

Investigating the Effect of a Selected Exercise Training Course on the Motion Sickness in Pilots and Flight Crew Members of the Army of the Islamic Republic of Iran

Reza Eslami^{1*}, Hamidreza Mohsenzadeh¹, Morteza Yari²

¹ Faculty of Aerospace and Subterranean Medicine, Aja University of Medical Science, Tehran, Iran

² Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 27 November 2021 Accepted: 27 June 2022

Abstract

Background and Aim: Motion sickness is a natural and temporary response to unfamiliar motor stimuli which reduces performance in complex tasks that require constant attention. The aim of this research was to study the effect of a special exercise training period on motion sickness in the pilots and flight crews of the Army of the Islamic Republic of Iran.

Methods: In this study, 20 pilot students of Shahid Sattari Army Air Force of the Islamic Republic of Iran with an average (age of 21.10 ± 1.31 years, weight of 70.27 ± 8.23 kg, height of 173.32 ± 5.77 cm) participated voluntarily. After completing the motion sickness questionnaire and based on the average age and scores of the rain seat test, they were divided into two equal training and control groups ($n = 10$). The training group performed exercise training for four weeks (four sessions per week). The post-test was done after 72 hours from the last training session. The data were analyzed using SPSS version 24 software in two descriptive and inferential sections at a significant level ($P < 0.05$).

Results: After four weeks of exercise intervention, the intragroup results showed a significant increase in the motion sickness tolerance variable only in the training group ($P = 0.001$). Also, the intergroup results showed a significant difference between both training and control groups in the post-test ($P = 0.037$).

Conclusion: According to the results, the special exercise training can cause a significant increase in motion sickness tolerance in pilots; by stimulating the visual-vestibular and vestibular systems. Therefore, based on these findings, it is recommended that the pilots who experience symptoms of motion sickness while flying, help to improve the current conditions by performing the suggested exercise interventions.

Keywords: Motion sickness, Pilot, Exercise, Exercise training, Vestibular system.

بررسی تأثیر یک دوره تمرین منتخب ورزشی بر بیماری حرکت در خلبانان و خدمه پرواز ارتش جمهوری اسلامی ایران

رضا اسلامی^{۱*}، حمیدرضا محسن‌زاده^۱، مرتضی یاری^۲

^۱دانشکده طب هوافضا و زیرسطحی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران

^۲دانشکده تربیت‌بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: بیماری حرکت یک پاسخ طبیعی و موقت در برابر محرک‌های حرکتی ناآشناست که باعث کاهش عملکرد در وظایفی پیچیده و با نیاز به توجه مداوم، می‌شود. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر یک دوره تمرین منتخب ورزشی بر بیماری حرکت در خلبانان و خدمه پرواز ارتش جمهوری اسلامی ایران بود.

روش‌ها: در این مطالعه ۲۰ دانشجوی رشته خلبانی دانشگاه نیرو هوایی شهید ستاری ارتش جمهوری اسلامی ایران با میانگین (سن $21/10 \pm 1/31$ سال، قد $173/32 \pm 5/77$ سانتی‌متر، وزن $70/27 \pm 8/23$ کیلوگرم) به‌طور داوطلبانه پس از تکمیل پرسشنامه بیماری حرکت، بر اساس میانگین سن و نمرات آزمون صندلی بارانی، به دو گروه مساوی تمرین و کنترل (تعداد = ۱۰) تقسیم شدند. گروه تمرینی به مدت چهار هفته و هر هفته چهار جلسه، تمرینات ورزشی را اجرا کردند. پس‌آزمون بعد از گذشت ۷۲ ساعت از آخرین جلسه تمرینی انجام شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ در دو بخش توصیفی و استنباطی در سطح معنی‌داری ($P < 0/05$) تجزیه و تحلیل شد.

یافته‌ها: پس از چهار هفته مداخله ورزشی، نتایج درون‌گروهی افزایش معناداری را در متغیر میزان تحمل بیماری حرکت تنها در گروه تمرینی نشان داد ($P = 0/001$). همچنین نتایج بین‌گروهی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دو گروه تمرین و کنترل در مقادیر پس‌آزمون بود ($P = 0/037$).

نتیجه‌گیری: مطابق نتایج تحقیق حاضر، تمرینات ورزشی منتخب با تحریک سیستم بینایی-دهلیزی و وستیبولار، می‌تواند موجب افزایش معناداری در تحمل بیماری حرکت در خلبانان شود. بنابراین بر اساس این یافته‌ها توصیه می‌گردد خلبانانی که حین پرواز دچار علائم بیماری حرکت می‌شوند با انجام مداخلات ورزشی پیشنهاد شده، به بهبود شرایط حاضر کمک کنند.

کلیدواژه‌ها: بیماری حرکت، خلبان، ورزش، تمرینات ورزشی، سیستم وستیبولار.

مقدمه

بیماری حرکت (Motion sickness) یا بیماری مسافرت یک پاسخ طبیعی و موقت در برابر محرک‌های حرکتی ناآشنا یا غیرطبیعی است. عبارت "بیماری حرکت" یک واژه عمومی است که شامل طیف گسترده‌ای از محیط‌های به وجود آورنده آن می‌گردد که می‌تواند در انواع موقعیت‌ها مانند اتومبیل‌ها، نوسانات قطار، شهربازی‌ها، هواپیما، بی‌وزنی در فضا، واقعیت مجازی و شبیه‌سازها رخ دهد. هنگامی که این حالت در دریانوردان و خدمه پرواز عارض شود، می‌تواند شکلی جدی‌تر و حتی فاجعه‌آمیز به خود بگیرد (۱). هرچند بیماری حرکتی به خودی خود ناخوشایند است اما در برخی شرایط ممکن است عواقب منفی برای عملکرد و حتی بقا داشته باشد، به طوری که بیماری حرکت باعث کاهش عملکرد در وظایفی که پیچیده هستند و نیاز به توجه مداوم دارند، می‌شوند (۲). وظایف ساده و کارهای از پیش آموخته شده حساسیت کمتری به کاهش عملکرد ناشی از بیماری حرکت دارند، در حالی که وظایف جدید و وظایف شناختی (بویژه مربوط به پردازش جهت‌گیری فضایی) آسیب‌پذیرتر هستند (۳). برای خلبانان و پرسنل پرواز، بیماری حرکت می‌تواند روند آموزش در هوا و در شبیه‌سازهای پرواز را آهسته کند و حتی باعث ناکامی آموزش گردد (۴). بررسی‌ها حاکی از آن است که در پرواز هوایی در هواپیماهای کوچک، پرواز می‌تواند حدود ۲۵ درصد از مسافران را در معرض بیماری حرکت قرار دهد، اگرچه در هواپیماهای بزرگ میزان بروز این عارضه کمتر از یک درصد است (۵). بیماری حرکت با مکانیسم‌های مختلفی، از جمله کاهش روحیه و امید به زندگی، شکست مداوم در انجام وظایف اولیه روزانه، از دست دادن آب بدن به علت از دست دادن مایعات از طریق استفراغ (۴) و احتمالاً به دلیل افزایش خطر هیپوترمی، سبب کاهش شانس بقا می‌گردد (۶).

