Effect of Knee Cooling after Local Fatigue on Proprioception in Trained Women

Fereshteh Eftekhari[1*], Torkan Aabbasi[2]

1. Assistant Professor, Biomechanics and Sport Injuries Group, Physical Education Department, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor of Sport biomechanics,Department of Sport sciences, School of Education and psychology, Shiraz University, Shiraz,Iran

Received: 2017.July.02 **Revised: 2017. September.21** **Accepted: 2017. October.14**

Abstract

Background and Aims: Proprioception affects muscle reflexes, joint dynamic stability control, and motion planning for neuromuscular control. The aim of the present study was to determine the effect of knee cooling after local fatigue on proprioception in athletic women.

Materials and Methods: The current study was done using semi-experimental method with pretest-posttest. Participants included 40 healthy athletic women divided into four groups (control, cooling, fatigue, cooling after fatigue). Cooling with ice pack on knee was used for both groups of cooling and cooling after fatigue. Also, fatigue and cooling after fatigue groups performed neuromuscular local fatigue protocol including a variety of plyometric exercises. Knee proprioception before and after cooling (immediately after fatigue in fatigue group) and 20 minutes after cooling was evaluated by measuring angle error 30, 45, and 60 degree knee joint using isokinetic dynamometer. Data obtained was analyzed using SPSS software and running repeated measure ANOVA, independent T-test, and bonferroni correction. The significance value was set at $\alpha \leq 0.05$.

Results: The results showed that despite significant decrease in skin temperature after cooling, there was no significant difference in the groups in different time period neither was any significant difference between the groups studied**.**

Conclusion: It seems that cooling protocol used in the present study only affects the skin receptors. Muscle and joint receptors that play a role in joint position sense are not affected. Therefore, it can be concluded that this method of cooling, even in case of fatigue, will have no danger for athletes to continue their activities.

Keywords: Proprioception; Fatigue; Cooling; Knee joint

Cite this article as: Fereshteh Eftekhari, Torkan Aabbasi. Effect of Knee Cooling after Local Fatigue on Proprioception in Trained Women. J Rehab Med. 2018; 7(2): 114-123.

* **Corresponding Author**: Fereshteh Eftekhari. Assistant Professor of Sport biomechanics,Department of Sport sciences, School of Education and psychology, Shiraz University, Shiraz,Iran
Email: eftekhary8fereshteh@gmail.com

DOI: 10.22037/jrm.2018.110950.1647

تأثیر سرمادهی مفصل زانو بعد از خستگی موضعی بر حس عمقی زنان جوان تمرین‌کرده

فرشته افتخاری[1*]، ترکان عباسی[2]

۱. استادیار بیومکانیک ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۲. کارشناسی ارشد، گروه بیومکانیک و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

* دریافت مقاله ۱۳۹۶/۰۴/۱۱ بازنگری مقاله ۱۳۹۶/۰۶/۳۰ پذیرش مقاله ۱۳۹۶/۰۷/۲۲ *

چکیده

مقدمه و اهداف

حس عمقی در رفلکس عضلانی، ثبات دینامیک مفصل و برنامه‌ریزی حرکت برای کنترل عصبی–عضلانی نقش دارد. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر سرمادهی مفصل زانو بعد از خستگی موضعی بر حس عمقی زنان جوان تمرین‌کرده بود.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر به روش نیمه‌تجربی و طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون انجام شده است. ۴۰ آزمودنی زن تمرین‌کرده سالم (میانگین سن ۱/۰۵±۲۲/۰۶ سال، قد ۶/۹۶±۱۶۵/۲۲ سانتی‌متر، و وزن ۹/۴۱±۵۵/۷۲ کیلوگرم) در چهار گروه (کنترل، سرمادهی، خستگی و سرمادهی بعد از خستگی) شرکت داشتند. اعمال سرما با استفاده از کیسه یخ بر روی مفصل زانو، برای هر دو گروه سرمادهی و سرمادهی بعد از خستگی انجام گرفت و گروه خستگی و سرمادهی بعد از خستگی، پروتکل خستگی عصبی–عضلانی موضعی شامل انواع حرکات پلایومتریک، را اجرا کردند. حس عمقی مفصل زانو، قبل و بلافاصله بعد از سرمادهی (بلافاصله بعد از خستگی در گروه خستگی) و ۲۰ دقیقه بعد از سرمادهی، از طریق اندازه‌گیری خطای بازسازی زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه مفصل زانو با استفاده از دینامومتر ایزوکنتیک ارزیابی شد. اطلاعات به دست آمده در نرم‌افزار SPSS و با استفاده از روش تحلیل واریانس با داده‌های تکراری و آزمون t مستقل، در سطح معناداری $\alpha \leq ۰/۰۵$ و آزمون تعقیبی بونفرونی تحلیل شد.

یافته‌ها

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد با وجود کاهش معنادار دمای پوست، بعد از سرمادهی، حس عمقی مفصل زانو در هیچ یک از گروه‌ها در زمان‌های مختلف، تفاوت معناداری نداشت و بین گروه‌ها نیز تفاوت معناداری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که پروتکل سرمادهی مورد استفاده در پژوهش، تنها بر گیرنده‌های پوستی تأثیرگذار بوده و بر دوک‌های عضلانی و گیرنده‌های مفصلی که نقش اصلی را در حس وضعیت مفصل دارند، تأثیرگذار نبوده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این روش سرمادهی حتی در حالت خستگی، خطری برای ورزشکاران جهت ادامه فعالیت ندارد.

واژه‌های کلیدی

حس عمقی؛ خستگی؛ سرمادهی؛ مفصل زانو

نویسنده مسئول: دکتر فرشته افتخاری. استادیار بیومکانیک ورزشی، بخش علوم ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

آدرس الکترونیکی: eftekhary8fereshteh@gmail.com

مقدمه و اهداف

حس عمقی شامل هر گونه اطلاعات وضعیتی یا حرکتی است که به وسیله گیرنده‌های حسی موجود در عضله، تاندون، مفصل و حتی پوست به سیستم عصبی مرکزی فرستاده می‌شود و از سه جزء تشکیل شده است: حس وضعیت مفصل، حس حرکت و حس نیرو.[۱، ۲] حس وضعیت مفصل، توانایی فرد در درک زاویه مفصل را نشان می‌دهد، زمانی که اندام فرد به شکل غیرفعال در زاویه‌ای قرار بگیرد، به توانایی ایجاد دوباره همان زاویه به شکل فعال توسط فرد گفته می‌شود.[۳] حس عمقی در رفلکس عضلانی، ثبات دینامیک مفصل و برنامه‌ریزی حرکت برای کنترل عصبی–عضلانی نقش دارد.[۴] اطلاعات گیرنده‌های لیگامنت‌ها و عضلات نشان می‌دهد که گیرنده‌های لیگامانی در نزدیک انتهای دامنه حرکتی حساس هستند، در حالی که گیرنده‌های حس عمقی عضلات در محدوده میانی دامنه حرکتی مفصل نقش مهمی را ایفا می‌کنند.[۵–۹] هر عاملی که باعث کاهش حس عمقی مانند ضایعات لیگامانی شود، می‌تواند منجر به بروز عدم ثبات مکانیکی گشته و در نهایت با افزایش استرین بر مفصل، آن را مستعد بروز آسیب نماید.[۱۰–۱۲]

