نشریه پژوهش در توانبخشی ورزشی
دوره ۱۰، شماره ۲۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
۱۱۴-۱۰۱

WWW.RSR.BASU.AC.IR

بررسی حس عمقی مفصل لگن و زانو و انواع تعادل در افراد ورزشکار و غیرورزشکار متعاقب پروتکل خستگی

یعقوب ابراهیمی[۱]، احمد محمدی مقدم[۲]، رامین بلوچی[۳*]، فریده باباخانی[۴]

۱. کارشناس ارشد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه تربیت بدنی، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران
۳. دانشیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
۴. دانشیار، گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

دریافت ۴ تیر ۱۴۰۰؛ پذیرش ۱۹ مهر ۱۴۰۱

مقاله پژوهشی

واژگان کلیدی

خستگی

ثبات مرکزی

حس عمقی

تعادل

چکیده

زمینه و هدف: حس عمقی بخشی از سیستم حسی پیکری می‌باشد که مسئول گردآوری اطلاعات برای سیستم عصبی مرکزی به منظور آگاهی دادن از وضعیت بخش‌های بدن است. یکی از عوامل ایجاد اختلال در حس عمقی خستگی است. از طرفی خستگی ممکن است تحت تأثیر سابقه ورزشی قرار گیرد. هدف پژوهش حاضر مقایسه آثار خستگی عضلات مرکزی بر حس عمقی لگن و زانو و میزان انواع تعادل افراد ورزشکار و غیرورزشکار بود.

روش بررسی: ۳۰ مرد (۱۵ ورزشکار و ۱۵ غیرورزشکار) (۱/۶۴±۲۴/۸۷ سال سن، ۵/۵۳±۱۷۸/۲۷ سانتی‌متر قد، ۶/۷۸±۷۳/۱۳ کیلوگرم وزن، طول اندام تحتانی ۴/۷۳±۹۰/۸۷ سانتی‌متر) به‌عنوان پیش‌آزمون، آزمون‌های حس عمقی لگن و زانو و تعادل (ایستا و پویا) را انجام دادند. در جلسه دوم، افراد پس از شرکت در پروتکل خستگی عضلات مرکزی، بلافاصله آزمون‌های حس عمقی و تعادل را در شرایط خستگی انجام دادند. به منظور مقایسه‌ی نتایج پیش و پس از انجام پروتکل خستگی از روش کوواریانس استفاده گردید. سطح معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تفاوت معناداری بین اثر خستگی عضلات مرکزی بر حس عمقی لگن در زاویه ۳۰ درجه ($p=۰/۰۰۲$)، حس عمقی زانو در زاویه ۶۰ درجه ($p=۰/۰۰۷$) و تعادل پویا ($p=۰/۰۰۱$) افراد ورزشکار و غیرورزشکار وجود دارد. در میزان تعادل ایستا ($p=۰/۰۷۲$) این تفاوت معنادار نبود.

نتیجه‌گیری: تقویت عضلات مرکزی تنه جهت پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، باید مورد توجه ویژه مربیان و ورزشکاران قرار گیرد. با توجه به ارتباط پدیده خستگی با افزایش وقوع آسیب ورزشی، می‌توان رخداد خستگی عضلات مرکزی به‌ویژه در افراد غیرورزشکار را یک زنگ خطر دانست و فعالیت بدنی حداقلی با تأکید بر تقویت عضلات مرکزی تنه را به همگان توصیه نمود.

* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۷۱۸۸۶۵۰
پست الکترونیکی: ram_b81@yahoo.com
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/RSR.2021.24483.1583

مقدمه

از جمله پیامدهای فعالیت سنگین روزانه و شرکت در رخدادهای ورزشی پدیده خستگی است. مطالعات بالینی نشان داده‌اند که در شرایط ایجاد خستگی، کنترل عصبی- عضلانی، متزلزل و تأخیر در فعال‌سازی عصبی عضلانی، نیروهای برشی و گشتاور را افزایش داده و ثبات مفصل را به خطر می‌اندازد (اورتیز و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۰۱۹). همچنین خستگی عضلانی سبب افزایش دامنه نوسانات پاسچر[1]، کاهش توانایی حفظ تعادل و اختلال در حس عمقی خواهد شد (باربییری و همکاران، ۲۰۱۶: ۲۷۰). در زمینه پروتکل خستگی و بررسی موارد ذکر شده در یک پژوهش محققان با وارد کردن پروتکل خستگی کاهش قابل‌توجهی در حس وضعیت مفصل زانو بعد از مداخله خستگی مشاهده کردند (میورا و همکاران، ۲۰۰۴: ۴۱۴). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی مردان سالمند انجام شد مشخص گردید که پروتکل خستگی منجر به کاهش قابل توجه حس وضعیت مفصل زانو در آزمودنی‌ها می‌شود (ریبیرو و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۷۹). در مقابل بلیو[2] و همکاران، در پژوهشی که روی زنان غیرورزشکار انجام شد، بین خستگی عضلات سرینی (که جزء عضلات مرکزی بدن می‌باشد) (مک مولن و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۰۷) و کاهش تعادل رابطه معناداری مشاهده نکردند، بنابراین مطرح نمودند که خستگی عضلات سرینی میانی باعث کاهش در تعادل زنان غیرورزشکار نمی‌شود (بلیو و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۷۰). با این وجود، در مطالعه‌ای که حس عمقی مفصل شانه مردان سالم (غیرورزشکار) بررسی شد، نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری بین نمرات پیش و پس از خستگی وجود دارد و خستگی به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر حس عمقی مفصل شانه اثر داشته است (مان و همکاران، ۲۰۰۳: ۸۴۳). همچنین در پژوهشی دیگر که اثر خستگی عضله سرینی میانی بر عملکرد عصبی عضلانی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار تعادل پویا و ایستا و کیفیت حرکت مردان و زنان بود (مک مولن و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۰۷).

در واقع سیستم عصبی مرکزی دارای یک برنامه پیش‌بینی‌کننده به منظور پاسخ است که جهت حفظ ثبات در برابر ضربات وارده بر ستون فقرات و بدن عمل می‌نماید (چیو و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۲۹۵). بنابراین با توجه به عواقب جسمی و هزینه‌های اقتصادی بالای ناشی از عدم حفظ تعادل و تلاش برای بهبود آن، نظارت بر اثربخشی مداخلات درمانی و ورزشی امر حائز اهمیتی است (مک کاسکی و همکاران، ۲۰۱۸). منظور از عضلات مرکزی عضلات عمقی شکمی است که با نخاع و لگن مرتبط بوده و به حفظ وضعیت بدن کمک می‌کنند. هنگامی که عضلات مرکزی از قدرت مناسبی برخوردار باشند می‌توان اجراهای مداوم را به حداکثر رساند و در عین حال دچار آسیب نشد (بیرسل و همکاران، ۲۰۱۱: ۷۲). از طرفی در علم حرکت شناسی توجه ویژه‌ای به ناحیه مرکزی بدن شده است، چرا که این ناحیه از عضلات را به‌عنوان مرکز زنجیره حرکتی عملکردی می‌شناسند (آکوتوتا و نادلر، ۲۰۰۴: ۸۶). حفظ راستای موقعیتی و تعادل وضعیتی در طول فعالیت‌های عملکردی از وظایف ناحیه مرکزی بدن است که به جلوگیری از الگوهای غلط کمک می‌کند (زازولاک و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۱۲۳).

