

بررسی مقایسه‌ای تأثیر خستگی عضلات پروگزیمال و دیستال اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال مردان سالم

۲۹

مقدمه: مطالعات متعددی تأثیرات خستگی عضلانی، بر حس عمقی و کنترل عصبی عضلانی را نشان داده‌اند. با این حال، تمامی مطالعات موجود صرفاً تأثیر خستگی موضعی در عضلات ناحیه میچ پا، بر کنترل پاسچرال را مورد بررسی قرار داده‌اند و، تاکنون پژوهشی که به بررسی تأثیر خستگی عضلات پروگزیمال اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال پرداخته باشد مشاهده نشده است.

هدف: مقایسه میزان تغییرات در پارامترهای کنترل پاسچرال بعد از خستگی ایزوکینتیک عضلات پروگزیمال و دیستال اندام تحتانی.

مواد و روش: نمونه مورد مطالعه تعداد ۲۰ نفر مرد جوان سالم بود (سن: ۲۱/۴-۲۲/۶ سال، قد ۱۷۳/۷-۱۸۳/۶ سانتی متر، وزن: ۷۱/۹-۶۳/۳ کیلوگرم). تعداد جلسه‌های آزمون ۴ جلسه بود که ترتیب آنها بر اساس محل و صفحه خستگی به صورت تصادفی انتخاب می‌شد. با استفاده از دینامومتر ایزوکینتیک بایودکس، در هر یک از جلسات، خستگی در یکی از گروه‌های عضلانی زیر ایجاد می‌شد: پلان‌تار/دورسی فلکسورهای میچ پا، اورتور/اینوتورهای میچ پا، فلکسور/اکستنسورهای ران، و ابداکتورا اداکتورهای ران. به منظور انجام آزمون تعادل دینامیک قبل و بعد از خستگی عضلانی، از سیستم ثباتی بایودکس استفاده شد و شاخص‌های ثباتی کلی، قدامی-خلفی، و طرفی ثبت می‌شد. مقادیر بالاتر این شاخصها نشانگر مهارت تعادلی کمتری بود.

یافته‌ها: تحلیل نتایج تعادلی قبل و بعد از خستگی در تمامی جلسه‌های آزمون، نشانگر افزایش معنی‌دار تمامی شاخص‌های ثباتی می‌باشد. تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر بر روی میزان تغییرات شاخصهای ثباتی در هر جلسه آزمون صورت گرفت، نتایج نشان داد که خستگی عضلات مفصل ران باعث افزایش بیشتری در شاخصهای ثباتی نسبت به عضلات میچ پا می‌شود.

نتیجه‌گیری: خستگی ایزوکینتیک عضلات میچ و ران، باعث کاهش معنی‌دار توانایی کنترل پاسچرال در مردان سالم جوان می‌شود. به علاوه، یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که عضلات مفصل ران نقش برجسته‌تری در کنترل پاسچرال دارند.

مژگان مقدم

کارشناس ارشد فیزیوتراپی

دکتر مهیار صلواتی

استادیار دانشگاه علوم بهزیستی و

توانبخشی

دکتر اسماعیل ابراهیمی

دانشیار دانشگاه علوم پزشکی ایران

امیر مسعود عربلو

مربی دانشگاه علوم بهزیستی و

توانبخشی

واژگان کلیدی: خستگی عضلانی / کنترل پاسچرال / اندام تحتانی / ایزوکینتیک

گردد. (۱۱) با توجه به بحث برانگیز بودن مطالب عنوان شده و با در نظر گرفتن تأثیر خستگی عضلانی بر حس عمقی و کنترل عصبی عضلانی، و خلاء موجود در زمینه بررسی تأثیر خستگی عضلات پروگزیمال اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال، این مطالعه، با این هدف صورت گرفت: که، در هر یک از مفاصل ران و مچ پا، یک بار خستگی در عضلات مسئول ایجاد حرکت در صفحه ساژیتال، و بار دیگر خستگی در عضلات مسئول ایجاد حرکت در صفحه فرونتال ایجاد شود، و تأثیر هر کدام بر کنترل پاسچرال، به صورت مجزا بدست آمده و مقایسه میان آنها صورت گیرد.

نتایج تحقیق حاضر، می‌تواند نشانگر اهمیت نسبی نقش عضلات پروگزیمال و دیستال اندام تحتانی در کنترل پاسچرال باشد. کاربرد نتایج حاصله، می‌تواند در ارائه راهکارهایی، به منظور پیشگیری و درمان آسیب‌های ورزشی و شغلی، سودمند باشد.

ابزار و روش‌ها

شیوه اجرای این بررسی، طرح اندازه‌گیری‌های مکرر^(۵)، از انواع طرح‌های شبه تجربی^(۶) بود. نمونه مورد مطالعه تعداد ۲۰ دانشجوی مرد جوان سالم بود (سن: ۲۰/۴-۲۲/۶+ سال، قد: ۱۷۳/۷+/-۳/۶ سانتی‌متر، وزن: ۷/۹-۶۳/۳+ کیلوگرم) و به روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده انتخاب شدند. ملاکهای حذف عبارت بودند از: سابقه ضربه یا شکستگی در اندام تحتانی در یک سال گذشته، مشکلات تعادلی، سابقه ضربه به سر، بی‌ثباتی عملکردی مچ، درد، بیماری‌های عصبی، قلبی - عروقی، ریوی و سیستمیک، تغییر شکلهای اندام تحتانی و ستون فقرات، مصرف هر گونه داروی آرام‌بخش، مخدر، الکل در طی ۴۸ ساعت گذشته، و انجام ورزش حرفه‌ای به طور منظم در ۶ ماه گذشته. (۷ و ۸) در صورت نداشتن هیچ یک از معیارهای فوق، افراد به صورت داوطلبانه و با کسب موافقت آگاهانه وارد مطالعه می‌شدند.

در مورد تمامی افراد، پایی که در ۳ بار شوت زدن از آن بیشتر استفاده می‌کردند، به عنوان پای غالب شناخته می‌شد. تعداد جلسه‌های آزمون، ۴ جلسه بود که حتی الامکان در شرایط مکانی و زمانی مشابه برگزار می‌شد. فاصله میان جلسه‌ها حداقل ۷۲ ساعت و حداکثر یک هفته بود و ترتیب جلسات، براساس صفحه و موضع خستگی، به صورت تصادفی انتخاب می‌شد. (۸)

کنترل پاسچرال^(۱) همواره به عنوان یکی از مفاهیم بحث برانگیز در سیستم حسی - حرکتی، مطرح بوده است. (۱) منظور از کنترل پاسچرال ارتباطی متقابل و پیچیده میان درون داده‌های^(۲) حسی و پاسخ‌های حرکتی مورد نیاز، به منظور حفظ و یا تغییر پاسچر است. (۲)

حفظ تعادل، نیازمند تقابل پیچیده‌ای میان سیستم‌های عضلانی - اسکلتی و عصبی است. اجزاء عصبی ضروری برای کنترل پاسچرال عبارتند از: فرایندهای حرکتی؛ از جمله سینرژی‌های عصبی - عضلانی، فرایندهای حسی، شامل سیستم‌های بینایی، دهلیزی، حسی پیکری و فرایندهای عصبی سطوح بالاتر.

در حالت ایستاده ساکن، هر سه سیستم حسی مذکور در کنترل پاسچرال نقش دارند. حال آن که در پاسخ به اغتشاشات گذرا، بالغین بیشتر بر درون داده‌های حسی پیکری اتکاء دارند. (۳) برخی مطالعه‌های اپیدمیولوژیک حاکی از آن است که در ورزش، شایع‌ترین زمان برای وقوع یک ضایعه اواخر بازی است، یعنی زمانی که ورزشکار خسته است. (۴) این مشاهده‌ها، می‌تواند تأیید این مطلب باشد که، حلقه عصبی عضلانی^(۳)، در جهت آوران، و ابران، یا هر دو توسط خستگی^(۴) مهار می‌گردد. (۵)

۳. مطالعه‌های خود (۲۰۰۲-۱۹۹۸) به بررسی تأثیر خستگی عضلانی ایزوکینتیک در اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال پرداخته‌اند. بطور کلی بررسی نتایج مطالعه‌های انجام شده در مورد تأثیر خستگی عضلانی بر کنترل پاسچرال تاکنون، در اکثر موارد، نشانگر تأثیر قطعی و معنی‌دار خستگی عضلانی بر کنترل پاسچرال است. با این حال، تمامی مطالعه‌های فوق به بررسی تأثیر خستگی موضعی، در عضلات ناحیه مچ پا بر کنترل پاسچرال پرداخته‌اند. (۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹)

دلیل این امر آن است که، اکثر محققان متفق‌القول‌اند که در شرایط طبیعی، حس عمقی مچ پا، برای ایجاد یک مرجع درونی ضروری است، تا موجب ثبات بدن، نسبت به مرجع خارجی جاذبه گردد. (۱۰) با این حال تاکنون مطالعه‌ای یافت نشده که به بررسی نقش و تأثیر خستگی عضلات پروگزیمال اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال پردازد.

اهمیت موضوع زمانی روشن می‌شود که به مطالعه‌های اخیر در مورد مقایسه نقش عضلات مچ پا و ران و همچنین اهمیت درون داده‌های حس عمقی ساق پا با تته و ران در کنترل پاسچرال توجه

1-Postural Control
2-Input
3-Neuromuscular Loop
4-Fatigue
5-Repeated Measurements
6-Quasi Experimental

ایجاد خستگی عضلانی

ایجاد خستگی در موضع دیستال و صفحه سائیتال

به منظور ایجاد خستگی در عضلات پلانتر فلکسور و دورسی فلکسور میچ پا، فرد روی صندلی سیستم ایزوکینتیک بایودکس می‌نشست. زانو در زاویه تقریبی ۲۰ تا ۳۰ درجه فلکسیون قرار می‌گرفت و از ناحیه لگن و تنه، ثابت سازی مناسب انجام می‌شد. حالت انقباض انتخابی، ایزوکینتیک و نوع آن، کانستریک/کانستریک بود. جهت انجام آزمون قدرت، حرکات در دو نوبت، و با فاصله زمانی ۶۰ ثانیه میان نوبتها انجام می‌شد. تعداد تکرار در هر نوبت، ۳ مرتبه بود. سرعت انقباض در حرکت پلانتر فلکسیون ۶۰ درجه بر ثانیه و در حرکت دورسی فلکسیون ۱۲۰ درجه بر ثانیه انتخاب شد. در نوبت اول، فرد سه انقباض زیر حداکثر را انجام می‌داد، هدف آشناسازی و گرم کردن او بود. در نوبت دوم، از فرد خواسته می‌شد سه انقباض ارادی را با حداکثر تلاش ممکن انجام دهد. بدین منظور، از تشویقهای کلامی و فیدبک بینایی استفاده می‌شد تا فرد حداکثر نیروی عضلانی خود را به کار گیرد.

در مورد هر یک از حرکات پلانتر فلکسیون و دورسی فلکسیون، حداکثر گشتاور تولیدی در نوبت دوم، یعنی زمانی که فرد از حداکثر تلاش استفاده می‌کرد، ثبت گردیده و ۵۰ درصد این مقدار به عنوان معیار خستگی در نظر گرفته می‌شد.

با فاصله زمانی ۲ تا ۳ دقیقه، و با اجرای مراحل مشابه آزمون قدرت، پروتکل خستگی اجرا می‌گردید. از فرد خواسته می‌شد در هر دو حرکت پلانتر فلکسیون و دورسی فلکسیون، انقباضات ارادی را با حداکثر تلاش و بدون وقفه تا زمانی ادامه دهد که دستور توقف از سوی آزمون‌گر داده شود. دستور توقف زمانی داده می‌شد که حداقل برای ۳ انقباض متوالی، گشتاور تولیدی در مورد هر یک از حرکات، به کمتر از ۵۰ درصد گشتاور حداکثر اولیه همان حرکت، تقلیل یابد. (۹ و ۸ و ۷)

ایجاد خستگی در موضع دیستال و صفحه فرونتال

به منظور ایجاد خستگی در عضلات اورتور و اینورتور مفصل میچ پا، فرد روی صندلی سیستم ایزوکینتیک بایودکس می‌نشست. زانو در زاویه تقریبی ۳۰ تا ۴۵ درجه فلکسیون قرار می‌گرفت. از ناحیه لگن و تنه، ثابت سازی مناسب صورت می‌گرفت. از این پس، تمامی مراحل، عیناً مشابه آن چیزی است که در مورد ایجاد خستگی در موضع دیستال و صفحه سائیتال گفته شد. با این تفاوت که

حرکات انتخاب شده، اورسیون و اینورسیون مفصل میچ پا بود که به ترتیب با سرعت ۶۰ و ۱۲۰ درجه بر ثانیه انجام می‌شد. (۷ و ۸ و ۹)

ایجاد خستگی در موضع پروگزیمال و صفحه سائیتال

به منظور ایجاد خستگی در عضلات فلکسور و اکستنسور مفصل ران، پشتی صندلی به طور کامل خوابانده شده و فرد در حالت طاقباز روی صندلی قرار می‌گرفت. صندلی و دینامومتر طوری تنظیم می‌شد که دسته دینامومتر در راستای محور چرخش ران قرار گیرد. محور چرخشی ران در این الگو، کمی بالاتر و جلوتر از تروکانتر بزرگ قرار دارد. طول اتصال مربوط به ران، طوری تنظیم می‌شد که ساپرت رانی درست بالاتر از حفره پوپلیتال قرار گیرد. پد مربوطه در قدام ران قرار می‌گرفت و محکم دور ران بسته می‌شد.

از این پس، تمامی مراحل مشابه همان چیزی است که در دو مورد پیشین ذکر گردید. با این تفاوت که، حرکات انتخاب شده عبارت بودند از فلکسیون و اکستسیون مفصل ران که به ترتیب با سرعت‌های ۶۰ و ۹۰ درجه بر ثانیه، انجام می‌شوند.

ایجاد خستگی در موضع پروگزیمال و صفحه فرونتال

به منظور ایجاد خستگی در عضلات اداکتور و اداکتور مفصل ران، پشتی صندلی به طور کامل خوابانده شده و در وضعیت افقی قرار می‌گرفت. فرد در حالت خوابانده به پهلو، قرار می‌گرفت، طوری که پای غالب، بالاتر باشد. او باید پشت به دینامومتر می‌خوابید، به نحوی که دسته دینامومتر در راستای محور چرخش ران قرار گیرد. محور چرخشی در این الگو بالاتر و در سمت داخل تروکانتر بزرگ قرار دارد. طول اتصال مربوطه، طوری تنظیم می‌شد که پد رانی، درست بالای حفره پوپلیتال قرار گیرد. از این پس، تمامی مراحل مشابه همان چیزی است که در موارد پیشین ذکر گردید. با این تفاوت که حرکات انتخاب شده، عبارت بودند از اداکسیون و اداکسیون مفصل ران که به ترتیب با سرعت‌های ۶۰ و ۹۰ درجه بر ثانیه انجام می‌شدند.

در تمامی موارد فوق انتخاب سرعتها براساس یافته‌های مطالعه مقدماتی صورت گرفت که، نشان می‌داد اجرای پروتکل خستگی با سرعتهای مذکور منجر به آن می‌گردد که، هر دو گروه عضلات متقابل ایجاد کننده حرکت در یک صفحه با تعداد تکرار تقریباً مساوی انقباضات ارادی حداکثر، به معیار مورد نظر برای ایجاد خستگی دست می‌یابند.

جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۱/۵) استفاده شد. شاخصهای آمار توصیفی، شامل شاخصهای تمایل مرکزی و پراکندگی محاسبه شد. ارزیابی میزان انطباق توزیع متغیرها با توزیع نظری نرمال، توسط آزمون آماری K-S محاسبه شده. برای مقایسه شاخصهای ثباتی قبل و بعد از خستگی، از آزمون T زوجی استفاده گردید.

برای مقایسه درصد تغییرات شاخصهای ثباتی در اثر ایجاد خستگی عضلانی موضعی در ۴ جلسه آزمون، از آزمون تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر^(۱) استفاده شد.

یافته‌ها

نتایج آزمون حاکی از آن است که توزیع تمامی متغیرها با میزان احتمال بیش از ۰/۰۵ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. نتایج حاصله از مقایسه شاخصهای ثباتی قبل و بعد از ایجاد خستگی عضلانی موضعی، با استفاده از آزمون زوجی، نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار (با میزان احتمال بیش از ۰/۰۵) کلیه شاخصهای ثباتی در هر ۴ جلسه آزمون می‌باشد (تصویر ۱).

به منظور مقایسه میزان تغییرات هر یک از شاخصهای ثباتی در ۴ جلسه مختلف آزمون، یعنی در اثر خستگی ۴ گروه عضلانی متفاوت، از آزمون آماری تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر استفاده شد. توسط آزمون مقایسه‌های زوجی، متغیرهای وابسته یعنی شاخصهای ثباتی در ۴ جلسه آزمون با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج این آزمونها در جدولهای ۱ تا ۳ ارائه شده است و اختلاف میانگین‌های معنی‌دار (کوچکتر از ۰/۰۵) نیز مشخص شده‌اند. علائم اختصاصی به کار رفته به شرح زیر می‌باشد:

موضع دیستال / صفحه ساژیتال: DS

موضع دیستال / صفحه فرونتال: DF

موضع پروگزیمال / صفحه ساژیتال: PS

موضع پروگزیمال / صفحه فرونتال: PF

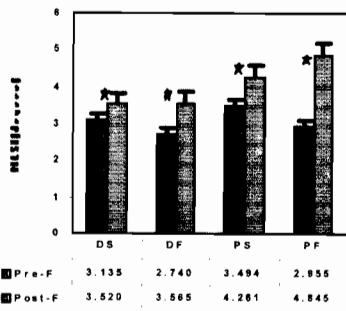
برای این منظور از آزمون تعادل دینامیک صورت گرفته توسط سیستم ثباتی بایودکس، استفاده شد. این سیستم، شامل یک صفحه نیروی متحرک دایره‌ای شکل به قطر ۵۴ سانتی‌متر است که در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از زمین و در داخل بدنه دستگاه قرار گرفته است. این صفحه نیرو قادر است در همه جهات و حداکثر به مقدار ۲۰ درجه، نسبت به وضعیت افقی چرخش انجام دهد. سطح ثبات یا سفتی این صفحه، از ۱ تا ۸ سطح، درجه‌بندی شده است. سطح ثبات ۸، نشانگر بیشترین ثبات و سطح ثبات ۱، نشانگر کمترین ثبات صفحه است. پس از روشن کردن دستگاه، ابتدا کالیبراسیون سیستم طبق دستورالعمل ارائه شده در دفترچه راهنمای سیستم صورت می‌گرفت. سپس دسته‌های حمایتی، متناسب با قد فرد تنظیم می‌شد و اطلاعات مربوط به قد و وزن فرد وارد می‌شد. سطح ثبات صفحه نیرو، در این مطالعه، ۷ و مدت زمان آزمون، ۲۰ ثانیه بود. همچنین آزمون با چشمان بسته انجام می‌شد. انتخاب سطح ثبات ۷، به این دلیل بود که انجام آزمون تعادل دینامیک با چشمان بسته و بویژه در شرایط خستگی عضلانی، آن قدر مشکل نباشد که تمام آن برای افراد غیرممکن شود و یا ایمنی آنها به خطر بیفتد، و در عین حال نسبت به تغییرات نیز به اندازه کافی حساس باشد.

۳۲

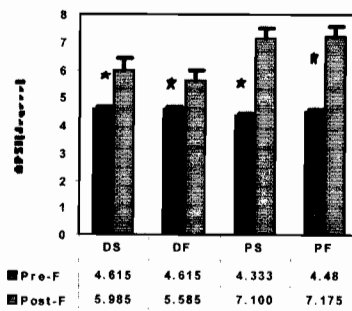
پس از تعیین مختصات قرارگیری پا روی صفحه نیرو، فرد مورد مطالعه بر روی اندام تحتانی غالب خود روی محل تعیین شده، می‌ایستاد. اندام تحتانی دیگر در وضعیت ابداکسیون نسبی و فلکسیون زانو قرار می‌گرفت تا با پای مورد آزمون، برخورد نکند. دستها به صورت متقاطع روی سینه قرار می‌گرفت. در این آزمون، از فرد خواسته می‌شد به مدت ۲۰ ثانیه و با چشمان بسته، تعادل خود را به صورتی حفظ کند که صفحه نیرو حتی‌المقدور در وضعیت افقی باقی بماند. با شروع آزمون، صفحه نیرو رها شده و با اتمام زمان آزمون دوباره به حالت ثابت در می‌آمد. شاخصهای ارائه شده توسط سیستم، نشان‌دهنده میزان انحراف صفحه نیرو از حالت افقی می‌باشد. بدین معنی که هر چه اندازه این شاخصها بزرگتر باشد، میزان انحراف صفحه نیرو بیشتر بوده و در نتیجه فرد از توانایی‌های تعادلی پایین‌تری جهت حفظ مرکز ثقل خود در یک موقعیت مرکزی برخوردار بوده است. این شاخصها عبارت بودند از شاخصهای ثباتی کلی، قدامی - خلفی و طرفی.

در هر یک از جلسات، آزمون تعادل دینامیک قبل و بلافاصله (کمتر از ۶۰ ثانیه) بعد از ایجاد خستگی انجام می‌شد و شاخصهای مذکور ثبت می‌گردید.

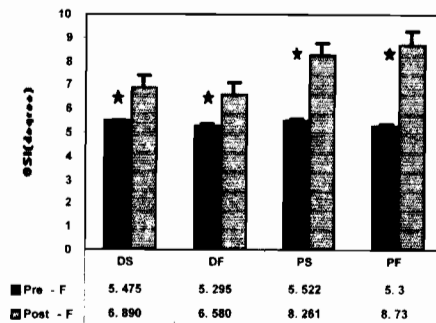
MLSI Pre&Post Fatigue (degree)



APSI Pre&Post Fatigue (degree)



OSI Pre&Post Fatigue (degree)



تصویر ۱- شاخص‌های ثباتی طرفی (MLSI)، قدامی خلفی (APSI)، و کلی (OSI) قبل و بعد از خستگی در ۴ جلسه آزمون

جدول شماره ۱- نتایج آزمون تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر جهت مقایسه میزان تغییرات شاخص ثباتی کلی در ۴ جلسه آزمون

تفاوت	سطح معنی داری	خطای استاندارد	اختلاف	موضع / صفحه خستگی	موضع / صفحه خستگی
غیر معنی دار	۰/۴۰۷	۴/۳۸۱	۳/۷۲۲	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۰۷۲	۱۲/۹۸۶	-۲۴/۹۱۱	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۰۰	۹/۱۲۱	-۴۰/۷۶۱	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۴۰۷	۴/۳۸۱	-۳/۷۲۲	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۲۰	۱۱/۱۵۵	-۲۸/۶۳۵	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۰۰	۸/۷۱۸	-۴۴/۴۸۴	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۰۷۲	۱۲/۹۸۶	۲۴/۹۱۱	پروگزیمال / ساژیتال	دیستال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۲۰	۱۱/۱۵۵	۲۸/۶۳۵	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۲۳۲	۱۲/۷۷۶	-۱۵/۸۵۰	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۰۰	۹/۱۲۱	۴۰/۷۶۱	پروگزیمال / فرونتال	دیستال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۰۰	۸/۷۱۸	۴۴/۴۸۴	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۲۳۲	۱۲/۷۷۶	۱۵/۸۵۰	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال

جدول شماره ۲ - نتایج آزمون تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر جهت مقایسه میزان تغییرات شاخص نباتی قدامی خلفی در ۴ جلسه آزمون

تفاوت	سطح معنی داری	خطای استاندارد	اختلاف	موضع / صفحه موضع / صفحه خستگی	موضع / صفحه موضع / صفحه خستگی
غیر معنی دار	۰/۳۱۳	۸/۲۲۲	۸/۵۵۵	دیستال / ساژیتال	دیستال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۵۹	۱۷/۹۸۹	-۳۶/۱۲۷	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۱۶	۱۴/۳۷۱	-۳۸/۴۴۰	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۳۱۳	۸/۲۲۲	-۸/۵۵۵	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۰۹	۱۵/۱۶۳	-۴۴/۶۸۲	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۰۲	۱۲/۴۹۷	-۴۶/۹۹۶	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۵۹	۱۷/۹۸۹	۳۶/۱۲۷	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۰۹	۱۵/۱۶۳	۴۴/۶۸۲	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۸۸۲	۱۵/۳۲۵	-۲/۳۱۴	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۱۶	۱۴/۳۷۱	۳۸/۴۴۰	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۰۲	۱۲/۴۹۷	۴۶/۹۹۶	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۸۸۲	۱۵/۳۲۵	۴/۳۱۴	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال

۳۴

جدول شماره ۳ - نتایج آزمون تحلیل واریانس برای اندازه‌های مکرر جهت مقایسه میزان تغییرات شاخص نباتی طرفی در ۴ جلسه آزمون

تفاوت	سطح معنی داری	خطای استاندارد	اختلاف	موضع / صفحه موضع / صفحه خستگی	موضع / صفحه موضع / صفحه خستگی
غیر معنی دار	۰/۲۵۰	۱۵/۱۸۳	-۱۸/۰۷۵	دیستال / ساژیتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۲۲۲	۱۲/۷۵۲	-۱۶/۱۷۸	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
معنی دار	۰/۰۰۷	۱۵/۹۷۸	-۴۹/۱۴۱	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۲۵۰	۱۵/۱۸۳	۱۸/۰۷۵	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۹۱۶	۱۷/۶۱۸	۱/۸۹۷	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
غیر معنی دار	۰/۱۲۹	۱۹/۴۵۵	۳۱/۰۰۶	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۲۲۲	۱۲/۷۵۲	۱۶/۱۷۸	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال
غیر معنی دار	۰/۹۱۶	۱۷/۶۱۸	-۱/۸۹۷	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۵۹	۱۶/۷۳۷	-۳۲/۹۶۳	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۰۷	۱۵/۹۷۸	۴۹/۱۴۱	پروگزیمال / فرونتال	پروگزیمال / فرونتال
غیر معنی دار	۰/۱۲۹	۱۹/۴۵۵	۳۱/۰۶۶	دیستال / فرونتال	دیستال / فرونتال
معنی دار	۰/۰۵۹	۱۶/۱۳۷	۳۲/۹۶۳	پروگزیمال / ساژیتال	پروگزیمال / ساژیتال

توانبخشی

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر خستگی عضلات پروگزیمال و دیستال اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال، و مقایسه این تأثیرات با یکدیگر صورت گرفت. نتایج تحقیق حاضر در مجموع، گویای ایجاد اختلال در کنترل پاسچرال افراد سالم پس از اعمال خستگی عضلانی در عضلات اندام تحتانی می‌باشد. مطالعات گذشته حاکی از آن است که ایجاد خستگی عضلانی باعث تغییراتی در میزان و یا پردازش درون داده‌های حس عمقی می‌گردد. در تحقیق حاضر نیز، توجیه احتمالی برای کاهش توانایی کنترل پاسچرال در اثر خستگی عضلانی، همین نکته است که، خستگی عضلات اطراف این مفصل می‌تواند منجر به مهار سیستم فیدبک عصبی عضلانی آن مفصل گردد. هر چند این مطالعه اختصاصاً تعیین نمی‌کند که کدام جنبه از حلقه بیوفیدبک عصبی عضلانی تحت تأثیر قرار گرفته است. اما یک جنبه احتمالی، همان تأثیر خستگی عضلانی بر بخش آوران این حلقه و بویژه حس عمقی می‌باشد. بخصوص آنکه در انجام آزمون تعادل دینامیک، با حذف فیدبک بینایی، انجام آزمون با پای برهنه، و اجازه ندادن به حرکات دست برای کمک به حفظ تعادل، سعی بر آن بوده که وابستگی به حس عمقی جهت حفظ تعادل، افزایش یابد. (۶)

تاکنون، در مورد تأثیر خستگی عضلانی بر کنترل پاسچرال، تحقیقات متعددی انجام شده است که تقریباً همگی نتایج نشان دهنده اختلال تعادل در اثر خستگی عضلانی در اندام تحتانی می‌باشند و با نتایج مطالعه حاضر، سازگاری دارد. با این حال تنها در مطالعات Johnston, Joyce, Ramsdell, Ochsendorf و Yaggie از پروتکل‌های خستگی ایزوکینتیک استاندارد استفاده شده است. حتی در این مطالعه‌ها نیز بعضاً خستگی تنها، در یکی از گروه‌های عضلانی اطراف مفصل ثبت شده است، حال آنکه ادعای محققان این بوده که به عنوان مثال در مفصل مچ‌پا، در هر دو گروه عضلات پلاتتارفلسور و دورسی فلکسور مفصل مچ‌پا خستگی ایجاد شده است، با این که معیار خستگی تنها در مورد گروه عضلانی پلاتتارفلسور بررسی شده است. توجیه محققان نیز این بوده، که چون عضلات پلاتتارفلسور مچ، خستگی‌پذیری کمتری دارند، بنابراین وقتی این گروه عضلانی خسته شود، قطعاً گروه عضلانی آنتاگونیست یعنی تیبیالیس قدامی نیز که خستگی‌پذیری بالاتری دارد، خسته شده است، بنابراین دیگر لازم نیست که در مورد این عضله نیز معیار خستگی مورد توجه قرار گیرد. (۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹)

لیکن در مطالعه حاضر، در هر یک از مفاصل مچ‌پا و ران و در هر یک از صفحات ساژیتال و فرونتال، معیار خستگی، در مورد هر دو گروه عضلات آگونیست و آنتاگونیست اجرا شده است. بدین ترتیب می‌توان با اطمینان بیشتری، ایجاد خستگی عضلانی در یک صفحه حرکتی را ادعا نمود.

همچنین یافته‌های تحقیق حاضر در مجموع نشان دهنده آن است که خستگی عضلات پروگزیمال اندام تحتانی، می‌تواند اثر واضح‌تری بر اختلال کنترل پاسچرال، نسبت به خستگی عضلات دیستال داشته باشد. اگر چه تاکنون تحقیقی در مورد تأثیر خستگی موضعی عضلات پروگزیمال اندام تحتانی بر کنترل پاسچرال یافت نشده است، با این حال برای توجیه این یافته می‌توان با توجه به تأثیر خستگی عضلانی بر درون داده‌های آوران عضلانی، تا حدودی از مطالعه‌هایی کمک گرفت که، به مقایسه نقش درون داده‌های حس عمقی تنه و ران با مچ‌پا می‌پردازند. اشاره این یافته‌ها معطوف به نقش عمده‌ای است که، درون داده‌های ناحیه ران در شروع اصلاحات تعادلی دارند، در حالی که درون داده‌های ناحیه مچ نقش کوچکی در این زمینه دارند. (۱۱) چنانچه پذیرفته شود که خستگی عضلات اطراف یک مفصل، می‌تواند منجر به کاهش حس عمقی آن مفصل شود، و این کاهش درون داده‌های آوران نیز یکی از علل احتمالی، کاهش توانایی کنترل پاسچرال ناشی از خستگی در این مطالعه فرض شود، و چنانچه بپذیریم که در مقایسه با درون داده‌های حسی پیکری از ناحیه مچ، درون داده‌های ناحیه ران نقش اساسی و عمده را در شروع پاسخهای اصلاحی تعادلی دارند، توجیه نتیجه مشاهده شده مبنی بر، تأثیر واضح‌تر خستگی عضلات ران در کاهش توانایی کنترل پاسچرال در مقایسه با خستگی عضلات مچ‌پا، امکان‌پذیر است. بدین معنی که، چنانچه جنبه تأثیرات حسی خستگی مورد توجه قرار گیرد، وقتی خستگی صرفاً در عضلات ران ایجاد می‌شود، به نوعی تغییر یا دست‌کاری در فیدبک حس عمقی ناحیه ران صورت گرفته است. در حالی که انواع دیگر فیدبک‌ها به سیستم عصبی مرکزی، از جمله فیدبک‌های ناشی از ناحیه مچ ثابت باقی می‌ماند، و بالعکس. بنابراین چنانچه کاهش مشاهده شده در کنترل پاسچرال در اثر خستگی عضلات ران و مچ، به کاهش فیدبک حس عمقی این نواحی نسبت داده شود، طبیعی است که با توجه به اتکاء بیشتر سیستم عصبی بر درون داده‌های ناحیه ران و نقش آنها در شروع پاسخهای تعادلی، میزان کاهش توانایی کنترل پاسچرال در اثر خستگی عضلات ران نیز بیش از عضلات مچ باشد. در نهایت باید گفت، اگر چه پروتکل‌های استاندارد

