

# بررسی اثر تحریکات الکتریکی بر روی قدرت و تحمل عضلانی از دیدگاه الکترومیوگرافی



تقویت عضلات ارادی و نیز افزایش تحمل عضلانی از اهداف مهم برنامه‌های فیزیوتراپی هستند و بدین منظور، روشهای متعدد تمرین درمانی و استفاده از تحریکات الکتریکی مورد مطالعه قرار گرفته و از هر کدام، نتایج سودمندی حاصل شده است. باین حال، پیشبرد بازده روشهای متعدد و رسیدن به روشهای مفیدتر در این زمینه، همواره راه تحقیقات این بخش از فیزیوتراپی را باز گذاشته است. در این مقاله، قصد ما ارائه نتایج حاصل از یک رژیم تقویت و افزایش تحمل عضلانی در مردان سالم در گروه سنی ۳۱-۲۱ سال با استفاده از جریانهای تداخلی است. نمونه ۳۴ نفری مورد مطالعه به روش غیر تصادفی از جامعه دانشجویان دانشکده علوم توانبخشی در تهران انتخاب شدند و برنامه مورد مطالعه تحریک الکتریکی و گرفتن ۱۵ انقباض حداکثر و ایزومتریک ۲۵ ثانیه‌ای با استراحت ۳۵ ثانیه به مدت ۱۵ دقیقه به طور روزانه روی عضله دو سر بازویی سمت راست با فرکانس ۶۰-۴۰ هرتز و فرکانس حامل ۲۰۰۰ هرتز بود. برای ارزیابی تاثیر برنامه دو هفته‌ای پارامترهای فعالیت الکتریکی عضله و آنتروپومتریک مدنظر بوده است. آزمون آماری «تی زوجی» (۱) تغییر معنی داری در مدت موج برانگیخته عضلانی، حداکثر فعالیت الکتریکی عضله در انقباض ایزومتریک ارادی، تحمل عضلانی، قطر استراحت بازو، قطر حداکثر انقباض عضلانی نشان داده بود، ولی تغییر دامنه موج برانگیخته عضلانی معنی دار نبود. بدین ترتیب، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که در افراد سالم می توان از رژیم تحریک الکتریکی به منظور تقویت عضلات ارادی و افزایش تحمل عضلانی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: تمرین الکتریکی / قدرت عضلانی / تحمل عضلانی / الکترومیوگرافی / جریانهای تداخلی / فیزیوتراپی

\*نورالدین کریمی

کارشناس ارشد فیزیوتراپی

دکتر حسن عشایری

متخصص مغز و اعصاب - دانشیار دانشگاه

علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران

دکتر فیروز آزرندگان

دکترای آمار حیاتی

یحیی سخنگویی

کارشناس ارشد فیزیوتراپی - عضو هیأت

علمی دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

## Archive of SID

- اندازه گیری حداکثر اندازه دور بازوی سمت راست در حال استراحت (آرنج در ۹۰ درجه روی صندلی گذاشته می‌شد و عضله دو سر بازویی در استراحت بود).

- اندازه گیری اندازه حداکثر دور بازو در حالت حداکثر انقباض ایزومتریک عضله دو سر بازویی با آرنج ۹۰ درجه

- اندازه گیری و ثبت دامنه و مدت موج برانگیخته (۱۷) عضله دو سر بازویی توسط دستگاه الکترومیوگرام. به این منظور، فرد به صورت طاق باز و بالشی در زیر سر، روی تخت دراز می‌کشید؛ وضعیت اندام فوقانی به صورت شانه ۳۰ درجه ابداکشن<sup>(۱)</sup>، آرنج ۲۰-۱۵ درجه فلکسیون<sup>(۲)</sup> و ساعد در حالت سوپیناسیون<sup>(۳)</sup> قرار داشت. در این حالت، الکتروود فعال روی موتور پوینت عضله با کمی گرایش به سمت سر داخلی - الکتروود غیر فعال به فاصله ۸ سانتی متر در زیر الکتروود فعال و الکتروود زمین بر روی قسمت قدامی عضله دلتوئید قرار داشتند و از نوع الکتروود سطحی بودند. تحریک از محل نقطه ارب اعمال می‌شد و تا زمانی که دیگر دامنه موج ثبت شده زیادتر نشود شدت تحریک افزوده می‌شد. در این حال و با ثبت موج برانگیخته M «پتانسیل عمل ترکیبی عضله»<sup>(۴)</sup> مقادیر دامنه و مدت این موج اندازه گیری می‌شد. فاصله الکتروودهای ثبت و تحریک اندازه گیری می‌شد تا در مرحله بعدی هم همان اندازه‌ها رعایت شود. دمای اطاق نیز در دو مرحله آزمایش ثابت نگهداشته شده بود.