پاسخ‌های فیزیولوژیکی مرتبط با بیماری حرکت ممکن است بین افراد مختلف متفاوت باشد. تهوع و استفراغ از علائم اولیه و نشانه بیماری حرکت است. سایر علائم مرتبط با این بیماری شامل درد معده، تعریق و رنگ‌پریدگی صورت، افزایش بزاق، احساسات گُر گرفتن بدن، سرگیجه، خواب‌آلودگی، گاهی اوقات سردرد، از دست دادن اشتها و افزایش حساسیت به بو می‌باشد (۴). همچنین تغییر در ضربان قلب که اغلب با افزایش اولیه و سپس برگشت به حالت اولیه همراه است و تغییرات نامطلوب در خون فشار نیز گزارش شده است (۴). استاز معده (Gastric stasis) به علت افزایش فرکانس و کاهش دامنه ریتم الکترواستاتیک طبیعی است (۷،۸). کاهش فوندوس معده (Stomach fundus) و فشار اسفنکتر (Sphincter pressure) با تهوع بیماری حرکت همراه است (۹). با اینکه پدیده استفراغ بی‌تردید ناخوشایند است، اما استفراغ زمانی که فرد در حال پرواز هست، به طور بالقوه تهدیدکننده زندگی است (۱۰). هورمون‌های مختلفی در پاسخ به یک استرس عمومی در بدن ترشح می‌شوند، اما به نظر می‌رسد که بیشترین

میزان پاسخ هورمونی مرتبط با دوره بیماری حرکت، وازوپرسین است (۱۱). تعریق سرد نشان می‌دهد که بیماری حرکت ممکن است جنبه‌های تنظیم دما را نیز مختل کند (۱۲،۱۳).

توضیح کلی چگونگی یا مکانیسم بیماری حرکت بر اساس نوعی عدم تطابق حسی یا عدم همبستگی حسی (Sensory conflict) بین واقعیت در مقابل الگوهای غیرمعمول مورد انتظار از ورودی‌های سیستم وستیبولار (Vestibular) یا دستگاه دهلیزی در گوش داخلی، دستگاه بصری و جنبشی می‌باشد (۱۴،۱۵). مشاهدات کلیدی که منجر به درک این مفهوم می‌شود این است که شدت فیزیکی محرک لزوماً با درجه تهوع ارتباط ندارد (۱۶). به عنوان مثال، فرد در سینمای چندبعدی خود حرکتی و بیماری بصری را تجربه می‌کند، اما حرکت فیزیکی بدن در دنیای واقعی وجود ندارد (۱۹-۱۷). در فناوری‌هایی مانند شبیه‌سازها و فیلم‌های ویدئویی سه‌بعدی سیستم‌های ویستیولار و حسی سوماتو (Somatosensory system) نشان می‌دهد که فرد نشسته است، اما سیستم بصری سیگنال حرکات وهمی یا خود حرکتی (Self-vection) را القا می‌کند. در نتیجه، توضیح عمومی چگونگی یا مکانیسم بیماری حرکت بر اساس نوعی اختلاف حساسیتی یا عدم انطباق حسی قوت می‌گیرد. این مغایرت حسی یا عدم انطباق حسی بین واقعیت و الگوهای ورودی ویستیولار، بصری و جنبشی اتفاق می‌افتد (۲۰). همچنین مناقشه‌های درون ویستیولاری بین شتاب سنج‌های چرخشی که توسط کانال‌های نیم دایره‌ای و شتاب سنج‌های انتقال خطی (شامل گرانشی) که توسط اندام‌های اتولیتی (Otolith) دیده می‌شوند، می‌تواند در القای بیماری حرکت مؤثر باشند. انواع خاصی از فرضیه‌ها برای توضیح ماهیت دقیق درگیری‌های حسی یا عدم انطباق حسی بیان شده است (۲۱). Burr و Pandolf (۲۰۰۲) عدم تطابق حسی را به دو نوع اصلی طبقه‌بندی کرد: ۱) تضاد بین ورودی‌های بصری و ویستیولار و ۲) عدم تطابق بین کانال‌ها و اتولیت‌ها (۴). در یک مدل پیشنهادی ساده‌تر بیان شده که تنها یک مغایرت وجود دارد و آن بین صفحه عمودی مورد انتظار و صفحه عمودی حس شده است (۲۲). با این حال، با وجود این ساده‌سازی، مدل پایه آن‌ها لزوماً پیچیده است و در بررسی به جهت مشاهده اینکه بیماری‌های حرکتی می‌توانند از طریق انواع محرک‌های بصری ایجاد شوند که در عین حال منجر به اختلاف در مورد صفحه عمود بر زمین نمی‌شوند، دشوار است (۲۳). بیماری حرکت در طول پرواز با هواپیما ممکن است از چهار منبع زیر ناشی شود: ناسازگاری بصری-دهلیزی که خلبان حس می‌کند و از طریق محور بدن ثابت می‌ماند، اما دنیای بصری خارجی کج می‌شود؛ تحمل تغییرات مداوم در مقدار نیروی گرانشی (GIF) با توجه به شتاب مرکزگرا؛ نیروی کوریولیس به دلیل حرکات سر در طول چرخش هواپیما اگر چرخش به اندازه کافی باشد؛ و همچنین گرانش مازاد اگر خلبان سروصورت را در طول GIF افزایش یافته، بچرخاند (۱۶). فرضیه‌های وابستگی فرکانسی

ارائه همزمان اطلاعات بصری (اپتوکینتیک)، حس عمقی (حرکات بدن) و دهلیزی (حرکات سر) بر اساس پروتکلی شبیه به تحریک تجربه شده توسط آزمودنی‌ها در حین عادت کردن به پرواز است. از آنجایی که سیستم دهلیزی و بویژه اتولیت‌ها در پرواز به شدت فعال می‌شوند. این پروتکل تمرینات ورزشی برای بازتولید این فعال‌سازی‌ها با تحریک سیستم دهلیزی با استفاده از اطلاعات بصری مداوم از طریق هسته‌های دهلیزی طراحی شده است. از طرفی با بررسی مطالعات و مقالات مرتبط با بیماری حرکت، عوامل ایجادکننده آن، مکانیسم‌ها و راهکارهای درمانی، علی‌رغم استفاده از تمرینات گوناگون تعادلی، بصری، قرار گرفتن در معرض محرک و غیره، تاکنون از فعالیت ورزشی به جهت تعدیل بیماری حرکت استفاده نشده است. لذا با توجه به اینکه تأثیر فعالیت ورزشی بر بهبود تعادل از طریق سیستم‌های درگیر در آن بارها به اثبات رسیده است و مطالعاتی که اثربخشی تمرینات توان‌بخشی وستیبولار را بیان نموده‌اند، اغلب برای افراد با ضایعات وستیبولاری و تقویت تعادل بوده است؛ همچنین اهمیت کنترل و تعدیل این بیماری در نیروهای نظامی هنگام جابه‌جایی و وجود عوارض جانبی برای دارودرمانی از جمله ایجاد عوامل خطرزا نظیر خواب‌آلودگی، تاری دید، کاهش عملکرد و کارایی در خلبانان، محققان درصدد بررسی تأثیر برنامه ورزشی طراحی شده بر بیماری حرکت در خلبانان ارتش جمهوری اسلامی ایران، این پژوهش را طراحی و اجرا کردند.

روش‌ها

تحقیق حاضر به دلیل استفاده از نمونه انسانی و عدم کنترل کامل متغیرهای مزاحم توسط پژوهشگر به روش نیمه‌تجربی و به صورت طرح تحقیقی در دو نوبت پیش‌آزمون و پس‌آزمون انجام پذیرفت. بدین منظور تعداد ۲۰ دانشجوی رشته خلبانی دانشگاه نیرو هوایی شهید ستاری ارتش جمهوری اسلامی ایران با میانگین (سن $21/10 \pm 1/31$ سال، قد $173/32 \pm 5/77$ سانتی‌متر، وزن $70/27 \pm 8/23$ کیلوگرم) به طور داوطلبانه، بر اساس میانگین سن و تحمل بیماری حرکت (که به‌عنوان تعداد چرخشی که افراد قبل از رسیدن به ناراحتی شدید در طول آزمون چرخش صندلی در نظر گرفته شد) و تکمیل پرسشنامه بیماری حرکت (پیوست ۱) در مرحله پیش‌آزمون به دو گروه مساوی تمرین (۱۰ نفر) و کنترل (۱۰ نفر) تقسیم شدند. گروه تمرینی به مدت ۴ هفته و هر هفته ۴ جلسه (۳۲)، تمرینات جدول یک را اجرا کردند و پس از ۷۲ ساعت از آخرین جلسه تمرینی پس‌آزمون گرفته شد.