بر اساس مطالعات انجام‌شده، خستگی عضلانی و سرمادهی از جمله عوامل احتمالی مختل‌کننده‌ی حس عمقی مفصل می‌باشد. خستگی عضلانی به عنوان عامل افت اجرا و عملکرد تعریف شده است که شامل افزایش در درک نیروی مورد نیاز برای اجرای حرکت و عدم توانایی لازم برای تولید میزان نیروی درک‌شده می‌باشد.[۱۳، ۱۴] تعریف دیگر خستگی، عدم توانایی در حفظ نیروی اعمال‌شده و عدم توانایی در حفظ شدت انجام فعالیت ورزشی می‌باشد.[۱۵–۱۷] عوامل مؤثر در خستگی سیستم عصبی مرکزی، یک ورودی دردناک در گیرنده‌های درد می‌تواند باشد و در موارد شدیدتر به علت کاهش خروجی از گیرنده‌های حسی و تأخیر خروجی در سیستم عصبی مرکزی و یا سیستم‌های حرکتی آلفا و گاما بوده که می‌تواند منجر به کاهش مکانیزم‌های رفلکسی عضلات گردد.[۱۸، ۱۹] نتایج مطالعات انجام‌شده بر افراد جوان سالم نشان می‌دهد، خستگی ناشی از تمرین، حس وضعیت مفصل را تغییر داده و کنترل عصبی‌عضلانی اندام‌های تحتانی را مختل می‌کند[۲۰–۲۲] و همچنین مستند است احتمال بروز آسیب در اواخر فصل افزایش می‌یابد، زیرا خستگی ناشی از تمرینات مفصل را در معرض آسیب قرار داده و عملکرد فرد را کاهش می‌دهد.[۲] در واقع با افزایش شدت فعالیت ورزشی، احتمال بروز آسیب نیز افزایش می‌یابد[۲۳] و گزارش شده است که آسیب مفصل زانو در بین تمام آسیب‌ها، بیشتر شایع می‌باشد که تقریبا ۳۹٪ تمام آسیب‌ها را شامل می‌شود.[۲۴] تحقیقات نشان داده است که احتمال بروز آسیب در ۱/۳ انتهای مسابقه به علت تغییر کنترل عصبی–عضلانی و تغییر در توانایی حفظ ثبات مفصل زانو افزایش یافته، ولی علت اصلی بروز این اختلال به طور دقیق مشخص نشده است.[۲۵] احتمالا یکی از عوامل اصلی آن کاهش حس عمقی مفصل می‌باشد[۲۶] که اختلال در حس عمقی به دلیل خستگی جسمانی و ذهنی ممکن است احتمال آسیب لیگامانی در زانو را افزایش دهد.[۲۰، ۲۱، ۲۷]

اگرچه تحقیقات متعددی در ارتباط با تأثیر خستگی بر حس عمقی مفصل انجام شده است، اما نتایج ضد و نقیض را به دنبال داشته است. اسکینر و همکاران (۱۹۸۶) نشان دادند توانایی بازسازی زوایا بعد از تمرینات اینتروال در دوندگان دوی سرعت کاهش یافته و علت آن را کاهش کارایی دوک‌های عضلانی بیان کردند.[۲۰] در مقابل، در تحقیقاتی که توسط مارک و کواینری (۱۹۹۳) انجام شد، کاهش قابل توجهی در حس عمقی مفصل زانو حین ۲۰ تکرار متوالی عمل انقباض کانسنتریک و اکسنتریک عضله چهارسر رانی با سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه در زنان بی‌تحرک مشاهده نشد.[۲۸] همچنین در مطالعه‌ی جورکاند و همکاران (۲۰۰۰) تأثیر تمرینات با شدت پایین بر خستگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که تمرینات طولانی‌مدت و با شدت پایین، حس عمقی مفصل را کاهش می‌دهد که منجر به اختلال در کنترل حرکتی و کاهش حس وضعیت مفصل می‌گردد.[۲۹]

عوامل مختلفی می‌تواند در عملکرد حس عمقی مفصل اختلال ایجاد کند که بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیقات پیشین علاوه بر خستگی، سرما نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل احتمالی مختل‌کننده به شمار می‌آید.[۳۰–۳۲] در کنار جنبه‌های مثبت سرمادرمانی شامل تسکین سریع درد در آسیب‌های حاد بافت نرم[۳۳]، کاهش تورم، التهاب، جریان خون، سرعت متابولیک، دمای درون عضلانی، هایپرتونیسته و سرعت هدایت عصبی[۳۴]، به نظر می‌رسد سرما سرعت هدایت پیام عصبی (چه حسی و چه حرکتی) و فعالیت سیناپس اعصاب محیطی را نیز تغییر داده و در نهایت منجر به ناتوانی عصب در هدایت پیام‌های عصبی می‌شود.[۳۵، ۳۶]

اگرچه تاکنون در تحقیقات مختلف، تأثیر سرمادرمانی بر حس وضعیت مفصل مورد بررسی قرار گرفته است، اما به دلیل وجود نتایج متفاوت، نمی‌توان یک نتیجه‌گیری قطعی در این زمینه ارائه داد. به عنوان مثال برخی محققان گزارش کردند، استفاده از پدهای خنک‌کننده و کیسه‌های سرما، دقت حس وضعیت مفصل زانو را دچار اختلال می‌کند.[۳۱، ۳۲] هوپر و همکارانش (۱۹۹۷) نیز نشان دادند ۱۵ دقیقه سرمادهی بر مفصل مچ پا تأثیر منفی بر حس وضعیت این مفصل دارد.[۳۰] در حالی که کاستلو و همکاران (۲۰۱۱) تفاوت معناداری را در حس وضعیت مفصل زانو قبل و بعد از سرمادهی مشاهده نکردند.[۳۷] لاریویر و همکاران (۱۹۹۴) نیز گزارش کردند سرمادهی مفصل مچ پا با استفاده از یخ بر حس وضعیت این مفصل تأثیر ندارد.[۳۸] دور و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان دادند حس وضعیت مفصل شانه پس از ۳۰ دقیقه سرمادهی با کیسه سرما مختل نمی‌گردد.[۳۹]

