Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

May and June 2023. Volume 12. Num 2

Research Paper

Effect of Different Eye Movement Training Methods on Postural Oscillations of Older Women

Manochehr Ghalkhani[1], ***Hamid Reza Taheri Torbati**[1], **Alireza Saberi Kakhki**[1]

1. Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghalkhani M, Taheri Torbati HR, Saberi Kakhki A. [Effect of Different Eye Movement Training Methods on Postural Oscillations of Older Women (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 12(2):348-361. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.11

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.11

ABSTRACT

Background and Aims Postural control is one of the most important abilities to maintain body stability and upright posture in the elderly. This study aims to investigate the effect of different patterns of eye movement training on postural oscillations in older women.

Methods This is a quasi-experimental study with a pre-test-post-test design using a control group. Participants were 72 older women in Mashhad, Iran (Mean±SD age 68.7±2.4 years, weight=67.7±4.4 kg, height=163.1±3.2 cm) who were selected purposefully and randomly divided into four groups including three experimental groups (saccade, anti-saccadic, and pursuit training) and one control group. All groups were evaluated under four different conditions of visual stimulus presentation. The training groups performed the training for 4 weeks. A repeated measures analysis of variance was used to analyze the collected data. All analyses were carried out in SPSS software, version 25.

Results The results of ANOVA showed that the main effect of time for postural oscillations in the anterior-posterior and mediolateral directions was significant with the effect sizes of 0.57 and 0.492, respectively (P<0.05). This indicates that, regardless of the effect of group, postural oscillations in the experimental groups showed a significant difference over time. The interaction effect of time and group at the anterior-posterior and mediolateral directions was significant with the effect sizes of 0.168 and 0.28, respectively (P=0.010), where there was a significant decrease in the postural oscillations over time in the groups. The saccade training group showed the greatest decrease in the number of postural oscillations at the anterior-posterior and mediolateral directions (P<0.05).

Conclusion Eye movement training with different patterns in older adults can reduced postural oscillations in the mediolateral and anterior-posterior directions. Saccade training cause less postural oscillation than anti-saccade and pursuit training in both directions. It is recommended that these training methods be included in the training program of the elderly to reduce their postural oscillation.

Keywords Gaze control, Visual training, Postural oscillations, Elderly

Received: 08 Jun 2021
Accepted: 20 Jun 2021
Available Online: 21 May 2023

Corresponding Author:
Hamid Reza Taheri Torbati, PhD.
Address: Department of Motor Behavior, Faculty of Sport Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Tel: +98 (51) 38805397
E-Mail: hamidtaheri@um.ac.ir

Scientific Journal of
Rehabilitation Medicine

Extended Abstract

Introduction

It is predicted that, due to declining fertility and increasing life expectancy, the elderly population will make up approximately 22% of the world's population by 2050. Decrease in the physiological, psychological, cognitive, and motor functions occur in the elderly. One of the most common problems in the elderly is the risk of falling. Impairment in postural control systems of the elderly reduces their ability to maintain balance. Balance depends on the interaction between the sensory, musculoskeletal and nervous systems. Sensory information is provided to the control system from three visual, somatosensory, and vestibular systems. With the increase of age, the sensory systems that control balance and regulate postural control are impaired in structure and function. Sensory information is constantly updated to control muscle activity and maintain stature.

Despite the increased dependence on visual information in controlling movement and maintaining balance in the elderly, decreased visual function has been reported as one of the causes of impairment in the postural control system. Furthermore, with ageing, the functions of the visual system such as acuity, visual perception, saccades, smooth pursuit, and eye movements are declined. The relationship between eye movements and postural control has been reported in previous studies. Gaze control is one of the variables that affects postural control, which has been examined with three components of saccade, fixation and pursuit movements. Previous studies have reported impaired gaze control in the elderly, such that saccade eye movement becomes slower and less accurate. The reduction in the speed of saccade movement, the accuracy of the information received, the speed of visual information transmission paths, and the increase in saccade error have also been reported. According to Bennett & Brady 's model of synergy (2016) [21], the central nervous system should be consistently active to enable success in visual-postural tasks.

According to this model, there is synergy between the two processes of feedforward and vision to succeed in maintaining posture and performing accurate visual tasks. In addition, to facilitate a successful synergy, postural oscillations should be reduced. Finally, this model assumes that additional cognitive resources are created to link visual and postural processes to each other. Considering that it is not clear which eye movements have the greatest effect on postural oscillations and there is scant research on the effect of different visual patterns on motor indicators, this study aims to investigate the effect of different patterns of visual training on postural oscillations of the elderly.

Materials and Methods

This is a quasi-experimental study with a pre-test/post-test design using a control group. Participants were 72 older women in Mashhad, Iran (Mean±SD age=68.7±2.4 years, mean weight=67.7±4.4 kg, mean height=163.1±3.2 cm) who were selected purposefully and randomly divided into four groups, including three experimental groups (saccade, anti-saccadic, and pursuit eye movement training) and one control group. Inclusion criteria were the mini–mental state examination (MMSE) score higher than 24, no neurological problems, no history of lower limb fractures, and no medication affecting cognitive and motor processes.

Data collection was performed using MMSE, activities-specific balance confidence scale, and Fullerton advanced balance scale. A 100-Hz force plate (Kistler Co.) was used to record the postural oscillations and stability in 45-second efforts. The first 10 seconds was deleted to prevent initial changes and the last 5 seconds was removed to avoid secondary prediction. The center of pressure was evaluated at the anterior-posterior and mediolateral directions. Eye trackers were used to confirm eye movement control in the subjects. All groups were evaluated at four different conditions of visual stimulus presentation. The training groups performed the training for 4 weeks. A repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to analyze the collected data. All analyses were carried out in SPSS software, version 25.

Results

The results of ANOVA showed that the main effect of time for postural oscillations in the anterior-posterior and mediolateral directions was significant with the effect sizes of 0.57 and 0.492, respectively ($P<0.05$). This indicates that, regardless of the effect of group, postural oscillations in the experimental groups showed a significant difference over time. The interaction effect of time and group at the anterior-posterior and mediolateral directions was significant with the effect sizes of 0.168 and 0.28, respectively ($P=0.010$), where there was a significant decrease in the postural oscillations over time in the groups. The saccade training group showed the greatest decrease in the number of postural oscillations at the anterior-posterior and mediolateral directions ($P<0.05$).

Conclusion

Eye movement training with different patterns in older adults can reduced postural oscillations in the mediolateral and anterior-posterior directions. Saccade training cause less postural oscillation than anti-saccade and pursuit training in both directions. It is recommended that these training methods be included in the training program of the elderly to reduce their postural oscillation.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All ethical principles such as obtaining informed consent from the participants, confidentiality of their information, and allowing them to leave the study were considered in this study. Ethical approval was obtained from the Research Ethics Committee of Ferdowsi University of Mashhad (Code: IR.UM.REC.1397.019).

Funding

This article was extracted from the PhD dissertation of Manochehr Ghalkhani, approved by Department of Motor Behavior, Ferdowsi University of Mashhad.

Authors' contributions

The authors contributed equally to preparing this article.

Conflict of interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank all the women participated in the study for their cooperation.

مقاله پژوهشی

تأثیر تمرینات با الگوهای مختلف حرکات چشم بر نوسان قامت سالمندان زن

منوچهر قلخانی[۱]، *حمیدرضا طاهری تربتی[۱]، علیرضا صابری کاخکی[۱]

۱. گروه رفتار حرکتی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

Use your device to scan and read the article online

Citation Ghalkhani M, Taheri Torbati HR, Saberi Kakhki A. [Effect of Different Eye Movement Training Methods on Postural Oscillations of Older Women (Persian)]. Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 2023; 12(2):348-361. https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.11

https://dx.doi.org/10.32598/SJRM.12.2.11

CC BY

چکیده

مقدمه و اهداف کنترل قامت از ضروری‌ترین و اساسی‌ترین مؤلفه‌ها برای حفظ استقلال حرکت و وضعیت قائم در سالمندان است. هدف این پژوهش بررسی تأثیر الگوهای مختلف تمرینات بینایی بر نوسانات قامتی سالمندان است.

