مطالعات طب ورزشی شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۰، صص ۴۸-۲۷

اثرات ماساژ پیش از فعالیت و گرم کردن بر خستگی عصبی – عضلانی عضلهٔ گاستروکنمیوس در طول انقباض وامانده‌ساز

طاهر افشارنژاد[۱]، مسعود خرسندی کلور[۲]، محمد غلامپور[۳]، محمدرضا بهدوست[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۷/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۵/۲۲

چکیده

هدف از این تحقیق مقایسه اثر ماساژ و گرم کردن پیش از فعالیت بر خستگی عصبی- عضلانی عضله گاستروکنمیوس در طول انقباض ایزومتریک زیربیشینه بود. طرح تحقیق از نوع اندازه گیری مجدد بود. ۱۵ مرد سالم بدون سابقه آسیب‌دیدگی اندام تحتانی و تمرین منظم برای این تحقیق داوطلب شدند. آزمودنی‌ها به طور تصادفی برای اجرای یک پروتکل گرم کردن یا ماساژ تخصیص یافتند. این فرآیند چند روز بعد تحت شرایط دیگر تکرار شد. انقباض وامانده ساز شامل۵۰ تکرار ایستادن روی پنجه پا و بلافاصله ۶۰ ثانیه انقباض ایزومتریک پلانتار فلکشن مچ پا بود. فرکانس میانه(MF)، فرکانس توان میانگین(MPF)، نرخ تقاطع صفر (ZCR) و میانگین الکترومیوگرافی (AEMG)، از سیگنال‌های الکترومیوگرافی ثبت شده از عضلات گاستروکنمیوس داخلی و خارجی پای غیربرتر، در طول انقباض ایزومتریک پلانتار فلکشن مچ پا مورد محاسبه قرار گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (۲×۱۲، شرایط×زمان) و آزمون t وابسته در سطح معنی داری $P\leq0.05$ استفاده شد. در بخش خارجی عضله گاستروکنمیوس، تحت شرایط ماساژ، تمام شاخص‌های خستگی کاهش را نشان داد، اما پس از گرم کردنMF، MPF و ZCR افزایش یافت. در بخش داخلی عضله، در هر دو شرایط، تغییر قابل ملاحظه ای رخ نداد. به‌طور کلی تفاوت معنی داری در MF وMPF بین گرم کردن با ماساژ وجود داشت. یافته های این تحقیق از ماساژ پیش از فعالیت به واسطه بالا بردن مقادیر پایه MF و MPF حمایت می‌کند. همچنین ورزشکاران را جهت به تأخیر انداختن خستگی عصبی- عضلانی تشویق به گرم کردن فعال می‌کند.

کلید واژه‌های فارسی: گرم کردن، ماساژ پیش از فعالیت، خستگی عصبی- عضلانی، انقباض وامانده‌ساز.

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه شمال (نویسندهٔ مسئول) Email: afsharnezhad@hotmail.com
۲، ۴. کارشناس ارشد آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی Email: masoud.khorsandi@gmail.com
۳. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش Email: m.53gholampour@yahoo.com

مقدمه

خستگی در اثر تحمل انقباضی پیوسته به‌وجود می‌آید و با علائمی مانند کاهش نیرو، لرزش و درد موضعی مشخص می‌شود. کاهش تولید نیرو، نقص در ثبات پوسچرال، کاهش دقت و سرعت پاسخ‌های حرکتی، کاهش کنترل سرعت و شتاب اندام‌ها و مستعد کردن بدن برای آسیب‌دیدگی از پیامدهای خستگی هستند. احتمالاً خستگی از طریق این سازوکارها به همراه اختلال در هماهنگی عضلانی موجب نقصان عملکرد نیز می‌شود (۱)؛ از این رو به تعویق انداختن خستگی در طول فعالیت اهمیت بسیاری دارد. بسیاری از مربیان و ورزشکاران عقیده دارند که فعالیت‌های پیش از تمرین مانند گرم کردن، کشش و ماساژ می‌تواند مزایایی برای عملکرد، پیشگیری از آسیب و به تعویق انداختن خستگی در پی داشته باشد.

گرم کردن به‌عنوان معمول‌ترین مدالیتهٔ پیش از تمرین در ورزشکاران، به‌منظور فعال کردن پتانسیل‌های بیولوژیکی و روانی استفاده می‌شود (۲). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد گرم کردن از طریق غلبه بر مقاومت چسبندگی مفاصل و عضلات در برابر حرکت، افزایش فعالیت ATP_{ase}، کوتاهی چرخهٔ پل عرضی (۳)، افزایش سرعت انتقال پتانسیل عمل و متعاقب آن افزایش سرعت انقباض عضله، افزایش قدرت (۴)، افزایش دامنهٔ حرکتی، افزایش میزان ایمپالس‌های عصبی، تغییر رابطهٔ نیرو - سرعت، افزایش دمای بدن و خون رسانی به عضله بر فعالیت‌های کوتاه مدت اثرگذار است که می‌توانند در به تأخیر انداختن خستگی نقش داشته باشند (۶- ۷). با وجودی که برخی مطالعات ارتباط بین تغییرات مختلف بیومکانیکی و فیزیولوژیکی را بعد از گرم کردن تأیید کرده‌اند(۸)، یافته‌های بسیاری از تحقیقات نیز تأثیر گرم کردن عمومی را بر عملکرد را تأیید نمی‌کنند (۹- ۱۱)؛ مثلاً گرای و نیمو[1] (۲۰۰۱) گزارش کردند گرم کردن با شدت کم به مدت ۵ دقیقه هیچ تأثیری بر زمان واماندگی در رکاب زنی شدید ندارد (۱۱). در مورد کشش نیز تحقیقات بر کاهش نیروی تولیدی دلالت داشته‌اند و تنها یک تحقیق اثر کشش بالستیک را بر کاهش رکورد دو سرعت گزارش کرده است؛ از این رو پیشنهاد شده است که گرم کردن به‌عنوان مدالیتهٔ کنترل به‌کار گرفته شود (۵).

با وجود اینکه تعداد ورزشکارانی که از ماساژ پیش از تمرین استفاده می‌کنند روز به روز در حال افزایش است، تأثیر ماساژ بر عملکرد ورزشی و خستگی مورد تردید است (۱۲). به‌صورت نظری، ماساژ از طریق سازوکارهای نورولوژیکی مانند کاهش تحریک پذیری عصبی – عضلانی (۱۳)، درد (۱۴) و انقباض عضلانی (۱۳) می‌تواند اثراتی بالقوه بر عملکرد داشته باشد، اما تنها

1. Gray & Nimmo

چند مطالعهٔ محدود به‌طور اختصاصی به اثرات ماساژ پیش از اجرای ورزشی توجه کرده‌اند. هانتر و همکاران[1] (۲۰۰۶) در تحقیقی که از طرح ماساژ مشابه تحقیق حاضر استفاده کرده بودند، دریافتند در قدرت ایزوکنتیک با سرعت کند پس از ماساژ کاهشی معنی‌دار به‌وجود می‌آید، ولی این کاهش با هیچ‌گونه تغییری در شاخص‌های الکترومیوگرافی همراه نبود (۱۵). همچنین مدارکی وجود دارد دالّ بر اینکه ماساژ موجب کاهش فعالیت واحدهای حرکتی می‌شود. این تحقیقات از رفلکس H قبل و پس از ماساژ استفاده کرده‌اند. این روشی معتبر برای اندازه‌گیری فعالیت واحدهای حرکتی است، ولی با ثبت سیگنال الکترومیوگرافی سطحی در انقباض ارادی تا حدی متفاوت است (۱۶). گودوین و همکارانش[2] (۲۰۰۷) گزارش کردند که ماساژ ۱۵ دقیقه‌ای اندام تحتانی در دو سرعت ۳۰ متر تأثیری معنی‌دار بر عملکرد ندارد (۱۷). همچنین هارمر[3] (۱۹۹۱) گزارش کرد ماساژ ۳۰ دقیقه‌ای کل بدن هیچ اثری روی پاسخ‌های فیزیولوژیکی سریع در طول دویدن با شدت زیربیشینه و تواتر گام برداری در دو سرعت ندارد (۱۸). تحقیق دیگری نیز نشان داد ماساژ ۶ تا ۱۵دقیقه‌ای ساق پا حتی موجب کاهش قدرت ایزوکنتیک می‌شود (۱۹). افزایش کراتین کیناز و لاکتات دهیدروژناز همراه با ماساژ شدید کل بدن نیز گزارش شده که نشان‌دهندهٔ آسیب‌های اندک مکانیکی و فزایش فعالیت غشای سلولی است (۲۰).

