

بررسی میزان اثر تحریک ارتعاشی و تحریک الکتریکی بر روی حداکثر انقباض ارادی

میزان تغییر حداکثر انقباض ارادی^(۱) به دنبال اعمال تحریکات ارتعاشی عضله آگونست و تحریک الکتریکی عضله مقابل به طور جداگانه و کاربرد توأم آنها به طور هم‌زمان، مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت. در این تحقیق، ۴۵ نفر از افراد سالم مورد بررسی قرار گرفتند که به سه گروه ۱۵ نفری تقسیم شدند. در هر گروه، قبل از انجام آزمایش، از فرد خواسته شد که حداکثر انقباض ارادی را در عضله گاستروکنمیوس داشته باشد که به صورت سیگنال‌های EMG ثبت شد. در گروه اول، تاندون آشیل به مدت ۱۵ دقیقه مورد ارتعاش (۱۰۰ هرتز و دامنه ۸ میلی‌متر) قرار گرفت. مشخص شد که MVC عضله گاستروکنمیوس در اثر ارتعاش کاهش یافته، اما بعد از ۱۵ دقیقه تحریک الکتریکی عصب پرونشال در گروه ۲، تغییری نکرده است. در گروه سوم، در اثر کاربرد توأم دو مداخله، MVC این عضله نیز تغییری نکرد. به طور کلی، اعمال ارتعاش بر عضله، در مقایسه با دو روش دیگر، سبب کاهش بیشتری در MVC می‌شود.

واژگان کلیدی: تمرین ارتعاشی / تمرین الکتریکی / حداکثر انقباض ارادی

زهرا سرفراز

مربی دانشگاه علوم بهزیستی و

توانبخشی

مقدمه

اعمال تحریکات ارتعاشی و تحریک الکتریکی عصب و عضله از روش‌های مفید درمانی است که در توانبخشی به کار می‌رود. در سالهای اخیر، استفاده از این روش‌ها در آزمایش‌های مختلف حیوانی و انسانی مورد مطالعات وسیع قرار گرفته و نتایج قابل توجهی از نظر فیزیولوژی انسانی و درمانی بیماری‌های عصب و عضله گزارش شده است.

الف) تحریکات ارتعاشی: اعمال ارتعاش بر عضله و یا تاندون آن، حس موقعیت مکانی، عملکرد حسی حرکتی و رفلکس‌های نخاعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۷، ۸، ۲۹، ۳۴، ۴۰). اعمال ارتعاش بر عضله و تاندون آن، یک پاسخ رفلکسی تونیک مانند، به صورت انقباض پایدار در عضله مرتعش شده ایجاد می‌کنند (۲، ۱۱، ۱۸). هاگ برث^(۱) و اکلند^(۲) (۱۹۹۶) اولین بار این پاسخ رفلکسی را رفلکس تونیک ویرشن^(۳) نامیدند (۲۱).

با استفاده از مطالعات میکرونوروگرافی در انسان، معلوم شده است که اعمال تحریکات ارتعاشی، عمدتاً تخلیه بالایی در فیبرهای Ia ایجاد می‌کند که مشابه فعالیت فوزیموتورهای انتهایی اولیه دوک عضلانی در طی انقباض ایزومتریک است (۱۸، ۲۰، ۳۵). به دلیل اثرات متفاوت و گاهی متضاد ناشی از اعمال ارتعاش بر عضله، موضوع هم‌چنان قابل بحث مانده است. از یک طرف اعمال ارتعاش بر عضله، انقباض پایداری در عضله ایجاد می‌کنند و از طرف دیگر، دامنه رفلکس‌های تک سیناپسی کاهش می‌یابد (۷).