اکثر مطالعات انجام‌شده در ارتباط با تأثیر سرمادهی و خستگی بر حس عمقی به صورت مجزا اثر هر کدام از این عوامل را بر حس عمقی مورد بررسی قرار داده‌اند، اما آنچه که مشخص است در شرایط واقعی اغلب ورزشکاران حین تمرین یا حین رویدادهای ورزشی و در حالت خستگی، از پروتکل‌های مختلف سرمادهی که در بین آنها استفاده از کیسه یخ خردشده محبوبیت و کاربرد بیشتری دارد، برای کاهش فشار ناشی از تمرین و یا بعد از آسیب‌دیدگی، استفاده می‌کنند. از طرفی دیگر، اکثر مطالعات انجام‌شده بر روی افراد غیرورزشکار و با روش‌های سرمادهی که کاربرد کمتری دارد و عمومیت ندارند، انجام گرفته است؛ لذا تعمیم نتایج آنها به افراد ورزشکار نادرست است، اما با توجه به اهمیت این موضوع، مطالعه‌ای که اثر سرمادهی را در حالت خستگی بر حس وضعیت مفصل که عامل مهمی در پیشگیری از آسیب حین فعالیت‌های ورزشی می‌باشد، مورد بررسی قرار دهد، انجام نگرفته است. لذا هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی تأثیر سرمادهی مفصل زانو پس از خستگی موضعی بر حس عمقی در زنان جوان تمرین‌کرده بود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش کاربردی حاضر که به روش نیمه‌تجربی و طرح پیش‌آزمون–پس‌آزمون انجام شد، ۴۰ دانشجوی زن جوان سالم (۳۰ نفر در گروه‌های تجربی و ۱۰ نفر در گروه کنترل) شرکت داشتند که به صورت هدفمند و داوطلبانه انتخاب شده و به صورت تصادفی در گروه‌های تجربی (سرمادهی، خستگی و سرمادهی پس از خستگی) و کنترل قرار گرفتند. قبل از شرکت در تحقیق حاضر تمام آزمودنی‌ها فرم رضایت‌نامه، اطلاعات فردی و سابقه پزشکی را تکمیل نمودند. همچنین آزمودنی‌ها، در ۶ ماه گذشته سابقه آسیب و یا جراحی در اندام تحتانی نداشتند و فاقد بیماری قلبی–عروقی، حساسیت به سرما، فشارخون و قند بودند. همچنین از خوردن هر نوع دارو و نوشیدنی‌های الکلی و کافئین‌دار که ممکن بود بر نتایج تحقیق اثر بگذارد، منع شدند. آزمودنی‌ها از دانشجویان رشته تربیت بدنی بوده که حداقل ۲ سال از مدت تحصیلشان گذشته و حداقل ۳ جلسه در هفته فعالیت ورزشی داشتند.

قبل از انجام آزمون، با استفاده از آزمون‌های شوت زدن، تعادل–ریکاوری، بالا رفتن از پله، پای برتر آزمودنی مشخص گردید. تمام آزمون‌ها و اعمال سرما بر روی پای برتر آزمودنی‌ها در مفصل زانو انجام گرفت. سرمادرمانی به مدت ۲۰ دقیقه در مفصل زانو، فقط برای گروه‌های سرمادهی و سرمادهی پس از خستگی اعمال شد و گروه کنترل ۲۰ دقیقه استراحت داشتند. مدت زمان سرمادهی بر اساس مدت به کار برده شده در اکثر مطالعات، مورد استفاده قرار گرفت.[۴۰-۴۲] در تحقیقات انجام‌شده میانگین زمان کاربرد سرمادرمانی بسته به روش سرمادرمانی، ۵/۳±۲۰/۳ دقیقه بود.[۴۳] آزمون‌ها در سه زمان پیش‌آزمون، پس‌آزمون اول (بلافاصله بعد از سرمادهی و خستگی) و پس-آزمون دوم (ماندگاری، ۲۰ دقیقه پس از سرمادهی) به عمل آمد. در مرحله پیش‌آزمون، ابتدا دمای پوست با استفاده از دماسنج اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها طبق پروتکلی که توضیح داده شد، آزمون حس وضعیت مفصل را در تمام زوایا روی دستگاه ایزوکنتیک انجام دادند. بعد از پیش‌آزمون، مفصل زانو در آزمودنی‌های گروه تجربی به مدت ۲۰ دقیقه، با استفاده از کیسه یخ سرد شد و آزمودنی‌های گروه کنترل طی این مدت استراحت داشتند. سرمادهی بدون اعمال فشار و یا بانداژ صورت گرفت. سپس، بلافاصله بعد از سرمادهی دمای پوست اندازه-گیری شده و آزمودنی‌ها، آزمون حس وضعیت مفصل را مجددا انجام دادند. در مرحله بعد، ۲۰ دقیقه به آزمودنی‌ها در حالت خوابیده به پشت استراحت داده شد و مجددا دمای پوست اندازه‌گیری شده و پس‌آزمون دوم از آزمودنی‌ها به عمل آمد. پروتکل سرمادهی، طبق پروتکل انجام‌شده به وسیله اشمید و همکاران[۳۲] صورت گرفت. برای اعمال سرما از کیسه یخ خردشده به مدت ۲۰ دقیقه بدون اعمال فشار و یا بانداژ، در ناحیه‌ای به ابعاد ۱۲*۲۰ سانتی‌متر در بخش قدامی و داخلی زانو استفاده گردید. در بخش خارجی زانو، برای اینکه اعصاب محیطی قرار گرفته در سر فیبولا مستقیما سرد نشود، سرمادرمانی صورت نگرفت. اندازه‌گیری دمای سطحی پوست (بخش قدامی زانو) قبل، بلافاصله بعد از اعمال سرما و ۲۰ دقیقه پس از اعمال سرما با استفاده از ترمومتر الکترونیکی مادون قرمز (مارک Manoli ساخت انگلستان)، با دامنه اندازه‌گیری ۰ تا ۱۰۰ درجه و خطای ۰/۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت.

در گروه خستگی نیز به همان ترتیب گروه سرمادهی، آزمون‌ها انجام شد، با این تفاوت که به جای اعمال سرمادهی، آزمودنی‌ها بعد از گرم کردن (۵ دقیقه دویدن آهسته، ۱۵ دقیقه حرکات کششی پویا) پروتکل خستگی را که شامل انواع پرش‌های دوپا و تک‌پا در جهت‌های مختلف با استفاده از پله ۲۰cm بود، انجام دادند. نکته مهم در مورد پروتکل خستگی این بود که تمرین به صورت دوطرفه با هر دوپا و در جهت‌های مختلف و آزمون‌ها به صورت یک‌طرفه (با پای برتر) و در یک جهت انجام شد. ابتدا پیش‌آزمون و پس از انجام پروتکل خستگی، بلافاصله، دمای پوست اندازه‌گیری شده و پس‌آزمون اول انجام شد و بعد از ۲۰ دقیقه پس‌آزمون دوم انجام شد.

