مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
جلد پنجم، شماره اول، بهار ۱۳۸۵، ۵۶-۵۱

تأثیر سرما بر قدرت عضلات قدامی ساعد

ناهید طحان[۱]، دکتر خسرو خادمی کلانتری[۲]، غلامحسین نساج[۳]

دریافت مقاله: ۱۳۸٤/۷/۳ اصلاح نهایی: ۱۳۸٤/۱۲/۷ پذیرش مقاله: ۱۳۸٤/۱۲/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: سرما درمانی از دیرباز به عنوان یک روش معمول برای کاهش یا جلوگیری از ادم ناشی از ضربات مطرح بوده است. در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی بر روی سایر اثرات سرما از جمله اثر آن بر روی میزان قدرت عضلات انجام گردیده که نتایج ضد و نقیضی به همراه داشته است. هدف از مطالعه حاضر پاسخ به این سؤال است که آیا سرما می‌تواند سبب تغییر در قدرت عضلانی گردد یا خیر.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی بر روی ۳۰ داوطلب با متوسط سن ۲۲ سال صورت گرفت. در شرایط استاندارد شده از داوطلب خواسته می‌شد عمل مشت کردن را با حداکثر قدرت انجام دهد. برای اعمال سرما ازکسیهٔ یخ به مدت ۱۵ دقیقه که بر روی سطح قدامی ساعد قرار داده می‌شد استفاده گردید. حداکثر قدرت مشت کردن قبل و هم‌چنین در فواصل زمانی ۰ تا ۱۲۰ دقیقه بعد از اعمال سرما اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: تغییر معنی‌داری ($p<۰/۰۰۱$) در قدرت مشت کردن افراد مورد مطالعه به دنبال اعمال سرما در زمان‌های متفاوت ایجاد گردید. قدرت عضلات قدامی ساعد بعد از اعمال سرما به سرعت کاهش یافت به طوری که بعد از ۱۰ دقیقه حداکثر افت قدرت را به میزان حدود ۱۸٪ شاهد بودیم. سپس به تدریج به قدرت مشت کردن افزوده شده به طوری که بعد از ۱۲۰ دقیقه به مقادیری حدود ۵٪ بیشتر از قدرت پایهٔ قبل از اعمال سرما رسید.

نتیجه‌گیری: با توجه به ازدیاد اندک قدرت عضلانی و تأخیر زمانی طولانی به نظر نمی‌رسد که سرما درمانی عضلات از این نظر دارای ارزش کاربردی در توانبخشی بیماران باشد ولی در ورزشکاران این ازدیاد قدرت می‌تواند حائز اهمیت باشد.

واژه‌های کلیدی: قدرت عضلانی، سرما درمانی، مشت کردن، کیسهٔ یخ

مقدمه

یکی از روش‌های مفید و مؤثر در علم توانبخشی سرما درمانی می‌باشد. سابقه کاربرد سرما در پزشکی به پیش از تاریخ بر می‌گردد به طوری که بقراط برای درمان صدمات تازه یخ را توصیه می‌کرده است. از اثرات دیگر سرما که در طی دهه‌های اخیر بیشتر به آن توجه شده است تأثیر آن بر روی قدرت عضلانی می‌باشد. اینکه می‌توان با اعمال سرما تغییری را در قدرت عضلانی ایجاد کرد سؤال بسیاری از محققین بوده است که جواب‌های بسیار متفاوتی را در بر داشته است.

در بررسی اثر سرما بر روی حداکثر گشتاور عضلات چهار سر رانی [۱] کاهش قدرت در سرعت‌های مختلف کوتاه

۱- مربی، گروه آموزشی فیزیوتراپی، دانشکدهٔ توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۲- (نویسنده مسئول) استادیار،گروه آموزشی فیزیوتراپی، دانشکدهٔ توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
تلفن: ۷۷۵۴۲۰۵۷-۰۲۱، فاکس: ۷۷۵۶۱۴۰۹-۰۲۱، پست الکترونیکی: khosro_khademi@yahoo.co.uk
۳- مربی، گروه آموزشی فیزیوتراپی، دانشکدهٔ توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی اهواز

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2025-10-28]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1385.5.1.8.3]

شدگی مشاهده شده است. نتایج مشابهی نیز در بررسی اثر سرما بر روی عضلات اکستانسور مچ دست [۲] و فعالیت الکترومیوگرافی عضلهٔ سه سربازویی [۳] گزارش شده است.