مواد و روش‌ها پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون با گروه کنترل و ۷۲ شرکت‌کننده زن سالمند در شهر مشهد بود. میانگین سن، وزن و قد آن‌ها به‌ترتیب بدین صورت بود: (سال ۲/۴±۶۸/۷)، (کیلوگرم ۴/۴±۶۷/۷) (سانتی‌متر ۳/۲±۱۶۳/۱). شرکت‌کننده‌ها به‌صورت هدفمند انتخاب و به‌صورت تصادفی در ۴ گروه، شامل ۳ گروه آزمایش (تمرین ساکاد، آنتی‌ساکاد و تمرین تعقیبی) و ۱ گروه کنترل تقسیم شدند. همه گروه‌ها تحت ۴ شرایط متفاوت ارائه محرک بینایی و هم‌زمان با ثبت نوسانات قامتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. گروه‌های تمرینی به‌مدت ۴ هفته در برنامه تمرینی شرکت کردند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس مرکب در اندازه‌های تکراری استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نسخه ۲۵ نرم‌افزار SPSS انجام شد.

یافته‌ها نتایج تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌های تکراری نشان داد اثر اصلی زمان در سطح قدامی–خلفی و داخلی–خارجی به‌ترتیب با ضریب اثر ۰/۵۷ و ۰/۴۹۲، معنادار است (P<۰/۰۵) و بدین معناست که دامنه نوسان قامت در گروه‌های آزمایشی بدون در نظر گرفتن گروه تمرینی، تفاوت معنادار در طول زمان داشته‌اند. همچنین اثر تعاملی زمان در سطح قدامی–خلفی و داخلی–خارجی به‌ترتیب با اندازه اثر ۰/۱۶۸ و ۰/۲۸ معنادار است (P=۰/۰۱۰) و بیانگر کاهش معنادار میانگین نوسانات قامت در طول زمان در گروه‌ها است. نتایج نشان داد گروه تمرینات ساکادی بیشترین کاهش را در میزان نوسانات قامت در سطح قدامی–خلفی و داخلی–خارجی نشان دادند (P<۰/۰۵).

نتیجه‌گیری به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد انجام تمرینات بینایی با استراتژی‌های مختلف، باعث کاهش نوسانات قامتی در محور داخلی–خارجی و قدامی–خلفی شرکت‌کننده‌ها شد. باتوجه‌به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که تکالیف ساکادی نسبت به تکالیف آنتی‌ساکاد و تعقیبی در هر دو محور قدامی–خلفی و داخلی–خارجی، نوسان قامت کمتری ایجاد می‌کند. نهایتاً باتوجه‌به اثربخشی تمرین الگوهای مختلف بینایی بر نوسانات قامت، پیشنهاد می‌شود این تمرینات به منظور کاهش نوسانات قامت در برنامه تمرینی سالمندان قرار داده شود.

کلیدواژه‌ها کنترل خیرگی، تمرین بینایی، نوسان قامتی، سالمندان

تاریخ دریافت: ۱۸ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۳۰ خرداد ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۱۱ اردیبهشت ۱۴۰۲

* نویسنده مسئول:

دکتر حمیدرضا طاهری تربتی

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم ورزشی، گروه رفتار حرکتی.

تلفن: ۳۸۸۰۵۳۹۷ (۵۱) ۹۸+

رایانامه: hamidtaheri@um.ac.ir

مقدمه

سالمندی و فرآیندهای مؤثر بر آن، یکی از موضوعات مورد علاقه پژوهشگران در سال‌های اخیر بوده است. جمعیت سالمندان باتوجه‌به کاهش باروری و افزایش امید به زندگی هر ساله در حال افزایش است، به‌طوری‌که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ تقریباً ۲۲ درصد از جمعیت دنیا را سالمندان تشکیل دهند. سرعت سالمندی جمعیت در ایران هم در حال افزایش است. چنان‌که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۲۰ تقریباً ۲۰ درصد از افراد جامعه را سالمندان تشکیل می‌دهند [۱، ۲]. با افزایش سن و شروع سالمندی تغییرات منفی فیزیولوژیک، روان‌شناختی، شناختی و حرکتی در سالمندان رخ می‌دهد که این تغییرات باعث افت عملکرد می‌شود. یکی از شایع‌ترین مشکلات در دوران سالمندی، افزایش زمین‌خوردن[1] و نوسانات قامتی[2] است. نقص در سیستم‌های کنترل قامت باعث افزایش نوسانات قامتی و افت توانایی حفظ تعادل در سالمندان می‌شود [۳-۶]. ثبات قامت به‌طور قائم بستگی به تعامل پیچیده پویا بین سیستم حسی، اسکلتی عضلانی و عصبی دارد [۷]. اطلاعات حسی از ۳ سیستم بینایی، حسی پیکری[3] و دهلیزی[4] در اختیار سیستم کنترل قرار می‌گیرد. سیستم‌های حسی درگیر در حفظ تعادل و تنظیم نوسان قامتی، هم در ساختار و هم در کارکرد با سالمندی دچار نقص می‌شوند [۶-۹]. به‌طور مداوم اطلاعات حسی به منظور کنترل فعالیت عضلات در حفظ قامت، در حال به‌روزرسانی هستند که در این میان پیچیدگی روابط بین سیستم حسی و حرکتی و شرایط محیطی و نیروهای مؤثر بر بدن و تعادل، این پیچیدگی را دو چندان کرده‌اند [۹، ۱۰].

علی‌رغم افزایش وابستگی به اطلاعات بینایی در کنترل حرکت و حفظ قامت در سالمندان، کاهش عملکرد بینایی و استخراج اطلاعات بینایی مربوط برای هدایت ایمن اندام‌ها و تنظیم حسی قامت از علل اصلی اختلال در سیستم کنترل قامت گزارش شده است. همچنین همراه با افزایش سن، کارکردهای سیستم بینایی مانند تیزبینی، ادراک بینایی، حرکات جهشی، توانایی تعقیب و پارامترهای حرکت چشم دچار تغییر و افت در عملکرد می‌شوند [۱۱، ۱۲]. ارتباط بین حرکات چشم با کنترل قامت در مطالعات پیشین گزارش شده است و براساس اطلاعات موجود، کنترل خیرگی[5] از متغیرهای اصلی اثرگذار بر کنترل قامت است که با ۳ مؤلفه اصلی حرکات جهشی[6]، تثبیت[7] و تعقیبی[8] مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱۳-۱۶]. همچنین پژوهش‌های پیشین بر این موضوع توافق دارند که در سالمندی سیستم بینایی با اختلال در کنترل خیرگی همراه است، به‌طوری‌که حرکات جهشی چشم کندتر و کم دقت‌تر می‌شوند. علاوه‌براین کاهش سرعت ساکاد، کاهش دقت اطلاعات دریافتی، کاهش سرعت مسیرهای انتقال اطلاعات بینایی و افزایش خطای ساکاد گزارش شده است [۱۷، ۱۸].

در تعدادی از مطالعات نشان داده شده است که حرکات ساکادی باعث کاهش نوسانات قامتی می‌شود [۱۸، ۱۹]. ساکادها حرکات بسیار سریع چشم هستند که برای آوردن نقطه جدیدی از صحنه بینایی به مرکز بینایی انجام می‌شوند و امکان دنبال کردن اشیا در محیط و جست‌وجوی نشانه‌های بینایی برای تولید حرکتی را فراهم می‌کند. انجام حرکات ساکادی چشم منجر به کاهش نوسان بدن می‌شود که احتمالاً به خاطر تلاش برای افزایش ثبات بینایی در انجام ساکادهای دقیق فضایی مربوط به هدف هستند [۱۳].

در پژوهش‌های وارن و همکاران [۱۷] و پاکویت و همکاران [۱۶] نشان داده شده است که نقص در سیستم حسی و حرکتی و ظرفیت‌های توجهی باعث کاهش عملکرد در سالمندی می‌شود و افراد مسن اختلال در عملکرد تکالیف حرکت چشم در مقایسه با افراد جوان دارند؛ به‌طورکلی افراد مسن زمان واکنش طولانی‌تر و کاهش دقت در حرکات جهشی چشم دارند. همچنین گزارش شده است که انواع حرکات تعقیبی [۱۵] یا حرکات ساکادی به سمت چپ و راست و تشخیص دقیق [۱۳، ۱۸] بر کنترل قامت تأثیرگذار هستند. در پژوهشی بابروا و همکاران نشان داده‌اند که حرکات تعقیبی، نوسان قامتی را افزایش می‌دهد. همچنین لگرانت و همکاران [۱۸] نشان دادند که حرکات جهشی، نوسان قامتی را کاهش می‌دهد. اگویرو و همکاران [۲۰] در نتیجه‌گیری پژوهش خود بیان کردند حرکات جهشی و تعقیبی چشم در مقایسه با تثبیت بینایی نوسان کمتری در قامت به وجود می‌آورد.

