Archive of SID

بررسی اثر تحریک الکتریکی سطحی واحدهای حرکتی عضله تیبیالیس قدامی بر پارامترهای رفلکس H عضله سولئوس

محمد پاکزاد[1]، گیتی ترکمان[2]*، سید محمد فیروز آبادی[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشیار گروه فیزیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

هدف: در این پژوهش اثر تحریک الکتریکی سطحی (TENS) عضله تیبیالیس قدامی و نقش آن بر فعالیتهای سیناپسی طناب نخاعی و فعالیت عضله سولئوس (به عنوان عضله آنتاگونیست) مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها: به منظور ارزیابی اثر TENS بر عضله سولئوس، از ویژگیهای رفلکس H و موج M_h (موج M در حضور رفلکس H) استفاده شد. آزمایش در ۱۰ فرد داوطلب سالم، غیرورزشکار و بدون هر گونه عارضه نورولوژیک در دو جلسه به صورت آزمون و کنترل انجام شد. تحریک الکتریکی طی دو مرحله ۱۰ دقیقه‌ای با فرکانس ۳۰Hz و پهنای پالس ۳۰۰μs به صورت دو قطبی (کاتد روی بالک عضله تیبیالیس قدامی در ناحیه صفحه محرکه آن و آند روی عصب پرونئال مشترک در ناحیه سر استخوان فیبولا) اعمال شد.

نتایج: آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که در اثر تحریک الکتریکی، ویژگیهای دامنه قله به قله، سطح زیر منحنی و مقدار متوسط یکسو شده رفلکس H کاهش یافته است ($p< ۰/۰۵$). ویژگیهای دامنه قله به قله، سطح زیر منحنی و مقدار متوسط یکسو شده موج M_h نیز افزایش یافت ($p< ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه گیری: براساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد، تحریک الکتریکی اعمال شده بر روی عضله تیبیالیس قدامی، سطح فعالیت پایه نورن محرکه عضله سولئوس را افزایش می‌دهد که از یک طرف باعث حساس‌تر شدن صفحه محرکه عضله شده و افزایش دامنه موج M_h را به دنبال دارد و از طرف دیگر سبب فعال شدن سلولهای رنشاو مربوط به همین عضله شده که دامنه رفلکس H را کاهش می‌دهد.

کلید واژگان: تحریک الکتریکی سطحی (TENS)، رفلکس H، مهار پیش سیناپسی، مهار پس سیناپسی، موج M_h.

*نشانی مکاتبه: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه فیزیوتراپی،صندوق پستی ۱۱۱-۱۴۱۱۵
E-mail: torkamg@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بروز اسپاستی‌سیتی یکی از مهمترین مشکلات بیماران با ضایعات سیستم عصبی مرکزی است که در اکثر موارد موجب بروز عوارض و مشکلات ثانویه می‌شود. با توجه به اینکه پدیده اسپاستی سیتی در عضلات اسکلتی معمولاً با افزایش تحریک پذیری نورونهای حرکتی همراه است، مناسبترین روشی که به وسیله آن می‌توان بر اسپاستی سیتی غلبه کرد، تغییر میزان تحریک پذیری نورونهای حرکتی آنهاست [۱، ۲، ۳].

به طور کلی روشهای کنترل میزان اسپاستی سیتی ممکن است مبتنی بر یکی از اصول زیر باشد:

۱. مهار و ریلکس کردن عضله اسپاستیک از طریق تحریک عضلات آنتاگونیست آن؛

۲. کاهش اسپاستی سیتی از طریق تحریک عضلات درگیر و خسته کردن آن؛

۳. ریلکس کردن عمومی بدن.