معیار ورود به مطالعه انجام معاینه پزشکی و نداشتن سابقه بیماری قلبی عروقی یا نیاز به داروهای مزمن (مثلاً آنسولین برای دیابت) و در سلامت جسمی خوب قرار داشتن بود. تمام مراحل تمرینی و خطرات مرتبط با آزمایش به آن‌ها توضیح داده شد و همه افراد در طول دوره تحقیقات نباید از داروها (از جمله داروهای آنتی‌هیستامین برای سرماخوردگی و یا آلرژی‌ها) استفاده می‌کردند

تهوع ناشی از نوسان انتقال، یک خطای فازی در حرکت سیگنالینگ بین سیستم‌های کانال-اوتولیت و سیستم‌های حسی سوماتو یا خطای فاز وابسته به فرکانس بین صفحه عمودی حس شده و صفحه عمودی ذهنی یا مورد انتظار است (۲۴). به‌طور گسترده اذعان شده است که بیماری حرکت یک پدیده مرکزی است، زیرا قطع آوران‌های عصب واگ از معده حالت تهوع ناشی از حرکت را مسدود نمی‌کند (۱۳). با این حال هنوز بحث‌برانگیز است که کانال‌های نیم‌دایره‌ای که چرخش زاویه‌ای را حس می‌کنند یا اندام‌های اتولیتی که شتاب و جاذبه خطی را احساس می‌کنند، نقش مهمتری در پیدایش بیماری حرکت دارند. با بررسی‌های گوناگون مشخص شده که بیماری حرکت در اثر فعال شدن بیش از حد کانال‌های نیم‌دایره‌ای ایجاد می‌شود که بیشتر به مکانیسم‌های کولینرژیک حالت تهوع و استفراغ گره‌خورده است. درحالی‌که کاهش خروجی اتولیتی در شرایط خاص با از دست دادن، تخلیه یا عدم حضور نیز به پیدایش بیماری حرکت کمک کند. از این‌رو، هرگاه تعادل طبیعی خروجی کانال و اتولیت در جهت فعالیت بیشتر کانال تغییر یابد، احتمال ابتلا به بیماری حرکت بیشتر است (۱۴). توان‌بخشی دهلیزی یک مداخله ایمن و مؤثر در بیماران مبتلا به اختلال عملکرد دهلیزی محیطی یک‌طرفه است (۲۵). برخی از مطالعات نشان دادند که ورزش با استفاده از واقعیت مجازی در بیماران مبتلا به اختلالات دهلیزی باعث بهبود کنترل تعادل می‌شود (۲۶). بررسی مطالعات در زمینه بیماری حرکت و راه‌کارهای درمان آن در محیط‌های مختلف، نشان می‌دهد که قرار دادن افراد در تعامل بصری- وستیبولار در آزمایشگاه و همچنین تمرینات چشمی- حرکتی، حساسیت آن‌ها را نسبت به بیماری حرکت کاهش می‌دهد (۳۱-۵،۲۷). علاوه‌براین عنوان شده که قرارگیری مکرر در برابر محرک‌های بیماری حرکت، حساسیت به آن را کاهش می‌دهد (۳۲). برنامه‌های گسترده کاهنده حساسیت بیماری حرکت، عموماً توسط ارتش اجرا می‌شوند، جایی که داروهای ضد درد برای خلبانان به علت عوارض جانبی، از جمله خواب‌آلودگی و تار شدن دید مناسب نیست؛ این برنامه‌ها بیش از ۸۵ درصد موفقیت‌آمیز هستند (۲۱،۳۳). برخی از مراکز قبل از شروع سفر دریایی برای بیمارانی که از بیماری دریا رنج می‌برند آموزش‌های ویژه عادت را ارائه می‌دهند (۲۹). در پژوهشی Ressiot و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که یک دوره تمرینات اپتوکینتیک منجر به بهبود ۷۱ درصدی علائم بیماری دریازدگی گردید و این پاسخ به تمرین در این مطالعه به‌طور متوسط تا ۴ ماه حفظ شد (۲۹). در همین راستا Bronstein و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که بیماران با قرار گرفتن مکرر و تدریجی در معرض چنین برنامه‌های آموزشی حرکتی بصری سود می‌برند (۳۴).

به‌عنوان یک اصل کلی، آموزش عادت سعی در بازتولید الگوی حرکتی مزاحم به همان اندازه دقیق دارد. هدف از تمرینات ورزشی پژوهش حاضر، بازتولید تضاد حسی تجربه شده توسط خلبانان با

صندلی در ابتدا با سرعت ۸ دور در دقیقه (۰/۶۲۸ رادیان بر ثانیه) در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده می‌شد و هر ۵ دقیقه به میزان ۲ دور در دقیقه (۰/۲۰۹ رادیان بر ثانیه) افزایش می‌یافت، با حداکثر سرعت ۳۰ دور در دقیقه (۳/۱۴۲ رادیان بر ثانیه). در طول هر ۵ دقیقه از چرخش، صدای ضبط‌شده با دستگاه پخش صوت به افراد دستور داده می‌شود تا حرکات سر را در جهت تصادفی انجام دهند (به‌عنوان مثال، جلو، عقب، چپ و راست). مدت‌زمان هر حرکت سر (به‌عنوان مثال، حرکت به جلو و پس از آن بازگشت به حالت عمودی) ۲ ثانیه بود (شکل ۱). در طی آزمون، پس از هر ۵ دقیقه ۳۰ ثانیه زمان داده می‌شود که فرد به‌صورت شفاهی در مورد علائم بیماری حرکت خود گزارش دهد، درحالی‌که آزمونگر مشغول مشاهده و ارزیابی علائم این سندرم بود (۳۳).

(۳۲). به‌منظور حذف اثر متغیرهای مداخله‌گر نظیر استراحت، چرخه زمانی و تغذیه، برنامه غذایی، خواب شبانه و ساعات تمرین و آزمون برای تمامی افراد یکسان در نظر گرفت شد.

آزمون بیماری حرکت

آزمون بیماری ناشی از حرکت با استفاده از یک صندلی چرخان در جهت عقربه‌های ساعت در یک اتاق عایق صوتی و با دمای کنترل‌شده (22 ± 2 درجه سانتی‌گراد) در مرکز فیزیولوژی هوایی و طب هوافضا نه‌جا انجام گرفت. پد سر در چهار سمت چپ، راست، جلو و پشت صندلی نصب شده بود و به افراد امکان می‌داد که سر را نسبت به حالت عمود به هر سمت ۴۵ درجه خم کنند. آزمودنی‌ها با چشم‌بسته بر روی صندلی چرخان با مرکز چرخشی که از محور عمودی بدنشان (ستون فقرات) می‌گذشت، نشستند.



شکل-۱. آزمون بیماری حرکت با استفاده از صندلی بارانی

یا عمده (۸ امتیاز). به‌عنوان مثال، یک آزمودنی ممکن است علائم خود را به‌عنوان گرمای درونی (۱ امتیاز)، خواب‌آلودگی کم (۲ امتیاز) و تهوع شدید (۸ امتیاز) توصیف کند. نمره کل ۱۱ امتیاز برای شدت بیماری حرکت مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمره کل ۱ تا ۲ امتیاز به‌عنوان ناراحتی اندک، ۳-۴ امتیاز به‌عنوان ناراحتی متوسط درجه اول، ۵-۷ امتیاز به‌عنوان ناراحتی متوسط درجه دوم، ۸-۱۵ امتیاز به‌عنوان ناراحتی شدید و نمرات مساوی یا بیشتر از ۱۶ به‌عنوان

اندازه‌گیری

علائم بیماری حرکت و شدت آن‌ها بر اساس معیارهای تشخیصی قبلاً تعیین شده بود. مجموعه‌ای از علائم شامل درجه حرارت (گرمای درونی و گرگرفتگی)، سرگیجه، سردرد، خواب‌آلودگی، عرق سرد، رنگ‌پریدگی، افزایش بزاق، ناراحتی اپی‌گاستریک و حالت تهوع است. شدت علائم به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند: علائم بالینی اضافی (۱ امتیاز)، حداقل (۲ امتیاز)، جزئی (۴ امتیاز)