یک ناحیه مرکزی مطلوب، رابطه طبیعی طول تنش عضلات آگونیست[3] و آنتاگونیست را حفظ کرده و این امر منجر به سینماتیک مطلوب مفاصل در مجموعه کمر، لگن و ران در حرکات زنجیره حرکتی- عملکردی و ایجاد حداکثر ثبات برای حرکات اندام تحتانی می‌شود و عملکرد مناسب اندام فوقانی را در پی دارد (ساتو و موخا، ۲۰۰۹: ۱۳۳). کاهش قدرت عضلات پروگزیمال[4] (لگن و ران) باعث ایجاد یک بنیان ضعیف و بی‌ثبات در اندام تحتانی می‌شود که این بی‌ثباتی ناحیه مرکزی می‌تواند به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده آسیب اندام تحتانی باشد (برومیت و دیل، ۲۰۰۸: ۳۷). در همین راستا خسروی و همکاران و گندمی و همکاران نیز گزارش کردند خستگی عضلات مرکزی بدن بر پارامترهای کینماتیکی مفصل زانو در لحظه تماس اولیه پا با زمین اثر دارد (گندمی و نجفی، ۲۰۱۸: ۳۰، خسروی و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۰). علاوه بر این، نحوه عملکرد ستون فقرات علاوه بر توانایی تولید نیروی کافی عضلانی به عوامل دیگری از قبیل هماهنگی و شروع فعالیت مناسب عضلانی در نقطه دقیق حرکتی نیاز دارد و حس عمقی طبیعی برای ایجاد این هماهنگی ضروری است (کلایس و همکاران، ۲۰۱۵: ۳۲۹). اطلاعات حس عمقی نقش مهمی را در حفظ ثبات وضعیت

1. Pascher
2. Bellew
3. Agonist
4. Proximal

مفصل دارد، هر عاملی که بر انتقال این اطلاعات اثر بگذارد به‌عنوان یکی از فاکتورهای بسیار مهم در ایجاد الگوهای غلط حرکتی به شمار می‌آید. تحقیقات نشان داده‌اند اختلالات حس عمقی می‌تواند سبب دیسفانکشن[1] در کل دستگاه حسی شود که در نهایت این اختلال حس عمقی منجر به دیسفانکشن‌های موضعی و عمومی و همچنین تأخیر در ثبات رفلکسی مفصل[2] می‌گردد (یاراحمدی و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۸۹). مطالعات حاکی از همبستگی بالای کاهش دقت حس عمقی در اندام تحتانی با افزایش ریسک زمین خوردن افراد است در صورتی‌که تقویت عضلات مرکزی می‌تواند این خطر را کاهش دهد (هان و همکاران، ۲۰۱۵: ۸۴۲۸۰۴، شیم و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۶). از طرفی حس عمقی بخشی از سیستم حس پیکری است که مسئول گردآوری اطلاعات برای سیستم عصبی مرکزی به منظور آگاهی بخش‌های مختلف بدن از وضعیت یکدیگر است (کامرون و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۴۵). از سوی دیگر دیدگاه‌های جدید عنوان می‌کنند، ادراک[3] یک مقوله صرفاً دریافت اطلاعات نیست، بلکه ادراک فرآیند حافظه و یادگیری در هر شخصی است که به توانایی فرد در یکپارچه‌سازی و استفاده از اطلاعات ورودی حس عمقی اطلاق می‌شود. بر طبق این دیدگاه احتمالاً ورزشکاران به دلیل درگیری در یادگیری مهارت‌های پیچیده نسبت به اجرای خودکار فعالیت‌های روزمره توسط یک فرد غیرورزشی، بیشتر درگیر پردازش مرکزی در فرآیند حس عمقی هستند (هان و همکاران، ۲۰۱۶: ۸۰). علاوه بر این، مطالعات نشان داده‌اند که حس عمقی قابلیت تعلیم دادن را دارد. به منظور تعلیم حس عمقی می‌توان با تمرینات مختلف و خاص این سیستم را درگیر نمود (وویلرم و بویسگونتایر، ۲۰۰۸: ۵۲۱). گفتنی است سیستم آوران از طریق انشعابات نخاعی و کورتیکال[4]، داده‌ها را فراهم می‌کند. با این حال، پژوهش‌های اندکی این فرضیه را حمایت می‌کند. تعدادی از این مطالعات به بررسی توانایی حس عمقی زانو و مچ پای ورزشکاران فوتبال، تنیس و ژیمناستیک با افراد غیرورزشکاران پرداخته‌اند (مؤیدی و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۰۳). برخی نیز به بررسی توانایی حس عمقی این مفاصل در ورزشکاران سطوح مختلف رشته‌های فوتبال، ژیمناستیک، ایروبیک، بدمینتون پرداخته‌اند (هان و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۵۹؛ هان و همکاران، ۲۰۱۵: ۷۷). علاوه بر این، تعادل جزء نیازهای اساسی برای فعالیت روزمره می‌باشد. متغیرهایی همچون آسیب، ناهنجاری، اختلالات عضلانی، جنسیت، عوامل روانی و پیری و کهولت سن کنترل تعادل را تحت تأثیر قرار می‌دهند (منگتی، ۲۰۰۹: ۲۳۰). از طرفی دلیل عمده‌ی دیگر در ضرورت و اهمیت تمرینات تعادلی، در بهبود عملکرد حرکتی، دست‌یابی به حداکثر پتانسیل مکانیزم کنترل عصبی عضلانی است (زج و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۹۲).

با توجه به این نکته که، از طرفی دستورالعمل‌های موجود به منظور اجرای برنامه‌های پیشگیری از آسیب و افتادن، بر پایه کاهش خستگی عضلانی به‌ویژه خستگی عضلات مرکزی است و از طرفی مطالعه‌ی که روی دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار که اثر سابقه ورزشی را هدف قرار داده باشد اندک بود، ضرورت انجام پژوهش حاضر وجود داشت. چرا که انجام پروتکل خستگی و سپس آزمون‌های حس عمقی و تعادل در افراد سالم کم‌تحرک و غیرورزشکار ممکن است اثر احتمالی تمرین را در ورزشکاران بر روی حس عمقی و تعادل نمایان کند و در صورت امکان به این پرسش پاسخ دهد که آیا سابقه ورزشی و فعالیت بدنی می‌تواند بر آثار خستگی روی حس عمقی و تعادل مؤثر باشد یا خیر؟

روش و موادها

در پژوهش حاضر از نمونه‌های در دسترس به‌طور داوطلبانه ۳۰ مرد (۱۵ ورزشکار و ۱۵ غیرورزشکار) (۱/۶۴±۲۴/۸۷ سال سن، ۵/۵۳±۱۷۸/۲۷ سانتی‌متر قد، ۶/۷۸±۷۳/۱۳ کیلوگرم وزن، طول اندام تحتانی ۴/۷۳±۹۰/۸۷ سانتی‌متر) با داشتن معیارهای ورود به تحقیق شرکت داده شدند. در این پژوهش مقایسه تغییرات حس عمقی (مفصل لگن و مفصل زانو) و آزمون تعادل (پویا و ایستا) پیش و پس از اعمال پروتکل خستگی بررسی شد. داشتن حداقل سه سال سابقه ورزشی منظم و فعالیت در یک رشته ورزشی برای افراد ورزشکار، نداشتن هیچ‌گونه تمرینات طاقت فرسا در مدت زمان ۴۸ ساعت پیش از شروع پژوهش، عدم ضعف بدنی افراد غیرورزشکار و توانایی در انجام پروتکل خستگی،