در مقابل این گزارش‌ها، مطالعات دیگری وجود دارد که نتایج کاملاً معکوسی را در بر داشته است. Sanya و همکارانش (۱۹۹۹) [۴] در بررسی اثر سرما بر روی عضلات چهار سر رانی بلافاصله و ۱۰ دقیقه بعد از اعمال سرما گزارش کرده‌اند که قدرت عضله در تمام افراد مورد مطالعه افزایش قابل توجهی را نشان داده است. به طور مشابه در تحقیقات دیگری اعمال سرما بر روی عضلات ناحیهٔ کمری [۵] و عضلات پلانتار فلکسور [۶]. با گزارش افزایش گشتاور ایزومتریک این عضلات همراه بوده است.

در این میان تحقیقات دیگری نیز وجود دارد که وجود هر گونه تأثیر سرما بر روی قدرت عضلانی را منکر می‌شوند [۷].

بررسی اثرات عوامل حرارتی از جمله سرما بر عملکرد عضلانی از آن جهت حائز اهمیت است که در اکثریت قریب به اتفاق بیمارانی که جهت توانبخشی مراجعه می‌کنند فیزیوتراپیست باید به نوعی تغییراتی را در بافت عضلانی ایجاد کند تا به اثرات مطلوب درمانی دست یابد. در مواردی هدف کاهش میزان فعالیت عضلانی برای مثال در عضلات اسپاستیک می‌باشد و در مواردی هدف از درمان‌های توانبخشی افزایش قدرت عضلانی است.

هدف از تحقیق حاضر رفع این ابهام است که آیا سرما می‌تواند نقشی در تغییر قدرت عضلانی داشته باشد و الگوی این تغییرات احتمالی به چه صورت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی (Repeated Measure) می‌باشد. این بررسی به روش نمونه‌گیری غیر احتمالی ساده بر روی ۳۰ داوطلب سالم ۲۰ تا ۲۵ ساله با سطح فعالیت متوسط که هیچ‌گونه ضایعه قبلی در اندام فوقانی نداشتند صورت گرفت. فاکتورهای حذف بیمار از شرکت در آزمون وجود سابقه بیماری نورولوژیکی، روماتیسمی، شکستگی اندام فوقانی یا ناهنجاری‌های مادرزادی بود.

در طی مراحل انجام تحقیق داوطلب بر روی یک صندلی دسته‌دار نشسته و ساعد خود را به دسته صندلی تکیه می‌داد و در حالی که آرنج در وضعیت ۹۰ درجه فلکشن و ساعد در وضعیت بینابینی قرار داشت دستگاه دینامومتر الکترونیکی (G100, Biometrics Ltd, UK) کالیبر شده ای جهت اندازه‌گیری قدرت مشت کردن به فرد داده می‌شد و از وی خواسته می‌شد تا با تمام قدرت عمل مشت کردن را انجام دهد. فرد این عمل را سه مرتبه تکرار می‌کرد و میانگین این سه قدرت انقباضی ثبت شده به عنوان حداکثر قدرت مشت کردن پایهٔ او در جدول ثبت می‌گردید. سپس سطح قدامی ساعد با گذاشتن کیف یخ (Ice pack) با حرارت ۵ تا ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه سرد می‌گردید. با برداشتن کیف یخ حداکثر قدرت مشت کردن فرد به روش مشابه و در فواصل زمانی ۱۲۰-۶۰-۳۰-۱۵-۱۰-۵-۰ دقیقه اندازه‌گیری و میزان تغییر قدرت مشت کردن برای هر فرد محاسبه و به صورت درصد قدرت پایه نرمالیزه و در جدول ثبت می‌گردید.

مقادیر ثبت شده با آزمون کولموگروف اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها، آنالیز واریانس با تکرار اندازه‌گیری (Repeated Measure ANOVA) و مقایسهٔ دو بدوی بونفرونی (Bonferoni Pairwise Comparisons) برای بررسی تغییرات معنی‌دار در قدرت مشت کردن در فواصل زمانی مختلف به دنبال اعمال سرما از نظر آماری بررسی گردیدند.