جدول-۱. پروتکل تمرینی

شماره	حرکت
۱	دویدن در مسیر دایره‌ای با شعاع ۱۰ متر به مدت ده دقیقه (گرم کردن)
۲	غلت جلو با چشمان باز
۳	غلت جلو با چشمان بسته
۴	غلت جلو زیگزاگ (۴۵ درجه) با چشمان باز
۵	غلت جلو زیگزاگ (۴۵ درجه) با چشمان بسته
۶	غلط عقب با چشمان باز
۷	غلط عقب با چشمان بسته
۸	غلت رفت و برگشتی با چشمان باز
۹	غلت رفت و برگشتی با چشمان بسته
۱۰	چرخ زورخانه‌ای (رول عمودی) با چشمان باز
۱۱	چرخ زورخانه‌ای (رول عمودی) با چشمان بسته
۱۲	چرخش هوریزنتال گردن با نقطه دید ثابت در حالت ایستاده
۱۳	اکستنشن/فلکشن گردن در حالت درازکش به پشت با نقطه دید ثابت
۱۴	فلکشن دوطرفه گردن در حالت درازکش به پهلو با نقطه دید ثابت

پایان هر یک از تمرینات تا رسیدن به برخی از علائم بیماری حرکت (به‌طور ویژه برای هر آزمودنی) در نظر گرفته شد. علائم گزارش شده بیشتر شامل سرگیجه و حالت تهوع بود و پایان اجرا به‌صورت خود گزارشی در نظر گرفته شد.

آزمونگر از افراد بازخورد گرفته و با پیشرفت و ایجاد سازگاری، اصل اضافه‌بار اعمال شد.

ملاحظات اخلاقی

تحقیق حاضر به‌عنوان طرح پژوهشی مصوب پس از کسب مجوز اخلاق از کمیته اخلاق معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران با شماره IR.AJAUMS. REC.1398.102 اجرا گردید. رعایت حق انتخاب و اختیار مشارکت‌کنندگان برای شرکت در طرح، محرمانه بودن اطلاعات شخصی، ارائه اطلاعات لازم در زمینه نحوه اجرای طرح پژوهشی مهمترین مسائل اخلاقی بود که در مطالعه حاضر به‌صورت کامل رعایت شد.

نتایج

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌های دو گروه پژوهش را در مرحله پیش‌آزمون نشان داد. همچنین همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لوین در گروه‌های تحقیق مورد تأیید قرار گرفت. بنابراین، برای مقایسه درون‌گروهی از آزمون تی‌زوجی و برای مقایسه بین گروه‌ها از تحلیل واریانس یک‌راهه در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج آزمون تی‌وابسته (جدول ۴) نشان داد که مدت‌زمان رسیدن به واماندگی در آزمون صندلی چرخان تنها در گروه تمرینی نسبت به مقادیر پیش‌آزمون افزایش معنی‌دار داشت ($P = ۰/۰۱$). نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه (جدول ۶) نشان داد در مقایسه گروه‌های تمرینی و کنترل تنها در مقادیر پس‌آزمون اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P = ۰/۰۳۷$).

بیماری صریح (استفراغ یا قی کردن) طبقه‌بندی شده است. در صورت وقوع هر یک از موارد زیر چرخش صندلی متوقف و آزمون به پایان می‌رسد: ۱) درخواست پایان چرخش توسط آزمودنی؛ ۲) رسیدن آزمودنی به ناراحتی شدید؛ و ۳) آزمون‌گیرنده از دیدن شرایط فیزیولوژیک فرد احساس کند که آزمون باید خاتمه یابد (۳۲). تحمل بیماری حرکت بر مبنای زمان تا قبل توقف آزمون چرخش در نظر گرفته شد (۳۲).

برنامه تمرینی

هدف از طراحی پروتکل ورزشی پژوهش حاضر، تطابق و سازگاری با محرک‌های بصری و فضایی بیماری حرکت بود. منظور از عادت کردن این است که سرگیجه را از طریق مواجهه مکرر با حرکات خاص یا محرک‌های بصری که باعث سرگیجه بیماران می‌شود، کاهش داد. این تمرین‌ها به‌طور خفیف و یا به‌طور متوسط، باعث ایجاد علائم بیماری حرکت و سرگیجه در آزمودنی‌ها می‌شود. افزایش علائم باید موقت باشد و قبل از ادامه تمرینات یا کارهای دیگر، نشانه‌ها باید به‌طور کامل به سطح پایه بازگردند. با گذشت زمان و با تطابق خوب، شدت سرگیجه بیمار کاهش می‌یابد، چون مغز یاد می‌گیرد سیگنال‌های غیرطبیعی را که از گوش داخلی دریافت می‌کنند، نادیده بگیرد.

پروتکل طراحی شده به نحوی است که موجب درگیری سیستم وستیبولار و ایجاد سرگیجه و تا حدودی حالت تهوع می‌گردد. برنامه تمرینی در یک جلسه آزمایشی، بین آزمون بیماری حرکت و شروع جلسات تمرینی توسط آزمودنی‌های گروه تجربی مورد پایلوت قرار می‌گیرد و حجم و شدت تمرین متناسب با سطح تحمل افراد تنظیم گردید. لازم به ذکر است در هر جلسه تمرینی،

جدول-۲. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌های مورد مطالعه

گروه	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	شاخص توده بدن (کیلوگرم بر مترمربع)	تعداد آزمودنی‌ها
تمرین	21/34 ± 1/21	172/43 ± 4/57	69/24 ± 3/48	23/47 ± 2/13	10
کنترل	20/87 ± 1/77	174/21 ± 6/43	71/31 ± 4/14	23/61 ± 1/94	10

جدول-۳. نتایج آزمون نورمالیتی در گروه‌های مختلف تحقیق در مراحل پیش و پس آزمون

گروه	آماره	کلموگروف-اسمیرنوف		شاپیرو-ویلک	
		درجه آزادی	سطح معنی‌داری	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
پیش آزمون	تمرین 0/227	10	0/154	10	0/109
کنترل	0/192	10	0/200	10	0/218
پس آزمون	تمرین 0/203	10	0/200	10	0/272
کنترل	0/168	10	0/200	10	0/423

جدول-۴. نتایج آزمون تی وابسته (درون گروهی) در گروه‌های مختلف تحقیق در مراحل پیش و پس آزمون

گروه	پیش آزمون صندلی چرخان (دقیقه)	پس آزمون صندلی چرخان (دقیقه)	اختلاف میانگین	نمره تی	درجات آزادی	سطح معنی‌داری
تمرین	17/636 ± 9/671	23/121 ± 9/896	5/485	7/686	9	*0/001
کنترل	14/120 ± 7/706	14/594 ± 6/701	0/474	0/661	9	0/525

* نشانه معنی‌داری در سطح $P < 0.05$

جدول-۵. نتایج آزمون همگنی واریانس‌ها (لوین) در مراحل پیش و پس آزمون

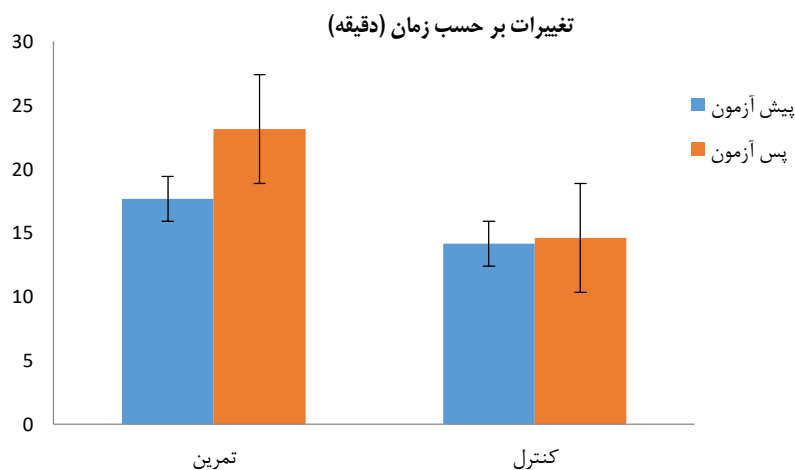
گروه	آماره لوین	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معنی‌داری
پیش آزمون	2/072	1	18	0/867
پس آزمون	3/849	1	18	0/065