1. Dysfunction
2. Reflexive Joint Stabilization
3. Perception
4. Cortical

عدم سابقه هرگونه جراحی تنه یـا انـدام فوقـانی و تحتـانی، عدم ناهنجاری‌های شدید ستون فقرات (اسکولیوز[1]، کـایفوز[2] و...)، ضایعه منیسک و پارگی لیگامان‌هـای زانـو و همچنـین بی‌ثباتی مفصل مچ پا، آرتریت[3] و مشکلات تعادلی، به‌عنـوان معیارهـای ورود و خـروج از پـژوهش در نظـر گرفتـه شـد (پینسولت و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۹۴). آزمون‌ها در دو جلسـه به‌صورت پیش و پس‌آزمون (با فاصله ۷۲ سـاعت) در سـالن بدنسازی دهکده المپیک پردیس دانشگاه علامـه طباطبـایی در ساعت ده صبح انجام شد. در ابتدا، نحوه انجام آزمون‌ها و پروتکل خستگی توسط آزمون‌گر به آزمودنی‌ها شـرح داده و رضایت‌نامه کتبی جهت شرکت در تحقیق دریافت شد. یـک روز پیش از روز اول آزمون، اندازه‌گیری‌های آنتروپـومتریکی با استفاده از دستگاه تجزیه و تحلیل ترکیـب بـدن (سـاخت کشور کره ZEUS 9.9 Plus) صورت گرفت. روز بعـد افـراد ابتدا آزمون تعادل ایستا و پویـا را انجـام دادنـد. سـپس ۱۵ دقیقه استراحت کرده و حس عمقی مفصل لگن و در مرحله آخر حس عمقی زانو مورد سـنجش قـرار گرفـت. در جلسـه دوم ابتدا آزمودنی‌ها در پروتکـل خسـتگی شـرکت کـرده و بلافاصله با فاصـله زمـانی کمتـر از ۱۰ ثانیـه پـس از انجـام پروتکل خستگی آزمـون‌هـای تعـادل ایسـتا و پویـا و حـس عمقی لگن و زانو انجام گرفت. در پژوهش حاضر بـه منظـور سنجش تعادل ایستا از آزمون لک لک[4] استفاده شـد. شـکل (۱).

شکل ۱: آزمون تعادل ایستا

1. Scoliosis
2. Kyphosis
3. Arthritis
4. Strok Stand Test

آزمون حس عمقی مفصل لگن

برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل لگن، فرد در وضـعیت ایستاده قرار می‌گرفت. سپس از آزمودنی‌ها خواسته می‌شـد که با چشمان باز، به‌صورت فعال، سـه مرتبـه از سـر مفصـل ران ۳۰ درجه (زاویه هدف: نحوه مشخص شدن این زاویه بر روی نرم‌افزار (نرم‌افزار ویژه دستگاه ژیروسکوپ شش کانالـه) برای آزمودنی نشان داده می‌شود) خود را خم کند و زمـانی که به این زاویه می‌رسید محقـق بـه وی اطـلاع مـی‌داد و از آزمودنی خواسته می‌شد که به مدت پنج ثانیه بالا تنـه را در همان وضعیت نگه دارد و این زاویه مفصل لگن را بـه خـاطر بسـپارد. در ادامـه جهـت حـذف مداخلـه بینـایی در حـین اندازه‌گیری، چشم‌های آزمودنی‌ها توسط چشم‌بند بسته و از آنها خواسته می‌شد تا بالاتنه را از مفصل لگن به‌صورت فعال خم نموده و زاویه هدف مورد نظـر (۳۰ درجـه) را بازسـازی کرده و آن را با کلمه «رسیدم» اعلام کنند (شکل ۲). میزان اختلاف موجود بین زاویه ایجاد شده توسط آزمودنی (زاویـه بازسازی شده) با زاویـه هـدف (۳۰ درجـه)، بـدون در نظـر گرفتن مثبت یا منفی بودن جهت حرکـت، بـه‌عنـوان زاویـه خطای مطلق ثبت شـد. حرکـت سـه بـار تکـرار شـده و در نهایت میانگین میزان خطای به‌دست آمده از سه بـار زاویـه بازسازی شده به‌عنوان رکـورد اصـلی هـر آزمـودنی در نظـر گرفته شد (لطافتکار و همکاران، ۲۰۱۷: ۷۶۷).

شکل ۲: آزمون سنجش حس عمقی مفصل لگن

آزمون حس عمقی مفصل زانو

برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل زانو، فرد در وضـعیت نشسته روی صندلی با قابلیت تنظـیم ارتفـاع بـه‌طـوری‌کـه هنگام حرکت، پاهـا بـا زمـین برخـورد نداشـته باشـد قـرار می‌گرفت تا از اخـتلال احتمـالی اصـطکاک زمـین بـر روان

بودن حرکت مفصل مربوطه جلوگیری شود. سنسور مربوط به کانال مورد استفاده در آزمون روی یک سوم تحتانی ساق پای برتر آزمودنی قرار گرفته و دستگاه کالیبره می‌شد. سپس از آزمودنی خواسته می‌شد که با چشمان باز، به صورت فعال، سه مرتبه ساق پای خود را تا زاویه ۶۰ درجه (زاویه هدف) حرکت دهد و زمانی‌که به این زاویه می‌رسید آزمونگر به وی اطلاع داده و می‌خواست که به مدت پنج ثانیه پا را در همان وضعیت نگه داشته و این زاویه را بخاطر بسپارد. در ادامه جهت حذف مداخله بینایی در حین اندازه‌گیری، چشم‌های آزمودنی توسط چشم بند بسته و از او خواسته می‌شد تا ساق پا را به‌صورت فعال حرکت دهد و زاویه هدف مورد نظر (۶۰ درجه) را بازسازی و آن را با کلمه «رسیدم» اعلام کنند (شکل ۳). میزان اختلاف موجود بین زاویه ایجاد شده توسط آزمودنی (زاویه بازسازی شده) با زاویه هدف (۶۰ درجه)، بدون در نظر گرفتن مثبت یا منفی بودن جهت حرکت، به‌عنوان زاویه خطای مطلق ثبت می‌شد. حرکت سه بار تکرار شده و در نهایت میانگین میزان خطای به‌دست آمده از سه بار زاویه بازسازی شده به‌عنوان رکورد اصلی هر آزمودنی در نظر گرفته شد (اسماعیل‌نیا و همکاران، ۲۰۱۷: ۲۶۶).