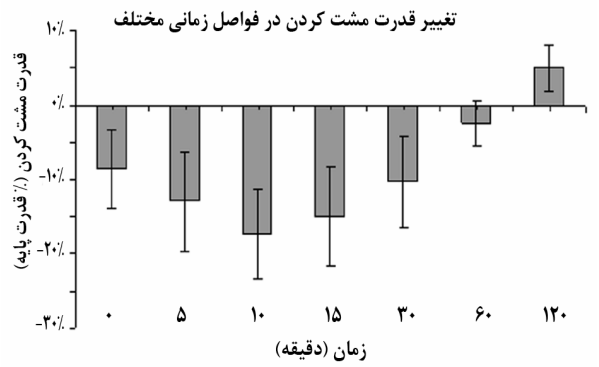
نتایج

بررسی آماری اطلاعات جمع‌آوری شده مبین توزیع نرمال مقادیر قدرت مشت کردن در افراد مورد مطالعه بود ($p<0/01$). بررسی نتایج حاصله نشان می‌دهد که تغییر معنی‌داری ($p<0/005$) در قدرت مشت کردن افراد مورد مطالعه به دنبال اعمال سرما در زمان‌های متفاوت ایجاد گردیده است (جدول ۱). تغییرات قدرت مشت کردن را در این دوره می‌توان به دو مرحله تقسیم کرد. در مرحلهٔ اول که تا ۱۰دقیقه بعد از کاربرد یخ ادامه داشت قدرت عضلانی به طور محسوسی و به میزان متوسط ۱۸٪ نسبت به قدرت پایه کاهش یافت ($p<0/001$). بعد از این زمان و در مرحلهٔ دوم قدرت عضلانی به تدریج افزایش یافته و در فاصلهٔ زمانی ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه پس از اعمال سرما به مقادیری بیش از میزان پایهٔ ثبت شده برای هر فرد از نظر آماری می‌رسد ($p<0/005$). این

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2025-10-28]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1385.5.1.8.3]

افزایش قدرت در زمان ۱۲۰ دقیقه بعد از سرما در حداکثر مقدار خود بود و به طور متوسط ازدیاد قدرتی حدود ۵٪ را در این زمان نشان داد (شکل ۱).



شکل ۱. الگوی تغییرات قدرت عضلانی در فواصل زمانی مختلف بعد از اعمال سرما. تغییر قدرت مشت کردن به صورت درصد قدرت پایه در قبل از اعمال سرما نمایش داده شده است.

جدول ۱. اندازه اختلاف (مقادیر P) در مقایسهٔ دو بدوی قدرت مشت کردن در فواصل زمانی مختلف

	زمان اندازه‌گیری قدرت عضلانی (دقیقه نسبت به زمان اعمال سرما)							
	قبل از سرما	۰	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۶۰	۱۲۰
قبل از سرما	۱/۰۰							
۰	۰/۰۰	۱/۰۰						
۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰					
۱۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰				
۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰۱	۱/۰۰			
۳۰	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰		
۶۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	
۱۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰

بحث

استفاده از سرما به عنوان یک روش درمانی به طور شایع در توانبخشی و نیز در ورزش مورد توجه می‌باشد. از اثرات ثابت شدهٔ سرما می‌توان به کاهش و جلوگیری از پیشرفت ادم و التهاب در مراحل اولیهٔ صدمات تروماتیک و نیز در التهابات حاد اشاره کرد. هر چند این اثرات درمانی سرما کاملاً شناخته شده می‌باشد، ولی هنوز اتفاق نظری در مورد تأثیر سرما بر روی خصوصیات عملکردی عضلات شامل قدرت عضلانی حاصل نشده است. نتایج ضد و نقیضی که تحقیقات مختلف در مورد اثر سرما بر روی عضلات ارایه می‌کنند مبین این واقعیت می‌باشد. شاید بتوان این ناهمگونی نتایج را در مواردی چون اختلاف عضلات مورد مطالعه و نوع و نحوهٔ اعمال سرما و نیز نوع انقباض مورد مطالعه جستجو کرد.