براساس مدل همکوشی[9] بنت و برادی موفقیت در اجرای تکالیف بینایی-قامتی به‌واسطه سازگاری و انطباق سیستم عصبی مرکزی رخ می‌دهد. بنابراین برای موفقیت در تکالیف دقیق بینایی به نظر می‌رسد یک همکوشی یا یکپارچگی بین فرآیندهای بینایی و قامتی وجود دارد. در این مدل برای موفقیت در حفظ قامت و انجام تکالیف دقیق بینایی، بین دو فرآیند پیش‌خوراند[10] و بینایی، همکوشی وجود دارد. همچنین برای تسهیل همکوشی موفق، باید از نوسانات قامتی کاسته شود. نهایتاً در مدل همکوشی فرض بر این است که منابع شناختی اضافی برای پیوند دادن فرآیندهای بینایی-قامتی به وجود می‌آید [۲۱].

1. Fall
2. Postural Oscillations
3. Somatosensory
4. Vestibular
5. Gaze Control
6. Saccade
7. Fixation
8. Pursuit
9. Synergy
10. Feedforward control

ازاین‌رو براساس مدل همکوشی، سؤال اول پژوهش این است که «آیا حرکات جهشی و تعقیبی چشم، نوسانات قامتی را کاهش یا افزایش می‌دهند؟» بنابراین تأثیر انواع حرکت چشم بر نوسانات قامت مورد بررسی قرار گرفت. به نظر می‌رسد درگیری شناختی یک تکلیف و الگوهای مختلف بینایی، توان تغییر نوسانات قامت را داشته باشند. همچنین به نظر می‌رسد انجام تمرینات الگوهای مختلف حرکات چشم باتوجه‌به میزان درگیری شبکه‌های کنترل نوسان قامت، تأثیر متفاوتی بر کنترل قامت داشته باشد. در این راستا در مطالعات محدودی، تأثیر تمرین الگوهای متفاوت حرکت چشم بر سیستم کنترل قامت بررسی شده است. برای مثال موریموتو و همکاران [۲۲]، تأثیر تمرینات ثبات خیرگی را بر ثبات قامتی بررسی کردند و نتیجه گرفتند که بعد از انجام ۳ هفته تمرینات خیرگی، ثبات قامتی بهبود معناداری یافته است. همچنین پارک و همکاران [۲۳] در پژوهش دیگری، تأثیر تمرینات حرکات چشم را بر تعادل مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که تعادل ایستا و پویا به‌طور معناداری بهبود یافتند.

باتوجه‌به این که منابع مشخصی از اینکه کدام حرکات چشم بیشترین اثر را در نوسانات قامتی دارند و اثربخشی این نوع تمرینات مورد بررسی قرار نگرفته است و در مطالعات انجام‌شده تأثیر تمرین الگوهای متفاوت بینایی بر شاخص‌های حرکتی کمتر مورد توجه قرار گرفته است و تمرینات موجود هم بیشتر الگوی عمومی تمرینات بینایی را شامل می‌شود؛ بنابراین فرض ما بر این است که تمرینات با الگوهای مختلف چشم باعث اختلال در سیستم کنترل حرکت می‌شود و اختلال با افزایش نوسان همراه خواهد شد که این نوسانات سیستم کنترل نوسان را ورزیده‌تر کرده و ممکن است تمرین حرکات چشم باعث فعال‌سازی مکانیسم‌های جبرانی کنترل حرکات ارادی چشم و درنهایت بهبود کنترل اکولوموتور[11] شود. همچنین فرض دیگر این است که استفاده از مداخلات تمرینی مؤلفه‌های مختلف حرکات چشم، احتمالاً توانایی بهبود سیستم حسی–حرکتی و بهبود هم‌افزایی بین حرکات چشم و کنترل قامت را داشته باشد و این هم‌افزایی کاهش نوسانات قامت را به دنبال خواهد داشت. بنابراین در این پژوهش، تأثیر الگوهای مختلف حرکات چشم بر نوسانات قامتی سالمندان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون با گروه کنترل است. جامعه آماری پژوهش حاضر زنان سالمند بالای ۶۵ سال شهر مشهد بودند. شرکت‌کننده‌ها ۷۲ سالمند با میانگین سن (۲/۴±۶۸/۷) سال، میانگین وزن (کیلوگرم ۴/۴±۶۷/۷) و میانگین قد (سانتی‌متر ۳/۲±۱۶۳/۱) بودند که به‌صورت هدفمند از بین افرادی که شرایط ورود به پژوهش را داشتند، انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور[12] و اندازه اثر ۳۰، توان ۸۵، برای مجموع ۴ گروه و ۳ بار اندازه‌گیری ۶۰ نفر محاسبه شد. شرکت‌کننده‌ها به‌طور تصادفی در گروه‌های آزمایش شامل گروه تمرین بینایی با تأکید بر تمرین ساکاد (S)، تمرین آنتی‌ساکاد (AS)، تمرین تعقیبی و گروه کنترل تقسیم شدند.

معیارهای ورود به پژوهش شامل کسب نمره بالاتر از ۲۴ در مقیاس شناختی آزمون وضعیت ذهنی کوچک[13] و نداشتن مشکلات عصب‌شناختی، عدم سابقه شکستگی در اندام تحتانی و همچنین عدم مصرف هرگونه دارو تأثیرگذار بر فرآیندهای شناختی و حرکتی بود. پژوهش حاضر در کمیته اخلاق زیستی دانشگاه فردوسی تصویب شد و طی روند پژوهش تمامی ضوابط اخلاقی کمیته اخلاق پژوهش زیستی دانشگاه فردوسی رعایت شدند. پیش از شروع کار از شرکت‌کنندگان رضایت‌نامه کتبی دریافت شد و از موضوع و روش اجرا مطالعه مطلع شدند. تیم اجرای تحقیق متعهد شدند که از اطلاعات خصوصی و شخصی داوطلبین محافظت کنند و نتایج در صورت تمایل برای آنان تفسیر شود. علاوه‌براین به شرکت‌کنندگان اطلاع داده شد که مشارکت در تحقیق سبب هیچ‌گونه بار مالی برای آن‌ها نخواهد بود.

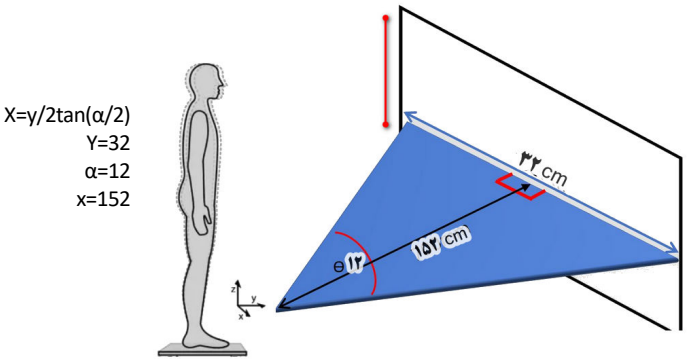
جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از مقیاس شناختی آزمون وضعیت ذهنی کوچک [۲۴]، پرسش‌نامه اطمینان از تعادل[14] [۲۵]، آزمون تعادل فلرتون انجام شد. برای ثبت نوسان و ثبات قامتی از صفحه نیرو شرکت کیستلر استفاده شد و مرکز فشار[15] در محور قدامی–خلفی و داخلی–جانبی مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی با صفحه نیرو با فرکانس ۱۰۰ هرتز در کوشش‌های ۴۵ ثانیه‌ای برای شرکت‌کنندگان ثبت شد. ۱۰ ثانیه اول برای جلوگیری از تغییرات اولیه و ۵ ثانیه آخر برای جلوگیری از پیش‌بینی ثانویه حذف شد. همچنین برای تأیید کنترل حرکات چشم در آزمودنی‌ها از تعقیب‌سنج بینایی استفاده شد.