آزمون تعادل پویای Y:

به منظور سنجش تعادل پویا از آزمون تعادل (Y) برگرفته از آزمون تعادل ستاره استفاده گردید که اعتبار آن (۰/۹۱) جهت تعادل پویا در تحقیقات تأیید شده است (سیپ و همکاران، ۲۰۱۹: ۶۶۳). در این آزمون فرد بر روی پای برتر خود می‌ایستد (زاویه بین بازوها ۹۰، ۱۳۵ و ۱۳۵ می‌باشد) می‌ایستد. اگر پای راست برتر بود، آزمون را خلاف جهت عقربه‌های ساعت و اگر پای چپ برتر بود، در جهت عقربه-های ساعت انجام می‌داد. خطاهایی که سبب توقف تست و تکرار مجدد آن می‌شد عبارت بود از لمس زمین توسط پایی که عمل رسیدن را انجام می‌داد، برهم خوردن تعادل فرد و لمس زمین با دست و تحمل وزن روی پایی که عمل رساندن را انجام می‌داد. هر آزمودنی سه بار تست را انجام می‌داد (شکل ۴). در نهایت نمرات تعادل بر اساس طول پا (فاصله بین خار خاصرهای قدامی فوقانی تا قوزک داخلی در وضعیت خوابیده به پشت) نرمال گردید و نمره نهایی آزمون از میانگین سه تکرار در هر جهت به‌دست آمد (کوقلن و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۶۶).

شکل ۳: آزمون سنجش حس عمقی مفصل زانو

شکل ۴. آزمون تعادل پویا

پروتکل خستگی عضلات مرکزی بدن[1]

از پروتکل خستگی ابداع شده توسط ابت[2] و همکاران (۲۰۰۷) جهت خسته کردن عضلات ثابت‌کننده مرکزی در تمامی صفحات حرکتی استفاده شد. حداقل زمان انجام پروتکل مذکور ۳۲ دقیقه و شامل چهار نوبت متوالی هفت حرکت می‌باشد به‌طوری‌که آزمودنی‌ها هر حرکت تمرینی را ۲۰ مرتبه در مدت ۴۰ ثانیه انجام می‌دادند. آزمودنی در سه نوبت اول هر تمرین را ۲۰ مرتبه در مدت ۴۰ ثانیه اجرا کرده و سپس در نوبت چهارم به منظور اطمینان از خستگی عضلات مرکزی از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد حرکات را تا ناتوانی انجام دهند و بلافاصله (کمتر از ۱۰ ثانیه) پس از اطمینان از وقوع خستگی (عدم توانایی انجام فرم صحیح حرکت در نوبت چهارم و یا عدم توانایی اجرای حرکت با سرعت یک تکرار در حداکثر دو ثانیه) در تمرین هفتم، آزمون‌های حس عمقی مفاصل لگن و زانو و تعادل (ایستا و پویا) گرفته شد (ابت و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۳۰۰) (شکل ۴).

1. Core Fatigue Workout
2. Abt

۱

۲

۳

۴

۵

۶

شکل ۴: پروتکل خستگی

روش آماری: از آمار توصیفی برای محاسبه میانگین و انحراف استاندارد و دسته‌بندی داده‌های خام و توصیف آنها استفاده شد. به منظور بررسی توزیع طبیعی داده‌ها آزمون کلوموگروف اسمیرنوف[۱] به‌کار گرفته شد. پس از اطمینان از طبیعی بودن داده‌ها جهت بررسی تجانس واریانس‌ها از آزمون لون[۲] و همچنین از تحلیل کوواریانس[۳] برای بررسی تفاوت میانگین‌ها استفاده گردید. در این پژوهش سطح معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام گرفت.

ملاحظات اخلاقی

تمامی افراد شرکت‌کننده به منظور انصراف از تحقیق مختار بودند یا در هر مرحله از مطالعه که دیگر قادر به تحمل شدت کار نبودند، می‌توانستند آزادانه از ادامه‌ی کار منصرف شوند. علاوه بر این، ضمن مطرح نمودن خطرات احتمالی، از تمامی افراد برای شرکت در پژوهش فرم رضایت‌نامه اخذ شد. شایان ذکر است پژوهش حاضر دارای کد کمیته اخلاق به شماره (IR.ATU.REC.1399.024) است.

یافته‌ها

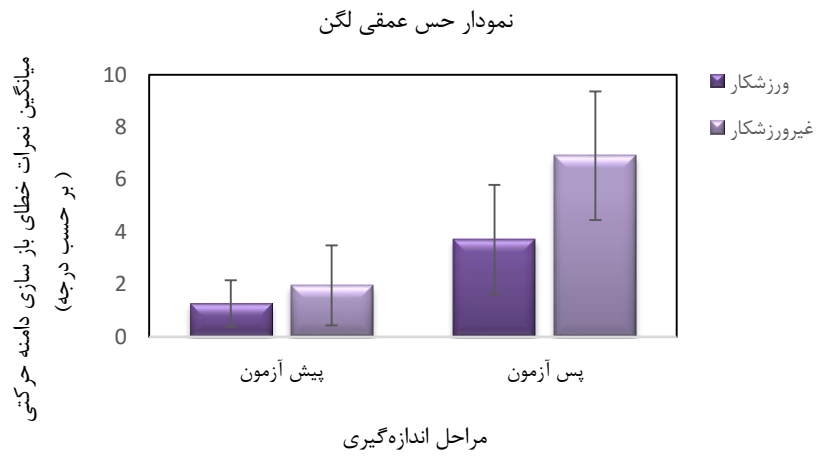
مشخصات آنتروپومتریک آزمودنی‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد تفاوت معناداری بین اثر خستگی عضلات مرکزی بر حس عمقی مفصل لگن و زانو مابین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار وجود دارد. علاوه بر این تفاوت معناداری بین تأثیر خستگی عضلات مرکزی بر تعادل پویا مابین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار وجود دارد. در مقابل، نتایج دو گروه در میزان تعادل ایستا به رغم وجود اختلاف، معنادار نبود.

جدول ۱: مشخصات آنتروپومتریک گروه ورزشکار (۱۵ نفر) و غیر ورزشکار (۱۵ نفر)

مشخصات	ورزشکار	غیر ورزشکار
سن (سال)	۲۴/۸۷±۱/۶۴	۲۳/۶۰±۲/۰۶
قد (سانتی متر)	۱۷۸/۲۷±۵/۵۳	۱۷۴/۳۳± ۶/۴۳
وزن (کیلوگرم)	۷۳/۱۳±۶/۷۸	۶۵/۲۷±۱/۰۹
طول اندام تحتانی (سانتی متر)	۹۰/۸۷±۴/۷۳	۸۹/۶۰±۳/۸۷

یافته‌های پژوهش حاکی از تفاوت معناداری در تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر حس عمقی لگن بین دو گروه ورزشکار و غیر ورزشکار بود ($p=۰/۰۰۲$). (نمودار ۱).

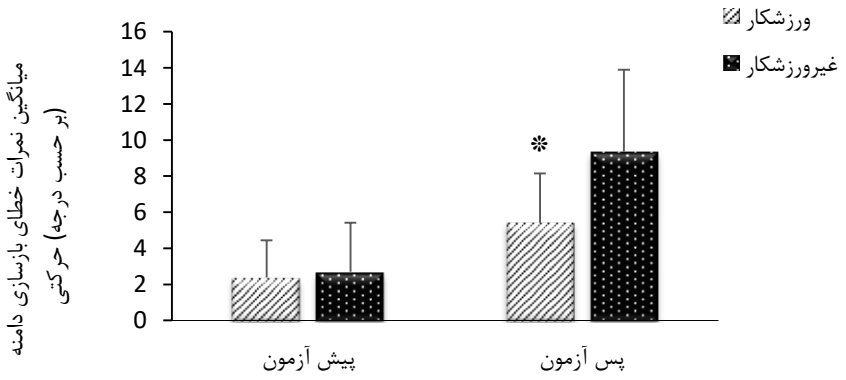
۱ Kolmogorov Smirnov
2. Loon test
3. Analysis of covariance



نمودار ۱: نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون حس عمقی مفصل لگن در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

*نشانگر تفاوت معنادار با گروه غیرورزشکار

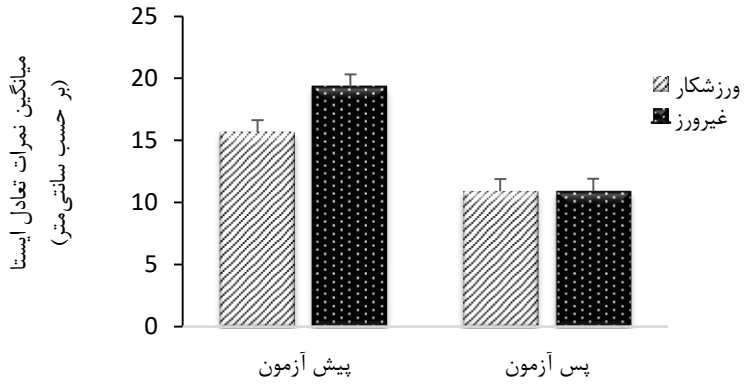
علاوه بر این یافته‌ها نشان داد که بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار از نظر تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر حس عمقی زانو تفاوت معناداری وجود دارد (p=۰/۰۰۷). (نمودار ۲).



نمودار ۲. نتایج حس عمقی مفصل زانو در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

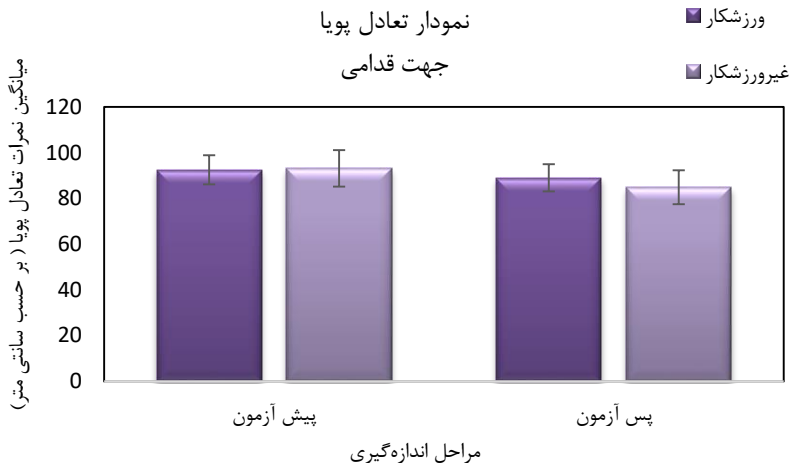
* نشانگر تفاوت معنادار با گروه غیرورزشکار

همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد بین تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر تعادل ایستا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار تفاوت وجود دارد. با این وجود، این تفاوت معنادار نبود (p=۰/۰۷۲) (نمودار ۳).



نمودار ۳: پیش‌آزمون و پس‌آزمون نمرات تعادل ایستا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

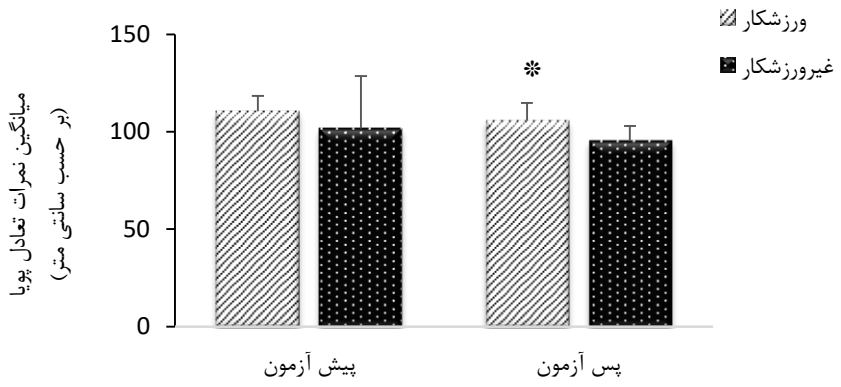
همچنین، یافته‌های پژوهش نشان داد بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار از نظر تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر (جهت قدامی) تعادل پویا تفاوت معناداری وجود دارد (p=۰/۰۰۶) (نمودار ۴).



نمودار ۴: پیش‌آزمون و پس‌آزمون نمرات جهت قدامی تعادل پویا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

* نشانگر تفاوت معنادار با گروه غیرورزشکار

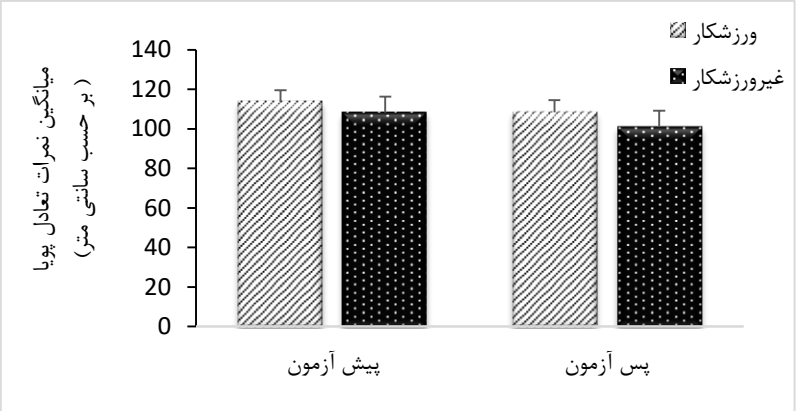
علاوه بر این، بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار از نظر تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر (جهت خلفی- داخلی) تعادل پویا تفاوت معناداری مشاهده گردید (p=۰/۰۰۴) (نمودار ۵).



نمودار ۵: پیش‌آزمون و پس‌آزمون نمرات جهت خلفی- داخلی تعادل پویا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

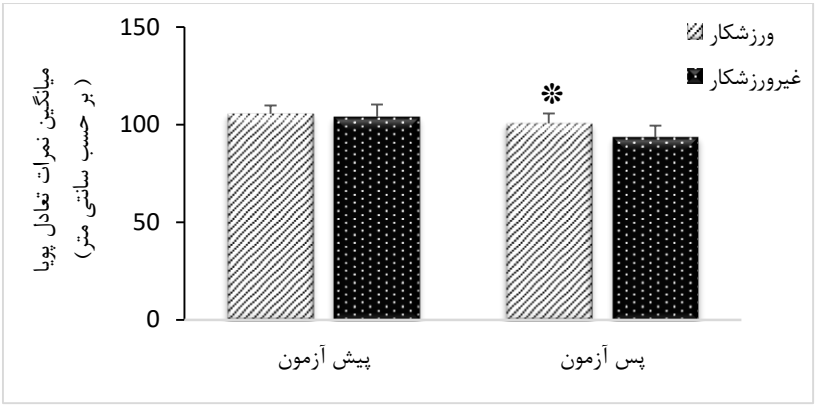
* نشانگر تفاوت معنادار با گروه غیرورزشکار

با این وجود، بین تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر (جهت خلفی- خارجی) تعادل پویا بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار تفاوت معناداری وجود نداشت (p=۰/۰۶۵) (نمودار ۶).



نمودار ۶: پیش‌آزمون و پس‌آزمون نمرات جهت خلفی- خارجی تعادل پویا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

در نهایت نتایج پژوهش حاضر نشان داد بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار از نظر تأثیر خستگی عضلات مرکزی تنه بر تعادل پویا (ترکیبی) تفاوت معناداری وجود دارد (p=۰/۰۰۱) (نمودار ۷).



نمودار ۷: پیش‌آزمون و پس‌آزمون نمرات تعادل پویا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار

* نشانگر تفاوت معنادار با گروه غیرورزشکار

بحث و بررسی

یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از معنی‌دار بودن تفاوت میزان تأثیر خستگی عضلات مرکزی بدن بر حس عمقی مفصل لگن و زانو و همچنین تعادل پویا بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار بود. نتایج در زمینه تعادل ایستا نیز در دو گروه متفاوت بود با این وجود این اختلاف قابل توجه نبود.

بر طبق نتایج پژوهش‌های انجام گرفته، خستگی از یک طرف فرآیندهای بالا دستی پیوندگاه عصبی عضلانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به تدریج سبب کاهش فعال شدن غیرارادی عضله می‌گردد و از طرفی دیگر بر عضلات و مکانیسم‌های انقباضی آن اثر می‌گذارد. همچنین، خستگی موجب افزایش آستانه‌ی دیس شارژ دوک عضله شده و فعالیت نرون گاما را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در اثر خستگی میزان پیام‌آوران حسی به نرون حرکتی آلفا تغییر کرده و منجر به کاهش هماهنگی مفصل و عضلات به منظور عملکرد حفاظتی مناسب می‌شود (ریبیرو و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۷۹). خستگی باعث کاهش توانایی تولید نیرو، هماهنگی عصبی- عضلانی، دقت کنترل حرکتی، حس عمقی، ثبات عمقی، ثبات مفصلی، هم‌انقباضی عضلات و افزایش زمان عکس‌العمل می‌شود، که نتیجه اصلی آن کاهش قابل توجه در عملکرد عضلات است (اورتیز و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۰۱۹). بنابراین کاهش در حس عمقی بر اثر خستگی عضلات مرکزی بدن می‌تواند قابل توجیه باشد. حس عمقی از آنجا که سبب محافظت در مقابل صدمات حرکتی و حافظ ثبات مفاصل و هماهنگ کننده طبیعی آنها در هنگام حرکت است، حائز اهمیت است (یاراحمدی و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۸۹). محققان در مطالعات خود دلیل

علمی اخلال در حس عمقی بر اثر خستگی را این‌گونه بیان کرده‌اند که خستگی عضلانی موضعی با افزایش آستانه تخلیه برای دوک عضلانی و در نتیجه تغییر فعالیت در گیرنده‌های آلفا و گاما، موجب تغییر سیستم حس عمقی محیطی می‌شود. از طرفی افزایش محصولات متابولیک همچون برادی کینین[1]، پروستاگلاندین[2] و اسید لاکتیک در هنگام خستگی سبب تغییر در الگوی تخلیه نرونی دوک-های عضلانی می‌گردد. با توجه به اهمیت دوک عضلانی در ساز و کار حس وضعیت مفصل تعجب‌آور نیست که پروتکل خستگی عضلات خطاهایی را در حس وضعیت مفصل ایجاد کند که یک مکانیزم قابل قبول برای نتایج حاضر باشد (ریبیرو و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۷۹). به روشنی واضح هست که این خطاها به دلیل عدم آمادگی و نرون‌رسانی ضعیف‌تر در افراد غیرورزشکار بیشتر می‌باشد. و این موضوع اهمیت بالای، داشتن فعالیت بدنی و تحرک بیشتر در افراد کم تحرک را گوشزد می‌کند. در نتیجه کاهش میزان حس عمقی در پژوهش حاضر با توجه به موارد گفته شده قابل تفهیم می‌باشد. گفتنی است نتایج پژوهش لاتتانزیو و همکاران (۱۹۹۷) با نتایج مطالعه حاضر در زمینه حس عمقی زانو و میزان بازسازی زاویه مفصل همسو بود (لاتتانزیو و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۲).

نتایج تحقیق حاضر در زمینه تعادل نشان داد تعادل پویا و ایستا در دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار قبل و بعد از پروتکل خستگی به ترتیب تفاوت معنادار و غیرمعنادار دارند. همسو با نتایج پژوهش ما، در مطالعه سورنکک[3] و همکاران (۲۰۰۸) نیز کاهش تعادل پس از پروتکل خستگی در افراد گزارش شد (سورنکک و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۸۰). در مورد مکانیزم‌های احتمالی کاهش نمرات تعادل همان طور که در مطالعه مک‌مولن[4] و همکاران (۲۰۱۱) مطرح شد می‌توان اثر منفی خستگی بر عملکرد عضله سرینی میانی را عنوان کرد. چرا که نشان داده شده است قسمت خلفی عضله سرینی میانی در مراحل اولیه و میانی ایستادن و قسمت قدامی این عضله در مرحله میانی ایستادن نقش تثبیت‌کننده دارد. علاوه بر این، عضله سرینی میانی در ایجاد ثبات در عمل ایستادن روی یک پا که جزء بسیار مهمی در اکثر فعالیت‌های ورزشی است، اهمیت زیادی دارد. بنابراین به احتمال زیاد همان‌طور که در نتایج پژوهش مک‌مولن و همکاران (۲۰۱۱) (همسو با پژوهش حاضر) نیز اذعان داشتند، ضعف این عضله باعث کاهش ثبات و نمرات تعادل در مردان و زنان غیرورزشکار می‌شود (مک مولن و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۰۷). علاوه بر این، همراستا با پژوهش حاضر، مطالعه ویولرم[5] و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند خستگی عضلات تنه موجب کاهش کنترل پوسچرال و تعادل پویا در افراد جوان سالم می‌شود (ویولرم و همکاران، ۲۰۰۷: ۴۸۹).