چندان دور از ذهن نخواهد بود اگر درجه حرارت عضلات را بر اساس فاصلهٔ آن‌ها از مرکز بدن متفاوت دانست. بالطبع انتظار بر این است که عضلات محیطی تر نسبت به عضلات فوقانی تر و مرکزی تر دارای درجه حرارت پایهٔ پایین‌تری باشند و این احتمال وجود دارد که این عضلات پاسخ متفاوتی را به سرمای اعمال شده در مقایسه با عضلات مرکزی‌تر نشان دهند. تفاوت درجه حرارت پایهٔ عضلات مختلف در زمان اعمال سرما با درجه حرارت مشابه، باعث گرادیان حرارتی متفاوتی خواهد شد و این می‌تواند دلیلی برای نتایج متناقضی باشد که در تحقیقات گذشته با اعمال سرما بر روی عضلات مختلف حاصل شده است. تفاوت نتایج حاصل از اعمال سرما بر روی عضلات ناحیهٔ کمر که نشان دهندهٔ ازدیاد قدرت بود [۵] و عضلات چهار سر رانی که کاهش قدرت را نشان داده‌اند [۱] می‌تواند نمونه‌ای از تأثیر این عامل باشد.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2025-10-28]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1385.5.1.8.3]

از طرفی پاسخ عضله به سرما به میزان و سرعت سرد شدن (میزان کاهش درجه حرارت در زمان مشخص) آن نیز بستگی دارد. استفاده از سرما در مدت کوتاه مثل دوش آب سرد یا حمام آب سرد می‌تواند باعث کاهش قابل توجه درجه حرارت پوست بدون تأثیر مستقیم بر روی عضلات شود. در این موارد اکثر تحقیقات ازدیاد قدرت عضلانی را گزارش کرده‌اند. Barnes & Larson (۱۹۸۵) [۸] نشان داده‌اند که در طی یک دورهٔ ۳۰ دقیقه ای سرد کردن عضلات ساعد، ابتدا ازدیاد قدرت عضلانی را در چند دقیقهٔ اول و سپس کاهش قدرت را تا انتهای دورهٔ درمان شاهد می‌باشیم. آن‌ها ازدیاد قدرت ابتدایی را به تحریک گیرنده‌های پوست و اثرات نورولوژیک ناشی از آن و کاهش قدرت را در ادامه به سرد شدن عضلات و تغییرات مکانیکی حاصل از آن نسبت داده‌اند. از طرفی در مقایسهٔ بین اعمال سرما بوسیلهٔ کیسهٔ یخ و ماساژ یخ مشاهده شده است که عمق نفوذ سرما و سرعت سرد شدن عضلات در زمان ماساژ یخ به مراتب بیشتر از زمان اعمال کیسهٔ یخ می‌باشد [۹]. در واقع ضخامت و حجم عضلات مورد مطالعه می‌بایستی با نحوه و مدت اعمال سرما که تعیین کنندهٔ عمق و سرعت سرد شدن نسج عضلانی می‌باشد هم‌خوانی داشته باشد. همان‌گونه که گفته شد این موضوع می‌تواند یکی از دلایلی باشد که باعث تفاوت در نتایج تحقیقات مختلف شده است. آن چه به نظر ضروری می‌رسد استاندارد کردن روش‌های اعمال سرما بسته به موقعیت (فاصله از مرکز بدن) و خصوصیات عضلات مورد نظر می‌باشد به نحوی که بتوان پاسخ مناسب را دریافت کرد.

مطالعات انجام شده حاکی از تفاوت تأثیر سرما درانواع مختلف انقباض عضلانی نیزمی‌باشد. برای مثال اعمال سرما بر روی عضلات اکستانسور زانو در حین انقباض ایزوکینتیک با کاهش قدرت انقباضی همراه بوده است [۱۰] در حالی که در انقباض اکسنتریک عضلهٔ اداکتور شست باعث ازدیاد قدرت عضلانی گردیده است [۱۱].

استفاده از کیسهٔ یخ به طور ساکن به مدت ۱۵ دقیقه بر روی عضلات قدامی‌ساعد در تحقیق حاضر، با توجه به ضخامت کم این گروه عضلات بنظر روش مناسبی برای سرد کردن این عضلات به میزان و سرعت مناسب می‌باشد. به احتمال زیاد در عضلات ضخیم‌تر مثل عضلات چهار سر رانی استفاده از این روش به دلایل گفته شده در بالا می‌تواند نتایج و پاسخ‌های عضلانی متفاوتی را در بر داشته باشد.