* نشانه معنی‌داری در سطح $P < 0.05$

جدول-۶. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌راهه (بین گروهی) در گروه‌های مختلف تحقیق در مراحل پیش و پس آزمون

آزمون صندلی چرخان	مجموعه مربعات	درجات آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
پیش آزمون	بین گروهی 61/811	1	61/811	0/808	0/380
	درون گروهی 1376/379	18	76/465		
	کل 1438/190	19			
پس آزمون	بین گروهی 363/549	1	363/549	5/090	*0/037
	درون گروهی 1285/633	18	71/424		
	کل 1649/182	19			

* نشانه معنی‌داری در سطح $P < 0.05$



نمودار-۱. میانگین رکورد آزمون صندلی چرخان در گروه‌های مختلف پژوهش در مراحل پیش و پس آزمون

بحث

محرک‌های بیماری حرکت متنوع است و تحقیقات به‌منظور بهینه‌سازی رویکردهای عادت همچنان ادامه دارد (۲۷،۳۰). اگرچه خصوصیات عادت یا سازگاری با بیماری حرکت ممکن است برای بعضی افراد مشکل باشد، برخی تعمیم‌های عادت از یک نوع محرک به دیگری می‌تواند اتفاق بیافتد. برای مثال، قرار دادن افراد در تعامل بصری- ویستیبولار در آزمایشگاه، حساسیت آن‌ها را نسبت به بیماری حرکت در هنگام سفر در اتوبوس کاهش می‌دهد (۲۸). به‌طور مشابه، یک مطالعه کنترل‌شده نشان داد که تمرینات چشمی- حرکتی باعث کاهش بیماری دریا با بهبود ۷۱ درصد در گروه تحت درمان در مقابل ۱۲ درصد گروه کنترل می‌شود (۲۹). در مطالعه‌ای Kaufman (۲۰۰۵) علت به‌وجود آمدن سازگاری یا عادت به محرک‌های بیماری حرکت را با انواع مختلف حرکت با الگوهای مختلف آناتومیک، به تغییرات عملکردی عصبی (احتمالاً بازتاب یادگیری) در شبکه ویستیبولار- اولیوو- مخچه (Vestibulo-Olivo-Cerebellar) ارتباط می‌دهد (۴۲). همچنین در پژوهش‌های دیگر ساختارهای عصبی مانند آمیگدال و همچنین مناطقی نظیر nucleus tractus solitarius (مولد سیگنال‌های استفرغ) در فرایندهای القا و عادت به بیماری‌های حرکتی مهم بیان شده‌اند (۴۴-۴۲). به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که تمرینات عادت، محرک‌های ضروری برای سازمان‌دهی و یکپارچگی حسی مرکزی به جهت کاهش حساسیت و تطابق در سطحی جدید با بیماری حرکت را فراهم آورد. در پژوهشی دیگر، Chen و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند انجام فعالیت ورزشی با دستگاه‌های واقعیت مجازی قبل از انجام پرواز منجر به تأثیر قابل توجه در کاهش وقوع علائم بیماری حرکت در مقایسه با گروه کنترل می‌شود (۴۵). همچنین Dai و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود با مقایسه سه شیوه تمرینی صندلی‌گردان، پله‌های پیچ‌درپیچ و تمرین ترکیبی عادت بینایی و دهلیزی، بیان کردند که تمرینات ترکیبی بینایی و دهلیزی نسبت به سایر روش‌ها مؤثرتر بود و می‌تواند اثر طولانی‌مدتی در برابر بیماری حرکت در افراد مستعد حتی تا ۱۸ هفته پس از آخرین جلسه تمرینی ایجاد کند (۲۸). در مطالعه دیگری، Ressiot و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تمرینات اپتوکینتیک شامل حرکات عمودی، افقی و پیچشی نقاط روشن پیش‌بینی شده از جلو می‌تواند محرک‌های بیماری حرکت را بازسازی کند و به نظر می‌رسد یک روش آموزشی مؤثر برای پیشگیری از بیماری حرکت ناتوان‌کننده باشد (۲۹). علاوه- براین، انتظار می‌رود که بکارگیری تحریک دهلیزی گالوانیکی شبه تصادفی (GVS) در آموزش فضانوردان در برابر بیماری فرود، بی‌ثباتی وضعیتی، اختلال حرکتی و کاهش حدت بینایی دینامیکی مشاهده شده در فضانوردان پس از بازگشت از فضا را به‌دقت شبیه‌سازی می‌کند و منجر به سازگاری می‌گردد (۴۶). تعریف عملیاتی سنتی بیماری حرکت، شروع استفرغ یا حالت تهوع است که توسط مسافران زمینی، هوایی، دریایی یا فضایی

تحقیق حاضر نخستین تلاش در خصوص بررسی تأثیر تمرین منتخب ورزشی بر بیماری حرکت در خلبانان طراحی و اجرا گردید. این برنامه ورزشی با هدف افزایش تحمل خلبانان نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران به محرکات بینایی، اولویتی، وابستگی حسی جسمی و بهبود کنترل وضعیتی طراحی شد. پروتکل ورزشی حاضر با بهره‌گیری از تمرینات ورزشی بینایی- دهلیزی و تعادلی با افزایش تدریجی مدت، سرعت و سختی فعالیت‌ها با هدف به چالش کشیدن سیستم‌های درگیر در بیماری حرکت ناشی از پرواز اجرا گردید. یافته‌های پژوهش نشان داد که مداخله ورزشی منجر به افزایش معنی‌دار زمان رسیدن به واماندگی در آزمون صندلی چرخان در گروه تمرینی ($P = 0/001$)، نسبت به گروه کنترل ($P = 0/525$) گردید. در مقایسه بین گروهی نیز اختلاف معنی‌دار بین مقادیر پس‌آزمون گروه تمرین و کنترل مشاهده شد ($P = 0/037$). در پژوهش حاضر عادت درمانی با استفاده از محرک‌های بینایی و دهلیزی و تمرینات تعادلی همراه با افزایش تدریجی سختی و شدت تمرین، با کاهش علائم و بهبود عملکرد در گروه تجربی در مقایسه با گروه شاهد همراه بود. نتایج پژوهش حاضر با مطالعات Wada و همکاران (۲۰۱۶) و Ancret و همکاران (۲۰۲۰) با انجام حرکات واکنشی و تمرینات موقعیت‌یابی بدن با دستگاه شبیه‌ساز واقعیت مجازی (۳۵،۳۶)، Zhang و همکاران (۲۰۱۶) با مداخله قرار گرفتن مکرر در برابر محرک (۴۰)، Ressiot و همکاران (۲۰۱۳) با پروتکل تمرینات چشمی (۲۹) و Brainard و همکاران (۲۰۱۴) با اعمال همگام‌سازی فعال حرکات بدن با مسیر حرکت (۴۱) همسو بود. در پژوهشی اخیراً، Bronstein و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که افراد با اجرای یک دوره تمرینات ورزشی که شامل مداخلات دهلیزی بصری همراه با حرکت بود، با بهبود قابل‌توجهی در سازگاری با بیماری حرکت داشتند (۳۴). بیان شده است که تمرینات سازگاری با بیماری حرکت زمانی مؤثرتر می‌شود که آموزش شامل آن دسته از فعالیت‌ها یا موقعیت‌هایی باشد که بیشترین شباهت را به محرک‌های تحریک‌کننده داشته باشد (۳۴).

