

ارتباط بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی با همانقباضی عضلات مچ پا در افراد دارای اضافه‌وزن در مقایسه با افراد نرمال

رشید صادقلو^۱، آمنه پوررحیم^۲، هستی قره‌باغی^۳، امیرعلی جعفرنژاد گرو^۴*

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۸/۲۳ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۱۰/۱۰

چکیده

پیش‌زمینه و هدف: به فعال‌سازی هم‌زمان عضلات موافق و مخالف حول یک مفصل همانقباضی گفته می‌شود که نقشی کلیدی در پایداری و ثبات مفصل دارد این موضوع از نظر فیزیولوژیکی و بیومکانیکی دارای اهمیت است. هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی ارتباط بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی با همانقباضی عضلات مچ پا در افراد دارای اضافه‌وزن در مقایسه با افراد نرمال است.

مواد و روش کار: نمونه آماری پژوهش ۲۴ مرد و زن بودند که به شیوه در دسترس انتخاب و به دو گروه افراد دارای اضافه‌وزن و افراد نرمال تقسیم شدند. فعالیت عضلات مچ پا طی عمل دویدن ثبت شد. حداکثر ضربان قلب هنگام پروتکل خستگی نیز با دستگاه پولار ثبت شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک و ارزیابی اثر گروه، اثر خستگی و اثر تعاملی خستگی × گروه با آنالیز واریانس دوسویه با اندازه‌های تکراری ارزیابی شد. بررسی هم‌بستگی بین متغیرها از ضریب هم‌بستگی پیرسون در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد، تغییرات همانقباضی عمومی و جهت‌دار مچ پا در قبل و بعد خستگی در هر دو فاز دویدن دچار تغییر نشده بود و همچنین هم‌بستگی معنی‌داری بین حداکثر ضربان قلب و تغییرات همانقباضی عمومی و جهت‌دار فاز یک و دو دویدن مشاهده نشد ($P > 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: این پژوهش نشان داد که حداکثر ضربان قلب طی تمرین درمانده‌ساز، همانقباضی عضلات مچ پا را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. نبود هم‌بستگی میان این دو متغیر نشان می‌دهد که ممکن است پاسخ سیستم عصبی عضلانی به خستگی، مستقل از فشارهای قلبی عروقی و وزن بدن است.

کلیدواژه‌ها: همانقباضی، حداکثر ضربان قلب، خستگی، مچ پا، اضافه‌وزن

مجله مطالعات علوم پزشکی، دوره سی و پنجم، شماره نهم، ص ۷۱۶-۷۰۶، آذر ۱۴۰۳

آدرس مکاتبه: اردبیل، میدان پلیس، بلوار دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، تلفن: ۰۹۳۹۰۳۹۵۳۶۰

Email: Rashidsadeghloo@yahoo.com

مقدمه

طی یک دهه گذشته چاقی و اضافه‌وزن در بزرگسالان افزایش چشم‌گیری را به نمایش گذاشته است و به‌عنوان عاملی که به روند وابستگی بزرگسالان به کمک سرعت می‌بخشد شناخته شده است (۱). تحقیقات مربوط به همه‌گیرشناسی چاقی و اضافه‌وزن را به‌عنوان عاملی خطرزا برای چندین و چند بیماری مانند، دیابت، بیماری‌های قلبی عروقی، فشارخون و انواع سرطان‌ها معرفی کرده‌اند. (۲). چاقی و اضافه‌وزن با بسیاری از اختلالات اسکلتی

عضلانی در ارتباط است (۳). بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی^۵ (WHO) و آماری که در رابطه با چاقی و اضافه‌وزن در سال ۲۰۱۴ منتشر شد، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ تعداد افراد مبتلا به چاقی به‌صورت گسترده‌ای با افزایش روبه‌رو شود این موضوع در ایران نیز وجود دارد و در یک دوره هشت‌ساله چاقی و اضافه‌وزن در بین بزرگسالان ایرانی به‌طور چشم‌گیری افزایش پیدا کرده است (۴، ۵). با توجه به افزایش چشم‌گیر چاقی و اضافه‌وزن در بین بزرگسالان یکی از اهداف سازمان بهداشت جهانی این

^۱ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۲ دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۳ گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۴ دانشیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول)

^۵ World Health Organization

است که تا رسیدن سال ۲۰۲۵ از افزایش و بالا رفتن آمار چاقی و اضافه وزن در جهان جلوگیری کند (۴).

برای بهینه شدن عملکرد بدنی و نیز افزایش توانایی بدن در برابر فشارهایی که در طول زندگی وارد می شود فعالیت بدنی انجام می شود. همین طور فعالیت بدنی و ورزش منجر به افزایش سلامت روحی روانی می شود. از دیگر فواید ورزش و فعالیت فیزیکی که در مطالعات گذشته به آن اشاره شده می توان به کاهش در عوامل خطرزای بیماری های مزمن بیماری های قلبی عروقی، دیابت، استرس، افسردگی و... اشاره داشت. پژوهشگران اثبات نموده اند که کار با شدت بالا منجر به خستگی می شود که بر روی عملکرد اثرگذار است. عواملی چون آمادگی جسمانی، توانایی افراد، قدرت و آمادگی ذهنی و نیز انرژی ذخیره شده می توانند با دلایل خستگی در ارتباط باشند (۶).

از نظر فیزیولوژیکی به ناتوانی عضله در تولید انرژی کافی جهت ادامه فعالیت، خستگی گفته می شود (۷). به طور کلی دو نوع خستگی وجود دارد: خستگی مرکزی و خستگی محیطی. از خستگی مرکزی به عنوان عاملی که منجر به ناتوانی دستگاه عصبی مرکزی در فراخوانی نورون های حرکتی هنگام انجام دادن فعالیت های طولانی مدت و یا به هنگام تمرینات هوازی متناوب ذکر می شود (۸). هنگام فعالیت بدنی و ورزش خستگی عضلانی رخ می دهد و منجر به اختلال در عملکردهای حرکتی فرد می شود همین طور با به وجود آوردن اختلال در کنترل عصبی و عضلانی منجر به صدمه و آسیب دیدگی می شود (۹). در نتیجه خستگی عضلانی، تغییراتی در حس عمقی به وجود می آید که همین تغییرات باعث به وجود آمدن تغییراتی در تعادل افراد خواهد شد (۱۰). پروتکل های ایجاد خستگی در کل به دو دسته پروتکل های عمومی و پروتکل های موضعی تقسیم می شوند (۹). بدن انسان حین ایجاد خستگی و همین طور کاهش انرژی به منظور ادامه فعالیت به دنبال راهکردی برای بازیابی انرژی است و یا به بیان دیگر در زمان خستگی، بدن برای ادامه دادن هنگام عمل جبرانی به منظور حفظ منابع انرژی منجر به کاهش ثبات مفصلی می شود (۱۱) (۱۲). در پژوهش های پیشین گزارش شده که خستگی منجر به کاهش عملکرد دستگاه عصبی عضلانی، اختلال در هم انقباضی عضلات و کاهش کارآمدی عضلات می شود همچنین بیان شده که در نتیجه خستگی، هم انقباضی عضلات دور مفصل مچ پا دچار تغییر شده که همین موضوع خطر آسیب دیدگی را در حین فعالیت ها مانند دویدن افزایش می دهد همچنین میزان آسیب دیدگی های مربوط به مچ پا در هنگام دویدن ۳۹ درصد گزارش شده است که

پژوهشگران از خستگی به عنوان عامل آسیب حین دویدن نام می برند از این رو توجه به هم انقباضی عضلات مچ پا به ویژه عضلات درشت نی قدامی و دوقلو می تواند اطلاعات کاربردی در جهت جلوگیری از آسیب دیدگی حین فعالیت دویدن فراهم کند (۱۳، ۱۴).

به انقباض هم زمان عضلات موافق و مخالف دور یک مفصل هم انقباضی^۱ گفت می شود که نقش اساسی در حرکات بدن انسان ایفا می کند (۱۵) (۱۶). هم انقباضی در کنترل حرکات، ثبات مفصل و همچنین تولید نیرو نقش مهمی دارد (۱۷). همچنین در فعالیت هایی که نیازمند کنترل وضعیت بدن و تعادل می باشند مانند راه رفتن در سطوح ناهموار یا حفظ حالت ایستاده بدن، نقش بسیار اساسی دارد عواملی مانند سن، جنسیت و وضعیت آمادگی جسمانی می تواند بر توانایی ها و الگوهای هم انقباضی اثرگذار باشند. تحقیقات نشان داده اند که چنین عواملی می توانند بر مدت زمان، دامنه و هماهنگی هم انقباضی اثر بگذارند که همین موضوع تأکیدی است بر اهمیت تفاوت های فردی در کنترل حرکت (۱۸). همچنین پژوهش های صورت گرفته بیان کردند که افراد چاق در مقایسه با افراد با وزن نرمال هم انقباضی عضلات مچ پا بیشتری را دارند این موضوع احتمالاً برای افزایش ثبات مفصل مچ پا و حمایت از اضافه وزن موجود در این افراد است. همچنین چاقی منجر به تغییر الگوهای راه رفتن مانند طول قدم ها و سرعت راه رفتن می شود که همین تغییرات با افزایش تلاش عضلات برای حفظ تعادل و کارآمدی حرکات در ارتباط است (۱۹). در کل هم انقباضی عضلانی به دو نوع تقسیم می شود، هم انقباضی عمومی و هم انقباضی جهت دار. در هم انقباضی جهت دار عضلات آگونیست و عضلات آنتاگونیست هم زمان فعال می شوند و با حمایت کردن مفصل منجر به ثبات و پایداری مفصل می شوند و با فعالیت EMG یا الکترومایوگرافی^۲ عضلات مخالف نسبت به عضلات موافق محاسبه می شود. در هم انقباضی عمومی عضلات آگونیست و عضلات آنتاگونیست دور مفصل به طور برابر و باهم فعالیت می کنند و از طریق جمع فعالیت الکترومایوگرافی تمام عضلات حول مفصل به دست می آید. پژوهشگران بر این باورند که هم انقباضی جهت دار گشتاورهای خارجی را مورد حمایت قرار می دهد تا منجر به کاهش یکی از عامل های مهم در ثبات مفصل و فشارهای وارد شده به مفصل شود (۲۰) (۲۱). در رابطه با سنجش هم انقباضی، الکترومایوگرافی یا EMG انقلابی در مطالعه هم انقباضی به وجود آورد که به پژوهشگران اجازه داد تا فعالیت عضله را اندازه گیری کنند و همچنین زمان و هماهنگی انقباض عضلات را ارزیابی

² Electromyography

¹ Co-Contraction

نمایند (۱۷). در رابطه با اهمیت ضربان قلب، در چندین مطالعه این‌طور بیان‌شده که ضربان قلب انسان در حالت استراحت می‌تواند شاخصی باشد برای پیش‌بینی بیماری‌های قلبی که ممکن است در آینده برای انسان اتفاق بیافتد. در پژوهش ایتاگی و همکاران این‌طور بیان‌شده که چاقی با تکیه‌کردن و فشارخون که از عوامل مربوط با بیماری‌های قلبی عروقی هستند در ارتباط است و همچنین ذکر کردند که افراد چاق و دارای اضافه‌وزن دارای ضربان قلب در حالت استراحت بیشتری هستند که این موضوع ممکن است بر فعالیت‌های این افراد اثرگذار باشد (۲۲). ضربان قلب یک پارامتر فیزیولوژیکی است که به‌آسانی قابل اندازه‌گیری است که معمولاً برای سنجش پاسخ قلبی عروقی طی فعالیت ورزشی و فازهای ریکاوری استفاده می‌شود. ضربان قلب همراه با شدت فعالیت ورزشی به‌صورت خطی افزایش پیدا می‌کند و حداکثر ضربان قلب (HRmax) بالاترین حدی است که یک فرد حین فعالیت ورزشی و زمان رسیدن به درماندگی به آن دست پیدا می‌کند. عموماً افراد غیرورزشکار در مقایسه با افرادی که ورزش می‌کنند دارای ضربان قلب بیشتری هم در حالت استراحت و هم در حالت حداکثر تلاش برای فعالیت بدنی می‌باشند همچنین نتایج پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که حداکثر ضربان قلب در اثر فعلیت بدنی کاهش پیدا می‌کند، این کاهش در نتیجه سازگاری‌هایی است که بر اثر انجام فعالیت بدنی در سیستم عصبی خودمختار و در قلب اتفاق می‌افتد تا بدن به یک برون‌ده قلبی کارآمد دست پیدا کند (۲۳).

درک آناتومی، بیومکانیک و کنترل عصبی عضلانی مفصل مچ پا و عضلات مرتبط با آن برای فهمیدن الگوهای حرکتی بدن انسان و بهبود عملکرد ورزشی ضروری و مهم است مفصل مچ پا یک سازه پیچیده است که نقشی بنیادی در حرکات انسان دارد و پایداری و حرکت را در اندام‌های تحتانی فراهم می‌کند. مفصل مچ پا از اجتماع سه استخوان درشت‌نی^۱ یا تیبیا، نازک‌نی^۲ یا فیبولا و استخوان قاپ^۳ یا تالوس تشکیل می‌شود و جزو مفاصل سینوویال است. از مهم‌ترین عضلات درگیر در این مفصل می‌توان به عضله درشت‌نی قدامی^۴ که در قسمت قدامی و عضله دوقلو^۵ که در قسمت خلفی وجود دارند اشاره داشت (۲۴).

مواد و روش کار

این پژوهش از نظر هدف جزو پژوهش‌های بنیادی است همچنین از نظر شیوه اجرا جزو پژوهش‌های نیمه‌تجربی است. روش

به کار گرفته‌شده به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات هم آزمایشگاهی است. جامعه آماری پژوهش حاضر افراد سالم و دارای اضافه‌وزن شهرستان اردبیل هستند که به شیوه در دسترس انتخاب شدند حجم نمونه پژوهش حاضر به‌وسیله نرم‌افزار G*Power اندازه‌گیری شد این نرم‌افزار تعیین نمود با اندازه اثر ۰/۷ و سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برای آزمون آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری همراه با طرح تعاملی درون و بین گروهی هر گروه باید حداقل ۱۰ آزمودنی داشته باشد به همین دلیل تعداد ۲۴ به‌منظور مطالعه به دو گروه ۱۲ نفری افراد دارای اضافه‌وزن و افراد نرمال تقسیم شدند همچنین به‌منظور آگاهی از وجود بیماری‌های مرتبط با اضافه‌وزن و چاقی مانند بیماری‌های دیابت، فشارخون و بیماری‌های قلبی عروقی بین آزمودنی، کلیه آزمودنی‌ها به‌وسیله پرسشنامه‌ای که توسط پژوهشگران تهیه شده بود غربالگری شدند و طبق نتایج این پرسشنامه بیماری‌ای در بین آزمودنی‌ها وجود نداشت.

سپس آزمودنی‌های پژوهش ابتدا باهدف، روش انجام و سود و زیان‌های احتمالی پژوهش آشنا و بعد به پر کردن فرم‌های پرسش‌نامه و همچنین رضایت‌نامه پژوهش اقدام کردند. در مرحله بعد تمامی آزمودنی‌ها به‌منظور گردآوری اطلاعات پایه مانند، قد، وزن و ضربان قلب به مرکز منتخب پژوهشگر مراجعه نمودند.

جهت تعیین مقادیر مورد ارزیابی در پژوهش حاضر که حداکثر ضربان قلب و هم‌انقباضی عضلات مچ پا می‌باشند کلیه آزمودنی‌ها در مرحله پیش از آزمون به مرکز موردنظر پژوهشگر ارجاع داده شدند و سپس در مرحله بعد فعالیت الکتریکی عضلات مفصل مچ پا شامل تیبیالیس انتریور یا درشت‌نی قدامی و همچنین عضله گاستروکنمیوس یا همان عضله دوقلو طی عمل دوییدن با دستگاه الکترومایوگرافی DataLite EMG از شرکت Biometrics Ltd ساخت انگلستان با نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت شدند همچنین حداکثر ضربان قلب هنگام پروتکل خستگی درمانده‌ساز با دستگاه پولار ثبت شد. مقادیر هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار مفصل مچ پا برای عضلات تیبیالیس انتریور و گاستروکنمیوس نیز محاسبه گردید.

ثبت سیگنال‌های الکترومایوگرافی

جهت ثبت فعالیت الکتریکی عضلات موهای زائد محل نصب الکتروود تراشیده و پوست آن محل به‌وسیله الکترول و پنبه تمیز گردید همچنین به‌منظور کاهش مقاومت الکتریکی پوست از ژل روان‌کننده استفاده شد. شیوه الکتروود گذاری از نوع دوقطبی و فاصله ۲۰ میلی‌متری از مرکز هر دو الکتروود بود (۲۵). سپس با

⁴ Tibialis Anterior

⁵ Gastrocnemius

¹ Tibia

² Fibula

³ Talus

توجه به پروتکل سنجیم الکترودها در محل دقیق خود بر روی عضلات دوقلو و درشتنی قدامی نصب شدند (۲۶).

شرکت کنندگان

آزمودنی‌های پژوهش حاضر تعداد ۲۴ نفر آقا و خانم بودند که به دو گروه ۱۲ نفری، افراد دارای اضافه‌وزن با شاخص توده بدنی یا BMI بیشتر از ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع ($BMI > 25 \text{ KG} / \text{M}^2$) و افراد نرمال با شاخص توده بدنی یا BMI کمتر از ۲۵ کیلوگرم بر مترمربع ($BMI < 25 \text{ KG} / \text{M}^2$) تقسیم شدند. همچنین اطلاعات پایه آزمودنی‌ها در جدول ۱ قابل مشاهده است.

پروتکل پژوهش

تمامی آزمودنی‌ها قبل از انجام پروتکل به مدت ۴ دقیقه حرکات کشش پویا و نیز به مدت ۵ دقیقه گرم کردن که شامل دویدن آهسته بود را انجام دادند. پیش و پس از پروتکل خستگی از آزمودنی‌های پژوهش درخواست شد تا با سرعت مشخص ۳/۳ متر بر ثانیه بر روی یک مسیر ۱۸ متری ۶ مرتبه بدوند تا فعالیت الکتریکی عضلات آن‌ها در مراحل پیش از آزمون و پس از آزمون ثبت شود. به منظور ایجاد پروتکل خستگی از تردمیل شرکت Horizon Fitness مدل Omega GT ساخت آمریکا استفاده شد. در آغاز آزمودنی‌های پژوهش پروتکل را درحالی‌که با سرعت ۶ کیلومتر در ساعت (6 km/h) راه می‌رفتند آغاز کردند و به ازای هر دو دقیقه یک کیلومتر به سرعت تردمیل اضافه شد و برای مشخص شدن میزان خستگی آزمودنی‌ها از مقیاس ادراکی ۶-۲۰ بورگ استفاده شد (۲۷). زمانی که آزمودنی‌های پژوهش میزان درک ۱۳

و یا بالاتر را یا توجه به مقیاس بورگ گزارش دادند سرعت تردمیل به منظور دوییدن با سرعت ثابت، ثابت شد. در حین دوییدن با سرعت ثابت، امتیاز فشار درک شده هر ۳۰ ثانیه یک بار ارزیابی می‌شد و پروتکل خستگی بعد از دو دقیقه دوییدن در حالت پایدار در فشار ۱۷ از مقیاس ۶ تا ۲۰ بورگ به پایان می‌رسید (۲۸). درست بعد از پروتکل خستگی از آزمودنی‌ها خواسته شد به منظور ثبت فعالیت الکتریکی عضلات در مرحله پس از آزمون، دوباره پروتکل دوییدن با سرعت ثابت را در مسیر ۱۸ متری ۶ مرتبه تکرار کنند.

داده‌های الکترومایوگرافی

به منظور صحت و درست بودن داده‌های به دست آمده کلیه داده‌ها به شیوه‌های گوناگون موردبررسی قرار گرفتند. ارزیابی صحت سیگنال‌های الکترومایوگرافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود که به وسیله منابع، تحقیقات و دانشی که محقق در طی انجام پژوهش و مرور ادبیات گذشته به دست آورده بود انجام گرفت. سیگنال‌های الکترومایوگرافی با فیلتر ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز و با نرخ نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز ثبت شدند. همچنین به منظور نرمال کردن سیگنال‌های الکترومایوگرافی اطلاعات Root Mean Square یا RMS عضلات دوقلو و درشتنی قدامی جهت نرمال شدن بر حداکثر انقباض ارادی یا MVIC همان عضله تقسیم و در عدد صد ضرب شدند همچنین به منظور محاسبه هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار عضلات مفصل مچ پا از معادلات زیر استفاده گردید:

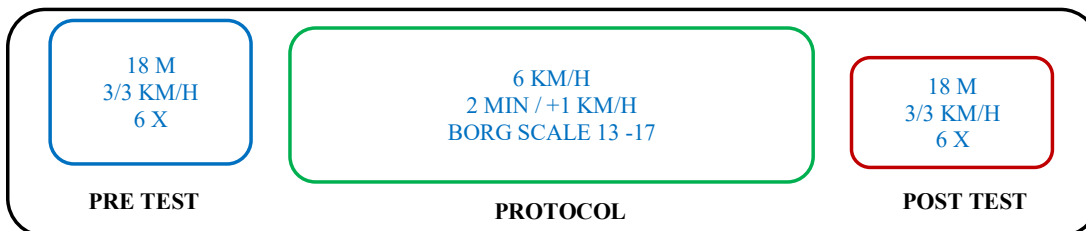
هم‌انقباضی عمومی = جمع میانگین فعالیت عضلات عبور کننده از مفصل

هم‌انقباضی جهت‌دار:

$$1 - \frac{\text{میانگین فعالیت عضلات آنتاگونیست}}{\text{میانگین فعالیت عضلات آگونیست}} = \text{هم‌انقباضی جهت‌دار (میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست > میانگین فعالیت عضله آگونیست)}$$

$$\frac{\text{میانگین فعالیت عضلات آگونیست}}{\text{میانگین فعالیت عضلات آنتاگونیست}} = \text{هم‌انقباضی جهت‌دار (میانگین فعالیت عضله آنتاگونیست < میانگین فعالیت عضله آگونیست)}$$

در هم‌انقباضی جهت‌دار هر چه عدد به دست آمده به عدد صفر نزدیک‌تر باشد، میزان هم‌انقباضی بیشتر می‌شود و هر چه عدد به ۱ و ۱- نزدیک‌تر باشد، میزان هم‌انقباضی کاهش پیدا می‌کند (۲۹).



شکل (۱): پروتکل پژوهش جهت بررسی ارتباط بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی درمانده‌ساز و هم‌انقباضی عضلات مچ پا در افراد دارای اضافه‌وزن در مقایسه با افراد نرمال

تحلیل آماری

برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها شاپیرو ویلک استفاده شد و جهت بررسی اثر عامل خستگی، عامل گروه و اثر تعاملی خستگی X گروه از آنالیز واریانس دوسویه با اندازه‌های تکراری استفاده شد همچنین مقادیر هم‌بستگی حداکثر ضربان قلب و هم‌انقباضی عضلات مفصل مچ پا توسط ضریب هم‌بستگی پیرسون در سطح معنی‌داری که ۰/۰۵ است ثبت شد همچنین تمام مراحل آنالیز

داده‌های این پژوهش در نرم‌افزار SPSS27 انجام گرفت.

یافته‌ها

میانگین داده‌های قد، وزن، شاخص توده بدنی، سن و ضریب معنی‌داری آزمودنی‌ها در جدول ۱ ذکر شده است نتایج نشان داد که بین قد آزمودنی‌های گروه نرمال و اضافه‌وزن اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما با توجه به داده‌ها مشخص شد که بین وزن و شاخص توده بدنی و سن آزمودنی‌ها این اختلاف معنی‌دار بود.

جدول (۱): مقایسه میانگین قد، وزن، شاخص توده بدنی و سن افراد دارای اضافه‌وزن و نرمال

گروه	وزن نرمال	اضافه‌وزن	P-Value
قد	۱۶۴/۹±۴/۵	۱۶۰/۶±۵/۰۶	۰/۲۲
وزن	۵۵/۵±۷/۳۰	۷۹/۲±۱۲/۱	۰/۰۰۱
شاخص توده بدن	۲۰/۰±۰/۰۲	۳۰/۰±۰/۰۴	۰/۰۰۱
سن	۲۱/۹±۳/۷	۲۸/۵±۷/۲۱	۰/۰۳

*سطح معنی‌داری ۰/۰۵ < P

جدول (۲): میانگین و انحراف استاندارد هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار عضلات مچ پا و همچنین و اثر عوامل خستگی، گروه و اثر تعاملی خستگی و گروه افراد نرمال و دارای اضافه‌وزن در مراحل پیش و پس‌آزمون

گروه نرمال	گروه اضافه‌وزن	اثر خستگی	اثر گروه	اثر تعاملی خستگی X گروه
پیش‌آزمون	پس‌آزمون	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	P
۱۶۵/۲ ± ۷۰/۷۷	۱۴۱/۵۱ ± ۵۳/۹۶	۱۹۰/۵۶ ± ۹۶/۰۵	۱۸۸/۹۰ ± ۸۲/۴۱	۰/۵۲۸
۳۶۲/۴۰ ± ۱۴۱/۳۰	۳۳۵/۸۹ ± ۱۳۲/۹۴	۳۲۵/۵۰ ± ۱۲۲/۲۹	۳۰۸/۹۲ ± ۱۰۲/۹۸	۰/۸۲۶
۰/۵۲ ± ۰/۴۷	۰/۷۲ ± ۰/۲۴	۰/۶۷ ± ۰/۲۳	۰/۷۷ ± ۰/۲۷	۰/۴۸۹
۰/۵۱ ± ۰/۳۰	۰/۴۴ ± ۰/۴۹	۰/۵۰ ± ۰/۲۲	۰/۳۶ ± ۰/۳۵	۰/۶۲۸

*سطح معنی‌داری ۰/۰۵ < P

هم‌انقباضی عمومی

یافته‌های پژوهش مشخص نمود که هیچ‌یک از عوامل خستگی، گروه و اثر تعاملی خستگی X گروه بر هم‌انقباضی عمومی عضله درشت‌نی قدامی و دوقلو در طی فازهای دویدن اثر معنی‌داری ندارند (۰/۰۵ > P). جزئیات مربوط به این نتایج در جدول ۲ قابل‌رویت است.

هم‌انقباضی جهت‌دار

به مانند نتایج به‌دست‌آمده در بررسی هم‌انقباضی عمومی، در هم‌انقباضی جهت‌دار نیز هیچ‌یک از عوامل خستگی، گروه و اثر تعاملی خستگی X گروه بر هم‌انقباضی جهت‌دار عضلات مچ پا در دو فاز دویدن تأثیرگذار نبودند (۰/۰۵ > P). جزئیات در ارتباط با این نتایج در جدول شماره ۲ قابل‌مشاهده است.

جدول (۳): میانگین و انحراف استاندارد هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار عضلات مچ پا و همچنین و اثر عوامل خستگی، گروه و اثر تعاملی خستگی و گروه افراد نرمال و دارای اضافه‌وزن در مراحل پیش و پس‌آزمون

هم‌بستگی							
هم‌انقباضی	هم‌انقباضی	هم‌انقباضی	هم‌انقباضی	هم‌انقباضی	هم‌انقباضی	هم‌انقباضی	هم‌انقباضی
عمومی فاز	عمومی فاز	عمومی فاز	عمومی فاز	عمومی فاز	عمومی فاز	عمومی فاز	عمومی فاز
یک	یک	یک	یک	دو	دو	یک	دو
پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون	پیش‌آزمون
۰/۱۹۲	۰/۳۱۳	۰/۶۳۴	۰/۷۶۶	۰/۷۲۶	۰/۷۲۲	۰/۶۶۵	۰/۹۵۱
حداکثر ضربان قلب (P)							
۰/۲۷۶	۰/۲۱۵	۰/۱۰۲	۰/۰۶۴	۰/۰۷۶	۰/۰۷۷	۰/۰۹۳	۰/۰۱۳
حداکثر ضربان قلب (R)							

× سطح معنی‌داری $P < 0.05$

جدول (۴): میزان هم‌بستگی حداکثر ضربان قلب و تغییرات هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار عضلات مچ پا قبل و بعد از خستگی درمانده‌ساز در افراد نرمال و دارای اضافه‌وزن

هم‌بستگی			
هم‌انقباضی عمومی	هم‌انقباضی عمومی	هم‌انقباضی جهت‌دار	هم‌انقباضی جهت‌دار
فاز یک	فاز دو	فاز یک	فاز دو
۰/۶۷۹	۰/۷۹۹	۰/۹۱۴	۰/۸۰۴
حداکثر ضربان قلب (P)			
-۰/۰۸۹	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۳	-۰/۰۵۳
حداکثر ضربان قلب (R)			

× سطح معنی‌داری $P < 0.05$

هم‌بستگی معنی‌داری نیز بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی درمانده‌ساز و هم‌انقباضی عضله درشت‌نی قدامی و عضله دوقلو مشاهده نگردید این یافته‌ها برخلاف یافته‌هایی است که فصیحی و همکاران گزارش کرده بودند.

در پژوهش فصیحی و همکاران مشخص شده بود که هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار مچ پا بعد از ایجاد خستگی به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرده بود که هم در گروه افراد نرمال و هم گروه افراد دارای پای پرونیته قابل‌رؤیت بود این اختلاف در نتیجه حاصل از پژوهش حاضر و پژوهش فصیحی و همکاران، ممکن است بر اثر نوع پروتکل و همچنین جامعه آماری مورد استفاده شده باشد (۳۰).

همچنین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های جعفرنژاد گرو و زیوری نیز مطابقت نداشتند در پژوهش جعفرنژاد گرو و زیوری خستگی اثری معنی‌دار بر هم‌انقباضی عضله درشت‌نی قدامی داشت، طبق نتایج گزارش شده توسط جعفرنژاد گرو و زیوری بعد از خستگی فعالیت عضله درشت‌نی قدامی نسبت به قبل از خستگی با افزایش روبه‌رو شده بود همچنین طی فازهایی از دودین، اثر تعاملی گروه و خستگی بر فعالیت عضلات درشت‌نی قدامی و دوقلو

هم‌بستگی

همان‌طور که در جدول ۳ و ۴ مشاهده می‌شود با توجه به ضریب هم‌بستگی پیرسون نتایج پژوهش حاضر هیچ‌گونه هم‌بستگی قابل‌توجهی را بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی درمانده‌ساز و هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار مفصل مچ پا و همچنین بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی درمانده‌ساز و تغییرات هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار عضلات مچ پا طی عمل دودین نشان نداد ($P \geq 0.05$).

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر باهدف بررسی ارتباط بین حداکثر ضربان قلب طی پروتکل خستگی درمانده‌ساز با هم‌انقباضی عضلات درشت‌نی قدامی و دوقلوی مفصل مچ پا در افراد دارای اضافه‌وزن در مقایسه با افراد نرمال صورت گرفت. برخلاف انتظار، یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، هیچ تغییر معنی‌داری در هم‌انقباضی عمومی و جهت‌دار عضلات مچ پا به‌واسطه‌ی ایجاد پروتکل خستگی منتخب این پژوهش در هیچ‌کدام از گروه‌ها را نشان نداد علاوه بر این

از نگاه آماری معنی‌دار بود که چنین یافته‌هایی در پژوهش ما مشاهده نگردید (۳۱)

در پژوهش حاضر تغییری در هم‌انقباضی عمومی در بعد و قبل از ایجاد خستگی بین آزمودنی‌ها یافت نشد که به مانند نتیجه‌ای است که الهی و جعفرنژاد گرو در پژوهش تأثیر تمرینات طولانی‌مدت بر روی شن بر هم‌انقباضی عضلات مچ پای افرادی که دارای پرونیشن زیاد از حد بودند به دست آورده بودند هرچند که در پژوهش حاضر هم‌انقباضی جهت‌دار نیز بدون تغییر باقی‌مانده بود اما در پژوهش الهی و جعفرنژاد گرو این متغیر دستخوش تغییرات قابل توجه شده بود تفاوت‌ها در نمونه آماری و نوع پروتکل استفاده‌شده در پژوهش حاضر می‌تواند دلیل ممکن باشد بر تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده از این دو پژوهش (۱۵).

در پژوهش حاضر مشخص شد که بعد از ایجاد خستگی هم‌انقباضی عضلات که نقش مهمی در ثبات مفصل دارد بدون تغییر باقی ماند. این اتفاق در پژوهش حاضر به‌مانند یافته‌های سیلوا و همکاران است. سیلوا و همکاران با هدف ارزیابی اثرات عصبی عضلانی خستگی بر هم‌انقباضی عضلات پهن میانی و پهن خارجی، هم‌انقباضی عضلات را قبل و بعد از خستگی ثبت کردند و به‌مانند نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر تغییری را در هم‌انقباضی عضلات در قبل و بعد از ایجاد خستگی مشاهده نمودند. آن‌ها بیان داشتند که این موضوع دلیلی بر ناکارآمدی پروتکل خستگی استفاده شده نیست، بلکه ممکن است به دلیل نیازهای خاصی که برای حفظ ثبات مفصلی، احتیاج است مربوط باشد. (۳۲)

در نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مشخص شد که خستگی به‌طور نسبی الگوهای هم‌انقباضی را در فعالیت‌هایی مانند دویدن که نیازمند حفظ ثبات و وضعیت بدن است را با تغییر مواجه نمی‌کند این موضوع با یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش سینگ و لاتاش به دست آورده بودند همسو بود که می‌تواند تأییدی باشد بر نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش (۳۳). همچنین ایواموتو و همکاران مشخص کردند که چگونه هم‌انقباضی عضلات می‌تواند باعث افزایش در مصرف انرژی شود و احتمالاً منجر به خستگی شود اما پژوهش و مطالعه آن‌ها در پیدا کردن دلیلی برای رابطه مستقیم بین خستگی و تغییرات در الگوهای هم‌انقباضی، ناتوان ماند (۳۴).

در بررسی اثرات وزن بدن بر هم‌انقباضی عضلات نیز پژوهش حاضر مشخص نمود که این دو عامل به‌طور قوی و معنی‌داری با یکدیگر در ارتباط نیستند هرچند که با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در گذشته این‌طور فرض می‌شد که وزن بدن و میزان شاخص توده بدنی بر هم‌انقباضی عضلات به‌خصوص عضلات اندام

تحتانی به‌ویژه عضلات درگیر در مفصل مچ پا اثری معنی‌دار داشته باشد، اما در پژوهش حاضر چنین چیزی مشاهده نشد که همان‌طور که تاملینسون و همکاران گزارش کردند نشان از پیچیدگی ارتباط این عوامل با هم‌انقباضی عضلات دارد (۳۵).

نتایج نشان داد که هم‌بستگی معنی‌داری بین حداکثر ضربان قلب و هم‌انقباضی عضلات مفصل مچ پا وجود ندارد. چند نتایج پژوهش انجام‌شده با یافته‌های این پژوهش در یک سمت بودند و از این ایده حمایت می‌کنند که سیستم‌های قلبی عروقی و عصبی عضلانی به نحو مستقل و جدا از یکدیگر عمل می‌کنند. به‌عنوان مثال، مطالعه بیلین و هاسکینز مشخص نمودند که پاسخ‌های سیستم عصبی به ورزش، مانند ضربان قلب و فشارخون، با الگوهای فعال‌سازی عضلات هم‌بستگی ندارند، که نمایانگر مکانیسم‌های تنظیمی مستقل و جدا است. همین‌طور دونا و همکاران به ارزیابی تأثیرات تمرینات زومبا بر روی عملکرد قلبی عروقی و عصبی عضلانی پرداختند و نتیجه آن‌ها نمایانگر این بود که تمرینات زومبا آمادگی قلبی عروقی را بهبود می‌دهد، اما به‌طور معنی‌داری عملکرد عصبی عضلانی مانند تعادل و قدرت عضلانی را با افزایش روبه‌رو نمی‌کند که مهر تأییدی است بر نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش و همچنین برجسته کردن مستقل بودن پاسخ قلبی عروقی و نیازهای عصبی عضلانی از یکدیگر (۳۶).

(۳۷)

نتیجه‌گیری

در پایان، این پژوهش با نشان دادن این که حداکثر ضربان قلب طی تمرین درملنده‌ساز هم‌انقباضی عضلات مچ پا را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار نمی‌دهد بر دانش موجود در این زمینه اضافه می‌نماید. نبود هم‌بستگی میان این دو نشان می‌دهد که ممکن است پاسخ سیستم عصبی عضلانی به خستگی، به‌طور نسبی مستقل از فشارهای قلبی عروقی و وضعیت وزن بدن است که برای تأیید قطعی این موضوع باید مطالعات و پژوهش‌های بیشتری صورت بگیرد تا تعاملات پیچیده بین فشار ورزشی و قلبی عروقی، خستگی عضلانی و کنترل عصبی عضلانی روشن و اثرات آن را برجسته کند (۳۸).

لازم به بیان است که در انجام پژوهش حاضر محدودیت‌هایی وجود داشت که می‌تواند با یافته‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش مرتبط باشد.

- نخست حجم نمونه مورد بررسی این پژوهش کوچک بود که ممکن است داده‌های آماری به‌دست‌آمده از این تحقیق را مورد تأثیر قرار داده باشد.

تشکر و قدردانی

از کلیه کسانی که در تهیه و انجام این پژوهش همکاری داشتند سپاس و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافی را در رابطه با این پژوهش اعلام ندارند.

ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه محقق اردبیلی بررسی شده و دارای کد اخلاق IR.UMA.REC.1402.070 است و تمامی فرایند پژوهشی با توجه به شیوه‌نامه‌های مربوطه انجام گرفته است.

- پژوهش حاضر فقط به مطالعه دو عضله (درشتنی قدامی و دوقلو) از عضلات درگیر و مرتبط با مفصل مچ پا را مورد بررسی قرار داد، ممکن است عضلات یا گروه‌های عضلانی دیگر الگوهای هم‌انقباضی متفاوتی را به پروتکل خستگی استفاده شده در این پژوهش، نشان دهند.

- در این پژوهش فقط اضافه‌وزن و نرمال بودن وضعیت بدنی آزمودنی‌ها به عنوان ملاک قرار گرفت، ممکن است سطوح آمادگی بدنی افراد در این دو گروه نیز بر نتایج به دست آمده از این پژوهش تأثیرگذار باشد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی که در این زمینه صورت می‌گیرند محدودیت‌های بالا مورد توجه قرار گیرند.

References:

1. Maktouf W, Durand S, Boyas S, Pouliquen C, Beaune B. Interactions among obesity and age-related effects on the gait pattern and muscle activity across the ankle joint. *Exp Gerontol* 2020;140:111054.
<https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.111054>
2. Okati-Aliabad H, Ansari-Moghaddam A, Kargar S, Jabbari N. Prevalence of Obesity and Overweight among Adults in the Middle East Countries from 2000 to 2020: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Obes* 2022;2022:8074837.
<https://doi.org/10.1155/2022/8074837>
3. Anandacoomarasamy A, Caterson I, Sambrook P, Fransen M, March L. The impact of obesity on the musculoskeletal system. *Int J Obes* 2008;32(2):211-22.
<https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803715>
4. Ataey A, Jafarvand E, Adham D, Moradi-Asl E. The Relationship Between Obesity, Overweight, and the Human Development Index in World Health Organization Eastern Mediterranean Region Countries. *J Prev Med Public Health* 2020;53(2):98-105.
<https://doi.org/10.3961/jpmph.19.100>
5. Kolb B, Moghisi A, Soleimani Ekhtiari Y. Socio-demographic determinants of obesity indexes in Iran: findings from a nationwide STEPS survey. *Health Promot Perspect* 2018;8(3):187-94.
<https://doi.org/10.15171/hpp.2018.25>
6. Olfat S, Fakhrpour R, Ghorbanzadeh B. Effects of Short-term Caffeine Supplementation on Electroencephalography Signals During Exhaustion in Athletes. *JAHSSP* 2023;10(1):1-13.
7. Jafarnezhadgero A, Noroozi Z, Piri E. Comparison of Lower Limb Muscle Activity Before and After Fatigue in People with History of COVID-19 During Walking. *Studies in Medical Sciences* 2023;34(8):450-60.
<https://doi.org/10.61186/umj.34.8.450>
8. Amann M. Significance of Group III and IV Muscle Afferents for Endurance Exercise. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2012;39(9):831-5.
<https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2012.05681.x>
9. Naderian F, Mahdavi Nejad R, Zolaktaf V. Effect of Functional Fatigue on Balance in Female Futsal Players. *Research on Biosciences and Physical Activity* 2016;3(5):29-35.
10. Terrier R, Forestier N. Cognitive Cost of Muscular Fatigue During a Repetitive Pointing Task. *JEK* 2009;19(6):e48-e93.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.01.004>
11. Heiden TL, Lloyd DG, Ackland TR. Knee Joint Kinematics, Kinetics, and Muscle Co-contraction

- in Knee Osteoarthritis Patients. *Clin Biomech* 2009;24(10):833-41.
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.08.005>
12. Anbarian M, Esmailie H, Hosseini Nejjhad SE, Rabiei M, Binabaji H. Knee Muscle Activity in Genu Varum Subjects During Walking and Running. *JRRS* 2012;8(2):298-309.
 13. Fasihi A, Siahkhouhian M, Jaafarnejad A, Bolboli L, Fasihi L. Effect of Fatigue at Heart Rate Deflection Point on Ankle Muscle Co-Contraction during Running in Healthy Individuals and Those with a Pronated Foot. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine (SJRM)* 2021;10(1):58-68.
 14. Jafarnejadgero A, Zivari Kabir M. Agility Shoes and Running Kinetics in Genu Varus Individuals Before and After Fatigue. *Studies in Medical Sciences* 2023;33(11):760-7.
<https://doi.org/10.52547/umj.33.11.760>
 15. Fatollahi A, Jafarnejadgero AA. Effect of Long-Term Training on Sand on Co-Contraction of Ankle Joint in Individuals with Pronated Feet. *JSSU* 2021; 29 (4) :3669-80.
<https://doi.org/10.18502/ssu.v29i4.6499>
 16. Jafarnejadgero A, Madahi A, Fakhri Mirzanag E. Ankle Joint Co-contraction in Healthy and Supinated Feet During Walking on Artificial Turf and Stable Ground. *Studies in Medical Sciences* 2023;34(9):509-17.
<https://doi.org/10.61186/umj.34.9.509>
 17. Hodges PW, Bui BH. Determining Onset of Muscle Contraction Using Electromyography. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1996;101(6):511-9.
[https://doi.org/10.1016/S0013-4694\(96\)95190-5](https://doi.org/10.1016/S0013-4694(96)95190-5)
 18. Hug F, Hodges P, Tucker K. Motor Adaptations to Acute Noxious Stimulation in Different Tasks. *J Neurophysiol* 2014;111.
<https://doi.org/10.1152/jn.00911.2013>
 19. Maktouf W, Ferhi H, Boyas S, Beaune B, Gaied Chortane S, Portero P, Durand S. Ankle Muscle Coactivation and Obesity. *PLoS One* 2024;19(3):e294698.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294692>
 20. Fasihi A, Siahkhouhian M, Jafarnejadgero A, Bolboli L, Sheikhalizade H. Knee Muscle Co-contraction During Running in Healthy and Pronated Foot Individuals After Fatigue. *JMM* 2022;23(2):161-71.
 21. Lloyd DG, Buchanan TS. Muscular Support of Varus and Valgus Loads at the Knee. *J Biomech* 2001;34(10):1257-67.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(01\)00095-1](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(01)00095-1)
 22. Itagi AB, Nagaraja SS, Bondade SY, Yunus GY. Relationship of resting heart rate with body composition and obesity among young adults in India *Natl J Physiol Pharm Pharmacol* 1970 Jan 1;4(2):143
<https://doi.org/10.5455/njppp.2014.4.081120132>
 23. Heinzmann-Filho JP, Zanatta LB, Vendrusculo FM, Silva JSd, Gheller MF, Campos NE, et al. Maximum Heart Rate in Obese Adolescents. *Rev Paul Pediatr* 2018;36:309-14.
<https://doi.org/10.1590/1984-0462/2018;36;3;00015>
 24. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the Ankle. *J Orthop Trauma* 2016;30(3):232-8.
<https://doi.org/10.1016/j.mporth.2016.04.015>
 25. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Recommendations for SEMG Sensors and Placement. *JEK* 2000;10(5):361-74.
[https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
 26. Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, et al. European Recommendations for Surface Electromyography. *RRD* 1999;8(2):13-54.
 27. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. *Human Kinetics*; 1998.

