

تأثیر اولتراسوند بر شاخص‌های آسیب عضلانی و درک درد پس از کوفتگی عضلانی تأخیری متعاقب انقباضات برون‌گرا در دختران غیرورزشکار

مریم ارجی^۱ - محمدرضا اسد^۲ - محمدعلی سمواتی شریف^{۳*}

۱. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزش، دانشگاه پیام نور مرکز کرج، کرج، ایران ۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه پیام نور مرکز تهران، تهران، ایران ۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

(تاریخ دریافت: ۰۱/۱۵/۱۳۹۶، تاریخ تصویب: ۱۸/۱۲/۱۳۹۶)

چکیده

هدف این تحقیق، بررسی تأثیر اولتراسوند بر تغییرات آنزیم لاکتات دهیدروژناز (DHL)، کراتین کیناز (CK)، درک درد و قدرت بیشینه، ناشی از کوفتگی عضلانی تأخیری در دختران غیرورزشکار بود. این تحقیق بر روی ۳۰ دانشجو دختر داوطلب غیرورزشکار (سن 20.95 ± 1.61 سال، وزن 55.68 ± 7.58 کیلوگرم، قد 161.03 ± 4.87 سانتی‌متر و شاخص توده بدن 22.35 کیلوگرم بر مترمربع) که تا شش ماه پیش از آزمون سابقه کوفتگی عضلانی نداشتند، انجام گرفت. آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در دو گروه ۱۵ نفره (تجربی و کنترل) جایگزین شدند. به منظور ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری، از آزمودنی‌ها خواسته شد با ۸۰ درصد یک تکرار بیشینه، در سه ست ۱۵ تکراری، عضلات همسترینگ خود را با دستگاه بدنسازی ویژه، تحت کشش قرار دهند. فاصله استراحت بین ست‌ها یک دقیقه بود. لاکتات دهیدروژناز، کراتین کیناز، درک درد و قدرت حداکثر، در دو نوبت (پیش و ۴۸ ساعت پس از اتمام تمرین) بررسی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون t مستقل و t وابسته در سطح معناداری $P < 0.05$ استفاده شد. یافته‌ها نشان داد آنزیم لاکتات دهیدروژناز ($P = 0.001$)، شدت درد ($P = 0.007$) و قدرت بیشینه عضلات همسترینگ ($P = 0.001$) در گروه تجربی نسبت به گروه کنترل تفاوت معناداری داشت. اما در میزان آنزیم کراتین کیناز در بین گروه‌ها تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج نشان داد اولتراسوند به عنوان یک روش درمانی مناسب، می‌تواند کوفتگی عضلانی تأخیری ناشی از انقباضات برون‌گرا را در دختران غیرورزشکار کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی

انقباض برون‌گرا، اولتراسوند، کراتین کیناز، کوفتگی عضلانی، لاکتات دهیدروژناز.

مقدمه

کوفتگی و درد عضلانی (DOMS)^۱، تجربه‌ای معمول و شایع پس از انجام فعالیت‌های جسمانی است که به طور کلی با توجه به زمان بروز کوفتگی عضلانی می‌توان به دو نوع کوفتگی عضلانی حاد و تأخیری اشاره کرد (۱). کوفتگی حاد موقتی است و معمولاً چند دقیقه تا چند ساعت پس از فعالیت شدید بروز می‌کند و به همین دلیل به آن کوفتگی حاد می‌گویند. علت اصلی کوفتگی حاد را کم‌خونی موضعی، تجمع فراورده‌های سوخت‌وسازی (اسید لاکتیک و پتاسیم) دانسته‌اند (۱). نوع دیگر کوفتگی، کوفتگی عضلانی تأخیری مزمن است، که در چند روز اول پس از فعالیت‌های شدید منظم بروز می‌کند (۳-۱). این نوع کوفتگی نه فقط در افراد غیرورزشکار، بلکه در افراد ورزشکار نیز هنگامی که فعالیت‌های شدید یا جدیدی را انجام می‌دهند، بروز می‌کند (۴،۱). گزارش‌های موجود حاکی از آن است که بروز درد پس از انجام فعالیت‌های سنگین که همراه با انقباض‌های برون‌گراست، نیز عارض می‌شود (۵،۴،۱). فعالیت‌هایی مثل راه رفتن و دویدن در سرازیری، پایین آمدن از پله و کوه، اسکی در سرازیری، تمرینات پلايومتریک و انقباض‌های برون‌گرا به‌هنگام تمرین با وزنه نیز از جمله فعالیت‌هایی هستند که پس از آن عارضه کوفتگی اتفاق خواهد افتاد (۳،۶،۷). در این عارضه، لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز از نشانگرهای شناخته‌شده متابولیکی فشار اکسایشی به‌شمار می‌آید (۸). در اثر فعالیت شدید بدنی، آنزیم لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز افزایش پیدا می‌کنند و در دوره باز یافت به سطح قبلی می‌رسند (۹). در پژوهش‌های جداگانه نشان داده شده تمرین‌های قدرتی، لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز پلاسما را افزایش می‌دهد (۱۰-۸). سبب‌شناسی کوفتگی عضلانی تأخیری موضوعی است که مورد بحث

جوامع ورزشی و حتی پزشکی قرار گرفته است. در زمینه عوامل ایجادکننده کوفتگی عضلانی تأخیری، فرضیه‌های متعددی ارائه شده است که می‌توان به نظریه پارگی نسوج (۱)، تجمع اسید لاکتیک در بافت عضلانی، اسپاسم عضلانی، آسیب بافت همبند، التهاب و ورم نسوج و فرضیات دیگر اشاره کرد (۵،۱). از نشانه‌های ظاهری کوفتگی عضلانی تأخیری، می‌توان به عملکرد ضعیف ورزشی، درد موضعی، تورم، سفتی و خشکی عضله، کاهش قدرت عضلانی اشاره کرد (۹). اعتقاد بر این است که انقباض‌های برون‌گرا، در تمامی افراد صرف‌نظر از سن، جنس یا سطح آمادگی جسمانی می‌تواند دچار آسیب شود؛ اما در افرادی که در گذشته به‌حد کافی تمرین‌های مقاومتی انجام نداده‌اند، بیشتر تأثیر دارد (۵،۱۲،۱۳).

فعالیت شدید (به‌خصوص فعالیت‌های برون‌گرا) سبب آسیب یا ترومای عضله، محل اتصال عضله و تاندون^۲ یا هر دو می‌شود. کوفتگی عضلانی تأخیری معمولاً ۱۲ تا ۲۴ ساعت پس از فعالیت شروع می‌شود (۱،۴،۱۵). زمان اوج به شدت تمرین بستگی دارد و معمولاً بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت است (۲،۷). در عین حال، شدت و مدت کوفتگی عضلانی تأخیری بعد از تمرین‌های برون‌گرا، پیش‌بینی‌پذیر نیست، و زمان از بین رفتن آن را ۵ تا ۷ روز پس از تمرین ذکر کرده‌اند (۳،۵،۱۶). اجماع عمومی محققان در مورد کوفتگی، مبین این نکته است که با یک فرضیه نمی‌توان سازوکار کوفتگی را توضیح داد، بلکه چندین عامل با هم کوفتگی را به‌وجود می‌آورند (اثر گلوله‌برفی^۳ در سطح سلولی) (۲).

دو دسته از محققان، آرمسترانگ و اسمیت، اسمیت و جکسون، فرضیه‌های ارائه‌شده در زمینه سازوکار کوفتگی را به‌صورت زیر یکپارچه کرده‌اند. آن‌ها معتقدند که در پی تمرینات اکسنتریک شدید، آسیبی به اتصال تاندون عضله

متفاوتی دارد. طاهری و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر اولتراسوند (۳ مگاهرتز، با شدت 1w/cm^2 در مدت ۷ دقیقه)، پس از ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری بر روی عضله چهارسر ران ۲۰ دانشجوی پسر غیرورزشکار را بررسی کردند.

نتایج، تأثیر معناداری بر روی نشانگرهای حاصل از کوفتگی عضلانی را نشان داد (۵). در تحقیق هاسون و همکاران (۲۰۰۱) که از روش درمانی اولتراسوند (فرکانس ۱ مگاهرتز و شدت 0.8w/cm^2 در مدت ۲۰ دقیقه) برای درمان عضله پهن داخلی و خارجی، ۱۸ غیرورزشکار، پس از کوفتگی عضلانی استفاده کرده بودند، کاهش معناداری در میزان شدت درد آزمودنی‌ها دیده شد (۱۸). سیسون و همکاران (۲۰۰۳) افزایش علائم کوفتگی عضلانی تأخیری را پس از اولتراسوند (فرکانس ۱ مگاهرتز، شدت $1/5\text{w/cm}^2$) روی فلکسورهای جانبی ۴۰ زنی که دچار کوفتگی عضلانی شده بودند، گزارش کردند (۱۹).

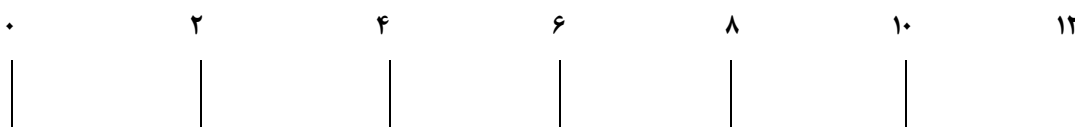
گایوری (۲۰۰۶) در بررسی اثر اولتراسوند در تسکین درد عضلانی، افزایش دامنه حرکتی و قدرت عضلات ۱۲ مرد گزارش داد، درمان با روش اولتراسوند تأثیر معناداری بر نشانگرهای کوفتگی عضلانی ندارد (۲۰). استای و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر اجرای اولتراسوند (فرکانس ۱ مگاهرتز شدت $1/5\text{w/cm}^2$ به مدت ۷ دقیقه) در میزان کراتین کیناز حاصل از کوفتگی عضلانی، تأثیر معناداری را مشاهده نکردند (۲۱). با توجه به نتایج ضدونقیض حاصل از مطالعات، و اینکه مطالعاتی در این زمینه در دختران غیرورزشکار دیده نشد، و همچنین اهمیت درمان کوفتگی عضلانی تأخیری در ورزشکاران دختر به‌ویژه دختران دانشجوی غیرورزشکار که تمایل دارند در فعالیت‌های ورزشی برای نخستین بار شرکت کنند و هیچ‌گونه تجربه ورزشی از قبل را ندارند، تصمیم گرفته شد تا تأثیر اولتراسوند بر تغییرات آنزیم لاکتات دهیدروژناز (DHL)، کراتین کیناز (CK)، درک

وارد می‌شود که موجب تجمع کلسیم می‌گردد و تنفس سلولی را مهار کرده و تولید ATP را مختل می‌کند. در دقایق بعدی و در مرحله التهاب از آسیب، نوتروفیل‌های موجود در گردش خون افزایش می‌یابند. در عرض ۶ تا ۱۲ ساعت ماکروفاژها در محل آسیب وارد شده و تولیدات هیستامین فعال می‌شود. ۴۸ ساعت پس از آسیب، تعداد ماکروفاژها و منوسیت‌ها به اوج خود می‌رسد. ماکروفاژها، در مواجهه با التهاب، رهایش پروستاگلاندین‌ها را تحریک می‌کنند که پایانه‌های عصبی نوع III و IV را به تحریکات حرارتی، مکانیکی و شیمیایی حساس می‌سازند (۲).

تجمع هیستامین، پتاسیم و کینین ناشی از فعالیت فاگوسیتوزی، نکروز سلولی، و همچنین افزایش فشار ناشی از ادم و افزایش درجه حرارت موضعی بافت، همگی موجب فعال شدن گیرنده‌های درد در داخل عضلات و اتصال تاندونی عضلانی می‌شود (۲). تمامی اینها با هم می‌توانند به احساس آزرده‌گی و کوفتگی عضلانی منجر شوند و افزایش حرکت در این حالت می‌تواند به افزایش احساس درد ناشی از افزایش فشار درون عضلانی و حساس شدن گیرنده‌های درد به‌وسیله پروستاگلاندین‌ها بینجامد (۲). راه‌های درمانی متعددی از جمله سرددرمانی، کشش، اولتراسوند، تحریک الکتریکی، داروهای ضدالتهاب، ماساژ و... مورد استفاده محققان بوده‌اند (۳، ۵). روش درمانی مؤثر و مفید در مقابل کوفتگی عضلانی تأخیری وجود دارد، که اجرای ورزشی ورزشکار را بالا برده و بازگشت افراد غیرورزشکار را به فعالیت‌های زندگی روزانه تسریع خواهد کرد (۳). اولتراسوند از جمله دستگاه‌های فیزیوتراپی است و به نوسان‌های مکانیکی اشاره می‌کند که شبیه امواج صوتی با فرکانس بالاترند. این امواج، ماورای صوت و با فرکانس بیش از ۲۰۰۰۰ هرتز (۵) و کاربرد زیادی در کاهش درد دارند (۵). با توجه به تحقیقات انجام‌گرفته، تأثیر اولتراسوند از نظر درمانی نتایج

عضلانی، سابقه آسیب‌دیدگی و بیماری‌های مختلف قید شده بود. گزینش نمونه‌ها براساس پاسخ داوطلبان به مفاد پرسشنامه و پر کردن رضایت‌نامه مبنی برداشتن تمام ملاک‌های مورد نظر محقق صورت پذیرفت (۲۲).

طرح تحقیق: روش اجرا بدین‌صورت بود که ابتدا مشخصات آزمودنی‌ها در برگه مشخصات فردی ثبت و سپس قد و وزن آن‌ها به‌ترتیب با متر نواری و ترازوی سه‌ن YH-T3 برحسب کیلوگرم (با دقت ۰/۱) اندازه‌گیری شد. سپس ۵ میلی‌لیتر خون از ورید زنداسفلی بازوی راست هر دو گروه، جهت برآورد متغیر وابسته پژوهش (لاکتات دهیدروژناز و کراتین کیناز سرمی) تهیه شد. متغیرهای دیگر پژوهش به‌ترتیب، میزان درک درد [براساس مقیاس درجه‌بندی ترسیمی درد که بر پایه مقیاس کلامی توصیفی مورد پرسشنامه ارزیابی تالاک (۱۹۷۳) قرار دارد]، انجام گرفت (شکل ۱) (۱۲،۳).



شکل ۱. مقیاس درجه‌بندی ترسیمی وزن

تکرار بیشینه وزنه تعیین‌شده را در سه ست ۱۵ تکراری اجرا کنند. زاویه خم شدن مطلوب زنان ۱۶۰-۱۴۰ درجه بود، زمان استراحت بین هر ست ۱ دقیقه در نظر گرفته شده بود (۲۲،۳). برای اجرای انقباض برون‌گرا در هر بار وزنه زدن، همکاران وزنه را بالا می‌بردند، و وقتی به زاویه مطلوب می‌رسید، آزمودنی وزنه را به‌صورت کنترل‌شده پایین می‌آورد (۲۳،۳). برای راهنمای آزمودنی‌ها و اطمینان از تولید DOMS پس از برنامه منتخب، چند روز پیش از شروع پژوهش، یک نوبت ورزش روی سه غیر آزمودنی که دارای ویژگی‌های جامعه بودند، انجام گرفت

درد و قدرت بیشینه، ناشی از کوفتگی عضلانی تأخیری متعاقب انقباضات برون‌گرا در دختران غیرورزشکار بررسی شود.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع نیمه‌تجربی و کاربردی است. جامعه آماری تحقیق ۲۰۰ نفر از دانشجویان دختر غیرورزشکار دانشگاه بوعلی سینا همدان بودند. ۳۰ نفر (سن $20/95 \pm 1/61$ سال، وزن $55/68 \pm 7/58$ کیلوگرم، قد $161/03 \pm 4/87$ سانتی‌متر، توده بدن $22/35$ کیلوگرم بر متر مربع) که شش ماه پیش از اجرای تحقیق سابقه کوفتگی عضلانی تأخیری در اندام تحتانی خود نداشتند، به‌صورت داوطلب انتخاب شدند. منتخبان به‌طور تصادفی در دو گروه ۱۵ نفره (تجربی و کنترل) جایگزین شدند. برای رعایت ملاحظات اخلاقی، از پرسشنامه سلامت و رضایت‌نامه استفاده شد. در این پرسشنامه سابقه کوفتگی

برای اندازه‌گیری قدرت هم طول، آزمودنی‌ها در وضعیت استاندارد روی دستگاه کشش همسترینگ به شکم دراز کشیدند و بیشترین وزنه‌ای را که آزمودنی می‌توانست فقط برای یک‌بار تکرار کند، انتخاب می‌شد. در این حین آزمونگر با تشویق‌های کلامی به ایجاد انگیزه کافی برای تلاش با حداکثر قدرت اقدام می‌کرد. سپس بلافاصله پروتکل کوفتگی عضلانی تأخیری اجرا شد، که براساس آن هر یک از آزمودنی‌های هر دو گروه به‌ترتیب روی نیمکت دستگاه کشش همسترینگ قرار می‌گرفتند، و از آن‌ها خواسته می‌شد با ۸۰ درصد یک

تغییرات متغیرهای بین دو گروه و t وابسته در سطح اطمینان ($P < 0/05$) با استفاده از نرم‌افزار نسخه ۱۸ spss تجزیه و تحلیل آماری شدند.

نتیجه

در تجزیه و تحلیل آماری این تحقیق، ابتدا میزان لاکتات دهیدروژناز، کراتین کیناز، شدت درد و قدرت بیشینه در روز مبنا بین دو گروه کنترل و تجربی بررسی شد. سپس میزان لاکتات دهیدروژناز، کراتین کیناز، شدت درد و قدرت بیشینه در ۴۸ ساعت پس از کوفتگی عضلانی تأخیری بین دو گروه کنترل و تجربی اندازه‌گیری شد. یافته‌ها نشان داد (جدول ۲) سطح آنزیم لاکتات دهیدروژناز، کراتین کیناز، شدت درد و قدرت بیشینه در روز مبنا بین دو گروه (کنترل و تجربی) تفاوت معناداری وجود نداشت.

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها در ۴۸ ساعت پس از پروتکل تمرینی با آزمون آماری t وابسته و t مستقل نشان داده شد، تفاوت معناداری در سطح لاکتات دهیدروژناز ($P = 0/007$)، میزان درک درد ($P = 0/001$)، و قدرت بیشینه ($P = 0/001$) دو گروه کنترل و تجربی وجود دارد، اما تفاوت معناداری در کراتین کیناز مشاهده نشد.

(۱۰). در این پژوهش از اولتراسوند مداوم (مدل BIOMEDICAL IN STRUMENT ATION ساخت ایتالیا) با فرکانس ۳ مگاهرتز، شدت $0/10 \text{ w/cm}^2$ به مدت ۷ دقیقه (به عنوان متغیر مستقل استفاده شد.

شیوه درمان بدین شکل بود که گروه تجربی بلافاصله و ۲۴ ساعت (۱) پس از اجرای پروتکل تمرینی، روی میز بر روی شکم دراز می‌کشید، سپس تکنیسین متخصص، به وسیله اهرم ویژه اولتراسون به مدت هفت دقیقه در هر نوبت، عضله مورد نظر (همسترینگ) را درمان می‌کردند. در مورد گروه کنترل هیچ درمانی صورت نگرفت. پس از گذشت ۴۸ ساعت از ایجاد کوفتگی عضلانی تأخیری، هر دو گروه برای اندازه‌گیری مجدد متغیرهای وابسته به محل آزمون فراخوانده شدند و مجدداً خون‌گیری به عمل آمد.

نمونه‌های خونی متغیرهای وابسته توسط پزشک آزمایشگاه، پس از تهیه سرم در آزمایشگاه با بهره‌گیری از کیت‌های آزمایشگاهی پارس آزمون ایران (با حساسیت ۱ واحد بین‌المللی در لیتر)، و استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (آلفاسنج bc3000) تجزیه و تحلیل شد. شایان ذکر است تمامی اندازه‌گیری‌ها در سالن دانشگاه بوعلی سینا همدان با تهویه و نور محیطی یکسان انجام گرفت. پس از اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها با بهره‌گیری از آزمون شاپیروف-ویلک و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون اطلاعات به دست آمده با روش t دو گروه مستقل برای

جدول ۱. ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

گروه‌ها	سن	وزن (kg)	قد (cm)	BMI (kg/m^2)
گروه کنترل	$19/93 \pm 1/86$	$55/23 \pm 8/08$	$161/73 \pm 6/37$	$20/92$
گروه اولتراسوند	$20/26 \pm 1/43$	$56/13 \pm 7/08$	$160/33 \pm 3/37$	$23/78$

جدول ۲. میانگین (M±SD) در مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه‌های کنترل و تجربی

sig	اختلاف	پیش‌آزمون		گروه	شاخص کوفتگی
		M±SD	M±SD		
*.۰/۰۰۱	-۱۸۷/۶۶	۴۲۷±۸۳/۱۹	۲۴۳/۱۳±۷۲/۶۰	کنترل	لاکتات
*.۰/۰۰۲	-۶۱/۱۳	۳۰۹/۶±۵۳/۱۷	۲۴۸/۴۷±۵۱/۵۷	اولتراسوند	دهیدروژناز
		*.۰/۰۰۱	۰/۸۱۸	sig	(u/l)
۰/۴۸۲	-۳۴/۳۶	۱۱۲/۳۶±۵۹/۳۹	۷۸±۲۱/۸۷	کنترل	کراتین کیناز
۰/۳۳	-۲۶/۵۷	۱۰۶/۵۷±۳۰/۹۶	۸۰±۲۵/۹۰	اولتراسوند	(u/l)
		۰/۸۱۹	۰/۸۲۱	sig	
*.۰/۰۰۱	-۱/۲	۱/۱۱۴±۱/۰۲	۰	کنترل	درک کوفتگی
۰/۱۶۴	-۰/۲۷	۰/۲۷±۰/۰۷	۰	اولتراسوند	(درد)
		*.۰/۰۰۷	۰	sig	
*.۰/۰۰۱	۲/۱۳	۱۷/۶۷±۵/۳۴	۱۹/۸۰±۶/۳	کنترل	قدرت بیشینه
*.۰/۰۰۱	-۴/۳۳	۲۶/۳۷±۵/۸۹	۲۳/۸۳±۴/۹	اولتراسوند	(kg)
		*.۰/۰۰۱		sig	

بحث و نتیجه‌گیری

نظریه‌های مختلفی در مورد سازوکار کوفتگی عضلانی تأخیری و درمان آن مطرح شده است. به‌علاوه اعتقاد بر این است که برای درمان کوفتگی عضلانی باید بر علائم و نشانگرهای کوفتگی تمرکز کرد (۵).

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که اولتراسوند می‌تواند تأثیر شایان توجهی در درمان نشانگرهای حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری، داشته باشد. با این حال مکانیسم‌هایی که اولتراسوند می‌تواند در ترمیم بافت‌های آسیب‌دیده پس از کوفتگی عضلانی تأخیری تأثیرگذار باشد، ناشناخته است (۲۳). شیوه‌های درمان مختلفی در تعدادی از واکنش‌های فیزیولوژیکی، پس از آسیب عضلانی گزارش شده است. این گزارش‌ها شامل افزایش جریان خون به عضلات آسیب‌دیده، بالا رفتن درجه حرارت عضلات، افزایش بافت کلاژن، سنتز و تکثیر فیبروبلاست‌ها است (۲۴). نتایج تحقیق حاضر مبنی بر تأثیر اولتراسوند بر نشانگرهای حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری و درد حاصل از آن، با تحقیقات طاهری و همکاران (۲۰۱۱) و لامبرت (۲۰۰۲)، همچنین با تحقیق هاسون و همکاران

(۲۰۰۱)، که از اولتراسوند برای درمان کوفتگی عضلانی تأخیری عضله پهن داخلی و خارجی پس از تمرین برون‌گرا استفاده شده بود، همخوانی داشت (۵، ۱۸، ۲۵). همچنین با تحقیق بهپور و رحیمی، تحت عنوان «مقایسه تأثیر اولتراسوند و ماساژ یخ بر علائم کوفتگی عضلانی تأخیری»، همسو بود (۲). در مقابل با تحقیقات جعفری و همکاران (۲۰۰۳) با عنوان «کاربرد اولتراسوند پالس بر روی فلکسورهای آرنج» (۱۶)، و همچنین با تحقیق گیولیک (۲۰۰۲)، با عنوان «روش‌های درمانی مختلف بر روی درمان کوفتگی عضلانی تأخیری» (۶)، گایوری (۲۰۰۶)، که از اولتراسوند پالس برای درمان کوفتگی عضلانی تأخیری بر روی ۱۲ مرد ورزشکار استفاده کرده بود، همخوانی نداشت (۲۰). از دلایل احتمالی تأثیر اولتراسوند بر درد و لاکتات دهیدروژناز حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری می‌توان، درد ناشی از زنجیره عصبی حسی حرکتی دانست، که به رفلکس اسپاسم عضلانی منجر می‌شود و از آنجا که نشان داده شده حذف درد با شل شدن عضله ارتباط دارد، از این‌رو تحریک اندام وتری گلژی به بازدارای حرکت و کاهش تانسین عضله منجر

محدودیت‌های مطالعه که شامل عدم کنترل دقیق برنامه روزانه (استراحت، فعالیت و تغذیه) آزمودنی‌ها و دیگر عوامل تأثیرگذار بر نتایج تحقیق باشد.

دایسون (۲۰۰۰) اعتقاد دارد که شدت‌های بالاتر اولتراسوند به‌طور بالقوه صدمه‌زننده‌اند؛ بنابراین برای ایجاد آثار درمانی مطلوب، باید از شدت‌های پایین‌تر آن استفاده کرد و زمان درمان نیز متناسب با وسعت محل درمان توسط اولتراسوند است (۲۷).

پیشنهاد‌های کاربردی

با توجه به تأثیرگذاری امواج اولتراسوند بر برخی از علائم کوفتگی عضلانی تأخیری پیشنهاد می‌شود:

۱. پس از کوفتگی تأخیری عضلانی، برای کاهش درد، و در پی آن بهبود عملکرد ورزشی از اولتراسوند استفاده شود.

۲. از آنجا که اختلاف معناداری بین قدرت بیشینه در دو گروه دیده شد، از این‌رو می‌توان از اولتراسوند برای حفظ یا افزایش قدرت بیشینه استفاده کرد.

۳. همچنین برای کاهش میزان لاکتات دهیدروژناز حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری، می‌توان از تکنیک اولتراسوند استفاده کرد.

پیشنهاد‌های پژوهشی

از آنجا که در داخل کشور مطالعه‌ی زیادی در خصوص تأثیر اولتراسوند بر روی کوفتگی عضلانی انجام نگرفته، پیشنهاد می‌شود:

۱. مطالعات بیشتری در زمینه تأثیر اولتراسوند با شدت‌های مختلف تمرینی بر نشانگرهای حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری انجام گیرد.

۲. در مطالعات آینده، تأثیر اولتراسوند بر سایر فاکتورهای التهابی ناشی از کوفتگی عضلانی تأخیری، بررسی شود.

می‌شود. بنابراین اولتراسوند برای رسیدن به شل شدن یک گروه عضلانی مناسب است (۲۶). از دلایل احتمالی دیگر تأثیر اولتراسوند بر درمان نشانگرهای حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری، خاصیت حرارتی امواج اولتراسوند است، که موجب اتساع مویرگ‌ها و افزایش گردش خون موضعی منجر می‌شود و در نتیجه دفع مواد زائد در موضع آسیب‌دیده راحت‌تر و بهتر انجام می‌گیرد (۲۴). خاصیت مکانیکی امواج اولتراسوند، ارتعاش بافت‌ها را سبب می‌شود و در نتیجه چسبندگی‌های احتمالی خفیف موضعی و فیبرهای عضله یا نسوج نرم دیگر را کاهش می‌دهد، که می‌تواند در بهبود شدت درد و دیگر نشانگرهای کوفتگی عضلانی مفید باشد (۵). نتایج تأثیرگذاری بر قدرت بیشینه در این تحقیق، موافق با تحقیق کیانمرز (۲۰۰۶) و امینیان و همکاران (۲۰۱۲) بود (۲۶). همچنین با مطالعات استای (۲۰۰۲)، با عنوان «کاربرد اولتراسوند بر شاخص‌های کوفتگی عضلانی روی ۳۶ زن غیرورزشکار» (۲۱)، و با تحقیق پلاسکت و همکاران (۲۰۰۲)، با عنوان «تأثیر اولتراسوند در درمان درد عضلانی تأخیری بر روی عضله چهارسر ران زنان غیرورزشکار» (۲۴)، و همچنین با تحقیقات طاهری و همکاران (۲۰۱۱)، با عنوان «تأثیر اولتراسوند بر نشانگرهای حاصل از کوفتگی عضلانی تأخیری بر روی ۲۰ پسر غیرورزشکار با پروتکل تمرینی ۱۵ دقیقه تست پله» (۵)، همخوانی داشت، در مقابل با تحقیق بهپور و رحیمی (۲۰۱۲)، همخوانی نداشت (۲). احتمال می‌رود این ناهمخوانی‌ها ناشی از استفاده اولتراسوند پالس (در تحقیق حاضر از اولتراسوند مداوم استفاده شده بود)، شدت فرکانس‌های متفاوت تعداد جلسات تمرین، حجم نمونه به‌کاررفته، تعداد جلسات اندازه‌گیری متغیرها، نوع دستگاه، فرکانس، شدت، مدت و روش کاربرد اولتراسوند و شدت بروز آسیب به عضله تحت درمان کوفتگی عضلانی و همچنین ممکن است به دلیل

۳. تأثیر اولتراسوند بر خستگی ناشی از تمرینات
وامانده‌ساز انجام گیرد.
- عضلانی تأخیری ناشی از انقباضات برون‌گرا را در دختران
غیرورزشکار کاهش دهد.
- نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد، اولتراسوند
به‌عنوان یک روش درمانی مناسب، می‌تواند کوفتگی
- با تقدیر و تشکر از همه کسانی که مرا در این تحقیق
یاری رساندند.