همچنین Young و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی برای کاهش بیماری‌های حرکتی از چرخان‌های بازوی کوتاه که هدف آن‌ها شبیه‌سازی مصنوعی جاذبه در پرواز فضایی است، استفاده کردند. نتایج پژوهش Young و همکاران حاکی از ایجاد سازگاری با محرک مورد مداخله بود (۳۱). سازگاری یا عادت کردن تا حدودی ویژه است، به‌طوری که اغلب با عدم تعمیم و انتقال عادت از یک نوع حرکت به دیگری همراه است. برای مثال، تحمل به مسافرت با ماشین ممکن است هیچ‌گونه حفاظتی برای بیماری دریا نداشته باشد (۵)؛ بنابراین، به‌منظور ترویج انتقال سازگاری استفاده از انواع گسترده‌ای از حرکات تحریک‌آمیز تا جایی که ممکن باشد، مفید به نظر می‌رسد. محدوده برنامه‌های تمرینی با هدف عادت به

این نکته حائز اهمیت است که از آنجایی که فعال‌سازی کافی سیستم دهلیزی پیش‌نیاز تولید مدل داخلی جدید است، استفاده از داروهای ضد بیماری حرکت در طول فرآیند تمرینات عادت دادن توصیه نمی‌شوند (۴۰).

مطالعات اخیر دانش جدیدی را به نظریه تعارض حسی اضافه کرده است. بیان شده که نورون‌های هسته‌های دهلیزی و نورون‌های مخچه‌ای تنها به حرکت غیرفعال سر (Exfferent) واکنش نشان می‌دهند اما به حرکات فعال پیش‌بینی‌شده (Reference) واکنش نشان نمی‌دهند (۴۰). این نورون‌های تعارض حسی ممکن است عصب‌های بازدارنده‌ای دریافت کنند که «ارجاع» را که با تجربه در «مدل داخلی» مطابقت دارد، لغو می‌کند؛ بنابراین همان‌طور که تئوری تعارض حسی نشان می‌دهد، ذخیره‌سازی عصبی الگوی حرکت تجربه‌شده می‌تواند مدل داخلی جدیدی ایجاد کند، که می‌توان فرض کرد که پس از انجام تمرینات عادت یا قرار گرفتن در معرض حرکت ناشی از انفعال طولانی‌مدت یا مکرر باعث لغو ارجاع آوران‌های عصبی مرتبط با مدل داخلی بیماری حرکت می‌شود (۴۰). چندین خط شواهد نشان می‌دهد که مناطق مغز درگیر در جهت‌گیری فضا و درک حرکت (هیپوکمپ و قشر دهلیزی) مناطقی هستند که مدل داخلی در آن ذخیره می‌شود. در مورد هیپوکمپ، جابه‌جایی رو به عقب و چرخش غیرفعال می‌تواند ریتم تنا را در ناحیه شکنج دندان‌دار و CA1 القا کند درحالی‌که ضایعه در این نواحی می‌تواند بیماری حرکت را تشدید کند که نشان‌دهنده دخالت هیپوکمپ در پردازش اطلاعات تعارض حسی است (۴۰).

بیماری حرکت را می‌توان با توجه به تظاهرات در هنگام قرار گرفتن در معرض حرکت و پس از حذف سایر اختلالات پاتولوژیک تشخیص داد. بسیاری از پژوهشگران عملکرد دهلیزی، مانند رفلکس دهلیزی-چشمی (VOR)، تحریک و پتانسیل میوژنیک برانگیخته دهلیزی (VEMP) را برای پیش‌بینی استعداد فردی پیشنهاد کردند (۴۰). همچنین Zhang و همکاران (۲۰۱۶) اخیراً بی‌ثباتی وضعیتی را به‌عنوان پیش‌آزمون حساسیت به بیماری حرکت پیشنهاد کرده‌اند (۴۰). مطالعات قبلی همچنین نشان داد که داده‌های پوسچروگرافی پویا کامپیوتری (CDP) می‌تواند به‌عنوان شاخص حساسیت و عادت به دریازدگی استفاده شود (۴۰). علاوه بر این، غلظت اولیه پروتیین و فعالیت آمیلاز در بزاق و همچنین حساسیت بو و مزه نیز به‌عنوان شاخص‌هایی برای پیش‌بینی حساسیت به بیماری حرکت در افراد استفاده شد (۴۸). علاوه بر موارد فوق، پروتیین Fos، شاخصی از فعالیت عصبی، به‌عنوان یک شاخص مولکولی برای رشد و عادت کردن به بیماری حرکت در نظر گرفته می‌شود (۴۷). باین وجود، اینکه آیا بیان Fos می‌تواند تفاوت نژاد و جنسیت را در حساسیت به بیماری حرکت نشان دهد، هنوز مشخص نیست.

از طرفی بررسی مؤلفه‌های ژنتیکی بیانگر واکنش بسیار شبیه به هم در دوقلوها می‌باشد (۴۹). بیماری حرکت یک فنوتیپ

تجربه و منجر به اختلال در عملکرد می‌شود. بیماری حرکت بر اساس نوعی عدم تطابق حسی یا عدم همبستگی حسی بین واقعیت در مقابل الگوهای غیرمعمول مورد انتظار از ورودی‌های وستیبولار (دستگاه دهلیزی در گوش داخلی)، بصری و جنبشی اتفاق می‌افتد. در گوش داخلی ساختمانی به نام دستگاه وستیبولار (دهلیزی) وجود دارد که به آن سیستم تعادلی نیز گفته می‌شود. این سیستم عمدتاً ورودی‌هایی را از محیط حرکتی و موقعیت در فضا فراهم می‌کند و به مغز می‌فرستد. هرچند حفظ تعادل شناخته‌شده‌ترین عملکرد این سیستم است اما به دلیل ارتباطات عصبی، این سیستم نقش‌های مهمی در حفظ پوسچر، تون عضلانی، هماهنگی حرکتی، بینایی و غیره دارد (۳۷). همان‌گونه که حرکات ما شامل حرکات چرخشی و جابه‌جایی است، سیستم وستیبولار برای نشان دادن این حرکات از کانال‌های نیم دایره‌ای برای حرکات چرخشی و اتولیت‌ها برای جابه‌جایی‌های خطی و افقی تشکیل شده است (۳۷). بیماری‌های سیستم وستیبولار اغلب موجب سرگیجه و عدم تعادل می‌شود و با حالت تهوع و استفراغ همراه است. همچنین در بسیاری از افراد نیز امکان دارد سیستم وستیبولار آن‌ها فعالیت طبیعی نداشته باشد، به‌طوری‌که با کوچک‌ترین چرخشی دچار سرگیجه شوند (۳۷). از طرفی مطالعات نشان داده است که درمان‌های مرسوم مانند دارودرمانی و روش‌های جراحی زیاد در درمان این عارضه در افراد دارای ضایعات وستیبولار مؤثر نبوده است، درحالی‌که توان بخشی وستیبولار در بهبود عملکرد این افراد مؤثر هست (۳۸، ۳۹). همچنین در بیمارانی که سرگیجه محیطی مزمن دارند، حرکات تکراری سر می‌تواند به‌منظور بهبود تعادل، عملکرد و سرگیجه به‌کار روند و مؤثرتر از دارودرمانی واقع می‌شوند (۳۷). هدف از تمرینات وستیبولار ایجاد یک مکانیسم تحمل در مغز برای جبران تعادل نابرابر دو گوش هست. تمرینات تحریکی موجب توسعه مکانیسم تحمل‌پذیری این سیستم می‌شود و انجام آن با پشتکار بیشتر و به‌طور منظم، هر چه زودتر سرگیجه را ناپدید می‌کند. از طرفی وقوع بیماری حرکت در افراد مکانیسمی مشابه با بیماری‌های سیستم وستیبولار که اغلب با سرگیجه، عدم تعادل و حالت تهوع همراه است، دارد.