روش اجرا

در مرحله پیش‌آزمون در روز اول، برای جمع‌آوری اطلاعات، شرکت‌کننده‌ها پرسش‌نامه اطلاعات فردی جهت شرکت داوطلبانه در پژوهش را با آگاهی کامل از شرایط شرکت در پژوهش تکمیل کردند. فرآیند اجرای پژوهش به این صورت بود که در جلسه اول پیش‌آزمون تست‌های وضعیت شناختی مقیاس آزمون وضعیت ذهنی کوچک، اطمینان از تعادل با پرسش‌نامه اطمینان از تعادل و آزمون فلرتون برای سنجش تعادل گرفته شد. در جلسه دوم پیش‌آزمون شرکت‌کننده‌ها به‌صورت ایستاده در مقابل صفحه نمایش با فاصله ۱۵۲ سانتی‌متری و با زاویه بینایی ۱۲ درجه، از صفحه نمایش روی صفحه نیرو قرار گرفتند

11. Oculomotor control

12. G*Power
13. Mini-Mental State Examination (MMSE)
14. Activities-specific Balance Confidence (ABC)
15. center of pressure (COP)



تصویر ۱. وضعیت قرارگیری شرکت‌کننده

طب‌توانبخشی

و تست‌های ثبات، ساکاد، آنتی‌ساکاد و تعقیبی برای هر آزمودنی به عمل آمد (تصویر شماره ۱). در ابتدا شرکت‌کننده‌ها به‌مدت ۴۵ ثانیه به صفحه بدون هیچ‌گونه نشانه‌ای توجه می‌کردند و نوسانات قامتی آن‌ها ثبت شد. بعد از ۱ دقیقه استراحت تست خیرگی ثابت، ساکاد، آنتی ساکاد و تعقیبی گرفته شد. ترتیب اجرای آزمون‌ها با شیوه کانتر بالانس همگن‌سازی شد، به‌طوری‌که توالی تست‌ها به‌صورت تصادفی برای شرکت‌کننده‌ها چیده شد.

پس از انجام پیش‌آزمون گروه‌های آزمایش تمرین ساکادی، آنتی‌ساکاد و تمرین تعقیبی به‌مدت ۴ هفته و هر هفته ۵ جلسه ۳۰ دقیقه‌ای در تمرینات شرکت کردند. در طول دوره تمرینی، گروه کنترل در هیچ فعالیت تمرینی شرکت نکرد. پس از اتمام دوره تمرینی، همه شرکت‌کنندگان با پس‌آزمون مورد سنجش قرار گرفتند.

پروتکل تمرین بینایی

به منظور انجام تمرینات بینایی از تمرینات تغییر ساختاریافته بینایی موریمتو و همکاران [۲۲] استفاده شد. به‌طورکلی برنامه تمرینی شامل ۱۴ تمرین است که برای هر گروه تمرینی، ۵ بلوک تمرینی باتوجه‌به هدف تمرینی مورد استفاده قرار گرفت. تمرینات در قالب ۳ نرم‌افزار محقق‌ساخته[16] تهیه و استفاده شد. نرم‌افزار تمرین دارای قابلیت تنظیم سرعت و اندازه و تعداد بلوک‌های تمرینی بود و سرعت محرک در بازه ۱۰۰۰ میلی ثانیه تا ۳۵۰ هزارم ثانیه تنظیم و ارائه شد. محرک‌های بینایی در یک پرده سفید در روبروی شرکت‌کننده‌ها ارائه شد، به‌طوری‌که فرد دقیقاً در وسط صفحه قرار گرفته بود. محرک بینایی در ۴ حالت ثابت، ساکاد، آنتی‌ساکاد و حرکات تعقیبی ارائه شد. در حالت ثابت محرک در وسط صفحه نمایش بدون حرکت باقی می‌ماند و شرکت‌کننده باید بدون حرکت دادن سر و چشم محرک را نگاه کند. در حالت ساکادی، محرک‌ها در وسط صفحه نمایش نشان داده می‌شود و سپس با فاصله زمانی ۵۰۰ هزارم ثانیه در صفحه ناپدید و در نقطه دیگر به‌صورت تصادفی ظاهر می‌شود.

16. Gaze training

روش‌های آماری

از نسخه ۲۵ نرم‌فزار آماری SPSS برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. سطح معناداری α=۰/۰۵ درصد برای همه آزمون‌ها در نظر گرفته شد. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک[17] استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌های تکراری با دو عامل درون‌گروهی (زمان اندازه‌گیری) با دو سطح (پیش‌آزمون، پس‌آزمون) و نوع تست با ۴ سطح (ثابت، ساکاد، آنتی ساکاد و تعقیبی) و یک عامل بین گروهی (نوع تمرین) با ۴ سطح (کنترل، تمرینات ساکاد، تمرینات آنتی ساکاد و تمرینات تعقیبی) در شاخص مرکز فشار در محور قدامی–خلفی و مرکز فشار در محور داخلی–خارجی استفاده شد. تست تعقیبی توکی و تعدیل درجات آزادی گرین هوس‌گیزر و تعدیل بنفرونی برای مقایسه‌های چندگانه استفاده شد. همچنین به منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی عملکرد شرکت‌کنندگان به تفکیک گروه در مراحل پیش‌آزمون و یادداری، از آزمون تی وابسته استفاده شد. برای بررسی تفاوت‌های بین‌گروهی در مراحل پیش‌آزمون و پس‌آزمون از تحلیل واریانس یک‌طرفه و از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آمار توصیفی نشان داد بین گروه‌های پژوهش ازنظر سن و قد تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد وضعیت شناختی همه گروه‌ها مطلوب و در دامنه بین ۲۶ تا ۳۰ قرار دارند. همچنین اطمینان از تعادل در دامنه بین ۸۳ تا ۹۶ قرار داشت (جدول شماره ۱). برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از نتایج آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد و نتایج نشان داد داده‌ها توزیع نرمال دارند. همچنین برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون لون[18] استفاده شد و نتایج نشان داد شرط همگنی واریانس‌ها برقرار است.

17. Shapiro-Wilk
18. Levene's test

جدول ۱. آماره‌های توصیفی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده

متغیر / گروه	میانگین±انحراف‌معیار			
	کنترل	ساکاد	آنتی ساکاد	تعقیبی
سن (سال)	۶۹/۴±۴/۲	۶۹/۲±۱/۲	۶۸/۵±۶/۲	۶۷/۷±۳/۲
قد (سانتی‌متر)	۱۶۱/۴±۴/۳	۱۶۴/۴±۰/۴	۱۶۳/۴±۴/۲	۱۶۲/۴±۴/۲
وزن (کیلوگرم)	۶۵/۸±۹/۳	۶۸/۷±۱/۴	۶۷/۸±۵/۴	۶۸/۵±۶/۴
وضعیت ذهنی (امتیاز)	۲۷/۹±۳/۱	۲۸/۴±۲/۱	۲۸/۳±۹/۰	۲۸/۷±۸/۰
اطمینان از تعادل (امتیاز)	۸۶/۷±۳/۹	۹۰/۲±۵/۱	۸۸/۴±۴/۶	۸۸/۳±۴/۲
تعادل عملکردی (امتیاز)	۳۴/۹±۷/۲	۳۵/۰±۲/۲	۳۴/۴±۶/۲	۳۳/۹±۶/۲

طب‌توانبخشی

نتایج آزمون تحلیل واریانس مرکب در اندازه‌گیری تکراری نشان داد اثر اصلی زمان $P<۰/۰۰۰۱$، $F_{(۱/۶۷)}=۹۲/۰۷$ با ضریب اثر ۵۷/۰ معنادار است و بدین معناست که نوسانات قامت همه گروه‌های آزمایشی بدون در نظر گرفتن گروه تمرینی، تفاوت معنادار در طول زمان داشته‌اند. همچنین نتایج نشان داد اثر متقابل گروه×زمان $P<۰/۰۰۶$، $F_{(۳/۶۷)}=۴/۵۲$ با ضریب اثر ۱۶۸/۰ معنادار است که بیانگر تغییر معنادار میانگین نوسانات قامت در سطح قدامی–خلفی در طول زمان در گروه‌ها است. همچنین نتایج در عامل نوع تست نشان داد $P<۰/۰۰۱$، $F_{(۲/۹۰.۱۹۴۳)}=۱۴/۵۳$ که تفاوت بین تست‌ها معنادار است (جدول شماره ۲).

نتایج آزمون تی وابسته نشان داد بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در شاخص نوسان در محور قدامی–خلفی در هر ۴ شرایط تست (ثابت، ساکاد، آنتی ساکاد و تعقیبی) تفاوت معنادار وجود دارد (جدول شماره ۲). نتایج نشان داد در گروه ساکاد بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر ۴ تست تفاوت معنادار بین مراحل وجود دارد، اما در گروه کنترل بین بیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت معنادار وجود ندارد. علاوه‌براین نتایج گروه آنتی‌ساکاد نشان داد بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در تست‌های ثابت و ساکاد تفاوت معنادار وجود دارد، اما در تست آنتی‌ساکاد و تعقیبی تفاوت معنادار وجود ندارد.

