by the Qualisys motion analysis system. The stair negotiation performance was evaluated by the timed up and down stairs (TUDS) test and the stair self-efficacy (SSE) scale. Data were analyzed by mixed ANOVA in SPSS software, version 24. The significance level was set at 0.05.

Results The combined exercise program was effective in reducing the COP parameters during stairs ascending and descending ($P<0.05$). Stance time and time of ascending and descending decreased after the exercise ($P\leq0.034$). The results of TUDS test ($P\leq0.002$) and SSE scale ($P\leq0.048$) showed improved performance in the intervention group compared to the control group.

Conclusion The combined exercise program, by focusing on the factors such range of motion, strength, power, and balance, is effective in improving the stair negotiation performance of older men. Due to the prevalence of stair use in daily activities and its potential risk for older adults, this combined exercise program is recommended for older men.

Keywords Exercise, Postural balance, Stair climbing, Older adults, Falling

Article Info:
Received: 09 Jun 2022
Accepted: 30 Aug 2022
Available Online: 01 Oct 2023

* *Corresponding Author:*
Mehdi Ghaderian, PhD.
Address: Department of Sport Injuries and Corrective Exercises, Faculty of Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
Tel: +98 (913) 1057530
E-mail: mehdighaderiyan67@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Aging is a global concern that is associated with a decline in organ function and makes a person vulnerable to diseases. Falling is one of the causes of injuries in older adults [1]. Stair climbing is a problematic activity and one of the most common causes of falls in older adults [2, 3]. The elderly are three times more likely to fall when walking up the stairs than when walking on the ground [4]. Balance disorders make stair climbing difficult for the elderly [5]. Controlling balance while climbing stairs is more difficult than that when walking [6]. Most of studies have focused on improving the balance of the elderly while walking, and less attention has been paid to their stair-climbing performance. The mechanisms of balance improvement are different. Combined and multicomponent training programs may cause better results in balance improvement [7]. The present study aims to investigate the effect of combined exercises on the stair negotiation performance of older men.

Methods

This is a randomized controlled clinical trial with a pre-test/post-test design. Thirty older men were selected and randomly allocated to two parallel groups of intervention and control. The intervention group performed 12 weeks of combined exercises, while the control group continued their usual activities during this period. Inclusion criteria were age at least 60 years, functional independence, obtaining the required scores in the general health questionnaire-28, mini-mental state examination, and physical activity readiness questionnaire; no any medical and ethical restrictions, ability to complete tests and exercises, and no participation in other regular exercise programs. Exclusion criteria included an unwillingness to participate in tests and absence from exercise sessions. The participants performed the stair negotiation tests and their kinetic and kinematic data were recorded using the Kistler force plate and the Qualisys motion capture system. The balance was measured with the center of pressure (COP) parameters [1]. The stair ascending and descending time was calculated with kinematic data. Stair negotiation performance was evaluated with the timed up and down stairs (TUDS) test [8], and the self-efficacy was evaluated with the stair self-efficacy (SSE) scale [9]. The exercise protocol consisted of warm-up (10 minutes), resistance training (20 minutes), balance, hopping, and jump training (40 minutes), and cooling down (5 minutes) for 12 weeks. The overload principle was observed with a gradual increase in the duration, number, and load amount. Statistical analysis was carried out using mixed ANOVA. Pairwise comparison was done with the Bonferroni test, and the effect size (partial eta squared) was calculated [10]. The significance level was set at 0.05.

Results

Descriptive information and the results of mixed ANOVA for the stair negotiation variable are reported in Table 1. Interaction effects of the COP parameters, including range and velocity in anteroposterior and mediolateral directions, and path length in the anteroposterior direction were significant during stair ascending ($P \leq 0.047$, $\eta^2=0.12\text{-}0.18$) as well as the range and path length in the anteroposterior and mediolateral directions and the velocity in the mediolateral direction during stair descending ($P=0.046$, $\eta^2=0.10\text{-}0.15$), and in all functional tests variables ($P=0.048$, $\eta^2=0.13\text{-}0.29$). The results of Bonferroni test showed a significant improvement in the variables in the post-test phase compared to the pre-test phase in the intervention group ($P=0.032$). No significant change was observed in any of the variables in the control group ($P>0.05$). The results showed a decrease in the COP parameters and an improvement in balance control during stair ascending and descending in the intervention group. Also, duration of stance phase, total time in stair ascending and descending, and the TUDS test time decreased and the stair self-efficacy was improved after exercises.

Conclusion

The results showed that the combined exersie program improved the stair negotiation performance of older men and enabled them to control the postural sways and have better balance during stair ascending and descending. It was also associated with reduced time and increased velocity during stair ascending and descending, and increased stair self-efficacy in older men, which means improvement in stair negotiation performance. In the present study, the combined exersie program included stretching, resistance, strength, and balance exersies. Each of these components can enhance the balance and functional performance [11-14], and their combined effect on improving stair negotiation performance of older mem was confirmed in this study. This program covered different abilities required for performing daily activities [15]. Therefore, it can be expected that the program can improve the stair negotiation performance of older adults by affecting stair ascending and descending functional demands, including lower limb range of motion, strength, power, and balance control. Gavin et al. (2019), Lee et al. (2021), Handsiker et al. (2016), and Holsgaard et al.

Table 1. Descriptive information and results of mixed ANOVA for the stair negotiation variables

Variables	CG, (n=15)			IG, (n=15)			P (η^2)		
	Mean±SD		P (η^2)	Mean±SD		P (η^2)	Time	Group	Time×Group
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test				
COP parameters during stair ascending									
Range-AP (mm)	106.5 ±21.54	109.65±20.94	0.54 (0.013)	102.42 ±20.28	87.91 ±15.66	0.019 (0.18)*	0.19 (0.06)	0.041 (0.14)*	0.037 (0.15)*
Range-ML (mm)	73.72 ±13.38	70.68±15.92	0.67 (0.007)	75.71 ±11.98	56.96 ±15.41	0.006 (0.24)*	0.084 (0.10)	0.012 (0.20)*	0.023 (0.17)*
Path length-AP (mm)	173.08 ±20.34	174.60±17.16	0.67 (0.007)	168.01 ±18.9	157.37 ±18.69	0.011 (0.12)*	0.12 (0.08)	0.1 (0.09)	0.034 (0.15)*
Path length-ML (mm)	165.59 ±21.50	167.36±24.84	074 (0.004)	157.29 ±26.47	143.31 ±24.75	0.011 (0.21)*	0.1 (0.09)	0.041 (0.14)*	0.06 (0.12)
Velocity-AP (mm/s)	181.91 ±41.82	183.99±28.63	0.82 (0.002)	175.58 ±29.30	147.99 ±29.74	0.002 (0.28)*	0.036 (0.15)*	0.054 (0.12)	0.018 (0.18)*
Velocity-ML (mm/s)	293.08 ±26.45	298.39±35.44	0.68 (0.006)	299.04 ±30.52	266.38 ±32.73	0.018 (0.18)*	0.14 (0.07)	0.07 (0.11)	0.048 (0.13)*
COP parameters during stair descending									
Range-AP (mm)	112.43 ±27.11	115.58±23.64	0.65 (0.007)	108.58 ±27.17	90.39 ±24.01	0.015 (0.19)*	0.14 (0.07)	0.08 (0.10)	0.04 (0.14)*
Range-ML (mm)	121.63 ±30.93	126.54±31.84	0.58 (0.01)	113.07 ±29.79	91.97 ±23.09	0.024 (0.17)*	0.2 (0.06)	0.018 (0.18)*	0.046 (0.13)*
Path length-AP (mm)	225.29 ±46.24	230.19±43.10	0.67 (0.006)	220.92 ±50.46	119.36 ±46.55	0.016 (0.19)*	0.14 (0.07)	0.16 (0.07)	0.043 (0.14)*
Path length-ML (mm)	243.83 ±27.22	245.28 ±24.19	0/86 (0.001)	239.45 ±30.26	214.81 ±25.19	0.006 (0.24)*	0.06 (0.12)	0.034 (0.15)*	0.035 (0.15)*
Velocity-AP (mm/s)	210.98 ±38.12	214.36 ±46.89	0.78 (0.003)	205.77 ±32.81	178.49 ±41.81	0.032 (0.15)*	0.17 (0.06)	0.97 (0.09)	0.08 (0.10)
Velocity-ML (mm/s)	292.63 ±40.43	295.19 ±33.07	0.66 (0.007)	297.10 ±34.40	281.58 ±31.93	0.012 (0.21)*	0.12 (0.08)	0.71 (0.005)	0.035 (0.15)*
Functional tests									
Stance time-stair ascending (s)	1.29 ±0.16	1.31 ±0.12	0.63 (0.008)	1.27 ±0.12	1.12 ±0.16	0.012 (0.20)*	0.13 (0.08)	0.01 (0.21)*	0.034 (0.15)*
Stance time-stair descending (s)	1.26 ±0.08	1.27 ±0.09	0.49 (0.02)	1.24 ±0.10	1.14 ±0.08	0.004 (0.26)*	0.10 (0.09)	0.001 (037)*	0.012 (0.21)*
Stair ascending time (s)	3.48 ±0.41	3.53 ±0.39	0.73 (0.004)	3.43 ±0.38	3.10 ±0.34	0.008 (0.23)*	0.09 (0.10)	0.034 (0.15)*	0.031 (0.16)*
Stair descending-time (s)	3.93 ±0.41	3.99 ±0.55	0.68 (0.006)	3.88 ±0.44	3.49 ±0.45	0.012 (0.20)*	0.12 (0.08)	0.048 (0.14)*	0.038 (0.15)*
TUDS test (s)	13.73 ±2.10	13.61 ±2.21	0.59 (0.01)	13.49 ±1.87	12.34 ±1.89	0.001 (0.50)*	0.001 (0.38)*	0.30 (0.04)	0.002 (0.29)*
SSE-stair ascending (score)	6.69 ±0.97	6.54 ±0.98	0.70 (0.005)	7.06 ±1.18	8.12 ±1.06	0.018 (0.18)*	0.14 (0.07)	0.003 (0.35)*	0.048 (0.13)*
SSE-stair ascending (score)	6.29 ±1.27	6.21 ±1.31	0.87 (0.001)	6.54 ±1.35	7.86 ±1.39	0.009 (0.22)*	0.07 (0.11)	0.012 (0.21)*	0.046 (0.14)*

SALMAND
IRANIAN JOURNAL OF AGEING

Abbreviations: CG: Control group; IG: Intervention group; η^2: Effect size; M: Mean; SD: Standard deviation; AP: Anterioposterior; ML: Mediolateral. *Significance at P≤0.05.

(2011) also showed the effectiveness of exercises in improving stair descending performance [16-19], which is consistent with the results of the present study. Considering the prevalence of stair climbing activities and their potential danger for the elderly and given the effectiveness of combined exercise program, these exercises are recommended for older adults.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

This research was approved by the Ethics Committee of the University of Isfahan (Code: IR.UI.REC.1398.081) and was registered by the Iranian Registry of Clinical Trials (Code: IRCT20180101038168N1). All participants read and signed the informed consent form, and their rights were reserved during the study.

Funding

This article was extracted from Mehdi Ghaderian's PhD dissertation, approved by the Faculty of Sports Sciences, University of Isfahan, and was funded by University of Isfahan.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank all seniors participated in this study as well as the University of Isfahan and the Faculty of Rehabilitation Sciences, Isfahan University of Medical Sciences for their cooperation in this research.

This Page Intentionally Left Blank

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات ترکیبی بر عملکرد گذر از پله در مردان سالمند: یک کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده

*مهدی قادریان[۱]، غلامعلی قاسمی[۱]، شهرام لنجان نژادیان[۱]، ابراهیم صادقی دمنه[۲]

۱. گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. گروه ارتوپدی فنی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghaderian M, Ghasemi Gh A, Lenjannejadian Sh, Sadeghi Demneh E. [Effect of Combined Exercises on Stair Negotiation Performance of Older Men: A Randomized Controlled Clinical Trial (Persian)]. Iranian Journal of Ageing. 2023; 18(3):304-325. http://dx.doi.org/10.32598/sija.2022.3468.2

http://dx.doi.org/10.32598/sija.2022.3468.2

CC BY NC

چکیده

اهداف توانایی گذر ایمن از پله عامل مهمی در استقلال و کیفیت زندگی سالمندان است. هدف از این مطالعه تعیین تأثیر تمرینات ترکیبی بر عملکرد گذر از پله در سالمندان مرد ازطریق بررسی پارامترهای مرکز فشار، تعادل، سرعت و میزان خودکارآمدی بود.

مواد و روش‌ها در این مطالعه ۳۰ مرد سالمند حداقل ۶۰ ساله ساکن اصفهان در سال ۱۴۰۰، دارای استقلال عملکردی، سلامت ذهنی، توانایی انجام فعالیت‌های روزمره بدون استفاده از وسیله کمکی و بدون سابقه سقوط انتخاب شدند و به‌طور تصادفی و مساوی در ۲ گروه آزمایش و کنترل تخصیص یافتند. طرح مطالعه در کمیته تخصصی اخلاق در پژوهش تأیید شد و همه شرکت‌کنندگان فرم رضایت آگاهانه امضا کردند و حقوق آن‌ها در طول مطالعه محفوظ بود. تمرینات ترکیبی بر بهبود توانایی‌های ضروری برای گذر از پله شامل دامنه حرکتی، قدرت، توانی و تعادل متمرکز بود. گروه آزمایش تمرینات را به مدت ۱۲ هفته انجام داد. پارامترهای مرکز فشار با استفاده از صفحه نیرو، زمان بالا رفتن و پایین آمدن از پله توسط سیستم تحلیل حرکت، عملکرد گذر از پله با آزمون زمان بالا و پایین رفتن از پله و میزان خودکارآمدی با مقیاس خودکارآمدی گذر از پله ارزیابی شد. اطلاعات با آزمون تحلیل واریانس ترکیبی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ تجزیه‌وتحلیل شد ($P\leq ۰/۰۵$).