بعد از چند دقیقه استراحت، فرد به صورت طاق باز روی تخت می‌خوابید و دست وی به وسیله طناب و استرپ بسته می‌شد، به صورتی که شانه در کنار بدن، آرنج در ۹۰ درجه خمیدگی و ساعد در سوپیناسیون قرار بگیرد. این وضعیت باعث می‌شد که اگر عضله دو سر بازویی منقبض می‌شد در بیش از ۹۰ درجه خمیدگی آرنج اجازه انقباض نداشت و از فرد خواسته می‌شد که در این زاویه، حداکثر انقباض ارادی (به صورت ایزومتریک) را انجام دهد؛ در این حالت، حداکثر فعالیت الکتریکی (۲) عضله دو سر بازویی اندازه گیری می‌شد و برای این کار از دستگاه میومد ۴۳۲ ساخت شرکت ENRAF استفاده شد. این دستگاه هر ۳ ثانیه یک بار از سیگنال اخذ شده از فعالیت الکتریکی عضله مربوطه، سطح زیر منحنی را محاسبه و به صورت دیجیتال نمایش می‌داد. البته در سه نوبت، فرد حداکثر انقباض ایزومتریک ارادی را انجام می‌داد و میانگین ارقام ثبت شده بعنوان حداکثر فعالیت الکتریکی عضلانی IEMG<sup>(۵)</sup> ثبت می‌شد. (۸ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲)

یکی از رایجترین روشهای درمانی در کلینیک‌های فیزیوتراپی، تقویت عضلات و افزایش تحمل عضلانی است و در این راستا، بهترین روش تقویت عضلانی عبارت از روشی است که به آسانی اجرا شده و اثرات قابل توجهی داشته باشد. بدین منظور رژیمهای تقویت و افزایش تحمل عضلانی (۹ و ۱۰) زیادی آزمایش شده‌اند که فیزیوتراپیست‌ها نسبت به آنها به ویژه رژیمهایی که مبتنی بر تمرین و ورزش ارادی هستند، آشنایی کامل دارند. (۱۵ و ۱۶) در سالهای اخیر، علاوه بر رژیمهای تقویت عضلانی به روش ورزش و تمرین ارادی، روشهای خاص الکتریکی هم ابداع و ادعا شده است که می‌تواند موجب تغییرات خاص عضلانی در راستای تقویت (۱۴ و ۱۵) و افزایش تحمل عضلانی شوند. (۳ و ۱) نتایج حاصل از برخی تحقیقات در این زمینه در ذیل آورده شده است:

- در اثر استفاده طولانی مدت از تحریک الکتریکی، مقدار انرژی ذخیره عضله، یعنی آدنوزین تری فسفات (ATP) افزایش می‌یابد (۵ و ۱)، انتشار مولکولهای اکسیژن به مرکز فیبرهای عضلانی تسریع می‌شود (۱)، زنجیره‌های سبک و سنگین مولکولهای میوزین دست‌خوش تغییر می‌شوند، بطوری که تعداد پلهای عرضی روی آنها زیادتر می‌شود (۱)، خستگی ناشی از فعالیت ارادی در حد قابل توجهی کاهش می‌یابد (۱۳ و ۱)، علاوه بر افزایش تعداد میتوکندریهای داخل سلول عضلانی حجم آنها نیز افزایش می‌یابد (۱)، بستر عروقی بافت عضله بیشتر می‌شود (۱)، گردش خون عضله زیاد می‌شود (۱)، مصرف اکسیژن در عضلات زیاد می‌شود (۱)، مصرف گلوکز در عضله افزایش می‌یابد. (۱)