براین اساس می‌توان از وسایل و شیوه‌های درمانی مختلفی برای کاهش اسپاستی‌سیتی عضلات استفاده کرد. از جمله این روشها می‌توان به کاربرد گرما، سرما، ارتعاش، کشش، لیزر، ماساژ، بیوفیدیک و نیز تحریک الکتریکی اشاره کرد[۱، ۳، ٤]. تحریک الکتریکی با دو منشأ اثر حسی و حرکتی مطرح شده است. در بخش تحریک اعصاب حسی، واکر[1] [۱]، فوکشیما[2] [۵] ، چان و تسانگ[3][٦]، سگورا[4][۷]، گولت[5][۸] و در بخش تحریک الکتریکی اعصاب حرکتی لوین[6][۹]، بورمن[7][۱۰]، کرون[8][۱۱] و اکوما[9][۱۲] پژوهشهایی را انجام داده‌اند. برای بررسی تغییرات به وجود آمده در سیستم عصبی – عضلانی و میزان اثر تحریک الکتریکی بر فعالیتهای سیناپسی از ارزیابیهای کیفی (معاینات بالینی) و شاخصهای الکتروفیزیولوژیک نظیر ویژگیهای رفلکس T،H و موجM و F استفاده شده است [۷، ۱۰-۱٤]. در این تحقیقات نتایج متفاوتی از اثر تحریک الکتریکی در کاهش اسپاستی‌سیتی و افزایش یا کاهش تحریک‌پذیری عضلات گزارش شده است. علاوه بر تحریک اعصاب حسی و حرکتی، می‌توان از تحریکات الکتریکی بر روی عضله (به ویژه تحریک الکتریکی عضلهٔ آنتاگونیست) به صورت تحریکات انقباضی استفاده کرد. معمولاً برای ارزیابی نیز از روشهای کیفی و معاینات بالینی استفاده شده است که این روشها از دقت لازم و اطمینان کافی برخوردار نیستند.

در این مطالعه تحریک الکتریکی به صورت تحریکات انقباضی مستقیماً برروی عضلهٔ آنتاگونیست (عضله تیبالیس قدامی) اعمال شد و به منظور بررسی تغییرات حاصله، از پاسخ برانگیختهH و موجM_h عضلهٔ سولئوس به عنوان بهترین و سهلترین شاخص استفاده شد. موجM_h شاخص جدیدی است که اولین بار حامدی تغییرات آن را پس از اعمالTENS بررسی کرد[۱۵].

۲- ابزار، مواد و روش انجام آزمایش

افراد شرکت‌کننده در آزمایش ۱۲ مرد داوطلب سالم، بدون هرگونه عارضه نورولوژیک با میانگین سنی ۲/۷۹ ±۲۷/٦ سال، متوسط قد ۶/۹۱±۱۷۲/۱ cm و میانگین وزنی۵/۰۲±٦۵/۱ kg بودند. فرد در زمان آزمایش در وضعیت دمر بر روی تخت دراز کشید به طوری که زانو در ۱۵-۲۰ درجه خمیدگی و مچ پا از لبهٔ تخت پایین‌تر قرار گرفت. پای شخص در حالت نوترال بر روی تخت ثابت شد تا در حین آزمایش و مراحل تحریک الکتریکی زاویهٔ نوترال مچ پا تغییری نکند.

۲- ۱- تحریک الکتریکی

تحریک الکتریکی روی عضله تیبالیس قدامی، به عنوان دورسی فلکسور مچ پا،اعمال شد. الکترود آند در قسمت عقبی سر استخوان فیبولا روی عصب پرونئال مشترک و الکترود کاتد اندکی پایین‌تر و در قدام ساق روی بالک عضلهٔ تیبالیس قدامی قرار داده شد.