خستگی ایزوکنیتیک و آزمون تعادل دینامیک به کار رفته در این تحقیق، از اعتبار و تکرارپذیری مناسبی برخوردار بودند، اما میزان بالای کنترل، ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج به دست آمده را به شرایط عملکردی و واقعی، با مشکل مواجه سازد.

نتیجه‌گیری

ایجاد خستگی عضلانی در اندام تحتانی باعث کاهش توانایی کنترل پاسچرال می‌شود. در مقایسه با خستگی عضلات دیستال اندام تحتانی، خستگی عضلات پروگزیمال منجر به کاهش بیشتری در توانایی کنترل پاسچرال می‌گردد. در مطالعات آینده می‌توان

بررسی‌های کینماتیک و بررسی تغییرات الگوها و استراتژیهای حرکتی را نیز با آزمونهای تعادلی همراه کرد. کاربرد پروتکل‌های خستگی عملکردی و نزدیک‌تر به شرایط واقعی از دیگر پیشنهادها قابل طرح می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از کلیه همکاران و مسئولین محترم دپارتمان‌های فیزیوتراپی دانشگاه‌های علوم بهزیستی و علوم پزشکی ایران به ویژه جناب آقای دکتر اخباری تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

- 1-Riemann BL, Myerse JB, and Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. J Athletic Train. 2002;37(1):85-98.
- 2-Sullivan PE, Markos PC. Clinical Decision Making in Therapeutic Exercise. 2th ed. Norwalk: Appleton & Lange: 1995: pp20-1.
- 3-Shumway-cook, Woollacott MH. Motor Control: 5 Therapy and Practical Applications. 2th ed. Philadelphia: LWW, 2001; pp163-91.
- 4-Hiemstra LA, Lo IKY, Fowler PJ. Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization. JOSPT. 2001; 31(10): 598-605.
- 5-Yaggie JA, McCreor SJ. Effect of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. Arch Phys Med Rehabil. 2002; 83:224-8.
- 6-Johnston RB, Howard ME, Cawley PW, and Losse GM. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. Med sci Sports Exerc. 1998; 30(12): 1703-7.
- 7-Ochsendorf DT, Mattacola CG, Arnold BL. Effect of orthotics on postural sway after fatigue of the plantar flexors and dorsiflexors. J Athletic Train. 2000;35(1):26-30.
- 8-Ramsdell KM, Mattacola CG, Uhi TL, McCroy JL, and Malone TR. Effects of two ankle fatigue model on the duration of postural stability dysfunction. J Athletic Train. 2001; 36(2):S32.
- 9-Joyce CJ, Perrin DH, Arnold BL, Granata KP, Gansneder BM, and Gieck JH. Dorsiflexor and plantarflexor muscle fatigue decreases postural control. J Athletic Train. 2001; 36(2):S32.
- 10-Vuillerme N, Forestier N, and nougier V. Attentional demands and postural sway: the effect of muscle fatigue. Med sci Sport Exerc. 2002; 34(12): 1907-12.
- 11-Allum JHJ, Bloem BR, Carpenter MG, Hulliger M, and Hadders-Algra M. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. Gait and Posture. 1998;8(3):214-42.