از تحریکات ارتعاشی برای ارزیابی مکانیزم‌های نورونی که مسئول حرکات ارادی و پوسچرال بدن هستند نیز استفاده می‌شود (۴، ۵، ۱۵، ۲۶). زیرا کاهش دامنه رفلکس‌های تک سیناپسی فازیک در طی ارتعاش، به دلیل مهار پیش سیناپسی، باعث کاهش تحریک‌پذیری نورون‌های حرکتی عضله مخالف به دنبال مکانیزم مهار متقابل و بالاخره سبب متأثر شدن گیرنده‌های پوسچرال می‌شود. بنابراین، اعمال تحریکات ارتعاشی می‌تواند میزان مهار پیش سیناپسی، مهار متقابل و کنترل مرکزی بر حرکات ارادی را مشخص کند. (۷، ۱۲، ۱۸، ۲۲، ۲۸)

ب) تحریک الکتریکی: کاربرد تحریک الکتریکی در توانبخشی بسیار گسترده است. مطالعات وسیعی در مورد افزایش قدرت عضلانی، افزایش و حفظ دامنه حرکتی و تسهیل کنترل حرکات ارادی و کاهش تون، صورت گرفته است. اولین گزارش‌های مربوط به کاهش تون متعاقب تحریک الکتریکی عضله آنتاگونیست، در کارهای ولجو^(۴) (۱۹۵۲) مشاهده می‌شود. (۱۶)

الفیو^(۵) (۶) نیز کاهش تون در افراد اسپاستیک را تا ۹۶٪ گزارش داده است. جوهمی^(۱) (۲۴) مرحله‌ای از کاهش دامنه رفلکس H عضله پرونتال سولئوس را، در طی تحریک الکتریکی عصب پرونتال بیان کرده است.

همان‌گونه که در بالا اشاره شد، اعمال ارتعاش به عضله و تاندون آن، عملکرد گیرنده‌های اولیه دوک عضلانی را تغییر داده و سبب افزایش فعالیت فیبرهای Ia می‌شود و با مهار پیش سیناپسی فیبرهای Ia، رفلکس‌های تک سیناپسی فازیک کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، تحریک الکتریکی عصب عضله باعث فروکش شدن مدارات نورونی عضله آنتاگونیست می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از کاربرد ارتعاش و تحریک الکتریکی بر روی کاهش دامنه رفلکس‌های تک سیناپسی فازیک، مطالعه و بررسی تغییر MVC عضله گاستروکنمیوس بعد از اعمال ارتعاش تاندون این عضله و تحریک الکتریکی عصب پرونتال به طور جداگانه و هم‌زمان، هدف این پژوهش است.

مواد و روش تمقیق

تعداد ۴۵ نفر از دانشجویان مؤنث دانشگاه‌های پزشکی تهران، در محدوده سنی ۳۰-۲۰ سال، در این آزمایش شرکت کردند. پس از ارزیابی و تکمیل پرسش‌نامه در مورد افرادی که به طور تصادفی انتخاب شده بودند، سلامت آنها از لحاظ سابقه پزشکی و علائم نورولوژیکی مشخص شد. ۴۵ نفر شرکت کننده، به سه گروه ۱۵ نفری تقسیم شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. لازم به ذکر است که ۴۵ نفر مذکور به طور تصادفی در سه گروه قرار می‌گرفتند.

گروه ۱- در این گروه، اثرات تحریکات ارتعاشی مورد ارزیابی قرار گرفت.

گروه ۲- در این گروه، اثر تحریکات الکتریکی مورد بررسی قرار گرفت.

گروه ۳- در این گروه، به طور هم‌زمان از تحریک الکتریکی و ارتعاشی برای افراد مورد آزمایش استفاده شد.

روش انجام آزمایش‌ها به این صورت بود که فرد مورد آزمایش به گونه‌ای روی تخت قرار می‌گرفت که مچ پای وی از تخت بیرون باشد. از شخص خواسته می‌شد که در وضعیت کاملاً آرام و ریلکس باشد. الکتروود ثبات دستگاه الکترومیوگراف روی بالک عضله گاستروکنمیوس خارجی، ۱۲ سانتی‌متر پایین‌تر از حفره

1-Hagbarth 2-Eklund
3-Tonic vibration reflex (T.V.R.) 4-Valljo
5-Alfievi 6-Johamy

خروجی ۱۳/۵ وات استفاده شد. تحریک اعمال شده در این آزمایش با فرکانس ۱۰۰ هرتز و دامنه ۰/۸ میلی‌متر بود. دستگاه تحریک کننده: دستگاه تحریک کننده مورد استفاده، ساخت کارخانه ENRAF مدل Endomed بود. تحریک اعمال شده دارای شکل موج مربعی، مدت (دیوریشن) ۰/۱ میلی‌سکند، شدت تحریک زیر آستانه و فرکانس ۳۰ PPS بود. بعد از انجام آزمایش‌ها، منحنی‌های MVC قبل و بعد از انجام آزمایش استخراج و پردازش شدند.