در مجموع، تحقیقات پس از گرم کردن و ماساژ هیچ‌گونه تغییری در عملکرد ثبت نکرده‌اند که مرتبط با فعالیت واحدهای حرکتی باشد، اما باید توجه داشت که این مطالعات نقص در ظرفیت تولید نیرو را با سنجش میزان کاهش آن بر پایهٔ انقباض ارادی بیشینه[4] ارزیابی کرده‌ان د(۲۱)، درحالی که خستگی عضله که با این روش اندازه‌گیری شده است، میل به اثرپذیری از عوامل غیرعینی همچون انگیزش فردی و سطح درد دارد؛ از این رو، اندازه‌گیری‌های عینی‌تر و پایاتری برای ارزیابی اثربخشی ماساژ و گرم کردن بر خستگی عضله نیاز است (۲۲). آنالیز طیف توان الکترومایوگرافی می‌تواند به‌عنوان شاخصی از به‌کارگیری واحد حرکتی به‌منظور کمّی سازی خستگی عصبی - عضلانی به‌کار گرفته شود. در طول خستگی موضعی تغییرات قابل ملاحظه‌ای در سیگنال الکترومیوگرافی رخ می‌دهد. عمده‌ترین این تغییرات، کاهش فرکانس و افزایش دامنهٔ سیگنال است که با یکدیگر مرتبطاند (۲۳). برخی محققان افزایش فراخوانی

1. Hunter, et al.
2. Goodwin, et al.
3. Harmer
4. Maximum Voluntary Contraction (MVC)

واحدهای حرکتی و هم‌زمانی فعال‌سازی واحدهای حرکتی و برخی دیگر عواملی همچون سرعت هدایت در طول غشاء، نرخ آتشباری و تغییر شکل پتانسیل عمل واحدهای حرکتی را از دلایل اصلی این تغییرات بیان کرده‌اند (۲۴).

از سوی دیگر، بیش از ۱۰۰ نوع ماساژدرمانی متداول توسط ورزشکاران به‌کار گرفته می‌شود (۲۵). یکی از مشکلات عمده در تحقیقات پیشین روش‌شناسی ضعیف، سطوح ناپایدار کنترل، نبود شرایط پلاسیبویی، تعداد کم نمونه و نبود جزئیات ماساژ به‌کار رفته اعم از نوع ماساژ، شدت و مدت زمان استروک‌ها یا کل ماساژ است. بدون این جزئیات تحقیقات مختلف قابل مقایسه نخواهند بود و قابلیت تکرارپذیری تحقیق نیز مورد تردید خواهد بود (۲۶). در این تحقیق علاوه بر استروک‌های سطحی از روش‌های ماساژ عمقی‌تر نیز استفاده شده که در تحقیقات پیشین بررسی تأثیر این روش‌ها نیز برای تحقیقات بیشتر پیشنهاد شده است (۱۷)؛ از این رو مطالعهٔ حاضر به بررسی اثرات گرم کردن و ماساژ بر خستگی موضعی عضلات دوقلوی داخلی و خارجی ساق پا از طریق آنالیز دامنه و طیف توان سیگنال‌های الکترومایوگرافی برای اندازه‌گیری میزان خستگی عصبی - عضلانی پرداخته است.

روش‌شناسی پژوهش

نمونه‌ها ۱۵ داوطلب مرد سالم با میانگین: سن ۱/۸۱± ۲۰/۶۳ سال، قد ۴/۵±۱۷۳/۸۸ سانتی متر و وزن ۷/۶۴± ۷۲/۰۴ کیلوگرم بودند. آزمودنی ها قبل از اجرای تحقیق پرسشنامهٔ اطلاعات پزشکی و فرم رضایت‌نامه را تکمیل کردند و در جلسه‌ای توجیهی با اهداف و جزئیات برنامهٔ تحقیق و اجرای آزمون به شکل صحیح آشنا شدند. این افراد سابقهٔ هیچ‌گونه بیماری عصبی - عضلانی، درد و ناراحتی یا عمل جراحی در اندام تحتانی نداشتند. کلیهٔ آزمون‌ها و اندازه‌گیری‌ها در دو مرحله پس از گرم کردن و پس از ماساژ انجام شدند. چون فعالیت عضلات پای غیربرتر آزمودنی‌ها کمتر از پای برتر بود؛ محققان برای دقیق‌تر شدن نتایج حاصل از تحقیق، پروتکل را روی پای غیربرتر -که توسط آزمون شوت به توپ مشخص شده بود- انجام دادند.

گرم کردن: در این تحقیق از یک پروتکل عمومی گرم کردن به روش ترکیبی استفاده شد؛ به این شکل که ابتدا آزمودنی‌ها به مدت ۵ دقیقه با ۵۰ درصد ضربان قلب بیشینه می‌دویدند. سپس، ۵ دقیقه حرکات کششی را اجرا می‌کردند. در نهایت، آزمودنی‌ها پنج تکرار دو سرعت ۳۶ متر را با یک دقیقه استراحت بین هرکدام اجرا می‌کردند (۲۷).

پروتکل ماساژ: جدول ۱ پروتکل ماساژ استفاده‌شده در تحقیق را نشان می‌دهد. کل مراحل

انجام ماساژ حدود ۷ دقیقه طول می‌کشید (۱۵).

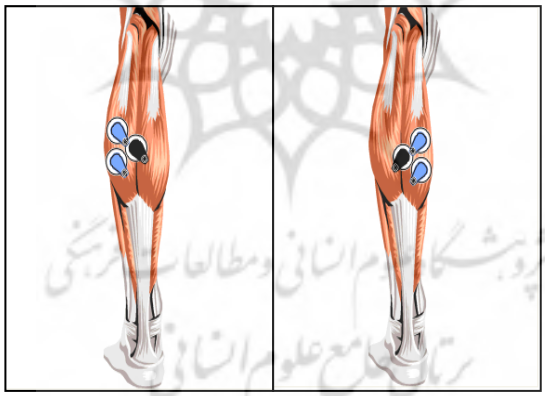
جدول ۱. مراحل انجام ماساژ، تکنیک‌ها و شدت آن‌ها

نوع تکنیک ماساژ	توضیحات	تکرار و شدت
دست کشیدن[1]	با یک یا دو دست و با استفاده از کل کف دست به‌طور مرکزگرا و در جهت‌های مختلف	چهار استروک خیلی سبک برای اثر تسکین‌دهنده[2]، سپس دو استروک کمی محکم‌تر برای اثر اندک روی مویرگ‌های سطحی
افلوراژ	با هر دو دست و با استفاده از کل کف دست به‌صورت مرکزگرا و مرکزگریز	حرکت اول تا اندازه‌ای عمیق تا خون را در مویرگ‌های سطحی به حرکت درآورد. حرکت دوم عمیق‌تر تا بر مویرگ‌های عمقی‌تر اثر کند و حرکت سوم کاملاً عمیق انجام شد.
پتریساژ	گرفتن و جمع کردن با هر دو دست و با کل دست به صورت V شکل و به طور مرکزگرا و مرکزگریز	شدت حرکت اول تا اندازه‌ای که بر مویرگ‌های سطحی و بافت‌های نرم سطحی دیگر اثر بگذارد. حرکت دوم شدیدتر به‌طوری که مویرگ‌های عمقی و بافت‌های نرم عمقی‌تر تحت تأثیر قرار گیرد.
چلاندن (رینگینگ)[3]	با هر دو دست و با استفاده از کل کف دست به‌صورت مرکزگرا و مرکزگریز و در جهات مختلف	یک تکرار
پیچاندن(رولینگ)[4]	پیچاندن عضله به صورت مرکزگرا	یک تکرار با گرفتن و بالا آوردن بافت عضله به‌طوری که بر ساختارهای نرم عمقی اثر بگذارد.