در گروه سرمادهی پس از خستگی، بعد از انجام پیش‌آزمون و اندازه‌گیری دمای پوست، آزمودنی‌ها پروتکل خستگی را انجام داده و بعد از خستگی دمای پوست اندازه‌گیری شده و بلافاصله سرمادهی به مدت ۲۰ دقیقه اعمال شد و سپس دمای پوست اندازه‌گیری شده و پس-آزمون اول انجام شد و بعد از ۲۰ دقیقه استراحت به صورت خوابیده به پشت و ثبت تغییرات دمایی هر ۵ دقیقه در این مدت، پس‌آزمون دوم انجام شد. آزمودنی‌های گروه کنترل نیز تمام آزمون‌های اولیه و اصلی را انجام دادند، با این تفاوت که نه سرمادهی به آنها اعمال شد و نه

خستگی و آنها به مدت ۲۰ دقیقه در حالت خوابیده به پشت استراحت داشتند.

گروه خستگی و سرمادهی پس از خستگی، پروتکل خستگی را انجام دادند که شامل انواع حرکات پلایومتریک بوده و مستند است که پروتکل پلیومتریک استفاده‌شده در مطالعه حاضر باعث ایجاد خستگی موضعی در اندام تحتانی می‌شود و هیچ‌گونه آسیب یا دردهای مفصلی و عضلانی در آزمودنی‌ها ایجاد نمی‌کند.[۴۴]

برای اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل زانو، در حالت فعال و غیرفعال در سه زاویه ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه از دستگاه ایزوکنتیک (بایودکس، سیستم ۳، ساخت آمریکا) استفاده گردید که دقت دستگاه برای اندازه‌گیری زاویه (موقعیت) ۱±درجه خطا گزارش شده (Biodex System 3 Owner's Manual) و در تحقیقات متعدد جهت اندازه‌گیری زاویه مفصل مورد استفاده قرار گرفته است.[۴۵، ۴۶] لازم به ذکر است که تمام اندازه‌گیری‌ها توسط یک آزمون‌گر انجام شد و آزمودنی‌ها حین انجام آزمون در پای برتر پوشش نداشته و آزمون‌ها را با چشم بسته (جهت حذف اثر سیستم بینایی بر پروپریوسپشن) و در حالت نشسته (طبق پروتکل پیشنهادشده در راهنمای بایودکس) انجام داده‌اند. ابتدا زاویه مورد نظر نسبت به حالت شروع (۹۰ درجه فلکشن زانو)، به آزمودنی نشان داده شد و از آزمودنی خواسته شد تا به مدت ۳ ثانیه روی زاویه مورد نظر تمرکز کند.[۳۰، ۴۷] بعد از برگشتن به حالت شروع، در حالت فعال و غیرفعال (با سرعت ۲ درجه بر ثانیه) زوایای نشان داده شده به وسیله آزمودنی (برای هر زاویه در هر حالت سه کوشش) ثبت گردید. در حالت فعال، آزمودنی خود حرکت را انجام داده و زمانی که احساس کرد مفصل در زاویه مورد نظر قرار دارد، با استفاده از دکمه توقف دستگاه، حرکت را متوقف کرده، سپس زاویه نشان داده شده به وسیله آزمودنی که در نرم‌افزار سیستم مشخص می‌شد، ثبت گردید. در حالت غیرفعال دستگاه با سرعت تنظیم‌شده اندام را حرکت می‌دهد و آزمودنی پس از قرار گرفتن مفصل در زاویه مورد نظر، دستگاه را با فشار دادن دکمه متوقف می‌کند. اختلاف بین زاویه مورد نظر و زاویه نشان داده شده توسط آزمودنی به عنوان خطا در نظر گرفته شد. میانگین خطای مطلق در سه کوشش که در اکثر مقالات به عنوان معیار ارزیابی JPS (Joint Position Sense) مورد استفاده قرار گرفته است، محاسبه شد. این روش به وسیله اولسون و همکاران[۴۸]، به عنوان میانگین خطای واقعی چند کوشش بدون در نظر گرفتن جهت تعریف شده است.

یافته ها

بر اساس نتایج آزمون کولموگروف–اسمیرنوف مشخص شد که توزیع متغیرها در تمام گروه‌ها نرمال می‌باشد و با توجه به جدول ۱، نتایج آزمون تحلیل واریانس مشخص ساخت که بین ویژگی‌های آنتروپومتری آزمودنی‌ها تفاوت معناداری وجود ندارد.

جدول ۱: ویژگی‌های دموگرافیک آزمودنی‌ها

گروه	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (متر)	*BMI*
کنترل	۲۲/۲۵±۱/۳۹	۵۴/۳۹±۹/۴۰	۱/۶۳±۰/۰۶	۲۰/۳۲±۲/۸۸
سرمادهی	۲۱/۸۸±۰/۸۳	۵۷/۶۹±۱۰/۳۸	۱/۶۸±۰/۰۷	۲۰/۴۰±۲/۷۷
خستگی	۲۱/۷۵±۰/۴۶	۵۵/۸۸±۱۰/۱۸	۱/۶۶±۰/۰۷	۲۰/۲۶±۲/۵۰
سرمادهی بعد از خستگی	۲۲/۳۸±۱/۳۰	۵۵±۹/۲۴	۱/۶۴±۰/۰۷	۲۰/۳۶±۲/۷۴
Sig	۰/۶۱	۰/۹۲	۰/۶۳	۱/۰۰

با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس با داده‌های تکراری (جدول شماره ۲) مشخص شد که در گروه کنترل در هیچ یک از زمان‌ها تغییرات دما معنادار نبود (P=۰/۲۱). در گروه سرمادهی تغییرات دما در همه زمان‌ها معنادار بود (P=۰/۰۰). در گروه خستگی نیز تغییرات دما، بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون دوم و بین پس‌آزمون اول و دوم معنادار بود (P=۰/۰۰). در گروه سرمادهی بعد از خستگی نیز تغییرات دما در همه زمان‌ها معنادار بود (P=۰/۰۰). تغییرات بین گروهی، در زمان پیش‌آزمون غیرمعنادار (P=۰/۲۱)، در زمان پس‌آزمون اول و دوم نیز بین تمام گروه‌ها به جز گروه کنترل با خستگی معنادار (P=۰/۰۰) بود. با توجه به اثر تعامل زمان در گروه (P=۰/۰۰) نیز مشخص شد که سرمادهی بعد از خستگی تأثیر معنادار بر دمای سطحی پوست دارد.

