

بررسی مقایسه ای تاثیر خستگی عمومی و خستگی موضعی بر حس نیرو در مردان جوان سالم

مینو خلخالی زاویه^۱، مصطفی بذرافکن^۲، خسرو خادمی کلانتری^۳، اصغر رضاسلطانی^۴

^۱ استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، مرکز تحقیقات فیزیوتراپی
^۲ کارشناس ارشد فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
^۳ دانشیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
^۴ استاد گروه فیزیوتراپی دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

چکیده

مقدمه و اهداف

خستگی بعنوان یکی از علل ایجاد کننده یا زمینه ساز آسیبهای عضلانی- اسکلتی مطرح شده است. به نظر می رسد اختلال حس عمقی در اثر خستگی یکی از علل این پدیده باشد. مطالعات محدودی تاثیر خستگی موضعی بر حس نیرو را مورد بررسی قرار داده اند ولی تاثیر خستگی عمومی بر حس نیرو تاکنون بررسی نشده است. هدف این تحقیق بررسی تاثیر خستگی موضعی و خستگی عمومی بر حس نیرو و مقایسه آنها با یکدیگر در مردان جوان سالم می باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه نیمه تجربی با طراحی متقاطع بر روی ۲۰ مرد جوان سالم که به روش نمونه گیری ساده در دسترس از بین کارمندان شرکت ملی نفت در محدوده سنی ۲۰ تا ۴۰ سال انتخاب شدند، انجام گردید. خطای حس نیرو در عضلات اکستانسور آرنج در حالت نشسته و به وسیله نیروسنج، قبل و بعد از خستگی موضعی و نیز قبل و بعد از خستگی عمومی اندازه گیری و با هم مقایسه شدند.

یافته ها

خطای حس نیرو پس از خستگی موضعی و خستگی عمومی هر دو افزایش یافت و بین این دو نوع خستگی تفاوت معنی داری وجود نداشت. افراد پس از خستگی نیروی بیشتر از نیروی مورد درخواست را بازسازی می کردند.

بحث و نتیجه گیری

خستگی موضعی و عمومی هر دو موجب افزایش حس تلاش می گردد و به نظر می رسد افراد تلاش درک شده را در اندام مقابل بازسازی می کنند که در نتیجه آزمودنی ها نیروی بیشتر از نیروی مورد نظر را بازسازی می کنند. بنابراین در طراحی تمرینات ورزشی برای ورزشکاران باید تا حد ممکن از ایجاد خستگی جلوگیری شود، همچنین طراحی پروتکل های تمرینی برای بهبود حس نیرو در این افراد ضروری است.

واژگان کلیدی

حس نیرو، حس عمقی، خستگی موضعی، خستگی عمومی، مفصل آرنج

* پذیرش مقاله ۱۳۹۱/۱/۲۰ *

* دریافت مقاله ۱۳۹۰/۸/۲۰ *

نویسنده مسئول: مصطفی بذرافکن. تهران، میدان امام حسین(ع)، ابتدای خیابان دماوند، دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی. دفتر ریاست. تلفن: ۷۷۵۶۱۷۲۱

آدرس الکترونیکی: amin_fizio_86@yahoo.com

مقدمه و اهداف

حس عمقی به معنی بازخوردی از اندام به سیستم اعصاب مرکزی است که به واسطه آن مغز از موقعیت و حرکت اندامها مطلع می شود و به چند روش از جمله اندازه گیری حس وضعیت، حس حرکت (فعال و غیرفعال) و حس نیرو ارزیابی می گردد. حس نیرو که یکی از جنبه های حس عمقی است به معنی توانایی مغز در تخمین نیرو و تنش تولید شده در عضله است. حس عمقی از آن جهت که در مقابل صدمات حرکتی محافظ خوبی بوده و حفظ کننده ثبات مفاصل و هماهنگ کننده طبیعی مفاصل در هنگام حرکت است حایز اهمیت می باشد [۱]