برای مقایسه بین نوع آزمون بر نوسانات قامت در محور قدامی–خلفی از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد و نتایج نشان داد که در شرایط آزمون ثابت $P=۰/۰۱۸$، $F_{(۳/۷۰)}=۳/۵۸$ تفاوت معناداری بین دامنه نوسانات قامت در سطح قدامی–خلفی در مرحله پس‌آزمون وجود دارد. نتایج نشان داد بین‌گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون بین دامنه نوسان قامت در سطح قدامی–خلفی در آزمون ساکاد $P=۰/۰۱۱$، $F_{(۳/۷۰)}=۴/۰۳۵$ تفاوت معنادار وجود داشت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون تعقیبی حداقل تفاوت معنادار[19] استفاده شد. نتایج نشان داد در شرایط آزمون ساکاد فقط بین گروه کنترل با گروه ساکاد تفاوت معنادار وجود دارد، بین دیگر جفت گروه‌ها تفاوت معنادار وجود ندارد، اما در مرحله پیش‌آزمون $P=۰/۷۱۱$، $F_{(۳/۷۰)}=۰/۴۶۰$ تفاوت معنادار بین گروه‌ها وجود نداشت.

نوسان قامت در محور داخلی–خارجی

برای بررسی نوسان قامت در محور داخلی–خارجی از آزمون تحلیل واریانس مرکب با اندازه‌های تکراری استفاده شد و نتایج نشان داد اثر اصلی زمان، $P<۰/۰۰۱$، $F_{(۱/۶۷)}=۶۴/۸$ با ضریب اثر

19. Least Sgnificant Difference (LSD)

جدول ۲. نتایج آزمون تی وابسته کلی در دامنه نوسان در محور قدامی–خلفی

شرایط آزمون	df	t	P	فاصله اطمینان تفاوت‌ها ۹۵%	
				دامنه پایین	دامنه بالا
ثابت	۷۰	۵/۵۹۵	<۰/۰۰۱	۰/۱۳۱	۰/۲۷۶
ساکاد	۷۰	۷/۸۸۹	<۰/۰۰۱	۰/۲۴۴	۰/۴۱۰
آنتی ساکاد	۷۰	۴/۳۸۲	<۰/۰۰۱	۰/۰۹۷	۰/۲۶۱
تعقیبی	۷۰	۳/۰۴۴	۰/۰۰۳	۰/۰۳۴	۰/۱۶۶

طب‌توانبخشی

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس مرکب میانگین نوسانات مرکز فشار

	نوسانات مرکز فشار	میانگین مربعات	df	f	سطح معناداری	اندازه اثر
محور داخلی-خارجی	اثر زمان	۳/۱۸	۱	۶۴/۸۷	۰/۰۰۰۱	۰/۴۹۲
	زمان×گروه	۰/۲۰۳	۳	۴/۱۲	۰/۰۱۰	۰/۱۵۶
	اثر آزمون	۰/۷۲۹	۲/۷۷	۶/۵۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۹۰
	آزمون×گروه	۰/۰۵۸	۸/۳۳	۰/۵۲۱	۰/۸۵۸	۰/۰۲۳
	زمان×آزمون	۰/۰۰۳	۲/۵۷	۰/۰۴۶	۰/۹۸۷	۰/۰۰۱
	زمان× آزمون×گروه	۰/۰۲۶	۷/۷۲	۰/۴۴۳	۰/۸۸۹	۰/۰۱۹
محور قدامی و خلفی	اثر زمان	۵/۶۹	۱	۹۲/۰۷	<۰/۰۰۱	۰/۵۷
	زمان×گروه	۰/۲۸۰	۳	۴/۵۲	۰/۰۰۶	۰/۱۶۸
	اثر آزمون	۱/۱۶	۲/۹۰	۱۴/۵۳	<۰/۰۰۱	۰/۱۷۸
	آزمون×گروه	۰/۰۸۰	۸/۷۰	۰/۹۹۰	۰/۴۴۸	۰/۰۴۲
	زمان×آزمون	۰/۳۱۰	۲/۸۷	۶/۶۴	<۰/۰۰۱	۰/۰۹۰
	زمان×آزمون×گروه	۰/۰۶۲	۸/۶۳	۱/۳۳	۰/۲۲۴	۰/۰۵۶

طب‌توانبخشی

۰/۴۹۲، معنادار است و بدین معناست که دامنه نوسان قامت در گروه‌های آزمایشی بدون در نظر گرفتن گروه تمرینی، تفاوت معنادار در طول زمان داشته‌اند. همچنین اثر تعاملی زمان در گروه $F_{(۳/۶۶)}$= ۴/۱۲ ،P<۰/۰۱۰ با اندازه اثر ۰/۲۸ معنادار است و بیانگر کاهش معنادار میانگین نوسانات قامت در طول زمان در گروه‌ها است (جدول شماره ۳).

همچنین نتایج آزمون تی وابسته در شاخص نوسان در محور داخلی-خارجی نشان داد که در همه گروه‌های تمرینی در هر ۴ آزمون به‌عمل‌آمده، تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون وجود دارد (جدول شماره ۴). نتایج آزمون تی وابسته نشان داد در آزمون ساکاد در گروه آنتی‌ساکاد و تعقیبی، تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و پس آزمون وجود ندارد. همچنین در آزمون آنتی‌ساکاد در گروه تعقیبی، تفاوت معنادار بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در نوسانات قامت در محور داخلی-خارجی وجود دارد. همچنین در گروه کنترل تحت همه شرایط آزمون تفاوت معناداری بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون در نوسانات قامت در محور داخلی-خارجی وجود ندارد.

برای مقایسه بین نوع آزمون بر نوسانات قامت در محور داخلی-خارجی از تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد و نتایج نشان داد در شرایط آزمون ثابت $F_{(۳/۷۰)}$=۷/۷۰ ،P=۰/۰۰۰۱ تفاوت معناداری بین نوسانات قامت در سطح قدامی-خلفی بین گروه‌ها وجود دارد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون تعقیبی توکی استفاده شد و نتایج نشان داد در شرایط آزمون ثابت بین گروه کنترل با گروه ساکاد تفاوت معنادار وجود دارد و براساس میانگین‌ها کمترین نوسان قامتی مربوط به گروه تمرین ساکاد بود. همچنین در شرایط آزمون ساکاد در بین گروه‌ها در نوسانات قامت سطح داخلی-خارجی $F_{(۷۰/۳)}$=۴/۰۳۵ ،P=۰/۰۱۱ تفاوت معنادار نشان داده شد. نتایج آزمون تعقیبی نشان داد بین گروه کنترل با ساکاد و تعقیبی، تفاوت معنادار وجود دارد و گروه تمرین ساکاد در شرایط ساکاد، کمترین نوسان قامتی را داشته است.

بحث

هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر تمرین الگوهای مختلف بینایی بر نوسانات قامتی در سطح قدامی-خلفی و داخلی-جانبی بود. بدین منظور ۳ گروه آزمایش (تمرین ساکاد، تمرین آنتی ساکاد و تمرین تعقیبی) با یک گروه کنترل در پژوهش شرکت کردند و گروه‌ها تحت ۴ شرایط متفاوت ارائه محرک بینایی و هم‌زمان با ثبت نوسانات قامتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد همه گروه‌ها از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون نوسانات قامتی کمتری داشتند و تفاوت معناداری نشان دادند. همچنین نتایج نشان داد در شرایط آزمون ثابت و ساکاد، تفاوت معناداری بین دامنه نوسانات قامت در سطح قدامی-خلفی بین گروه‌ها در مرحله پس‌آزمون وجود داشت.