## مواد و روش تحقیق

نوع مطالعه کاربردی و از روش تجربی برای تحقیق استفاده شده است که در این تحقیق ۳۴ نفر از دانشجویان داوطلب بطور تصادفی انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفتند. نمونه‌ها تماماً مرد بودند. سعی شد از متغیرهای مخدوش کننده اجتناب شود بدین منظور افرادی که یکی از سؤالات ذیل در مورد آنها مثبت بود از نمونه بررسی حذف گردیدند: سابقه بیماری عصبی عضلانی و استخوانی در اندام مورد بررسی، سابقه ورزش حرفه‌ای و سابقه تحریک الکتریکی روی عضله مورد بررسی. کل مدت اعمال برنامه یا رژیم تقویت و افزایش تحمل عضلانی، ۲ هفته (۱۴ روز) بود، که به طور روزانه و هر روز به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. کل عملیاتی که روی تک تک افراد به اجرا درآمد، مختصراً به شرح زیر است:

1-Abduction  
2-flexion  
3-supination  
4-compound muscle action potential  
5-Integrated Electromyography



هرتز (۶۰۵۰۴) متغیر بوده و به صورت ۶ ثانیه افزایش و ۶ ثانیه کاهش Sweep داشت. مدت زمان صعود هر پالس ۵ ثانیه، زمان نزول ۵ ثانیه و مدت زمان حفظ حداکثر شدت جریان ۱۵ ثانیه بود. بدین ترتیب، در هر یک دقیقه یک انقباض صورت می‌گرفت. شدت تحریک نیز با کنترل از راه دور توسط خود فرد و تا حد تحمل اضافه می‌شد، نوع جریان Premodulated بود، بدین معنی که مدولاسیون در داخل دستگاه صورت می‌گرفت.

همان طوری که گفته شد، هر فرد به مدت ۱۴ روز و روزانه ۱۵ انقباض ایزومتریک و غیرارادی و در حد تحمل خود دریافت می‌کرد و مجدداً آزمایشهای اولیه تکرار می‌شد؛ تغییرات حاصله در پارامترهای مورد آزمایش در زیر آورده شده است. روش تجزیه و تحلیل یافته‌ها در این مطالعه روش آماری «آزمون تی زوجی»<sup>(۱)</sup> هست که متغیرهای مربوط به هر فرد در دو مرحله قبل و بعد از اعمال روش مورد مطالعه ثبت و مقایسه می‌شد.

### یافته‌ها

انجام آزمایش آماری روی تغییرات پارامترهای مورد مطالعه حاکی از آن است که اعمال رژیم تقویت و افزایش تحمل عضلانی در این تحقیق باعث تغییر معنی دار و افزایش در مقادیر مدت موج برانگیخته عضلانی - تحمل عضلانی - حداکثر فعالیت الکتریکی عضله در انقباض ایزومتریک ارادی - قطر استراحت عضلانی (دور بازو) و قطر حداکثر انقباض عضلانی شده است و تغییرات دامنه موج برانگیخته معنی دار نیست. مقادیر اولیه - ثانویه - میزان تغییرات - نتیجه آزمون آماری و میزان خطا در هر آزمون آماری در جدول ذیل آورده شده است:

پارامتر آخر برای اندازه گیری مدت تحمل عضله دو سر بازویی بود که به این منظور، فرد در حالت ایستاده، یک وزنه ثابت (۸ کیلوگرمی) را در دست می‌گرفت و در وضعیت ۹۰ درجه آرنج، تا زمانی که می‌توانست آن را نگه می‌داشت. از فرد خواسته می‌شد که زاویه آرنج کم و زیاد نشود و لحظه‌ای که زاویه آرنج تغییر می‌کرد (فرد قادر نبود نگهداری وزنه در آن شرایط را ادامه دهد) بعنوان آخرین حد تحمل عضله، به وسیله کورنومتر اندازه گیری می‌شد.

پس از تمام شدن آزمایشهای اولیه، رژیم تقویت تحمل عضلانی به کار برده می‌شد و پس از تمام شدن رژیم مورد کاربرد، مجدداً، تمام شش آزمایش فوق با همان شرایط قبلی تکرار می‌شد تا میزان تغییرات در هر یک ارزیابی شود.

برنامه اعمال تحریک الکتریکی به این صورت بود:

فرد روی یک صندلی با تکیه گاه ساعد می‌نشست و به پشتی تکیه می‌داد. با استفاده از حوله، اندام فوقانی راست او طوری وضعیت داده می‌شد که بازو در کنار تنه و آرنج در ۹۰ درجه و ساعد به صورت شل قرار گیرد. در این حالت، به کمک طناب و استرپ از کمی بالاتر از مچ دست طوری بسته می‌شد که اجازه خم شدن به آرنج در بیش از ۹۰ درجه را نمی‌داد. در این حالت، دو الکتروود با پوشش اسفنجی مربوط به مولد جریانهای تداخلی (اینترفرنشیل تراپی مدل میومد ۴۳۳-م ساخت شرکت ENRAF) روی بالک عضله دو سر بازویی به صورت هم سطح گذاشته شده و به کمک ولکرو محکم می‌شد. پارامترهای تحریک به شرح ذیل بود: فرکانس جریانهای مادر (Carrier) در حد 2KHZ و فرکانس جریان تداخل یافته یا Beat در بین ۴۰ الی ۶۰