در زمینه جهات مختلف تعادل پویا، همچون پژوهش ما، در مطالعه مک‌مولن نمره آزمون تعادل پویا در جهت قدامی کاهش چشمگیری داشت، که این کاهش نمرات آزمون تعادل پویا را ناشی از اثر منفی خستگی بر عملکرد عضله سرینی میانی در تولید شتاب رو به جلو و ایجاد ثبات در طول عمل ایستادن روی یک پا عنوان نمود (مک مولن و همکاران، ۲۰۱۱: ۶۰۷). مطالعات نشان داده‌اند که فعالیت عضلات سرینی بزرگ در نمرات تعادل پویا در جهات قدامی، خلفی داخلی و خلفی خارجی مؤثر بوده و خستگی این عضلات سبب کاهش تعادل پویا در جهات مختلف خواهد شد (شیخ‌حسنی و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۶۸). شایان ذکر است هنگامی که پایداری تنه بر اثر نیروهای عکس‌العمل ناشی از حرکت اندام به چالش می‌افتد برخی از عضلات قبل از عضلات آگونیست اندام، به منظور جبران تأثیر این آشفتگی بر پاسچر فرد، منقبض می‌شوند. برای مثال، هنگام اجرای تعادل پویا در جهات خلفی زمانی‌که پا به سمت عقب باز شده، تنه خم می‌شود تا تعادل را حفظ کند (زازولک و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۶۸). اعتقاد بر این است که عضلات تنه نقش مهمی در تعادل دارند و با افزایش قدرت ناحیه مرکزی بدن، موجب بهبود کنترل بدن و تعادل می‌شوند (شیخ‌حسنی و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۶۸). در مقابل، یافته مطالعات ستین و همکاران (۲۰۰۸) و بلیو و همکاران (۲۰۰۹) با نتایج پژوهش حاضر همخوانی نداشت. از دلایل احتمالی عدم همسو بودن مطالعات مذکور با پژوهش حاضر تفاوت در نوع دستگاه ایجادکننده خستگی و شکل پروتکل و اندازه‌گیری تعادل پویا را می‌توان نام برد، چرا که در مطالعه ستین و همکاران (۲۰۰۸) به منظور ایجاد خستگی

1. Bradykinin
2. Prostaglandin
3. Surenkok
4. McMullen
5. Vuillerme

در عضلات تنه از دستگاه استایر مستر[1] و از سیستم اندازه‌گیری بایودکس جهت اندازه‌گیری تعادل پویا استفاده شده بود (ستین و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۶، بلیو و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۷۰). در پژوهش بلیو و همکاران (۲۰۰۹) نیز که به بررسی تعادل پویا در دو گروه زنان جوان و مسن پرداخته و از آزمون کشش عملکردی اصلاح شده برای سنجش تعادل پویا استفاده شده بود به این نتیجه رسیدند که پس از اعمال خستگی، نمرات تعادل پویا تغییر معناداری در دو گروه نمی‌کند. از علت احتمالی ناهمسو بودن نتایج پژوهش مذکور با مطالعه حاضر می‌توان به نوع دستگاه سنجش تعادل پویا و جنسیت آزمودنی‌ها اشاره کرد (بلیو و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۱۷۰). در مقابل بهبود تعادل پویا پس از تمرینات ثبات مرکزی مشاهده شده است که نشان از اهمیت نقش ثبات عضلات مرکزی بدن در تعادل می‌باشد (فیلیپ و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۵۱). با توجه به این موضوع می‌توان تفاوت معنادار در فاکتورهای سنجیده شده بین دو گروه ورزشکار و غیرورزشکار را به دلیل گنجاندن تمرینات حداقلی تنه در اکثر ورزش‌ها بیان کرد. به گفته‌ی گرتچن[2] و همکاران (۲۰۱۳) ثبات مرکزی ورزشکاران نسبت به یک فرد عادی غیرورزشکار به علت تفاوت در نیازها، شکل پیچیده‌تری را به خود می‌گیرد (گرتچن و هیسر، ۲۰۱۳: ۱۵). در نتیجه طبق نتایج پژوهش حاضر سابقه ورزش و فعالیت بدنی می‌تواند از طریق افزایش ثبات در عضلات مرکزی، سبب کاهش کمتر نمرات تعادل پویا و تا حدودی ایستا و بالاتر بودن حس عمقی و بازسازی زاویه مفصل لگن و زانو در وزشکاران نسبت به افراد بدون سابقه‌ی ورزش شود. نکته مهم این‌که بیشتر تحقیقات انجام شده بر روی ورزشکاران یک رشته ورزشی خاص بود در حالی‌که پژوهش حاضر جنبه کلی ورزش و فعالیت ورزشی و داشتن فعالیت بدنی را در نظر گرفته و طبق نتایج به‌دست آمده شاید بتوان گفت که سابقه ورزش و فعالیت بدنی و تحرک بیشتر، سبب کاهش کمتر تعادل و بازیابی بهتر زاویه مفصل و حس عمقی در مفاصل لگن و زانو در افراد با سابقه ورزشی می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر توصیه می‌شود در تحقیقات آتی پژوهشگران به مقایسه تأثیر تمرینات و رشته‌های مختلف ورزشی به‌صورت همزمان بر میزان اثرگذاری خستگی عضلات مرکزی تنه بر حس عمقی و تعادل آنها بپردازند که مشخص گردد دقیقاً چه نوع رشته ورزشی می‌تواند در این امر خطیر موفق‌تر عمل کنند.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از تفاوت معنادار تأثیر خستگی عضلات مرکزی بر حس عمقی و تعادل بین افراد ورزشکار و غیرورزشکار است و با توجه به اهمیت ثبات عضلات مرکزی تنه در پیشگیری از آسیب‌های ورزشی، این دسته از عضلات باید مورد توجه ویژه مربیان و ورزشکاران قرار گیرد. چرا که عضلات مرکزی بدن در بیشتر فعالیت‌ها به‌عنوان تثبت‌کننده مرکز بدن مشارکت دارند. علاوه بر این، می‌توان ضرورت تقویت عضلات مرکزی تنه را در پیشگیری آسیب‌های حین فعالیت و همچنین نیاز به حفظ تعادل برای افراد غیرورزشکار به‌ویژه گروه‌های خطر و افرادی که دچار بی‌تحرکی شده‌اند را درک کرد. از طرفی با توجه به ارتباط خستگی با افزایش وقوع آسیب ورزشی، می‌توان رخداد خستگی عضلات مرکزی به‌ویژه در افراد غیرورزشکار را به‌عنوان یک زنگ خطر محسوب نموده و یک فعالیت بدنی حداقلی با تأکید بر تقویت عضلات مرکزی تنه را به همگان توصیه نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از تمامی افرادی که ما را در انجام بهتر این مهم یاری داده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. پژوهش حاضر برگرفته از پایان نامه نویسنده اول مقاله می‌باشد.

1. Stair Master
2. Gretchen

References

Abt JP, Smoliga JM, Brick MJ, Jolly JT, Lephart SM, Fu FH. (2007). "Relationship between cycling mechanics and core stability". Journal of Strength and Conditioning Research. 21(4): 1300-1304.

Akuthota V, Nadler SF. "Core strengthening". Arch Phys Med Rehabil 2004; 85(1): 86-92

Barbieri FA, Beretta SS, Pereira VA, Simieli L, Orcioli-Silva D, dos Santos PC, and et al. (2016) "Recovery of gait after quadriceps muscle fatigue". Gait & Posture. 43: 270-274.

Bellew J, Panwitz B, Peterson L, Brock M, & Olson K. (2009). "Effect of acute fatigue of the hip abductors on control of balance in young and older women". Arch Phys Med Rehabil. 90(7): 1170-1175.

Bersel BE, Holliday PJ, Topper AK. (2011). A prospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. JGerontol. 49: 84-72.

Brumitt J, Dale RB. (2008). "Functional rehabilitation exercise prescription for golfers". Athletic Therapy Today. 13(2): 37-41.