یافته‌ها تمرینات ترکیبی در کاهش پارامترهای مرکز فشار هنگام بالا رفتن و پایین آمدن از پله مؤثر بود ($P\leq ۰/۰۴۸$). زمان مرحله استقرار و زمان بالا رفتن و زمان پایین آمدن از پله پس از اجرای تمرینات کاهش یافت ($P\leq ۰/۰۳۴$). نتایج آزمون‌های زمان بالا و پایین رفتن از پله ($P\leq ۰/۰۰۲$) و خودکارآمدی گذر از پله ($P\leq ۰/۰۴۸$) بهبود عملکرد در گروه آزمایش نسبت به کنترل را نشان داد.

نتیجه‌گیری نتایج، تأثیرگذاری تمرینات ترکیبی در بهبود عملکرد گذر از پله در سالمندان را نشان داد. باتوجه‌به گستردگی موقعیت‌های گذر از پله در فعالیت‌های روزمره و پیچیدگی و خطر بالقوه آن برای سالمندان، به‌کارگیری ترکیبی از تمرینات کششی، مقاومتی، توانی و تعادلی برای بهبود عملگرد گذر از پله در سالمندان توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها تمرینات ورزشی، تعادل پاسچرال، گذر از پله، سالمند، سقوط

اطلاعات مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۹ خرداد ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۸ شهریور ۱۴۰۲
تاریخ انتشار: ۰۹ مهر ۱۴۰۲

* **نویسنده مسئول:**
مهدی قادریان
نشانی: تهران، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی.
تلفن: ۱۰۵۷۵۳۰ (۹۱۳) ۹۸+
پست الکترونیکی: mehdighaderiyan67@gmail.com

مقدمه

سالمندی یک نگرانی جهانی است [۱] که با کاهش عملکرد سیستم‌های مختلف بدن همراه است و افراد را مستعد آسیب‌پذیری و بروز صدمات می‌کند. بیشترین دلیل صدمات در افراد سالمند سقوط است که می‌تواند پیامدهای زیانبار پزشکی، روانی، اجتماعی و اقتصادی داشته باشد [۲]. ۴۰ درصد از افراد بالای ۶۵ سال حداقل ۱ بار در سال دچار سقوط می‌شوند و حدود ۱۵ درصد در معرض خطر سقوط ۲ بار یا بیشتر هستند [۳]. سقوط منجر به بستری شدن، بی‌حرکتی، کاهش عملکرد و حتی مرگ می‌شود [۴] و یک نگرانی بهداشتی جدی و پر هزینه در سطح جهان است. هزینه مستقیم پزشکی مرتبط با آسیب‌های سقوط در ایالات متحده آمریکا بالغ بر ۳۲ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۵ بود و تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به بیش از ۷۴ میلیارد دلار افزایش یابد [۵]. ازاین‌رو شناسایی عوامل خطر سقوط و یافتن شیوه‌های پیشگیرانه مؤثر، ضروری است.

گذر از پله[1] از تکالیف متداول در زندگی روزمره و یک فعالیت کاربردی و چالش‌برانگیز برای افراد سالمند است [۶]. ناتوانی در انجام این تکلیف، شاخصی است که می‌تواند باعث افزایش آسیب شود و پیامدهای گسترده‌ای برای سلامت، استقلال و کیفیت زندگی سالمندان داشته باشد [۷]. سالمندان، گذر از پله را یکی از دشوارترین تکالیف مشخص کرده‌اند و اختلال در عملکرد گذر از پله از مهم‌ترین عوامل سقوط و صدمات ناشی از آن است [۸، ۹]. حدود ۱۰ درصد از اتفاقات خانگی [۱۰]، ۱۴ درصد از آسیب‌های شغلی [۱۱] و ۲۶ درصد از سقوط‌های خود گزارش‌شده در پله‌ها رخ می‌دهد [۱۲]. سالمندان هنگام گذر از پله نسبت به راه رفتن در سطح زمین ۳ برابر بیشتر متحمل آسیب‌های ناشی از سقوط می‌شوند و سقوط روی پله‌ها از علل اصلی مرگ تصادفی در سالمندان است [۸]. گذر از پله نیازمند کنترل جرم و پایداری بدن به‌صورت تک اندام و به‌طور هم‌زمان هدایت اندام طرف مقابل به پله بعدی است. این کار نیازمند کنترل عصبی‌عضلانی، دامنه حرکتی مفاصل اندام تحتانی [۱۳]، قدرت عضلانی و گشتاورهایی بیش از راه رفتن در سطح زمین است [۱۴] و چالش قابل‌توجهی برای کنترل وضعیتی[2] و حفظ تعادل پویا ایجاد می‌کند [۱۵، ۱۶]. اختلال تعادل نقش عمده‌ای در بروز سقوط دارد [۱۷]. کنترل تعادل، شرط اولیه استقلال عملکردی [۱۸] و پایه و اساس توانایی ما در انجام تکالیف روزمره و پاسخ به اختلالات غیر منتظره و جلوگیری از سقوط است [۱۹، ۲۰]. کنترل تعادل هنگام گذر از پله دشوارتر از راه رفتن عادی است [۲۱] کاهش در عملکردهای مربوط به کنترل وضعیت بدن با افزایش سن، عامل اختلال تعادل است [۲۲، ۲۳] و عملکرد گذر از پله در سالمندان را با مشکلاتی مواجه می‌سازد. گذر از پله همچنین درصد قابل‌توجهی از حداکثر ظرفیت قدرت در افراد سالمند را می‌طلبد [۲۴] و ضعف در قدرت و توان، حس عمقی، تعادل و توانایی قلبی‌عروقی در سالمندان در کاهش توانایی گذر از پله نقش دارند [۸].

افراد سالمند از تمرینات ورزشی ساختاریافته جهت پیشگیری و به تأخیر انداختن کاهش در عملکرد ناشی از افزایش سن، به‌خوبی بهره می‌برند [۲۵]. تعادل یک کیفیت چندعاملی است که به‌طور مؤثر با تمرینات مناسب بهبود می‌یابد [۲۶]. مطالعات بر روی تعیین مؤثرترین مداخلات برای بهبود تعادل و کاهش خطرات سقوط متمرکز است و طیف وسیعی از مداخلات ورزشی مانند تمرینات تعادلی [۲۷]، رویکردهای ورزشی مانند تای چی [۲۸] یا برنامه‌های تمرینی ترکیبی و چند مؤلفه [۲۹]، بهبود تعادل و توانایی‌های عملکردی در سالمندان را نشان داده است [۳۰]، اما توجه بیشتر مطالعات بر بهبود تعادل و عملکرد سالمندان هنگام راه رفتن در سطح زمین متمرکز است و با وجود گستردگی موقعیت‌های گذر از پله و خطرآفرین بودن آن برای مردان سالمند، مطالعات کمتری به تأثیر مداخلات تمرینی بر کنترل تعادل هنگام گذر از پله در این افراد پرداخته‌اند [۱۶، ۳۱، ۳۲]. ازاین‌رو لزوم توجه بیشتر مطالعات به بررسی تأثیر تمرینات بدنی بر بهبود تعادل هنگام گذر از پله و ارتقای عملکرد بالا رفتن و پایین آمدن از پله در سالمندان ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی مکانیسم‌هایی که باعث بهبود تعادل پس از انجام تمرینات می‌شوند ممکن است متفاوت باشند و ترکیب تمرینات ممکن است اثرا هم‌افزایی ایجاد و نتایج بهتری را حاصل کند. همچنانکه رویکردهای تمرینی اخیر نیز بر اثربخشی مداخلات تمرینی ترکیبی و چند مؤلفه‌ای[3] در بهبود عملکرد بدنی سالمندان تأکید دارند [۳۳، ۳۴].

ازآنجایی‌که افزایش سن با کاهش قابلیت‌های جسمانی شامل کاهش در دامنه حرکتی، قدرت، توان و اختلال تعادل در مردان سالمند همراه است [۳۵] و گذر از پله فعالیتی است که اجرای ایمن و کارآمد آن نیازمند این توانایی‌های جسمانی بوده و کاهش در آن همراه با اختلال در عملکرد گذر از پله و فزایش خطر سقوط است [۳۵]. بنابراین، فرض بر این است که یک برنامه تمرینی ترکیبی شامل تمرینات کششی، قدرتی، توانی و تعادلی با بهبود عملکرد گذر از پله در سالمندان مرد همراه است. بنابراین مطالعه حاضر به بررسی تأثیر تمرینات ترکیبی بر عملکرد گذر از پله در سالمندان مرد می‌پردازد.

روش مطالعه

طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

این مطالعه یک کارآزمایی تصادفی کنترل‌شده دارای طرح ۲ گروهی کنترل و آزمایش با روند پیش‌آزمون پس‌آزمون همراه با

1. Stair negotiation
2. Postural control
3. Multi-component exercises

مداخله تمرینی بود. جامعه آماری شامل مردان سالمند ۶۰ سال به بالا شهر اصفهان بود که از میان آن‌ها پس از انجام فراخوان‌های عمومی و غربالگری (معاینات و آزمون‌های اولیه از طریق پرسش‌نامه‌های سلامت عمومی[۴]، ارزیابی کوتاه وضعیت ذهنی[۵] و آمادگی فعالیت بدنی[۶] و انجام مصاحبه)، تعداد ۳۰ نفر انتخاب و به‌صورت تصادفی الکترونیکی به ۲ گروه ۱۵ نفره آزمایش و کنترل تخصیص یافتند. تخصیص تصادفی به روش الکترونیکی با مراجعه به درگاه اینترنتی تصادفی‌ساز پژوهش[۷] انجام شد. به این صورت که به هریک از شرکت‌کنندگان عددی از ۱ تا ۳۰ اختصاص داده شد. سپس با مراجعه به درگاه اینترنتی و انتخاب تعداد ۲ گروه، تعداد ۱۵ شرکت‌کننده در هر گروه، انتخاب دامنه ۱ تا ۳۰، انتخاب عدم تکرار اعداد در هر گروه و خاموش بودن نشانگرهای مکان انتصاب تصادفی شرکت‌کنندگان در هریک از گروه‌ها انجام شد [۳۶]. شرکت‌کنندگان گروه آزمایش ۱۲ هفته تمرینات ترکیبی را تکمیل کردند، درحالی‌که گروه کنترل در این مدت فعالیت‌های معمول خود را ادامه دادند. در این مطالعه دستیاران پژوهشی که وظایف اجرایی مطالعه ازجمله گروه‌بندی تصادفی و انجام آزمون‌ها و اندازه‌گیری‌ها را برعهده داشتند نسبت به مطالعه کورسازی شدند. از ابزار جی‌پاور[۸] برای محاسبه حجم نمونه در خانواده آزمون F (تحلیل واریانس برای اندازه‌گیری‌های تکراری، تعاملی بین و درون گروهی) و آزمون آماری مربوطه براساس یک مطالعه مرتبط که اثرات یک برنامه مداخله تقریباً مشابه (تمرینات ورزشی) را بر متغیرهای مشابه (ویژگی‌های نیروی واکنش زمین) در یک گروه مشابه (سالمندان) بررسی کرده بود، استفاده شد [۳۷].

برای تحلیل توان آماری، میزان خطای نوع۱ برابر با ۰/۰۵، میزان خطای نوع ۲ برابر با ۰/۲۰ و اندازه اثر برابر با ۰/۴۲ در نظر گرفته شد. حجم نمونه در هر گروه برای آزمون فرضیه مطالعه ۱۵ نفر برآورد شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل مرد حداقل ۶۰ ساله، داشتن استقلال عملکردی و توانایی راه رفتن و انجام فعالیت‌های روزمره بدون استفاده از وسیله کمکی، کسب نمره بالاتر از ۲۴ در پرسش‌نامه کوتاه وضعیت ذهنی، دارا بودن شرایط پرسش‌نامه‌های سلامت عمومی و آمادگی فعالیت بدنی، عدم وجود هرگونه منع پزشکی و اخلاقی برای شرکت در تمرینات (شناختی، بینایی، شنوایی، قلبی و تنفسی و حسی‌حرکتی)، نداشتن سابقه زمین خوردن طی ۱ سال گذشته، توانایی شرکت در آزمون‌ها و برنامه‌های تمرینی و عدم مشارکت در برنامه تمرینی منظم خارج از مطالعه و معیارهای خروج از مطالعه شامل عدم حضور در آزمون‌ها و جلسات تمرین بود (تصویر شماره ۱).