انتگرال قدر مطلق منحنی‌های MVC به دست آمده، با استفاده از نرم‌افزار Matlab استخراج شد. در تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات از t-test (آزمون مقایسه زوج‌ها) به منظور مقایسه میانگین متغیر مورد نظر قبل و بعد از انجام آزمایش‌ها و هم‌چنین، از تجزیه و تحلیل پراش برای مقایسه میانگین‌های رفتاری (ارتعاشی، تحریک الکتریکی و توام) استفاده شد.

یافته‌ها

هدف این پژوهش بررسی اثر تحریک ارتعاشی و تحریک الکتریکی روی MVC بوده است. برای ارزشیابی نحوه تأثیر تحریک ارتعاشی، تحریک الکتریکی و بکارگیری هر دو تحریک توامان بر روی MVC، از آزمون مقایسه زوج‌ها با در نظر گرفتن متغیرهای غیرمستقل، استفاده شد.

در این آزمون، مقایسه بین متغیرهای مورد نظر (قبل و بعد از انجام مداخله) نشان می‌دهند ($Z=3/067, P=0/002$) که بین میانگین حداکثر انقباض ارادی MVC قبل و بعد از کاربرد ارتعاش عضلانی، اختلاف وجود دارد. به عبارت دیگر، ارتعاش عضلانی سبب کاهش حداکثر انقباض ارادی می‌شود.

در تحقیق حاضر، اثر تحریک الکتریکی بر حداکثر انقباض ارادی، با توجه به سطح معنی‌داری ($Z=0/17, P=0/865$) و مثبت بودن میانگین اختلاف بین قبل و بعد از کاربرد تحریک الکتریکی، معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر، تحریک الکتریکی اثری بر حداکثر انقباض ارادی عضله آنتاگونیست ندارد.

تأثیر هم‌زمان و توام تحریک ارتعاشی (عضله آنتاگونیست) و تحریک الکتریکی (عضله آنتاگونیست) بر روی حداکثر انقباض ارادی، با توجه به نتایج کسب شده ($Z=1/64, P=0/1$) قابل توجه نبوده است و اختلاف بین میانگین حداکثر انقباض ارادی قبل و بعد از کاربرد توام دو تحریک، معنی‌دار نیست. برای بررسی تفاوت بین میانگین‌های رفتاری حداکثر انقباض ارادی بعد از انجام

پولیتال و الکتروود مرجع، به فاصله ۴ سانتی‌متر در دیستال الکتروود ثابت قرار می‌گرفت. الکتروود زمین نیز به میچ پابسته می‌شد. برای ثبت MVC از شخص خواسته شد که حداکثر انقباض ارادی را در این عضله ایجاد کرده و سعی کند میچ پا را (حرکت Plantar Flexion) در برابر یک نیروی خارجی (دست آزمایشگر) پایین آورد. لازم به ذکر است که سعی شد نیروی مقاوم بر روی هر فرد در طول آزمایش‌ها، تقریباً یکنواخت و ثابت باقی بماند.

برای اعمال تحریک ارتعاشی در گروه ۱، وایبراتور به مدت ۱۵ دقیقه روی تاندون آشیل (۱۰-۸ سانتی‌متر بالاتر از حد پایین کالکانئوس) قرار می‌گرفت و بلافاصله بعد از تحریک ارتعاشی، MVC به همان روشی که در بالا ذکر شد از عضله گاستروکنمیوس ثبت می‌شد.