جدول شماره ۱- مقادیر اولیه - ثانویه - میزان تغییرات - نتیجه آزمون آماری و میزان خطا در هر آزمون آماری

نوع اندازه گیری	قبل (H <sub>1</sub> )	بعد (H <sub>2</sub> )	فرضیه H <sub>1</sub> =H <sub>2</sub>	تغییرات	P
دور بازو در حالت استراحت	۲۸/۴	۲۹/۹۷	رد شد	+۱/۵۴	<۰/۰۰۱
دور بازو در حالت انقباض	۲۹/۶	۳۱	رد شد	+۱/۴۷	<۰/۰۰۱
میزان تحمل	۹۰/۵	۱۲۰/۷	رد شد	+۳۰/۱	<۰/۰۰۱
حدا کثر فعالیت الکتریکی عضلانی	۹۰۰	۱۰۹۰	رد شد	+۱۹۰	<۰/۰۰۱
دامنه	۱۵/۵	۱۵/۱	رد نشد	-۰/۴	---
مدت	۸/۴	۹/۳۸	رد شد	+۰/۹۷	<۰/۰۰۱

ترتیب که سلولهای عضلانی غیرفعال و ستاره‌ای شکل تبدیل به سلولهای فعال عضلانی شوند و این امر بدون افزایش قطر عضله نیز ممکن است اتفاق بیفتد، فقط کافی است این سلولها از طریق جوانه زدن اعصاب حرکتی به واحدهای حرکتی یا موتورونیتها افزوده شوند و تغییر پارامتر مدت موج برانگیخته (موج M) در این راستا قابل توجه تر است، یعنی رژیم تقویت اعمال شده موجب فعال شدن سلولهای غیرفعال و ستاره‌ای شکل عضلات شده و از طریق جوانه زدن الیاف عصبی حرکتی به واحدهای حرکتی موتورونیتها اضافه شده‌اند؛ بدیهی است که اگر واحدهای انقباضی افزوده شوند قطعاً تحمل انجام کار هم افزایش خواهد داشت، چون برای انجام کار مشخص، واحد انقباضی زیادتری بسیج خواهند شد. همین طور، این پدیده با افزایش مدت موج برانگیخته همخوانی دارد چرا که اصولاً وارد کار شدن الیاف عضلانی که قبلاً غیرفعال، یا به صورت سلول ستاره‌ای شکل بوده‌اند و اکنون توسط الیاف عصبی نازک و تازه تغذیه عصبی شده و سرعت انتقال پیام کمتری دارند، باعث خواهد شد که نسبت به سایر واحدهای دیگر کمی دیرتر پیام را دریافت و پاسخ نشان دهند؛ لذا دیورشین موج M که نتیجه جمع پتانسیل عمل واحدهای انقباضی متعدد در عضله است، طولانی تر خواهد شد، در عمل نیز آزمون آماری حاکی از افزایش معنی دار این پارامتر است.

### تقدیرنامه

از زحمات آقایان مهدی دادگو عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی ایران، آقایان کیهانی مسئول دپارتمان کامپیوتر دانشکده علوم توانبخشی، آقای تیموری مسئول اطاق الکترومیوگرافی دانشکده علوم توانبخشی و سرکار خانم فروهر مدیر دفتر کارشناسی ارشد دانشکده علوم توانبخشی کمال تقدیر و تشکر را دارد. و نیز از کلیه دانشجویانی که در این تحقیق بعنوان نمونه شرکت نمودند و انجام این کار مدیون آنهاست تقدیر و تشکر می‌نماید.