سازگاری گذرا به بیماری حرکت می‌تواند در حیوانات و انسان‌ها با تحریک حرکتی مکرر یا طولانی القا شود و به‌طور کلی نیازمند چند هفته زمان است (۴۷). در مقایسه با تحریک طولانی‌مدت، قرار گرفتن مکرر در معرض محرک باعث ایجاد سازگاری بیشتر می‌شود، اما این سازگاری حساسیت‌زدایی به یک حرکت تحریک‌آمیز نمی‌تواند به یک محرک حرکتی شدیدتر منتقل شود (۲۷)؛ بنابراین، هدف از آموزش عادت کردن، بازتولید تعارض حسی تا حد امکان نزدیک به محیط تحریک‌کننده است. عادت کردن مطمئن‌ترین اقدام متقابل بیماری حرکت است و یک رویکرد طولانی‌مدت است. عادت‌سازی نسبت به داروهای ضد بیماری حرکت برتری دارد و عاری از عوارض جانبی می‌باشد (۳۶). بیان

مداخله برای اختلال عملکرد نیست، بلکه بهبود پاسخ‌های عملکردی و انطباقی است.

نتیجه‌گیری

اگر تئوری‌های فعلی بیماری حرکت درست باشد، اصول عادت کردن که با موفقیت‌های متفاوتی برای کاهش یا جلوگیری از بیماری حرکت در خلبانان و فضانوردان بکار گرفته شده است، ممکن است برای توسعه روش‌های ارزیابی و درمان افراد مبتلا به بیماری حرکت مفید واقع شود. گسترده‌ترین برنامه‌های عادت‌سازی که اغلب «حساسیت‌زدایی بیماری حرکت» نامیده می‌شود، توسط ارتش اجرا می‌شود که میزان موفقیت آن بیش از ۸۵ درصد است، اما زمان‌بر است. به‌طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات ورزشی ویژه که منجر به تحریک سیستم بینایی دهلیزی و وستیبولار گردد، می‌تواند به تعدیل و بهبود علائم بیماری حرکت در خلبانان کمک کند؛ بنابراین بر اساس یافته‌های این پژوهش توصیه می‌گردد خلبانانی که حین پرواز دچار علائم بیماری حرکت می‌شوند با انجام مداخلات ورزشی پیشنهاد شده، به بهبود شرایط حاضر کمک کنند.

تشکر و قدردانی: مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی

مصوب با شماره ۹۱۰۰۰۳۳۳ دانشگاه علوم پزشکی ارتش جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. بدین‌وسیله از دانشجوین خلبانی و ریاست محترم دانشکده پرواز دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، مرکز فیزیولوژی هوایی نهاجا و کلیه عزیزانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری نموده‌اند، کمال تشکر را داریم.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد

منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Ribeiro AD, Pereira JS. Balance improvement and reduction of likelihood of falls in older women after Cawthorne and Cooksey exercises. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2005;71(1):38-46. doi:10.1016/S1808-8694(15)31283-0
2. Heer M, Paloski WH. Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures. *Autonomic Neuroscience*. 2006;129(1-2):77-9. doi:10.1016/j.autneu.2006.07.014
3. Gresty MA, Golding JF. Impact of vertigo and spatial disorientation on concurrent cognitive tasks. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2009;1164(1):263-7. doi:10.1111/j.1749-6632.2008.03744.x
4. Korzeniewski K, Krzyżak J. Travel medicine for divers. *International Maritime Health*. 2017;68(4):215-28. doi:10.5603/IMH.2017.0040

حفاظت‌شده و متقابل گونه‌ای با وراثت‌پذیری در حدود ۵۷ تا ۷۰ درصد در انسان است (۴۰) و اختلاف نژادی نیز قابل توجه است، به‌طوری‌که چینی‌ها نسبت به بیماری حرکت حساس‌تر از قفقازی‌ها هستند (۴۰). در این راستا در یک مطالعه بر روی دوقلوهای تک تخمکی (همسان) و دو تخمکی (غیر همسان) نشان داده شده است، که وجود زمینه ژنتیکی را در بروز بیماری حرکت مؤثر است (۵۰). بیان شده که یک پلی‌مورفیسم تک نوکلئوتیدی (SNP) در ژن گیرنده a2-آدرنرژیک با تفاوت‌های فردی در پاسخ خودکار به استعداد ابتلا به بیماری حرکت مرتبط است (۴۰). همچنین گزارش شده جهش در ژن‌های مربوط به واسکولوپاتی و گسترش افسردگی در قشر مغز مسئول علائم دهلیزی و حساسیت بیش از حد بیماری حرکت در بیماران میگرنی است (۴۰). مطالعات قبلی نشان داده‌اند که بیماری منیر پراکنده ممکن است با جهش در ژن‌های آکواپورین‌ها و کانال پتاسیم ولتاژ دار بیان شده در گوش داخلی همراه باشد. با توجه به اینکه این ژن‌ها نقش مهمی در هموستاز اندولفاتیک ایفا می‌کنند، جهش‌های آن‌ها باید به عملکرد غیرطبیعی یا نامتقارن اتولیت‌ها مرتبط با حساسیت بیش از حد به بیماری حرکت در بیماران منیر کمک کند (۴۰). این خطوط شواهد نشان می‌دهد که مدل‌های اپی‌ژنتیکی ممکن است به تنوع حساسیت به بیماری حرکت و سازگاری با بیماری حرکت کمک کند. علاوه‌براین، حساسیت به بیماری حرکت تحت تأثیر ویژگی‌های شخصی از جمله اضطراب صفت، آمادگی هوایی و همودینامیک و همچنین سن و جنس است (۴۸). هرچند ارتباط بین پایه ژنتیکی و اپی‌ژنتیکی این فنوتیپ‌ها و بیماری حرکت مستلزم بررسی‌های بیشتر می‌باشد.

با این‌حال، بیماری حرکت یک واکنش طبیعی و محافظتی است که فرد را از مشکل قریب‌الوقوع تعادل آگاه می‌کند. افرادی که بیماری حرکت را تجربه می‌کنند معمولاً عملکرد سیستم دهلیزی و بینایی طبیعی دارند؛ بنابراین، پرداختن به این وضعیت،

5. Murdin L, Golding J, Bronstein A. Managing motion sickness. *BMJ*. 2011;343:d7430. doi:10.1136/bmj.d7430
6. Cheung B, Nakashima AM, Hofer KD. Various anti-motion sickness drugs and core body temperature changes. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2011;82(4):409-15. doi:10.3357/ASEM.2903.2011
7. Koch KL. Gastric dysrhythmias: a potential objective measure of nausea. *Experimental Brain Research*. 2014;232(8):2553-61. doi:10.1007/s00221-014-4007-9
8. Stern RM, Koch KL, Leibowitz HW, Lindblad IM, Shupert CL, Stewart WR. Tachygastria and motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 1985;56(11):1074-7.
9. Schaub N, Ng K, Kuo P, Aziz Q, Sifrim D. Gastric and lower esophageal sphincter pressures during