عوامل مختلفی روی حس عمقی اثر می گذارند که یکی از این عوامل خستگی می باشد: گزارشات نشان داده که آسیب دیدگی اسکی بازان در عصر بیشتر اتفاق می افتد [۲] و این مساله در مورد فوتبالیست ها در کوارتر سوم بازی روی می دهد [۳] احتمال داده می شود که خستگی در این افراد بدلیل ایجاد اختلال در حس عمقی مفاصل [۴-۵] موجب افزایش خطر آسیب دیدگی می گردد زیرا کارایی مکانو ریسپتور ها را کاهش می دهد و در نتیجه یک عامل خطر ساز در آسیب های لیگامانی است.

خستگی می تواند بصورت موضعی یا عمومی ایجاد شود. برای ایجاد خستگی موضعی معمولاً از انقباض عضلات اطراف مفصل و برای ایجاد خستگی عمومی از فعالیت عمومی بدن مثل دویدن استفاده می شود.

اغلب مطالعاتی که تاثیر خستگی بر حس عمقی را بررسی کرده اند، تاثیر خستگی موضعی را مورد مطالعه قرار داده اند که غالب آنها مشاهده کرده اند خستگی منجر به اختلال در حس عمقی می شود [۵،۹-۱۲] ولی برخی مطالعات خستگی موضعی بر حس عمقی را بی تاثیر گزارش کرده اند [۱،۶-۸] بررسی تاثیر خستگی عمومی بر حس عمقی نشان داده است که خستگی عمومی باعث کاهش دقت حس وضعیت می شود [۶].

حس نیرو یکی دیگر از جنبه های حس عمقی است که تاثیر خستگی بر روی آن مورد بررسی قرار گرفته است. گرچه تمام مطالعاتی که تا کنون انجام شده اختلال حس نیرو و افزایش میزان خطای این حس را متعاقب خستگی موضعی گزارش نموده اند [۱۳-۱۶]، اما تاثیر خستگی عمومی بر حس نیرو تا کنون مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین تا کنون تاثیر دو نوع خستگی موضعی و عمومی بر روی حس نیرو با یکدیگر مقایسه نشده است. مقایسه تاثیر خستگی موضعی و عمومی بر روی حس نیرو می تواند به روشن شدن مکانیسم تاثیر خستگی بر حس عمقی و نقش آن در ایجاد ضایعه کمک نماید. لذا هدف مطالعه حاضر بررسی تاثیر دو نوع خستگی (عمومی و موضعی) بر روی حس نیرو و مقایسه تاثیر این دو نوع خستگی با یکدیگر می باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه نیمه تجربی به روش متقاطع (Cross over) بر روی ۲۰ مرد جوان سالم از میان کارمندان شرکت ملی نفت (تهران) سال ۱۳۹۰ و در محدوده سنی ۲۰ تا ۴۰ سال انجام شد. تعداد نمونه ها بر اساس میانگین و انحراف معیار مربوط به تحقیق مشابه [۱۳] و با استفاده از فرمول تعیین حجم نمونه برای مقایسه میانگینها محاسبه شد و به ازای خطا در سطح ۰/۰۵ تعداد نمونه برابر ۲۰ نفر بدست آمد. انتخاب این افراد باروش نمونه گیری غیر احتمالی ساده در دسترس صورت گرفت.

شرایط ورود عبارت بودند از: عدم وجود سابقه هر نوع جراحی، شکستگی یا بیماری در اندام فوقانی و تحتانی، سابقه بیماری عصبی عضلانی، مصرف داروهای آرام بخش و داروهای حاوی استروژن، نوشیدن مشروبات الکلی و اعتیاد به مواد مخدر و شرکت منظم در فعالیت های ورزشی، سابقه بیماریهای سیستمیک و سابقه اختلالات وستیبولار و بیماریهای نورولوژیک و بیماریهای قلبی-عروقی و تنفسی. همچنین افراد مورد مطالعه باید از ۷۲ ساعت قبل از آزمون از انجام فعالیتهای سنگین خودداری می نمودند و در فاصله زمانی ۲ هفته ای بین دو مرحله تحقیق از انجام هرگونه ورزش پرهیز می نمودند. در هر یک از مراحل تست اگر افراد به هر دلیل تمایلی به ادامه همکاری نداشتند یا قادر به تکمیل تست نبودند از نمونه های مورد بررسی حذف می شدند.

برای تعیین پروتکل مناسب جهت خستگی موضعی ۷ مرد جوان سالم انتخاب شدند و ۵۰ درصد MVC (Maximal voluntary contraction) ایزومتریک را در جهت اکستنشن آرنج تولید و به مدت ۲ دقیقه حفظ کردند و الکترومیوگرام عضله سه سر بازوئی توسط ۲ الکتروود سطحی متصل به سر دراز و سر خارجی عضله سه سر بازوئی ثبت گردید. خطی از زائده اولکراتون به ستیغ

اکرومیون کشیده شد و یک الکتروود سطحی ۲ انگشت خارج تر از این خط و درمیانه آن جهت ثبت سیگنالهای سر خارجی عضله ۳ سر بازویی و یک الکتروود ۲ انگشت داخل تر جهت بررسی سر بلند عضله سه سر بازویی قرار گرفت و با چسب دوطرفه که محل الکتروود روی آنها پرچ شده بود به پوست بیمار متصل گردید. الکتروود زمین به میچ دست فرد بسته شد. دستگاه الکترومیوگرافی Biometrics Datalog ساخت کشور انگلستان برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلات استفاده گردید. مقایسه فرکانس میانه دقیقه اول و دقیقه دوم نشان داد که فرکانس میانه Median power Frequency (MPF) در دو عضله مذکور افت معنا داری یافته که نشان دهنده خستگی می باشد. بنابراین پروتکل فوق (حفظ انقباض ایزومتریک با شدت معادل ۵۰ درصد MVC) برای ایجاد خستگی موضعی مورد استفاده قرار گرفت.

برای ایجاد خستگی عمومی مشابه مطالعه Miura و همکارانش از دویدن بر روی دستگاه دوی ثابت (Treadmill) شرکت Techno gym مدل Medical با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت با شیب ۱۰ درجه به سمت بالا و به مدت ۵ دقیقه استفاده گردید؛ در حالیکه شمارنده ضربان قلب به شرکت کنندگان متصل بود و به صورت بی سیم با دستگاه دوی ثابت مرتبط بود. پس از اخذ رضایتنامه کتبی از افراد اطلاعات پرسشنامه ای شامل قد، وزن، سن و اندام غالب ارزیابی و ثبت شد. دست غالب با پرسش از آزمودنی که با کدام دستش می نویسد و کارهای روزانه اش را انجام می دهد، مشخص شد. از آنجا که برای ایجاد خستگی عمومی افراد می بایست روی دستگاه دوی ثابت بدون ، سلامت عمومی افراد از نظر قلبی عروقی و ریوی از طریق رویت گواهی سلامت کارکنان نفت (شامل معاینات دوره ای سلامت) تایید شد.

برای ارزیابی حس عمقی مفصل آرنج از روش ارزیابی حس نیرو به روش "بازسازی در اندام مقابل" استفاده شد. حس نیرو قبل و بعد از خستگی موضعی و عمومی در دو روز مختلف با فاصله ۱۴ روز با ترتیب تصادفی بررسی می شد.