کاهش قدرت مشاهده شده در تحقیق حاضر که در فاصلهٔ زمانی کوتاه بعد از اعمال سرما حاصل گردیده است را می‌توان ناشی از انقباض عروقی دانست. کاهش جریان خون حاصل از سرما به عقیدهٔ Edwards (۱۹۷۱) [۱۲] و نیز کاهش متابولیسم و حجم پرفوزیون عضلانی بر اساس نظریهٔ King و همکارانش (۱۹۷۰) [۱۳] می‌تواند توضیح مناسبی برای کاهش قدرت عضلانی به دنبال اعمال سرما باشد. البته با توجه به خصوصیات متابولیسم عضلانی به نظر اعمال سرما در عضلات مختلف می‌تواند اثرات متفاوتی را ایجاد نماید. عضلات پوسچرال که عمدتا از فیبرهای نوع هوازی تشکیل شده‌اند از این نظر در معرض تغییرات شدیدتری بدنبال اعمال سرما می‌باشند در حالی که عضلات فازیک با حجم زیاد فیبرهای نوع غیر هوازی بنظر واکنش کمتری را نسبت به سرما از خود نشان خواهند داد. تناقضات موجود در نتایج تحقیقات مختلف انجام شده می‌تواند ناشی از این تفاوت ذاتی در عضلات باشد. از عوامل دیگری که مطرح می‌باشند ازدیاد ویسکوزیتهٔ عضلانی به دنبال سرد شدن عضله می‌باشد [۱۴]. عضلهٔ سرد نیاز به انرژی بیشتری برای غلبه بر این ویسکوزیتهٔ افزایش یافته خواهد داشت. کاهش قدرت مشاهده شده در تحقیق حاضر مشابه نتایج گزارش شده با اعمال سرما بر عضلات چهار سر رانی [۱] و عضلات اکستانسور مچ دست [۲] می‌باشد.

ازدیاد قدرت عضلانی که به تدریج بعد از ۱۰ دقیقه آغاز و در فاصلهٔ زمانی ۶۰ تا ۱۲۰ دقیقه بعد از اعمال سرما به مقادیری بیش از قدرت پایه رسید را نیز می‌توان به ازدیاد جریان خون عضلانی به دلیل اتساع تأخیری عروق نسبت داد. Edwards و همکارانش نشان داده‌اند که ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بعد از اعمال سرما اتساع عروقی و ازدیاد گردش خون قابل توجهی در عضلات روی می‌دهد که به میزانی بیش از وضعیت قبل از اعمال سرما می‌رسد. خون شریانی گرم‌تر از دمای طبیعی عضلات می‌باشد و می‌تواند قدرت عضلات را به طور محسوسی افزایش دهد [۱۳].

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2025-10-28]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1385.5.1.8.3]

ازدیاد قدرت عضلانی در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است [۵] و [۶] با این تفاوت که در این تحقیقات این ازدیاد قدرت قابل توجه و بلافاصله بعد از اعمال سرما و بدون کاهش ابتدایی قدرت بوده است. این تفاوت همان‌گونه که در ابتدا مورد بحث قرار گرفت می‌تواند ناشی از تفاوت سرمای اعمال شده از نظر عمق و شدت و نیز تفاوت خصوصیات متابولیسمی و مکانیکی عضلات مور نظر باشد.

این ازدیاد قدرت عضلانی اندک با تأخیر طولانی مشاهده شده به نظر نمی‌رسد که ارزش کاربردی در توانبخشی بیماران داشته باشد ولی در ورزشکاران که کمترین ازدیاد قدرت و کارآیی عضلانی در آن‌ها یک توفیق محسوب می‌گردد، این ازدیاد قدرت می‌تواند حاوی جوانب کاربردی بسیاری باشد. البته با توجه به سیر صعودی که قدرت مشت کردن در مرحلهٔ دوم بعد از اعمال سرما داشت می‌توان انتظار داشت که قدرت عضلانی حتی به مقادیری بالاتر در فواصل زمانی بیشتر از ۱۲۰ دقیقه نیز برسد که البته دورهٔ زمانی مورد مطالعه در تحقیق حاضر این فاصلهٔ زمانی را در بر نمی‌گیرد. از طرفی بر اساس بحث ارایه شده این نتایج تنها در این گروه عضلات و با رعایت شرایط اعمال سرمای به کار گرفته شده مصداق خواهد داشت. تغییر در نحوهٔ اعمال سرما، مدت اعمال و نیز تفاوت‌های ذاتی عضلات دیگر از نظر ضخامت و درجهٔ حرارت پایهٔ آن‌ها می‌تواند باعث واکنش‌های متفاوتی شود. پاسخ به این ابهامات و نیز ارایهٔ شرایط استاندارد برای حصول به پاسخ‌های مطلوب سرما درمانی برای هر گروه عضلات نیاز به تحقیقات بیشتر دارد.