برای تحریک الکتریکی در گروه ۲، الکتروود کاتد را روی عصب پرونتال مشترک (سراسخوان فیولا) و الکتروود آنود را روی عضله تیبالیس آنتریور (به عنوان عضله آنتاگونیست عضله گاستروکنمیوس) قرار داده و مدت ۱۵ دقیقه تحریک اعمال شد. بعد از اعمال تحریک الکتریکی، بلافاصله MVC با همان روش، از عضله گاستر ثبت شد.

در گروه ۳، تحریک الکتریکی و تحریک ارتعاشی هم‌زمان به کار برده شد. وایبراتور روی تاندون آشیل قرار گرفته و هم‌زمان با آن انقباض عضلات پری‌تیبیال با تحریک عصب پرونتال مشترک صورت می‌گرفت. مدت این دو تحریک به طور توام نیز ۱۵ دقیقه بود که بعد از اعمال تحریکات، ثبت MVC همانند گروه‌های آزمایشی قبلی انجام می‌گرفت.

بنابراین، روند آزمایش بدین صورت بود که از هر فرد، قبل از شروع کار و اعمال تحریکات (ارتعاشی، الکتریکی و توام) ثبت MVC داشتیم و بعد از تحریکات نیز MVC مجدداً ثبت می‌شد.

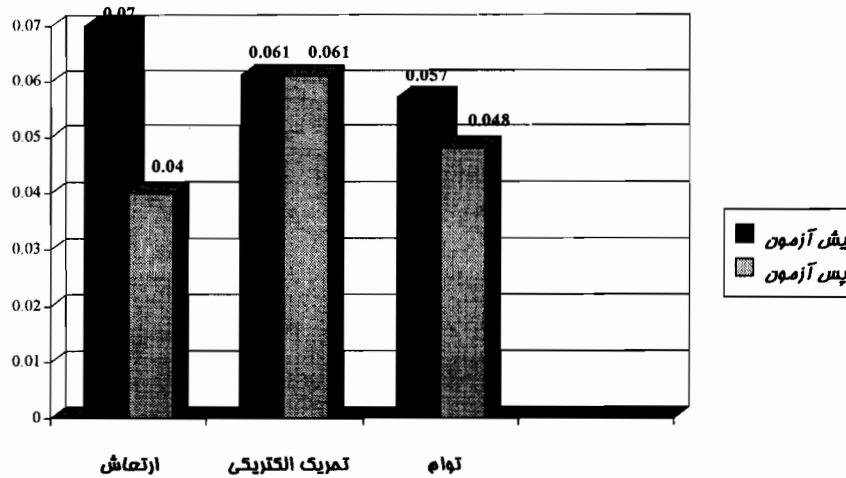
وسایل

دستگاه الکترومیوگراف: از دستگاه الکترومیوگراف مدل ۱۴۰۱۰ ساخت کارخانه DISA استفاده شد. این دستگاه توسط برد A/D (مبدل آنالوگ به دیجیتال) از نوع DCL-711 ساخت کارخانه ADVANTACH به کامپیوتر مدل SX325 ساخت کارخانه DELL متصل شد. برای دریافت فعالیت الکتریکی، الکتروود سطحی به ابعاد ۱۲ x ۶ میلی‌متر به کار گرفته شد.

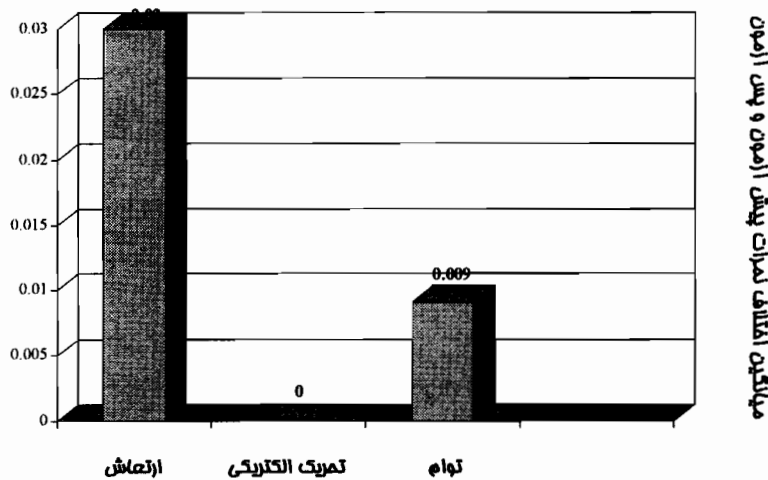
دستگاه وایبراتور: یک دستگاه کوچک دستی با فرکانس متغیر ۱۰۰-۱۰۰۰ هرتز، دامنه نوسان ۰/۸-۰/۱ میلی‌متر و توان

مداخلات رفتاری (اختلاف پیش آزمون و پس آزمون) از تجزیه و تحلیل پراش استفاده شد. با استفاده از این آزمون مشخص شد که اختلاف میانگین حداکثر انقباض ارادی پس از تحریک ارتعاشی، بیشتر از دو مداخله دیگر است. نمودار ۱ مقایسه ۱

مداخلات رفتاری (اختلاف پیش آزمون و پس آزمون) از تجزیه و تحلیل پراش استفاده شد. با استفاده از این آزمون مشخص شد که اختلاف میانگین حداکثر انقباض ارادی پس از تحریک ارتعاشی، بیشتر از دو مداخله دیگر است. نمودار ۱ مقایسه ۱



نمودار ۱ - مقایسه میانگین حداکثر انقباض ارادی قبل و بعد از مداخله



نمودار ۲ - مقایسه میانگین اختلاف نمرات پیش آزمون و پس آزمون حداکثر انقباض ارادی در سه مداخله

بحث و نتیجه گیری

الف - اثر تحریک ارتعاشی بر MVC در پژوهش حاضر، مشخص شد که MVC عضله گاستر کنمیوس خارجی، بعد از اعمال ۱۵ دقیقه ارتعاش تاندون آشیل کاهش یافته است. دسمت^(۱) و گادوکس^(۲) دلیل کاهش رفلکس های تک سیناپسی فازیک به دنبال اعمال ارتعاش را مهار پیش سیناپسی ذکر کرده اند. هم چنین، علت مکانیسم TVR را بکارگیری سریع نوروهای حرکتی می دانند که از طریق راه های چند سیناپسی Ia صورت می گیرد. لذا با تأثیر مهار پیش سیناپسی، انتقال مرکزی در

راه های چند سیناپسی Ia که اساساً برای TVR ضروری است، کاهش می یابد. (۳۶) بدین ترتیب، از طریق راه های چند سیناپسی TVR است که رفلکس های تک سیناپسی Ia کاهش می یابد. (۴۰، ۳۸، ۱۰) به عقیده این محققان، راه های چند سیناپسی و تک سیناپسی در اثر ارتعاش کاهش می یابد. (۷) حالت برن^(۳) با اندازه گیری کاهش رفلکس H توانست مهار پیش سیناپسی را ارزیابی و بررسی کند. وی تأکید کرده است که با ارتعاش کوتاه مدت، مهار پیش سیناپسی در کاهش رفلکس H تأثیر

1-Desmst
3-Hultborn

2-Goadux

تحقیق حاضر معنی دار نبود. کاهش رفلکس H سولوس در طی تحریک الکتریکی عصب پروتال توسط توهمی^(۵) گزارش شده است. (۱۴) هم چنین فعالیت EMG و رفلکس های EMG (M₁ و M₂) در طی تحریک الکتریکی عضله مقابل در کارهای بیکر^(۶) مشاهده می شود. (۹)

ج) لثرتوهان تحریک الکتریکی و ارتعاشی بر روی MVC: در این مطالعه، MVC بعد از اتمام ۱۵ دقیقه تحریک الکتریکی عصب پروتال تغییری نکرد. عدم تغییر MVC به دنبال تحریک الکتریکی را احتمالاً می توان چنین توجیه کرد که حداکثر انقباض ارادی (MVC) راه های چند سیناپسی مرکزی را درگیر می کند و تأثیرات فوق نخاعی بر آن وجود دارد. بنابراین، مکانیزم مهار متقابل توسط تحریک الکتریکی عضله مقابل چندان اثری بر MVC ندارد. (۲۵ و ۲۹ و ۳۰ و ۳۱ و ۳۳)

کاهش MVC بعد از کاربرد توام دو مدالیته در این پژوهش قابل توجه نبود. تحریک ارتعاشی و الکتریکی هر دو بر عضله مخالف اثر دارند و باعث کاهش تحریک پذیری نورون های حرکتی عضله مقابل می شوند. (۱ و ۶ و ۱۶ و ۱۷ و ۲۹) این مسئله، احتمالاً در اثر کاربرد توام اثر مهار متقابل بر روی نورون های حرکتی که توسط راه های آورانی مشابه صورت گرفته، به وجود می آید.

بایشوب^(۷) نیز اشاره کرد که با تحریک الکتریکی مکرر عصب عضله مخالف، TVR عضله مرتعش شده کاهش می یابد. مهار متقابل از طریق سیگنال های حسی صورت می گیرد. بدین ترتیب بر روی همان نورون های حرکتی اعمال می شود که توسط سیگنال های حسی تحریک شده از اعمال ارتعاش فعال شده اند. (۱۱)

بنابراین، در بررسی حاضر می توان گفت که کاهش رفلکس TVR عضله گاستروکیموس به موجب تحریک الکتریکی مکرر عضله مخالف بوده، به این دلیل، بعد از کاربرد توام، کاهش MVC قابل توجه نبوده است.

به طور خلاصه، می توان نتیجه گرفت که ارتعاش تاندون عضله به مدت طولانی، علاوه بر این که بر مکانیزم های نخاعی مثل رفلکس هافمن تأثیر گذاشته و سبب کاهش آن می شود، می تواند بر مکانیزم های فوق نخاعی مثل MVC نیز تأثیر گذاشته و سبب کاهش آن شود (۳۶ و ۳۷).

دارد (مدت مهاری این مکانیسم ۶۰-۴۰ میلی ثانیه است). اما با ارتعاش طولانی مدت، دیگر مکانیسم های مهاری مانند Transmitter Depletion در مهار رفلکس H نقش دارند. مدت مهاری این مکانیسم نیز ۵۰۰ میلی ثانیه است. (۲۸)

راسی^(۱۱) نیز بعد از ارتعاش طولانی مدت (۲۰ دقیقه) به تاندون عضله فلکسور کاری رادیالیس، نشان داد که آستانه تحریکی فیبرهای Ia افزایش می یابد. در حقیقت، توانایی الکتریکی فیبرهای Ia کاهش، پیدا می کند، به طوری که تحریکات بعدی آنها قادر به تسهیل رفلکس H نیستند. به عقیده راسی، مهار پیش سیناپسی نمی تواند مسؤول کاهش رفلکس H و یا کاهش فیبرهای Ia باشد، زیرا، همان طور که ذکر شد، مدت مهاری این مکانیزم (پیش سیناپسی) کوتاه مدت است و نمی تواند اثر طولانی بر روی فعالیت Ia داشته باشد. وی افزایش آستانه تحریکی فیبرهای Ia را دلیل کاهش فعالیت این فیبرها می داند. به عقیده او، کاهش توانایی الکتریکی فیبرهای Ia به دلیل هیپرپولاریزه فیبرهای Ia در فرکانس بالا و دامنه کوتاه ارتعاش است.

بونجیووانی^(۲) و هاگبارث^(۳) گزارش کردند که اعمال ارتعاش بر عضله به صورت کوتاه مدت (۲۰ ثانیه)، خستگی ناشی از MVC ممتد و متناوب را کاهش می دهد و در طی ارتعاش، خروج دهی حرکتی افزایش می یابد. در این حالت، ارتعاش با فعال نمودن آوران های Ia می تواند جبران کننده کاهش فعالیت فیوزیموتور باشد. (۸)