4. General health questionnaire-28 (GHQ-28)
5. Mini-mental state examination (MMSE)
6. Physical activity readiness questionnaire (PAR-Q)
7. Research randomizer: https://www.randomizer.org
8. G*Power software

وسایل و تجهیزات

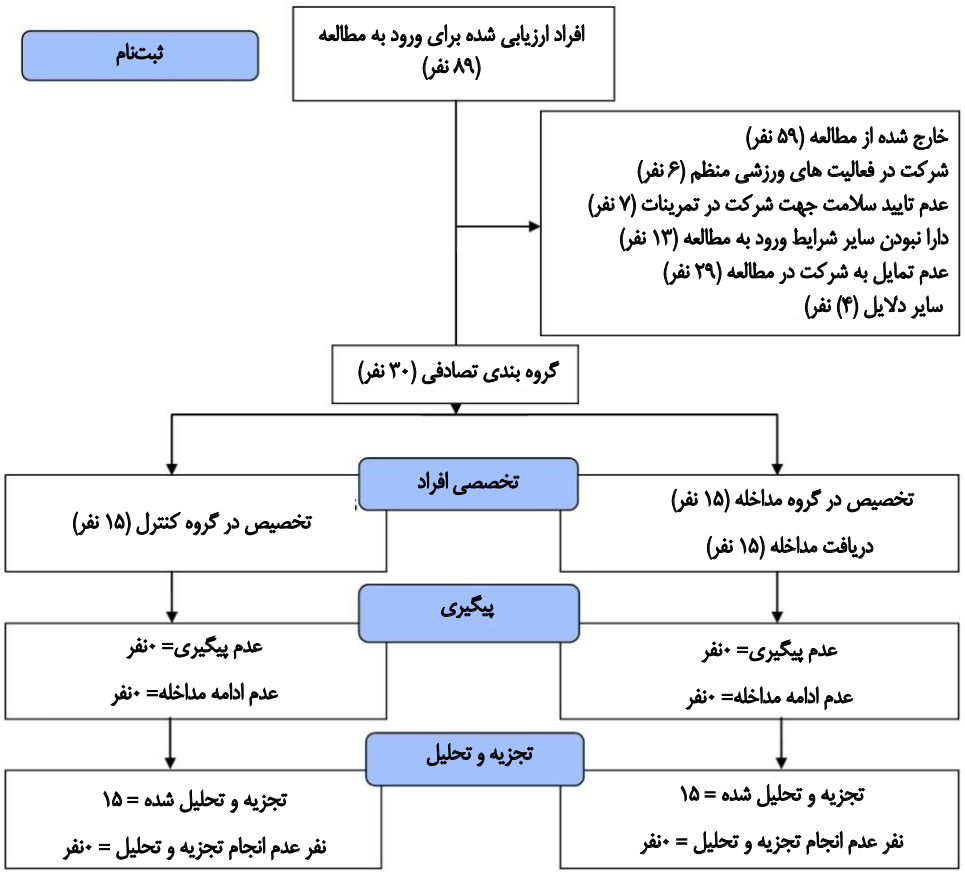
اندازه‌گیری‌ها در مرکز تحقیقات اختلالات اسکلتی‌عضلانی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان انجام شد. اطلاعات کینتیک[۹] با استفاده از صفحه نیروی کیستلر[۱۰] با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز جمع‌آوری شد. نیروی واکنش زمین با استفاده از فیلتر پایین گذر مرتبه چهارم باتروورث و قطع فرکانس ۲۰ هرتز فیلتر شد و آستانه ۱۰ نیوتن برای تشخیص مرحله استقرار[۱۱] انتخاب شد [۳۸]. اطلاعات کینماتیک[۱۲] با استفاده از سیستم تحلیل حرکت کیو.تی.ام[۱۳] ساخت سوئد، با ۷ دوربین مادون قرمز با فرکانس ۱۲۰ هرتز نمونه‌برداری و به‌صورت دیجیتالی ثبت شد. نشانگرها روی نشانه‌های آناتومیک[۱۴] براساس روش مارکرگذاری هلن هیز[۱۵] قرار داده شدند [۳۹]. اطلاعات خط سیر[۱۶] مارکرها به‌صورت سه‌بعدی و با نرم‌افزار مدیریت تعقیب مسیر[۱۷] تجزیه‌وتحلیل شدند.

راه‌پله طراحی‌شده در این مطالعه فلزی و شامل ۳ پله بود. ارتفاع هر پله ۱۷ سانتی‌متر، کف پله اول و دوم ۳۰ و پله سوم ۷۰ سانتی‌متر، عرض پله اول ۶۰ و پله دوم و سوم ۹۰ سانتی‌متر بود. پله اول به‌صورت یک چهارپایه مجزا از سایر پله ا طراحی شد. در زیر پله اول یک صفحه نیرو جهت ثبت نیروی واکنش زمین نصب بود. هیچ تماسی بین پله اول و راه‌پله وجود نداشت تا ثبت اطلاعات نیروی واکنش زمین تحت تأثیر ارتعاش راه‌پله ناشی راه رفتن در پله‌های دیگر قرار نگیرد. نیروی واکنش زمین هنگام بالا رفتن و پایین آمدن از پله ثبت شد [۴۰].

اجرای آزمون گذر از پله

مسیری ۲ متری که در انتهای آن راه‌پله تعبیه شده بود جهت انجام آزمون گذر از پله در نظر گرفته شد. هریک از شرکت‌کنندگان روی زمین در فاصله تقریباً ۱ متری از راه‌پله طراحی‌شده ایستادند. پس از گفتن عبارت «شروع» توسط آزمونگر، حرکت آغاز شد و مشارکت‌کننده پس از طی ۲ گام روی زمین به پله‌ها رسید و از راه‌پله بالا رفت (تصویر شماره ۲. الف). پس از یک استراحت کوتاه و با اعلام آزمونگر از پله‌ها پایین آمد (تصویر شماره ۲. ب). با طی دو گام روی زمین آزمون به پایان رسید. با گذاشتن گام روی اولین پله، صفحه نیرو اطلاعات نیروی واکنش زمین را ثبت کرد. فرد آزمون را با سرعت دلخواه و به‌صورت طبیعی طی کرد.

9. Kinetic
10. Kistler force plate AA 9260
11. Stance phase
12. Kinematic
13. Qualysis motion capture systems, sweden 2.7 (build 771)
14. Anatomic Landmarks
15. Helen Hays marker set
16. Trajectory
17. Qualisys Track Manager



سالمند

تصویر ۱. فلوچارت کانسورت

نقطه شروع آزمون براساس آزمایشات عملی به‌گونه‌ای تنظیم شد که گام روی پله اول با پای برتر انجام شود. همه شرکت‌کنندگان راست پا بودند که با آزمایش لگد به توپ مشخص شد [۴۱]. از همه شرکت‌کنندگان با پای برهنه و جوراب‌های یکسان آزمون‌گیری شدند. هر شرکت‌کننده ۳ تکرار بدون نقص در هر تکلیف با یک دقیقه استراحت بین هر تکرار انجام داد و میانگین آن برای محاسبات آماری در نظر گرفته شد. داده‌های کینتیک با استفاده از نرم‌افزار متلب[18] (نسخه b۲۰۱۵) استخراج شدند.

ارزیابی تعادل هنگام گذر از پله

برای اندازه‌گیری تعادل هنگام بالا رفتن و پایین آمدن از پله از داده‌های صفحه نیرو و تجزیه‌وتحلیل مرکز فشار استفاده شد. پارامترهای دامنه مرکز فشار[19]، طول مسیر مرکز فشار[20] و سرعت جابه‌جایی مرکز فشار[21] در صفحه قدامی‌خلفی و داخلی‌جانبی در مرحله استقرار برای تحلیل نهایی استفاده شد [۲].

18. Matlab version 2015b; The Mathworks, Natick, Mass., USA
19. The Range of Center of Pressure
20. The Path Length of Center of Pressure
21. The Velocity of Center of Pressure

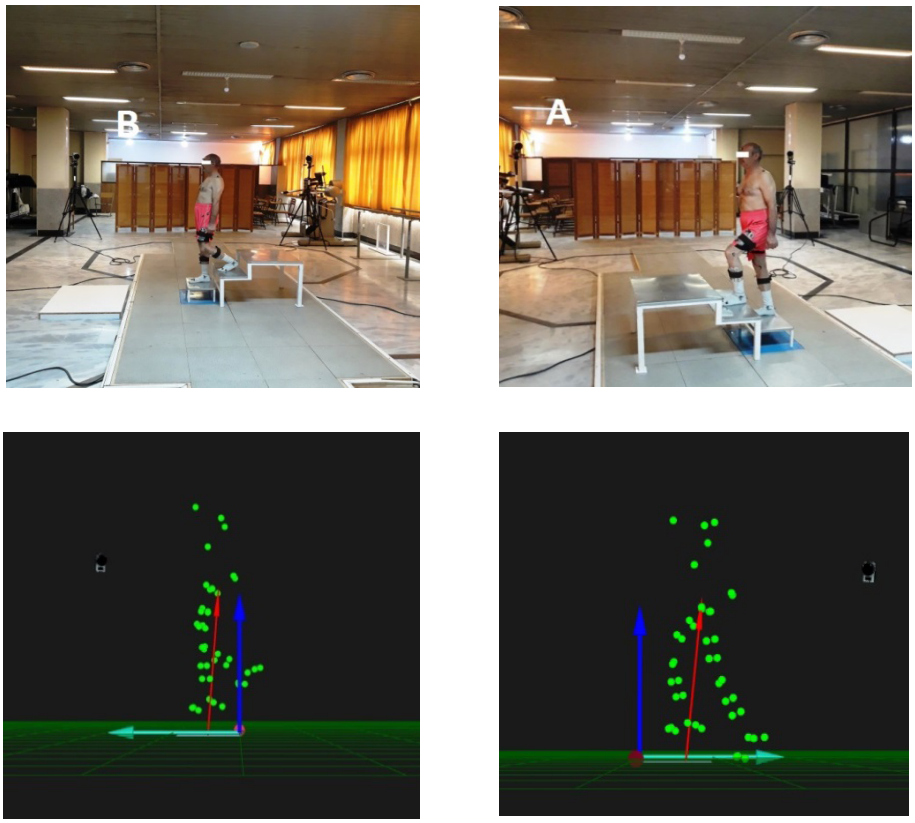
اندازه‌گیری زمان گذر از پله

زمان بالا رفتن از پله از لحظه جدا شدن پای پیشرو از روی زمین تا لحظه‌ای که هر دو پا صاف روی پله سوم قرار بگیرد و زمان پایین آمدن از پله از لحظه بلند شدن پای پیشرو از پله سوم تا لحظه قرارگیری هر ۲ پا روی زمین محاسبه شد [۴۲]. زمان مرحله استقرار[22] (زمانی از چرخه راه رفتن که تنها یک پا در تماس با زمین قرار می‌گیرد) از لحظه برخورد پا تا لحظه جداشدن پا از صفحه نیرو محاسبه شد [۳۸]. اندازه‌گیری زمان با استفاده داده‌های حاصل از دستگاه تحلیل حرکت و ازطریق نرم‌افزار مدیریت تعقیب مسیر برحسب ثانیه انجام شد (تصویر شماره ۳).

ارزیابی عملکرد گذر از پله

جهت ارزیابی عملکرد گذر از پله از آزمون زمان بالا رفتن و پایین آمدن از پله[23] استفاده شد. ارزیابی براساس زمان لازم برای بالا رفتن و سپس پایین آمدن از ۸ پله (ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر، کف ۳۰ سانتی‌متر) در سریع‌ترین زمان ممکن انجام شد. از

22. Stance time
23. Timed Up and Down Stairs (TUDS)



تصویر ۲. نحوه اجرای آزمون گذر از پله: (A) بالا رفتن از پله، (B) پایین آمدن از پله

شرکت‌کنندگان خواسته شد روی سطح زمین با فاصله ۳۰ سانتی‌متر مقابل راه‌پله بایستند و با فرمان «شروع» آزمون را آغاز کنند و با حداکثر سرعتی که ایمنی آن‌ها را به خطر نیندازد، بدون دویدن یا پریدن و به‌صورت پله به پله از پله‌ها بالا بروند، روی پله بالایی بچرخند و از پله‌ها پایین بیایند. آن‌ها اجازه داشتند در صورت نیاز از نرده استفاده کنند. زمان از لحظه جدا شدن پای پیشرو از زمین جهت بالا رفتن و تا لحظه قرارگیری هر ۲ پا روی زمین پس از پایین آمدن با استفاده از کورنومتر ثبت شد. از هر شرکت‌کننده ۳ آزمون با فاصله ۵ دقیقه استراحت گرفته شد و بهترین نتیجه برای تحلیل نهایی استفاده شد [۴۳،۷].

خودکارآمدی در گذر از پله

میزان خودکارآمدی هنگام گذر از پله ازطریق پرسش‌نامه خودکارآمدی پله[۲۴] ارزیابی شد. پرسش‌نامه خودکارآمدی پله را همل و کاوانا با هدف ارزیابی میزان خودکارآمدی و احساس اعتماد به نفس افراد در امنیت گذر از پله در شرایط مختلف و بدون از دست دادن تعادل طراحی کردند. این پرسش‌نامه شامل ۱۶ گویه (۸ گویه برای خودکارآمدی در بالا رفتن از پله و ۸ گویه برای خودکارآمدی در پایین آمدن از پله) در مقیاس ۱۰ درجه‌ای است. شرکت‌کنندگان باید در هریک از گویه‌ها به میزان اطمینان خود در بالا رفتن یا پایین آمدن از پله در شرایط مختلف، در مقیاس صفر (بدون اطمینان) تا ۱۰ (کاملاً مطمئن) امتیاز دهند. نمره کل در هریک از موقعیت‌های بالارفتن و پایین آمدن از پله نشان‌دهنده میانگین ۸ گویه بوده و امتیاز بالاتر نشان‌دهنده خودکارآمدی بیشتر است. پایایی این پرسش‌نامه خوب گزارش شد و یک مقیاس قابل‌اعتماد در ارزیابی میزان خودکارآمدی هنگام گذر از پله است [۴۴، ۴۵].