- nausea: a study using visual motion-induced nausea and high-resolution manometry. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*. 2014;306(9):G741-7. doi:10.1152/ajpgi.00412.2013
10. Heer M, Paloski WH. Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures. *Autonomic Neuroscience*. 2006;129(1-2):77-9. doi:10.1016/j.autneu.2006.07.014
11. Eversmann T, Gottsmann M, Uhlich E, Ulbrecht G, Werder KV, Scriba PC. Increased secretion of growth hormone, prolactin, antidiuretic hormone, and cortisol induced by the stress of motion sickness. *Aviation, Space & Environmental Medicine*. 1978;49(1):53-7.
12. Golding JF. Phasic skin conductance activity and motion sickness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 1992;63(3):165-71.
13. Koch A, Cascorbi I, Westhofen M, Dafotakis M, Klapa S, Kuhtz-Buschbeck JP. The neurophysiology and treatment of motion sickness. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2018;115(41):687-996. doi:10.3238/arztbl.2018.0687
14. Previc FH. Intravestibular balance and motion sickness. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2018;89(2):130-40. doi:10.3357/AMHP.4946.2018
15. Kim HK, Park J, Choi Y, Choe M. Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied Ergonomics*. 2018;69:66-73. doi:10.1016/j.apergo.2017.12.016
16. Golding JF. Motion sickness susceptibility. *Autonomic Neuroscience*. 2006;129(1-2):67-76. doi:10.1016/j.autneu.2006.07.019
17. Naqvi SA, Badruddin N, Malik AS, Hazabbah W, Abdullah B. Does 3D produce more symptoms of visually induced motion sickness?. In 2013 35th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC). 2013. pp. 6405-8. doi:10.1109/EMBC.2013.6611020
18. Bos JE, Ledegang WD, Lubeck AJ, Stins JF. Cinerama sickness and postural instability. *Ergonomics*. 2013;56(9):1430-6. doi:10.1080/00140139.2013.817614
19. Solimini AG. Are there side effects to watching 3D movies? A prospective crossover observational study on visually induced motion sickness. *PLoS One*. 2013;8(2):e56160. doi:10.1371/journal.pone.0056160
20. Li R, Peterson N, Walter HJ, Rath R, Curry C, Stoffregen TA. Real-time visual feedback about postural activity increases postural instability and visually induced motion sickness. *Gait & Posture*. 2018;65:251-5. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.08.005
21. Golding JF. Motion sickness susceptibility and management at sea. *Maritime Psychology*, Springer, Cham. 2017. pp. 151-83. doi:10.1007/978-3-319-45430-6_7
22. Bos JE, Bles W. Modelling motion sickness and subjective vertical mismatch detailed for vertical motions. *Brain Research Bulletin*. 1998;47(5):537-42. doi:10.1016/S0361-9230(98)00088-4
23. Bubka A, Bonato F, Urmei S, Mycewicz D. Rotation velocity change and motion sickness in an optokinetic drum. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2006;77(8):811-5.
24. Raphan T. Vestibular, locomotor, and vestibulo-autonomic research: 50 years of collaboration with Bernard Cohen. *Journal of Neurophysiology*. 2020;123(1):329-45. doi:10.1152/jn.00485.2019
25. McDonnell MN, Hillier SL. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015;1:CD005397. doi:10.1002/14651858.CD005397.pub4
26. Bergeron M, Lortie CL, Guitton MJ. Use of virtual reality tools for vestibular disorders rehabilitation: a comprehensive analysis. *Advances in Medicine*. 2015;2015:916735. doi:10.1155/2015/916735
27. Cheung B, Hofer K. Desensitization to strong vestibular stimuli improves tolerance to simulated aircraft motion. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2005;76(12):1099-104.
28. Dai M, Raphan T, Cohen B. Prolonged reduction of motion sickness sensitivity by visual-vestibular interaction. *Experimental Brain Research*. 2011;210(3):503-13. doi:10.1007/s00221-011-2548-8
29. Ressiot E, Dolz M, Bonne L, Marianowski R. Prospective study on the efficacy of optokinetic training in the treatment of seasickness. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. 2013;130(5):263-8. doi:10.1016/j.anorl.2012.03.009
30. Stroud KJ, Harm DL, Klaus DM. Preflight virtual reality training as a countermeasure for space motion sickness and disorientation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2005;76(4):352-6.
31. Young LR, Sienko KH, Lyne LE, Hecht H, Natapoff A. Adaptation of the vestibulo-ocular reflex, subjective tilt, and motion sickness to head movements during short-radius centrifugation. *Journal of Vestibular Research*. 2003;13(2-3):65-77. doi:10.3233/VES-2003-132-302
32. Cowings PS, Toscano WB. Autogenic-feedback training exercise is superior to promethazine for control of motion sickness symptoms. *The Journal of Clinical Pharmacology*. 2000;40(10):1154-65. doi:10.1177/009127000004001010
33. Lucertini M, Verde P, Trivelloni P. Rehabilitation from airsickness in military pilots: long-term treatment effectiveness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2013;84(11):1196-200. doi:10.3357/ASEM.3509.2013
34. Bronstein AM, Golding JF, Gresty MA. Visual vertigo, motion sickness, and disorientation in vehicles. *Seminars in Neurology*, Thieme Medical Publishers. 2020;40(01). pp. 116-129. doi:10.1055/s-0040-1701653
35. Wada Y, Nishiike S, Kitahara T, Yamanaka T, Imai T, Ito T, et al. Effects of repeated snowboard exercise in virtual reality with time lags of visual scene behind body rotation on head stability and subjective slalom run performance in healthy young subjects. *Acta oto-laryngologica*. 2016;136(11):1121-4. doi:10.1080/00016489.2016.1193890
36. Szpak A, Michalski SC, Loetscher T. Exergaming

- with beat saber: an Investigation of virtual reality aftereffects. *Journal of Medical Internet Research*. 2020;22(10):e19840. doi:10.2196/19840
37. Mathews MA, Camp AJ, Murray AJ. Reviewing the role of the efferent vestibular system in motor and vestibular circuits. *Frontiers in Physiology*. 2017;8:552. doi:10.3389/fphys.2017.00552
38. Black FO, Pesznecker SC. Vestibular adaptation and rehabilitation. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*. 2003;11(5):355-60. doi:10.1097/00020840-200310000-00008
39. Hall CD, Schubert MC, Herdman SJ. Prediction of fall risk reduction as measured by dynamic gait index in individuals with unilateral vestibular hypofunction. *Otology & Neurotology*. 2004;25(5):746-51. doi:10.1097/00129492-200409000-00017
40. Zhang LL, Wang JQ, Qi RR, Pan LL, Li M, Cai YL. Motion sickness: current knowledge and recent advance. *CNS neuroscience & therapeutics*. 2016;22(1):15-24. doi:10.1111/cns.12468
41. Brainard A, Gresham C. Prevention and treatment of motion sickness. *American Family Physician*. 2014;90(1):41-6.
42. Kaufman GD. Fos expression in the vestibular brainstem: what one marker can tell us about the network. *Brain Research Reviews*. 2005;50(1):200-11. doi:10.1016/j.brainresrev.2005.06.001
43. Nakagawa A, Uno A, Horii A, Kitahara T, Kawamoto M, Uno Y, et al. Fos induction in the amygdala by vestibular information during hypergravity stimulation. *Brain Research*. 2003;986(1-2):114-23. doi:10.1016/S0006-8993(03)03220-7
44. Pompeiano O, d'Ascanio P, Balaban E, Centini C, Pompeiano M. Gene expression in autonomic areas of the medulla and the central nucleus of the amygdala in rats during and after space flight. *Neuroscience*. 2004;124(1):53-69. doi:10.1016/j.neuroscience.2003.09.027
45. Chen W, Chao JG, Chen XW, Wang JK, Tan C. Quantitative orientation preference and susceptibility to space motion sickness simulated in a virtual reality environment. *Brain Research Bulletin*. 2015;113:17-26. doi:10.1016/j.brainresbull.2015.01.007
46. Dilda V, MacDougall HG, Moore ST. Tolerance to extended galvanic vestibular stimulation: optimal exposure for astronaut training. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2011;82(8):770-4. doi:10.3357/ASEM.3051.2011
47. Cai YL, Wang JQ, Chen XM, Li HX, Li M, Guo JS. Decreased Fos protein expression in rat caudal vestibular nucleus is associated with motion sickness habituation. *Neuroscience Letters*. 2010;480(1):87-91. doi:10.1016/j.neulet.2010.06.011
48. Paillard AC, Quarck G, Paolino F, Denise P, Paolino M, Golding JF, et al. Motion sickness susceptibility in healthy subjects and vestibular patients: effects of gender, age and trait-anxiety. *Journal of Vestibular Research*. 2013;23(4-5):203-9. doi:10.3233/VES-130501
49. Napadow V, Sheehan JD, Kim J, LaCount LT, Park K, Kaptchuk TJ, et al. The brain circuitry underlying the temporal evolution of nausea in humans. *Cerebral Cortex*. 2013;23(4):806-13. doi:10.1093/cercor/bhs073
50. Reavley CM, Golding JF, Cherkas LF, Spector TD, MacGregor AJ. Genetic influences on motion sickness susceptibility in adult women: a classical twin study. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. 2006;77(11):1148-52.