تحریک الکتریکی به کار رفته دارای فرکانس پالس ۳۰Hz ، فرکانس رگباری ۲Hz ، پهنای پالس ۳۰۰μs ، زمان قطع و وصل

1. Chan & Tesang
2. Chan & Tesang
3. Chan & Tesang
4. Segura
5. Goulet
6. Levin
7. Boorman
8. Crone
9. Okuma

www.SID.ir

Archive of SID

جریان ۳ و ۷ ثانیه و به صورت امواج مربعی تک فاز بود. کل مدت زمان اعمال تحریک، ۲۰ دقیقه (طی دو مرحلهٔ ده دقیقه‌ای) در نظر گرفته شد. شدت تحریک الکتریکی به کار رفته برابر شدت تحریک الکتریکی بود که به میزان ۳۰ درصد حداکثر نیروی انقباضی ارادی عضله تیبالیس قدامی، در این عضله ایجاد انقباض کند. این تحریک با فرمان کامپیوتر از طریق واسطه الکترونیکی به ایزولاتوری با قابلیت جریان‌دهی ثابت منتقل شد. جریان الکتریکی ایزولاتور برای افراد مختلف به صورت دستی، بین صفر تا ۳۰ میلی‌آمپر قابل تنظیم بود.

۲-۲- اندازه‌گیری حداکثر قدرت عضلانی

در این مرحله داوطلب بر روی لبه تخت می‌نشست به طوری که پاهایش از لبهٔ تخت آویزان بود. پای راست او در رکاب ویژه‌ای که به همین منظور روی دستگاه نیروسنج دیجیتالی (TAKEI, ۱۲۹٦e) نصب شده بود، قرار گرفت و در آن وضعیت، محکم شد تا کمترین حرکت، باعث کشش نیروسنج شود. پاشنه پای راست و کف پای چپ فرد روی یک سطح اتکا قرار گرفت، تا مفاصل مچ پا و زانوی راست در زاویه ۹۰ درجه قرار گیرد. برای اندازه‌گیری حداکثر قدرت انقباضی عضله تیبالیس قدامی از فرد خواسته شد، تا مچ پای راست خود را با حداکثر قدرت به سمت بالا و به دورسی فلکشن ببرد. در این حالت عدد روی دستگاه که برابر با حداکثر میزان قدرت عضله تیبالیس قدامی فرد بود، یادداشت شد. سپس در همین وضعیت و در حالیکه الکترودهای تحریک عضله تیبالیس قدامی به پای راست داوطلب متصل بود، تحریک الکتریکی به عضله اعمال شد و شدت تحریک افزایش یافت تا عضله به صورت غیرارادی و به کمک تحریک الکتریکی تا ۳۰ درصد حداکثر قدرت انقباضی خود (۳۰ درصد عدد قبلی یادداشت شده از روی دستگاه نیروسنج) منقبض شود. شدت تحریک الکتریکی در این وضعیت یادداشت شد و در آزمایشهای اصلی برای اعمال تحریک بر عضله تیبالیس قدامی استفاده شد.

۲-۳- ثبت پاسخ برانگیخته H

الکترودهای تحریک برای ثبت در ناحیه پشت زانو بین تاندونهای عضلات سمی ممبرانوسوس[1] و دو سر رانی کمی متمایل به خارج قرار داده شد. کاتد الکترودهای ثبات در وسط خط واصل بین خط پشت زانو و قوزک داخلی و آند ۲ سانتیمتر پایین‌تر از آن بسته شد. الکترود زمین به صورت نواری، بین الکترودهای ثبات و تحریک قرار گرفت. تحریکات به صورت امواج مربعی با پهنای پالس ۷۰۰μs و فرکانس ۰/۲Hz (برای جلوگیری از پدیده عادت) ده بار و به وسیله نرم‌افزار کامپیوتر به قسمت فوق اعمال شد. با هر بار تحریک یک پاسخ برانگیخته میوالکتریکH ثبت و ذخیره شد. شدت تحریک برای ثبت رفلکسH تا اندازه‌ای افزایش داده شد که حداکثر رفلکسH در حضور یک موجM حداقل، دیده شود.

۲-٤- روش انجام آزمایش

پس از تکمیل پرسشنامه و انجام معاینات اولیه ارتوپدی و نورولوژی، در صورتیکه فرد از نظر سیستم عصبی - عضلانی - اسکلتی سالم بود،وارد مرحلهٔ آزمایش می‌شد. پس از انجام مراحل آماده‌سازی اولیه، الکترودگذاری و تست MVC[2] ۳۰٪ وقبل از اعمال هر گونه تحریک الکتریکی به فرد، رفلکسH حداکثر (H_{max}) ثبت شد. شدت تحریکی که در این ده ثبت مورد استفاده قرار گرفت یادداشت شد تا در تمامی مراحل آزمایش، ثبت رفلکسH با همین شدت انجام شود. تحریک الکتریکی به صورت دو مرحله ۱۰ دقیقه‌ای با فاصله زمانی ۱۰ دقیقه، برروی عضله تیبالیس قدامی اعمال شد. پس از هر مرحله تحریک الکتریکی و ۲۰ دقیقه پس از خاتمه دومین مرحله تحریک، رفلکسH با شدت تحریک ثابت (شدت تحریک اولین ثبت H_{max}) ثبت شد (جدول ۱). شایان یادآوری است که افراد گروه آزمایش قبلاً به عنوان گروه کنترل تمامی مراحل را طی کردند و فقط تحریک الکتریکی اعمال شده بر عضله در زمانهای تعیین شده خاموش بود(جدول ۲).در صورت مشاهده عدم پایداری در دامنه رفلکسH (تغییرات بیش از ۱۰٪ در دامنه) افراد از ادامه آزمایشها حذف شدند، اما در صورت وجود پایداری، حداقل سه روز پس از مرحله کنترل، در گروه تحریک الکتریکی شرکت

1. Semimembranosus Muscle
2. Maximum Voluntary Contraction

www.SID.ir

Archive of SID

کردند.

۲-۵- استخراج ویژگیهای رفلکس H و موج M_h

پس از ثبت رفلکس H و موج M_h، دامنه قله به قله، مقدار متوسط یکسو شده(ARV)[1]، ریشه دوم متوسط مربعات دامنه(RMS)[2] و سطح زیرمنحنی، با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری استخراج و محاسبه شد.

۳- نتایج آماری

پس از استخراج ویژگیها، برای مقایسه تستهای انجام شده در مراحل مختلف از آزمون آنالیز واریانس تکرارشونده[3] استفاده شد و در صورت معنادار بودن تغییرات، برای مقایسه هر مرحله با مراحل دیگر از آزمون t زوجها استفاده شد. مقادیر میانگین دامنه قله به قله و سطح زیرمنحنی رفلکس H و موج M_h گروه تحریک الکتریکی در جدول ۳ آمده است.

٤- بحث

در گروه آزمایش طی دو مرحله تحریک الکتریکی، میانگین دامنه قله به قله رفلکس H کاهش معنادار یافت. پس از گذشت ۲۰ دقیقه استراحت، افزایش کمی در این پارامتر مشاهده شد که نسبت به مرحله قبل معنادار نبود. اما نسبت به مرحله ابتدای آزمایش (قبل از اعمال تحریک الکتریکی) همچنان اختلاف معنادار بود؛ یعنی دامنه رفلکس H پس از گذشت ۲۰ دقیقه از قطع تحریک الکتریکی هنوز به مقدار اولیه پیش از تحریک برنگشته بود. میانگین دامنه قله به قله موج M_h در گروه آزمایش در دو مرحلهٔ اعمال تحریک الکتریکی، افزایش معنادار نشان نداد. پس از گذشت ۲۰ دقیقه استراحت مقدار این پارامتر باز هم افزایش یافت اما افزایش این مرحله نسبت به مرحله قبل معنادار نبود هر چند نسبت به مرحله قبل از تحریک الکتریکی معنادار بود. در گروه کنترل هیچ یک از ویژگیهای یاد شده، تفاوت معنادار نشان نداد.