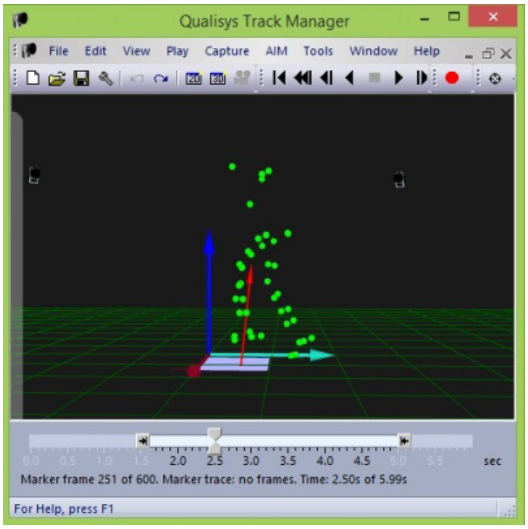
مداخله تمرینی

انتخاب، طراحی و پارامترهای برنامه تمرینات با اقتباس از کتاب‌های تمرین برای سالمندان ضعیف[۲۵] [۴۶] و راهنمای ورزش خانگی برای بزرگسالان و سالمندان[۲۶] [۴۷] تنظیم شد و به مدت ۱۲ هفته و ۳ جلسه ۷۵ دقیقه در هفته ارائه شد. به دلیل شیوع بیماری کرونا و لزوم رعایت دستورالعمل‌های بهداشتی، اجرای تمرینات در گروه آزمایش به‌صورت گروه‌های محدود چند نفره و در محدوده زمانی پاییز سال ۱۳۹۹ تا پاییز سال ۱۴۰۰ اجرا شد. برنامه تمرینی شامل ۴ بخش گرم کردن و تمرینات دامنه حرکتی (۱۰دقیقه)، تمرینات مقاومتی (۲۰ دقیقه)، تمرینات تعادلی و

24. Stair Self-Efficacy (SSE)

25. Exercise for Frail Elders

26. Home Exercise Guide For Adults & Seniors Fitness & Nutrition



تصویر ۳. اندازه‌گیری زمان بالا رفتن و پایین آمدن از پله ازطریق نرم‌افزار مدیریت تعقیب مسیر

سالمند

استپ و پرش (۴۰ دقیقه) و سرد کردن (۵ دقیقه) بود. گرم کردن شامل تمرینات هوازی و تمرینات دامنه حرکتی و کششی بود. تمرینات مقاومتی در ۳ بخش بالاتنه، بخش مرکزی و پایین تنه انجام شد و گروه‌های اصلی عضلات و همچنین ثبات بخش مرکزی را هدف قرار داد. این تمرینات در ۱ تا ۳ ست، ۱۰ تا ۱۵ تکرار و ۱ تا ۳ دقیقه استراحت در هر ست به‌صورت پیش‌رونده و باتوجه‌به توانایی شرکت‌کنندگان انجام شد [۴۸].

تمرینات مقاومتی شامل وزنه پیش‌رونده. تمرینات تحمل وزن[۲۷] و تمرینات مقاومتی مشابه بود و اصل اضافه بار در طول برنامه با افزایش تدریجی بر مدت، تعداد و میزان بار رعایت شد. میزان بار تمرین متوسط تا زیاد و باتوجه‌به سطح مشخصی از تلاش تنظیم شد. در یک مقیاس ۱۰ درجه‌ای که فقدان حرکت، صفر و حداکثر تلاش یک گروه عضلانی ۱۰ است، تلاش با شدت متوسط ۵ یا ۶ و تلاش با شدت زیاد ۷ یا ۸ در نظر گرفته شد [۴۹].

بخش تمرینات تعادلی شامل تمرینات ایستا و پویا و استپ و پرش بود. سطح چالش در تمرینات تعادلی با حرکت از فعالیت‌های با تقاضای تعادلی کم به زیاد و کاهش سطح اتکا افزایش یافت. این تمرینات با هدف بهبود کنترل تعادل در شرایط مختلف پایداری و در موقعیت‌های عملکردی مختلف انجام شد. تمرینات استپ و پرش که به‌طور هم‌زمان تعادل، قدرت و توان را هدف قرار می‌دهد جهت بهبود عملکرد گذر از پله انجام شد. سرد کردن شامل تمرینات هوازی کم شدت، تمرینات کششی و تکنیک‌های تنفس عمیق بود. مدت زمان هر جلسه و شدت تمرینات به گونه‌ای برنامه‌ریزی شد که شرکت‌کنندگان بتوانند با حرکات آشنا شوند و خود را با آن تطبیق ددهنداده و آمادگی بهتری را برای تمرین و همچنین پیشگیری از درد و آسیب فراهم کنند. قبل از شروع و حین هر جلسه شرکت‌کنندگان از نظر موارد احتمالی منع فعالیت یا نیاز به ارزیابی پزشکی بررسی می‌شدند (جدول شماره ۱).

27. Calisthenics

تجزیه‌وتحلیل آماری

داده‌ها با مقادیر میانگین و انحراف‌معیار ارائه شد. پس از تأیید توزیع نرمال با آزمون شاپیرو ویلک[۲۸]، از آزمون تی مستقل برای تعیین تفاوت اولیه بین گروه‌ها استفاده شد. تحلیل آماری با آزمون تحلیل واریانس ترکیبی[۲۹] طرح ۲ (زمان: پیش‌آزمون و پس‌آزمون)×۲(گروه: آزمایش و کنترل) انجام شد و تجزیه‌وتحلیل‌های زوجی با استفاده از آزمون بنفرونی[۳۰] محاسبه شد. اندازه اثر[۳۱] با مجذور اتا جزئی[۳۲] (η_p^2) محاسبه شد [۵۰]. سطح معناداری در $P\leq ۰/۰۵$ تعیین و کلیه تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. در تحلیل آماری با آزمون تحلیل واریانس ترکیبی، معنادار بودن اثر اصلی آزمون به معنی تفاوت کلی میانگین نمرات متغیر اندازه‌گیری‌شده بین مراحل آزمون (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) و معنادار بودن اثر اصلی گروه به معنی تفاوت کلی میانگین نمرات متغیر مورد ارزیابی در بین گروه‌های مورد مطالعه (تمرینات ترکیبی و کنترل) است. مهم‌ترین اقدام در آزمون تحلیل واریانس ترکیبی، مقایسه شیب خطوط تغییرات یا بررسی اثرات تعاملی است. معناداری تعامل نشان می‌دهد گروه‌های پژوهش (تمرینات ترکیبی و کنترل) در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) متفاوت رفتار کرده‌اند.

28. Shapiro-Wilk-Test
29. Mixed ANOVA
30. Bonferroni
31. Effect sizes
32. Partial eta squared (η_p^2)

جدول ۱. برنامه تمرینات ترکیبی

	اجزا	برنامه تمرینات ترکیبی		زمان (دقیقه)
گرم کردن		تمرینات هوازی کم شدت و تمرینات دامنه حرکتی و کششی		۱۰
تمرینات مقاومتی		اندام فوقانی: سینه، پشت، شانه، جلو بازو، پشت بازو بخش مرکزی: تو دادن شکم، دراز نشست، پل، پلانک، حرکات در وضعیت چهار دست و پا، سوپرمن اندام تحتانی: فلکشن ران، آبداکشن ران، آداکشن ران، فلکشن زانو، اکستنشن زانو، بلند کردن پنجه، بلند شدن روی پنجه، اسکات		۲۰
تمرینات تعادلی	ایستا	ایستادن و انتقال قدامی‌خلفی وزن	ایستادن تندم روی پنجه‌ها	ایستادن پنجه به عقب
		ایستادن و انتقال جانبی وزن	ایستادن استراید روی پاشنه‌ها	ایستادن پنجه به جانب
		ایستادن یک گام به جلو و عقب	ایستادن لانج	پاشنه و پنجه ساکن
		ایستادن پا جفت	ایستادن تک پا	ایستادن و حرکت پاشنه و پنجه با یک پا
		ایستادن استراید	ایستادن و یک پا جلو و بالا	ایستادن تک پا و انتقال قدامی‌خلفی وزن
		ایستادن نیمه تندم	ایستادن و یک پا به عقب خم	ایستادن تک پا و انتقال جانبی وزن
		ایستادن تندم	ایستادن و یک پا به جانب	ایستادن تک پا و نوسان قدامی‌خلفی پای مخالف
		بلند شدن روی پنجه‌ها	ایستادن و زانو بالا	ایستادن تک پا و نوسان داخلی خارجی پای مخالف
		بلند شدن روی پاشنه‌ها	ایستادن پاشنه به جلو	ایستادن و حفظ تعادل چوب در دست
	پویا	ایستادن پا جفت روی فوم	راه رفتن باریک	راه رفتن تندم
		ایستادن نیمه تندم روی فوم	راه رفتن مارش	راه رفتن اسلوموشن
		ایستادن روی فوم بلند شدن روی پنجه	راه رفتن نیمه تندم	راه رفتن تندم روی پنجه
		ایستادن یک پا روی فوم	راه رفتن روی پنجه	راه رفتن تندم روی پاشنه
		راه رفتن به جانب	راه رفتن روی پاشنه	راه رفتن تندم دست جمع
		راه رفتن به عقب	راه رفتن با طول گام بلند	راه رفتن روی طناب
	استپ و پرش	استپ قدامی	گذر از پله مایل	پرش جفت جانبی از روی خط
		استپ جانبی	راه رفتن گام بلند و عبور از مانع	پرش مایل جانبی از روی خط
		استپ V	راه رفتن جانبی گام بلند و عبور از مانع	پرش تک پا قدامی از روی خط
		استپ لوزی	پرش پروانه جانبی	پرش تک پا جانبی از روی خط
		استپ ساعت شنی	پرش پروانه قدامی‌خلفی	پرش تک پا مایل از روی خط
		استپ آپ قدامی	پرش پاشنه پنجه راست	یورتمه رفتن تعدیل‌شده
		استپ آپ جانبی	پرش پاشنه پنجه چپ	سر خوردن تعدیل‌شده
		استپ آپ مایل	پرش گهواره قدامی‌خلفی	سکسکه رفتن تعدیل‌شده
		گذر از پله قدامی	پرش گهواره جانبی	پله نوردی محدود
		گذر از پله جانبی	پرش جفت قدامی از روی خط	پله نوردی
سرد کردن		تمرینات هوازی کم شدت، تمرینات کششی و تکنیک‌های تنفس عمیق		۵

جدول ۲. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی گروه‌ها

متغیر / گروه	میانگین±انحراف‌معیار: تمرینات ترکیبی	میانگین±انحراف‌معیار: کنترل	سطح معناداری
سن (سال)	۶۵/۴۷±۲/۵۰	۶۴/۸۰±۲/۳۴	۰/۶۹۳
وزن (کیلوگرم)	۶۹/۳۳±۲/۷۲	۷۱/۱۳±۱/۸۵	۰/۵۹۱
قد (سانتی متر)	۱۷۰/۴۰±۳/۰۹	۱۶۹/۶۷±۲/۸۷	۰/۵۶۵
شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	۲۴/۵۷±۰/۶۸	۲۴/۷۲±۰/۶۴	۰/۸۰۰
ارزیابی کوتاه وضعیت ذهنی (امتیاز)	۲۵/۲۷±۱/۲۸	۲۵/۳۳±۱/۱۸	۰/۸۹۷

* معناداری در سطح P≤۰/۰۵

سالمند

یافته‌ها

همه شرکت‌کنندگان تمرینات را طبق برنامه دریافت کردند. پایبندی به تمرینات در گروه آزمایش ۱۰۰ درصد بود. هیچ آسیب مرتبط با تمرین یا آزمون در طول مطالعه گزارش نشد. در ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شامل سن، وزن، قد، شاخص توده بدنی و امتیازات ارزیابی کوتاه وضعیت ذهنی تفاوت معناداری بین گروه‌ها مشاهده نشد (جدول شماره ۲).

جداول شماره ۳، ۴ و ۵ نشان‌دهنده تفاوت‌های درون گروهی مربوط اثر اصلی آزمون و تفاوت‌های بین گروهی مربوط به اثر اصلی گروه و همچنین اثرات تعاملی گروه و آزمون است. جدول شماره ۳ نشان می‌دهد اثرات تعاملی پارامترهای مرکز فشار هنگام بالا رفتن از پله شامل دامنه و سرعت جابه‌جایی در جهات قدامی‌خلفی و داخلی‌جانبی و طول مسیر در جهت قدامی‌خلفی (۰/۱۸-۰/۱۲=η^2، P≤۰/۰۴۷) و تفاوت‌های بین گروهی در پارامتر طول مسیر داخلی‌جانبی معنادار بود (۰/۱۴=η^2، P≤۰/۰۴۱).