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد و نتایج تحلیل واریانس دمای پوست (درجه)

زمان / گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		Sig درون‌گروهی
		اول	دوم	
کنترل	۲۶/۶۰±۱/۰۸	۲۹/۰۴±۰/۷۶	۲۹/۰۴±۰/۷۷	۰/۲۱
سرمادهی	۲۸/۹۴±۱/۰۹	۹/۳۸±۲/۲۸	۲۴/۷۹±۲/۵۲	۰/۰۰*
خستگی	۲۸/۵۳±۰/۹۰	۲۸/۲۸±۱/۱۵	۳۰/۲۴±۰/۴۵	۰/۰۰*
سرمادهی بعد از خستگی	۲۸/۹۱±۰/۵۹	۱۰/۸۹±۲/۳۵	۲۶/۱۵±۱/۳۲	۰/۰۰*
Sig بین گروهی	۰/۲۱	*۰/۰۰	*۰/۰۰	۰/۰۰*

همچنین، در ارتباط با تغییرات حس وضعیت مفصل زانو تحت تأثیر متغیرهای تحقیق، نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس با داده‌های تکراری در سطح معناداری $\alpha\leq$۰/۰۵ مشخص ساخت که سرمادهی، خستگی و سرمادهی بعد از خستگی بر حس وضعیت مفصل زانو در زاویه ۳۰ درجه فعال و غیرفعال (جدول شماره ۳)، زاویه ۴۵ درجه فعال و غیرفعال (جدول شماره ۴) و زاویه ۶۰ درجه فعال و غیرفعال (جدول شماره ۵) تأثیر معناداری نداشت و بین گروه‌ها نیز تفاوت معناداری مشاهده نشد و با توجه به اثر تعامل زمان در گروه مشخص شد که سرمادهی بعد از خستگی موضعی بر حس وضعیت مفصل زانو در هیچ یک از زوایا تأثیر معناداری نداشت.

جدول ۳: *میانگین* و انحراف استاندارد و نتایج تحلیل واریانس حس وضعیت مفصل زانو در زاویه ۳۰ درجه

زاویه	زمان / گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		Sig درون‌گروهی
			یک	دو	
۳۰ درجه فعال	کنترل	۴/۳۵±۴/۴۲	۴/۱۸±۲/۰۵	۵/۰۱±۴/۲۲	۰/۸۷
	سرمادهی	۳/۷۶±۲/۲۵	۴/۳۰±۳/۳۵	۴/۲۵±۲/۷۴	۰/۸۷
	خستگی	۵/۲۵±۳/۰۵	۳/۴۲±۳/۷۷	۴/۳۸±۲/۰۴	۰/۸۷
	سرمادهی بعد از خستگی	۳/۸۸±۴/۳۳	۴/۸۴±۲/۶۱	۳/۰۸±۱/۸۶	۰/۸۷
	Sig بین گروهی	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۸۴
۳۰ درجه غیرفعال	کنترل	۸/۹۸±۴/۱۷	۸/۲۰±۴/۹۷	۹/۲۶±۳/۶۲	۰/۱۹
	سرمادهی	۸/۷۶±۵/۰۱	۱۲/۷۶±۴/۸۴	۷/۶۹±۴/۱۹	۰/۱۹
	خستگی	۶/۱۳±۵/۱۲	۶/۵۹±۵/۷۷	۷/۰۰±۶/۴۴	۰/۱۹
	سرمادهی بعد از خستگی	۸/۰۴±۸/۶۲	۹/۳۹±۵/۵۰	۵/۸۳±۵/۴۷	۰/۱۹
	Sig بین گروهی	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۲۸

جدول ٤: میانگین و انحراف استاندارد و نتایج تحلیل واریانس حس وضعیت مفصل زانو در زاویه ٤٥ درجه

زاویه	زمان / گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		Sig درون‌گروهی
			اول	دوم	
٤٥ درجه فعال	کنترل	۵/۹۹±۲/۸۲	۴/۲۶±۲/۹۲	۴/۷۱±۴/۳۹	۰/۶۵
	سرمادهی	۲/۷۹±۱/۵۴	۴/۳۵±۲/۹۹	۴/۸۴±۳/۰۳	۰/۶۵
	خستگی	۵/۵۸±۴/۸۱	۲/۰۸±۲/۷۵	۲/۷۹±۲/۹۷	۰/۶۵
	سرمادهی بعد از خستگی	۴/۰۴±۲/۷۶	۵/۱۳±۵/۹۰	۴/۷۹±۴/۵۴	۰/۶۵
	Sig بین گروهی	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳
٤٥ درجه غیرفعال	کنترل	۹±۶/۵۱	۷/۰۵±۳/۶۹	۷/۶۴±۳/۴۰	۰/۶۶
	سرمادهی	۸/۶۳±۵/۲۳	۸/۶۸±۵/۲۹	۶/۶۸±۴/۲۹	۰/۶۶
	خستگی	۴/۲۹±۴/۳۰	۸/۸۸±۷/۷۵	۶/۴۲±۳/۴۵	۰/۶۶
	سرمادهی بعد از خستگی	۵/۹۲±۴/۴۰	۵/۹۲±۳/۵۳	۶/۶۷±۶/۱۹	۰/۶۶
	Sig بین گروهی	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۲۵

جدول ۵: میانگین و انحراف استاندارد و نتایج تحلیل واریانس حس وضعیت مفصل زانو در زاویه ٦٠ درجه

زاویه	زمان / گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون		Sig درون‌گروهی
			اول	دوم	
٦٠ درجه فعال	کنترل	۶/۱۶±۳/۶۵	۵±۱/۹۲	۵/۴۳±۳/۹۲	۰/۳۷
	سرمادهی	۴/۳۵±۲/۸۷	۶/۵۶±۴/۳۵	۵/۶۶±۳/۲۰	۰/۳۷
	خستگی	۶/۱۷±۴/۱۰	۶/۵۴±۵/۰۶	۳/۳۹±۲/۲۸	۰/۳۷
	سرمادهی بعد از خستگی	۴/۲۵±۲/۱۴	۵/۹۶±۳/۴۳	۵/۵۴±۲/۵۳	۰/۳۷
	Sig بین گروهی	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۲۹
٦٠ درجه غیرفعال	کنترل	۵/۲۱±۲/۸۲	۵/۲۱±۳/۳۸	۶/۶۸±۳/۶۷	۰/۴۲
	سرمادهی	۵/۲۵±۳/۰۹	۴/۷۱±۲/۸۵	۶/۱۹±۳/۴۰	۰/۴۲
	خستگی	۳/۲۶±۲/۹۴	۳/۳۷±۲/۳۳	۶/۹۶±۱۲/۷۲	۰/۴۲
	سرمادهی بعد از خستگی	۳/۸۴±۲/۳۰	۴/۶۳±۴/۳۳	۳/۳۸±۲/۶۵	۰/۴۲
	بین گروهیSig	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۸۴