نتیجه‌گیری

به طور خلاصه اعمال سرما به نحوی که باعث کاهش درجه حرارت عضلانی گردد باعث کاهش سریع و قابل توجه قدرت انقباض ایزومتریک و به دنبال آن ازدیاد اندک قدرت عضلانی با تأخیر طولانی حدود دو ساعت بعد از اعمال سرما خواهد شد. نتیجهٔ تحقیق حاضر و نتایج تحقیقات گذشته می‌تواند نشانگر این نکتهٔ کاربردی باشد که برای حصول به ازدیاد قدرت عضلانی سریع و قابل توجه، اعمال سرما به صورت سطحی بهترین و مناسب‌ترین روش می‌باشد و در صورتی که کاهش سریع و قابل توجه انقباض عضلانی مثلاً در موارد اسپاستیسیتی عضلانی مد نظر باشد اعمال سرما با عمق مناسب که با کاهش درجه حرارت عضلات مورد نظر همراه باشد روش انتخابی خواهد بود.

References

[1] Haymes E, Rider R. Effects of topical cooling on isometric contraction of the human masseter muscle. *Arch Oral Biol*, 1984; 29(8):635-9.

[2] Cornwall MW. Effects of temperature on muscle force and rate of muscle force production in men and women. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1994; 20(2):74-80.

[3] Oksa J, Rintamaki H, Makinen T, Hassi J, Rusko H. Cooling-induced changes in muscular performance and EMG activity of agonist and antagonist muscles. *Aviat Space Environ Med*, 1995; 66(1): 26-31.

[4] Sanya AO, Bello AO. Effects of cold application on the isometric strength and endurance of quadriceps femoris muscle. *Afr J Med Sci*, 1999; 28(3-4): 195-8.

[5] Clemente FR, Frampton R. The effects of hot and cold packs on the peak isometric torque generated by the back extensor musculature. *Physiotherapy Canada J*, 1994; 46(2suppl):72-3.

[6] Hopkins JT, Stencil R. Ankle cryotherapy facilitates soleus function. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2002; 32(12): 622-7.

[7] Geurts CL, Sleivert GG, Cheung SS. Local cold acclimation of the hand impairs thermal responses of the finger with out improving hand neuromuscular function. *Acta Physiol Scand*, 2005; 183(1):117-24.

[8] Barnes WS, Larson MR. Effects of localized hyper- and hypothermia on maximal isometric grip strength. *Am J Phys Med*, 1985; 64(6): 305-14.

[9] Zemke JE, Anderson GC, Guion WK, Goyner AB. Intramuscular temperature responses in the human leg to 2 forms of cryotherapy: ice massage and ice bag. J. Orthop. Sports Phys. Ther., 1998; 28(4) 301-7.

[10] Cheung SS, Sleivert GG. Lowering of skin temperature decreases isokinetic maximal force production independent of core temperature. *Eur J Appl Physiol*, 2004; 91(5-6): 723-8.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2025-10-28]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1385.5.1.8.3]

[11] De Ruiter CJ, De Haan A. Similar effects of cooling and fatigue on eccentric and concentric force-velocity relationships in human muscle. *J Appl Physiol*, 2001; 90(6): 2109-16.

[12] Edwards AG. Effects of temperatures on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue of the quadriceps muscle in man. G. Physiol, 1971; 220: 335-52.

[13] King PG, Mendryk S, Reid DC, Kelly R. The effect of actively increased muscle temperature on grip strength. *Med Sci Sports*, 1970; 2(3): 172-5.

[14] Clarke RS, Hellon RF. Hyperaemia following sustained and rhythmic exercise in the human forearm at various temperatures. *J Physiol*, 1959; 145: 447-58.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2025-10-28]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1385.5.1.8.3]