نشریه پژوهش در توانبخشی ورزشی
دوره ۱۰، شماره ۲۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
۱۹ - ۳۰

WWW.RSR.BASU.AC.IR

تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر درد و کنترل پاسچر مردان سالمند مبتلا به کمـردرد مزمن غیراختصاصی: یک کارآزمایی بالینی تصادفی شده دو سویه کور

علی یلفانی[1*]، میثم سحاب قلی‌فر[2]، زهرا رئیسی[3و4]، آزاده عسگرپور[5]

۱. استاد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی درمانی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۲. کارشناس ارشد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی درمانی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۳. استادیار گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی درمانی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۴. پژوهشکده مطالعات کاربردی در علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
۵. دانشجوی دکترای گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی درمانی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

دریافت ۳۰ دی ۱۴۰۰؛ پذیرش ۱۹ مهر ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

واژگان کلیدی

نوسانات پاسچر

سالمندی

واقعیت مجازی

کمردرد مزمن

چکیده

زمینه و هدف: همراه با افزایش سن، شیوع دردهای مزمن اسکلتی- عضلانی به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. کمردرد، شایع‌ترین درد گزارش شده توسط افراد سالمند در جهان است. فناوری واقعیت مجازی به‌طور فزاینده‌ای در بسیاری از حوزه‌های دانش، از جمله توانبخشی مراقبت‌های بهداشتی رایج شده است. هدف از مطالعه حاضر تعیین تأثیر هشت هفته تمرینات واقعیت مجازی بر درد و کنترل پاسچر مردان سالمند مبتلا به کمر درد مزمن غیراختصاصی می‌باشد.

روش بررسی: ۳۰ سالمند مبتلا به کمردرد مزمن در دو گروه تجربی و کنترل در مطالعه حاضر شرکت کردند. گروه تجربی هشت هفته تمرینات واقعیت مجازی را انجام دادند و گروه کنترل در این بازه زمانی به روتین معمول زندگی خود ادامه دادند. درد و متغیرهای مرکز فشار به ترتیب با استفاده از مقیاس سنجش بصری درد و دستگاه فوت پرشر، قبل و بعد از مداخله ارزیابی شد. از آزمون‌های آماری تی همبسته و تحلیل کوواریانس یک‌راهه در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات استفاده شد (P<۰/۰۵).

یافته‌ها: نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد پس از هشت هفته، درد (P=۰/۰۰۱) و متغیرهای مرکز فشار (سرعت نوسانات (P=۰/۰۱۴)، محدوده نوسانات (P=۰/۰۰۴)، جابجایی قدامی- خلفی (P=۰/۰۰۱) و جابجایی داخلی- خارجی (P=۰/۰۳)) در گروه تجربی نسبت به کنترل کاهش معنی‌داری داشته است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از تمرینات واقعیت مجازی با هدف کاهش درد و نوسانات پاسچر برای توانبخشی سالمندان مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی توصیه می‌شود.

* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۸۳۱۵۵۴۷۸
✉ پست الکترونیکی: Ali_yalfani@yahoo.com
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/RSR.2022.25622.1618

مقدمه

پیر شدن جوامع یک پدیده جهانی است (کامینسکا[1] و همکاران، ۲۰۱۸). به‌طوری‌که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جامعه سالمند به بیش از یک میلیارد و ۹۰۰ میلیون نفر در دنیا برسد. براساس گزارش‌ها، در حال حاضر حدود ۶٪ (تقریباً چهار و نیم میلیون) از کل جمعیت ایران بالای ۶۰ سال سن دارند و پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به ۲۶٪ (تقریباً ۲۶ میلیون نفر) برسد (نادری و جلالی، ۲۰۱۸). همراه با افزایش سن، شیوع دردهای مزمن اسکلتی - عضلانی به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (کیتایوگوچی[2] و همکاران، ۲۰۱۷). کمردرد، شایع‌ترین درد گزارش شده توسط افراد سالمند در جهان (مکریس[3] و همکاران، ۲۰۱۴) و یکی از مهم‌ترین شرایط پزشکی از لحاظ کاهش کیفیت زندگی، ناتوانی، افزایش هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی می‌باشد (غلامی بروجنی و یلفانی، ۲۰۱۹). کمردردی که بیش از ۱۶ هفته ادامه داشته باشد کمردرد مزمن تلقی می‌گردد (اوون[4] و همکاران، ۲۰۲۰). کمردرد مزمن با افزایش سن شدیدتر و ناتوان‌کننده‌تر می‌شود و می‌تواند تأثیر بسزایی در عملکرد بدنی از جمله حفظ تعادل داشته باشد و به‌عنوان یکی از عوامل زمینه‌ساز خطرسقوط در سالمندان شناخته شده است (د آموریم[5] و همکاران، ۲۰۱۸؛ ترنر[6] و همکاران، ۲۰۱۸). محققان بیان کردند میزان سقوط در مردان نسبت به زنان بیشتر می‌باشد؛ به‌طور کلی مردان به دلیل سقوط یک و نیم برابر آسیب‌دیدگی بیشتری نسبت به زنان دارند (کامرون[7] و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین، شیوع بالای کمردرد و سقوط در سالمندان مرد می‌تواند یک مشکل جدی در سیستم بهداشت و درمان در سراسر جهان تلقی شود.

تعادل از ارتباط متقابل سیستم اسکلتی عضلانی و عصبی به‌دست می‌آید. به منظور کنترل تعادل؛ سیستم عصبی مرکزی اطلاعات بینایی، دهلیزی (وستیبولار) و حس عمقی را برای ایجاد دستورات حرکتی و الگوهای فعال‌سازی عضلات ادغام می‌کند. اختلال در هر کدام از سیستم‌های عصبی و یا عضلانی افراد سالمند را مستعد سقوط می‌کند (قاضی و همکاران، ۲۰۱۹). در این میان، حس عمقی به عنوان توانایی یک فرد برای ادغام سیگنال‌های حسی از گیرنده‌های مکانیکی مختلف به منظور تعیین موقعیت بدن و حرکات در فضا تعریف شده و نقش مهمی در کنترل تعادل دارد. بیماران مبتلا به کمردرد مزمن زمانی‌که ورودی حس عمقی آنها دچار اختلال می‌شود وابستگی بیشتر به ورودی بینایی جهت کنترل تعادل دارند. نقش بازخورد بصری برای کنترل و ثبات پاسچر خصوصاً در شرایطی که اختلال در اطلاعات دهلیزی و حسی پیکری وجود داشته باشد، به‌خوبی ثابت شده است (کیاروانو[8] و همکاران، ۲۰۱۷). محققان بیان کردند که بیشترین تفاوت بین بیماران مبتلا به کمردرد مزمن و افراد سالم در حین انجام وظایف حرکتی پیچیده در غیاب ورودی‌های بصری می‌باشد (سلیمان[9] و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین، اطلاعات بصری به دلیل حساسیت نسبتاً بالای سیستم بینایی در مقایسه با ورودی‌های حس‌عمقی و دهلیزی، ورودی غالب برای ثبات پاسچرال در این افراد را فراهم می‌کند (باربیری و ویتوریو[10]، ۲۰۱۷).

ارتقاء عملکرد حرکتی و تعادل در سالمندان می‌تواند به پیشگیری از سقوط کمک نماید. در حال حاضر جهت درمان کمردرد مزمن مداخله‌های مختلفی نظیر اولتراسوند، کینزیوتیپ، تحریک عصب الکتریکی، ماساژ، درمان‌های دستی ستون فقرات و سایر انواع تمرینات استفاده می‌شود که بر تسکین درد تأکید دارند. به‌عنوان مداخله مستقل، این روش‌های درمانی می‌تواند ناتوانی و ترس از حرکت را در کوتاه‌مدت کاهش دهند، اما قادر به تغییر درد نیستند (مالفلیت[11] و همکاران، ۲۰۱۹). در راستای کمک به تغییر درد، پیشگیری از سقوط به‌واسطه تکنولوژی‌های نوین نظیر واقعیت مجازی در حال ظهور است. سازماندهی مجدد حسی از طریق اطلاعات بصری، پایه و اساس تمرینات واقعیت مجازی می‌باشد. واقعیت مجازی به‌طور معمول از تجربیات حسی - حرکتی از جمله بینایی، صدا و لمس جهت شبیه‌سازی محیط و فعالیت‌ها استفاده می‌کند، از این‌رو، به عنوان ابزاری جهت تسهیل شبکه‌های هدفمند مغز، نظیر مناطق حرکتی جهت بهبود عصبی و عملکردی مؤثر می‌باشد (وو[12] و همکاران، ۲۰۱۹). مداخلات غیرداروی با

1. Kamińska
2. Kitayuguchi
3. Makris
4. Owen
5. de Amorim
6. Turner
7. Cameron
8. Chiarovano
9. Soliman
10. Barbieri & Vitório
11. Malfliet
12. Wu

کاهش سطح توجه به محرک‌های مضر، درد را تعدیل می‌کند. برخلاف بسیاری از مسکن‌ها، که مسیر فیبر داخلی را مختل و سیگنال‌های درد را به سیستم عصبی مرکزی منتقل می‌کنند، واقعیت مجازی از طریق توجه و تمرکز بر تغییر درک درد تأثیر می‌گذارد. بنابراین، محیط‌های غوطه‌وری ایجاد شده توسط واقعیت مجازی با تنظیم مجدد سیگنال‌های عصبی غیردردناک، تجربه درد را کاهش می‌دهد (پورمند و همکاران، ۲۰۱۸).

هر چند پدیده سالمندی از نتایج توسعه است، اما بی‌توجهی به ابعاد مختلف آن و همچنین نیازهای سالمندان می‌تواند مانع جدی در برابر توسعه باشد، در حالی‌که می‌توانیم با افزایش کیفیت زندگی سالمندان این تهدید را به فرصتی برای رشد جامعه تبدیل کنیم. با توجه به بررسی‌های انجام شده، تحقیقات اندکی در مورد توانبخشی روی سالمندان با استفاده از واقعیت مجازی صورت گرفته است. همچنین مطابق با مطالعات محققان تاکنون پژوهشی در زمینه اثربخشی واقعیت مجازی بر روی سالمندان مبتلا به کمردرد مزمن در ایران انجام نگرفته است. بنابراین، ما در این تحقیق بر آن شدیم تا تأثیر هشت هفته تمرینات واقعیت مجازی بر درد و متغیرهای فشار کف‌پایی در سالمندان مرد مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی را بررسی کنیم و به این سؤال پاسخ دهیم که: آیا انجام تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی موجب کاهش درد و تغییر در متغیرهای فشار کف‌پایی در سالمندان مرد مبتلا به کمردرد مزمن غیراختصاصی می‌گردد؟

روش بررسی

شرکت‌کنندگان

در مطالعه نیمه‌تجربی حاضر ۳۰ سالمند مرد ۶۰ تا ۸۰ سال مبتلا به کمردرد مزمن شرکت داشتند که با استفاده از درج آگهی در روزنامه، نصب اعلامیه و همچنین جستجو در سطح شهر همدان به‌صورت تصادفی به مطالعه وارد شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور برای توان ۰/۸، اندازه اثر ۰/۵۵ و آلفای ۰/۰۵ محاسبه شد. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بود از: محدوده سنی ۶۰-۸۰ سال، عدم وجود اختلالات عصبی نظیر آلزایمر، MS، پارکینسون، نوروپاتی سکته مغزی، اختلالات قلبی- تنفسی، عدم وجود اختلالات اسکلتی- عضلانی نظیرآرتریت روماتویید، آرتروز شدید، عدم سابقه جراحی ستون فقرات یا تعویض مفصل ران، عدم استفاده از کفی‌های طبی یا عصا، مخدرها یا داروهای ضدافسردگی و شل‌کننده‌های عضلانی در عرض ۳۰ روز قبل از مطالعه، عدم وجود نقص قابل توجه بینایی و بیماری‌های حرکتی که از استفاده از واقعیت مجازی جلوگیری می‌کند. بیش از سه ماه درد در ناحیه کمری، تجربه کمردرد در شش ماه اخیر با میانگین شدت درد سه یا بیشتر در طول هفته گذشته در مقیاس درجه‌بندی عددی ۰-۱۰، ناتوانی بیشتر از چهار در پرسشنامه ناتوانی رولند موریس و امتیاز بیشتر از ۱۶ بر روی سیستم طبقه‌بندی کبک که اختلالات کمردرد بدون علایم عصبی را منعکس می‌کند. همچنین آزمودنی‌هایی که سابقه تجربه قبلی در زمینه تمرینات واقعیت مجازی داشتند از مطالعه خارج شدند (السوفیانی[1] و همکاران، ۲۰۲۰؛ غلامی بروجنی و یلفانی، ۲۰۱۹؛ گوسنز[2] و همکاران، ۲۰۱۹؛ هتوت[3] و همکاران، ۲۰۱۸؛ پائولوچی[4] و همکاران، ۲۰۱۸؛ پورمند و همکاران، ۲۰۱۸). نهایتاً یکی از شرکت‌کنندگان به علت افزایش فشارخون (BP>18) قبل از شروع انجام تمرینات از گروه تجربی حذف گردید؛ همچنین، دو نفر از شرکت کنندگان (یک نفر از گروه تجربی و یک نفر از گروه کنترل) که در پیش‌آزمون حضور داشتند با توجه به شرایط شیوع کرونا از ادامه مطالعه خارج شدند و تعداد کل نمونه‌ها جهت آنالیز اطلاعات ۲۷ نفر گردید (۱۳ نفر گروه تجربی، ۱۴ نفر گروه کنترل). شایان ذکر است که مطالعه حاضر با کد IR.BASU.REC.1399.035 به تأیید کمیته اخلاق در پژوهش رسید و در سامانه کارآزمایی‌های بالینی ایران نیز ثبت گردیده است (IRCT20200204046368N7).

تصادفی‌سازی و کورسازی

پس از غربالگری و انتخاب افراد با توجه به معیارهای ورود به پژوهش، افراد واجد شرایط جهت شرکت در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Randlist به‌صورت موازی 1:1 تصادفاً به دو گروه (تجربی و کنترل) تخصیص داده شدند. ارزیاب‌ها نسبت به تخصیص گروه کور شدند. کارکنان فنی مرکزی در بخش آزمایشگاه توانبخشی ورزشی همه اندازه‌گیری‌ها را انجام دادند. لازم به‌ذکر است در مرحله پس‌آزمون به شرکت

1. Alsufiany
2. Goossens
3. Htut
4. Paolucci

کنندگان یادآوری شد که نوع تخصیص خود را به ارزیابی کنندگان اعلام نکنند و در مورد مداخلات خود در جلسات ارزیابی صحبت نکنند. همچنین اطلاعات به‌دست آمده به‌صورت کد در اختیار آنالیزکننده داده‌ها قرار گرفت و ایشان از گروهبندی‌ها و مشخصات آزمودنی‌ها اطلاع نداشتند.