بحث

هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر سرمادهی بعد از خستگی موضعی بر حس عمقی مفصل زانو در زنان جوان تمرین‌کرده بود، تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق نشان داد که سرمادهی با استفاده از کیسه یخ به مدت ۲۰ دقیقه اثربخشی لازم را برای کاهش دمای مفصل (به صورت سطحی) داشته است (جدول ۱) و سرمادهی بعد از خستگی تا حدی باعث کاهش غیرمعنادار حس وضعیت مفصل زانو در پس‌آزمون اول نسبت به پیش‌آزمون شد. اعمال سرما در شرایطی که ورزشکار خسته است، وضعیتی است که برای ورزشکار در طول تمرینات یا حین مسابقه اتفاق می‌افتد. از آنجایی که پژوهشی که تأثیر هر دو عامل (سرمادهی و خستگی) را با هم بر حس عمقی بررسی کرده باشد که ویژگی پژوهش حاضر در مقایسه با پژوهش‌های قبلی می‌باشد، مشاهده نشد، لذا نتایج پژوهش‌هایی که نزدیک به پژوهش حاضر بوده، مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سرمادهی تا حدی باعث کاهش حس وضعیت مفصل زانو در تمام زوایا (۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه فعال و غیرفعال) در پس‌آزمون اول نسبت به پیش‌آزمون شده و در پس‌آزمون دوم به علت برگشت دمای مفصل مجددا افزایش یافته، اما این تغییرات به لحاظ آماری معنادار نبود (جداول شماره ۵، ۴، ۳). تاکنون تحقیقات مختلفی به بررسی عملکرد حس عمقی مفاصل مختلف پس از اعمال سرما پرداخته‌اند. در برخی تحقیقات تأثیر منفی اعمال سرما بر عملکرد حس وضعیت مفصل گزارش شده[۲۵, ۳۰-۳۲, ۴۰]، در حالی که برخی محققان گزارش کردند که سرمادهی تأثیر معناداری بر حس وضعیت مفصل نداشته‌است.[۳۷-۳۹, ۴۱, ۴۹, ۵۰] در همین راستا، یوچیو و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کرده‌اند که کاربرد سرمادهی به مدت ۱۵ دقیقه تحت شرایط گردش خون متوسط در دمای 4^{o} C، خطای حس وضعیت مفصل را تا $1/7^{o}$ افزایش می‌دهد. یکی از دلایل احتمالی، ممکن است به دلیل شرایط دمایی 4^{o} C، باشد، زیرا در این دما رسپتورهای درد بسیار تحریک می‌شود. از این رو ممکن است تأثیر منفی بر پروپریوسپشن داشته باشد. همچنین محققان کاهش سرعت هدایت عصبی را بعد از سرمادرمانی مشاهده کردند که می‌تواند باعث تغییر پروپریوسپشن گردد.[۳۱] هوپر و همکاران نیز که کاهش $0/5^{o}\pm0/75$ (P=۰/۰۴) را در حس وضعیت مفصل بعد از غوطه‌وری در آب سرد (4^{o}C) گزارش کرده‌اند، اظهار داشتند این میزان اختلاف از لحاظ کلینیکی حائز اهمیت نمی‌باشد.[۳۰] در همین زمینه، کاستلو و دونلی (۲۰۱۱)، در تحقیقات خود تفاوت معناداری را در حس وضعیت مفصل زانو قبل و بعد از سرمادهی مشاهده نکردند.[۳۷] اوزمون و همکاران (۱۹۹۶) اظهار داشتند که سرمادهی مفصل زانو به مدت ۲۰ دقیقه تأثیر نامطلوب بر پروپریوسپشن بلافاصله پس از سرمادهی ندارد و تفاوتی در توانایی پروپریوسپشن گروه کنترل و سرمادرمانی مشاهده نشد.[۴۰] ویسنیگر و همکاران (۲۰۰۷) نیز تفاوتی در حس وضعیت مفصل مشاهده نکردند. در این حالت، ممکن است بخشی از سیستم سوماتوسنسوری تحت تأثیر سرمادهی قرار نگرفته باشد و مکانورسپتورهایی که در قسمت‌های عمیق‌تری در ناحیه سرمادهی (دوک‌های عضلانی و گیرنده‌های مفصلی) قرار گرفته‌اند، می‌تواند عملکرد مکانورسپتورهای تحت تأثیر سرما را جبران کند[۴۱] که این نتایج هم‌راستا با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. اگرچه در پژوهش حاضر، سرمادهی در همه زوایا باعث افزایش خطای بازسازی زاویه مفصل از پیش‌آزمون به پس‌آزمون شده، به این معنا که سرمادهی تا حدی اثرگذار بوده، اما این مقدار افزایش به لحاظ آماری معنادار نبود. در همین زمینه، برخی مطالعات با بررسی تأثیر سرمادهی با کیسه یخ بر حس وضعیت مفصل زانو، افزایش میزان خطای بازسازی زاویه هدف بعد از اعمال سرما در مفصل مذکور گزارش کردند.[۲۵, ۴۹] محققان کاهش سرعت هدایت عصبی پس از اعمال سرما را دلیل بروز اختلال در حس

عمقی عنوان کردند.[۳۱] درجه حرارت پوست، عضله و مفصل نیز از جمله عوامل مهم در ارزیابی حس وضعیت مفصل است، زیرا سرعت هدایت عصبی رابطه خطی با کاهش دمای بافت دارد.[۵۱] از طرفی دیگر، به نظرمی‌رسد، تغییر سرعت هدایت عصبی در تارهای با قطر متفاوت یکسان نیست. تحقیقات نشان داده که سرما، سرعت هدایت عصبی را در تارهای میلین‌دار و کوچکتر، بیشتر تحت تأثیر قرار می-دهد. فیبرهای A–دلتا که قطر کمی دارند و میلین‌دار می‌باشند و فیبرهای انتقال درد، کاهش بیشتری در سرعت هدایت عصبی در پاسخ به سرمادهی از خود نشان می‌دهند[۵۲]، اما فیبرهای آوران که اطلاعات پروپریوسپتیو را از دوک‌های عضلانی به CNS مخابره می‌کنند، Iα و II که پوشیده‌شده از میلین می‌باشند و سرعت هدایت بالایی دارند[۵۷]، کمتر تحت تأثیر سرمادرمانی قرار می‌گیرند. به‌علاوه، حین سرمادهی موضعی، مانند سرمادهی یک بخش از مفصل و یا عضله (برای مثال بخش قدامی مفصل زانو و عضلات اکستنسور)، احتمالا بخشی از پروپریوسپشن می‌تواند از طریق دیگر رسپتورها مانند رسپتورهای لیگامنت‌ها و یا رسپتورهای عضلات فلکسور جبران شود و به نظر می‌رسد در مطالعاتی که از روش غوطه‌وری در آب سرد استفاده می‌شود[۳۷]، تمام گیرنده‌های مسئول به طور یکسان تحت تأثیر قرار می‌گیرند. به هر حال، روش‌های مختلف سرمادرمانی ممکن است درجات متفاوتی از سرمادهی را در مفصل ایجاد کند، بنابر تحقیق حاضر، مدالیته‌های مختلف سرمادهی (غوطه‌وری در آب یخ، پد سردکننده و کیسه یخ خردشده) ممکن است در رابطه با تأثیر آن بر عوامل مختلف، اثرگذار باشد. علاوه بر آن، وضعیت آزمودنی‌ها حین تست، مدت زمان سرمادهی، دمای اولیه بافت نیز از جمله عواملی است که می‌تواند نتایج تحقیق را تحت تأثیر قرار دهد.