جدول شماره ۴ نشان می‌دهد اثرات تعاملی پارامترهای مرکز فشار هنگام پایین آمدن از پله شامل دامنه و طول مسیر جابه‌جایی در جهات قدامی‌خلفی و داخلی‌جانبی و سرعت جابه‌جایی در جهت داخلی‌جانبی معنادار بود (۰/۱۵-۰/۱۰=η^2، P≤۰/۰۴۶). در پارامتر سرعت قدامی‌خلفی مرکز فشار تفاوت‌های بین و درون گروهی و تعاملی معنادار نبود (P>۰/۰۵).

جدول ۳. اطلاعات توصیفی و نتایج تحلیل واریانس ترکیبی در پارامترهای مرکز فشار (COP) هنگام بالا رفتن از پله

پارامترهای مرکز فشار (بالارفتن از پله)		میانگین±انحراف‌معیار: گروه کنترل		میانگین±انحراف‌معیار: گروه تمرینات ترکیبی		سطح معناداری (اندازه اثر): گروه کنترل	سطح معناداری (اندازه اثر): گروه تمرینات ترکیبی	سطح معناداری (اندازه اثر): اثر اصلی آزمون	سطح معناداری (اندازه اثر): اثر اصلی گروه	سطح معناداری (اندازه اثر): تعامل آزمون×گروه
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون					
دامنه	قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۱۰۶/۰۵±۲۱/۵۴	۱۰۹/۶۵±۲۰/۹۴	۱۰۲/۴۲±۲۰/۲۸	۸۷/۹۱±۱۵/۶۶	۰/۵۴ (۰/۰۱۳)	۰/۰۱۹* (۰/۱۸)	۰/۱۹ (۰/۰۶)	۰/۰۴۱* (۰/۱۴)	۰/۰۳۷* (۰/۱۵)
	دامنه داخلی‌جانبی (میلی‌متر)	۷۳/۷۲±۱۳/۳۸	۷۰/۶۸±۱۵/۹۲	۷۵/۷۱±۱۱/۹۸	۵۶/۹۶±۱۵/۴۱	۰/۶۷ (۰/۰۰۷)	۰/۰۰۶* (۰/۲۴)	۰/۰۸۴ (۰/۱۰)	۰/۰۱۲* (۰/۲۰)	۰/۰۲۳* (۰/۱۷)
طول مسیر	قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۱۷۳/۰۸±۲۰/۳۴	۱۷۴/۶۰±۱۷/۱۶	۱۶۸/۰۱±۱۸/۰۹	۱۵۸/۳۷±۱۸/۶۹	۰/۶۷ (۰/۰۰۷)	۰/۰۱۱* (۰/۱۲)	۰/۱۱۶ (۰/۰۸)	۰/۱۰۳ (۰/۰۹)	۰/۰۳۴* (۰/۱۵)
	داخلی‌جانبی (میلی‌متر)	۱۶۵/۵۹±۲۱/۵۰	۱۶۷/۳۶±۲۴/۸۴	۱۵۷/۲۹±۲۶/۴۷	۱۴۳/۳۱±۲۴/۷۵	۰/۷۴ (۰/۰۰۴)	۰/۰۱۱* (۰/۲۱)	۰/۱۰۴ (۰/۰۹)	۰/۰۴۱* (۰/۱۴)	۰/۰۵۹ (۰/۱۲)
سرعت	قدامی‌خلفی (میلی‌متر بر ثانیه)	۱۸۱/۹۱±۴۱/۸۲	۱۸۳/۹۹±۲۸/۶۳	۱۷۵/۵۸±۲۹/۳۰	۱۴۷/۹۹±۲۹/۷۴	۰/۸۲ (۰/۰۰۲)	۰/۰۰۲* (۰/۲۸)	۰/۰۳۶* (۰/۱۵)	۰/۰۵۴ (۰/۱۲)	۰/۰۱۸* (۰/۱۸)
	داخلی‌جانبی (میلی‌متر بر ثانیه)	۲۹۳/۰۸±۲۶/۴۵	۲۹۸/۳۹±۳۵/۴۴	۲۹۹/۰۴±۳۰/۵۲	۲۶۶/۳۸±۳۲/۷۳	۰/۶۸ (۰/۰۰۶)	۰/۰۱۸* (۰/۱۸)	۰/۱۴ (۰/۰۷)	۰/۰۷ (۰/۱۱)	۰/۰۴۸* (۰/۱۳)

* معناداری در سطح P≤۰/۰۵

سالمند

جدول ۴. اطلاعات توصیفی و نتایج تحلیل واریانس ترکیبی در پارامترهای مرکز فشار (COP) هنگام پایین آمدن از پله

پارامترهای مرکز فشار (پایین آمدن از پله)		میانگین±انحراف‌معیار				سطح معناداری (اندازه اثر)				
		گروه کنترل		گروه تمرینات ترکیبی						
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	گروه کنترل	گروه تمرینات ترکیبی	اثر اصلی آزمون	اثر اصلی گروه	تعامل آزمون×گروه
دامنه	قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۱۱۲/۴۳±۲۷/۱۱	۱۱۵/۵۸±۲۳/۶۴	۱۰۸/۵۸±۲۷/۱۷	۹۰/۳۹±۲۴/۰۱	۰/۶۵ (۰/۰۰۷)	۰/۰۱۵* (۰/۱۹)	۰/۱۴ (۰/۰۷)	۰/۰۷۷ (۰/۱۰)	۰/۰۴* (۰/۱۴)
	داخلی‌جانبی (میلی‌متر)	۱۲۱/۶۳±۳۰/۹۳	۱۲۶/۵۴±۳۱/۸۴	۱۱۳/۰۷±۲۹/۷۹	۹۱/۹۷±۲۳/۰۹	۰/۵۸ (۰/۰۱)	۰/۰۲۴* (۰/۱۷)	۰/۲۰۵ (۰/۰۶)	۰/۰۱۸* (۰/۱۸)	۰/۰۴۶* (۰/۱۳)
طول مسیر	قدامی‌خلفی (میلی‌متر)	۲۲۵/۲۹±۴۶/۲۴	۲۳۰/۱۹±۴۳/۱۰	۲۲۰/۹۲±۵۰/۴۶	۱۹۱/۳۶±۴۶/۵۵	۰/۶۷ (۰/۰۰۶)	۰/۰۱۶* (۰/۱۹)	۰/۱۴ (۰/۰۷)	۰/۱۶ (۰/۰۷)	۰/۰۴۳* (۰/۱۴)
	داخلی‌جانبی (میلی‌متر)	۲۴۳/۸۳±۲۷/۲۲	۲۴۵/۲۸±۲۴/۱۹	۲۳۹/۴۵±۳۰/۲۶	۲۱۴/۸۱±۲۵/۱۹	۰/۸۶ (۰/۰۰۱)	۰/۰۰۶* (۰/۲۴)	۰/۰۵۹ (۰/۱۲)	۰/۰۳۴* (۰/۱۵)	۰/۰۳۵* (۰/۱۵)
سرعت	قدامی‌خلفی (میلی‌متر بر ثانیه)	۲۱۰/۹۸±۳۸/۱۲	۲۱۴/۳۶±۴۶/۸۹	۲۰۵/۷۷±۳۲/۸۱	۱۷۸/۴۹±۴۱/۸۱	۰/۷۸ (۰/۰۰۳)	۰/۰۳۲* (۰/۱۵)	۰/۱۷۲ (۰/۰۶)	۰/۹۷ (۰/۰۹)	۰/۰۸۳ (۰/۱۰)
	داخلی‌جانبی (میلی‌متر بر ثانیه)	۲۹۲/۶۳±۴۰/۴۳	۲۹۵/۱۹±۳۳/۰۷	۲۹۷/۱۰±۳۴/۴۰	۲۸۱/۵۸±۳۱/۹۳	۰/۶۶ (۰/۰۰۷)	۰/۰۱۲* (۰/۲۱)	۰/۱۲۲ (۰/۰۸)	۰/۷۱ (۰/۰۰۵)	۰/۰۳۵* (۰/۱۵)

* معناداری در سطح P≤۰/۰۵

سالمند

جدول شماره ۵ نشان می‌دهد اثرات تعاملی در تمامی متغیرهای عملکردی گذر از پله معنادار بود (P≤۰/۰۴۸، η^2=۰/۱۳-۰/۲۹). نتایج آزمون بونفرونی در جداول ۲، ۳ و ۴ نشان‌دهنده بهبود معنادار متغیرها در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون در گروه تمرینات ترکیبی بود (P≤۰/۰۳۲)، اما در گروه کنترل در هیچ یک از متغیرها تغییر معناداری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

بحث

در این مطالعات تأثیر تمرینات ترکیبی متشکل از تمرینات کششی، مقاومتی، توانی و تعادلی بر عملکرد گذر از پله شامل کنترل وضعیتی و تعادل، زمان و سرعت و خودکارآمدی در سالمندان مرد بررسی شد.

نتایج نشان‌دهنده کاهش دامنه، طول مسیر و سرعت جابه‌جایی مرکز فشار هنگام بالارفتن و پایین آمدن از پله در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل پس از اجرای برنامه تمرینی بود. میزان نوسانات مرکز فشار شاخصی از فعالیت مورد نیاز برای حفظ پایداری است [۵۱]. کاهش در پارامترهای مرکز فشار با افزایش ثبات وضعیتی و کنترل تعادل در ارتباط بود [۵۲] و نوسان بیشتر و سریع‌تر نشان‌دهنده چالش بزرگتر برای کنترل تعادل است. ازاین‌رو به نظر می‌رسد اجرای برنامه تمرینی مطالعه حاضر در بهبود کنترل تعادل هنگام گذر از پله مؤثر بوده است. تغییرات بیشتر در مرکز فشار به دلیل کاهش توانایی حفظ مرکز جرم در یک محدوده با ثبات است و خطر سقوط در جابه‌جایی‌های بزرگتر مرکز فشار، افزایش می‌یابد [۲]. افزایش سن با انحطاط سیستم عصبی‌عضلانی انسان ازجمله از دست دادن دامنه حرکتی، قدرت، توان و کاهش فرایندهای عصبی و تعادل همراه است [۵۳] و داده‌های پاسچرگرافی[33] نشان می‌دهد که میزان نوسان وضعیتی[34] در افراد سالمند افزایش می‌یابد [۵۴]. با این حال گزارش شده است که کنترل وضعیتی را می‌توان ازطریق تمرینات ورزشی بهبود بخشید [۵۵]. مکانیسم‌هایی که باعث بهبود تعادل و توانایی‌های عملکردی پس از انجام تمرینات می‌شوند، متفاوت است و ترکیب تمرینات ممکن است اثرا هم‌افزایی ایجاد کند. همچنان که لیموس و همکاران و زویتا و همکاران نشان دادند تمرینات چند مؤلفه‌ای و ترکیبی تأثیر بیشتری در کاهش نوسانات وضعیتی و بهبود عملکرد تعادل در سالمندان دارد [۵۶، ۵۷]. گاوین و همکاران نشان دادند که تمرینات ترکیبی مقاومتی و کششی می‌تواند باعث بهبود عملکرد افراد سالمند در پایین آمدن از پله شود و افراد سالمند را قادر

33. Posturography
34. Postural sway

جدول ۵. اطلاعات توصیفی و نتایج تحلیل واریانس ترکیبی در متغیرهای گذر از پله

متغیر		میانگین±انحراف‌معیار				سطح معناداری (اندازه اثر)			
		گروه کنترل		گروه تمرینات ترکیبی					
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	گروه کنترل	گروه تمرینات ترکیبی	اثر اصلی آزمون	اثر اصلی گروه	تعامل آزمون*گروه
زمان	مرحله استقرار در	۱/۲۹±۰/۱۶	۱/۳۱±۰/۱۲	۱/۲۷±۰/۱۲	۱/۱۲±۰/۱۶	۰/۶۳±۰/۰۰۸	۰/۰۱۲* (۰/۲۰)	۰/۱۳ (۰/۰۸)	۰/۰۱* (۰/۲۱)	۰/۰۳۴ (۰/۱۵)
	مرحله استقرار در پایین	۱/۲۶±۰/۰۸	۱/۲۸±۰/۹	۱/۲۴±۰/۱۰	۱/۱۴±۰/۰۸	۰/۴۹±۰/۰۲	۰/۰۰۴* (۰/۲۶)	۰/۰۹۸ (۰/۰۹)	۰/۰۰۱* (۰/۳۷)	۰/۰۱۲ (۰/۲۱)
	بالا رفتن (ثانیه)	۳/۴۸±۰/۴۱	۳/۵۳±۰/۳۹	۳/۴۳± /۳۸	۳/۱۰±۰/۳۴	۰/۷۳±۰/۰۰۴	۰/۰۰۸* (۰/۲۳)	۰/۰۸۷ (۰/۱۰)	۰/۰۳۴* (۰/۱۵)	۰/۰۳۱ (۰/۱۶)
	پایین آمدن	۳/۹۳±۰/۴۱	۳/۹۹±۰/۵۵	۳/۸۸±۰/۴۴	۳/۴۹±۰/۴۵	۰/۶۸±۰/۰۰۶	۰/۰۱۲* (۰/۲۰)	۰/۱۲ (۰/۰۸)	۰/۰۴۸* (۰/۱۴)	۰/۰۳۸ (۰/۱۵)
	بالا رفتن و پایین	۱۳/۷۳±۲/۱۰	۱۳/۶۱±۲/۲۱	۱۳/۴۹±۱/۸۷	۱۲/۳۴±۱/۸۹	۰/۵۹±۰/۰۱	۰/۰۰۱* (۰/۵۰)	۰/۰۰۱* (۰/۳۸)	۰/۳۰ (۰/۰۴)	۰/۰۰۲ (۰/۲۹)
خودکارآمدی پله	در بالا رفتن	۶/۶۹±۰/۹۷	۶/۵۴±۰/۹۸	۷/۰۶±۱/۱۸	۸/۱۲±۱/۰۶	۰/۷۰±۰/۰۰۵	۰/۰۱۷* (۰/۱۸)	۰/۱۳۷ (۰/۰۷)	۰/۰۰۱* (۰/۳۵)	۰/۰۴۸ (۰/۱۳)
	در پایین آمدن	۶/۲۹±۱/۲۷	۶/۲۱±۱/۳۱	۶/۵۴±۱/۳۵	۷/۸۶±۱/۳۹	۰/۸۷±۰/۰۰۱	۰/۰۰۹* (۰/۲۲)	۰/۰۷۲ (۰/۱۱)	۰/۰۱۲* (۰/۲۱)	۰/۰۴۶ (۰/۱۴)