ارزیابی متغیرها

درد: جهت ارزیابی میزان درد در ناحیه کمری از مقیاس بصری درد که یک مقیاس صد میلی‌متری است استفاده شد. در این مقیاس عدد صفر نشان دهنده عدم وجود درد و عدد ۱۰۰ نشان دهنده حداکثر مقدار درد تجربه شده است. از بیمار خواسته شد میزان درد خود را در ۲۴ ساعت گذشته، با زدن علامت بر روی این خط مشخص کند (آئوکی[1] و همکاران، ۲۰۱۲). در این مطالعه مقادیر (۰-۱۰ میلی‌متر بدون درد)، (۱۰-۳۰ میلی‌متر درد ملایم)، (۴۰-۶۰ میلی‌متر درد متوسط)، (۱۰۰-۷۰ میلی‌متر درد شدید) در نظر گرفته شد (آرمسترانگ[2] و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین، روایی و پایایی برای این مقیاس در اندازه‌گیری درد بسیار بالا گزارش شده است (هاوکر[3] و همکاران، ۲۰۱۱).

متغیرهای فشار کف‌پایی

متغیرهای فشار کف‌پایی (پارامترهای مرکز فشار و بیضی اطمینان ۹۵ درصد) با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فشار کف‌پایی مدل Zebris FDM-S ساخت - شرکت (Zebris Medical, Isny, Germany) ثبت شدند. این دستگاه یک صفحه اندازه‌گیری نیرو با سنسورهای خازنی داخلی است که امکان اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل توزیع نیرو در زیر پا را فراهم می‌کند. این صفحه اندازه‌گیری فشارهای کف‌پایی با ابعاد ۵۴*۳۴ سانتی‌متر می‌باشد که دارای تعداد ۲۵۶۰ سنسور با حساسیت بالا (یک سنسور در هر سانتی‌متر مربع) است که میزان فشار را در دامنه ۱۲۰-۱ نیوتن بر سانتی‌متر مربع ثبت می‌کند (یلفانی و رئیسی، ۲۰۲۱؛ غلامی بروجنی و یلفانی، (a,b) ۲۰۱۹).

متغیرهای فشارکف‌پایی با استفاده از نرم‌افزار Win FDM-S stance (version 01-02-09) تجزیه و تحلیل شدند. بدین منظور، شاخص‌های محدوده نوسانات، سرعت نوسانات مرکز فشار و میزان جابه‌جایی مرکز فشار در جهت داخلی- خارجی و قدامی - خلفی در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مذکور برای مدت زمان ۳۰ ثانیه در موقعیت دو پا به‌صورت ایستاده با پای برهنه با سرعت نمونه‌برداری ۱۰۰ هرتز ثبت شدند (بائه[4]، ۲۰۲۰؛ ناگیماتـه[5] و همکاران، ۲۰۱۸؛ غلامی بروجنی و یلفانی، ۲۰۱۹c). از افراد شرکت کننده خواسته شد در مدت زمان ثبت اطلاعات به علامتی که روی دیوار با فاصله چهار متر نصب شده و با چشم بیماران هم سطح بود، نگاه کنند و از صحبت کردن و حرکات اضافه خودداری نمایند.

مداخله

پس از ثبت داده‌های مربوط به پیش‌آزمون شرکت‌کنندگان گروه تجربی، پروتکل تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه با استفاده از هدست (Htc vive) با زاویه دید ۳۶۰ درجه کیفیت‌های گرافیکی، ۹۰ فریم در ثانیه و سنسور بیس استیشن و لینک باکس Linkbox و کنترلرها و سایر تجهیزات انجام شد. سنسور یک دوربین مادون قرمز است که می‌تواند موقعیت و حرکات فرد را بدون نیاز به کنترل-کننده ویژه تشخیص دهد از طرفی فاصله بین دو Base Station در اتاق ۵ متر بود. ارتفاع Base Station از سطح زمین حدوداً ۲ متر، زاویه پایه سنسورها ۳۵-۴۵ درجه، زاویه سنسور با توجه به سطح دیوار ۱۲۰ درجه و فاصله سنسورها از یکدیگر ۵ متر بود. بیمار ۱/۵ تا ۲ متر دورتر از سنسور قرار گرفت (دی. اس. پارک[6]، ۲۰۱۷).

افراد سالمند اغلب هنگام تسلط بر فن‌آوری جدید، عصبی هستند. به همین دلیل، مهم است که در صورت استفاده از بازی‌های واقعیت مجازی، ترس از فناوری‌های جدید در این گروه آسیب‌پذیر برطرف شود (استام[7] و همکاران، ۲۰۲۰). از این‌رو، در ابتدا توضیحاتی درباره عینک و آموزش‌های اولیه به آزمودنی‌ها داده شد. بعد از گرفتن فشارخون و ضربان قلب آزمودنی‌ها، عینک را بر روی چشم آنها قرار داده و بند دسته‌ها یا همان کنترلرها (به منظور نیفتادن از دست افراد) دور مچ افراد بسته شد و کنترلرها را

1. Aoki
2. Armstrong
3. Hawker
4. Bae
5. Nagymáté
6. D.S.Park
7. Stamm

نیز در دستشان قرار گرفت. بازی‌های انجام شده در این مطالعه عبارت بودند از: ماهی‌خوار، بوکس، بازی فوتبال، بولینگ، اسکی، بیت سیبر و بازی رقص (نلسون[1] و همکاران، ۲۰۰۷). سطح دشواری تمرینات با توجه به سطح توانایی فرد مشخص و ارتقا یافت. همه بیماران تمرینات را در سطح «آسان» شروع کردند. در هر جلسه، بیماران سه بازی مختلف واقعیت مجازی به مدت ۱۰ دقیقه با استراحت ۱-۲ دقیقه در این بین انجام دادند (جی پارک[2] و همکاران، ۲۰۱۴).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون آماری شاپیرو-ویلک استفاده شد. با توجه به توزیع نرمال دادها (P>۰/۰۵)، برای مقایسه پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه‌ها از تست تی همبسته و جهت شناسایی و مقایسه‌ی اثرات تمرین بر هر کدام از متغیرهای وابسته بین گروه‌های مطالعه از آزمون تجزیه و تحلیل کوواریانس یک‌راهه استفاده شد، زیرا در این آزمون میزان اثر مقادیر پیش‌آزمون بر پس‌آزمون کنترل می‌شود. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و سطح معناداری ۰/۰۵ در تمامی آزمون‌های آماری استفاده شد.

یافته‌ها

اطلاعات فردی مربوط به افراد شرکت‌کننده در پژوهش حاضر در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات دموگرافیک افراد شرکت کننده حاضر در گروه‌های مطالعه

ویژگی	گروه	میانگین± انحراف استاندارد	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سن (سال)	کنترل	۶۴/۹۳ ± ۳/۵۶	۶۴/۹۳ ± ۳/۵۶
	تجربی	۶۷/۴۶ ± ۵/۲۷	۶۷/۴۶ ± ۵/۲۷
قد (سانتی‌متر)	کنترل	۱۶۸/۶۳ ± ۷/۵۸	۱۶۸/۶۳ ± ۷/۵۸
	تجربی	۱۶۶/۲۳ ± ۸/۳۶	۱۶۶/۲۳ ± ۸/۳۶
جرم (کیلوگرم)	کنترل	۷۴/۰۹ ± ۹/۰۳	۷۳/۹۴ ± ۹/۳۲
	تجربی	۷۴/۷۵ ± ۱۰/۳۳	۷۳/۹۵ ± ۱۰/۵۳
شاخص توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	کنترل	۲۶/۰۴ ± ۲/۵۳	۲۵/۹۷ ± ۲/۵۹
	تجربی	۲۶/۹۸ ± ۳/۱۳	۲۶/۶۲ ± ۲/۹۹

نتایج آزمون تی همبسته در گروه تجربی در خصوص متغیرهای مورد بررسی نشان داد درد (t=۶/۳۳۵ و P=۰/۰۰۱ با اندازه اثر ۱/۴۷)، محدوده نوسانات (t=۷/۴۹۱ و P=۰/۰۰۱ با اندازه اثر ۱/۲۹)، سرعت نوسانات (t=۵/۸۵۷ و P=۰/۰۰۱ با اندازه اثر ۱/۰۸۳)، نوسانات قدامی خلفی (t=۹/۲۶۴ و P=۰/۰۰۱ با اندازه اثر ۲/۰۳) و داخلی خارجی (t=۳/۰۰۳ و P=۰/۰1 با اندازه اثر ۰/۸۴) در پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون کاهش معنی‌داری داشتند. اما در گروه کنترل در هیچ یک از متغیرها تفاوتی مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

نتایج آزمون تجزیه و تحلیل کوواریانس یک‌راهه نشان داد که با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری در متغیرهای درد، محدوده نوسانات، سرعت نوسانات و جابجایی داخلی - خارجی و قدامی- خلفی مرکز فشار بین گروه کنترل و تجربی در پس‌آزمون وجود دارد (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

1. Nelson
2. J. Park

جدول ۲: نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل کوواریانس یک‌راهه جهت شناسایی اثرات تمرین بر متغیرهای فشار کف پایی

متغیر	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	مقدار F	مقدار P	اندازه اثر
درد	کنترل	۵/۵۴ ± ۱/۱	۶/۱۱ ± ۰/۸۸	۳۵/۴۲۵	۰/۰۰۱*	۰/۵۹۶
	تجربی	۶ ± ۱/۴۷	۳/۲۳ ± ۰/۵۶			
محدوده نوسان	کنترل	۱۱۸/۶۷ ± ۸۰/۲۲	۱۲۴/۶۹ ± ۸۷/۴۴	۱۰/۳۳۵	۰/۰۰۴*	۰/۳۰۱
	تجربی	۷۹ ± ۲۹/۷۷	۴۱/۳۳ ± ۲۸/۴۳			
سرعت جابه‌جایی	کنترل	۸/۳۴ ± ۳/۰۱	۸/۰۱ ± ۳/۷۴	۷/۰۲۵	۰/۰۱۴*	۰/۲۲۶
	تجربی	۸/۹۰ ± ۳/۷۸	۵/۶۵ ± ۲/۲۲			
جابه‌جایی داخلی- خارجی	کنترل	۹/۵۱ ± ۶/۶۸	۱۲/۴۱ ± ۱۰/۴۷	۵/۲۹۷	۰/۰۳۰*	۰/۱۸۱
	تجربی	۱۰/۶۴ ± ۷/۳۸	۵/۵۱ ± ۴/۴			
جابه‌جایی قدامی- خلفی	کنترل	۴۳/۲۲ ± ۲۰/۷۵	۴۳/۱۳ ± ۱۹/۸۱	۱۷/۷۶۹	۰/۰۰۱*	۰/۴۲۵
	تجربی	۳۵/۴۷ ± ۱۰/۰۴	۱۷/۰۵ ± ۸/۱۱			

علامت * نشان‌دهنده‌ی معناداری مقدار F در سطح ۰/۰۵ است.

بحث

هدف از مطالعه حاضر، تعیین تأثیر تمرینات واقعیت مجازی بر درد و نوسانات پاسچر سالمندان مرد مبتلا به کمردرد مزمن بود.

نتایج حاصل نشان داد که با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون، تفاوت معناداری در درد افراد گروه کنترل و تجربی در پس‌آزمون وجود دارد؛ به‌طوری‌که تمرینات واقعیت مجازی باعث کاهش معنادار درد افراد گروه تجربی شد. این نتایج با نتایج مطالعات گلد[1] و همکاران (۲۰۰۷)، کیم[2] و همکاران (۲۰۰۷)، تراست[3] و همکاران (۲۰۱۵) و جونز[4] و همکاران (۲۰۱۲) همسو است. گلد و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثرات واقعیت مجازی بر کاهش درد پرداختند و بیان نمودند که واقعیت مجازی یک وسیله مؤثر جهت کنترل و کاهش درد حاد است. کیم و همکاران (۲۰۱۴) بیمار زن میانسال مبتلا به کمردرد مزمن را با برنامه یوگا مبتنی بر واقعیت مجازی برای یک دوره چهار هفته‌ای تمرین دادند نتایج نشان دادکه برنامه یوگا مبتنی بر واقعیت مجازی می‌تواند به عنوان یک واسطه درمانی برای پیشگیری و درمان کمردرد به‌کار گرفته شود (کیم و همکاران، ۲۰۱۴). تراست و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که برنامه‌های تمرینات واقعیت مجازی می‌توانند به‌عنوان مداخلاتی جهت کاهش درد مزمن در کنار سایر مداخلات درمانی در نظر گرفته شوند. جونز و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تأثیر کاربرد واقعیت مجازی برای درمان درد مزمن پرداختند و مشاهده نمودند که درد از قبل هر جلسه تا بعد همان جلسه حدود ۳۳ درصد و از اولین جلسه تا پایان دوره حدود ۵۲ درصد کاهش یافت.

به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش درد کمر سالمندان در پژوهش حاضر که متعاقب انجام تمرینات واقعیت مجازی ایجاد شد، مربوط به اثرات مرتبط با حواس‌پرتی باشد که با نام «تئوری دروازه» نیز به‌عنوان مهم‌ترین عامل در توضیح تأثیر واقعیت مجازی بر درد پذیرفته شده است (جونز و همکاران، ۲۰۱۲). مطابق با این نظریه، فرض بر این است که واقعیت مجازی با جذب و منحرف کردن توجه از درد باعث کاهش احساس درد می‌شود (تراست و همکاران، ۲۰۱۵؛ ماتیو[5] و همکاران، ۲۰۲۰؛ دیچبرن[6] و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج پژوهش حاضر نیز ممکن است از این دیدگاه که توسط دیچبرن و همکاران (۲۰۲۰) بیان شد، پشتیبانی کند که واقعیت مجازی مورد استفاده در بازی‌های مجازی درک درد را تا حدی از طریق حواس‌پرتی کاهش می‌دهد. در همین زمینه، نشان داده شده است که انتقال توجه و حواس‌پرتی از یک موقعیت ناخوشایند به یک دنیای مجازی جذاب همراه با جذب مراکز شناختی و عاطفی بالاتر سیستم عصبی، می‌تواند تجربه درد ذهنی یک بیمار را تغییر دهد (احمدپور و همکاران، ۲۰۲۰). برای رقابت بهینه با درد، حواس‌پرتی باید منابع شناختی مرکزی را در جهت اهداف خاص غیرمرتبط با درد درگیر کند. به‌علاوه، احساس

1. Gold
2. Kim
3. Trost
4. Jones
5. Matheve
6. Ditchburn

درد به‌طور ذاتی شامل یک بُعد احساسی است و حواس‌پرتی به‌طور بهینه عواطف و احساسات مثبت را که با تجربه درد هم‌خوانی و سازگاری ندارد، تسهیل می‌کند (تراست و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، تعامل با یک محیط واقعیت مجازی که از طریق ورودی بصری، شنیداری و لامسه ارائه می‌شود، می‌تواند منابع موجود برای درک و احساس درد را کاهش دهد (تراست و همکاران، ۲۰۱۵). در همین زمینه، اسمیت[1] و همکاران (۲۰۱۶) نیز مشاهده نمودند که واقعیت مجازی می‌تواند تغییرات عصبی - فیزیولوژیکی را در ماتریس درد مغز ایجاد کند و در نتیجه حساسیت این ناحیه را به احساس درد کاهش دهد (اسمیت و همکاران، ۲۰۱۶).

در نهایت، یکی دیگر از دلایل کاهش درد افراد حاضر در پژوهش حاضر که متعاقب انجام تمرینات واقعیت مجازی ایجاد شده ممکن است مربوط به اثرات مرتبط با فریب تجسم بدنی باشد. در حوزه ادراکی، احساسات آگاهانه مختل شده بدن ممکن است به درد و دیگر پدیده‌های ادراکی مانند سفتی منجر شود (استانتون[2] و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به این‌که درد به‌عنوان یک واکنش محافظ تلقی می‌شود، تصور بدن به‌عنوان یک فرد آسیب‌پذیر ممکن است درد را افزایش دهد (سرینو[3] و همکاران، ۲۰۱۶). این در حالی است که ظهور واقعیت مجازی ایجاد چنین فریب‌هایی را برای کل بدن امکان‌پذیر نموده است؛ به‌طوری‌که یک بدن مجازی به‌جای بدن خود فرد ارائه و شبیه‌سازی می‌شود. این مسئله می‌تواند منجر به توهم «تبادل بدن» شود که اصطلاحاً «تجسم» نیز نامیده می‌شود (سرینو و همکاران، ۲۰۱۶). در نتیجه ایجاد چنین پدیده‌های ممکن است تمرینات واقعیت مجازی اثرات مثبتی را بر تصور بدنی فرد و در نتیجه کاهش احساس درد داشته باشند. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که تمرینات واقعیت مجازی می‌توانند به‌طور مؤثر بخش عمده‌ای از توجه آگاهانه کاربر را درگیر نموده، تمرکز کاربر را از ورود همزمان درد منحرف کرده و ورودی حسی دلپذیری را جایگزین نمایند (شرار[4] و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال، باید توجه داشت که میزان اثر ضددرد به احساس حضور و تمرکز ذهنی کاربر (حس بودن در داخل تمرین) در محیط مجازی بستگی دارد (شرار و همکاران، ۲۰۰۸).

در خصوص بررسی نوسانات مرکز فشار نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون، تمرینات واقعیت مجازی باعث کاهش معنادار متغیرهای سرعت و محدوده نوسان، جابجایی داخلی- خارجی و قدامی- خلفی مرکز فشار در افراد گروه تجربی نسبت به کنترل شد. این نتایج با نتایج مطالعات ویرک و والتر مک کانویل[5] (۲۰۰۶)، بیسون[6] و همکاران (۲۰۰۷)، بیریلا و دولد[7] (۲۰۱۳) و کاراهان[8] و همکاران (۲۰۱۵) همسو است. ویرک و والتر مک کانویل (۲۰۰۶) بیان نمودند که استفاده از محیط‌های مجازی تعاملی می‌توانند با تحریک گیرنده‌های حسی مسئول حفظ تعادل و افزایش درک محیط (تشخیص موقعیت) بر کنترل پاسچر و جلوگیری از خطر سقوط در سالمندان تأثیر بگذارند. بیسون و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثر ۱۲ هفته (هر هفته شامل دو جلسه تمرین ۲ دقیقه‌ای) آموزش واقعیت مجازی و بیوفیدبک مبتنی بر کامپیوتر بر وضعیت تعادلی در دو گروه ۱۱ نفره از افراد سالم سالمند پرداختند؛ نتایج مطالعه آنها نشان داد که پس از اتمام این دوره برنامه تمرینی در هر دو گروه، تعادل عملکردی و تحرک سالمندان حین ایستادن طبیعی بهبود یافت. بیریلا و دولد (۲۰۱۳) نشان دادند که تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی می‌توانند پاسخ‌های وضعیتی، گیرنده‌های حسی و ویژگی‌های تعادلی را در طول راه رفتن سالمندان بهبود بخشند. کاراهان و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که تمرینات مبتنی بر واقعیت مجازی می‌توانند پاسخ‌های وضعیتی، گیرنده‌های حسی و وضعیت تعادلی افراد سالمند را در طول راه رفتن بهبود بخشند.

برای توجیه دلایل ایجاد این نتایج، باید توجه داشت که سیستم‌های بینایی، دهلیزی، عصبی و اسکلتی- عضلانی همراه با افزایش سن دچار اختلال می‌شوند (کیاقدی و همکاران، ۲۰۲۰). از طرف دیگر، سالمندان برای ثبات پاسچر و تعادل و یا بازیابی تعادل خود بیشتر به اطلاعات بصری تکیه می‌کنند (ویرک و مک کانویل، ۲۰۰۶). این در حالی است که واقعیت مجازی به اقدامات حرکتی عصبی بصری سریع، دقیق و تکراری نیاز دارد (سینگ[9] و همکاران،

1. Smith
2. Stanton
3. Serino
4 Sharar

5. Virk & Valter McConville
6. Bisson
7. Bieryla & Dold
8. Karahan
9. Singh

۲۰۱۲). ایده استفاده از واقعیت مجازی در توانبخشی از این واقعیت ناشی می‌شود که ورودی‌های بصری پویا می‌توانند نوسان بدن را در افراد تحریک کنند. حین انجام بازی‌های ویدیویی حسگرهای اندام تحتانی، اندام فوقانی و تنه فعال می‌شوند و این تصور در فرد ایجاد می‌شود که او می‌تواند فعالیت‌های پیچیده‌تری را انجام دهد (کاستا[1] و همکاران، ۲۰۱۹). چنین اطلاعاتی به قشر حسگر حرکتی سیستم عصبی مرکزی صعود می‌کنند، از طریق نخاع پایین می‌آیند و تنظیمات وضعیتی لازم برای پاسخگویی به خواسته‌های هر فرد را انجام می‌دهند (کاستا و همکاران، ۲۰۱۹).

علاوه براین، فعالیت‌ها و بازی‌های مجازی نوعی تمرین حرکتی- شناختی محسوب می‌شوند که می‌توانند باعث بهبود ارتباط سیناپسی مسئول هماهنگی و اجرای حرکت در شبکه‌های مغزی شوند (اسکاتین[2] و همکاران، ۲۰۱۶). واقعیت مجازی یک محیط ایده‌آل بسیار شبیه به دنیای واقعی برای درک استراتژی‌های تعادل اتخاذ شده توسط سیستم عصبی مرکزی فراهم می‌کند و همچنین به تمایز رفتار ورودی‌های حسی مختلف کمک می‌کند. در همین زمینه، ویرک و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی برنامه‌های واقعیت مجازی در بهبود کنترل پاسچر و به حداقل رساندن سقوط پرداختند و مشاهده نمودند که اگر افراد سالمند درک درستی از محیط خود داشته باشند در نتیجه می‌دانند که کجا باید به دنبال حمایت باشند. بنابراین، بهبود تعادل متعاقب استفاده از تمرینات مجازی می‌تواند به دلیل وزن‌دهی مجدد گیرنده‌های حسی که مسئول حفظ تعادل و جهت‌گیری در محیط هستند، ایجاد شود (ویرک و همکاران، ۲۰۰۶). از دیگر دلایل بهبود تعادل بدن سالمندان متعاقب استفاده از تمرینات مجازی که در پژوهش حاضر مشاهده شد، می‌تواند سازگاری با محیط مجازی باشد.

به علاوه، نیازهای شناختی (ادراکی) و حرکتی بالا که در بازی‌های ماجراجویی کینکت وجود دارد و همچنین عوامل بازخورد بینایی و شنوایی بر عملکرد، از طریق یک تمرکز خارجی دقیق نه تنها اثرات فوری بر عملکرد دارد؛ بلکه به‌عنوان عاملی جهت تسهیل فرایند یادگیری نیز عمل می‌کنند (باچا[3] و همکاران، ۲۰۱۸). در همین زمینه، سینگ و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که انجام تکرارهای متعدد همراه با ارائه بازخورد حین استفاده از واقعیت مجازی از مؤلفه‌های مهم یادگیری حرکتی برای بازتوانی اختلالات عصبی- عضلانی هستند. باچا و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان نمودند که بازی‌های ماجراهای کینکت می‌توانند ابزاری مفید و مکمل با هدف جلوگیری از تغییرات حرکتی و شناختی در عملکرد بالینی افراد سالمند باشند و تأثیرات مثبتی بر کنترل پاسچر، راه رفتن، آمادگی قلبی- تنفسی و شناختی در سالمندان داشته باشند. برخی از توجهات به مفصل مچ پا، به‌خصوص در فلکسورهای خلفی و تا حدی در فلکسورهای کف پا معطوف شده است. قدرت این عضلات با جابجایی قدامی- خلفی مرکز فشار ارتباط معنی‌داری دارد. از آنجا که مچ پا نزدیک‌ترین مفصل تحمل کننده به سطح اتکای بدن است، انتظار می‌رود که در حفظ و بازیابی تعادل هنگام ایستادن نقشی اساسی داشته باشد. فلکسورهای خلفی لغزش‌های عقب را کنترل می‌کنند تا از حرکت خلفی مرکز جرم به خارج از سطح اتکا جلوگیری کنند، در حالی‌که فلکسورهای کف پا برای جلوگیری از حرکت قدامی مرکز جرم فراتر از پایه نگهدارنده عمل می‌کنند هر دو فلکسور خلفی و کف پا ثبات را بخصوص در جهت قدامی- خلفی حفظ می‌کنند (سوبودا[4] و همکاران، ۲۰۱۹). به‌طور بالقوه، تمرینات تعادلی مبتنی بر واقعیت مجازی باعث بهبود عملکرد عضلانی می‌شود، احتمالاً این اثر همراه با کاهش درد کمر در بکارگیری بهینه استراتژی هیپ در این افراد نیز مؤثر بوده و کاهش نوسانات داخلی- خارجی نیز می‌تواند مؤید این موضوع باشد. باید توجه داشت که حفظ تعادل نیاز به تعامل یکپارچه سیستم‌های حسی، حرکتی و پردازش مرکزی دارد که همه آنها می‌توانند تحت تأثیر درد قرار بگیرند؛ زیرا ممکن است درد باعث اختلال در پردازش حس عمقی بین عضلات، مفاصل و سیستم‌های کورتیکال شود (لیهاواینن[5] و همکاران، ۲۰۱۰). در همین زمینه، نشان داده شده است که مهار عصبی ناشی از درد عضلات و یا تغییر بازخورد حس عمقی از یک محل دردناک می‌تواند به‌طور منفی بر پاسخ‌های حرکتی مورد نیاز برای کنترل تعادل تأثیر بگذارد علاوه بر این، جنبه‌های فرآیند شناختی مانند توجه ممکن است بر رابطه مشاهده شده تأثیر بگذارد. در نتیجه، درد مداوم باعث اختلال در توجه می‌شود که به

1. Costa
2. Schättin
3. Bacha
4. Svoboda
5. Lihavainen

نوبه خود با بی‌ثباتی تعادل در ارتباط است (لیهاواینن و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین، ممکن است یکی از دلایل بهبود تعادل افراد سالمند که در پژوهش حاضر مشاهده شد، مربوط به کاهش سطح درد آنها باشند؛ هر چند که ارتباط بین این دو عامل در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار نگرفت. به هر حال، در این زمینه لازم است تا مطالعات بیشتری در آینده برای شناسایی دقیق‌تر مکانیسم اثرگذاری تمرینات واقعیت مجازی بر کنترل تعادل بدن و ارتباط آن با سایر عوامل صورت بگیرد. از جمله محدودیت‌های اساسی مطالعه حاضر انجام تحقیق در دوران پندمیک ویروس کووید-۱۹ و عدم توانایی در کنترل شرایط روحی-روانی شرکت‌کنندگان در مطالعه بود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، تمرینات واقعیت مجازی می‌تواند موجب کاهش درد و نوسانات پاسچر در سالمندان مبتلا به کمردرد مزمن شود. بنابراین بکارگیری این روش تمرینی با توجه به مزایای آن و همچنین استفاده از بازی‌های منتخب در این مطالعه هنگام اجرای تمرینات واقعیت مجازی، با هدف کاهش درد و نوسانات پاسچر در سالمندان مرد مبتلا به کمردرد مزمن، به متخصصان فعال در امر توانبخشی و ورزش سالمندی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران از کلیه سالمندانی که در مطالعه حاضر همکاری داشتند، کمال تشکر را دارند.

References

Ahmadpour, N., Keep, M., Janssen, A., Rouf, A. S., & Marthick, M. (2020). "Design Strategies for Virtual Reality Interventions for Managing Pain and Anxiety in Children and Adolescents: Scoping Review". JMIR Serious Games, 8(1). https://doi.org/10.2196/14565

Alsufiany, M. B., Lohman, E. B., Daher, N. S., Gang, G. R., Shallan, A. I., & Jaber, H. M. (2020). "Non-specific chronic low back pain and physical activity: A comparison of postural control and hip muscle isometric strength: A cross-sectional study". Medicine, 99(5), e18544. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000018544

Aoki, Y., Sugiura, S., Nakagawa, K., Nakajima, A., Takahashi, H., Ohtori, S., Takahashi, K., & Nishikawa, S. (2012). "Evaluation of nonspecific low back pain using a new detailed visual analogue scale for patients in motion, standing, and sitting: characterizing nonspecific low back pain in elderly patients". Pain Research and Treatment, 2012. https://doi.org/10.1155/2012/680496

Armstrong, K., Gokal, R., Chevalier, A., Todorsky, W., & Lim, M. (2017). "Microcurrent Point Stimulation Applied to Lower Back Acupuncture Points for the Treatment of Nonspecific Neck Pain". Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.), 23(4), 295–299. https://doi.org/10.1089/ACM.2016.0313

Bacha, J. M. R., Gomes, G. C. V., de Freitas, T. B., Viveiro, L. A. P., da Silva, K. G., Bueno, G. C., Varise, E. M., Torriani-Pasin, C., Alonso, A. C., Luna, N. M. S., D'andrea Greve, J. M., & Pompeu, J. E. (2018). "Effects of Kinect Adventures Games Versus Conventional Physical Therapy on Postural Control in Elderly People: A Randomized Controlled Trial". Games for Health Journal, *7*(1), 24–36. https://doi.org/10.1089/G4H.2017.0065

Bae, Y. (2020). "Comparison of Postural Sway, Plantar Cutaneous Sensation According to Saccadic Eye Movement Frequency in Young Adults". International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(19), 1–8. https://doi.org/10.3390/IJERPH17197067

Barbieri, F. A., & Vitório, R. (2017). "Locomotion and Posture in Older Adults: The Role of Aging and Movement Disorders". Locomotion and Posture in Older Adults: The Role of Aging and Movement Disorders, 1-457. https://doi.org/10.1007/978-3-319- 48980-3

Bieryla, K. A., & Dold, N. M. (2013). "Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults". Clinical Interventions in Aging, 8, 775–781. https://doi.org/10.2147/CIA.S46164

Bisson, E., Contant, B., Sveistrup, H., & Lajoie, Y. (2007). "Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training". Cyberpsychology & Behavior : The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society, 10(1), 16–23. https://doi.org/10.1089/CPB.2006.9997

Cameron, E. J., Bowles, S. K., Marshall, E. G., & Andrew, M. K. (2018). "Falls and long-term care: a report from the care by design observational cohort study". BMC Family Practice, 19(1). https://doi.org/10.1186/S12875-018-0741-6

Chiarovano, E., Wang, W., Rogers, S. J., MacDougall, H. G., Curthoys, I. S., & de Waele, C. (2017). "Balance in Virtual Reality: Effect of Age and Bilateral Vestibular Loss". Frontiers in Neurology,

8(JAN). https://doi.org/10.3389/FNEUR.2017.00005

Costa, M. T. S., Vieira, L. P., Barbosa, E. de O., Mendes Oliveira, L., Maillot, P., Otero Vaghetti, C. A., Giovani Carta, M., Machado, S., Gatica-Rojas, V., & Monteiro-Junior, R. S. (2019). "Virtual Reality-Based Exercise with Exergames as Medicine in Different Contexts: A Short Review". Clinical Practice and Epidemiology in Mental Health : CP & EMH, 15(1), 15–20. https://doi.org/10.2174/1745017901915010015

De Amorim, J. S. C., Leite, R. C., Brizola, R., & Yonamine, C. Y. (2018). "Virtual reality therapy for rehabilitation of balance in the elderly: a systematic review and META-analysis". Advances in Rheumatology (London, England), 58(1), 18. https://doi.org/10.1186/S42358-018-0013-0

Ditchburn, J. L., van Schaik, P., Dixon, J., MacSween, A., & Martin, D. (2020). "The effects of exergaming on pain, postural control, technology acceptance and flow experience in older people with chronic musculoskeletal pain: a randomised controlled trial". BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation, 12(1). https://doi.org/10.1186/S13102-020-00211-X

Gholami Borujeni, B., & Yalfani, A. (2019). "Correlation of pain and lumbar arch with electromyography of ankle muscle in athletes with low back pain". Anesthesiology and Pain, 10(3), 105 -118.

Gholami Borujeni, B., & Yalfani, A. (2019). "Reduction of postural sway in athletes with chronic low back pain through eight weeks of inspiratory muscle training: A randomized controlled trial". Clinical biomechanics (Bristol, Avon), 69, 215–220.

Gholami Borujeni B., & Yalfani A. (2019). "Immediate Effect of Respiratory Muscle Sprint-Interval Training (RMSIT) on the Plantar Pressure Variables in Athletes with Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial". Iranian Rehabilitation Journal, 17 (3) :271-278.

Gholami Borujeni, B., Yalfani, A. (2019). "Postural Control and Plantar Pressure Symmetry in Male and Female Athletes With Chronic Low Back Pain When Performing Overhead Squat". Journal of Kerman University of Medical Sciences, 26(4), 307-315. doi: 10.22062/jkmu.2019.89524.

Gold, J. I., Belmont, K. A., & Thomas, D. A. (2007). "The neurobiology of virtual reality pain attenuation". Cyberpsychology & Behavior : The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society, 10(4), 536–544. https://doi.org/10.1089/CPB.2007.9993

Goossens, N., Janssens, L., Caeyenberghs, K., Albouy, G., & Brumagne, S. (2019). "Differences in brain processing of proprioception related to postural control in patients with recurrent non-specific low back pain and healthy controls". NeuroImage. Clinical, 23. https://doi.org/10.1016/J.NICL.2019.101881

Hawker, G. A., Mian, S., Kendzerska, T., & French, M. (2011). "Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP)". Arthritis Care & Research, 63 Suppl 11 (SUPPL. 11). https://doi.org/10.1002/ACR.20543

Htut, T. Z. C., Hiengkaew, V., Jalayondeja, C., & Vongsirinavarat, M. (2018). "Effects of physical, virtual reality-based, and brain exercise on physical, cognition, and preference in older persons: a randomized controlled trial". European Review of Aging and Physical Activity : Official Journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity, 15(1). https://doi.org/10.1186/S11556-018-0199-5

Jones, S. L., Henry, S. M., Raasch, C. C., Hitt, J. R., & Bunn, J. Y. (2012). "Individuals with non-specific low back pain use a trunk stiffening strategy to maintain upright posture". Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, 22(1), 13–20. https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2011.10.006

Kamińska, M. S., Miller, A., Rotter, I., Szylińska, A., & Grochans, E. (2018). "The effectiveness of virtual reality training in reducing the risk of falls among elderly people". Clinical Interventions in Aging, 13, 2329–2338. https://doi.org/10.2147/CIA.S183502

Karahan, A. Y., Tok, F., Taşkın, H., Küçüksaraç, S., Başaran, A., & Yildirim, P. (2015). "Effects of Exergames on Balance, Functional Mobility, and Quality of Life of Geriatrics Versus Home Exercise Programme: Randomized Controlled Study". Central European Journal of Public Health, 23 Suppl, S14–S18. https://doi.org/10.21101/CEJPH.A4081

Kiaghadi, A., Bahramizadeh, M., & Hadadi, M. (2020). "Effect of Textured and Prefabricated Insole Use With Medical or Sports Shoes on Dynamic Postural Control in Elderly People". Topics in Geriatric Rehabilitation,36(1), 55-59.

Kim, S.-S., Min, W.-K., Kim, J.-H., & Lee, B.-H. (2014). "The Effects of VR-based Wii Fit Yoga on Physical Function in Middle-aged Female LBP Patients". Journal of Physical Therapy Science, 26(4), 549. https://doi.org/10.1589/JPTS.26.549

Kitayuguchi, J., Kamada, M., Inoue, S., Kamioka, H., Abe, T., Okada, S., & Mutoh, Y. (2017). "Association of low back and knee pain with falls in Japanese community-dwelling older adults: A 3-year prospective cohort study". Geriatrics & Gerontology International, 17(6), 875–884. https://doi.org/10.1111/GGI.12799

Lihavainen, K., Sipilä, S., Rantanen, T., Sihvonen, S., Sulkava, R., & Hartikainen, S. (2010). "Contribution of musculoskeletal pain to postural

balance in community-dwelling people aged 75 years and older". The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 65(9), 990–996. https://doi.org/10.1093/GERONA/GLQ052

Makris, U. E., Fraenkel, L., Han, L., Leo-Summers, L., & Gill, T. M. (2014). "Risk factors for restricting back pain in older persons". Journal of the American Medical Directors Association, 15(1), 62–67. https://doi.org/10.1016/J.JAMDA.2013.09.013

Malfliet, A., Ickmans, K., Huysmans, E., Coppieters, I., Willaert, W., van Bogaert, W., Rheel, E., Bilterys, T., van Wilgen, P., & Nijs, J. (2019). "Best Evidence Rehabilitation for Chronic Pain Part 3: Low Back Pain". Journal of Clinical Medicine, 8(7). https://doi.org/10.3390/JCM8071063

Matheve, T., Bogaerts, K., & Timmermans, A. (2020). "Virtual reality distraction induces hypoalgesia in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial". Journal of Neuroengineering and Rehabilitation, 17(1). https://doi.org/10.1186/S12984- 020-00688-0

Nagymáté, G., Orlovits, Z., & Kiss, R. M. (2018). "Reliability analysis of a sensitive and independent stabilometry parameter set". PloS One, 13(4). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0195995

Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., Macera, C. A., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). "Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association". Medicine and Science in Sports and Exercise, 39(8), 1435–1445. https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E3180616AA2

Owen, P. J., Miller, C. T., Mundell, N. L., Verswijveren, S. J. J. M., Tagliaferri, S. D., Brisby, H., Bowe, S. J., & Belavy, D. L. (2020). "Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis". British Journal of Sports Medicine, 54(21), 1279–1287. https://doi.org/10.1136/BJSPORTS -2019-100886

Paolucci, T., Attanasi, C., Cecchini, W., Marazzi, A., Capobianco, S. v., & Santilli, V. (2018). "Chronic low back pain and postural rehabilitation exercise: a literature review". Journal of Pain Research, 12, 95–107. https://doi.org/10.2147/JPR.S171729

Park, D. S., Lee, D. G., Lee, K., & Lee, G. C. (2017). "Effects of Virtual Reality Training using Xbox Kinect on Motor Function in Stroke Survivors: A Preliminary Study". Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases : The Official Journal of National Stroke Association, 26(10), 2313–2319. https://doi.org/10.1016/J.JSTROKECEREBROVASDIS.2017.05.019

Park, J., Lee, D., & Lee, S. (2014). "Effect of Virtual Reality Exercise Using the Nintendo Wii Fit on Muscle Activities of the Trunk and Lower Extremities of Normal Adults". Journal of Physical Therapy Science, 26(2), 271. https://doi.org/10.1589/JPTS.26.271

Pourmand, A., Davis, S., Marchak, A., Whiteside, T., & Sikka, N. (2018). "Virtual Reality as a Clinical Tool for Pain Management". *Current Pain and Headache Reports*, *22*(8). https://doi.org/10.1007/S11916-018-0708-2

Qazi, S. L., Sirola, J., Kröger, H., Honkanen, R., Isanejad, M., Airaksinen, O., & Rikkonen, T. (2019). "High Postural Sway Is an Independent Risk Factor for Osteoporotic Fractures but Not for Mortality in Elderly Women". Journal of Bone and Mineral Research : The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research, 34(5), 817–824. https://doi.org/10.1002/JBMR.3664

Schättin, A., Arner, R., Gennaro, F., & de Bruin, E. D. (2016). "Adaptations of Prefrontal Brain Activity, Executive Functions, and Gait in Healthy Elderly Following Exergame and Balance Training: A Randomized-Controlled Study". Frontiers in Aging Neuroscience, 8(NOV). https://doi.org/10.3389/FNAGI.2016.00278

Serino, S., Pedroli, E., Keizer, A., Triberti, S., Dakanalis, A., Pallavicini, F., Chirico, A., & Riva, G. (2016). "Virtual Reality Body Swapping: A Tool for Modifying the Allocentric Memory of the Body". Cyberpsychology, Behavior and Social Networking, 19(2), 127–133. https://doi.org/10.1089/CYBER.2015.0229

Sharar, S. R., Miller, W., Teeley, A., Soltani, M., Hoffman, H. G., Jensen, M. P., & Patterson, D. R. (2008). "Applications of virtual reality for pain management in burn-injured patients". Expert Review of Neurotherapeutics, 8(11), 1667–1674. https://doi.org/10.1586/14737175.8.11.1667

Singh, D. K. A., Rajaratnam, B. S., Palaniswamy, V., Pearson, H., Raman, V. P., & Bong, P. S. (2012). "Participating in a virtual reality balance exercise program can reduce risk and fear of falls". Maturitas, 73(3), 239–243. https://doi.org/10.1016/J.MATURITAS.2012.07.011.

Smith, B., Claiborne, T., & Liberi, V. (2016). "Ankle bracing decreases vertical jump height and alters lower extremity kinematics". International Journal of Athletic Therapy and Training. https://doi.org/10.1123/ijatt.2014-0143

Soliman, E. S., Shousha, T. M., & Alayat, M. S. (2017). "The effect of pain severity on postural stability and dynamic limits of stability in chronic low back pain". Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 30(5), 1023–1029. https://doi.org/10.3233/BMR-169588

Stamm, O., Dahms, R., & Müller-Werdan, U. (2020). "Virtual reality in pain therapy: a requirements analysis for older adults with chronic back pain". Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 17(1). https://doi.org/10.1186/S12984-020-00753-8

Stanton, Alice E, Xinming Tong, and Fan Yang. 2019. "Extracellular Matrix Type Modulates

Mechanotransduction of Stem Cells". Acta biomaterialia 96: 310–20.

Svoboda, Z., Bizovska, L., Gonosova, Z., Linduska, P., Kovacikova, Z., & Vuillerme, N. (2019). "Effect of aging on the association between ankle muscle strength and the control of bipedal stance". PloS One, 14(10). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0223434

Trost, Z., Zielke, M., Guck, A., Nowlin, L., Zakhidov, D., France, C. R., & Keefe, F. (2015). "The promise and challenge of virtual gaming technologies for chronic pain: the case of graded exposure for low back pain". Pain Management, 5(3), 197–206. https://doi.org/10.2217/PMT.15.6

Turner, A. J., Chander, H., & Knight, A. C. (2018). "Falls in Geriatric Populations and Hydrotherapy as an Intervention: A Brief Review". Geriatrics (Basel, Switzerland), 3(4). https://doi.org/10.3390/GERIATRICS3040071

Virk, S., & Valter McConville, K. M. (2006). "Virtual reality applications in improving postural control and minimizing falls". *Conference Proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference*, *2006*, 2694–2697. https://doi.org/10.1109/IEMBS.2006.260751

Wu J, Loprinzi PD, Ren Z. (2019). "The Rehabilitative Effects of Virtual Reality Games on Balance Performance among Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials". International journal of environmental research and public health. 2019 Jan; 16(21): 4161.

Yalfani, A., & Raeisi, Z. (2021). "Prophylactic ankle supports effects on time to stabilization, perceived stability and ground reaction force during lateral landing in female collegiate athletes with chronic ankle instability". BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation 2021 13:1, 13(1), 1–9. https://doi.org/10.1186/S13102-021-00291-3.