مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز
دوره ۳۰ شماره ۲ تابستان ۱۳۸۷ صفحات ۷۲- ۶۹

بررسی اثر تحریکات الکتریکی بر عملکرد استقامتی عضلات

دکتر سید کاظم شکوری: دانشیار طب فیزیکی و توانبخشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز: نویسنده رابط
E-mail: SK 0531 ir@Yahoo.com
دکتر فریبا اسلامیان: استادیار طب فیزیکی و توانبخشی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
دکتر بیناافتخار سادات: استادیار طب فیزیکی و توانبخشی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
دکتر زکریا پزشکی: استادیار پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
دکتر زهرا اینچه درگاهی: دستیار طب فیزیکی و توانبخشی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
دکتر علی اکبر طاهر اقدم: استادیار بیماریهای اعصاب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

دریافت: ۸۶/۲/۱۲، پذیرش: ۸۶/۱۰/۲۴

چکیده

زمینه و اهداف: یکی از روشهای کهن در طب یونان باستان، استفاده از تحریکات الکتریکی با هدف تاثیرروی بافت عضلانی بود. تحریک الکتریکی از جمله روشهایی است که می‌تواند با تاثیر بر نوع فیبرهای عضلانی و تبدیل آنها از تیپ II به تیپ I، برعملکرد عضلات اثر گذاشته و بدین ترتیب مقاومت آنها برابر خستگی را افزایش دهد. این خاصیت می‌تواند در اهداف ورزشی، به منظور ارتقاء رکوردهای استقامتی ورزشکاران بکار آید. هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی اثر تحریکات الکتریکی بر عملکرد استقامتی ورزشکاران می‌باشد.

روش بررسی: مطالعه از نوع کارآزمایی بالینی که بر روی دو گروه ۱۰ نفری از مردان ورزشکار سنین ۲۰-۱۷ سال در رشته دوچرخه سواری صورت گرفته است. گروه اول تحت تاثیر تحریکات الکتریکی همراه با رژیم ورزشی روتین و گروه دوم فقط تحت تمرینات ورزشی قرار گرفتند. رکوردگیری‌ها در سه مرحله (۰)، (۱) و (۲) به ترتیب مربوط به مراحل قبل، بلافاصله بعد و هشت هفته بعد انجام شدند. متغیر مسافت، سرعت، معیار خستگی و متغیر مرکب معیار مصرف انرژی و متغییر های مطالعه بودنده اند.

یافته ها: در هر دو گروه افت رکوردهای سرعت و مسافت طی شده در رکوردگیری مراحل (۱) و (۲) در قیاس با رکوردگیری مرحله (۰) دیده شد که در گروه (۱) مقادیر افت رکوردهای یاد شده بطور معنی‌دار کمتر از گروه (۲) بود. معیار خستگی نیز بطور کاملاً معنی‌داری در گروه (۱) خستگی کمتری را از گروه کنترل نشان داد. همچنین معیار مصرف انرژی در هر دو گروه در مقایسه مراحل (۰) و (۱) رکوردگیری‌ها، افزایش مصرف انرژی را در مرحله (۱) نشان داد که این افزایش برای گروه کنترل بیشتر از گروه دریافت کنندگان تحریکات الکتریکی بود. اما اختلاف موجود در حد معنی‌دار نبود. مرحله آخر رکوردگیری‌ها هم همین حالت را نشان می‌داد منتهی با این تفاوت که در اینجا اختلاف موجود معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری : نتایج حاکی از آن است که استفاده از تحریکات الکتریکی در ورزشکاران می‌تواند در کنار ممانعت از افت رکوردهای استقامتی تا ۸ هفته پس از قطع تحریکات، بر اقتصاد مصرف انرژی توسط آنان تاثیر مثبت گذاشته و صرفه‌جویی در مصرف آنرا موجب شود. همچنین، احساس خستگی توسط ورزشکاران نیز کاهش می‌یابد. لذا با توجه به نداشتن عوارض سوء جانبی، این مدالیته می‌تواند به عنوان تکنولوژی کاربردی در آماده سازی ورزشکاران قبل از مسابقات مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تحریکات الکتریکی، استقامت، خستگی.

مقدمه

یکی از روشهای کهن در طب، کاربرد تحریکات الکتریکی[1] با هدف تاثیرگذاری روی بافت عضلانی است(۱). گستردگی امروزه رشته‌های مختلف ورزشی و تمایل برای ارتقاءرکوردها وکسب نتیجه برترازیک سو و محدودیت‌های زمانی برای آماده سازی جسمانی ورزشکاران، گاه استفاده از روشهایی را در کنار تمرینات معمول، می‌طلبد. پاره‌ای از این روشها —اعم از دارویی یا غیر دارویی- مجاز بوده ولی برخی به لحاظ آثار مثبت کاذب و گاه آثار زیان بار بر فرد به دوپینگ معروف است. اثر تحریکات الکتریکی

1. Electrical Stimulation, ES

بر فیبرهای عضله به شکلی است که فیبرهای تیپ II (Fast-twitch) را به تیپ I (Slow-twitch) تبدیل و به این ترتیب الیاف «زود خستگی پذیر» را به نوع «مقاوم‌تردر برابر خستگی» تغییرمی-دهد...(۲). این کاربرد، می‌تواند در مقاصد ورزشی با هدف ارتقاء وضعیت استقامتی ورزشکاران مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی تداوم تحریک با فرکانس پایین (۱۰ Hz) موجب ترانسفورمیشن فیبر از نوع (IIb) Fast-twitch به نوع (I) Slow-twitch می‌شود . می‌توان نتیجه گرفت در اینجا حصول قدرت و استقامت بیشتر مورد انتظار باشد.با قطع تحریکات تغییرات حاصله برگشت می-کنند (۱).

نشان داده شده است که استفاده از ES در بهبود نیروی عضله موثر است (۱) اما مستندات خاصی وجود ندارد که استفاده از نروماسکولارالکترواستیمولیشن را بطور قاطع در افراد سالم پیشنهاد نماید و مطالعاتی هم نشان داده‌اند که تمرینات ارادی گروههای عضلانی در شدتهای انقباضی بالا (مثلاً ۱۱۹–۷۸٪ ماکزیمم انقباض ارادی) آثار عملی یکسانی با گروهی که تحت دریافت ES قرار گرفته بودند، داشته است. بررسی‌های ترکیبی، یعنی توام سازی تمرینات ارادی با ESو مقایسه آن با تمرینات در حد ماکزیمم قدرت عضلانی،نیز برتری خاصی را نشان نداده است، هر چند جزئیات و خصایص انقباضات در تلفیق تمرینات ورزشی با تحریکات الکتریکی تفاوتهایی را نشان می‌دهند (۳و۴).

مطالعه دیگری معتقد است علیرغم اینکه برخی منابع از فواید تحریک الکتریکی در کاهش وزن بدن و توده چربی، بهبودی قوام و تون عضله در افراد سالم گزارش داده‌اند، این مطالعه، کلاً چه از نظر اندازه‌گیری قطر اندام، میزان چربی و کاهش وزن بدن و نیز افزایش قدرت ایزومتریک و ایزوکینتیک عضلات بیسپس و کوادری سپس و هامسترینگ هیچ تاثیر آشکاری را نشان نداده است (۵). برخی مطالعات هم حصول آثار بهتری را با ES در تقویت قدرت و استقامت عضلات شکمی، نشان داده‌اند. همچنین ذکر شده نروماسکولار الکترواستیمولیشن Functional Performance را بهبود می‌بخشد و ظرفیت اکسیداتیو عضله را ارتقا میدهد (۱). البته این تغییرات خاص ESنیست و طبق کارهای گزارش شده نایا (۲۰۰۰) در خصوص دستکاریهای صورت گرفته بر روی نمونه‌های آزمایشگاهی ژنی موشها نیز توانسته‌اند موجب تحریک تیپ slow عضلات اسکلتی گردند که با بررسی دقیق‌تر دیدند که تغییر اصلی در کلسی نورین و پروتئین‌های انقباضی صورت گرفته است (۶). آنچه در اینجا می‌توان بیان کرد این است که احتمالاً ES می‌تواند بعنوان ابزاری برای افزایش استقامت برای ورزشکاران بکار گرفته شود، ابزاری که این هدف را از راهی غیر از تمرینات جسمانی و ممارست فراهم می‌سازد، چیزی که مفهوم دوپینگ را به ذهن متبادر می‌سازد(۷). پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر این تحریکات در عملکرد استقامتی ورزشکاران صورت گرفته است.

مواد و روش ها

این مطالعه از نوع کارآزمایی بالینی و معیارهای ورود به مطالعه متشکل بودند از:

سن بین ۲۰–۱۵ سال، ورزشکار رشته دوچرخه سواری، داشتن حداقل یک مقام قهرمانی در سطح استان، تیپ بدنی مزومورف و معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از:

اشتغال به بیش از یک رشته ورزشی بطور همزمان، وجود سابقه آسیبهای سیستم موسکولواسکلتال در ۶ ماه اخیر که نیاز به مداخله پزشکی پیدا کرده باشند و یا در صورت عدم استفاده از درمانهای پزشکی Performance را تحت تاثیر قرار داده باشند. داشتن مشکلات طبی دیگر (کلیوی، قلبی و ...) قرار گرفتن ورزشکار در فصل Transitional ورزشی در طول بررسی، سابقه تست مثبت دوپینگ توزیع ورزشکاران در دو گروه پس از matching که از نظر سن، جنس و رشته ورزشی صورت گرفته بود، بشکل تصادفی انجام شد. سعی شد از متغیرهای مخدوش کننده احتراز گردد، به همین منظور کلیه ورزشکاران تحت نظر یک مربی ثابت و ساعات و جلسات یکسان تمرینی قرار داشتند و هیچگونه مصرف مکملهای غذایی و ورزشی، دارو، یا مواد نیروزا و ... را گزارش نمی‌کردند. قبل از انجام مطالعه فرم اطلاعات فردی و همینطور رضایت‌نامه کتبی توسط هر کدام از ورزشکاران تکمیل می‌شد. در دوره دریافت تحریکات الکتریکی نیز، که متعاقباً اشاره خواهد شد این کار توسط یک نفر فیزیوتراپیست ثابت و با دستگاه ثابت انجام می‌شد. سپس از هر دو گروه رکوردگیری (مرحله یا نقطه صفر) انجام شد. اینکار با پدال زدن روی دوچرخه ثابت مخصوص رکوردگیری بمدت ۲۰ دقیقه متوالی، روی سطح صاف و بدون شیب و بدون مقاومت پدالها (بصورت Free) انجام شد (شکل ۱).

شکل ۱: دستگاه رکورد گیری جهت اندازه گیری سرعت، مسافت و ضربان قلب

سپس اندازه‌گیری سرعت، مسافت و تعداد ضربان قلب صورت گرفت. همچنین در پایان کار، در خصوص احساس خستگی از فرد سوال و ورزشکار نمره‌ای بین ۱۰–۰ به خود می-داد، که افزایش خستگی با افزایش نمره مشخص می‌شد(۸).

پس از این، مرحله بعدی پژوهش آغاز شد که در آن یک گروه، تحت دریافت تحریکات الکتریکی به اضافه تمرینات روتین تخصصی رشته ورزشی قرار گرفته و گروه دوم، که از این پس به

نام گروه (۲) خوانده می‌شود، فقط تمرینات روتین تخصصی رشته ورزشی خود را دریافت نموده و گروه کنترل را تشکیل می‌دادند. تعداد جلسات تمرین در هفته، محتوای جلسات تمرینی و حجم تمرینات دو گروه کاملاً مشابه بود. دستگاه تحریک الکتریکی مورد استفاده، (دستگاه فی اکشن هلند) با مشخصات تحریکی Puls interrupted current، puls duration400 µsec، puls Ferquency50 pps، puls on time10ses، puls off time 10ses بود(۹).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون Independent t-test و با نرم‌افزار آماری SPSS با معنی‌داری $P<$ ۰/۰۵ انجام گرفت.

متغیرهای سرعت، مسافت، معیار خستگی و معیار مصرف انرژی بصورت محاسبه تفاوتهای میانگینهای مراحل با هم محاسبه شدند. لازم به ذکر است که متغیر ECI (Energy Consumption Index) یا معیار مصرف انرژی، متغیری مرکب است و نحوه محاسبه آن برای هر فرد به شکل زیر بود: (۱و۹)

$$\text{ECI (معیار مصرف انرژی)} = \frac{H\,\mathrm{Re}\,xc - HR_R}{speed}$$

یافته‌ها

در مقایسه مراحل رکوردگیری (۱) و (۲) با مرحله (۰) افت مشخص رکوردها رویت گردید، که در هر دو گروه در مرحله (۱) از (۲) نیز بیشتر بود، اما میزان افت برای گروه (۱) در متغیرهای سرعت و مسافت کمتر از گروه (۲) بود. در کنار آن معیار خستگی پذیری در گروه (۱) یعنی دریافت کنندگان ES در زمان بلافاصله پس از قطع تحریکات الکتریکی، کاهش واضح داشت که بطور نسبی و تا ۸ هفته بعد از قطع تحریکات نیز حفظ شده بود، هر چند امتیاز مربوط به این بخش، یعنی افزایش احساس خستگی در رکوردگیری مرحله در این گروه خستگی بیشتری ازمرحله رکوردگیری۱ را نشان می‌داد. اما برای گروه کنترل این کاهش خستگی رخ نداده بود. مصرف انرژی در مرحله رکوردگیری نسبت به مرحله صفر در هر دو گروه افزایش داشت اما این افزایش در گروه ۲ یعنی کنترل بیشتر بود، که البته این تفاوت در حدود معنی‌دار نبود. نتیجه آزمون آماری و میزان خطا در هر آزمون در جدول (۱) آمده است. مقایسه ECT در رکوردگیری مراحل ۲ با (۱) در دو گروه نشاندهنده این بود که مصرف انرژی یا همان ECI نسبت به مرحله قبل کمتر شده است، اما در گروه (۱) یعنی گیرنده تحریکات، این مقدار مصرف انرژی از گروه (۲) یا همان گروه کنترل، بطور معنی‌داری کمتر بوده است.

بحث

فرضیه تحقیق براساس اثر افزایش استقامت در اثر تحریکات الکتریکی بود. آنچه ارقام بیان می‌کنند نه تنها نشان دهنده این ارتقا نبود بلکه در یک نگاه سطحی به نظر میرسید که استقامت ورزشکاران کاهش یافته است.از سویی، نقطه قرارگیری ورزشکار در تقویم زمانی وبرنامه ریزی سالیانه وی، می‌تواند رکورد را تحت تاثیر قرار دهد (۱۰). پس برای استنتاج درست، این نکته مهم فنی را هم باید مد نظر قرار داد و به این ترتیب «افت رکوردی» در مراحل پس از رکوردگیری مرحله (۰) معنی پیدا می‌کند. ورزشکاران مورد بررسی در این مطالعه در رکوردگیری مرحله (۰)، در پایان فصل مسابقه (پیش مسابقه) بودند که از نظر وضعیت آمادگی، در سطح بالایی قرار داشتند، اما بلافاصله وارد فصل بدنسازی شده بودند و رکوردگیری مرحله (۱) آنان، در این فصل انجام شد و مرحله پایانی رکوردگیری نیز در اوایل فصل مسابقه (پیش مسابقه) یعنی آموزش تکنیکی (یا تاکتیکی) صورت گرفت، که این اطلاعات برای استخراج نتیجه نهایی مهم هستند.

جدول۱: مقایسه تغییرات متوسط پارامترهای رکوردی، نتیجه آزمون آماری Student T- test ومیزان خطا در هر آزمون آماری .

مرحله آزمون	نوع اندازه‌گیری	گروه مورد بررسی	میانگین	انحراف معیار	P-Value
۱-۰	delta distance ۱/۲۰	گروه (۱)	-۱/۵۱۹۰	۱/۲۴۲۶۰	۰/۰۰۹
		گروه (۲)	-۲/۸۶۱۱	۰/۵۹۲۰۴	
۱-۰	delta speed ۱	گروه (۱)	-۵/۰۰۰۰	۳/۴۴۴۱۶	۰/۰۲۷
		گروه (۲)	-۸/۲۶۶۷	۲/۳۴۱۴۷	
۱-۰	delta FS ۱	گروه (۱)	۰/۰۰۰۰	۰/۹۴۲۸۱	۰/۰۰۰
		گروه (۲)	۱/۱۱۱۱	۰/۹۲۷۹۶	
۱-۰	مصرف انرژی ۱	گروه (۱)	۰/۵۰۰۰۰	۰/۳۱۲۶۹	۰/۲۴۳
		گروه (۲)	۰/۶۶۱۱	۰/۲۶۷۸۴	
۲-۱	مصرف انرژی ۲	گروه (۱)	-۰/۳۲۰۰	۰/۱۵۴۹۲	۰/۰۲۳
		گروه (۲)	-۰/۱۷۲۲	۰/۰۹۷۱۸	

delta ECI 2=ECI_2-ECI_1 ، delta ECI 1=ECI_1-ECI_0 ، delta FS 1=FS_1-FS_0 ،delta speed 1=s_1-s_0

معیار خستگی : Fs سرعت : S مسافت : d معیار مصرف انرژی : ECI

در رکوردگیری مرحله (۱) افت رکوردهای استقامتی هم در گروه اول و هم در گروه دوم رخ داده بود، اما افت رکوردهای مسافت، سرعت و معیار خستگی بین گروه اول که دریافت کننده ES بودند با گروه کنترل، تفاوت معنی‌دار داشتند. بدین ترتیب که هر دو گروه افت نشان می‌دادند اما مقدار افت رکوردهای در گروه (۱) به طور واضح کمتر از گروه (۲) بود به بیان دیگر گروه اول علیرغم تغییر برنامه‌های تمرینی و ورود به فصل بدنسازی، افت استقامت کمتری داشتند و توانسته بودند نسبت به گروه کنترل مسافت بیشتری را با احساس خستگی کمتر و اقتصاد نسبی مصرف انرژی طی کنند و این یعنی آماده‌تر ماندن ورزشکار (۹و۱۰). به یاد بیاوریم که یکی از تغییرات ناشی از دریافت ES ، تغییر دانسیته کاپیلری و بهبود برداشت Co_2 از عضله است که به معنی دسترسی بهتر عضله به منبع اکسیژن و مواد مورد نیاز در جریان کار ورزشی و شستشوی بهتر متابولیت‌ها است و از طرفی با برداشت و دور ساختن بهتر Co_2 از محیط، نهایتاً تولید اسید لاکتیک و به تبع آن احساس خستگی کمتر خواهد بود، که بجز «معیار مصرف انرژی» (ECI) معیار شفاهی خستگی پذیری (Fs) هم در آمار حاصله تایید کننده این امر است. پایش این اقتصاد مصرف انرژی هم همخوانی کامل با آنچه در متون معتبر پزشکی آمده است دارد که می‌گوید: «دانسیته کاپیلری از آخرین مدیفکیشن‌هایی است که پس از قطع ES بازگشت می‌کند» (۱) و ما می‌توانیم تا ماهها پس از قطع ES ، از مزایای صرفه انرژی آن سود ببریم.

نتیجه‌گیری

نتایج حاکی از آن است که استفاده از تحریکات الکتریکی در ورزشکاران می‌تواند در کنار ممانعت از افت رکوردهای استقامتی تا ۸ هفته پس از قطع تحریکات، بر اقتصاد مصرف انرژی توسط آنان تاثیر مثبت گذارد و صرفه‌جویی در مصرف آنرا موجب گردد. همچنین، احساس خستگی توسط ورزشکاران نیز کاهش می‌یابد. لذا با توجه به نداشتن عوارض سوء جانبی، این مدالیته می‌تواند به عنوان تکنولوژی کاربردی در آماده سازی ورزشکاران قبل از مسابقات مورد استفاده قرار گیرد. به این ترتیب می‌توان استفاده از ES را بعنوان روشی برای ارتقا سطح رکوردها و صرفه جویی در مصرف انرژی توسط ورزشکار دانست و از طرفی با توجه به نداشتن آثار جانبی سوء و دشواری عملی انجام روشهای کشف استفاده از آن – که در حال حاضر فقط بیوپسی عضله است– می‌توان آنرا بعنوان یک تکنیک کمکی در اختیار مربیان قرار داد که خصوصاً استفاده «پیش مسابقه‌ای» آنرا برای کسب نتایج هر چه بهتر مقبول می‌نماید. بدیهی است قضاوت نهایی در این خصوص بعهده مراجع قانونی جهانی مربوطه در آژانس بین‌المللی مبارزه با دوپینگ است.

پیشنهادات

توصیه می‌گردد مطالعات بعدی بجای فاز بدنسازی که همزمان با افت کارآیی طبیعی ورزشکار می‌باشد در فاز آماده‌تر یا پیش مسابقه بررسی با ES را انجام دهند. ثانیاً علاوه بر تعیین استقامت فعالیت تاثیر ESبر میزان قدرت افراد نیز مطالعه شود که مشخص شود آیا ES بر میزان قدرت حداکثر ارادی نرمال افراد نیز فواید اضافه‌تری دارد یا نه. و ثالثاً مطالعات ES با پارا مترهای بالا بجای ورزشکاران در افراد سالم تکرار گردد.

References

1. Mysiw W J, Jackson R D. Electrical Stimulation. In:Braddom R*: Physical Medicine & Rehabilitation*, 3th Edition. Philadelphia; Saunders Elsevier, 2007; PP: 479-486
2. Putman CT, Dixon WT, Pearcey JA, MacLean IM, Jendral MJ, Kiricsi M, et al. Chronic low frequency stimulation upregulates uncoupling protein-3 in transforming rat fast twitch skeletal muscle. *American Journal of physiology ,regulatory, Integrative and comparative Physiology* 2004; **287**(1): 419-26
3. Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in normal individuals. *Physical therapy* 1983; **63**: 915-21.
4. Lake DA.Neuromuscular electrical stimulation : an overview and its application in treatment of sports injuries. *Sports Medicine* 1992; **13**: 320-36.
5. Porcari J, McLean K, Foster C, Kernozek T, Crenshaw B, Swenson C. Effects of Electrical Muscle Stimulation on Body Composition, Muscle Strength, and Physical Appearance. *Journal of strength and conditioning research* 2002; **16**(2): 165-172.
6. Naya FJ, Mercer B, Shelton J, Richardson JA, Williams RS, Olson EN. Stimulation of slow skeletal muscle fiber gene expression by calcineurin in vivo. *The journal of Biologycal Chemistry* 2000; **275** (7): 4545-48.
7. WADA. About WADA, history, on line. http://WWW.wada ama.org Fred Fridberg, Leonard A.Jason. Selecting a fatigue rating scale, 2006.
8. http://WWW.CFIDS Association of America.org (Accessed fall2002)
9. Selkowitz DM. *Electrical Currents*. In: Selkowitz D: *The Physical Agents*, 2th Edition, USA; Mc growhill, 2002; PP: 370- 379

۱۰. ریبون پیتر؛ جنکینز دیوید: *اصول تمرینات سرعتی و استقامتی*. دکتر مرتضی بهرامی نژاد، چاپ اول. موسسه فرهنگی ورزشی سایپا، تهران، صص: ۱۱۶–۱۱۱ و ۱۳۷–۱۲۴، ۱۳۸۱