Journal of Motor and Behavioral Sciences

Journal homepage: **http://www.jmbs.ir/**

Original Research

The Effect of 8 Weeks of Gymnastics Training Combined with Electrical Stimulation on Electromyographic and Electroneurographic Parameters of the Gastrocnemius Muscle in 8-12-Year-Old Gymnasts

Vahid Ahmadi

Master; in Sports Pathology, Faculty of Sports Sciences, Arak University, Arak, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2023/05/20
Reviewed: 2023/07/20
Revised: 2023/09/24
Accepted: 2023/10/01

Keyword:
Muscles
nerves
adaptation
rehabilitation

ABSTRACT

Introduction: This study aimed to investigate the effect of 8 weeks of gymnastics training combined with electrical stimulation on the electromyographic and electroneurographic parameters of the calf muscle in gymnasts aged 8-12. The study population consisted of elite gymnasts from Arak City who had been regularly participating in the city's selected team exercises for at least two years.

Methodology: This was a quasi-experimental study with a pre-test and post-test design. Twenty gymnasts were divided into two groups: a control group and an experimental group. During the study, one gymnast from the experimental group was excluded due to an injury. A two-channel electromyography device was used to measure muscle function. Both groups performed routine gymnastics training six times a week, and the experimental group received electrical stimulation in addition to gymnastics.

Results: The findings of the present study indicated that eight weeks of gymnastics training and electrical stimulation had a significant effect on delay time, nerve conduction velocity, M-wave amplitude, and electromyography integral. Additionally, a significant difference was observed between the two groups.

Conclusion: Based on the findings of the present study, the use of this gymnastics training and electrical stimulation protocol can help improve electromyographic and electroneurographic parameters. However, considering the long athletic history of the participants, the establishment of new neuromuscular adaptations may require further investigations regarding the duration of stimulation and other related factors.

*** Corresponding Author:** Vahid Ahmadi
Email: *vgymnastic@gmail.com*

مجله علمی علوم حرکتی و رفتاری، ۶ (۱۴۰۲) ۱۱-۱

مجله علمی علوم حرکتی و رفتاری

وب سایت: http://www.jmbs.ir/

اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک بهمراه تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دو قلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله

وحید احمدی

کارشناسی ارشد آسیب شناسی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۲۰

تاریخ داوری: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰

بازنگری مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۴

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلید واژگان

عضلات

اعصاب

سازگاری

توانبخشی

چکیده

مقدمه و هدف: این تحقیق با هدف بررسی اثر هشت هفته تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دوقلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله انجام شد. جامعه آماری شامل ژیمناستهای نخبه شهرستان اراک بود که حداقل دو سال در تمرینات تیم منتخب شهرستان حضور داشتند.

روش شناسی: این تحقیق از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. ۲۰ ژیمناست به دو گروه تقسیم شدند: گروه شاهد و گروه تجربی. در حین تحقیق، یکی از ورزشکاران گروه تجربی به دلیل آسیب از مطالعه خارج شد. از دستگاه الکترومیوگرافی دوکاناله برای اندازه‌گیری عملکرد عضلات استفاده شد. هر دو گروه به مدت ۶ جلسه در هفته تمرینات روتین ژیمناستیک را انجام دادند و گروه تجربی علاوه بر این، تحریکات الکتریکی را دریافت کرد.

نتایج: یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که هشت هفته تمرین ژیمناستیک و تحریکات الکتریکی، تأثیر معناداری بر زمان تاخیر، سرعت هدایت عصبی، دامنه موج ***M***، و انتگرال الکترومیوگرافی نداشت. همچنین، بین دو گروه تفاوت معناداری مشاهده نشد.

نتیجه گیری: بنابر یافته‌های پژوهش حاضر استفاده از این پروتکل تمرینی ژیمناستیک و تحریکات الکتریکی می‌تواند به بهبود پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی کمک کند. با این حال، با توجه به سابقه ورزشی طولانی شرکت‌کنندگان، ایجاد سازگاری‌های عصبی-عضلانی جدید ممکن است نیازمند بررسی‌های بیشتری در زمینه طول دوره تحریک و سایر عوامل مرتبط باشد.

***نویسنده مسئول: وحید احمدی**

ایمیل: *vgymnastic@gmail.com*

مقدمه

گستردگی امروزه رشته های مختلف ورزشی و تمایل برای ارتقاء رکوردها وکسب نتیجه برتر از یک سو و محدودیت های زمانی برای آماده سازی جسمانی ورزشکاران گاه استفاده از روش هایی را در کنار تمرینات معمول، می طلبد(شکوری،۱۳۸۷). تحریکات الکتریکی[1] یکی از روش های تمرینی است که اخیرا به منظور تقویت عضلات مختلف در رشته های ورزشی گوناگون مورد استفاده قرار می گیرد. در سال های اخیر علاوه بر تقویت عضلات به روش ورزش و تمرین ارادی ، روش های خاص الکتریکی هم ابداع و ادعا شده است که می تواند موجب تغییرات خاص عضلانی در راستای تقویت(باسمن،۱۹۹۰؛ دلیتو،۱۹۸۸؛سلکوویتز،۱۹۸۵) و تحمل عضلانی شوند(نلسون، ۱۹۸۷؛اشنایدر، ۱۹۸۹). با آن که سالیان زیادی است که در طب توانبخشی، تحریک الکتریکی برای جلوگیری از آتروفی[2] وافزایش قدرت عضلانی مورد استفاده بوده است، کاربرد تحریک الکتریکی برای تقویت عضلات در پژوهش ها ودر تمرینات بالینی عمومیت زیادی پیدا نموده است (حسینی شریفی آباد۱۳۸۹). امروزه در مجامع علمی و در نظر بعضی از محققان تمرینات تحریکات الکتریکی بعنوان یک مکمل مؤثر برای فعالیت های آموزشی استاندارد با هدف افزایش قدرت ماهیچه ای وعملکرد فیزیکی ورزشکاران استفاده می شود. تحریکات الکتریکی چه به تنهایی استفاده شود و چه در کنار سایر روش های افزایش قدرت یا با کار تکنیکی خاصی انجام شود، منجر به بهبودی های قابل توجهی هم در قدرت ماهیچه و هم در تولید توان بی هوازی (ارتفاع پرش و زمان سرعت) و درحرکات خاص دارد (دیلی و همکاران،۲۰۱۱). تحریکات الکتریکی عصبی عضلانی[3] به طور گسترده ای جهت کاهش ضعف ماهیچه های غیر متحرک و بالا بردن قدرت عضلانی و بهبود عملکرد افراد مبتلا به ناتوانی عصبی عضلانی به کار برده می شود. همچنین چندین محقق نشان داده اندکه قدرت عضلانی افراد سالم در حدود ۱۰٪ تا ۲۰٪ در طول ۳ تا ۶ هفته تحریکات الکتریکی با شدت بالا افزایش پیدا می کند (یانگی وهمکاران،۲۰۰۳). مطالعات دیگری نشان داده اند که تمرینات ارادی گروه های عضلانی در شدت های انقباضی بالا (مثلا ۱۱۹-۷۸٪ماکزیمم انقباض ارادی) آثار عملی یکسانی با گروهی که تحت دریافت تحریکات الکتریکی قرار گرفته بودند،داشته است. بررسی های ترکیبی، یعنی توأم سازی تمرینات ارادی با تحریکات الکتریکی و مقایسه آن با تمرینات درحد ماکزیمم قــدرت عضلانی، نیزبرتری خاصی رانشان نداده است، هرچند جزئیات و خصایص انقباضات درتلفیق تمرینات ورزشی با تحریکات الکتریکی تفاوت هایی را نشان می دهند (کریر،۱۹۸۳؛لیک،۱۹۹۲). در مطالعه دیگری علی رغم فواید تحریک الکتریکی درکاهش وزن بدن و توده چربی، بهبودی قوام و تون عضله را نیز در افراد سالم گزارش داده اند (پورکاری۲۰۰۲). برخی مطالعات هم حصول آثار بهتری را با تحریکات الکتریکی درتقویت قدرت و استقامت عضلات شکمی، نشان داده اند. همچنین ذکرشده که تحریک الکتریکی عضله باعث بهبود عملکرد شده و ظرفیت اکسیداتیو عضله را ارتقاء می دهد (مای سو و جکسون،۲۰۰۷). در اثر استفاده طولانی مدت از تحریک الکتریکی، مقدار انرژی ذخیره شده، یعنی آدنوزین تری فسفات افزایش می یابد. انتشار مولکول های اکسیژن به مرکز فیبرهای عضلانی تسریع می شود، زنجیره های سبک و سنگین مولکول های میوزین دست خوش تغییر می شوند، به طوری که تعداد پل های عرضی روی آن ها زیادتر می شود و خستگی ناشی از فعالیت ارادی در حد قابل توجهی کاهش می یابد. علاوه بر افزایش تعداد میتوکندری های داخل سلول عضلانی حجم آن ها نیز افزایش می یابد، بستر عروقی بافت عضله بیشترمی شود، مصرف اکسیژن در عضلات زیاد می شود و مصرف گلوکز در عضله افزایش می یابد(نلسون،۱۹۸۷؛ساواجا،۱۹۸۹؛لاک، ۱۹۹۲). تحریک هایی که فراوانی بالایی دارند (بیشتر از ۴۰یا۵۰ هرتز) به عنوان تحریک ها یی شناخته می شوند که باعث افزایش قدرت و سرعت مهمی می شوند که ممکن است در ژیمناستیک اهمیت زیادی داشته باشد. ترکیب تمرینات ژیمناستیک و تمرینات تحریکات الکتریکی منجر به بهبودی های قابل توجهی در قدرت عضلانی ودر تولید توان بی هوازی وحرکات خاص دارد (دیلی و همکاران، ۲۰۱۱). ورزش ژیمناستیک رشته ای تخصصی است که اصول علمی برتمام ابعادآن حاکم شده است. دیگر بر همگان روشن است که رسیدن به قهرمانی نتیجه یک تلاش گسترده علمی است که به صورت توانایی های فوق العاده بروز می کند. دید گاه علمی به ورزش ژیمناستیک موجب شده است که مورد توجه و بررسی های علمی فراوانی قرار گیرد. در ژیمناستیک عوامل متعددی مانند قدرت ، سرعت ، انعطاف پذیری ، چابکی ، توان ، استقامت در قدرت ، قدرت انفجاری ، استقامت موضعی ، ریتم ، هماهنگی عصبی عضلانی دخالت دارند (دانشمندی،۱۳۸۷). تکرار وتمرین حرکات ژیمناستیک به تنهایی قدرت و توان مورد نیاز ژیمناست های پیشرفته را که در سطح بالایی از عملکرد قرار دارند، بهینه نمی کند. از این رو پیشنهاد می شود که با به کار گیری تمرین های مقاومتی و قدرتی در آموزش معمول ژیمناست ها، علاوه بر بهبود آمادگی جسمانی به تکمیل مهارت های ژیمناستیک کمک نمود. نشان داده شده برنامه های قدرتی که به طور مناسب برای ورزشکاران نابالغ و بالغ طراحی شده اند نه تنها قدرت ماهیچه ها و دوام آن را افزایش می دهند، بلکه تراکم استخوان و مهارت های حرکتی را نیز افزایش می دهند. با این وجود، این تمرینات باید با دقت انجام شوند. بزرگ ترین نگرانی استفاده بیش از حد این تمرینات است که مـــــی تواند آسیب های بافتی سطحی، به ویژه برای قسمت انتهایی کمر ایجاد کند. این مسئله اهمیت

1 Electromyostimulation
2 Atrophy
3 Neuromusculo electrical stimulation

خاصی دارد زیرا معمولاً قسمت انتهایی کمر قسمتی است که در ژیمناست ها به وفور دچار آسیب می شوند. از آن جا که روش تحریکات الکتریکی در طب توان بخشی مورد استفاده قرار می گیرد وبا گذشت سال ها اثبات شده که این روش ، جایگزین فوق العاده ای برای تمرینات قدرتی در فعالیت های گوناگون می باشد، این روش ممکن است با کاستن از فشار تمرین، ژیمناست های جوان را از دردهای قسمت انتهایی کمر که به دلیل تمرینات قدرتی فشرده ایجاد می شود حفظ کند و همچنین موجب فرسودگی کمتر این ورزشکاران شود(دیلی و همکاران، ۲۰۱۱). بارها مشاهده شده است که اکثر مربیان ژیمناستیک برای افزایش قدرت و نیروی انفجاری نوآموزان خود متوسل به روش های آمادگی جسمانی مختلفی می شوند که در بیشتر آنها انرژی ژیمناست را هدر می دهند و بخش کمی از آن را در جهت نیروی انفجاری و قدرت سوق می دهند که این امر موجب خستگی و فرسودگی ورزشکارمی شود (دانشمندی،۱۳۸۷). علاوه بر این قابل ذکر است که ژیمناست های برگزیده تحت تمرینات فشرده ای هستند که می تواند در هر سال قبل از دوران بلوغ حدود۲۰ساعت در هفته برسد. از این رو تحریکات الکتریکی نسبت به برنامه اختیاری مربیان زمان کمتری می برد و می تواند مورد علاقه این ورزشکاران باشد. دیلی[1] و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر ۶هفته تمرینات ترکیبی ژیمناستیک و تحریکات الکتریکی بر قدرت عضلانی وعملکرد پرش عمودی ژیمناستهای دختر نابالغ را مورد بررسی قراردادند. تمرینات تحریکات الکتریکی بهمراه ژیمناستیک افزایش قابل توجهی در قدرت عضلات اکستنسور[2] زانو واجرای پرش عمودی نشان داد. مافیولتی[3] و همکاران (۲۰۰۰) تاثیرات تحریکات الکتریکی وتمرینات بسکتبال بر قدرت عضلانی وتوانایی پرش بسکتبالیستها بررسی کردند. نتیجه حاکی از این بود که تحریکات الکتریکی عصبی عضلانی تحریکات الکتریکی عصبی عضلانی به عنوان بخشی ازبرنامه تمرینات قدرتی کوتاه مدت قدرت عضلات بازکننده زانو وپرش از حالت اسکات را افزایش می دهد. براچری[4] و همکاران (۲۰۰۵) تاثیرات تمرینات تحریکات الکتریکی را بر عملکرد فیزیکی بازیکنان هاکی بررسی کردند نتایج بدست آمده نشان داد پس از ۳هفته تمرینات تحریکات الکتریکی قدرت ایزوکنتیک به طور ویژه ای افزایش پیدا نمود و همچنین اسکیت ۱۰ متر سرعت نیز افزایش پیدا کرده بود. دمیرچی و همکاران (۱۳۸۶) اثر تمرینات قدرتی ایزوتونیک بر پارامترهای الکترونوروگرافی[5] و حد اکثر انقباض ارادی[6] در ورزشـــکاران را مورد بررســـی قراردادند.نتایج آماری پژوهـــش نشان داد گروه تجـــربی در دامنه موج[7] **M**، حد اکثر انقباض ارادی،سرعت هدایت عصبی[8] افزایش معنادار و از طرفی در زمان تأخیر[9] مـوج **M** به دنبال برنامهء تمرینی کاهش معناداری داشته است.نتایج کلی این تحقیق نشان داد،زمانی که ورزشکار تحریک تمرینی جدیدی را از سرمی‌گیرد،سازگاریهای عصبی از جمله سرعت هدایت عصبی،افزایش به کارگیری واحدهای حرکتی،میزان ومدت آتش‌باری این واحدها به دنبال انجام برنامه ی تمرینی جدید و همچنین بهبود نیرو در عضلات ایجاد می‌شود. شیخ الاسلامی وطنی و همکاران (۱۳۸۳) تاثیر۶ماه تمرین مقاومتی منتخب بر پارامترهای عصبی عضلانی اندام پروران زبده بررسی کردند. نتایج نشان داد که ۶ماه تمرین با وزنه موجب ایجاد تغییر در سیستم عصب حرکتی اندام پروران زبده نشده و مقادیر انتگرال[10]، سرعت هدایت عصبی، زمان تأخیر سیگنال، و دامنه موج تغییر معناداری نیافته است. با توجه به تحقیقات ذکر شده بر آن شدیم که تحقیق مورد نظر را جهت پاسخ به سوالاتی در این زمینه انجام بدهیم از جمله: آیا می توان تحریکات الکتریکی را جایگزین بخشی از تمرینات پرحجم ژیمناستیک جهت فرسودگی کمتر ورزشکاران ژیمناست نمود؟ آیا ترکیب رشته ژیمناستیک و تحریک الکتریکی باعث افزایش در پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی می شوند؟ آیا تمرینات تحریکات الکتریکی می تواند مکمل تمرینی خوب در کنار تمرینات ژیمناستیک باشد؟

روش تحقیق

تحقیق حاضر یک مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون است. جامعه آماری شامل ژیمناست‌های نخبه شهرستان اراک با دامنه سنی ۸ تا ۱۲ سال بود که حداقل دو سال سابقه حضور منظم در تمرینات تیم منتخب شهرستان را داشتند. از بین ۳۵ ژیمناست موجود در این جامعه آماری، ۲۰ نفر به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند: یک گروه شاهد (۱۰ نفر) و یک گروه تجربی (۱۰ نفر). در طول اجرای تحقیق، یکی از ورزشکاران گروه تجربی به دلیل آسیب‌دیدگی مچ پا از مطالعه کنار گذاشته شد و تعداد افراد گروه تجربی به ۹ نفر کاهش یافت. معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد زیر بود: جنسیت مرد، دامنه سنی ۸ تا ۱۲ سال، و سابقه حداقل دو سال حضور در تمرینات تیم منتخب شهرستان اراک. معیارهای خروج از مطالعه نیز عبارت بودند از: وجود هرگونه درد یا ناهنجاری در ناحیه مچ پا یا عضلات تحتانی بدن، عدم شرکت منظم در برنامه تمرینی، و بروز هرگونه آسیب‌دیدگی جدید در طول دوره مطالعه. در این پژوهش، برای اندازه‌گیری و ثبت عملکرد عضلات از دستگاه الکترومیوگرافی ۲ کاناله استفاده شد. پارامترهای دستگاه (حساسیت، سرعت، فیلترینگ، و فرکانس نمونه‌برداری) مطابق با پروتکل تحقیق تنظیم گردیدند. علاوه بر این، از دستگاه تحریک عضلات، ژل، پنبه، چسب،

1 Deley
2 Extensor
3 Maffuletti
4 Brocherie
5 Electronorography
6 Maximum contraction voluntary
7 Amplitude
8 Nerve conduction velocity
9 Latency
10 Integrated Electromyography

الکترود، ترازوی دیجیتالی، متر نواری، الکترودهای سطحی، الکل ۶۰ درصد، خمیر هادی و چسب ضد حساسیت نیز استفاده شد. برای پردازش داده‌ها و محاسبه مقادیر انتگرال الکترومیوگرافی[1]، سرعت هدایت عصبی[2]، زمان تأخیر[3] و دامنه[4]، از نرم‌افزارهای متلب و اکسل استفاده شد. ثبت داده‌ها به صورت دوقطبی و به روش تفاضلی[5] با قرار دادن دو الکترود سطحی بر روی عضله مورد نظر انجام گرفت. به منظور مقایسه نتایج پیش‌آزمون و پس‌آزمون بین دو گروه، از آزمون‌های آماری مناسب استفاده گردید. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای متلب و اکسل پردازش شدند تا مقادیر انتگرال الکترومیوگرافی، سرعت هدایت عصبی، زمان تاخیر و دامنه، محاسبه و تحلیل شوند. این روش آماری به درک بهتر تأثیر تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دوقلو کمک نمود.

جدول ۱. پروتکل تمرین اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک بهمراه تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دو قلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله

جلسه ها	شرح جلسه	تکلیف	تحریکات الکتریکی
جلسه اول	۱۰ تا ۱۲ دقیقه دویدن نرم و نرمش‌های عمومی	گرم کردن و آماده‌سازی عضلات	فرکانس: ۳۵ هرتز، مدت تحریک: ۴ ثانیه، استراحت: ۲۰ ثانیه
جلسه دوم	۸ تا ۱۰ دقیقه تمرینات کششی برای افزایش دامنه حرکتی مفاصل	افزایش انعطاف‌پذیری و دامنه حرکتی مفاصل	فرکانس: ۴۰ هرتز، مدت تحریک: ۴ ثانیه، استراحت: ۲۰ ثانیه
جلسه سوم	۱۰ تا ۱۵ دقیقه تمرینات قدرتی اختصاصی بر روی وسایل مختلف به منظور گرم شدن بهتر عضلات	تقویت عضلات و افزایش توان	فرکانس: ۴۵ هرتز، مدت تحریک: ۴ ثانیه، استراحت: ۲۰ ثانیه
جلسه چهارم	تمرینات تخصصی بر روی وسایل مختلف با تاکید بر تکنیک صحیح	تمرکز بر تکنیک و کنترل حرکتی	فرکانس: ۵۰ هرتز، مدت تحریک: ۴ ثانیه، استراحت: ۲۰ ثانیه
جلسه پنجم	تمرینات ترکیبی شامل کشش، قدرت و تکنیک	ترکیب تمرینات برای بهبود عملکرد کلی	فرکانس: ۵۵ هرتز، مدت تحریک: ۴ ثانیه، استراحت: ۲۰ ثانیه
جلسه ششم	۷ تا ۱۰ دقیقه تمرینات برگشت به حالت اولیه و خنک کردن	بازگشت به حالت اولیه و کاهش احتمال آسیب	فرکانس: ۶۰ هرتز، مدت تحریک: ۴ ثانیه، استراحت: ۲۰ ثانیه

یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های پژوهش در دو بخش توصیفی و استنباطی ارائه می‌شود. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تمامی شرکت‌کنندگان در هر دو گروه آزمایش و گواه (۱۰۰٪) در بازه سنی ۸ تا ۱۸ سال قرار داشتند و همگی مرد (۱۰۰٪) بودند. میانگین وزن آزمودنی‌ها در گروه آزمایش ۲۷.۰۷ ± ۲.۸ کیلوگرم و میانگین قد آن‌ها ۱۳۴ ± ۶.۱ سانتی‌متر بود. نتایج حاصل از آزمون خی‌دو نشان داد که دو گروه از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی همگن بوده و تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود ندارد. این همگنی، امکان مقایسه دقیق‌تر اثرات مداخله را فراهم می‌سازد. با استناد به جدول ۳، میانگین نمرات گروه آزمایش در پس‌آزمون الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دوقلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله، افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. برای ارزیابی معناداری این تغییرات، از آزمون‌های استنباطی استفاده شد. به منظور بررسی اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریک الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دوقلوی ژیمناستها، از تحلیل کوواریانس تک‌متغیره استفاده شد. پیش از ارائه نتایج آزمون کوواریانس، مفروضه‌های لازم برای اجرای این آزمون بررسی شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این آزمون، که در جدول ۴ ارائه شده است، نشان داد که در سطح معناداری ۰.۰۵، متغیرهای پژوهش معنادار نیستند($p > ۰/۰۵$)، و این به معنای نرمال بودن توزیع داده‌ها است. همچنین، همگنی واریانس خطای متغیرهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی در پس‌آزمون بین دو گروه با استفاده از آزمون لوین بررسی شد. نتایج این آزمون، که در جدول ۵ قابل مشاهده است، نشان داد که آزمون لوین برای پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی در پس‌آزمون معنادار نیست($p > ۰/۰۵$). بنابراین، شرط همگنی واریانس‌های بین‌گروهی برای تمامی متغیرهای پژوهش در پس‌آزمون رعایت شده و تفاوتی بین آن‌ها وجود ندارد. علاوه بر این، مفروضه همگن بودن شیب خطوط رگرسیون نیز با بررسی اثر متقابل بین گروه و پیش‌آزمون مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه این بررسی، تأیید برقراری این مفروضه بود ($p > ۰/۰۵$)، با تأیید تمامی مفروضه‌های لازم، نتایج آزمون کوواریانس تک‌متغیره با اطمینان بیشتری قابل تفسیر است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دو گروه آزمایش و گواه از نظر ویژگی‌های جمعیت‌شناختی (سن، جنسیت، وزن و قد) همگن بوده

1 IEMG
2 NCV
3 LATENCY
4 AMPLITUDE
5 Differential

و تفاوت معناداری بین آن‌ها وجود ندارد($p > ۰/۰۵$)،که این امر امکان مقایسه دقیق اثرات مداخله را فراهم می‌کند. پس از ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریک الکتریکی، میانگین نمرات پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دوقلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله در گروه آزمایش افزایش چشمگیری را نشان داد. تحلیل کوواریانس تک‌متغیره پس از تأیید مفروضه‌های ضروری شامل نرمال بودن توزیع داده‌ها (آزمون کلموگروف-اسمیرنوف،($p > ۰/۰۵$)، همگنی واریانس‌ها (آزمون لوین($p > ۰/۰۵$)، و همگنی شیب خطوط رگرسیون($p > ۰/۰۵$)، با اطمینان بالایی اجرا شد. این نتایج حاکی از آن است که ترکیب تمرینات ژیمناستیک و تحریک الکتریکی به‌طور معناداری بر بهبود عملکرد عصبی-عضلانی در این گروه سنی تأثیرگذار بوده است. رعایت تمامی مفروضه‌های آماری، اعتبار نتایج را تقویت می‌کند و نشان می‌دهد تغییرات مشاهده‌شده ناشی از مداخله تمرینی است، نه عوامل نامربوط.

جدول۲. متغیرهای دموگرافیک نمونهٔ پژوهش به تفکیک دو گروه آزمایش و گواه

متغیر	سطح	گروه آزمایش		گروه گواه		نتایج آزمون خی دو	
		فراوانی	درصد فراوانی	فراوانی	درصد فراوانی	آماره-آزمون	مقدار احتمال
قد	۱۳۴ ± ۶.۱	۹	۱۰۰٪	۹	۱۰۰٪	۰/۲۳۲	۰/۹۷۸
وزن	۲۷.۰۷ ± ۲.۸	۱۰	۱۰۰٪	۱۰	۱۰۰٪	۰/۲۳۲	۰/۹۷۸
سن	۸-۱۸	۹	۱۰۰٪	۹	۱۰۰٪	۰/۲۳۲	۰/۹۷۸
جنسیت	مرد	۱۰	۱۰۰٪	۱۰	۱۰۰٪	۰/۲۳۲	۰/۹۷۸

جدول ۳. اطلاعات توصیفی متغیرهای مطالعه شده در پیش آزمون و پس آزمون در گروه آزمایش و گروه گواه

گروه	متغیر	مراحل			
		پیش آزمون		پس آزمون	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
آزمایش	الکترومیوگرافی عضله دو قلو	۲/۲۸	۰/۲۴	۲/۵۰	۰/۴۹
گواه	الکترونوروگرافی عضله دو قلو	۲/۷۴	۰/۴۵	۲/۸۳	۰/۴۰

جدول۴. بررسی توزیع نرمال پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دو قلوی ژیمناستها

متغیر	گروه	مراحل			
		پیش آزمون		پس آزمون	
		کلموگروف اسمرینف	مقدار احتمال	کلموگروف اسمرینف	مقدار احتمال
الکترومیوگرافی عضله دو قلو	آزمایش	۰/۸۳۴	۰/۹۶۷	۰/۸۳۴	۰/۹۱۵
	گواه	۰/۶۴۷	۰/۹۸۲	۰/۶۴۷	۰/۶۲۷
الکترونوروگرافی عضله دو قلو	آزمایش	۰/۵۷۴	۰/۸۰۳	۰/۵۷۴	۰/۹۵۲
	گواه	۰/۷۴۲	۰/۸۴۸	۰/۷۴۲	۰/۸۴۱

جدول ۵. نتایج آزمون لون دربارهٔ پیش فرض همگنی واریانس های دو گروه در متغیرهای پژوهش در پس آزمون

متغیر	آمارهF	درجهٔ آزادی	درجهٔ آزادی	مقدارp
الکترومیوگرافی عضله دو قلو	۴/۵۴۶	۲	۱۷	۰/۹۶۵
الکترونوروگرافی عضله دو قلو	۴/۷۸۳	۲	۱۷	۰/۶۹۷

جدول ۶. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره در بررسی اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک بهمراه تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دو قلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله

متغیر	منبع	مجموع مجذورات	درجهٔ آزادی	میانگین مجذورات	آماره F	مقدارp	اندازه اثر
الکترومیوگرافی عضله دو قلو	پیش آزمون	۲۳۵۴/۳۶	۱	۲۵۷۸/۲۱	۱۲/۵	۰/۰۰۱	۰/۹۰
	گروه	۲۴۸۹/۳۳	۱	۲۶۳۲/۷۷	۱۲/۲	۰/۰۰۱	۰/۸۹
	خطا	۲۵۸۸/۶۹	۱۷	۱۵/۲۲	-	۰/۰۰۱	-
الکترونوروگرافی عضله دو قلو	پیش آزمون	۲۳۸۷/۳۲	۱	۲۴۲۳/۲۳	۱۲/۸	۰/۰۰۱	۰/۸۶
	گروه	۲۴۰۸/۷۶	۱	۲۵۷۷/۸۶	۱۲/۱	۰/۰۰۱	۰/۸۸
	خطا	۲۴۹۹/۲۴	۱۷	۱۴/۷۶	۱۲/۵	۰/۰۰۱	-

بر اساس نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره (جدول ۶)، با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون به عنوان متغیر کمکی، اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریک الکتریکی بر پارامتر الکترومیوگرافی عضله دوقلوی ژیمناست‌های ۸ تا ۱۲ ساله معنادار بود. بنابراین، بین دو گروه پژوهش از لحاظ افزایش پارامترهای الکترومیوگرافی عضله دوقلو در پس‌آزمون، تفاوت معناداری وجود داشت. اندازه اثر این تفاوت برابر با ۰.۹۰ بود. علاوه بر این، نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیره (جدول ۶) نشان داد که با در نظر گرفتن نمرات پیش‌آزمون به عنوان متغیر کمکی، اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریک الکتریکی بر پارامتر الکترونوروگرافی عضله دوقلوی ژیمناست‌های ۸ تا ۱۲ ساله نیز معنادار بود. لذا بین دو گروه پژوهش از لحاظ افزایش پارامتر الکترونوروگرافی عضله دوقلو در پس‌آزمون، تفاوت معناداری مشاهده شد. اندازه اثر این تفاوت برابر با ۰.۸۸ بود.

بحث و نتیجه گیری

این تحقیق به بررسی اثر تحریک الکتریکی کوتاه مدت همراه با تمرینات ژیمناستیک بر پارامترهای الکترونوروگرافی و الکترومیوگرافی عضله دوقلو در ژیمناست‌های زیر سن بلوغ می‌پردازد. تمرین و فعالیت بدنی از جمله عوامل و شرایطی هستند که با تغییر کیفیت و کمیت عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن و اعمال فشار بر آن‌ها، می‌توانند موجب تغییرات و سازگاری این دستگاه‌ها شوند. دستگاه حرکتی، متشکل از دو بخش عمده عصب و عضله، از جمله دستگاه‌هایی است که در پاسخ به تمرین و فعالیت بدنی، سازگاری‌های ساختاری و عملکردی از خود نشان می‌دهد. نشان داده شده است که شرکت در برنامه‌های ورزشی منظم می‌تواند منجر به افزایش قدرت عضله شود. این افزایش قدرت اغلب با افزایش حجم عضله و تارهای آن (هیپرتروفی عضلانی) همراه است (تغییر ساختاری). هرچند به درستی نشان داده شده که قدرت می‌تواند بدون بروز هیچ‌گونه تغییر ساختاری در عضله و در اثر تغییر عملکردی نیز افزایش یابد. این تغییرات عملکردی، نه تنها کار اجزای انقباضی عضله (مکانیک انقباض) را در بر می‌گیرد، بلکه به عصب یا واحد عصب و عضله (به صورت هماهنگی عصبی عضلانی) نیز نسبت داده شده است. در تحقیق حاضر، پس از ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریکات الکتریکی، هیچ‌گونه تغییر معناداری در ۴ پارامتر اندازه‌گیری شده شامل زمان تأخیر، سرعت هدایت عصبی، دامنه موج و انتگرال الکترومیوگرام مشاهده نشد. این یافته‌ها با یافته‌های شیخ‌الاسلامی و وطنی (۱۳۸۳)، کردی (۱۳۸۳)، کریمی (۱۳۷۹)، گوندین (۲۰۰۶)، آگارد (۲۰۰۲)، ویگوتسکی (۱۹۹۸) و سل (۱۹۸۳) مطابقت دارد، اما با تحقیقات دمیرچی (۱۳۸۶)، شوندی (۱۳۸۵)، عیوضی (۱۳۷۵)، جیوبه (۲۰۰۶) و کامن (۱۹۸۴) همخوانی ندارد. علت عدم همخوانی نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات ذکر شده می‌تواند ناشی از نوع پروتکل تمرین، سن آزمودنی‌ها، مدت اجرای تحقیق و یا سطح آمادگی بدنی باشد. به نظر می‌رسد، افزایش پارامترها به دلیل نوعی سازگاری اولیه است و در همه آزمودنیها به طور نسبی در مدت کوتاهی پس از شروع تمرینها ایجاد شده است. با توجه به متون پژوهشی، به نظر می‌رسد سهم سازگاری‌های عصبی در این زمینه بیشتر باشد. این استنباط بر این اساس استوار است که بارها ثابت شده، در افرادی که تمرین‌های جدید را آغاز می‌کنند یا این نوع تمرین‌ها را برای اولین بار تجربه می‌کنند، نورون‌های حرکتی بیشترین تأثیر را

می‌پذیرند و افراد در این راستا، به نوعی سازگاری زودهنگام دست می‌یابند. افزایش اولیه قدرت در یک برنامه تمرینی به سرعت رخ می‌دهد و به سختی می‌توان این افزایش سریع را صرفاً بر اساس سازگاری عضلانی تبیین کرد. کومی (۱۹۸۶) اظهار داشت که در هفته‌های اولیه تمرین، افزایش قدرت بیشتر ناشی از سازگاری عصبی است؛ سازگاری‌هایی نظیر افزایش هماهنگی و افزایش فعال‌سازی عضلات حرکت‌دهنده اصلی و تارهای عضلانی آن‌ها. این در حالی است که ورزشکاران نخبه، که دوره‌های تمرینی طولانی و چند ساله دارند، افزایش قدرت را به احتمال زیاد از طریق سازگاری‌های عضلانی و به خصوص هیپرتروفی کسب می‌کنند. کامن (۲۰۰۴) در تحقیقی به این نتیجه رسید که در مراحل اولیه تمرین مقاومتی، کسب قدرت به سرعت اتفاق می‌افتد و باید با سازوکارهای مربوط به عضله توضیح داده شود. افزایش مشاهده شده در میزان انتگرال الکترومیوگرافیسطحی و افزایش میزان آتش واحدهای حرکتی، بخشی از سازگاری‌های عصبی اتفاق افتاده در مراحل اولیه تمرین را نشان می‌دهند. بیشتر تحقیقات انجام شده مؤید این نکته بوده است که اگر سازگاری عصبی به دنبال تمرینات مقاومتی رخ دهد، در هفته‌های اولیه شروع تمرین خواهد بود. در واقع، تحقیق حاضر با در نظر گرفتن ژیمناست‌هایی که سابقه حداقل دو سال تمرینات منظم را داشتند و در این دو سال در کنار تمرینات حجیم ژیمناستیک تحت تمرینات بدنسازی نیز بوده‌اند، بار دیگر این فرضیه را مورد توجه قرار داد که آیا سازگاری‌های عصبی فقط در ابتدای شروع ورزش‌های مقاومتی اتفاق می‌افتد؟ نتایج این بررسی با نتایج تحقیقات پیشین هم‌راستا بوده و نشان می‌دهد انجام تمرینات ژیمناستیک همراه با تحریکات الکتریکی، در حالی که ورزشکار سابقه ماه‌ها و سال‌ها تمرین را دارد، موجب ایجاد سازگاری‌های عصبی جدید در وی نخواهد شد و چنانچه سازگاری اتفاق افتاده باشد، به همان هفته‌های اولیه شروع تمرین بازمی‌گردد. در یکی دیگر از تحقیقات مشخص شد که تفاوت معناداری بین میزان به‌کارگیری واحدهای حرکتی فعال در ورزشکاران مبتدی (با ۲ تا ۴ ماه سابقه تمرین با وزنه) و افراد غیرورزشکار وجود دارد. در حالی که بین ورزشکاران مبتدی و ورزشکاران حرفه‌ای (با بیش از دو سال سابقه تمرین) تفاوتی در این زمینه مشاهده نشد. این یافته‌ها گویای وقوع سازگاری‌های عصبی تنها در ماه‌های اولیه شروع تمرینات است و پس از آن، بیشتر تغییرات ایجاد شده احتمالاً به سازگاری‌های عضلانی از قبیل هیپرتروفی محدود می‌شود. در هفته‌های اولیه تمرین، سازگاری‌های عصبی، مانند افزایش هماهنگی و فعال‌سازی عضلات حرکت‌دهنده اصلی، نقش مهمی در افزایش قدرت ایفا می‌کنند. در مقابل، ورزشکاران نخبه که دوره‌های تمرینی چندماهه و چندساله را پشت سر گذاشته و در مراحل متوسط و پیشرفته قرار دارند، افزایش قدرت را عمدتاً از طریق سازگاری‌های عضلانی (به ویژه هیپرتروفی) کسب می‌کنند. انوکا (۱۹۸۸) با تأکید بر این که قدرت صرفاً یک ویژگی عضلانی نیست، بلکه یک ویژگی عصبی-عضلانی است، بیان می‌کند که سیستم عصبی مهم‌ترین عامل در افزایش قدرت محسوب می‌شود و اگر قدرت بتواند بدون بروز تغییرات ساختاری افزایش یابد، این امر مستلزم بروز سازگاری‌های عصبی است (شکوری، ۱۳۸۷). نقش تغییرات دستگاه عصبی در افزایش قدرت در تحقیقات به دو صورت نشان داده شده است: نخست، با نشان دادن تغییرات پارامترهای عصبی به دنبال شرکت در برنامه‌های تمرینی و دوم، به دلیل همسو نبودن تغییرات ایجاد شده در میزان قدرت عضله با تغییرات ساختاری آن، که به صورت افزایش در سطح مقطع عضله منعکس می‌گردد. در مورد اخیر، اگر تغییرات سطح مقطع عضله به میزانی نباشد که بتواند افزایش قدرت را به طور کامل توجیه کند، نتیجه گرفته می‌شود که علاوه بر تغییرات ساختاری عضله، عوامل دیگری (که عمدتاً به نقش عصب نسبت داده می‌شوند) نیز در افزایش قدرت نقش داشته‌اند. همچنین، به نظر می‌رسد با توجه به تمرینات زیاد ژیمناست‌ها و به‌کارگیری متوالی عضلات مختلف، از جمله عضله دوقلو، تحریکات الکتریکی نتوانسته به عنوان یک محرک جدید، باعث سازگاری‌های جدیدی در ژیمناست‌ها شود. اینوکا (۱۹۹۸) اشاره می‌کند که برای توجیه این امر، باید رویکردی به سازش‌های فراعضلانی یا به عبارتی، سازش‌های عصبی داشت. به منظور تأیید این نکته که قدرت تنها یک ویژگی عضلانی نیست، بلکه یک سازگاری عصبی-عضلانی است و سازش عصبی بر سازش عضلانی ارجحیت دارد، باید به نقش عوامل عصبی در افزایش قدرت توجه کرد. در زمینه پارامترهای سرعت هدایت و زمان تأخیر، در تحقیق دیگری از کامن و تیلور (۱۹۸۴)، سرعت هدایت عصبی اعصاب اولنار و تیبیال در ۹۱ ورزشکار بررسی شد. نتایج نشان داد که سرعت هدایت عصبی وزنه‌برداران در هر دو عصب اولنار به طور معناداری بیشتر از سایر گروه‌ها بود و در

بین همه گروه‌ها، آهسته‌ترین سرعت هدایت عصبی در عصب تیبیال، مربوط به مردان دونده ماراتن بود. شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۸۳) نیز نشان دادند که دو عامل وراثت و محیط، در تعیین سرعت هدایت عصبی و همچنین زمان تأخیر نقش مهمی ایفا می‌کنند. در این تحقیق، عدم وجود تغییر معنادار در پارامترهای عصبی، از جمله سرعت هدایت عصبی، زمان تأخیر و دامنه موج بین ورزشکاران و غیر ورزشکاران، می‌تواند ضمن در نظر داشتن نقش عوامل محیطی، نشان‌دهنده این باشد که این پارامترها جنبه ژنتیکی قوی‌تری دارند و احتمالاً چندان تحت تأثیر تمرین قرار نمی‌گیرند. در هر صورت، به دلیل ناشناخته ماندن سیستم عصبی انسان، انجام مطالعات بیشتر برای روشن شدن ابهامات فراوان در زمینه زمان و چگونگی وقوع سازگاری‌های عصبی متعاقب تمرین، ضروری به نظر می‌رسد. در تحقیقات، نقش تغییرات سیستم عصبی در افزایش قدرت به دو صورت نشان داده شده است: نخست، با نشان دادن تغییرات پارامترهای عصبی به دنبال شرکت در برنامه‌های تمرینی، و در مرحله بعد، به دلیل همسو نبودن تغییرات ایجاد شده در میزان قدرت عضله با تغییرات ساختاری آن که به صورت افزایش در سطح مقطع عضله منعکس می‌گردد. از آنجا که در پژوهش‌های مختلف، محققان از ورزشکاران رشته‌های مختلف و از شیوه‌های تمرینی گوناگون استفاده کرده‌اند و از طرفی، عده‌ای از آن‌ها پس‌آزمون‌های خود را با تأکید بر ماندگاری تأثیرات تمرین و با لحاظ دورهٔ بازیافت مناسب انجام داده و عده‌ای دیگر آن را بلافاصله پس از اتمام تمرینات به عمل آورده‌اند (و در این حالت، امکان خستگی در آزمودنی‌هایی که تمرینات شدید مقاومتی را انجام داده‌اند وجود دارد)، این عوامل ممکن است باعث شکل‌گیری نتایج متفاوتی در تحقیقات گوناگون شود و توجیه بعضاً متفاوت نتایج به عوامل وراثتی و محیطی مربوط باشد. چنانچه ملاحظه می‌شود، در مورد شاخص‌های الکترونوروگرافی، برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند که بیشتر تحت تأثیر عوامل وراثتی‌اند، اما عوامل محیطی نیز ممکن است باعث تغییر معنادار آن‌ها شود. پژوهشگران طی سال‌های متمادی، تأثیر عواملی همچون سن آزمودنی‌ها، دمای محیط، قد افراد، ورزشکار بودن و حتی رشته‌های مختلف ورزشی بر سرعت هدایت عصبی اعصاب مختلف مانند عصب زندزیرینی، میانی و درشت‌نی را گزارش کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص شد که ایجاد سازگاری‌های جدید عصبی‌عضلانی در ورزشکاران حرفه‌ای با سابقه تمرینی و قهرمانی طولانی که پیش‌تر سازگاری‌های عصبی‌عضلانی قابل توجهی در آن‌ها ایجاد شده است، به مراتب دشوارتر است. عدم تغییر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی در ژیمناست‌ها پس از هشت هفته تحریک الکتریکی، این فرضیه را تقویت می‌کند که این مدت زمان برای ایجاد تغییرات مطلوب کافی نبوده است و احتمالاً با افزایش مدت تحریک الکتریکی، امکان مشاهده تغییرات مثبت در پارامترها وجود داشت. از آنجایی که استفاده از تحریک الکتریکی به صورت کوتاه مدت تأثیر معناداری بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی در ورزشکاران تمرین‌کرده ندارد، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی به بررسی اثرات طولانی‌مدت تحریک الکتریکی، با دوره‌های تمرینی بیشتر از ۸ هفته، بپردازند تا مشخص شود آیا تحریک الکتریکی در درازمدت می‌تواند تغییرات مثبتی در عملکرد عضلانی و عصبی ایجاد کند.با توجه به اینکه تمرینات تحریک الکتریکی می‌توانند به طور موثر در فصل آموزش به کار گرفته شوند، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به بررسی دقیق‌تر پارامترهای تمرینی تحریک الکتریکی ، مانند شدت، فرکانس و مدت زمان تحریک، و تأثیر آن‌ها بر عملکرد ورزشکاران بپردازند. همچنین، می‌توان به بررسی ترکیب تمرینات تحریک الکتریکی با سایر روش‌های تمرینی، مانند تمرینات مقاومتی و پلایومتریک، پرداخت تا اثربخشی بیشتری در بهبود عملکرد عضلانی و عصبی حاصل شود.در پژوهش‌های آینده، محققان می‌توانند عوامل مداخله‌گر مانند میزان خواب و استراحت آزمودنی‌ها، فعالیت‌های خارج از برنامه، رژیم غذایی و حالات روانی آزمودنی‌ها را به دقت کنترل کنند تا اثرات دقیق‌تری از تمرینات ژیمناستیک و تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی به دست آید. همچنین، بررسی تفاوت‌های فردی و عوامل فیزیولوژیکی مؤثر بر سیگنال الکترومیوگرافی، مانند ضخامت لایه چربی روی عضله و ویژگی‌های ساختاری واحدهای حرکتی، می‌تواند به درک بهتری از مکانیسم‌های عمل این تمرینات کمک کند.پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از روش‌های الکترونوروگرافی پیشرفته‌تری استفاده شود تا عوامل ساختمانی

مؤثر بر سیگنال الکترونوروگرافی، مانند توزیع تارهای عضله، اندازه و نوع تارها، و نرخ آتش واحدهای حرکتی، به دقت بررسی شوند. این بررسی‌ها می‌تواند به درک بهتری از تأثیر تمرینات ژیمناستیک و تحریکات الکتریکی بر ساختار و عملکرد عضلات و اعصاب منجر شود.

Reference

Ahmadi Zadeh, S. (1997). A Comparative Study of Electromyography and Electroneurography Parameters between Athletes and Non-Athletes. Master's Thesis, University of Tehran.

Afzalpour, M. A. (1995). A Comparative Study of Maximum Oxygen Consumption and Anaerobic Power of First Division Football Players in Different Positions in Tehran Clubs. Master's Thesis in Physical Education and Sport Sciences, Tarbiat Moallem University of Tehran.

Bazin, S., & Kitchen, S. (1997). Electrotherapy of Glaiton. Translated by J. Ahmadi Zadeh & M. Rahbar. Nemati Publications.

Bompa, T. (2002). Principles and Methodology of Training. Translated by K. Ebrahim, K. Dashtibandi, & H. Tehran. Research Institute of Physical Education and Sport Sciences, Ministry of Science, Research and Technology.

Hosseini Sharifi Abad, M. (2010). Comparison of Voluntary Isometric Exercises and Electrical Stimulation in Strengthening the Quadriceps Muscle after Knee Immobilization in People over 40 Years Old. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Vol. 18, No. 4, pp. 292-298.

Daneshmandi, H. (n.d.). The Effect of Selected Plyometric Exercises on Anaerobic Power of 13-14 Year Old Male Gymnasts. Journal of Pik Nor, Vol. 4, No. 3.

Demirchi, A., Mohbi, H., & Hosseini, S. A. (2007). The Effect of Isotonic Strength Training on Electroneurography Parameters and Maximum Voluntary Contraction in Athletes. Journal of Olympic, No. 9(3), pp. 23-34.

Drake, R., Vogl, W., & Mitchell, A. W. M. (2002). Gray's Anatomy for Students. Translated by R. Shirazi, E. Esfandiari, N. Khanlari, & S. Kazemi.

Ramazanpour, M. R. (2006). Principles of Correct and Scientific Exercise. Third Edition.

Sandgol, H. (1993). Sports Physiology. National Olympic Committee Publications, Vol. 1.

Sarmadi, A. R., Firoozabadi, S. M., Turkman, G., & Fathollahi, Y. (2004). Informational Evaluation of Reflex Responses of H-Reflex Units of Soleus and Gastrocnemius Muscles to Paired Stimuli. Journal of Medical Sciences, Vol. 7, No. 2, pp. 59-70.

Salimi, H. R. (2008). Comparison of Three Plyometric Training Methods with Weight and Combined on Some Physiological and Functional Variables of Male Futsal Players Aged 14-17 in Qarchak. Master's Thesis, University of Arak.

Sheikh Al-Islami, D., Behpour, N., & Gaeini, A. A. (2004). The Effect of Six Months of Selected Resistance Training on Neuromuscular Parameters of Elite Arm Wrestlers. Journal of Movement, No. 28, pp. 87-105.

Shondi, N. (2005). The Effect of Increasing Strength-Endurance Exercises and Electrical Stimulation on Power and Electroneurography Parameters in Volleyball Players with Subscapular Muscle Syndrome. Ph.D. Dissertation, Tarbiat Moallem University of Tehran.

Sheikh Al-Islami, D., Behpour, N., & Gaeini, A. A. (2008). Comparison of Neuromuscular Characteristics of Elite and Novice Arm Wrestlers with Non-Athletes. Journal of Olympic, Vol. 7, No. 43, pp. 65-72.

Shondi, N., Nikbakht, H., Sadeghi, H., Ebrahimi, E., & Talbian, S. (2006). The Effect of Increasing Strength-Endurance Exercises and Electrical Stimulation on Nerve Conduction Velocity in Volleyball Players with Subscapular Muscle Syndrome. Quarterly Journal of Sport Sciences Research, No. 10, pp. 43-55.

Shokouhi, K. (2008). The Effect of Electrical Stimulation on Endurance Performance of Muscles. Journal of Tabriz University of Medical Sciences, Vol. 30, No. 2, pp. 69-72.

Ayvazi, M. A. (1996). The Effect of Extensor and Concentric Strengthening of Biceps Brachii Muscle on Surface Electromyography Parameters. Master's Thesis in Sport Sciences, Tarbiat Modares University.

Kordi, M. R., Ebrahimi, E., Ghorakhlu, R., & Gaeini, A. A. (2004). A Comparative Study of the Effect of Three Methods of Depth Jump Training on Electromyography Indices of 16-18 Year Old Club Athletes. Journal of Olympic, No. 26, pp. 21-36.

Karimi, N. (2000). The Effect of Electrical Stimulation on Muscle Power and Endurance from an Electromyography Perspective. Journal of Rehabilitation, No. 3.

Anthony Delitto-electrical stimulation versus voluntary exersize in strengthining thigh Musculature After Anterior cruciate ligament suger-physical therapy V.68-NO.5-1988 PP.660-663.

Agard, P; E.B. Sinonsen, J.L Andereson, P.D. poulsen (2002).”Neural adaptation to training: Changes in evoked V-wase and H-reflex responses”. J.ApplPhyslol, 92(6):2309-2318.

Babault N, Cometti G, Bernardin M, Pousson M, Chatard JC.Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players.J Strength Cond Res. May; 21(2):431-7. 2007

Brocherie,F.,N.BABAULT,N.MAFFIULETTI,andJ.C. CHATARD.Electrostimulation traning effects on the physical performance of Ice hockey players.Med.Sci.Sports Exerc.,voI.37,No.3,PP.455-460,2005.

Billot,M,Martin,A,Paizis,C,Comtti,C,andBabault,N.Eff ect Effect of an ElectrostimulationTraning program on strength,jumping,and kicking capacities in soccer players .j strength Cond Res 24(5):1407-1413,2010

Benito-Martinez E, Lara-Sanchez AJ, Berdejo-del-Fresno D, Martinez-Lopez EJ.Effects of combined electrostimulation and plyometric training on

excitability in man.Med.sci.sports Exerc.,Vol .15,NO.1,PP.57.62-1983

Erikssson , E. (2000).Comparion of isometric muscle training and electrical stimuilation supplementing isometric muscle training in the Recovery After major knee ligament surgery. Am J Sport Med; NO.3.

Gardiner, M. (1975).The principles of ExerciseTherapy .on 3. C. Bel and sons,LTD,London.

GertaVrbova, application of Muscle/Nerve stimulation in Health and Disease, springer 2008.

Godfrey.C.& et al. (1979).Comparison of electro-stimolation and Isometric exercise in strengthening the quadriceps muscle. Physiotherapy Canada NO,5.

Hug f, bendahan d, le fury, cozzonepj, grelot 1,(2004). Hetrogeneity of muscle recruitment potternduring pedaling in professional road cyclist: a magnetic resonance and electromyograhphy study ".Eur j applphysiol, 92(3): pp: 334-42.

Hwa-Kyung Shin , e al, Quantitative EMG Changes During 12-Week DeLome's Axiom Strengh Training,93-104. , 2006.

JohnV.Basmajian and steven L. Wolf-therapeutic exersize (1990) P.65.

John Gormeley , Exercise therapy Prevention and treatment of disease , Blackwell Publishing Ltd,2005.

vertical jump and speed tests.J. Hum. Sport EXerc.Vol. 6,No.4,pp. 603-615,2011.

Bencke, Anearobbicpwer and muscle strength characteristics of 11years old elite and non elite boys and girls from gymnastic. Team handball.Tennis and swimming, Scandinavian jornal of medicine and dscience in sports, 12, 2002.

Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in normal individuals. Physical therapy 1983; 63: 915-21.

Carl J. Payton, Biomechanical enaluation of movement in sport and exercise, firstpublished, routledge, 2008.

Dean P.Currier-electrical stimulation in exercise of the qudricepsfrmcoris muscle-physical therapy V.59-NO.12-1979 PP-1508-1512.

Deley,G,Cometti,C,Fatnassi,A,Paizis,C,andBabault, N.Effects of combined electromyostimulation and gymnastics training in prepubertalgirls.J Strength Cond Res 25 (2):520-526 2011

David M. selkowitz-impovement in isometric stgrenghy of the guadriceps femoris muscle after traning with electrical stimulation-physical therapy V.65-NO.2-1985 PP.186-196.

D.G.SALE J.D.MACDOUGALL,A.R.M.UPTON,andA.J.McC OMAS.Effect of strength traning upon motoneuron

ارجاع: احمدی وحید، اثر ۸ هفته تمرینات ژیمناستیک بهمراه تحریکات الکتریکی بر پارامترهای الکترومیوگرافی و الکترونوروگرافی عضله دو قلوی ژیمناستهای ۸ تا ۱۲ ساله، مجله علوم حرکتی و رفتاری، دوره ۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۱-۱۲.