منابع و مأخذ

1. Nematalh Nejatmand, Alireza Ramezani , Amir Hossein Barati. [Effect of Consumption short-term CoQ10 supplementation on markers of delayed onset muscle soreness (In Persian)]. Razi Journal of Medical Sciences. 2014; 21(119): 77-85.
2. Behpoor. N, Rahimi. N. [Study and comparison of Ultrasound and Ice massage effect on delayed onset muscle soreness (DOMS) signs (In Persian)]. Jsport.pec.umz. 2012; 8(15): 15-26.
3. Baykbabapoor M. Effects of Warm and Cold Jacuzzi on Delayed Onset Muscle soreness after eccentric exercise in athletic females [MSc]. Islamic Azad University Central Tehran Branch; 2011.
4. Johansson, P.H., Lindstrom, L., Sundelin, G., Lindestrom, B. The effects of pre exercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. Scand J Med Sci Sports. 2004; 9(4): 219- 225.
5. Taheri H R, Rahimi N, Hosseinabady M. [The study of ultrasound influence on delayed onset muscle soreness (DOMS) indicators (In Persian)]. Daneshvar Medicine. 2011; 18(91): 53-60.
6. Gulick DT, Kimura I F, Sitler M, Paolone A, Kelly J D. Effects of various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. Journal of Athletic Training. 2002; 31(2): 145- 152.
7. Chegini J, Rahmani Nia F, Mirzaei B. [The effect of warm up on indices of delayed-onset muscle soreness after eccentric concentrations in non-athletes collegiate students(In Persian)]. Journal of Sport in Biomotor Sciences 2013; 10(2): 5 -12.
8. Samavatisharif MA, Habibineghad A, Seiavashy H, Arji M. Comparison between two methods of supplementation with glutamine and sodum bicarbonate on CPK and LDH in non- athlete women students. International Journal of Sport Sciences. 2015; 2(3): 53-59
9. Kafkas M. The effect of strength exercises at different angular velocities on muscular LDH and CK. Isokinetics and Exercise Science. 2014; 22(1): 63-68.
10. Kashef M. [The effect of two kinds of active and inactive recovery on blood enzymes and gases on the young athletes (In Persian)]. Olampic. 2002; 19: 29-38.
11. Machado M, Koch AJ, Willardson JM, Pereira LS, Cardoso MI, Motta MK, Pereira R, Monteiro AN. Effect of varying rest intervals between sets of assistance exercises on creatine kinase and lactate dehydrogenase responses. J Strength Cond Res. 2011; 25(5): 1339-1345.
12. Cheung K. Hume P. Maxwel I. Delayed onset muscle soreness treatment strategies and performance factors. Sport med. 2003; 33 (2) :145-164.
13. Bakhtiyari A H. Electrotherapy (principles of therapeutic energy application). First ed, University of Tehran. Bakhtiyari Book Publishing; 2002: V2. 56-64.
14. Gharekhani M. effect of supplementation with vitamin C and E on delayed onset muscle soreness of non athlete women[MSc]. University of Tehran; 2010.
15. Snyder J G, Ambegaonkar, JA, Winchester JB. Cryotherapy for Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness. International Journal of Athletic Training. 2011; 16:28-32.
16. Jafari A, Kianmarz V, Rashidi R. [Effect of static stretching and LPG massage on some DOMS indices after eccentric exercise session in non-athlete women(In Persian)]. Research on Sport Sciences. 2009; 25: 135-148.

17. Gibson, W., Arendt- Nielsen, L., Graven- Nielsen, T. **Delayed onset muscle soreness at tendon- bone junction and muscle tissue is associated with facilitated referred pain.** Exp Brain Res. 2006; 174(2): 351-360.
18. Hasson S. M. , Mundorf R, Barnes W. S. ,et al. **Effect of ultrasound on muscle soreness and performance.** Med Sci Sports Exerc. 2002; 21(36): 199-205.
19. Ciccone C. D. ,Leggin B. G. , Callamaro J. J. **Effects of ultrasound and trolamine salicylate phonophoresis on delayed onset muscle soreness.** PhysTher. 2003;71 (9) :666-78.
20. Gauri S, sinha A. G, Sandhu J. S. **Pulsed ultrasound does not affect recovery from delayed onset muscle soreness.** Journal of health and Allied sciences. 2006; 1(5) :1-6.
21. Stay, J.C., Ricard, M.D., Draper, D.O. **pulsed ultrasound fails to diminish delayed onset muscle soreness symptoms.** Journal of Athletic Training. 2002; 33(4): 341- 346.
22. Kianmarz V. **Effect of static stretching, LPG massage and ibuprofen tab intake on DOMS indexes after one session resistance training in non - athletic females**[MSc]. University of Tabriz. 2006.
23. Tiidus PM. **Massage andUltrasound as therapeutic modalities in exercise- induced muscle damage.** J Appl p hysiol. 2001; 24(3):267-78.
24. Tiidus PM, Cort J, Woodruff SJ, Bryden P. **Ultrasound treatment and recovery from eccentric exercise- induced muscle damage.** Sport rehabil. 2002; 1:305-314.
25. Lambert M. I. , Marcus P, Burgess T, et al (2002). **Electro membrane microcurrent therapy reduces signs and symptoms of muscledamage.** Med Sci Sports Exerc; 34 (4) : 602
26. Aminian-far A , Hadian M R , Talebian S, Bakhtiary A H. [**Effects of whole body vibration on prevention and attenuation of delayed-onset muscle soreness following eccentric exercises**(In Persian)]. Koomesh Spring 2012, 13 (3): 313-323
27. Bakhtiary A., Safavi- Farokhi Z., Aminian A. **Influence of vibration on delayed onset muscle soreness following eccentric exercise.** British journal of Sports medicine. 2006; 41: 145-148.