* معناداری در سطح P≤۰/۰۵

سالمند

می‌سازد که استراتژی‌های حرکتی مناسبی هنگام پایین آمدن از پله اتخاذ کنند [۱۶]. لی و همکاران نشان دادند شرکت‌کنندگان در تمرینات تای‌چی در شرایط تکلیف دوگانه هنگام پایین آمدن از پله خطر سقوط کمتری دارند [۵۸]. هندسیکر و همکاران بیان کردند تمرینات مقاومتی با افزایش سرعت تولید قدرت مچ پا و زانو، پایداری هنگام صعود و فرود از پله را بهبود بخشید و به کاهش خطر سقوط کمک کرد [۵۹]. فرهپور و همکاران بیان کردند تمرینات پرس پا می‌تواند سبب بهبود کاهش جابه‌جایی مرکز فشار و درنتیجه کنترل بهتر وضعیت بدنی هنگام پایین آمدن از پله شود [۳۱]. هولسگارد و همکاران بهبود در حداکثر سرعت و سرعت انتخابی آزاد هنگام بالا رفتن از پله در زنان سالمند سالم پس از یک دوره تمرین قدرتی انفجاری را نشان دادند [۶۰]. این مطالعات اثر بخشی تمرینات بدنی بر بهبود عملکرد پایین آمدن از پله را نشان داده‌اند که با نتایج مطالعه حاضر همسو است.

هر کدام از تمرینات کششی [۶۱]، مقاومتی [۶۲]، توانی [۶۳] و تعادلی [۲۷] به‌صورت مستقل بر بهبود تعادل تأثیرگذار هستند و اثر ترکیبی این تمرینات بر بهبود کنترل وضعیتی و تعادل هنگام گذر از پله در سالمندان در مطالعه حاضر تأیید شد. در ادامه مکانیسم اثر احتمالی هریک از اجزای این برنامه تمرینی بر بهبود تعادل تبیین می‌شود.

گذر از پله نیازمند دامنه حرکتی کافی در مفاصل اندام تحتانی است. کاهش تحرک‌پذیری و دامنه حرکتی مفاصل همراه با افزایش سن، کنترل تعادل را تضعیف و استراتژی‌های جبرانی را جایگزین می‌کند و عملکرد گذر از پله را به خطر می‌اندازد و با افزایش احتمال سقوط همراه است [۱۶، ۶۴]. با تمرینات کششی می‌توان دامنه حرکتی مفاصل را در سالمندان بهبود بخشد تا دامنه حرکتی عملکردی را پوشش دهد و اجرای ایمن تکالیف عملکردی ازجمله گذر از پله را ممکن سازد. از طرفی تأثیر مستقل تمرینات کششی بر بهبود تعادل تأیید شده است و این تمرینات می‌تواند کنترل وضعیتی و تعادل را در سالمندان بهبود بخشد [۶۱، ۶۴].

وجود قدرت و توان کافی در پاها برای گذر ایمن از پله ضروری است [۶۰]. با افزایش سن، قدرت و توان عضلانی به‌تدریج کاهش

می‌یابد و گذر از پله به دلیل بار نسبتاً بالایی که بر عضلات پا تحمیل می‌کند، سختتر می‌شود. تمرینات مقاومتی ظرفیت تولید نیرو در عضلات را ارتقا می‌دهد و با افزایش قدرت همراه است. این مزایا به سالمندان کمک می‌کند بر تقاضای تحمیلی وظایف حرکتی نیازمند به قدرت مانند گذر از پله فایق آیند [۱۶]. تمرینات قدرتی همچنین با ایجاد سازگاری و بهبود در پاسخ‌های عصبی‌عضلانی، کنترل وضعیتی و حفظ تعادل را تسهیل می‌کند [۶۲، ۶۳]. توان عضلانی با تعادل در ارتباط است و توانایی تولید سریع نیرو جهت بازیابی سریع تعادل هنگام برهم خوردن آن، بسیار مهم و ضروری است و کاهش آن خطر سقوط را افزایش می‌دهد. در افراد سالمند، توانایی تولید سریع نیرو بیشتر از ظرفیت تولید حداکثر نیرو دچار کاهش می‌شود و تأثیر آن بر ظرفیت عملکردی عضلات به خصوص در پاسخ به اختلالات ناگهانی تعادل بیشتر است [۶۳]. تمرین پرشی روشی ایمن و مؤثر برای افزایش قدرت و توان عضلانی در سالمندان است. ازاین‌رو تمرینات پرشی با به‌کارگیری حرکات قدرتی/ انفجاری اثرات مفیدی بر ظرفیت‌های عملکردی و کنترل تعادل دارد [۶۴-۶۶].

گذر ایمن از پله در سالمندان نیازمند توانایی کافی در کنترل تعادل است [۶۷]. تمرینات تعادلی در بهبود کنترل وضعیتی و کاهش خطر سقوط در افراد سالمند مؤثر است [۲۷].

این تمرینات با ایجاد چالش برای سیستم‌های عصبی‌عضلانی و حسی‌حرکتی طی حرکات ایستا و پویا باعث ایجاد سازگاری و انطباق‌های خاص با تقاضاهای تحمیلی و بهبود در عملکردهای تعادلی هنگام انجام وظایف حرکتی مختلف می‌شود [۶۸]. مداخلاتی که فقط یک مؤلفه خاص را هدف قرار می‌دهند، کاربرد محدودی دارند و ممکن است فاقد ویژگی عملکردی بودن برای تأثیر بر وظایف روزمره زندگی باشند. برنامه‌های تمرینی چند جزئی که در آن بر چندین توانایی حرکتی تأکید می‌شود (مانند قدرت، دامنه حرکتی و تعادل و غیره) در بهبود ظرفیت عملکردی افراد سالمند مؤثر هستند و بهبودهای حاصل از این مداخلات، تأثیر ترکیب تمرینات ورزشی مناسب بر بهبود ایمنی هنگام گذر از پله در افراد سالمند را نشان می‌دهد [۱۶]. تمرینات ترکیبی توانایی‌های مختلف مورد نیاز در فعالیت‌های زندگی روزمره را پوشش می‌دهد [۶۹]. ازاین‌رو می‌توان انتظار داشت که برنامه تمرینی مرکب از تمرینات کششی، مقاومتی، توانی و تعادلی که در مطالعه حاضر اجرا شد با پوشش دادن تقاضاهای عملکردی گذر از پله شامل دامنه حرکتی اندام تحتانی، قدرت و توان عضلانی و کنترل تعادل در بهبود تعادل و عملکرد گذر از پله در افراد سالمند مؤثر باشد.

نتایج همچنین نشان‌دهنده کاهش زمان مرحله استقرار و زمان کل هنگام بالا رفتن و پایین آمدن از پله و همچنین بهبود نتایج آزمون زمان بالا رفتن و پایین آمدن از پله در گروه آزمایش نسبت به گروه کنترل بود. بروستیو و همکاران افزایش زمان حمایت و زمان اجرا هنگام بالا رفتن و پایین آمدن از پله در افراد سالمند را گزارش کردند [۷۰]. افراد سالمند با سرعت کمتری نسبت به افراد میانسال از پله گذر می‌کنند [۷۱] و مدت زمان بالا و پایین رفتن از پله یا ترکیبی از هر دو با افزایش سن، افزایش می‌یابد [۷۲] و معیار بالینی ساده، سریع و معتبری برای ارزیابی خطر کاهش عملکرد در افراد سالمند است [۷۳]. همچنین اندازه گیری زمان لازم برای بالا و پایین رفتن از پله شاخص ارزیابی توانایی و عملکرد گذر از پله است [۴۴].

سرعت گام‌برداری یکی از شاخص‌های مهم الگوی راه رفتن محسوب می‌شود. یکی از تغییرات ایجادشده در الگوی گام‌برداری سالمندان، کاهش سرعت است. راه رفتن در شرایط دشوارتر مانند گذر از پله نیازمند توجه بیشتری است. این افزایش پیچیدگی وظایف منجر به کاهش سرعت می شود که نشان‌دهنده افزایش هزینه حرکتی برای کنترل وضعیتی حین گذر از پله است [۲]. افراد سالمند همچنین هنگام گذر از پله برای کاهش خطر سقوط، حرکات را محتاطانه‌تر و با دقت بیشتری انجام می‌دهند که همراه با کاهش سرعت است [۷۱]. ازاین‌رو سرعت بالاتر هنگام گذر از پله نشان از توانایی بالاتر در کنترل بدن است [۷۴] و نشان می‌دهد با بهبود توانایی‌های بدنی در سالمندان، آن‌ها استراتژی‌های محتاطانه را تعدیل کرده‌اند و تکالیف حرکتی را به صورت روان‌تر و سریع‌تر انجام می‌دهند [۷۵]. ازاین‌رو کاهش در زمان و افزایش سرعت گذر از پله را می‌توان ناشی از بهبودهای حاصل از انجام تمرینات دانست.

مطالعات نشان داده‌اند مداخلات ورزشی می‌تواند از نظر عملکردی و بالینی سرعت راه رفتن سالمندان را افزایش دهد [۷۶، ۷۷]. از عواملی که می‌توان افزایش سرعت گذر از پله در مطالعه حاضر را به آن مرتبط دانست، قدرت و توان عضلانی است. در افراد سالمند، ضعف در قدرت عضلانی با کاهش سرعت راه رفتن همراه است [۷۸]. افراد دچار ضعف در قدرت، در سرعت گام‌برداری نیز کاهش نشان می‌دهند و اعمال نیرو را در طول گام‌برداری با روشهایی ازجمله حداکثر سرعت کمتر، حداکثر طول گام کوتاه‌تر، زمان مرحله استقرار و حمایت دوگانه طولانی‌تر تعدیل می‌کنند تا با ظرفیت تولید نیرو مطابقت داشته باشد [۷۸]. آنچه به نظر آشکار می‌رسد این است که کاهش قدرت در سالمندان منجر به کاهش سرعت گام‌برداری و افزایش زمان گذر از پله می‌شود که یک استراتژی جبرانی برای مقابله با اثرات نامطلوب سن بر عملکرد عضلانی از جمله ضعف قدرت و توان و خستگی است [۷۰].

تمرینات ورزشی منظم می‌تواند عملکرد عضلات در سالمندان را بهبود بخشد یا حداقل با کاهش میزان تقلیل، آن را حفظ کند [۷۹]. ازآنجایی‌که بخشی از برنامه تمرینی مطالعه حاضر را تمرینات قدرتی و توانی تشکیل می‌داد، ازاین‌رو تقویت عضلانی حاصل‌شده از مداخله تمرینی در سالمندان

را می‌توان در بهبود سرعت حرکت سهیم دانست. این نتایج با مشاهدات گاوین و همکاران [۱۶]، لاستایو و همکاران [۷۹] و فیاتارونه و همکاران [۸۰] که نشان دادند که تمرینات مقاومتی می‌تواند باعث کاهش زمان و بهبود عملکرد افراد سالمند در پایین آمدن از پله شود، همسو است و با مطالعه نتایج میان و همکاران که هیچ افزایشی را در سرعت گذر از پله بعد از مداخله ورزشی مشاهده نکردند، مطابقت ندارد [۸۱]. این عدم هم‌خوانی ممکن است ناشی از تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری، برنامه تمرینات و شرکت‌کنندگان در مطالعه باشد.

از دیگر عواملی که می‌توان افزایش سرعت گذر از پله در مطالعه حاضر را به آن مرتبط دانست، بهبود تعادل و کنترل وضعیتی است. گذر از پله در سالمندان، یک مهارت مرتبط با زوال عملکردی و بی‌ثبات‌کننده است. اختلال در تعادل با سرعت پایین گام‌برداری و نقص در طیف وسیعی از وظایف عملکردی دیگر مرتبط است، در نقطه مقابل توانایی و عملکرد مناسب تعادل، عامل مهمی در اجرای سریع و ایمن وظایف عملکردی از جمله بالا رفتن و پایین آمدن از پله است [۷]. واضح است که نقص تعادل همچنین منجر به عملکرد آهسته‌تر و محتاطانه‌تر گذر از پله می‌شود که وظیفه عملکردی نسبتاً دشواری برای افراد سالمند است [۷]. باتوجه‌به کاهش ذخایر فیزیولوژیکی و ظرفیت‌های جسمانی، افراد سالمند به زمان حمایت و زمان اجرایی بیشتری جهت گام‌برداری روی پله‌ها نیاز دارند و درنتیجه افزایش زمان مرحله استقرار و زمان کل و کاهش سرعت حرکت رخ می‌دهد که ممکن است راهبردی جبرانی جهت حفظ تعادل و ایمنی باشد [۷۰].

از دیگر نتایج مطالعه حاضر بهبود خودکارآمدی در سالمندان مرد پس از اجرای تمرینات بود. خودکارآمدی به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کننده استقلال در گذر از پله در نظر گرفته می‌شود و با کاهش عملکردهای بدنی از جمله کاهش تحرک، اختلال تعادل، اختلال در راه رفتن و محدودیت فعالیت در افراد سالمند مرتبط است [۷]. منطقی به نظر می‌رسد که بهبود در این عملکردها با افزایش خودکارآمدی همراه باشد. تمرینات به‌کارگیری‌شده در گروه آزمایش مطالعه حاضر با ایجاد بهبود در عملکردهای جسمانی، ممکن است باعث افزایش خودکارآمدی و کاهش ترس از سقوط شده باشد. همچنان‌که بهبود در خودکارآمدی پس از اجرای تمرینات بدنی را گزارش کرده‌اند [۸۲-۸۳]. بهبود خودکارآمدی همچنین از عواملی است که می‌توان افزایش سرعت گذر از پله در مطالعه حاضر را به آن مرتبط دانست. عوامل روان‌شناختی به‌طور قابل‌توجهی با سرعت گذر از پله‌ها مرتبط هستند [۷].

ترس از افتادن با زمان طولانی‌تر گذر از پله همراه است و خودکارآمدی پایین و کاهش اطمینان در گذر از پله منجر به بروز رفتارهای محتاطانه و سرعت کمتر در هنگام بالا رفتن از پله می‌شود [۴۴، ۴۵]. خودکارآمدی واسطه تأثیرگذاری یک مداخله ورزشی بر عملکرد بالا رفتن از پله در سالمندان است و به‌عنوان یک پیش‌بینی‌کننده معتبر عملکرد گذر از پله در نظر گرفته می‌شود [۴۴]. از طرفی ظرفیت جسمانی کافی و مناسب، سطح معینی از اطمینان در گذر از پله را فراهم می‌کند که استفاده مداوم از پله‌ها را تسهیل می‌کند [۴۵]. ازاین‌رو افزایش خودکارآمدی و بهبود عملکردهای جسمانی در چرخ‌های مطلوب تأثیر مثبت و افزوده‌ای بر یکدیگر دارند.

در پژوهش حاضر محدودیت‌های وجود داشت که از آن جمله می‌توان به منحصر بودن نمونه آماری به مردان، عدم کورسازی مطالعه برای شرکت‌کنندگان، عدم وجود نسخه فارسی روا و پایا از پرسش‌نامه خودکارآمدی پله، عدم اندازه‌گیری قدرت عضلانی و فقدان آزمون پیگیری بلندمدت اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری با حضور هر دو جنسیت جهت مقایسه اثرات تمرینات ورزشی با محوریت توانایی‌های موردنیاز هنگام گذر از پله بر سالمندان دارای شرایط سلامتی متفاوت همراه با اندازه‌گیری‌های گسترده‌تر از مله قدرت عضلانی و در شرایط کورسازی‌شده برای شرکت‌کنندگان و عوامل اجرایی و همچنین با آزمون‌های پیگیری بلندمدت انجام شود. همچنین اجرای مطالعاتی جهت اعتبارسنجی و رواسازی پرسش‌نامه‌های مرتبط با حوزه سالمندی ازجمله پرسش‌نامه خودکارآمدی پله پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

این مطالعه نشان داد تمرینات ترکیبی می‌تواند باعث بهبود عملکرد مردان سالمند در گذر از پله شود. به‌طور خاص، افراد سالمند مرد را قادر می‌سازد تا میزان نوسانات وضعیتی[35] و تعادل خود را هنگام گذر از پله بهتر کنترل کنند و استراتژی‌های حرکتی پایدارتر و ایمن‌تری را برای مقابله با چالش‌های ناشی از گذر از پله اتخاذ کند. تمرینات ترکیبی همچنین با کاهش زمان و افزایش سرعت گذر از پله در سالمندان همراه بود و خودکارآمدی گذر از پله را در سالمندان افزایش داد که نشان‌دهنده بهبود در عملکرد گذر از پله در این افراد است. باتوجه‌به گستردگی موقعیت‌های گذر از پله در فعالیت‌های روزمره و پیچیدگی و خطر بالقوه آن برای سالمندان و تأثیرپذیری و بهبود عملکرد گذر از پله در سالمندان درنتیجه تمرینات ورزشی، به‌کارگیری تمرینات ترکیبی با تأکید بر توانایی‌های ضروری تکلیف گذر از پله شامل دامنه حرکتی، قدرت، توان و تعادل برای سالمندان توصیه می‌شود.

35. Postural sway

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

طرح پژوهش این مطالعه در کمیته تخصصی اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی دانشگاه اصفهان، (IR.UI.REC.1398.081) تائید و در مرکز ثبت کارآزمایی‌های بالینی ایران (IRCT20180101038168N1) ثبت شد. همه شرکت‌کنندگان فرم رضایت آگاهانه را مطالعه و امضا کردند و حقوق آن‌ها در طول مطالعه محفوظ بود.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از رساله مقطع دکتری مهدی قادریان در گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان است. این مقاله برگرفته از رساله مقطع دکتری مهدی قادریان است و توسط دانشگاه اصفهان تأمین مالی شده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از همه افراد شرکت‌کننده در این مطالعه، دانشگاه اصفهان و دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم‌پزشکی اصفهان بابت همکاریشان در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

[1] Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, Sakai T, Nakagaichi M, Nho H, et al. Dance_based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. Age and Ageing. 2002; 31(4):261-6. [DOI:10.1093/ageing/31.4.261] [PMID]

[2] Mehdizadeh S, Van Ooteghem K, Gulka H, Nabavi H, Faieghi M, Taati B, et al. A systematic review of center of pressure measures to quantify gait changes in older adults. Experimental Gerontology. 2021; 143:111170. [DOI:10.1016/j.exger.2020.111170] [PMID]

[3] Stel VS, Smit JH, Pluijm SM, Lips P. Consequences of falling in older men and women and risk factors for health service use and functional decline. Age and Ageing. 2004; 33(1):58-65. [DOI:10.1093/ageing/afh028] [PMID]

[4] Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ, Mojica WA, Maglione M, Suttorp MJ, et al. Interventions for the prevention of falls in older adults: Systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. BMJ. 2004; 328(7441):680. [DOI:10.1136/bmj.328.7441.680] [PMID] [PMCID]

[5] Vaishya R, Vaish A. Falls in older adults are serious. Indian Journal of Orthopaedics. 2020; 54(1):69-74. [DOI:10.1007/s43465-019-00037-x] [PMID] [PMCID]

[6] Protopapadaki A, Drechsler WI, Cramp MC, Coutts FJ, Scott OM. Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. Clinical Biomechanics. 2007; 22(2):203-10. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2006.09.010] [PMID]

[7] Tiedemann AC, Sherrington C, Lord SR. Physical and psychological factors associated with stair negotiation performance in older people. The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences. 2007; 62(11):1259-65. [DOI:10.1093/gerona/62.11.1259] [PMID]

[8] Startzell JK, Owens DA, Mulfinger LM, Cavanagh PR. Stair negotiation in older people: A review. Journal of the American Geriatrics Society. 2000; 48(5):567-80. [DOI:10.1111/j.1532-5415.2000.tb05006.x] [PMID]

[9] Williamson JD, Fried LP. Characterization of older adults who attribute functional decrements to "old age". Journal of the American Geriatrics Society. 1996; 44(12):1429-34. [DOI:10.1111/j.1532-5415.1996.tb04066.x] [PMID]

[10] Cohen HH, Templer J, Archea J. An analysis of occupational stair accident patterns. Journal of Safety Research. 1985; 16(4):171-81. [DOI:10.1016/0022-4375(85)90004-0]

[11] Roys MS. Serious stair injuries can be prevented by improved stair design. Applied Ergonomics. 2001; 32(2):135-9. [DOI:10.1016/S0003-6870(00)00049-1] [PMID]

[12] Buckley JG, Heasley K, Scally A, Elliott DB. The effects of blurring vision on medio-lateral balance during stepping up or down to a new level in the elderly. Gait & Posture. 2005; 22(2):146-53. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2004.08.006] [PMID]

[13] Qu X. Effects of lower-limb muscular fatigue on stair gait. Journal of Biomechanics. 2015; 48(15):4059-64. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2015.10.004] [PMID]

[14] Bosse I, Oberländer KD, Savelberg HH, Meijer K, Brüggemann G-P, Karamanidis K. Dynamic stability control in younger and older adults during stair descent. Human Movement Science. 2012; 31(6):1560-70. [DOI:10.1016/j.humov.2012.05.003] [PMID]

[15] Ojha HA, Kern RW, Lin CH, Winstein CJ. Age affects the attentional demands of stair ambulation: Evidence from a dual-task Approach. Physical Therapy. 2009; 89(10):1080-8. [DOI:10.2522/ptj.20080187] [PMID]

[16] Gavin JP, Reeves ND, Jones DA, Roys M, Buckley JG, Baltzopoulos V, et al. Combined resistance and stretching exercise training benefits stair descent biomechanics in older adults. Frontiers in Physiology. 2019; 10:873. [DOI:10.3389/fphys.2019.00873] [PMID] [PMCID]

[17] Silsupadol P, Siu KC, Shumway-Cook A, Woollacott MH. Training of balance under single-and dual-task conditions in older adults with balance impairment. Physical Therapy. 2006; 86(2):269-81. [DOI:10.1093/ptj/86.2.269] [PMID]

[18] Ren P, Huang S, Feng Y, Chen J, Wang Q, Guo Y, et al. Assessment of balance control subsystems by artificial intelligence. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering. 2020; 28(3):658-68. [DOI:10.1109/TNSRE.2020.2966784] [PMID]

[19] Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: A scoping review. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2015; 96(1):122-32.e29. [DOI:10.1016/j.apmr.2014.06.021] [PMID]

[20] Westcott SL, Lowes LP, Richardson PK. Evaluation of postural stability in children: Current theories and assessment tools. Physical Therapy. 1997; 77(6):629-45. [DOI:10.1093/ptj/77.6.629] [PMID]

[21] Qu X, Hu X. Lower-extremity kinematics and postural stability during stair negotiation: Effects of two cognitive tasks. Clinical Biomechanics. 2014; 29(1):40-6. [DOI:10.1016/j.clinbiomech.2013.11.006] [PMID]

[22] Hwang HF, Cheng CH, Chien DK, Yu WY, Lin MR. Risk factors for traumatic brain injuries during falls in older persons. Journal of Head Trauma Rehabilitation. 2015; 30(6):E9-17. [DOI:10.1097/HTR.0000000000000093] [PMID]

[23] Alcock L, O'Brien TD, Vanicek N. Association between somatosensory, visual and vestibular contributions to postural control, reactive balance capacity and healthy ageing in older women. Health Care for Women International. 2018; 39(12):1366-80. [DOI:10.1080/07399332.2018.1499106] [PMID]

[24] Hortobágyi T, Mizelle C, Beam S, DeVita P. Old adults perform activities of daily living near their maximal capabilities. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 2003; 58(5):M453-60. [DOI:10.1093/gerona/58.5.M453] [PMID]

[25] Sherrington C, Fairhall N, Wallbank G, Tiedemann A, Michaleff ZA, Howard K, et al. Exercise for preventing falls in older people living in the community: An abridged Cochrane systematic review. British Journal of Sports Medicine. 2020; 54(15):885-91. [DOI:10.1136/bjsports-2019-101512] [PMID]

[26] Thomas E, Battaglia G, Patti A, Brusa J, Leonardi V, Palma A, et al. Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly: A systematic review. Medicine (Baltimore). 2019; 98(27):e16218. [DOI:10.1097/MD.0000000000016218] [PMID] [PMCID]

[27] Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2015; 45(12):1721-38. [DOI:10.1007/s40279-015-0375-y] [PMID] [PMCID]

[28] Wang LC, Ye MZ, Xiong J, Wang XQ, Wu JW, Zheng GH. Optimal exercise parameters of tai chi for balance performance in older adults: A m eta_analysis. Journal of the American Geriatrics Society. 2021; 69(7):2000-10. [DOI:10.1111/jgs.17094] [PMID]

[29] Li Y, Gao Y, Hu S, Chen H, Zhang M, Yang Y, et al. Effects of multicomponent exercise on the muscle strength, muscle endurance and balance of frail older adults: A meta_analysis of randomised controlled trials. Journal of Clinical Nursing. 2023; 32(9-10):1795-805. [DOI:10.1111/jocn.16196]

[30] Zhang W, Low LF, Gwynn JD, Clemson L. Interventions to improve gait in older adults with cognitive impairment: A systematic review. Journal of the American Geriatrics Society. 2019; 67(2):381-91. [DOI:10.1111/jgs.15660] [PMID]

[31] Farahpour N, Shayeste M, Jafarnezhadgero A. [A comparison of squat and leg press training protocols on center of pressure alterations and ground reaction force during step descent (Persian)]. Journal of Applied Exercise Physiology. 2018; 13(26):213-24. [Link]

[32] Kim HD, Han JT, Cho YH. The effectiveness of community-based Tai Chi training on balance control during stair descent by older adults. Journal of Physical Therapy Science. 2009; 21(4):317-23. [DOI:10.1589/jpts.21.317]

[33] Jadczak AD, Makwana N, Luscombe-Marsh N, Visvanathan R, Schultz TJ. Effectiveness of exercise interventions on physical function in community-dwelling frail older people: An umbrella review of systematic reviews. JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports. 2018; 16(3):752-75. [DOI:10.11124/JBISRIR-2017-003551] [PMID]

[34] Campani D, Caristia S, Amariglio A, Piscone S, Ferrara LI, Bortoluzzi S, et al. Effective, sustainable, and transferable physical exercise interventions for fall prevention among older people. Public Health Nursing. 2021; 38(6):1140-76. [DOI:10.1111/phn.12949] [PMID]

[35] Jacobs JV. A review of stairway falls and stair negotiation: Lessons learned and future needs to reduce injury. Gait & Posture. 2016; 49:159-67. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2016.06.030] [PMID]

[36] Jofré-Saldía E, Villalobos-Gorigoitía Á, Gea-García G. Effects of multicomponent exercise program with progressive phases on functional capacity, fitness, quality of life, dual-task and physiological variables in older adults: Randomized controlled trial protocol. Revista Española de Geriatría y Gerontología. 2021; 56(5):272-8. [DOI:10.1016/j.regg.2021.04.006] [PMID]

[37] Jafarnezhadgero A, Madadi-Shad M, McCrum C, Karamanidis K. Effects of corrective training on drop landing ground reaction force characteristics and lower limb kinematics in older adults with genu valgus: A randomized controlled trial. Journal of Aging and Physical Activity. 2019; 27(1):9-17. [DOI:10.1123/japa.2017-0315] [PMID]

[38] Hamel KA, Okita N, Bus SA, Cavanagh PR. A comparison of foot/ground interaction during stair negotiation and level walking in young and older women. Ergonomics. 2005; 48(8):1047-56. [DOI:10.1080/00140130500193665] [PMID]

[39] Yu B. Effect of external marker sets on between-day reproducibility of knee kinematics and kinetics in stair climbing and level walking. Research in Sports Medicine. 2003; 11(4):209-18. [DOI:10.1080/714041037] [PMID]

[40] Li KW, Huang SY, Chiu WH. Ground reaction force and required friction during stair ascent and descent. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries. 2017; 27(1):66-73. [DOI:10.1002/hfm.20691]

[41] Jafarnezhadgero A, Fatollahi A, Amirzadeh N, Siahkouhian M, Granacher U. Ground reaction forces and muscle activity while walking on sand versus stable ground in individuals with pronated feet compared with healthy controls. PloS One. 2019; 14(9):e0223219. [DOI:10.1371/journal.pone.0223219] [PMID] [PMCID]

[42] Oh-Park M, Perera S, Verghese J. Clinically meaningful change in stair negotiation performance in older adults. Gait & Posture. 2012; 36(3):532-6. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.05.015] [PMID] [PMCID]

[43] Del Corral T, Vivas-Mateos J, Castillo-Pelaz M, Aguilar-Zafra S, López-de-Uralde-Villanueva I. Development of stratified normative data and reference equations for the timed up and down stairs test for healthy children 6-14 years of age. Physiotherapy. 2021; 112:31-40. [DOI:10.1016/j.physio.2021.03.002] [PMID]

[44] Altmeier D, Kempe M, Memmert D. Stair self-efficacy questionnaire to test the ability of stair negotiation for older people. German Journal of Exercise and Sport Research. 2018; 48(1):40-7. [DOI:10.1007/s12662-017-0483-y]

[45] Hamel KA, Cavanagh PR. Stair performance in people aged 75 and older. Journal of the American Geriatrics Society. 2004; 52(4):563-7. [DOI:10.1111/j.1532-5415.2004.52162.x] [PMID]

[46] Best-Martini E, Jones-DiGenova KA. Exercise for frail elders. Champaign: Human kinetics; 2014. [DOI:10.5040/9781492597353]

[47] Cutler K. Home exercise guide for adults and seniors: Fitness and nutrition. Lost temple fitness: Strength, balance, flexibility, myofascial release, nutrition. California: CreateSpace; 2018. [Link]

[48] Baechle TR, Westcott WL. Fitness professionals guide to strength training older adults. Champaign: Human Kinetics Publishers; 2010. [Link]

[49] Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Circulation. 2007; 116(9):1094-105. [DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185650] [PMID]

[50] Richardson JT. Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. Educational Research Review. 2011; 6(2):135-47. [DOI:10.1016/j.edurev.2010.12.001]

[51] Dutil M, Handrigan GA, Corbeil P, Cantin V, Simoneau M, Teasdale N, et al. The impact of obesity on balance control in community-dwelling older women. Age (Dordr). 2013; 35(3):883-90. [DOI:10.1007/s11357-012-9386-x] [PMID] [PMCID]

[52] Raymakers JA, Samson MM, Verhaar HJ. The assessment of body sway and the choice of the stability parameter (s). Gait & Posture. 2005; 21(1):48-58. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2003.11.006] [PMID]

[53] Wu R, De Vito G, Delahunt E, Ditroilo M. Age-related changes in motor function (I). Mechanical and neuromuscular factors. International Journal of Sports Medicine. 2020; 41(11):709-19. [DOI:10.1055/a-1144-3408]

[54] Wang SJ, Xu DQ, Su LN, Li JX. Effect of long-term exercise training on static postural control in older adults: A cross-sectional study. Research in Sports Medicine. 2020; 28(4):553-62. [DOI:10.1080/15438627.2020.1795661] [PMID]

[55] Low DC, Walsh GS, Arkesteijn M. Effectiveness of exercise interventions to improve postural control in older adults: A systematic review and meta-analyses of centre of pressure measurements. Sports Medicine. 2017; 47(1):101-12. [DOI:10.1007/s40279-016-0559-0] [PMID] [PMCID]

[56] Lemos ECWM, Guadagnin EC, Mota CB. Influence of strength training and multicomponent training on the functionality of older adults: Systematic review and meta-analysis. Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano. 2020; 22. [DOI:10.1590/1980-0037.2020v22e6070]

[57] Zouita S, Zouhal H, Ferchichi H, Paillard T, Dziri C, Hackney AC, et al. Effects of combined balance and strength training on measures of balance and muscle strength in older women with a history of falls. Frontiers in Physiology. 2020; 11:619016. [DOI:10.3389/fphys.2020.619016] [PMID] [PMCID]

[58] Li Y, Song Q, Li L, Sun W, Zhang C. Tai Chi practitioners have lower fall risks under dual-task conditions during stair descending. Plos One. 2021; 16(2):e0246292. [DOI:10.1371/journal.pone.0246292] [PMID] [PMCID]

[59] Handsaker JC, Brown SJ, Bowling FL, Maganaris CN, Boulton AJ, Reeves ND. Resistance exercise training increases lower limb speed of strength generation during stair ascent and descent in people with diabetic peripheral neuropathy. Diabetic Medicine. 2016; 33(1):97-104. [DOI:10.1111/dme.12841] [PMID]

[60] Holsgaard-Larsen A, Caserotti P, Puggaard L, Aagaard P. Stair-ascent performance in elderly women: Effect of explosive strength training. Journal of Aging and Physical Activity. 2011; 19(2):117-36. [DOI:10.1123/japa.19.2.117] [PMID]

[61] Vittala G, Sundari LPR, Basuki N, Kuswardhani RAT, Purnawati S, Muliarta IM. The addition of active stretching to balance strategy exercise is the most effective as a home-based exercise program in improving the balance of the elderly. Journal of Mid-Life Health. 2021; 12(4):294-8. [DOI:10.4103/jmh.jmh_184_21] [PMID] [PMCID]

[62] Drozdova-Statkevičienė M, Česnaitienė VJ, Levin O, Pauwels L, Pukėnas K, Helsen WF, et al. The beneficial effects of acute strength training on sway activity and sway regularity in healthy older men: Evidence from a posturography study. Neuroscience Letters. 2021; 749:135718. [DOI:10.1016/j.neulet.2021.135718] [PMID]

[63] Piirainen JM, Cronin NJ, Avela J, Linnamo V. Effects of plyometric and pneumatic explosive strength training on neuromuscular function and dynamic balance control in 60-70 year old males. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2014; 24(2):246-52. [DOI:10.1016/j.jelekin.2014.01.010] [PMID]

[64] Behm DG, Kay AD, Trajano GS, Alizadeh S, Blazevich AJ. Effects of stretching on injury risk reduction and balance. Journal of Clinical Exercise Physiology. 2021; 10(3):106-16. [DOI:10.31189/2165-6193-10.3.106]

[65] Vetrovsky T, Steffl M, Stastny P, Tufano JJ. The efficacy and safety of lower-limb plyometric training in older adults: A systematic review. Sports Medicine. 2019; 49(1):113-31. [DOI:10.1007/s40279-018-1018-x] [PMID] [PMCID]

[66] Moran J, Ramirez-Campillo R, Granacher U. Effects of jumping exercise on muscular power in older adults: A meta-analysis. Sports Medicine. 2018; 48(12):2843-57. [DOI:10.1007/s40279-018-1002-5] [PMID]

[67] Lee HJ, Chou LS. Balance control during stair negotiation in older adults. Journal of Biomechanics. 2007; 40(11):2530-6. [DOI:10.1016/j.jbiomech.2006.11.001] [PMID]

[68] Rogers ME, Page P, Takeshima N. Balance training for the older athlete. International Journal of Sports Physical Therapy. 2013; 8(4):517-30. [PMID]

[69] Wolf R, Locks RR, Lopes PB, Bento PCB, Rodacki ALF, Carraro AN, et al. Multicomponent exercise training improves gait ability of older women rather than strength training: A randomized controlled trial. Journal of Aging Research. 2020; 2020:6345753. [DOI:10.1155/2020/6345753] [PMID] [PMCID]

[70] Brustio PR, Magistro D, Liubicich ME. Changes in temporal parameters during performance of the Step Test in older adults. Gait & Posture. 2015; 41(1):217-21. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.10.006] [PMID]

[71] Zietz D, Johannsen L, Hollands M. Stepping characteristics and centre of mass control during stair descent: Effects of age, fall risk and visual factors. Gait & Posture. 2011; 34(2):279-84. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2011.05.017] [PMID]

[72] Nightingale EJ, Pourkazemi F, Hiller CE. Systematic review of timed stair tests. Journal of Rehabilitation Research and Development. 2014; 51(3):335-50. [DOI:10.1682/JRRD.2013.06.0148] [PMID]

[73] Oh-Park M, Wang C, Verghese J. Stair negotiation time in community-dwelling older adults: Normative values and association with functional decline. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2011; 92(12):2006-11. [DOI:10.1016/j.apmr.2011.07.193] [PMID] [PMCID]

[74] Yang TH, Huang CF. Stepping characteristics before stair walking transitons in taichi elderly. ISBS-Conference Proceedings Archive. 2013; 1-3. [Link]

[75] Novak AC, Brouwer B. Sagittal and frontal lower limb joint moments during stair ascent and descent in young and older adults. Gait & Posture. 2011; 33(1):54-60. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2010.09.024] [PMID]

[76] Hortobágyi T, Lesinski M, Gäbler M, VanSwearingen JM, Malatesta D, Granacher U. Effects of three types of exercise interventions on healthy old adults' gait speed: A systematic review and meta-analysis. Sports Medicine. 2015; 45(12):1627-43. [DOI:10.1007/s40279-015-0371-2] [PMID] [PMCID]

[77] Lopopolo RB, Greco M, Sullivan D, Craik RL, Mangione KK. Effect of therapeutic exercise on gait speed in community-dwelling elderly people: A meta-analysis. Physical Therapy. 2006; 86(4):520-40. [DOI:10.1093/ptj/86.4.520] [PMID]

[78] 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] [PMID] [PMCID]

[79] LaStayo PC, Ewy GA, Pierotti DD, Johns RK, Lindstedt S. The positive effects of negative work: Increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. The Journals of Gerontology: Series A. 2003; 58(5):M419-24. [DOI:10.1093/gerona/58.5.M419] [PMID]

[80] Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, et al. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. New England Journal of Medicine. 1994; 330(25):1769-75. [DOI:10.1056/NEJM199406233302501] [PMID]

[81] Mian OS, Thom JM, Narici MV, Baltzopoulos V. Kinematics of stair descent in young and older adults and the impact of exercise training. Gait & Posture. 2007; 25(1):9-17. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2005.12.014] [PMID]

[82] Allen MD, Dalton BH, Gilmore KJ, McNeil CJ, Doherty TJ, Rice CL, et al. Neuroprotective effects of exercise on the aging human neuromuscular system. Experimental Gerontology. 2021; 152:111465. [DOI:10.1016/j.exger.2021.111465] [PMID]

[83] Halvarsson A, Franzén E, Ståhle A. Balance training with multitask exercises improves fall-related self-efficacy, gait, balance performance and physical function in older adults with osteoporosis: A randomized controlled trial. Clinical Rehabilitation. 2015; 29(4):365-75. [DOI:10.1177/0269215514544983] [PMID]