اندازه‌گیری الکترومیوگرافی سطحی: برای الکترومیوگرافی از الکترودهای دو قطبی (دو الکترود ثبت‌کنندهٔ سیگنال و یک الکترود زمین)، با استفاده از دستگاه Muscle Tester هشت کاناله مدل ME3000p8 ساخت شرکت Mega Electronic فنلاند استفاده شد. برای کاهش امپدانس الکتریکی در محل اتصال لیدها، ابتدا موهای زائد پوست به‌وسیلهٔ تراشیدن با تیغ به آرامی و بدون ایجاد خراشیدگی از بین برده شد، سپس پوست با استفاده از پنبهٔ آغشته به الکل تمیز شد. معیار رسیدن به سطح مطلوب امپدانس پوست (مقاومت کم) این بود که رنگ پوست به حالت قرمز روشن درآید. برای رسیدن پوست به شرایط امپدانس الکتریکی ثابت پنج

1. Stroking
2. Sedative Effect
3. Wringing
4. Rolling

دقیقه زمـان صـرف شـد. سـپس از لیـدهای ژل مرطـوب Ag و AgCl نـوع Skin Tact (F55) استفاده شد. فاصلهٔ بین الکترودها دو سـانتی‌متـر بـود و مکـان الکترودهـا طبـق دسـتورالعمل شماتیک برنامهٔ Megawin ver.2.4، با اسـتفاده از مـاژیکی بـا مانـدگاری طـولانی، روی بخـش میانی شکم عضلهٔ گاستروکنمیوس بخش داخلی و خارجی پای غیربرتر مشخص شـد و سـپس الکترودها به نقاط مورد نظر متصل شدند. برای کاهش نویز، سایر دستگاه‌های برقـی از دسـتگاه اندازه‌گیری دور نگـه داشـته شـده و دمـای اتـاق نیـز تـا حـد امکـان ثابـت نگـه داشـته شـد. الکترومیوگرافی هنگام اجرای آزمون انقباض ایستا توسط آزمودنی‌ها اندازه‌گیری شد. برای ایجاد هماهنگی بین اجرای آزمون انقباض ایستا و اندازه‌گیری الکترومیوگرافی از آلارم صوتی دسـتگاه الکترومایوگرافی برای شروع و خاتمهٔ انقباض استفاده شد. سیگنال الکترومیوگرافی دریافت شده توسط الکترودها به کمک پیش‌تقویـت‌کننـدهٔ Analog differential مـدل Megawin بـا Gain ۳۷۵ ساخت کارخانهٔ Mega Electronic فنلانـد بـا محـدودهٔ فرکـانس ۸ HZ (High pass) تـا ۵۰۰HZ (Low pass) تقویت شد. سپس، توسط مبدل آنالوگ/دیجیتال (A/D) ۱۲بیـت هشـت کاناله با حساسـیت ۳ میکروولـت و Resolution ۲/۹۵ میکروولـت نـوع ۱۱۰dbسـاخت همـان کارخانه سمپلینگ شده و توسط کابل نوری به کامپیوتر منتقل شد.



شکل ۱. نقاط اتصال لیدهای الکترومیوگرافی سطحی به عضلهٔ دوقلوی پای چپ

پردازش سیگنال: به‌منظور بررسی خستگی عصبی - عضلانی در این تحقیق از چهار شـاخص مهم استفاده شد که قبلاً در تحقیقات الکترومیوگرافی سطحی به‌کار گرفتـه شـده بودنـد (۲۳، ۲۴). این چهار شاخص عبارت بودند از: میـانگین الکترومیـوگرافی[1] (AEMG)، فرکـانس تـوان

1. Average Electromyography

میانگین[1] (MPF)، فرکانس میانه[2] (MF) و نرخ تقاطع صفر[3] (ZCR). برای پردازش سیگنال و محاسبهٔ شاخص‌ها از نرم‌افزار Megawin ver.2.4 طراحی شده توسط شرکت Mega Electronic استفاده شد. شاخص‌ها و درصد تغییرات آن‌ها در طول انقباض وامانده‌ساز در کل بازهٔ زمانی ۶۰ ثانیه و همچنین در هر ۵ ثانیه از انقباض اندازه‌گیری شد.

شیوهٔ اجرای کار: به‌دلیل مناسب بودن آزمون انقباض ارادی ایزومتریک، برای ارزیابی خستگی عصبی - عضلانی،از این روش استاتیک استفاده شد. بدین منظور آزمودنی روی لبهٔ سازهٔ بتنی قابل حملی به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر می‌ایستاد. به این دلیل از وضعیت ایستاده استفاده شد که تحقیقات قبلی نقش بیشتر عضلات دوقلو را نسبت به عضلات نعلی در وضعیت ایستاده (زاویهٔ ۱۸۰ درجهٔ مفصل زانو) نسبت به حالت نشسته (زاویهٔ ۹۰ درجهٔ مفصل زانو) تأیید کرده بودند. در این وضعیت، برای حفظ تعادل و کمترین حرکات انحرافی فرد از جلو یکی از انگشتان دستان خود را در وضعیت بازوی کشیده و ۹۰ درجه فلکشن شانه به تکیه‌گاهی چسبانده بود. در این وضعیت فرد هیچ‌گونه مزیتی برای انتقال وزن خود به تکیه‌گاه نداشت. وضعیت بدن تا حد امکان عمود نگه داشته می‌شد. به‌منظور دست‌یابی به بیشترین میزان خستگی عصبی - عضلانی، پس از برقراری وضعیت صحیح ابتدا آزمودنی ۵۰ تکرار حرکت پلانتار فلکشن را در کل دامنهٔ حرکتی و در مدت یک دقیقه انجام می‌داد و پس از تکرار آخر با فرمان محقق و صدای دستگاه پلانتار فلکشن مچ پا را با تحمل وزن در انتهای دامنهٔ حرکتی انجام داده، این وضعیت را به مدت ۶۰ ثانیه حفظ می‌کرد (۲۸).

تجزیه و تحلیل آماری: از آزمون t وابسته برای مقایسهٔ متغیرها در کل بازهٔ زمانی در دو شرایط جداگانه و برای مقایسهٔ متغیرها در بازه‌های ۵ ثانیه‌ای از آزمون تحلیل واریانس ۲×۱۲ (دو متغیر درون‌گروهی، اندازه‌گیری‌های مکرر) استفاده شد. به‌منظور بررسی روند تغییرات متغیرها در دو شرایط آزمون روند با استفاده از الگوی خطی به‌کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام و سطح معنی‌داری $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

یافته‌های پژوهش

نتایج بدست آمده از شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی ۱۵ آزمودنی در طول یک انقباض وامانده‌ساز با اعمال ماساژ و گرم کردن پیش از آن در جدول۱ نشان داده شده است.

---

1. Mean Power Frequency
2. Median Frequency
3. Zero Crossing Rate

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار (M±SD) شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی عضلهٔ گاستروکمینیوس پس از ماساژ و گرم کردن

شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی	واحد	گاستروکنمیوس بخش داخلی		گاستروکنمیوس بخش خارجی	
		پس از ماساژ	پس از گرم کردن	پس از ماساژ	پس از گرم کردن
میانگین الکترومیوگرافی (AEMG)	(µV)	۱۷۹/۵±۳۵۹/۱	۱۵۰/۹±۱۶۰/۲	۱۱۶/۹±۲۰۷/۱	۱۳۰/۳±۱۴۴/۵
میانگین توان فرکانس (MPF)	(Hz)	۱۲۸±۵۱/۶	۱۲۸/۱±۵۶/۷	*۱۳۵/۶±۵۰/۱	*۱۱۷/۸±۴۲/۲
میانگین فرکانس (MF)	(Hz)	۱۰۷/۲±۵۲/۳	۱۱۱/۲±۵۴/۶	*۱۱۶/۶±۵۳/۹۸	*۹۷/۷±۳۸/۳
نرخ تقاطع صفر (ZCR)	(Hz)	۲۱۳/۲±۶۶/۹	۲۰۷/۷±۱۰۰/۳	۲۲۱/۷±۸۳/۱	۱۹۶/۹±۷۰/۹

* در سطح P≤۰/۰۵ معنی‌دار است.

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، بین دو شرایط ماساژ و گرم کردن، در شاخص‌های MPF (t=۲/۷۱۷،*P=0.017*) و MF (t=۲/۱۷۲،*P=0.048*) در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس حین انقباض وامانده‌ساز تفاوت معنی‌داری وجود دارد. تفاوت بین AEMG و ZCR معنی‌دار نیست (*P≥0.05*). همچنین، بین هیچ‌یک از شاخص‌ها در بخش داخلی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. جدول ۲ نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (۱۲× ۲) درون‌گروهی (زمان× شرایط) را برای مقایسهٔ شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی در بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکمینیوس تحت شرایط ماساژ و گرم کردن در هر ۵ ثانیه از یک دقیقه انقباض وامانده‌ساز نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقایسهٔ شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط ماساژ و گرم کردن در طول یک دقیقه انقباض وامانده ساز

متغیرها	بخ عضله گاستروکنمیوس	عامل	درجهٔ آزادی	F	سطح معنی‌داری
تغییرات میانگین فرکانس (MF)	خارجی	شرایط × زمان	۳/۹۰۸	۴/۱۰۱	*۰/۰۰۶
	داخلی	شرایط × زمان	۴/۷۴۶	۰/۵۴۰	۰/۷۳۶
تغییرات میانگین توان فرکانس (MPF)	خارجی	شرایط × زمان	۴/۴۳۵	۳/۴۶۶	*۰/۰۱
	داخلی	شرایط × زمان	۵/۵۴۷	۰/۹۸۶	۰/۴۴۰
تغییرات نرخ تقاطع صفر (ZCR)	خارجی	شرایط × زمان	۳/۸۳۷	۳/۸۱۲	*۰/۰۰۹
	داخلی	شرایط × زمان	۵/۵۶۵	۰/۴۹۶	۰/۷۹۷
تغییرات میانگین الکترومیوگرافی (AEMG)	خارجی	شرایط × زمان	۲/۲۳۲	۰/۴۸۳	۰/۶۴۲
	داخلی	شرایط × زمان	۲/۱۹۰	۰/۹۹۶	۰/۳۸۷

* در سطح P≤۰/۰۵ معنی‌دار است.