### بمٹ و نتیجہ گیری

در تمام موارد و نیز از لحاظ آماری، رژیم مورد کاربرد موجب افزایش قطر عضلانی (دور بازو) شده است در این میان، تنها مورد مسلم این است که افزایش قطر، مربوط به تراکم چربی زیرپوستی نیست، چون کاربرد تحریک الکتریکی معمولاً موجب جذب چربی و اصطلاحاً حل شدن آنها در محل اعمال تحریک می‌شود، ولی اینکه افزایش حجم بازو در دو حالت استراحت و حداکثر انقباض مربوط به آب میان بافتی باشد یا افزایش قطر الیاف عضلانی و یا افزایش تعداد سلولهای عضلانی، قابل تفکیک نیست، و اگر جذب چربی در نظر گرفته شود، یقیناً افزایش حجم در اثر تحریک الکتریکی در بازو (قطر عضلانی) بیشتر از مقدار اندازه گیری شده خواهد بود. از طرفی، ارزیابی علت اصلی افزایش حجم عضله به طریق بیوپسی، از نظر روش کار در انسان مشکل و از نظر روش تحقیق توأم با اشتباه خواهد بود، از این رو، باید به طور غیرمستقیم ارزیابی کرد که آیا افزایش حجم مربوط به آب میان بافتی است یا تعداد سلولهای عضلانی یا قطر آنها. بدین منظور، حداکثر فعالیت الکتریکی عضله در قبل و بعد از اعمال رژیم تحریک الکتریکی روش مناسبی است. در اثر یک انقباض ارادی، تعداد خاصی واحد انقباضی و با فرکانس معین فعال می‌شوند که نتیجه کار آنها به صورت پدیده تداخلی<sup>(۱)</sup> در الکترومیوگرافی مشخص می‌شود (۱۷)؛ هر چه واحدهای انقباضی شدیدتر تحریک شوند، دامنه و هرچه فرکانس تحریک آنها زیادتر شود، فرکانس تداخل بیشتر خواهد شد و در هر دو صورت، سطح زیرمنحنی، یعنی معیار فعالیت الکتریکی عضله زیادتر می‌شود.

افزایش سطح فعالیت الکتریکی ثبت شده از حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک در اثر اعمال رژیم تحریک الکتریکی حاکی از این است که، با تعداد واحدهای انقباضی زیادتر شده‌اند و یا همان واحدهای قبلی با قدرت زیادتر فعالی می‌شوند و یا یک سری واحدهای انقباضی به واحدهای قبل اضافه شده است که در هر صورت، یک اتفاق مطلوب هستند. هنوز به طور قطعی نمی‌توان گفت که آب میان بافتی اصلاً دچار تغییر (افزایش) نشده است، با این حال، ارتباط افزایش قطر عضله با سه فاکتور فوق (تعداد واحدهای انقباضی - قدرت تحریک هر واحد - فرکانس تحریک هر واحد) تماماً در راستای تقویت عضلانی هستند. جالب اینکه، افزایش فعالیت الکتریکی عضلانی می‌تواند بدون افزایش قطر واحدهای انقباضی و تعداد سلولهای عضلانی نیز رخ دهد، به این



- 1-Roger M.Nelson P.T., PhD.-clinical electrotherapy,(1987).
- 2-Joseph Goodgold M.D.- Rehabilitation Medicine (1988) PP. 317-327.
- 3-Lynn snyder-mackler,P.T, M.S.-clinical electrophysiology (1989) PP 95-138.
- 4-Giovanni de domenico-new dimensions in interferential therapy (1987).
- 5-Brenda savaga-interferential therapy (1989).
- 6-Lilyana nikolova-threatment with interferential current (1987).
- 7-W.A.Nix and G.Vrbova-electrical stimulation and neuromuscular disorders (1986).
- 8-John V.Basmajian and steven L.Wolf-therapeutic exercise (1990) P.65.
- 9-Edward L.Fox-sports physiology (1984) P.159.
- 10-Theodor hettinger-physiology of strength(1961).
- 11-Peter V.Karpovich-physiology of muscle activity (1971).
- 12-Terry R.Malone-muscle injury and rehabilitation (1988).
- 13-Dean P. Currier-electrical stimulation in exercise of the qudricepsfrmoris muscle-physical therapy V.59-No.12-1979 PP-1508-1512.
- 14-Anthony Delitto-electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh Musculature After Anterior cruciate ligament surger-physical therapy V.68-N0.5-1988 PP.660-663.
- 15-David M. selkowitz-improvement in isometric stgrength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation-physical therapy V.65-No.2-1985 PP.186-196.
- 16-D.P.Curreir-muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuls-physiotherapy V.62-No.8-1976.
- 17-Jennifer Chu-Andrews M.D. & Robert J. Johnson M.D-electrodiagnosis (1986).