در این تحقیق، هم چنین گزارش کردند که اگر مدت اعمال ارتعاش طولانی شود، خروج دهی حرکتی و یا MVC کاهش می یابد. طبق اظهارات این محقق، واحدهای حرکتی با آستانه بالا تحت تأثیر ارتعاش طولانی مدت قرار گرفته و میزان تخلیه آنها کاهش می یابد. (۱۸ و ۱۹) لازم به توضیح است که در MVC واحدهای حرکتی با آستانه بالا به کار گرفته می شود. (۳ و ۲۷)

کار کایوزاکی^(۴) و همکارانش نشان داد که ارتعاش طولانی مدت، نه تنها باعث کاهش MVC در عضله مرتعش شده می شود، بلکه MVC را نیز در عضلات سینرژست کاهش می دهد. کاهش MVC عضلات سینرژست به دلیل متأثر شدن آوران های Ia است. (۱۴) با توجه به مطالب فوق، کاهش MVC در پژوهش حاضر، به دنبال ارتعاش تاندون (۱۰۰ هرتر و ۱۵ دقیقه) قابل قبول است.

ب) لثرتحریک الکتریکی بر روی MVC: کاهش MVC عضله گاستر بعد از کاربرد مدالیته تحریک الکتریکی عصب پروتال در

1-Rossi
3-Hagbarth
5-Tohemy
7-Bishob
2-Bongiovanni
4-Kouzaki
6-Becker

- 1-Rothmulle C, Cafarelli E. Effect of vibration on antagonist muscle coactivation during fatigue in humans. *J Physiol* 1995; Jun 15:483:857-64.
- 2-Mealing D, Long G, Mc Carthy PW. Vibromyographic recording from muscle with known fibre composition differences. *Br J Sports Med* 1996 Mar; 30(1):27-31.
- 3-Conwit RA, Stashuk D, Suzuki H. Fatigue effect on motor unit activity during submaxial contraction. *Arch Phys Med Rehabilitation* 2000 Sep;81(9):1211-6.
- 4-Matheson Go, Maffey-word L, Mooney M. Vibromyography as a quantitative measure force production. *Scand J Rehabilitation Med* 1997 Mar; 29(1):29-35.
- 5-Dafarelli E, Sim J, Carolan B. Vibratory massage and short term recovery from muscular fatigue. *Int JSports Med* 1990 Dec; 11(16):474-8.
- 6-Alfiev V. Electrical stimulation treatment of spasticity. *Scan J Rehabilitation Med* 1982; 14:177-82.
- 7-Desmedt JE, Godaux E. Mechanism of the vibration paradox: Excitatory and inhibitory effects of tendon vibration on single muscle motor units in man. *J Physiol* 1978; 285:197-207.
- 8-Kmartin BJ. Modulation of cutaneous flexor responses induced in man by vibration elicited proprioceptive or exteroceptive inputs. *Aviation Space Environmental Medicine* 1990; 61:921-928.
- 9-Becker WJ. Effect of cutaneous nerve stimulation on voluntary and stretch reflex electromyographic activity in wrist in humans. *J Physiol* 1987; 67:452-467.
- 10-Hultborn H. Assessing change in presynaptic inhibition of Ia fibers: A study in man and the cat. *J Physiol* 1987; 389:729-75.
- 11-Bishop B. Vibratory stimulation: Part I. neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation *Physical Ther* 1974; 54(12): 1273-81.
- 12-Bishop B. Vibratory stimulation: Part II. vibratory stimulation as a braluation tool. *Physical Ther* 1975; 55(1): 28-33.
- 13-Vafareui E, Layton-Wood j. Effect of vibratioon on force sensation in fatigued muscle. *Med sci sports exerc* 1986; 18(5): 516-21.
- 14-Kuzaki m, Shinohara M. Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *J Appl physiol* 2000. 89(4):1420-4.
- 15-Barry DT, Hih T, Im D. Muscle fatigue measured with muscle vibrations. *Muscle Nerve* 1992; 15(3):303-9.
- 16-Zijdewind I, Kernel D. Index finger position and force of the human first dorsal interosseus and its ulnar nerve antagonist. *J Apple physiol* 1994; 77(2):987-97.
- 17-Zwarts MJ, Keidel M. Relationship between electrical and vibratory output of muscle during voluntary contraction and fatigue. *Muscle Nerve* 1991; 14(8):756-61.
- 18-Bongiovanni LG, Hagbarth KE. Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contraction in man. *J Physiol* 1990; 423:1-14.
- 19-Bongiovanni LG, Hagbarth KE. Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contraction in man. *J Physiol* 1990; 423:15-26.
- 20-Burke D, Hagbarth KE. The responses of human muscle spindle endings to vibration of non-contraction muscles. *J physiol* 1976; 261: 673-84.
- 21-Hagbarth KE, Eklund g. The effect of muscle vibration in spasticity, rigidity and cerebellar disorder. *J Neurol Neurosurg psychiat* 1988; 31:207-213.
- 22-Roll IP. Alteration of proprioceptive massage induces by tendon vibration in man: A microneurographic study. *Exp Brain Res* 1989; 76: 213-22.
- 23-Ross. Cortical projection of putation group Ib afferent fibers from the human forarm. *Brain research* 1991; 547:62-68.
- 24-Tohomy AE. Spinal inhibition in man: Depression of the soleus H-Reflex by stimulation of nerve to the antagonist muscle. *J Physiol* 1983; 337: 497-508.
- 25-Taylor JL, Butler JE. Changes in motor cortical excitability during fatigue. *J Physicol* 1990; 429:17-27.
- 26-Zhang YT, Frak CB, Rangoyyan RM. A comparative study of simultaneous vibromyography and electromyography with acrive human quadriceps. 1992; 39(10): 1045-52.
- 27-Garlan SJ, Mc Comas AJ. Reflex inhibition of human soleus muscle during fatigue. *J Physiol* 1990; 429:17-27.
- 28-Hultborn H, Meunier S, Deselligny EP. Changes in presynaptic inhibition of Ia the onest of voluntary contraction in man. *J Physiol* 1987; 389:757-772.
- 29-Ingils JT, Frank JS. The effect of against antagonist muscle vibration on human position sense. *Exp Brain Res* 1990; 91: 573-580.
- 30-Knaflits M, Merletti R, Deluca CJ. Inference of motor unit recruitment order in voluntary and electrically elicited contraction. *J Appl physiol* 1990; 68(4): 1657-67.
- 31-Thomas CK, Wods JJ, Bigland B. Impulse propagation and muscle activation in long maximal voluntary contractions. *J Appl physiol* 1989; 67(5): 1835-42.
- 32-Vodonik L, Rebersek S, Stefanorska A. Electrical stimulation for control of paralysis and therapy of abnormal movements. *Scan J Rehabilitation Med Suppl* 1988; 17:91-97.
- 33-Merketti R, Knaflitz M, Deluca CJ, Myoelectric manifestations of fatigue in voluntary and electrically elicited contractions. *J Appl physiol* 1990; 69(5): 1810-20.
- 34-Prochazha A, Ternd J. Instability in human forearm movements studied with feedback-controlled muscle vibration. *J physiol* 1988; 402: 421-42.
- 35-Person RS, Kozhina GV. The impulse of the motor units of humans soleus muscle in the tonic vibration reflex. *Neurophysiol* 1989; 21(6):767-72.
- 36-Macefield g, Burke D. Long-Lasting depression of central synaptic transmission following prolonged high-frequency of stimulation of cutaneous afferents: A mechanism for past-vibratory hypeasthesia. *Electroencephalogra Clin* 1991; 78:150-158.
- 37-Leo G, Arnold S. Vibration and muscle contraction affect somatosensory evoked potentials. *Neurolog* 1985; 35:691-98.
- 38-Ivan Gritti, Schieppati M. Short-latency inhibition of soleus motoneurons by impulses in Ia afferents from the gastrochrmimus muscle in humans. *J Physiol* 1989; 416:469-84.
- 39-Iles JF, Roberts RC. Inhibition of monosynaptic reflexes in the human lower limb. *J Physiol* 1987; 389:729-56.
- 40-Cody FWJ, Goodwin CN, Richardson HC. Electromyographic reflexes evoked in human flexor carpi radialis by tendon vibration. *Electromyographic clin neurophysiol* 1990; 30:335-44.