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، با توجه به مقدار F و سطح معنی‌داری در تحلیل واریانس دوطرفه، اثر تعاملی شرایط با دو سطح (گرم کردن و ماساژ) و زمان با ۱۲ سطح (هر ۵ ثانیه از یک دقیقه انقباض وامانده‌ساز) در تغییرات میانگین فرکانس (MF)، میانگین توان

فرکانس (MPF)، نرخ تقاطع صفر (ZCR) بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس معنی‌دار است، اما در میانگین الکترومیوگرافی (AEMG) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در شاخص‌های خستگی بخش داخلی عضلهٔ گاستروکنمیوس نیز هیچ تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط ماساژ و گرم کردن در هیچ‌یک از شاخص‌ها ملاحظه نشد.

جدول ۳. نتایج آزمون t برای مقایسهٔ شاخص‌های خستگی بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط ماساژ و گرم کردن در هر ۵ ثانیه از یک دقیقه انقباض وامانده‌ساز

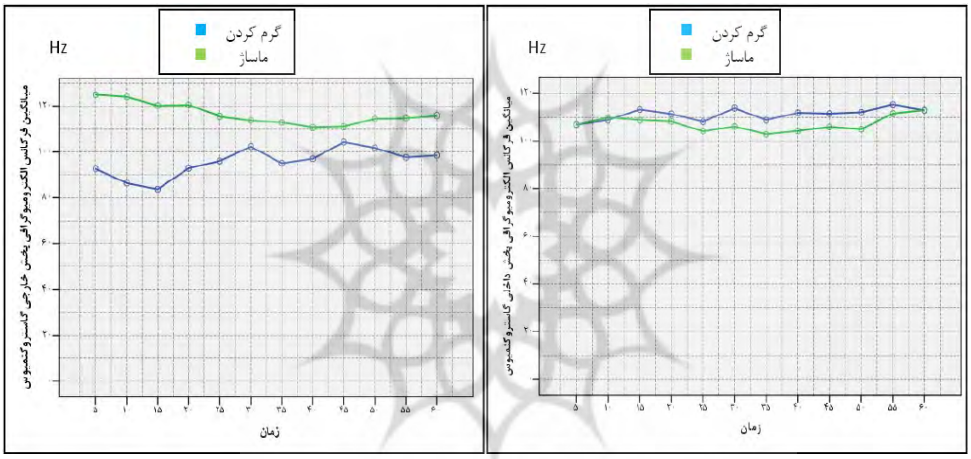
متغیرها	بخش	آماره	زمان									
			۵-۱	۱۰-۵	۱۵-۱۰	۲۰-۱۵	۲۵-۲۰	۳۰-۲۵	۳۵-۳۰	۴۰-۳۵	۴۵-۴۰	۵۰-۴۵	۵۵-۵۰	۶۰-۵۵
MF	خارجی	t	۳/۰۶۲	۴/۱۱۱	۳/۷۲۸	۳/۷۴۶	۲/۸۵۷	۱/۵۰۶	۲/۰۶۷	۱/۳۸۰	۰/۷۴۷	۱/۳۴۰	۱/۵۸۷	۱/۷۹۵
		sig	*۰/۰۰۸	*۰/۰۰۱	*۰/۰۰۲	*۰/۰۰۲	*۰/۰۱۳	۰/۱۵۴	۰/۰۵۸	۰/۱۸۹	۰/۴۶۷	۰/۲۰۱	۰/۱۳۵	۰/۰۹۴
	داخلی	t	۰/۰۰۶	۰/۰۷۳	۰/۳۲۳	۰/۲۳۶	۰/۳۰۴	۰/۵۹۴	۰/۴۱۸	۰/۵۴۶	۰/۳۶۹	۰/۴۶۴	۰/۲۵۲	۰/۰۱۵
		sig	۰/۹۹۵	۰/۹۴۳	۰/۷۵۲	۰/۸۱۷	۰/۷۶۵	۰/۵۶۲	۰/۶۸۳	۰/۵۸۲	۰/۷۱۸	۰/۶۵۰	۰/۸۰۵	۰/۹۸۸
MPF	خارجی	t	۲/۴۲۴	۳/۲۰۸	۳/۱۹۴	۳/۵۴۴	۲/۳۰۷	۱/۱۴۱	۱/۴۵۹	۱/۳۰۸	۰/۸۲۱	۱/۰۲۵	۱/۴۸۰	۱/۳۵۲
		sig	*۰/۰۲۹	*۰/۰۰۶	*۰/۰۰۷	*۰/۰۰۳	*۰/۰۳۷	۰/۲۷۳	۰/۱۶۷	۰/۱۸۹	۰/۴۲۵	۰/۳۲۳	۰/۱۶۱	۰/۱۹۸
	داخلی	t	۰/۳۵۵	۰/۳۳۲	۰/۰۲۱	۰/۰۸۶	۰/۰۶۴	۰/۲۰۰	۰/۱۱۹	۰/۵۴۶	۰/۱۵۱	۰/۲۴۵	۰/۰۷۵	۰/۲۳۱
		sig	۰/۷۲۸	۰/۷۴۵	۰/۹۸۴	۰/۹۳۳	۰/۹۵۰	۰/۸۴۴	۰/۹۰۷	۰/۵۸۲	۰/۸۸۲	۰/۸۱۰	۰/۹۴۱	۰/۸۲۱
ZCR	خارجی	t	۱/۸۹۰	۲/۴۲۹	۲/۰۴۰	۱/۰۲۰	۰/۸۲۶	۰/۲۰۴	۰/۸۴۸	۰/۵۳۸	۰/۷۴۱	۰/۸۳۱	۰/۶۲۸	۰/۷۳۶
		sig	۰/۰۸۰	*۰/۰۲۹	۰/۰۶۱	۰/۳۲۵	۰/۴۲۳	۰/۸۴۱	۰/۴۱۱	۰/۵۹۹	۰/۴۷۱	۰/۴۲۰	۰/۵۴۰	۰/۴۷۴
	داخلی	t	۰/۲۵۴	۰/۱۰۸	۰/۳۵۹	۰/۵۹۸	۰/۱۵۵	۰/۱۵۰	۰/۶۹۱	۰/۰۳۹	۰/۱۶۱	۰/۱۲۲	۰/۴۵۶	۰/۶۳۱
		sig	۰/۸۰۳	۰/۹۱۵	۰/۷۲۵	۰/۵۶۰	۰/۸۷۹	۰/۸۸۳	۰/۵۰۱	۰/۹۶۹	۰/۸۷۵	۰/۹۰۵	۰/۶۵۵	۰/۵۳۸
AEMG	خارجی	t	۰/۰۳۱	۰/۲۰۲	۰/۰۸۷	۰/۱۵۷	۰/۲۷۳	۰/۲۶۷	۰/۱۶۷	۰/۰۶۹	۰/۱۵۰	۰/۳۸۴	۰/۴۸۲	۰/۶۱۴
		sig	۰/۹۷۵	۰/۸۴۳	۰/۹۳۲	۰/۸۷۷	۰/۷۸۹	۰/۷۹۴	۰/۸۷۰	۰/۹۴۶	۰/۸۸۳	۰/۷۰۷	۰/۶۳۷	۰/۵۴۹
	داخلی	t	۰/۰۸۷	۰/۱۶۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۵۱۵	۰/۳۹۷	۰/۴۴۹	۰/۳۶۲	۰/۳۵۳	۰/۳۴۰	۰/۴۶۹	۰/۵۷۳
		sig	۰/۹۳۲	۰/۸۷۳	۰/۸۹۹	۰/۸۹۵	۰/۶۱۵	۰/۶۹۷	۰/۶۶۰	۰/۷۲۳	۰/۷۳۰	۰/۷۳۹	۰/۶۴۶	۰/۵۷۶

* در سطح P≤۰/۰۵ معنی‌دار است.

همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، برای تعیین تفاوت بین دو شرایط گرم کردن و ماساژ در هر ۵ ثانیه از یک دقیقه انقباض وامانده‌ساز به‌طور مجزا از t وابسته استفاده شد. نتایج این آزمون در مورد MF نشان می‌دهد تنها در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تفاوتی معنی‌دار بین دو شرایط در ۲۵ ثانیهٔ ابتدایی انقباض وامانده‌ساز وجود دارد. این تفاوت عیناً در مورد MPF نیز مشاهده می‌شود؛ یعنی میزان MPF در دو شرایط در ۲۵ ثانیهٔ ابتدایی انقباض وامانده‌ساز تنها در بخش خارجی عضلهٔ دوقلو متفاوت است. در مورد نرخ تقاطع صفر (ZCR) بین دو شرایط تنها در بخش خارجی عضله گاستروکنمیوس بین ۵ تا ۱۰ ثانیه تفاوتی معنی‌دار وجود دارد. در میانگین الکترومیوگرافی (AEMG) نیز هیچ تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط در

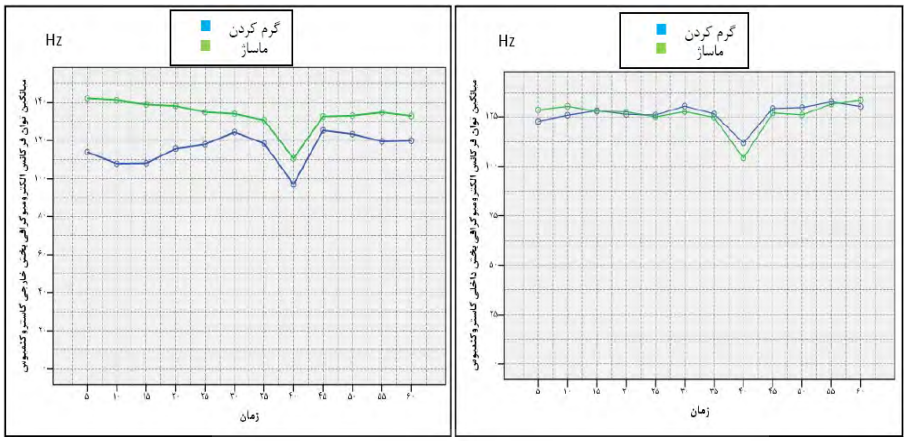
بخش داخلی یا خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس وجود ندارد.

همان‌طور که در نمودار ۲ ملاحظه می‌شود، با چشم‌پوشی از تفاوت‌های انـدک، رونـد تغییـرات میانگین فرکانس الکترومیوگرافی در بخش داخلی عضلهٔ گاسـتروکنمیوس تحـت شـرایط گـرم کـردن و ماسـاژ تقریبـاً مشـابه اسـت. نتـایج آزمـون رونـد بـا مـدل خطـی در بخـش داخلـی (F=۰/۴۲۵،P=0.525) عضله نیز تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط نشان نمی‌دهد. با ایـن حـال، روند تغییرات میانگین فرکانس الکترومیوگرافی در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحـت شرایط گرم کردن و ماساژ تا حدودی متفاوت است. نتایج آزمون رونـد بـا مـدل خطـی نیـز در بخش خارجی (F=۵/۳۹۲،P=0.036) تفاوتی معنی‌دار بین گروه‌ها نشان می‌دهد.



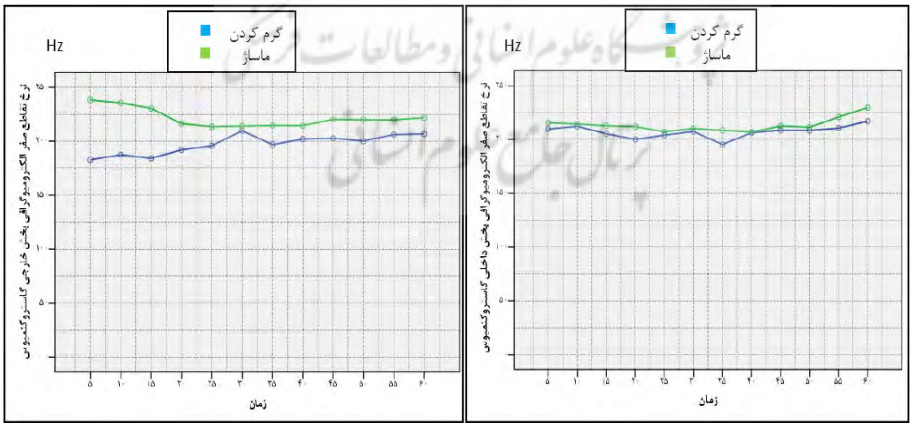
شکل ۲. مقایسهٔ روند تغییرات میانگین فرکانس بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



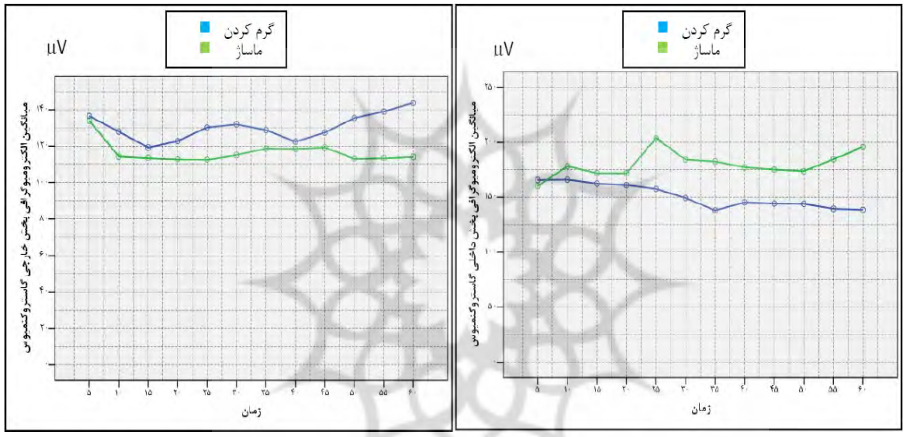
شکل ۳. مقایسهٔ روند تغییرات میانگین توان فرکانس بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ

همان‌طور که در نمودار ۳ ملاحظه می‌شود، با چشم‌پوشی از تفاوت‌های اندک، روند تغییرات میانگین توان فرکانس الکترومیوگرافی در بخش داخلی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ تقریباً مشابه است. نتایج آزمون روند با مدل خطی در بخش داخلی (F=۲/۳۲۸،P=۰/۱۴۹) عضله نیز تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط نشان نمی‌دهد. با این حال، روند تغییرات میانگین توان فرکانس الکترومیوگرافی در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ، به‌ویژه در ۲۵ ثانیهٔ ابتدایی تا حدودی متفاوت است. نتایج آزمون روند با مدل خطی نیز در بخش خارجی (F=۵/۹۵۰،P=۰/۰۲۹) تفاوتی معنی‌دار بین گروه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۴. مقایسهٔ روند تغییرات نرخ تقاطع صفر بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ

همان‌طور که در نمودار ۴ ملاحظه می‌شود، با چشم‌پوشی از تفاوت‌های اندک، روند تغییرات نرخ تقاطع صفر در بخش داخلی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ تقریباً مشابه است. نتایج آزمون روند با مدل خطی در بخش داخلی (F=۰/۱۱۶،P=۰/۷۳۸) عضله نیز تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط نشان نمی‌دهد. با این حال، روند تغییرات نرخ تقاطع صفر در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ، به‌ویژه در ۳۰ ثانیهٔ ابتدایی تا حدودی متفاوت است. نتایج آزمون روند با مدل خطی نیز در بخش خارجی (F=۸/۲۰۴،P=۰/۰۱۲) تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۵. مقایسهٔ روند تغییرات میانگین الکترومیوگرافی بخش داخلی و خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ

با توجه به نمودار ۵ به نظر می‌رسد روند تغییرات میانگین الکترومیوگرافی، هم در بخش داخلی و هم خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس تحت شرایط گرم کردن و ماساژ تا حدی متفاوت است، به‌ویژه در ۱۰ ثانیهٔ انتهایی تفاوت اندکی بین شرایط گرم کردن و ماساژ وجود دارد. با این حال، نتایج آزمون روند با مدل خطی، هم در بخش داخلی (F=۱/۲۷۲،P=۰/۲۷۸) و هم در بخش خارجی (F=۰/۳۶۴،P=۰/۵۵۶) تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها نشان نمی‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

کاهش خستگی و بهبود عملکرد، اصلی‌ترین موارد مورد انتظار از کاربرد گرم کردن و ماساژ است (۲۹، ۳۰). این مطالعه به مقایسهٔ اثر گرم کردن و ماساژ بر خستگی عضلانی موضعی، با استفاده از الکترومیوگرافی سطحی پرداخته است.