1. Average Rectified Value
2. Root Mean Square
3. Repeated Measure

هنگامی که عضله تیبیالیس قدامی شخص، از طریق عصب پرونئال مشترک که یک عصب مخلوط است با پارامترهای الکتریکی تعریف شده، تحریک می‌شود، الکترود آند که بر روی عصب پرونئال مشترک (در ناحیه سر استخوان فیبولا) قرار گرفته باعث توقف انتشار ایمپالسهای تحریکی ایجاد شده در زیر الکترود کاتد می‌شود و از هدایت آن به سمت بالا جلوگیری می‌کند[۱٦]. تحریک الکتریکی اعمال شده، باعث ایجاد انقباض در فیبرهای عضله تیبیالیس قدامی شده در نتیجه فیبرهای عضلانی خارج دوکی آن کوتاه شده، موجب شل شدن دوکهای عضلانی[4] می‌شود. این امر کاهش ایمپالسهای پایانه‌های حسی دوک عضلانی را در پی دارد. این کاهش فعالیت دوکهای عضلانی سبب کاهش فعالیت اینترنورون مهاری I_a (که با نورون محرکه عضله سولئوس سیناپس دارد) می‌شود (شکل ۱).

در نتیجه می‌توان گفت با کاهش سطح فعالیت اینترنورون مهاری I_a، در واقع مهار از روی نورون محرکه عضله سولئوس برداشته می‌شود و سطح فعالیت پایه این سلول نسبت به حالت قبل خود، افزایش می‌یابد. این افزایش فعالیت نورون محرکه عضله سولئوس باعث افزایش فعالیت سلولهای رنشاو مربوط به آن می‌شود. فعالیت سلولهای رنشاو نیز به نوبه خود باعث ایجاد مهار در نورون محرکه عضله سولئوس خواهد شد. اگر تحریک الکتریکی اعمال شده به عضله تیبیالیس قدامی به مدت طولانی ادامه یابد، مهار نورون محرکه عضله سولئوس را به همراه دارد. در واقع حساسیت و تحریک‌پذیری نورون محرکه عضله سولئوس در اثر فعالیت سلولهای رنشاو مربوط به آن به میزان زیادی کم شده و هنگام ثبت رفلکس H عضله سولئوس دامنه آن کاهش می‌یابد.

با در نظر گرفتن این فرضیه، افزایش دامنه قله به قله موج M در حضور رفلکس H (موج M_h) را نیز می‌توان به کاهش سطح فعالیت اینترنورونهای مهاری که با نورون محرکه عضله سولئوس سیناپس برقرار می‌کنند، نسبت داد. در واقع این کاهش فعالیت با مکانیسمی که قبلاً توضیح داده شد، موجب برداشتن مهار از روی نورون محرکه عضله سولئوس شده و سطح فعالیت پایه این سلول را افزایش می‌دهد. این افزایش فعالیت موجب بالا رفتن

4. Muscle Spindle

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱ مراحل انجام آزمایش در گروه تحریک الکتریکی

آماده‌سازی فرد، الکترودگذاری و انجام تست MVC	گذشت زمان	اولین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس	اعمال تحریک الکتریکی به عضله تیبیالیس قدامی	دومین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس با شدت قبل	اعمال تحریک الکتریکی عضله تیبیالیس قدامی	سومین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس با همان شدت قبا	استراحت فرد	چهارمین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس با همان شدت قبا
۲۰ دقیقه	۱۰ دقیقه	۶۰ ثانیه	۱۰ دقیقه	۶۰ ثانیه	۱۰ دقیقه	۶۰ ثانیه	۲۰ دقیقه	۶۰ ثانیه

جدول۲ مراحل انجام آزمایش در گروه کنترل

آماده‌سازی فرد، الکترودگذاری و انجام تست MVC	گذشت زمان	اولین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس	گذشت زمان (تحریک الکتریکی خاموش)	دومین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس با شدت قبل	گذشت زمان (تحریک الکتریکی خاموش)	سومین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس با همان شدت قبل	استراحت فرد	چهارمین ثبت رفلکس H از عضله سولئوس با همان شدت قبل
۲۰ دقیقه	۱۰ دقیقه	۶۰ ثانیه	۱۰ دقیقه	۶۰ ثانیه	۱۰ دقیقه	۶۰ ثانیه	۲۰ دقیقه	۶۰ ثانیه