نتایج پژوهش نشان داد بین الگوهای مختلف بینایی ازنظر نوسانات قامت، تفاوت معناداری وجود نداشت. این یافته با پژوهش‌های پولستاری و همکاران [۲۶]، اگویرو و همکاران [۲۰] همراستا نبود. به نظر می‌رسد علت عدم این توافق نوع تکلیف و نوع تمرین استفاده‌شده باشد. باتوجه‌به اینکه تکلیف مورداستفاده

جدول ۴. نتایج آزمون تی وابسته در شاخص نوسان در محور داخلی-خارجی

شرایط آزمون		df	t	sig	فاصله اطمینان تفاوت‌ها ۹۵%	
					دامنه پایین	دامنه بالا
کنترل	ثابت	۱۶	-۰/۲۷۴	۰/۷۸۸	-۰/۰۸۶	۰/۰۶۷
	ساکاد	۱۶	-۱/۶۸	۰/۱۱۲	-۰/۲۲۹	۰/۰۲۶
	آنتی ساکاد	۱۶	-۰/۹۴۴	۰/۳۵۹	-۰/۲۶۶	۰/۱۰۲
	تعقیبی	۱۶	-۱/۵۲	۰/۱۴۷	-۰/۲۱۰	۰/۰۳۴
گروه ساکاد	ثابت	۱۸	-۴/۴۷	۰/۰۰۰۱	-۰/۴۵۷	-۰/۱۶۵
	ساکاد	۱۸	-۶/۰۹	۰/۰۰۰۱	-۰/۶۵۷	-۰/۳۲۰
	آنتی ساکاد	۱۸	-۳/۰۷	۰/۰۰۰۱	-۰/۳۶۷	-۰/۰۶۹
	تعقیبی	۱۸	-۵/۹۰	۰/۰۰۰۱	-۰/۶۷۱	-۰/۳۱۷
آنتی ساکاد	ثابت	۱۶	-۴/۹۱	۰/۰۰۰۱	-۰/۶۵۸	-۰/۲۶۱
	ساکاد	۱۶	-۳/۹۱	۰/۰۰۱	-۰/۴۹۹	-۰/۱۴۸
	آنتی ساکاد	۱۶	-۱/۷۳	۰/۱۰۲	-۰/۳۶۸	۰/۰۳۶
	تعقیبی	۱۶	-۲/۳۲	۰/۰۳۴	-۰/۵۲۵	۰/۰۲۴
گروه تعقیبی	ثابت	۱۷	-۳/۶۰	۰/۰۰۲	-۰/۴۸۱	۰/۱۲۵
	ساکاد	۱۷	-۴/۵۰	۰/۰۰۰۱	-۰/۵۴۹	-۰/۱۹۸
	آنتی ساکاد	۱۷	-۳/۱۶	۰/۰۰۶	-۰/۴۰۷	-۰/۰۸۱
	تعقیبی	۱۷	-۲/۵۸	۰/۰۱۹	-۰/۴۳۴	-۰/۰۴۳

طب توانبخشی

در این پژوهش یک تکلیف جست‌وجو با جهش سریع برای رسیدن به هدف است و فقط به نوعی دسترسی به هدف ملاک نتیجه بوده و دقت در جست‌وجوی بینایی مدنظر نبوده است. بنابراین این احتمال وجود دارد که استراتژی دقیق استفاده نشده است و سیستم عصبی مرتبه بالاتر صرفاً دسترسی با بیشترین سرعت را به‌عنوان راه‌اندازه مورد استفاده قرار داده و دقت حرکت چشم در اولویت قرار نگرفته است. ازاین‌رو در پژوهش‌های قبلی گزارش شده است که در تکالیفی بینایی که نیاز به دقت بالا در اجرا دارند، سرعت ساکاد کاهش پیدا کرده است. بنابراین بررسی مدت زمان تثبیت‌ها [۲۰] در تبیین این فرض بسیار مهم است. اگر تثبیت‌ها طولانی‌تر باشد، نشان از بار اطلاعات و دقت بیشتر جست‌وجو دارد، اما اگر تثبیت‌ها مدت‌زمان کوتاهی داشته باشد یعنی بار اطلاعات کمتر باشد و دقت کمتری یا به‌عبارت دیگر توجه کمتری را می‌طلبد. براین‌اساس می‌توان این‌طور تفسیر کرد که دقت کمتر عملاً شبیه استراتژی قامتی در بزرگسالان سالم و ورزشکاران حرفه‌ای است که برای حفظ قامت سیستم توجهی کمتر درگیر می‌شود و کنترل قامت به‌صورت خودکار انجام می‌شود و ظرفیت توجهی بیشتری در هنگام انجام عمل آزاد باقی می‌ماند. برای تبیین یافته‌ها براساس رویکرد منابع محدود، فرض بر این است که در انجام تکالیف هم‌زمان اگر منابع توجهی و اجرایی یکسان باشند، درنهایت عملکرد یکی از تکالیف افت پیدا می‌کند. در این پژوهش اجرای تکالیف مختلف حرکات چشم به‌عنوان یک تکلیف فراقامتی و تکلیف ثانویه در نظر گرفته می‌شود و بنابراین به نظر می‌رسد که اجرای تکالیف قامتی منجر به افزایش نوسانات قامتی می‌شود، اما در عمل افزایش نوسان در قامت در هیچ‌یک از گروه‌های تمرینی مشاهده نشده است [۲۷]. بنابراین نتایج این پژوهش با این نظریه در تناقض است، زیرا براساس این نظریه اجرای هم‌زمان باید افت عملکرد را درپی داشته باشد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد زمانی که سالمندان تکالیف ساکادی را انجام می‌دهند در هر ۲ محور قدامی-خلفی و داخلی-خارجی دامنه نوسان کمتری دارند، اما در هنگام اجرای تکالیف آنتی‌ساکاد و تعقیبی نوسان بیشتری دارند. به نظر می‌رسد باتوجه‌به اینکه تکلیف ساکادی استفاده‌شده صرفاً پیگیری محرک

20. Fixation

است و دقت یا پردازش شناختی بیشتری مانند نامیدن یا خواندن نیاز ندارد، بنابراین اختلالی در کنترل تکالیف ایجاد نمی‌کند. در تکالیف آنتی‌ساکادی چون شرکت‌کننده باید یک ساکاد غیرارادی را سرکوب کند و سپس ساکاد ارادی را راه اندازی کند، به‌نوعی سیستم کنترل بازداری مغز فعال می‌شود [۲۸، ۲۹] و بنابراین نیاز به تلاش شناختی بیشتری برای کنترل ساکاد غیرارادی و راه اندازی ساکاد ارادی است. بنابراین ظرفیت بیشتری از سیستم شناختی را درگیر می‌کند و منجر به افزایش نوسان قامت در سالمندان می‌شود. همچنین ممکن است تأثیر متفاوت الگوهای حرکت چشم بر کنترل قامت به‌دلیل تفاوت در سیستم کنترل پیش‌خوراندی[21] یا بازخوردی دستگاه عصبی مرکزی باشد. ازاین‌رو حرکات تعقیبی چشم از سیستم کنترل آنلاین یا به‌نوعی بازخوردی استفاده می‌کنند و مدام سیستم پردازشی باید براساس اطلاعات محیطی حرکت را اصلاح کند. بنابراین در کنترل حرکات تعقیبی یک سیستم محرک، محور است. نیاز بیشتری به پردازش‌های شناختی دارد. بیشتر شبکه‌های توجهی و کنترلی را درگیر می‌کند و درنتیجه اختلال بیشتر در ثبات قامتی ایجاد می‌کند. به‌نظر می‌رسد سیستم عصبی از راهبردهای متفاوتی برای جبران عدم تعادل ناشی از عدم ثبات برای تسهیل در اجرای بهتر در حرکات ساکادی و تکالیف قامتی استفاده می‌کند. ازآنجایی‌که ممکن است نواحی از سیستم عصبی که مسئول تولید و کنترل حرکات چشم است به‌وسیله فرایند پیری دچار تخریب شده باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد کاهش وابسته به سن در عملکردهای اجرایی و کنترل قامت ناشی از فرآیندهای فرسایشی در سیستم عصبی مرکزی علت دیگری برای افزایش نوسانات قامتی و خطر زمین خوردن در سالمندان است.

در تکلیف آنتی‌ساکاد، همزمان با ایستادن و حفظ وضعیت قائم محرک‌های بینایی طبق دستورالعمل تکلیف آنتی‌ساکاد اجرا می‌شوند. به‌نوعی تکلیف آنتی‌ساکاد یک تکلیف فراقامتی یا تکلیف دوگانه به شمار می‌آید که ظرفیت سیستم توجهی مغز را به خود معطوف می‌کند. بنابراین باتوجه‌به اینکه در مطالعه حاضر همزمان تکلیف قامتی و حرکات چشم خواسته شده است، بنابراین به نظر می‌رسد نیاز توجه برای انجام تکلیف بیشتر است. به همین دلیل، اجرای حرکات چشم عملکرد کنترل قامت سالمندان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به اتخاذ یک استراتژی کنترل وضعیت با درجات آزادی محدودتر می‌شود. باتوجه‌به اینکه انجام حرکات ساکادی چشم نیاز به توجهی ویژه‌ای دارد، بنابراین اجرای این تکلیف احتمالاً برای سالمندان نسبت به بزرگسالان دشوارتر است؛ زیرا منابع توجه دردسترس برای کنترل قامت را محدود می‌کند و منجر به افت عملکرد قامتی می‌شود.