نتایج این تحقیق نشان داد مقادیر MF و MPF اولیه پس از ماساژ به‌طور معنی‌داری بیشتر از گرم کردن بود. به‌دلیل اینکه MF و MPF متناسب با فراخوانی واحدهای حرکتی، سرعت هدایت فیبرهای عضلانی، ویژگی‌های فیلترینگ بافت و دمای عضله است، گمان می‌رود ماساژ یکی از این عوامل را تحت تأثیر قرار داده باشد. تأثیر نرخ آتشباری واحدهای حرکتی بسیار اندک است؛ چون آن‌ها نمایندهٔ درصد کمی از کل طیف فرکانس سیگنال الکترومیوگرافی‌اند. شکل ایمپالس واحد حرکتی بیشترین تأثیر را بر MF و MPF دارد که تحت تأثیر سرعت هدایت فیبرهای عضلانی و ویژگی‌های فیلترینگ بافت قرار دارد. فرض بر این است که هرگونه افزایش یا کاهش در نیروی تولیدی باید با تغییر در فراخوانی واحدهای حرکتی و نرخ آتشباری همراه باشد؛ مثلاً تعداد واحدهای حرکتی به‌طور مستقیم با میانگین الکترومیوگرافی مرتبط است (۱۵)، اما میانگین الکترومیوگرافی پایه پس از گرم کردن و ماساژ تقریباً یکسان است؛ یعنی تعداد واحدهای حرکتی در دو شرایط متفاوت نیست. از طرف دیگر، برخی محققان دریافتند در آزمودنی‌های سالم، طیف فرکانس مستقل از شدت انقباض است. باسماجان و دلوکا (۱۹۸۵) اشاره کرده‌اند که اگرچه نرخ تغییرات MPF به‌وسیلهٔ شدت انقباض تحت تأثیر قرار می‌گیرد، هیچ‌گونه توافقی روی تأثیر شدت انقباض بر MPF پایه وجود ندارد (۲۴). برخی دیگر نیز مانند هاگبرگ و اریکسون[1] (۱۹۸۲) دریافتند که MPF با افزایش شدت انقباض در شدت‌های کم حتی افزایش می‌یابد. در سطوح بالاتر (بیش از ٪۲۵ MVC) MPF مستقل از شدت انقباض است (۳۱). موریتانی و مورو[2] (۱۹۸۷) نیز دریافتند که MPF پایه از صفر تا ۸۰ درصد MVC افزایش می‌یابد (۳۲). در این تحقیق از سطح بار مشابه در هردو شرایط استفاده شد؛ بنابراین، در مجموع می‌توان گفت این فرضیه که فراخوانی واحدهای حرکتی و نرخ آتشباری در اثر ماساژ تغییر می‌کند، رد می‌شود؛ چون نه شدت بار و تعداد واحدهای حرکتی تغییر چندانی کرده و نه این عوامل اثر زیادی روی MF و MPF دارند. در این صورت می‌توان چهار فرضیه را مطرح کرد: اول اینکه احتمال دارد روش گرم کردن مورد استفاده در این تحقیق آنقدر شدید بوده که موجب انباشتگی محصولات متابولیکی و کاهش pH عضله شده است. کاهش در MF و MPF با افزایش تجمع محصولات بیوشیمیایی و کاهش pH مرتبط است. این عوامل موجب کاهش سرعت انتشار پتانسیل عمل در طول فیبر عضلانی می‌شود (۳۳). فرضیهٔ دوم این است که ماساژ بیش از گرم کردن دمای درونی عضله را افزایش داده باشد و از این راه موجب افزایش سطوح پایهٔ MF و MPF شده باشد. احتمالاً دمای درون عضله

1. Hagberg & Ericson
2. Moritani & Muro

از طریق افزایش سرعت هدایت عصبی یا تغییر اثر فیلترینگ بافت بر MF و MPF اثرگذار است. اگرچه دورکین و همکاران[1] (۲۰۰۶) با بررسی ماساژ با دستگاه هنگام رانندگی افزایش معنی‌داری در دمای پوست، جریان خون و اکسیداسیون عضله گزارش کردند، در AEMG و MPF افزایش معنی داری گزارش نشد (۳۴). فرضیهٔ سوم این است که ماساژ تأثیری مستقیم بر فیلترینگ بافت داشته است. هاگبرگ و اریکسون (۱۹۸۲) نیز گمان می‌کنند که یکی از دلایل تغییر MF تغییر اثر فیلتر بافت باشد (۳۱). در این خصوص، نگ و همکاران[2] (۲۰۰۷) با بررسی و مقایسهٔ اثر گرم کردن فعال (کشش فعال، دوی جاگینگ و رکاب‌زنی با شدت کم روی ارگومتر) و غیرفعال (شامل ماساژ، کیسهٔ آب گرم و کشش ایستا) نتیجه گرفتند که تنها گرم کردن غیرفعال تأثیری معنی‌دار بر زمان اجرای رکاب‌زنی داشته است. آن‌ها اتساع عروقی در عضلات پس از گرم کردن غیرفعال را دلیل این مسئله می‌دانند. احتمالاً زیاد بودن شدت گرم کردن فعال برای آزمودنی‌های غیرورزشکار و خستگی آن‌ها از دلایل کاهش زمان واماندگی در شرایط گرم کردن فعال است؛ بنابراین یافته‌های تحقیق حاضر با یافته‌های نگ و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد (۳۵). در نهایت، آخرین سازوکار احتمالی تأثیر ماساژ بر شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی تأثیر آن بر برخی هورمون‌ها و نوروترانسمیترها می‌باشد. به‌طور یقین می‌توان گفت تحریک گیرنده‌های فشاری زیر پوست به افزایش تون واگوس، کاهش ضربان قلب، افزایش بتا آندورفین‌ها، سروتونین و دوپامین و کاهش مادهٔ P، افزایش کورتیزول و بهبود سیستم ایمنی، تغییر فعالیت مغز و EEG (افزایش بتا، آلفا و تتا و کاهش دلتا) منجر می‌شود که برآیند آن افزایش تمرکز و تسهیل عملکرد شناختی است (۱۶، ۳۶). بر اساس مطالعهٔ فیلد و همکاران[3] (۲۰۰۷) ماساژ ممکن است ترشح هورمون کورتیزول و استرس عمومی را کاهش داده، سطوح سروتونین و دوپامین را افزایش دهد (۱۶). همچنین ماساژ موجب تحریک سمپاتیکی می‌شود که می‌تواند نقش مهمی در پارامترهای آمادگی ورزشکار پیش از فعالیت شامل ضربان قلب، دمای بدن، سرعت تنفس و تعریق داشته باشد که در شرایط استرس‌زای قبل از رقابت مهم‌اند. (۲۰)؛ بنابراین احتمالاً ماساژ از طریق این سازوکار می‌تواند بر حالت روانی ابتدایی آزمودنی‌ها هنگام شروع انقباض تأثیر گذاشته باشد.

یافته‌های این تحقیق همچنین نشان داد بین دو شرایط در تغییرات MF، MPF و ZCR در طول یک دقیقه تحمل انقباض تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در مقایسهٔ ۵ ثانیه به ۵ ثانیه

1. Durkin, et al.
2. Ng, et al.
3. Field, et al.

شاخص‌های خستگی هنگام تحمل انقباض ایزومتریک ملاحظه شد که تنها در شاخص‌های MF و MPF در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس، بین دو شرایط در ۲۵ ثانیهٔ ابتدایی انقباض وامانده‌ساز تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در مورد ZCR تفاوت معنی‌دار بین دو شرایط تنها در بخش خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس بین ثانیهٔ ۵ تا ۱۰ وجود داشت. در میانگین الکترومیوگرافی (AEMG) نیز هیچ تفاوت معنی‌داری بین دو شرایط در بخش داخلی یا خارجی عضلهٔ گاستروکنمیوس وجود نداشت. با توجه به نمودارهای ۲ و ۳ ملاحظه می‌شود که میزان MF، MPF و ZCR پس از کاهشی اندک در ۱۰ ثانیهٔ اول در هر دو شرایط، تا ۳۰ ثانیه پس از انقباض در شرایط گرم کردن پیش از فعالیت افزایش می‌یابد و در مجموع تا پایان انقباض شیب صعودی دارد، اما در شرایط ماساژ تا ثانیهٔ ۴۰ پس از انقباض به‌تدریج کاهش می‌یابد و در مجموع شیب نزولی دارد. این یافته‌ها مبین این نکته است که گرم کردن تأثیر بهتری بر کاهش خستگی عصبی – عضلانی، به‌خصوص در ۴۰ ثانیهٔ ابتدایی انقباض داشته است. پیشنهاد شده که ماساژ ممکن است اثری سریع و موقتی بر انقباض داشته باشد. در مطالعهٔ هانتر و همکاران[1] (۲۰۰۶) ماساژ روی انقباض اول اثرگذار بود، ولی در ادامه روی سایر انقباض‌ها اثری نداشت (۱۵). پژوهش تاناکا و همکاران[2] (۲۰۰۲) با اعمال ۷ دقیقه ماساژ مشابه تحقیق حاضر نشان داد که این ماساژ هیچ تأثیری بر شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی عضلات کمر ندارد، اما شاخص‌های روانی خستگی را کاهش می‌دهد (۳۷). در این تحقیق از دویدن های سریع در پایان گرم کردن استفاده شد که نه‌تنها در بهبود ویژگی‌های انقباضی محیطی عضله مؤثر است؛ بلکه بر مجموعهٔ اتصالات عصبی - عضلانی نیز تأثیر دارد. همچنین کارآیی سیستم عصبی - عضلانی نیز در این مورد افزایش می‌یابد (۸). همچنین ممکن است گرم کردن فعال به بازسازی مجدد عناصر متحرک در بدنهٔ کلاژن مانند پلی ساکارید و آب کمک کند (۳۸). از سوی دیگر، گرم کردن احتمالاً بر محتوای جریان خون عضله نیز تأثیر بیشتری دارد. محدودیت جریان خون موجب انتقال اکسیژن ناکافی و کاهش تخلیهٔ محصولات متابولیکی می‌شود. موری و همکاران[3] (۲۰۰۴) افزایش معنی‌داری در حجم خون عضلانی MBV[4] پس از ماساژ مشاهده کردند، اما این افزایش برای اثرگذاری بر تغییراتMF کافی نبود. آن‌ها اذعان می‌کنند که شاید اگر از روش‌های دیگری مانند گرم کردن فعال استفاده می‌شد، نتایج کاملاً متفاوت بود (۳۹).