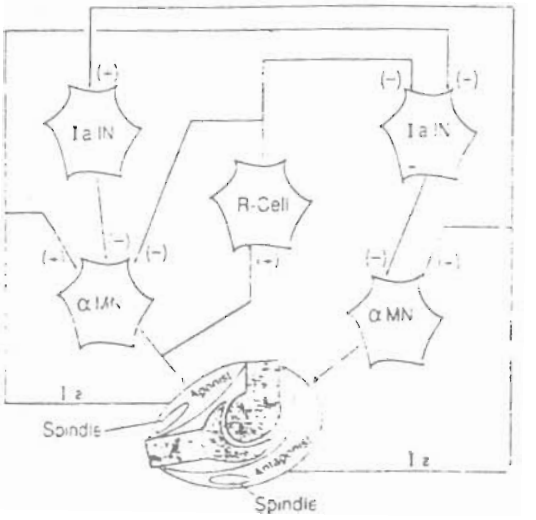
جدول ۳ مقایسه ویژگیهای رفلکس H و موج M_h در چهار مرحله آزمایش در گروه تحریک الکتریکی

مرحله / *ویژگی	قبل از اعمال اولین ده دقیقه تحریک الکتریکی (مرحله اول)	بعد از اعمال اولین ده دقیقه تحریک الکتریکی (مرحله دوم)	بعد از اعمال دومین ده دقیقه تحریک الکتریکی (مرحله سوم)	بعد از ۲۰ دقیقه استراحت (مرحله چهارم)
دامنه قله به قله رفلکس H (میلی‌ولت)	۲/۵۵±۰/۴۶	۲/۲۳±۰/۳۷	۲/۰۱±۰/۳۳	۲/۰۳±۰/۴۰
دامنه قله به قله موج Mh (میلی‌ولت)	۰/۲۴±۰/۱۱	۰/۷±۰/۳۶	۰/۹۷±۰/۵۵	۱/۰۲±۰/۴۵
سطح زیرمنحنی رفلکس H (میلی‌ولت-میلی‌ثانیه)	۶/۲۷±۱/۲۲	۵/۷۲±۰/۸۶	۵/۱۰±۰/۸۴	۵/۲۵±۰/۹۱
سطح زیرمنحنی موج Mh (میلی‌ولت-میلی‌ثانیه)	۰/۶۰±۰/۳۰	۱/۶۳±۰/۷۲	۲/۳۰±۱/۳۵	۲/۴۰±۱/۱۲

*فقط بین مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در مرحله سوم و چهارم، اختلاف معناداری مشاهده نشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱ مدار نورونی بین عضلات آگونیست در نخاع و نقش سلولهای رنشاو [۱].

میزان خروجی این نورون شده در نتیجه می‌توان گفت که از این نورون پیامهای تحریکی ضعیفی به سمت صفحه محرکه عضله سولئوس فرستاده می‌شود.این پیامها شدت کمی دارند و قدرت ایجاد انقباض در عضله سولئوس را نداشته، در نتیجه فقط موجب افزایش حساسیت و تحریک‌پذیری صفحه محرکه می‌شوند. انباشت این تحریکات در صفحه محرکه در طول مدت اعمال تحریک الکتریکی به عضلهٔ تیبیالیس قدامی موجب ثبت موج M بزرگتری در حضور رفلکس H خواهد شد.مقالات و پژوهشهای پیش که در این زمینه انجام شده‌اند، تغییرات ایجاد شده در اثر اعمال تحریکات الکتریکی را براساس مکانیسم مهار پیش و پس‌سیناپسی توضیح داده‌اند[۱۱، ۱۰، ۱۷]. احتمالاً بیان این مکانیسمها به این علت است که ویژگیهای رفلکس H به تنهایی بررسی شده و هیچگاه ویژگیهای موج M_h مورد توجه قرار نگرفته است.