21. Feedforward control

بنابراین این یافته در سالمندان منطبق با مدل تطبیقی تسهیم منابع سازگار است [۲۷، ۳۰] که فرض می‌کند تکالیف قامتی و فراقامتی برای منابع توجه یکسان و محدود رقابت می‌کنند. در این راستا پلش و همکاران [۳۱] بیان کردند آنتی‌ساکاد در مقایسه با حرکات رفلکسی باتوجه‌به اینکه نیاز به کنترل ارادی بیشتر دارد، دچار اختلال بیشتری می‌شود. براساس یافته‌های حاضر و پژوهش‌های پیشین، احتمالاً تخریب عصبی و کاهش کارکرد برخی از نواحی قشری درگیر در برنامه‌ریزی حرکات جهشی چشم، علت تأخیر بیشتر در سالمندان باشد. از سوی دیگر، پژوهش‌ها نشان دادند با افزایش سن در قشر قدامی–خلفی، میدان بینایی قدامی و قشر پشتی جانبی، کاهش کارکرد به وجود می‌آید.

از سوی دیگر اخیراً مدل همکوشی برای تبیین تأثیر رفتارهای خیرگی و نوسانات قامت ارائه شده است. در این رویکرد فرض اساسی بر این است که انجام تکالیف همزمان قامتی با تکالیف خیرگی منجر به فعال‌سازی بیشتر شبکه‌های توجهی و ایجاد یک ظرفیت مازاد یا به‌نوعی همکوشی بین ثبات قامت و کنترل خیرگی می‌شود. در این راستا به نظر می‌رسد تمرین ساکاد فرایندهای آماده‌سازی حرکتی و آزادسازی تثبیت‌ها را تسهیل می‌کند. این فرض در مطالعه مونتنگرو و ادلمن [۳۲] حمایت شده است. براساس فرضیه همکوشی، بین حرکات چشم و کنترل قامت یک همکوشی وجود دارد و این همکوشی براساس هدف حرکت طرح‌ریزی شده و هدف نهایی تکلیف داشتن کمترین نوسان قامت در حین اجرای تکلیف است [۲۱]. بنابراین سیستم کنترل به نظر می‌رسد بیشتر تلاش هوشیارانه را برای کنترل قامت صرف کرده است، به‌نحوی‌که کاهش نوسان قامت در گروه تمرینات ساکادی می‌تواند حمایتی از این فرض باشد. نتایج این پژوهش یک حمایت از مدل همکوشی است، زیرا در الگوهای خیرگی ساکاد و آنتی ساکاد نه تنها ثبات قامتی کمتر نشده بلکه نسبت به شرایط ثابت نوسان قامتی کاهش پیدا کرده است.

ثبات قامت در جهت قدامی–خلفی نسبت به جهت داخلی–خارجی، به‌دلیل درجه آزادی آناتومیکی در صفحه ساژیتال، در مقایسه با صفحه فرونتال از دشواری بالاتری برخوردار است. هر دو الگوی خیرگی ساکاد و تعقیبی به‌دقت فضایی و منابع توجهی ویژه‌ای برای هر چرخه از ارائه محرک نیاز دارند. به‌ویژه هنگام تغییر جهت در حرکات تعقیبی یا هنگام ظهور محرک در یک نقطه دیگر در حرکات ساکادی که به‌طور بالقوه باعث تضعیف نوسان بدن و بهبود کنترل قامت می‌شود. بااین‌حال استراتژی‌های کنترل تغییرات، لحظه‌های قامت بین الگوهای مختلف حرکت چشم متفاوت به نظر می‌رسند. به این معنا که می‌توان حرکات ساکادی چشم را پیش‌بینی‌کرد که از یک تعدیل پیش‌خوراند پشتیبانی می‌کند؛ درحالی‌که به نظر می‌رسد حرکت‌های پیگیری آرام به‌دلیل پردازش مداوم اطلاعات بینایی در حین انجام کار، با استفاده از یک مکانیسم آنلاین کنترل می‌شود. براساس دیدگاه کنترل خیرگی

هندرسون [۳۳] حرکات ساکادی چشم تعدیلات پیش‌خوراندی مطلوب برای نوسان بدن را پیش‌بینی می‌کند، اما حرکات تعقیبی آهسته مکانیسم‌های کنترل آنلاین را به‌وسیله پردازش اطلاعات بینایی در طول انجام تکلیف مهیا می‌کند. سیستم کنترل قامت باید نشانه‌های حسی فراهم‌شده به‌وسیله بینایی، سیستم وستیبولار و سیستم حسی پیکری را یکپارچه‌سازی کند و از این اطلاعات به منظور پایه‌ای برای تولید فعالیت‌های حرکتی درگیر در کنترل قامت و تعادل به کار گیرد [۳۴، ۳۵].

برخلاف مکانیسم‌های مربوط به تثبیت که عمدتاً بر اساس ادراک آوران استوار است تا سعی کند تغییرات جریان بینایی را به حداقل برساند و یک رابطه پایدار بین صحنه بینایی و موقعیت بدن را حفظ کند، ساکادها به‌شدت براساس مکانیسم‌های ادراک وابران وابسته هستند. برنامه‌ریزی اجرای ساکاد شامل یک مکانیسم کنترل پیش‌خوراندی است [۲۶]. در این پژوهش چون هدف تعقیب محرک ارائه شده است و دقت در جست‌وجو مدنظر نیست و باتوجه‌به اینکه کنترل ساکاد یک فرایند پیشخوراندی است؛ بنابراین در هنگام ساکاد فرآیندهای کنترل حرکتی قامت کمتر دچار اختلال می‌شوند. همچنین قبلاً محققان نشان دادند که بزرگسالان جوان هم کاهش نوسان قامت را با حرکات ساکادی نشان دادند. دلیل اتخاذ چنین استراتژی توسط افراد مسن را می‌توان به تعدادی از عوامل ازجمله کاهشی که در طی روند پیری در سیستم حسی، سیستم حرکتی و یا پردازش یکپارچه حسی به دست آمده است، نسبت داد. همچنین ممکن است اتخاذ این استراتژی قامتی سفت و سخت به سفت و سختی ناشی از انقباض عضلات و عدم انعطاف‌پذیری برای مقابله با محدودیت‌هایی مانند اغتشاشات خارجی مرتبط باشد. به‌طورکلی این یافته حمایت‌کننده از فرضیه درجات آزادی محدودتر در طول دوره سالمندی است. علاوه‌براین به نظر می‌رسد تمرین الگوهای مختلف در معکوس‌سازی فرایندهای یادشده مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد انجام تمرینات بینایی با استراتژی‌های مختلف باعث کاهش نوسانات قامتی در محور داخلی-خارجی و قدامی- خلفی شرکت‌کننده‌ها شد. باتوجه‌به نتایج می‌توان نتیجه گرفت که تکالیف ساکادی نسبت به تکالیف آنتی‌ساکاد و تعقیبی در هر دو محور قدامی- خلفی و داخلی- خارجی نوسان قامت کمتری ایجاد می‌کند. علاوه‌براین تأثیر مثبت تمرین الگوهای مختلف چشم باعث افزایش کارایی هم‌زمان کنترل حرکت چشم و قامت، افزایش کارایی و کاهش نوسانات قامتی را در سالمندان باعث شد. نهایتاً باتوجه‌به اثربخشی تمرین الگوهای مختلف بینایی بر نوسانات قامت، پیشنهاد می‌شود تمرین الگوهای مختلف حرکت چشم در برنامه تمرینی سالمندان قرار داده شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در اجرای پژوهش ملاحظات اخلاقی مطابق با دستورالعمل کمیته اخلاق دانشگاه فردوسی مشهد در نظر گرفته شده و کد اخلاق به شماره (IR.UM.REC.1397.019) دریافت شده است.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه منوچهر قلخانی با راهنمایی حمیدرضا طاهری تربتی و علیرضا صابری کاخکی در گروه رفتار حرکتی دانشکده علوم ورزشی دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت یکسان داشتند.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

از تمام شرکت‌کنندگان و دوستانی که در انجام این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