برای اندازه گیری نیرو از ترازوی دیجیتال Nokia ساخت کشور چین استفاده شد و نیروسنج درون آن باز شده و بر روی بازوی قابل تنظیم نگه دارنده نیرو سنج نصب شد و پدگذاری گردید. برای انجام آزمون ، فرد روی صندلی می نشست به گونه ای که پس از نشستن ، زوایای مفاصل ران و زانو ۹۰ درجه خم بوده و کف پاهایش بر روی زمین باشد و بازو در کنار بدن به گونه ای قرار بگیرد که شانه در وضعیت خنثی باشد. سپس مفصل آرنج در زاویه ۹۰ درجه قرار گرفته و ساعد در وضعیت میانی بین سوپینیشن و پرونییشن قرار می گرفت و میچ دست بصورت مستقیم در حالت آناومیک قرار داده می شد . نیرو سنج بر روی پایه نگهدارنده با ارتفاع قابل تنظیم نصب شده بود. ارتفاع بازوی نگه دارنده نیرو سنج به شکلی تنظیم می شد که زاویه نیزه ای استخوان زند زیرین (Styloid process of ulna) روی سطح پد گذاری شده نیرو سنج قرار می گرفت. حداکثر نیروی ایزومتریک عضلات اکستانسور آرنج فرد ثبت می شد به این صورت که آزمونگر با دستور کلامی از او می خواست در حالیکه نمایشگر نیروسنج را می بیند بیشترین نیروی ممکن را با فشار ساعد به نیروسنج تولید کند. سه بار این فرایند تکرار می شد و بیشترین عدد به عنوان MVC در نظر گرفته می شد.

برای ارزیابی حس نیرو در مرحله پیش آزمون فرد ابتدا ۳ بار نیروی معادل ۳۰٪ MVC را با دریافت بازخورد بینایی در اندام غالب می ساخت. سپس بلافاصله همین نیرو را در اندام مقابل بدون دیدن مانیتور بازسازی می کرد و زمانی که فکر می کرد به نیروی مورد نظر رسیده اعلام می کرد و نیروی ایجاد شده توسط آزمونگر ثبت می شد . این فرایند ۳ بار تکرار می شد و میانگین خطای حس نیروی فرد با مقایسه میزان نیروی هدف و نیروی ساخته شده، محاسبه و ثبت می گردید . همین فرآیند پس از خستگی (پس آزمون) هم انجام می شد. جمعا زمان انجام تست حدود ۳ تا ۴ دقیقه می شد.

میزان خطای حس نیرو به دو صورت خطای مطلق یا Absolute error (مقدار مطلق تفاوت نیروی هدف و نیروی ساخته شده) و خطای ثابت یا نسبی Constant error یا Relative error (مقدار تفاوت نیروی هدف و نیروی ساخته شده با توجه به جهت خطا یعنی مقدار مثبت یا منفی آن) محاسبه و ثبت می گردید

Absolute error = ABS [produced force – target force]

Constant error = produced force – target force

زمان استراحت پس از هر ثبت MVC یک دقیقه بود و پس از ثبت MVC آخر، ۱۵ دقیقه به فرد استراحت داده می شد و سپس ارزیابی حس نیرو انجام می شد.

از برنامه SPSS16 برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده گردید. برای بررسی توزیع متغیرها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و در صورت توزیع نرمال از آزمون t زوجی دانشجویی برای مقایسه حس نیرو قبل و بعد از دو نوع خستگی و همچنین برای مقایسه میزان تغییرات در بین دو نوع خستگی و در صورت غیرنرمال بودن توزیع متغیرها از معادلهای غیر پارامتری آنها استفاده خواهد شد. قبل از شروع مطالعه اصلی، تکرار پذیری نسبی اندازه گیری حس عمقی با آزمون (IntraClassCorrelationCoefficient ICC) و Standard Error of Mean(SEM) بررسی شد.