فرضیه بیان شده در این مقاله، نخستین بار در این مدل پژوهشی بکار رفته و تغییرات ایجاد شده در رفلکس H و موج M_h براساس آن توضیح داده شده است. پارامترهای ARV، RMS و سطح زیرمنحنی نیز به عنوان تأیید رفتار دامنه استفاده شده که به دلیل تناظر آنها با دامنه، تمام موارد گفته شده در بحث راجع به دامنه در مورد این پارامترها هم صادق است.

۵- نتیجه گیری

براساس ارزیابی ویژگیهای رفلکس H و موج M_h می‌توان نتیجه گرفت که در اثر تحریک الکتریکی عضله تیبیالیس قدامی و انقباض آن، سطح فعالیت پایه و خروجی نورون محرکه عضله سولئوس افزایش یافته است. این موضوع از یک طرف باعث‌حساستر شدن صفحه محرکه این عضله شده و از طرف دیگر سبب فعال شدن سلولهای رنشاو مربوط به همان عضله شده است.

۶- منابع

[1] Glenn B, Whyte J. The paractical management of spasticity in cildren and adults. Philadelphia Lea & Febiger. 1990.

[2] Nelson RM, Currier DP. Chinical electrotherapy. California : Appleton & Longe, 1987.

[3] Sullivan SB, Schmitz TJ. Physical rehabilitation: assessment and treatment. Second edition. Philadelphia: FA Davis, 1988.

[4] Downie PA. Cash's textbook of neurology for physiotherapists. Fourth edition, London, Wolfe, 1992.

[5] Fukushima Y, Yamashita N, Shiamada Y. Faccilitation of H-reflex by homonymous Ia afferent fibers in man. J. Neurophys 1982; 48:1079-1088.

[6] Tsang CWY, Chan H. Inhibition of the human flexion reflex by low intensity, high frequency TENS has a gradual onset and offset. Pain 1987; 28:239-253.

[7] Segura JJ. Percutaneous cervical stimulation:

www.SID.ir

Archive of SID

Effects intraspinal structure. EEG & Clin. Neurophys 1991; 31: 229-303.

[8] Goulet C. Absence of consistent effects of repetitive transcutaneous electrical simulation on soleus H-reflex in normal subjects. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 1132-36.

[9] Levin MF, Hui-chan C. Are H and stretch reflexes in hemiparesis reproducible and correlated with spasticity? J. Neurology 1993; 240: 63-71.

[10] Boorman G, Hulliger M, Lee RG, Tako K. Reciprocal Ia inhibition in patients with spinal spasticity. Neuroscinece Letters 1991;127: 57-60.

[11] Crone C, Nielsen J, Ballegaard M, Hultborn H. Disynaptic reciprocal inhibition of ankle extensors in spastic patients. Brain 1994; 117: 1161-68.

[12] Okuma Y, Lee RG. Recipocal inhibition in hemiplegia: Correlation with clinical features and recovery. Can J Neurol Sci 1996; 23: 15-23.

[13] Maffiuletti NA, Martin A, Van Hoekhe J, Schieppati M. The relative contribution to the plantar torque of the soleus motor units activated by the H-reflex and response in humans. Neuroscience Letters 2000; 14:127-130.

[14] Wang RY, Chan RC, Tsai MW. Effect of thoraco-lumbar electric stimulation on knee extensor spasticity of persons who survived cerebro vascular accident. J Rehabil Res Dev 2000; 37(1):73-79.

[۱۵] حامدی حسین، فیروزآبادی سید محمد، ترکمان گیتی، فقیه‌زاده سقراط: اثر تحریک الکتریکی سطحی ستونفقرات کمری بر پارامترهای رفلکس H دانشور، سال ششم ۱۳۷۸، شماره ۲۳، ۷۸-۷۳

[16] Bradley JR. Mechanisms for electrical stimulation of excitable tissue. Critical Reviews in Biomedical Engineering 1994; 22:253-305.

www.SID.ir