در ارتباط با تأثیر خستگی بر حس عمقی، مطالعات مختلفی صورت گرفته است که نتایج متفاوتی را گزارش کرده‌اند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خستگی بر حس وضعیت مفصل زانو در هیچ یک از زوایا (۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه فعال و غیرفعال) تأثیر معناداری ندارد (جداول شماره ۵، ۴، ۳). تفاوت در پروتکل‌های خستگی که بار موضعی و یا عمومی بر زانو می‌باشد، ممکن است نتایج را تحت تأثیر قرار دهد. به نظر می‌رسد پروتکل خستگی موضعی مورد استفاده در پژوهش حاضر که شامل حرکات پلایومتریک اندام‌تحتانی (انواع پرش‌های تک‌پا و دوپا در جهت‌های مختلف) بوده، آنقدر شدید نبوده که تغییرات معنادار در حس وضعیت مفصل زانو ایجاد نماید که با نتایج مطالعه صورت-گرفته توسط میورا و همکاران (۲۰۰۴) هم‌خوانی دارد. محققان گزارش کردند که پروپریوسپشن مفصل زانو بعد از خستگی موضعی عضلات فلکسور و اکستنسور زانو با وجود کاهش محسوس در مقادیر گشتاور اوج، تغییرات معناداری نداشت.[۵۳] این احتمال وجود دارد که خستگی اعمال‌شده با وجود کاهش معنادار در قدرت عضلات موجب اختلال در عملکرد مکانورسپتورهای عضلات نشده است و یا ممکن است به واسطه یک مکانیسم ناشناخته‌ای نقص در عملکرد مکانورسپتورهای عضلات از طریق ورودی‌های عصبی دیگر مکانورسپتورهای واقع در کپسول، لیگامنت و پوست جبران شود. در مطالعه مارک و کوئنری (۱۹۸۳) نیز نتایج مشابه مشاهده شد و کاهش قابل توجهی در حس عمقی مفصل زانو حین ۲۰ تکرار متوالی عمل انقباض کانسنتریک و اکسنتریک عضله چهارسر رانی با سرعت زاویه‌ای ۱۸۰ درجه بر ثانیه در زنان بی‌تحرک مشاهده نگردید.[۲۸] به طور کلی با وجود اینکه برخی مطالعات نیز کاهش پروپریوسپشن را در اثر خستگی گزارش کرده-اند[۲۰، ۲۹]، اما اینکه کدام قسمت (گیرنده‌های عضله، گیرنده‌های مفصل و یا سیستم عصبی مرکزی) مسئول کاهش حس عمقی است، هنوز شناخته نشده است.

در ارتباط با تأثیر سرمادهی بعد از خستگی بر حس عمقی که هدف اصلی پژوهش حاضر بود، نتایج تحقیق نشان داد که سرمادهی بعد از خستگی موضعی بر حس وضعیت مفصل زانو تأثیر معناداری ندارد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد استفاده از سرمادهی موضعی با کیسه یخ حین تمرینات و رویدادهای ورزشی که تغییرات دمایی سطحی را ایجاد می‌کند، در شرایطی که ورزشکار خسته است، خطری برای ورزشکار جهت برگشت به مسابقه و یا تمرین ندارد؛ البته لازم به ذکر است که نوع پروتکل سرمادهی و همچنین شدت و نوع پروتکل خستگی بر نتایج پژوهش اثرگذار است. از آنجایی که تا به حال، مطالعه‌ای که مشابه با پژوهش حاضر تأثیر هر دو عامل سرمادهی و خستگی را بررسی کرده باشد، صورت نگرفته است، لذا امکان مقایسه نتایج وجود ندارد. از طرفی دیگر، در تحقیقات پیشین گزارش شده است که زنان ورزشکار چهار تا شش برابر بیشتر از مردان ورزشکار در معرض آسیب‌های زانو قرار دارند[۵۴، ۵۵] و تفاوت-های جنسیتی نیز بر میزان پروپریوسپشن و نتایج تحقیق اثرگذار است. در همین زمینه لاتانزینو و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که هیچ کدام از انواع خستگی کاهش معناداری را در پروپریوسپشن مفصل زانوی زنان در مقایسه با مردان ایجاد نمی‌کند.[۵۶] بنابراین به نظر می-رسد مطالعه بر روی مردان ورزشکار نتایج متفاوتی را مشخص کند.

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر مؤید آن است که سرمادهی به صورت سطحی (با استفاده از کیسه یخ) بعد از خستگی عصبی‌عضلانی یک‌وهله‌ای پلایومتریک، بر حس عمقی افراد تمرین‌کرده، در حدی که خطر جدی برای آنها حین برگشت به فعالیت ایجاد نماید، تأثیرگذار نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

از تمامی دوستان و عزیزانی که ما را در انجام پژوهش حاضر یاری کردند، قدردانی و تشکر می‌گردد.

منابع

1. Cordo P, et al., Proprioceptive coordination of movement sequences. role of velocity and position information. J Neurophysiol 1994; 71(5):1848-61.
2. Hiemstra, L.A., I.K. Lo, and P.J. Fowler, Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. J Orthop Sports Phys Ther 2001; 31(10):598-605.
3. Rozzi, S., Yuktananandan, P., Pincervero, D., & Lephart, S. Role of fatigue on proprioception and neuromuscular control. Human kinetics 2000; 41(5):375-384.
4. Prentic, W.E., Rehabilitation techniques in sports medicine, ed. second. USA: Baltimore;1994.
5. Zimny, M.L., M. Schutte, and E. Dabezies. Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. Anat Rec 1986; 214(2):204-9.
6. Brand, R.A., A neurosensory hypothesis of ligament function. Med Hypotheses 1989;4(29): 245-50.
7. Clark, F.J., P. Grigg, and J.W. Chapin. The contribution of articular receptors to proprioception with the fingers in humans. J Neurophysiol 1989; 61(1):186-93.
8. Grigg, P., Biophysical studies of mechanoreceptors. J Appl Physiol 1985; 60(4):1107-15.
9. Krauspe, R., M. Schmidt, and H.G. Schaible, Sensory innervation of the anterior cruciate ligament. An electrophysiological study of the response properties of single identified mechanoreceptors in the cat. J Bone Joint Surg Am 1992; 74(3):390-7.
10. Boyle, J. and V. Negus, Joint position sense in the recurrently sprained ankle. Aust J Physiother 1998; 44(3):159-163.
11. Konradsen, L., J.B. Ravn, and A.I. Sorensen, Proprioception at the ankle. the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. J Bone Joint Surg Br 1993; 75(3):433-6.
12. Mirbagheri, M.M., H. Barbeau, and R.E. Kearney. Intrinsic and reflex contributions to human ankle stiffness. variation with activation level and position. Exp Brain Res 2000; 135(4):423-36.
13. Chaffin, D.B., Localized muscle fatigue--definiton and measurement. J Occup Med 1973; 15(4):346-54.
14. Enoka, R.M. and D.G. Stuart, Neurobiology of muscle fatigue. J Appl Physiol 1992; 72(5):48-1631.
15. Fitts, R.H., Muscle fatigue: the cellular aspects. Am J Sports Med 1996; 24(6):9-13.
16. Fitts, R.H. and E.M. Balog, Effect of intracellular and extracellular ion changes on E-C coupling and skeletal muscle fatigue. Acta Physiol Scand1996; 156(3):169-81.
17. Green, J.M., et al., Overall and differentiated ratings of perceived exertion at the respiratory compensation threshold. effects of gender and mode. Eur J Appl Physiol 2003; 89(5):445-50.
18. Sjolander, P., H. Johansson ,and M. Djupsjobacka, Spinal and supraspinal effects of activity in ligament afferents. J Electromyogr Kinesiol 2002; 12(3):167-76.
19. Loscher, W.N., A.G. Cresswell, and A. Thorstensson. Central fatigue during a long-lasting submaximal contraction of the triceps surae. Exp Brain Res 1996; 108(2):305-14.
20. Skinner, H.B., et al., Effect of fatigue on joint position sense of the knee. J Orthop Res 1986; 4(1):112-8.
21. Lattanzio, P.J., et al., Effects of fatigue on knee proprioception. Clin J Sport Med 1997; 7(1):22-7.
22. Marks, R., Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee. Aust J Physiother 1994; 40(3):175-81.
23. Changela, P.K., K. Selvamani, and Ramaprabhu, A study to evaluate the effect of fatigue on knee joint proprioception and balance in healthy individuals. international journal of scienstific and research publications 2012; 2(3):2250-3153.
24. Majewski, M., H. Susanne, and S. Klaus, Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. Knee 2006; 13(3):184-8.
25. Ribeiro, F., et al., Effects of volleyball match-induced fatigue on knee joint position sense. European Journal of Sport Science 2008; 8(6):397-402.
26. Martin, B., & Jorklund. Effect of repetitive work on proprioception and of stretching on sensory mechanisms Umea university medical dissertation new series 2004; 90(8):77-91.
27. Lattanzio, P.J. and R.J. Petrella, Knee proprioception: a review of mechanisms, measurements, and implications of muscular fatigue. Orthopedics 1998; 21(4):463-70.
28. Marks, R. and H.A. Quinney, Effect of fatiguing maximal isokinetic quadriceps contractions on ability to estimate knee-position. Percept Mot Skills 1993; 77(3):1195-202.
29. Bjorklund ,M., et al., Position sense acuity is diminished following repetitive low-intensity work to fatigue in a simulated occupational setting. Eur J Appl Physiol 2000; 81(5):361-7.
30.

31. Hopper, D., D. Whittington, and J. Davies, Does ice immersion influence ankle joint position sense? Physiother Res Int 1997; 2(4):223-36.
32. Uchio, Y., et al., Cryotherapy influences joint laxity and position sense of the healthy knee joint. Arch Phys Med Rehabil 2008; 84(1):131-5.
33. Oliveira, R., F. Ribeiro, and J. Oliveira, Cryotherapy impairs knee joint position sense. Int J Sports Med 2010; 31(3):198-201.
34. Algafly, A.A. and K.P. George, The effect of cryotherapy on nerve conduction velocity, pain threshold and pain tolerance. Br J Sports Med 2007; 41(6):365-9.
35. Herrera, E., et al., Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. Phys Ther 2010; 90(4):581-91.
36. Bleakley, C., S. McDonough, and D. MacAuley, The use of ice in the treatment of acute soft-tissue injury: a systematic review of randomized controlled trials. Am J Sports Med 2004; 32(1):251-61.
37. Enwemeka, C.S., et al., Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. Med Sci Sports Exerc 2002; 34(1):45-50.
38. Costello, J.T. and A.E. Donnelly, Effects of cold water immersion on knee joint position sense in healthy volunteers. J Sports Sci 2011; 29(5):449-56.
39. LaRiviere, J., & Osternig, L. The effect of ice immersion on joint position sense. J Sport Rehabilitation 1994; 3(2):58-67 .
40. Dover, G. and M.E. Powers, Cryotherapy does not impair shoulder joint position sense. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85(8):1241-6.
41. Ozmun, J., Thieme, H., Ingersoll, C., & Knight, K. cooling does not affect knee proprioceptive Acuity in the Quadriceps Muscle. Athletic Training 2008; 36(2):119-123 .
42. Wassinger, C.A., et al., Proprioception and throwing accuracy in the dominant shoulder after cryotherapy. J Athl Train 2007; 42(1):84-9.
43. Schmid, S., M. Moffat, and G.M. Gutierrez, Effect of knee joint cooling on the electromyographic activity of lower extremity muscles during a plyometric exercise. J Electromyogr Kinesiol 2010; 20(6):1075-81.
44. Furmanek, M.P., K. Slomka, and G. Juras, The effects of cryotherapy on proprioception system. Biomed Res Int 2014; 25(2):397-696.
45. Ahmad Abadi, S., et al., The effect of fatique due to plyometric training on activity pattern of rectus femoris muscle in different phases of deep jump on active girl. medical science, Tehran 1398; 8(4):11-20.
46. Gear, W.S., Effect of different levels of localized muscle fatigue on knee position sense. J Sports Sci Med 2011; 10(4):725-3.
47. Wassinger ,C. A., Myers, J. B., Gatti, J. M., Conley, K. M., & Lephart, S. M.Proprioception and throwing accuracy in the dominant shoulder after cryotherapy. J Athl Train 2007; 42(1): 84-89 .
48. Barrack, R.L., H.B. Skinner, and S.L. Buckley, Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. Am J Sports Med 1989; 17(1):1-6.
49. Olsson, L., et al., Test–retest reliability of a knee joint position sense measurement method in sitting and prone position. Advances in Physiotherapy 2004; 6(1):37-47.
50. Khanmohammadi, R., M. Someh, and F. Ghafarinejad, The effect of cryotherapy on the normal ankle joint position sense. Asian J Sports Med 2011; 2(2):91-8 .
51. Ruiz, D.H., et al., Cryotherapy and sequential exercise bouts following cryotherapy on concentric and eccentric strength in the quadriceps. J Athl Train 1993; 28(4):320-3.
52. McMeeken, N., et al., the effect of two cooling modalities on skin and tendon temperature. Proceedings of the American college of sports medicine conference 2014; 25(3):250-56.
53. Cameron, M. Superficial Cold and heat. Philadelphia: Physical Agents in rehabilitation 2014. 4th ed: 129-173.
54. Miura, K., et al., The effect of local and general fatigue on knee proprioception. Arthroscopy 2004; 20(4):414-8.
55. Malone, T., Hardaker, W., & Garret ,W. Relationship of gender to anterior cruciate ligament injuries in intercollegiate basketball players. J South Orthop Assoc 1993; 2(1):36-39
56. Whiteside, P. Men's and women's injuries in comparable sports .Physician Sports Med 1980; 8(1):130-140.
57. Skinner, H. B., Wyatt, M. P., Hodgdon, J. A., Conard, D. W., & Barrack, R. L. Effect of fatigue on joint position sense of the knee. J Orthop Res 1986; 4(1):112-11.