یافته‌ها

مقایسه توزیع متغیرهای مطالعه با آزمون نظری کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که همه متغیرها از توزیع نرمال برخوردار هستند بنابراین برای بررسی آماری از آزمونهای پارامتری استفاده گردید. شاخص همبستگی درون کلاسی (ICC) تکرارپذیری در یک روز و در دو روز متفاوت اندازه گیری ها، حدود ۰/۹۷ بود. همچنین SEM در هر روز معادل ۰/۲۲ بوده و برای دو روز متفاوت معادل ۰/۲ بود. اطلاعات دموگرافیک و توزیع افراد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک افراد شرکت کننده در مطالعه

n=12	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتیمتر)	حداکثر نیروی ایزومتریک MVC (نیوتن)
میانگین و انحراف معیار	۳۱/۷۵±۵/۳۴	۸۴/۲۵±۱۲/۷۴	۱۷۶/۹۰±۷/۶۹	۲۰/۴۳±۴/۵۴

در جدول ۲ مقایسه میزان خطای مطلق و ثابت بازسازی نیرو توسط عضلات اکستانسور آرنج قبل و بعد از دو نوع خستگی نشان داده شده است.

جدول ۲. مقایسه خطای بازسازی نیرو (حس نیرو) قبل و بعد از خستگی عضلات اکستانسور آرنج

خطای بازسازی نیرو	قبل از خستگی موضعی	بعد از خستگی موضعی	p	قبل از خستگی عمومی	بعد از خستگی عمومی	p
خطای مطلق	۱/۳۹ ± ۲/۰۱	۲/۵۴ ± ۲/۵۰	۰/۰۳۸	۱/۳۴ ± ۱/۶۹	۱/۸۷ ± ۱/۵۷	۰/۰۷۸
خطای ثابت	۱/۱۸ ± ۲/۱۴	۲/۵۳ ± ۲/۵۱	۰/۰۲۱	۰/۸۱ ± ۲/۰۲	۱/۶۴ ± ۱/۸۲	۰/۰۱۶

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود پس از خستگی موضعی خطای مطلق بازسازی نیرو افزایش معناداری نشان داد (P=۰/۰۳). همچنین خطای ثابت بازسازی نیرو نیز افزایش معناداری نشان داد (P=۰/۰۲) که این افزایش مثبت بود به این معنی که افراد اعداد بزرگتر از مقدار خواسته شده را می ساختند. (Over shoot) پس از خستگی عمومی خطای مطلق بازسازی نیرو افزایش یافت ولی این افزایش معنادار نشد (P=۰/۰۷) ولی خطای ثابت بازسازی نیرو پس از خستگی عمومی افزایش معنی دار یافت (P=۰/۰۱) و مقدار آن مثبت تر شد، به این معنی که افراد اعداد بزرگتر از مقدار خواسته شده را می ساختند یعنی نیروی هدف را Over shoot می کردند.

جدول ۳. مقایسه تاثیر خستگی موضعی و عمومی بر خطای بازسازی نیروی عضلات اکستانسور آرنج

خطای بازسازی نیرو	بعد از خستگی موضعی	بعد از خستگی عمومی	p
خطای مطلق	۱/۱۴ ± ۲/۲۹	۰/۵۲ ± ۱/۲۵	۰/۳۷
خطای ثابت	۱/۳۴ ± ۲/۳۹	۰/۸۲ ± ۱/۳۹	۰/۴۷

مقایسه تأثیر دو نوع خستگی موضعی و عمومی بر خطای حس نیرو نشان داد که گرچه خستگی موضعی افزایش بیشتری در میزان خطای مطلق بازسازی نیرو ایجاد کرد ولی تفاوت معنی داری بین دو نوع خستگی مشاهده نشد ($P=0/37$). همچنین تأثیر خستگی موضعی بر خطای ثابت بازسازی نیرو گرچه بیش از خستگی عمومی بر خطای ثابت بازسازی نیرو بود ولی مقایسه این دو نوع خستگی اختلاف معناداری نشان نداد ($P=0/47$)

مقایسه ضربان قلب قبل از خستگی عمومی ($88/65$) و بعد از خستگی عمومی ($147/25$) نشان داد که در اثر خستگی عمومی ضربان قلب افزایش کاملاً معناداری داشته است ($P=0/0001$).

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که خستگی موضعی باعث افزایش خطای بازسازی نیرو در عضلات اکستنسور آرنج در مردان جوان سالم می شوند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقاتی که تأثیر خستگی موضعی بر حس نیرو را بررسی کرده اند همخوانی دارد. خستگی موضعی در تمامی مطالعات گذشته مشابه مطالعه حاضر باعث افزایش خطای حس نیرو شده است. [11, 13, 16-17]

حس نیروی عضله از گیرنده های موجود در عضله یعنی GTO و حس تلاش (Sense of effort) که منشا مرکزی دارد ناشی می شود. این حس به معنای کپی و ابران از فرمان حرکتی تعریف شده است. [18] Brockett و همکارانش که متعاقب خستگی ناشی از تمرینات اکسنتریک افزایش خطای حس نیرو را مشاهده کرد؛ پیشنهاد نمود از آنجائی که میزان افزایش خطا از میزان کاهش MVC در نمونه های مورد مطالعه ایشان بیشتر بوده و تناسبی با آن ندارد، لذا این افزایش خطا نمی تواند به دلیل مکانیسمهای مرکزی اتفاق افتاده باشد. ایشان پاره شدن فیبر عضلانی و آزاد شدن یون کلسیم و چسبندگی فیبرها و در نتیجه فعال شدن GTO و افزایش خروجی آنها را علت اصلی افزایش خطا می داند [19]. Weerakkody و همکارانش که به دنبال تمرین اکسنتریک منجر به خستگی، افزایش خطای حس نیرو را گزارش کرده اند، معتقدند از آنجا که Gregory در مطالعات حیوانی نشان داده که تمرین اکسنتریک بر روی خروجی GTO اثر نمی گذارد، بنابراین نمی توان خطای مشاهده شده را به تغییر در فعالیت GTO نسبت داد. او در توجیه عدم تناسب میزان افزایش خطا و کاهش MVC پیشنهاد می کند که افراد در هنگام ارزیابی خطای حس نیرو، میزان نیرو را بازسازی نمی کنند بلکه میزان تلاش درک شده را بازسازی می نمایند. ایشان بدنبال خستگی موضعی ناشی از تمرینات اکسنتریک افزایش EMG در عضلات مشاهده نمودند. به اعتقاد آنها خستگی و آسیب باعث کاهش توان تولید نیرو شده و رابطه Effort-Torque را به هم می زند و فرد با همان تلاش قبل نیروی کمتری می تواند تولید کند در نتیجه فرد میزان تلاش خود را افزایش می دهد. [17]

Proske برای توجیه افزایش خطا بدنبال خستگی ناشی از تمرین اکسنتریک و مشاهده افزایش فعالیت EMG افزایش میزان تلاش فرد به دنبال خستگی را مطرح نمود و اشاره کرد که Carson و همکارانش با تحریک مغناطیسی مغز، افزایش تحریک پذیری مرکزی را برای عضلات خسته نشان داده اند ولی از آنجا که Proske افزایش فعالیت عضلانی را در انقباض کانسنتریک منجر به خستگی مشاهده نکرد احتمال داد که افزایش خطا بعد از خستگی اکسنتریک به دلیل تغییر در پیامهای عصبی است. ایشان همچنین درد ناشی از انقباض اکسنتریک را منشا عدم تناسب میزان افزایش خطا و کاهش MVC عضله می داند. [15]

در مطالعه ما افراد حس نیرو را در اندامی که خسته نیست بازسازی می کردند و با اینحال افزایش خطای بازسازی نیرو مشاهده شده است. بنابر این حتی اگر گلژی تاندون دچار اختلال شده باشد این اختلال در اندامی اتفاق می افتد که خسته شده است و نه در اندامی که خطای بازسازی آن ارزیابی می شود. البته نمی توان نقش گیرنده های دیگر موضعی حس عمقی مثل دوک عضله را نادیده گرفت زیرا بعد از اعمال ویرایش به عضله، درک حس نیرو نیز دچار خطا می شود که نشان می دهد بخش محیطی دخیل در درک حس نیرو یعنی حس تنش عضله نیز دچار اشکال شده است. Proske و همکارانش پیشنهاد کردند که GTO، سیگنالهای کالیبره کننده برای حس تلاش می فرستند. [20]

با وجود این از آنجائی که در مطالعه حاضر برای خستگی موضعی از انقباضات ایزومتریک استفاده شده است که در اثر خستگی ناشی از آن، صدمه و آسیب عضلانی یا درد تاخیری مشابه انقباضات اکسنتریک وجود نداشته است. لذا نمی توان مکانیسم های

موضعی مطرح شده را مسئول تمام تغییرات مشاهده شده به حساب آورد علاوه بر اینکه حتی در مطالعات حیوانی، تغییر خروجی GTO در اثر خستگی از نوع اکسنتریک هم کاملاً تایید نشده است.^[۲۱]

نتایج مطالعه ما نشان داد که خطای ثابت بازسازی نیرو پس از خستگی افزایش می یابد و افراد نیرویی بیشتر از نیروی هدف را بازسازی می کنند یعنی از نقطه هدف می گذرند و over shoot می کنند. بنظر می رسد پس از خستگی حس تلاش افزایش می یابد و افراد همین تقلای افزایش یافته را در اندام مقابل (اندام نشانگر) که خسته نیست بازسازی می کنند که موجب می گردد اندام نشانگر نیرویی بیش از نیروی هدف را بسازد.

مطالعه ما نشان داد که خستگی عمومی موجب افزایش خطای بازسازی نیرو در عضلات اکستانسور آرنج مردان جوان سالم می گردد. در مطالعه ما پس از دویدن با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت با شیب ۱۰ درجه به سمت بالا و به مدت ۵ دقیقه ضربان قلب شرکت کنندگان افزایش معنی دار یافت یعنی افراد دچار خستگی عمومی شده بودند. با توجه به افزایش خطای مطلق متعاقب خستگی عمومی، این خستگی احتمالاً به دلایل مرکزی موجب اختلال حس نیرو در نمونه های مورد مطالعه شده است. از آنجا که خطای ثابت حس نیرو پس از خستگی عمومی در جهت مثبت افزایش یافته است، احتمالاً پس از این نوع خستگی نیز حس تلاش (Sense of effort) افزایش می یابد که موجب شده است آزمودنی ها نیرو را بیشتر از مقدار واقعی آن تخمین بزنند در نتیجه نیروی هدف را over shoot کرده و از آن عبور کرده اند.

در مورد تاثیر خستگی عمومی بر حس عمقی تنها دو مطالعه انجام شده است که اولی توسط Skinner انجام شد و در آن تاثیر خستگی عمومی بر درک آستانه حرکت غیر فعال زانو بررسی شد.^[۱۹] و در مطالعه دوم نیز Miura به بررسی تاثیر خستگی عمومی بر حس وضعیت مفصل زانو پرداخت. در هر دوی این مطالعات مشاهده شد که خستگی عمومی باعث کاهش دقت حس عمقی می شود که علت آن را به عوامل مرکزی مرتبط دانستند در حالیکه خستگی موضعی تغییر معناداری در حس عمقی ایجاد نکرده بود.^[۶]

در مطالعه حاضر میزان افزایش خطا بعد از خستگی موضعی از میزان افزایش آن بعد از خستگی عمومی بیشتر بود ولی این تفاوت معنادار نبود. می توان اینطور نتیجه گرفت که احتمالاً پس از خستگی موضعی هم مکانیسم های مرکزی و هم گیرنده های محیطی مختل می شوند و خطای بیشتر بعد از خستگی موضعی شاید به همین دلیل ایجاد شده باشد که البته با توجه به عدم مشاهده تفاوت معنی دار آماری نیاز به مطالعات بیشتری وجود دارد.

بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه می توان چنین نتیجه گیری کرد که خستگی هم به طریق موضعی و هم عمومی موجب افزایش خطای حس نیرو در عضلات اکستانسور آرنج در مردان جوان سالم می گردد.

با توجه به نتایج فوق می توان احتمال داد که افزایش خطای حس نیرو متعاقب خستگی یکی از علل افزایش میزان آسیب دیدگی در تمرینات ورزشی یا بهنگام فعالیت های سنگین عضلانی منجر به خستگی باشد. بنا براین توجه به پدیده خستگی در طراحی برنامه های تمرینی و درمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه برگرفته از پایان نامه آقای مصطفی بذرافکن دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی است که به راهنمایی دکتر مینو خلخالی و مشاوره دکتر خسرو خادمی کلانتری و دکتر اصغر رضاسلطان در دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام گردید. همچنین از همکاری کارمندان شرکت ملی نفت که در اجرای این تحقیق به طور شایسته همکاری داشتند قدردانی می گردد.

منابع

1. Bayramoglu M, Toprak R, Sozay S. Effects of osteoarthritis and fatigue on proprioception of the knee joint. Arch Phys Med Rehabil. 2007; 88:52-60.
2. Tuggy ML, Ong R. Injury risk factors among telemark skiers. Am J Sports Med. 2000; 28(1):83-9.
- 3.

4. Zempher ED. Injury Rates in a National Sample of College Football Teams: A Two-Year Prospective Study. *Physician Sports Med.* 1989; 17:100-13.
5. Blasier RB, James EC, Laura JH. Shoulder proprioception: Effect of joint laxity, joint position, direction of motion, and muscle fatigue. *Orthop Rev.* 1993; 23:45-50.
6. Voight M, Hardin J. The effect of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996; 23(6):348-52.
7. Miura K, Ishibashi Y, Tsuda E, Okamura Y, et al. The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy.* 2004; 20(4):414-8.
8. Sterner RL, Pincivero DM. The effects of muscle fatigue on shoulder Proprioception. *Am J Sports Med.* 2000; 28(1):83-9.
9. South M, George K.P. The effect of proneal muscle fatigue on ankle joint position sense. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2009; 49(2-3):109-15.
10. Walsh L.D, Hess C.W, Morgan D.L, Proske U. Human forearm position sense after fatigue of elbow flexor muscles. *J Physiol.* 2004; 558(Pt 2):705-15.
11. Lee H, Liao J, Cheng CK, Tan CM. Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003; 18(9):843-7.
12. Brockett C, Warren N, Gregory JE, et al. A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Res.* 1997; 771(2):251-8.
13. Givoni N, Pham T, Allen T, Proske U. The effect of quadriceps muscle fatigue on position matching at the knee. *J Physiol.* 2007; 584(Pt 1):111-9.
14. Vuillerme N, Boisgontier M. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint. *Gait Posture.* 2008; 28(3):521-4.
15. Carson RG, Riek S & Shahbazzpour N. Central and peripheral mediation of human force sensation following eccentric or concentric contractions. *J Physiol.* 2002; 539(Pt 3):913-25.
16. Proske U, Gregory J.E, Morgan D.L, Percival P. Force matching errors after eccentric exercise *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2003;30(8):576-9.
17. Song H. Effect of Fatigue on Force-Matching in the Quadriceps Muscle. *PTK.* 2006; 13 (4):10-15.
18. Weerakkody NS, Percival P, Morgan DL, Gregory JE & Proske U. Matching different levels of isometric torque in elbow flexor muscles after eccentric exercise. *Exp Brain Res.* 2003.149, 141-50.
19. Matthews PBC. Proprioceptors and their contributions to somatosensory mapping complex message require complex processing. *Can J physiol pharmacol;* 1988, 66 :(4) 430-438.
20. Skinner HB, Wyatt MP, Hodgdon JA. Effect of fatigue on position sense of the knee. *J Orthop Res.* 1986;4(1):112-8.
21. Proske U. What is the role of muscle receptors in proprioception? *Muscle and Nerve* 2005; 50:780-86.
22. Gregory JE, Morgan DL, Proske U. Responses of muscle spindles following a series of eccentric contraction. *Exp Brain Res.* 2004; 157(2):234-40.