Cameron ML, Adams RD, Maher CG. (2008). "The effect of neoprene shorts on leg proprioception in Australian football players". J Sci Med Sport. 11(3): 345-352.

Cetin N, Bayramoglu M, Surenkok AO, and Yemisci OU. (2008). "Effects of lower-extremity and trunk muscle fatigue on balance". The Open Sports Medicine Journal. 2: 16-22.

Chiou SY, Hurry M, Reed T, Quek JX, Strutton PH. (2018). "Cortical contributions to anticipatory postural adjustments in the trunk". The Journal of physiology. 596(7): 1295-1306.

Claeys K, Dankaerts W, Janssens L, Pijnenburg M, Goossens N, Brumagne S. (2015). "Young individuals with a more ankle-steered proprioceptive control strategy may develop mild non-specific low back pain. Journal of Electromyography and Kinesiology". 25(2): 329-338.

Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM. (2012). "A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test". J Athl Train. 47(4): 366-371.

Esmailnia, M., Khalkhali Zavieh, M., Naeimi, S.S. (2017). "Effect of balance exercises on lower limb joint proprioception: Systematic review". Scientific Journal of Rehabilitation Medicine. 6(3): 266-273. (In Persian)

Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. (2010). "Neuromuscular training improves performance on the Star Excursion Balance Test in young female athletes". J Orthop Sports Phys Ther. 40(9): 551-558.

Gandomi F, Najafi M. (2018). "Effect of core muscles fatigue on landing mechanic and lower extremity function". J Rehab Med. 7(4): 30-40. (In Persian)

Gretchen D. Oliver, Heather R. Adams-Blair. (2013). "Improving core strength to prevent injury". Journal of Physical Education, Recreation and Dance. 81(1): 15-19.

Han J, Anson J, Waddington G and Adams R. (2014). "Sport attainment and proprioception". Int J Sports Sci Coach. 9(1): 159-170.

Han J, Anson J, Waddington G, Adams R, Liu Y. (2015). "The role of ankle proprioception for balance control in relation to sports performance and injury". BioMed Research International. 2015: 842804.

Han J, Waddington G, Adams R, Anson J and Liu Y. (2016). "Assessing proprioception: A critical review of methods". J Sport Health Sci. 5(1): 80-90.

Han J, Waddington G, Anson J and Adams R. (2015). "Level of competitive success achieved by elite athletes and multi-joint proprioceptive ability". J Sci Med Sport. 18(1): 77-81.

Khosravi S, Eraghi ES, Seydi F. (2018). "The effect of core muscle functional fatigue on some of kinematics parameters related to ACL injury during single-leg stop-jump task in female athletes". J Rehab Med. 7(1): 10-21. (In Persian)

Lattanzio PJ, Petrella RJ, Sproule JR, Fowler PJ. (1997). "Effects of Fatigue on Knee Proprioception". Clinical Journal of Sport Medicine. 7(1): 22-27.

Letafatkar A, Nazarzadeh M, Hadadnezhad M, Farivar N. (2017). "The efficacy of a HUBER exercise system mediated sensorimotor training protocol on proprioceptive system, lumbar movement control and quality of life in patients with chronic non-specific low back pain". Journal of back and musculoskeletal rehabilitation. 30(4): 767-778. (In Persian)

Maan Lee, H. Jong Liau, J. Kung Cheng, C. Ming Tan, C. (2003). "Tien Shih, J. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue". Clinical Biomechanics. 18(9): 843-847.

McCaskey MA, Wirth B, Schuster-Amft C, de Bruin ED. (2018). "Postural sensorimotor training versus sham exercise in physiotherapy of patients with chronic nonspecific low back pain: An exploratory randomised controlled trial". PloS one. 13(3): e0193358.

McMullen KL, Coby NL, Hertel J, Ingersoll CD, Hart JM. (2011). "Lower extremity neuromuscular control immediately after fatiguing hip-abduction exercise". Journal of athletic training. 46(6): 607-614.

Meneghetti, CHZ. Blascovi- Assis SM, Deloroso, FT. Rodrigues GM. (2009). "Static balance assessment among children and adolescents with Down syndrome". Rev. Bras Fisioter. 13(3): 230-235.

Miura, K., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Okamura, Y., Otsuka, H., Toh, S. (2004). "The effect of local and

general fatigue on knee proprioception". Arthroscopy. 20(4): 414-418.

Muaidi QI, Nicholson LL and Refshauge KM. (2009). "Do elite athletes exhibit enhanced proprioceptive acuity, range and strength of knee rotation compared with non-athletes? "Scand J Med Sci Sports. 19(1): 103-112.

Ortiz A, Olson SL, Etnyre B, Trudelle-Jackson EE, Bartlett W, VenegasRios HL. (2010). "Fatigue effects on knee joint stability during two jump tasks in women". J Strength Cond Res, 24(4): 1019-1027.

Pinsault N and Vuillerme N. Degradation of cervical joint position sense following muscular fatigue in humans. Spine 2011; 35(3): 294-297.

Ribeiro F., Mota J., Oliveira J. (2007). "Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee in the elderly". Eur J Appl Physiol. 99(4): 379-385.

Sato K, Mokha M. (2009). "Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners?". The Journal of Strength & Conditioning Research. 23(1): 133-140.

Sheikhhassani S, Rajabi R, Minoonejad H. (2013). "The effect of core muscle fatigue on measurements of lower extremity functional performance in male athletes". J Res Rehabil Sci. 9(4): 668-682. (In Persian)

Shim AL, Steffen K, Hauer P, Cross P, Van Ryssegem G. (2015). "The effects of balance training on stability and proprioception scores of the ankle in college students". International Journal of Kinesiology & Sports Science. 3(4): 16-21.

Sipe CL, Ramey KD, Plisky PP, Taylor JD. (2019). "Y-Balance Test: A Valid and Reliable Assessment in Older Adults". Journal of aging and physical activity. 27(5): 663-669.

Surenkok O, Kin-Isler A, Aytar A, Gultekin Z. (2008). "Effect of trunk-muscle fatigue and lactic acid accumulation on balance in healthy subjects". Journal of sport rehabilitation. 17(4): 380-386.

Vuillerme N, Anziani B, Rougier P. (2007). "Trunk extensor muscles fatigue affects undisturbed postural control in young healthy adults". Clin Biomech. 22(5): 489-494.

Vuillerme N, Boisgontier M. (2008). "Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint". Gait & Posture. 28(3): 521-524.

Yarahmadi Y, Hadadnezhad M, Shojaodin S S. (2018). "A Comparison of the Effectiveness of Suspended Exercise and Functional Stabilization Exercise on the Intensity of Pain, Proprioception Functional and Movement Control Ability in Men with Nonspecific Chronic Low Back Pain". J Mil Med. 20(2): 189-200. (In Persian)

Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, and et al. (2007). "The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical- epidemiological study". Am J Sports Med. 35(3): 368-373.

Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. (2007). "Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: prospective biomechanical-epidemiologic study". The American journal of sports medicine. 35(7): 1123-1130.

zech, A. Hubscher, M. Vogt, L. Banzer,W. Hansel, F. Pfeifer, K. (2010). "Performance Enhancement. A Systematic Review". Journal of Athletic Training. 45(4): 392-403.