[1] Ofori-Asenso R, Zomer E, Curtis AJ, Zoungas S, Gambhir M. Measures of population ageing in Australia from 1950 to 2050. Journal of Population Ageing. 2018; 11(4):367-85. [DOI:10.1007/s12062-017-9203-5]

[2] Mirzaie M, Darabi S. [Population aging in Iran and rising health care costs (Persian)]. Salmand. 2017; 12(2):156-69. [DOI:10.21859/sija-1202156]

[3] de Dieuleveult AL, Siemonsma PC, van Erp JB, Brouwer AM. Effects of aging in multisensory integration: A systematic review. Frontiers in Aging Neuroscience. 2017; 9:80. [DOI:10.3389/fnagi.2017.00080] [PMID] [PMCID]

[4] Zawada Jr ET. Postural imbalance in the elderly: Main aspects. In: Pereira NMR, Scheicher ME, editors. Geriatric medicine and gerontology. London: IntechOpen; 2018. [DOI:10.5772/intechopen.79830]

[5] Chiba R, Takakusaki K, Ota J, Yozu A, Haga N. Human upright posture control models based on multisensory inputs; In fast and slow dynamics. Neuroscience Research. 2016; 104:96-104.[DOI:10.1016/j.neures.2015.12.002] [PMID]

[6] Michalska J, Kamieniarz A, Sobota G, Stania M, Juras G, Słomka KJ. Age-related changes in postural control in older women: Transitional tasks in step initiation. BMC Geriatrics. 2021; 21(1):17. [DOI:10.1186/s12877-020-01985-y] [PMID] [PMCID]

[7] Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: The effect of sensory context. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences. 2000; 55(1):M10-6 [DOI:10.1093/gerona/55.1.M10] [PMID]

[8] Forbes PA, Chen A, Blouin JS. Sensorimotor control of standing balance. Handbook of Clinical Neurology. 2018; 159:61-83. [DOI:10.1016/B978-0-444-63916-5.00004-5] [PMID]

[9] Teo WP, Goodwill AM, Hendy AM, Muthalib M, Macpherson H. Sensory manipulation results in increased dorsolateral prefrontal cortex activation during static postural balance in sedentary older adults: An fNIRS study. Brain and Behavior. 2018; 8(10):e01109. [DOI:10.1002/brb3.1109] [PMID] [PMCID]

[10] Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human postural control. Frontiers in Neuroscience. 2018; 12:171. [DOI:10.3389/fnins.2018.00171] [PMID] [PMCID]

[11] Andersen GJ. Aging and vision: Changes in function and performance from optics to perception. Wiley Interdisciplinary Reviews. Cognitive Science. 2012; 3(3):403-10. [DOI:10.1002/wcs.1167] [PMID] [PMCID]

[12] Henry M, Baudry S. Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. Journal of Neurophysiology. 2019; 122(2):525-38. [DOI:10.1152/jn.00067.2019] [PMID] [PMCID]

[13] Stoffregen TA, Bardy BG, Bonnet CT, Hove P, Oullier O. Postural sway and the frequency of horizontal eye movements. Motor Control. 2007; 11(1):86-102. [PMID]

[14] Noiret N, Vigneron B, Diogo M, Vandel P, Laurent É. Saccadic eye movements: What do they tell us about aging cognition? Neuropsychology, Development, and Cognition. 2017; 24(5):575-99. [DOI:10.1080/13825585.2016.1237613] [PMID]

[15] Thomas NM, Bampouras TM, Donovan T, Dewhurst S. Eye movements affect postural control in young and older females. Frontiers in Aging Neuroscience. 2016; 8:216. [DOI:10.3389/fnagi.2016.00216] [PMCID]

[16] Paquette C, Fung J. Old age affects gaze and postural coordination. Gait & Posture. 2011; 33(2):227-32. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2010.11.010] [PMID]

[17] Warren DE, Thurtell MJ, Carroll JN, Wall M. Perimetric evaluation of saccadic latency, saccadic accuracy, and visual threshold for peripheral visual stimuli in young compared with older adults. Investigative Ophthalmology & Visual Science. 201; 54(8):5778-87. [DOI:10.1167/iovs.13-12032] [PMID] [PMCID]

[18] Legrand A, Mazars KD, Lazzareschi J, Lemoine C, Olivier I, Barra J, et al. Differing effects of prosaccades and antisaccades on postural stability. Experimental Brain Research. 2013; 227(3):397-405. [DOI:10.1007/s00221-013-3519-z] [PMID]

[19] Rodrigues ST, Polastri PF, Carvalho JC, Barela JA, Moraes R, Barbieri FA. Saccadic and smooth pursuit eye movements attenuate postural sway similarly. Neuroscience Letters. 2015; 584:292-5. [DOI:10.1016/j.neulet.2014.10.045] [PMID]

[20] Aguiar SA, Polastri PF, Godoi D, Moraes R, Barela JA, Rodrigues ST. Effects of saccadic eye movements on postural control in older adults. Psychology & Neuroscience. 2015; 8(1):19-27. [DOI:10.1037/h0100352]

[21] Bonnet CT, Szaffarczyk S, Baudry S. Functional synergy between postural and visual behaviors when performing a difficult precise visual task in upright stance. Cognitive Science. 2017; 41(6):1675-93. [DOI:10.1111/cogs.12420] [PMID]

[22] Morimoto H, Asai Y, Johnson EG, Lohman EB, Khoo K, Mizutani Y, et al. Effect of oculo-motor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults. Gait & Posture. 2011; 33(4):600-3. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2011.01.016] [PMID]

[23] Park JH. The effects of eyeball exercise on balance ability and falls efficacy of the elderly who have experienced a fall: A single-blind, randomized controlled trial. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2017; 68:181-5. [DOI:10.1016/j.archger.2016.10.006] [PMID]

[24] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. Journal of Psychiatric Research. 1975; 12(3):189-98. [DOI:10.1016/0022-3956(75)90026-6] [PMID]

[25] Powell LE, Myers AM. The activities-specific balance confidence (ABC) scale. The Journals of Gerontology. 1995; 50A(1):M28-34. [DOI:10.1093/gerona/50A.1.M28] [PMID]

[26] Polastri PF, Barbieri FA, Brito MB, Bonfim JVA, Gotardi GC, Kuga GK, et al. Semi tandem base of support degrades both saccadic gaze control and postural stability particularly in older adults. Neuroscience Letters. 2019; 705:227-34. [DOI:10.1016/j.neulet.2019.03.004] [PMID]

[27] Mitra S. Adaptive utilization of optical variables during postural and suprapostural dual-task performance: Comment on Stoffregen, Smart, Bardy, and Pagulayan (1999). Journal of Experimental Psychology. 2004; 30(1):28-38. [DOI:10.1037/0096-1523.30.1.28] [PMID]

[28] Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods. Neurophysiologie Clinique. 2008; 38(6):411-21. [DOI:10.1016/j.neucli.2008.09.005] [PMID]

[29] Domagalik A, Beldzik E, Fafrowicz M, Oginska H, Marek T. Neural networks related to pro-saccades and anti-saccades revealed by independent component analysis. Neuroimage. 2012; 62(3):1325-33. [DOI:10.1016/j.neuroimage.2012.06.006] [PMID]

[30] Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. Gait & Posture. 2002; 16(1):1-14. [DOI:10.1016/S0966-6362(01)00156-4] [PMID]

[31] Peltsch A, Hemraj A, Garcia A, Munoz DP. Age-related trends in saccade characteristics among the elderly. Neurobiol of Aging. 2011; 32(4):669-79. [DOI:10.1016/j.neurobiolaging.2009.04.001] [PMID]

[32] Montenegro SM, Edelman JA. Impact of task-specific training on saccadic eye movement performance. Journal of Neurophysiology. 2019; 122(4):1661-74. [DOI:10.1152/jn.00020.2019] [PMID] [PMCID]

[33] Henderson JM. Gaze Control as Prediction. Trends in Cognitive Sciences. 2017; 21(1):15-23. [DOI:10.1016/j.tics.2016.11.003] [PMID]

[34] Bibi R, Edelman JA. The influence of motor training on human express saccade production. Journal of Neurophysiology. 2009; 102(6):3101-10. [DOI:10.1152/jn.90710.2008] [PMID] [PMCID]

[35] Casarotti M, Lisi M, Umiltà C, Zorzi M. Paying attention through eye movements: A computational investigation of the premotor theory of spatial attention. Journal of Cognitive Neuroscience. 2012; 24(7):1519-31. [DOI:10.1162/jocn_a_00231] [PMID]