1. Hunter, et al.
2. Tanaka, et al.
3. Mori, et al.
4. Muscle blood volume

در مجموع، تحقیقات مختلف نشان می‌دهند ماساژ بر جریان خون عضله تأثیری ندارد و یا آن‌قدر اثرگذار نیست که بتواند بر از بین بردن لاکتات تأثیر بگذارد (۳۶). در این تحقیق از تکنیک‌های افلوراژ، پتیریساژ، رینگینگ و رولینگ استفاده شد. این تکنیک‌ها با ایجاد نیروی مرکزگرا برای تخلیهٔ مویرگ‌ها و سیاهرگ‌ها با واکنشی بیش‌جبرانی می‌تواند جریان خون را افزایش دهد (۲۰)، اما احتمالاً جریان خون در خلال تمرینات گرم کردن بسیار بیشتر افزایش پیدا می‌کند. دلیل دیگر اثرِ کمِ ماساژ در به تأخیر انداختن خستگی این است که ماساژ قابلیت تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی آلفا را کاهش می‌دهد. برخی محققان معتقدند ماساژ یک نقطه ممکن است به پاسخی عمومی در عضلات منجر شود؛ به عبارت دیگر، توان عضلانی حاصل از فعالیت کم نورون‌های نخاعی نه‌تنها به‌وسیلهٔ ایمپالس های دوک عضلانی کنترل می‌شود؛ بلکه به‌وسیلهٔ فرمان‌های مغز به نورون‌های حرکتی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد؛ از این رو تغییرات مرتبط با ماساژ در تانسیون عضله از طریق تغییر در تنش سایر عضلات متعادل می‌شود؛ یعنی ماساژ در مجموع بر هر عضله تأثیری اندک خواهد داشت (۴۰).

در نهایت، بین شاخص‌های خستگی گروه‌ها در ۳۰ ثانیهٔ انتهای انقباض وامانده‌ساز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. یکسان بودن این شاخص‌ها در دو شرایط نشان‌دهندهٔ نبود تفاوت در فراخوانی واحدهای حرکتی و نرخ آتشباری می‌باشد. می‌توان پیشنهاد کرد که احتمالاً برای جبران کاهش ظرفیت تولید نیرو پس از ماساژ افزایشی در فراخوانی عصبی رخ داده است. با این حال، زمانی که تعداد واحدهای حرکتی بیشتری فراخوانی شدند- در طول انقباض زیربیشینه- افزایش نیروی تولیدی به گیرنده‌های وابرانی بستگی خواهد داشت که پیام‌ها را به سیستم عصبی مرکزی می‌فرستند (۱۵).

در تعمیم یافته‌های این پژوهش باید احتیاط کرد؛ زیرا این تحقیق با چندین محدودیت روبه‌رو بوده است. یکی از محدودیت‌های این تحقیق ارتباط منفی بین خستگی‌پذیری عضله و محتوای تارهای کندانقباض در آن است. ممکن است یک دقیقه انقباض ایزومتریک توصیه شده به‌وسیلهٔ یانگ و همکاران[1] (۲۰۰۵) که در این تحقیق استفاده شد، به‌دلیل محتوای زیاد تارهای کندانقباض در عضلهٔ گاستروکنمیوس و مقاوم بودن در برابر خستگی کافی نباشد. همچنین تفاوت‌های فردی در خستگی‌پذیری نیز می‌تواند بر نتایج تحقیق اثر داشته باشد (۴۱). مشکل دیگر کنترل نشدن تغذیهٔ آزمودنی‌ها و همچنین میزان فعالیت بدنی آن‌هاست که با توجه به بررسی عضلات دوقلو در این تحقیق که بیشترین کاربرد را در فعالیت‌های روزمره دارند، با

1. Young, et al.

اهمیت‌تر می‌شود. این عوامل بر میزان گلیکوژن عضله و سطوح لاکتات اثرگذارند که از عوامل مهمِ مؤثر در خستگی هستند (۲۶). یکی دیگر از محدودیت‌های این پژوهش کوتاه بودن زمان اعمال ماساژ است. طبق مطالعات پژوهشگران ژاپنی، ۷ دقیقه زمان برای واکنش‌های فیزیولوژیکی بافت‌های موضعی اطراف کافی است (۴۲). این مطالعات بعد از ۵ دقیقه ماساژ، با استفاده از ابزار مکانیکی افزایش معنی‌داری در جریان خون عضلانی نشان دادند. با وجود این، در تحقیق حاضر مشاهده شد مدت اعمال ماساژ در این مطالعه، کوتاه و ناحیهٔ آن نیز، در مقایسه با طراحی‌های بالینی محدود است؛ بنابراین نمی‌توان نتایج این پژوهش را به ماساژ کاربردی تعمیم داد که زمان زیادی طول می‌کشد و نواحی بیشتری (احتمالاً کل بدن) در آن درگیرند. از سوی دیگر، اگر پروتکل ماساژ از پیش تعیین شده باشد، ایجاد این محدودیت ممکن است آزادی حرکات ماساژور را که اصلی مهم در اثرگذاری ماساژ است تحت‌الشعاع قرار دهد. دیگر محدودیت این پژوهش به بررسی خستگی از طریق سیگنال الکترومیوگرافی ارتباط دارد. خستگی می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند میزان تحمل، انگیزش و تطابق سینرژیست (عضلات همکار) قرار بگیرد که در سیگنال الکترومیوگرافی جایی ندارند. یکی دیگر از محدودیت‌های بررسی خستگی از طریق داده‌های الکترومیوگرافی نبود ارتباط قوی بین کاهش دامنهٔ سیگنال نرمال‌سازی شده بر حسب MVC و کاهش توان خروجی است. به‌طور ویژه، هنگام فراخوانی بیشینهٔ واحدهای حرکتی، دامنهٔ سیگنال الکترومیوگرافی کاهش می‌یابد، اما در طول انقباضات زیربیشینه که تعدادی واحد حرکتی غیرفعال وجود دارد، خستگی محیطی نمی‌تواند موجب توقف تمرین شود. دامنهٔ سیگنال الکترومیوگرافی با توجه به تعداد واحدهای حرکتی فراخوانی شده و نرخ آتشباری واحدهای حرکتی تغییر می‌کند. هنگام خستگی تغییراتی در پتانسیل عمل به‌وجود می‌آید که می‌تواند هنگامی که سیگنال الکترومیوگرافی پس از انقباض وامانده‌ساز توان رسیدن به مقادیر زیربیشینه را ندارد، مستقل از هرگونه کاهشی در ظرفیت فعال‌سازی عضله مشارکت داشته باشد. یکی دیگر از محدودیت‌های کاربرد این نتیجه، تعمیم آن به حرکات دینامیک است. خستگی بر انقباض عضلانی با سرعت‌های مختلف به گونه‌ای متفاوت اثر می‌گذارد. کاهش در فراخوانی واحدهای حرکتی و نرخ آتشباری می‌تواند به‌دلیل اثرات رفلکسی در نخاع رخ دهد. از سوی دیگر، طبق نتایج پژوهش‌های قبلی به نظر نمی‌رسد که در طول دورهٔ انقباض وامانده‌ساز در این تحقیق خستگی به‌دلیل سازوکارهای مرکزی در CNS رخ داده باشد (۴۳). در نهایت، هرچند هدف مطالعه حاضر مقایسهٔ دو مدالیتهٔ پیش از فعالیت بود و وجود گروه کنترل ضرورتی نداشت، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی به این موضوع توجه شود.