28. Koblbauer IF, van Schooten KS, Verhagen EA, van Dieën JH. Fatigue-induced Kinematic Changes and Core Endurance in Novice Runners. *J Sci Med Sport* 2014;17(4):425-9.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.05.013>
29. Heiden TL, Lloyd DG, Ackland TR. Knee Joint Kinematics, Kinetics, and Muscle Co-contraction in Knee Osteoarthritis Patients. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009;24(10):833-41.
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.08.005>
30. Fasihi A, Siahkhouhian M, Jafarnejadgero A, Bolboli L, Fasihi L. Knee Muscle Co-contraction During Walking in Healthy and Pronated Foot Individuals After Fatigue. 2020.
31. Jafarnejadgero A, Zivari M. Fatigue and Lower Limb Muscle Activity in Genu Varus Individuals During Running with Agility Shoes. *Studies in Sport Medicine* 2020;12(1):55-70.
<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2020.01.006>
32. Silva C, De Oliveira Silva R, Aragão F, Ferrari D, Alves N, Azevedo F. Neuromuscular Fatigue and Vastus Medialis-Lateralis Co-contraction. *Kinesiology* 2014;46:179.
33. Singh T, Latash ML. Muscle Fatigue and Multi-muscle Synergies. *Exp Brain Res* 2011;214:351-61. <https://doi.org/10.1007/s00221-011-2831-8>
34. Iwamoto Y, Takahashi M, Shinkoda K. Ankle Muscle Co-contraction in Young and Elderly Adults During Dynamic Postural Control. *J Physiol Anthropol* 2017;36(1):32.
<https://doi.org/10.1186/s40101-017-0149-3>
35. Tomlinson DJ, Erskine RM, Morse CI, Winwood K, Onambélé-Pearson GL. Joint Torque, Muscle Activation, and Co-contraction in Sedentary Women. *Age (Dordr)* 2014;36(3):9652.
<https://doi.org/10.1007/s11357-014-9662-z>
36. Billman GE, Hoskins RS. Heart Rate Variability During Submaximal Exercise. *Circulation* 1989;80(1):146-57.
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.80.1.146>
37. Donath L, Roth R, Hohn Y, Zahner L, Faude O. Zumba Training and Cardiovascular Function. *European Journal of Sport Science* 2013;14.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2013.866168>
38. Iwamoto Y, Takahashi M, Shinkoda K. Ankle Muscle Co-contraction in Young and Elderly Adults During Dynamic Postural Control. *J Physiol Anthropol* 2017;36(1):32.
<https://doi.org/10.1186/s40101-017-0149-3>

THE RELATIONSHIP BETWEEN MAXIMUM HEART RATE DURING AN EXHAUSTIVE FATIGUE PROTOCOL AND CO-CONTRACTION OF ANKLE JOINT MUSCLES IN OVERWEIGHT INDIVIDUALS COMPARED TO NORMAL INDIVIDUALS

Rashid Sadeghloo¹, Ameneh Poorrahim², Hasti Gharebaghi³, Amirali Jafarnezhad Geru⁴

Received: 13 November, 2024; Accepted: 30 December, 2024

Abstract

Background & Aims: Co-contraction can be defined as the simultaneous activation of agonist and antagonist muscles around a joint. Co-contraction plays a fundamental role in movement control during physiological motor learning-related activities. The aim of the present study was to investigate the relationship between maximum heart rate (MHR) during an exhaustive fatigue protocol and co-contraction of the ankle joint muscles in overweight individuals compared to normal-weight individuals.

Materials & Methods: The sample consisted of two groups of 12 individuals (n=24), divided into overweight and normal-weight groups. The activity of the ankle joint muscles, including the tibialis anterior and gastrocnemius, was recorded during running using electromyography (EMG). MHR was also recorded using a Polar device. Pearson's correlation coefficient was used to determine the correlation between variables at a significance level of 0.05.

Results: The results indicate that changes in general and directed co-contraction of the ankle joint muscles in both phases of running did not change significantly before and after the induction of the fatigue protocol. Furthermore, no significant correlation was seen between MHR during the exhaustive fatigue protocol and changes in general and directed co-contraction in phase one and two of running ($P > 0.05$).

Conclusion: This study revealed that MHR during exhaustive exercise does not significantly affect ankle muscle co-contraction. The lack of correlation between these two variables suggests that the neuromuscular response to fatigue may be independent of cardiovascular stress and body weight status.

Keywords: Co-Contraction, Maximum Heart Rate, Fatigue, Ankle Joint, Overweight

Address: University of Mohaghegh Ardabili, University Blvd, Police Sq, Ardabil, Iran

Tel: +989390395360

Email: Rashidsadeghloo@yahoo.com

SOURCE: STUD MED SCI 2024; 35(9): 716 ISSN: 2717-008X

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, as long as the original work is properly cited.

¹ Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

² Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

³ Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

⁴ Associate Professor, Department of Sport Biomechanics, Faculty of Educational Science and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (Corresponding Author)