نتایج این پژوهش از ماساژ پیش از فعالیت به‌دلیل اثرگذاری بر مقادیر پایهٔ شاخص‌های خستگی عصبی - عضلانی عضله گاستروکنمیوس و از گرم کردن فعال برای به تعویق انداختن خستگی عصبی - عضلانی این عضله حمایت می‌کند. هرچند نتایج تحقیقات مختلف در این مورد کاملاً بحث‌برانگیز است، بدیهی به نظر می‌رسد که گرم کردن همراه با کشش روشی مؤثرتر و ارزان‌تر از ماساژ پیش از فعالیت است، اما طبق نتایج تحقیقات، ماساژ اثرات مثبتی بر شاخص‌های خستگی ادراک‌شده نیز دارد که می‌تواند توجیه خوبی برای استفاده از آن توسط ورزشکاران باشد. با این حال برای تعیین بهترین مداخله‌های پیش از فعالیت برای هر رشتهٔ ورزشی و ترکیب‌های مختلف مداخله‌های موجود برای دست‌یابی به بهترین هدف باید تحقیقات بیشتری انجام شود.

منابع:

1. Slobounov, S. (2008), Injuries in athletics: Causes and consequences, Springer Science, LLC, USA, p: 77-97.
2. Bishop, D. (2003), Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. Sports Med; 33:439–54.
3. Bergh, U., and Ekblom, B. (1979), Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles, Acta Physiol Scond; 107:33-37.
4. Stewart, D., Macaluho, A., and Devito, G. (2003), The effect of an active warm-up on surface EMG and muscle performance in healthy humans, Eur J Appl Physiol, 89:509-513.
5. Weerapong, P., Hume, PA., and Kolt, GS. (2005), The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention .Sports Med. 35:235–256.
6. Strojnik, V., and Komi, PV. (1998), Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. Eur J Appl Physiol, 84:344-350.
7. Taylor, KL., Sheppard, JM., Lee, H., Plummer, N. (2009), Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component, Journal of Science and Medicine in Sport; 12:657–661.
8. Skof, B., and Strojnik, V. (2007), The effect of Two warm-up protocols on some biomechanical parameters of the neuromuscular system of middle distance runners. Journal of Strength and Conditioning Research, 21(2): 394-399
9. Bishop, D., Bonetti, D., & Dawson, B. (2001). The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. Medicine & Science in

Sports & Exercise; 33:1026-1032.

10. Arnett, M. (2002). Effects of prolonged and reduced warm-up on diurnal variation in body temperature and swim performance. J Strength and Conditioning Research; 16:256-261.
11. Gray, S., & Nimmo, M. (2001). Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. J Sports Sci; 19:693-700.
12. Ogai, R., Yamane, M., Matsumoto, T., Kosaka, M. (2008), Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedaling, Br J Sports Med; 42:834–838.
13. Sullivan, S., Williams, L., Seabone, D., and Morelli, M. (1991), Effects of massage on alpha motoneuron excitability. Phys Ther; 71:555–560.
14. Preyde, M. (2000), Effectiveness of massage therapy for sub-acute low-back pain: A randomized controlled trial. CMAJ 162:1815–1820.
15. Hunter, AM., Watt, JM., Watt, V. et al. (2006), Effect of lower limb massage on electromyography and force production of the knee extensors, Br J Sports Med;40:114–118.
16. Field, T., Diego, M., Hernandez-Reif, M. (2007), Massage therapy research, Developmental Review; 27:75–89.
17. Goodwin, J.E., M. Glaister, G. Howatson, R.A. Lockey, and G. McInnes. (2007), Effect of pre-performance lower-limb massage on thirty-meter sprint running. J Strength Cond Res; 21(4):1028-1031.
18. Harmer, P. (1991). The effect of pre-performance massage on stride frequency in sprinters. J Athletic Train; 26: 55-58.
19. Wiktorsoon-Moller, M., Oberg, B. Ekstrand, J., and Gillquist, J. (1983), Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. Am J Sports Med; 11:249-252.
20. Callaghan, MJ. (1993), The role of massage in the management of the athlete: a review, Br J Sp Med; 27(1): 28-33.
21. Rinder, AN., Sutherland, CJ. (1995), An investigation of the effects of massage on quadriceps performance after exercise fatigue. Complement Ther Nurs Midwifery; 1:99-102
22. Kankaanpaa, M., Taimela, S., Airaksinen, O., Hanninen, O. (1999), The efficacy of active rehabilitation in chronic low back pain. Effect on pain intensity, self-experienced disability, and lumbar fatigability. Spine; 24:1034-42
23. DeLuca, CJ. (1979), Physiology and mathematics of myoelectric signals. IEEE Trans Biomed Eng, 26: 313-325.

24. Basmajian, JV., DeLuca, CJ.(1985), Muscle Alive, their function revealed by electromyography, Ed 5, Baltimore, MD, Wiliams & Wilkins.

25. Eisenberg, DM., Kessler, R.C. Foster, C. Norlock, F.E. Calkins, D.R. AND Delbanco, T.L. (1993), Unconventional medicine in the United States: Prevalence, costs and patterns of use, N Engl J Med; 328:246-252.

26. Robertson, A., WATT, JM., and Galloway, SDR. (2004), Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise. Br J Sports Med. 38:173–176.

27. Ertugrul, G. (2010), Acute Effects of Different Warm-Up Methods on Sprint, Slalom Dribbling, and Penalty Kick Performance in Soccer Players, Journal of Strength & Conditioning Research; 24(4): 950-956.

28. Kinugasa, R., Akima, H. (2005). Neuromuscular Activation of Triceps Surae Using Muscle Functional MRI and EMG. Medicine & Science in Sport & Exercise, 37(4): 593-598

29. Galloway, SD., Watt, JM. (2004), Massage provision by physiotherapists at major athletics events between 1987 and 1998. Br J Sports Med; 38:235–6.

30. Stewart, M., Adams, R., Alonso, A, Van Koesveld, B., and Campbell, S. (2007), Warm-up or stretch as preparation for sprint performance? J Sci Med Sport; 10:403–410.

31. Hagberg, M., Ericson, BE. (1982), Myoelectric power spectrum dependence on muscular contruction level of elbow flexors. Eur J Appl Physiol; 48: 147-156

32. Moritani, T., Muro, M. (1987), Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. Am J Phys Med. 57: 263-277.

33. Bonato, P., Roy, SH., Knaflitz, M., and De Luca, CJ. (2001), Time-Frequency Parameters of the Surface Myoelectric Signal for Assessing Muscle Fatigue during Cyclic Dynamic Contractions, IEEE Transactions on Biomedical Engineering; 48(7): 745-753.

34. Durkin, JL., Harvey, A., Hughson, RL., Callaghan, JP. (2006). The effects of lumbar massage on muscle fatigue, muscle oxygenation, low back discomfort, and driver performance during prolonged driving. Ergonomics; 49(1):28-44.

35. Ng, G.F., Cheng, CY., Fung, ML., Ngai, NW., Wong, EY., Yeung, AF. (2007), Comparison of the time to perceived exertion in cycling with different warm-up procedures, Hong Kong Physiotherapy Journal; 25:10-13.

36. Hemmings, BJ. Smith, M., Graydon, J., Dyson, R. (2000), Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance, Br J Sports Med; 34:109–115

37. Tanaka, T, Leisman, H., Mori, G., and A Nishijo, K. (2002), The effect of massage on localized lumbar muscle fatigue. BMC Comp and Alt Med 2:9.

38. Fletcher, I., & Jones, B. (2004). The effects of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. Journal of Strength and Conditioning Research; 18:885-888.

39. Mori, H., Ohsawa, H, Tanaka, TH., Taniwaki, E., Leisman, G., Nishijo, K. (2004), Effect of massage on blood flow and muscle fatigue following isometric lumbar exercise, Med Sci Monit; 10(5):173-178.

40. Kassolik, K., lska, A, Kisiel-Sajewicz, K., Marusiak, J., Kawczynski, A., Jaskolski, A. (2009), Tensegrity principle in massage demonstrated by electro- and mechanomyography, Journal of Body work and Movement Therapies; 13:164–170

41. Young, R., Gutnik, B., Moran, R.W., and Thomson, RW. (2005), The effect of effleurage massage in recovery from fatigue in the Adductor muscles of the thumb, J Manipulative Physiol Ther; 28:696-701.

42. Otsuka, T., Hirai, K., Mori, H., Nishijo, K. (1999), Change of intramuscular circulation by commercial massage device. Nihon Shugi Ryouho Zasshi; 10.

43. Weir, J.P., Beck, TW., Cramer, JT., Housh, TJ. (2006), Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model, Br J Sports Med; 40:573–586.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی