Archive of SID



# بررسی فعالیت حلقه های گاما دوک عضلانی و $\alpha$-$\gamma$ Linkage در دم موش(Rat)

عفت برقي (Ph.D.)*


## چکیده

سابقه و هدف : دوک عضلانی مسؤول کنترل کار فیبرهای عضلات اسکلتی در هنگام استراحت و در سیکل حرکت می باشد و از آن به عنوان یک عامل Servo برای حرکات ارادی یاد شده است. کار این رسپتورکینتیک کاملاً به فعالیت فیبرهای گاما بستگی دارد، به طوری که فعالیت حلقهٔ گاما سبب فعالیت Ia و آوران های گروه II دوک عضلانی می شود. همچنین بین دو فیبر آلفا و گاما همکاری نزدیکی وجود دارد که در تنظیم کار عضلات مخطط مهم می باشند. هدف ازانجام این کارتحقیقی مطالعهٔ دقیق تر فعالیت حلقهٔ گاما در یک و دو سگمان متوالی نخاع و همچنین بررسی فعالیت فیبرهای آلفا با توجه به $\alpha$-$\gamma$ linkage بوده است، زیرا درک هر چه دقیق تر مکانیسم های فیزیولوژیکی حلقهٔ گاما و دانستن نحوه کنترل محیطی آنها، شاید راهی برای پی بردن به علل عوامل محیطی باشد که در بروز اختلالات حرکات غیر ارادی و دیستونیک نقش مؤثری دارند و از این طریق بتوان به این دسته از بیماران مبتلا کمک نمود.

مواد و روش ها : در این مطالعه از پانزده سر موش نر نرمال Sprague-Dawely و محلول داروی بیهوشی Urethane (30g/100ml) با دوز 170mg/100g وزن بدن با تزریق داخل پریتوئن استفاده گردید. برای بررسی حلقه های$\gamma$، لامینکتومی در ناحیهٔ کمری- خاجی و جراحی در نیمه اول پوست ناحیهٔ دم صورت گرفت.

نتایج : فعالیت موتونرون های گاما در یک سگمان نخاعی به موجب تحریک مکانیکی گوش خارجی، سبب فعالیت حلقه های گاما در یک و یا دو سگمان متوالی نخاع به طور Ipsilateral شد. به طوری که افزایش دپولاریزه در Ia و آوران های گروه II دوک عضلانی Caudal به دنبال افزایش فعالیت یک یا بیش از یک فیبرگاما بود. از طرفی Ia همواره فعالیت بیشتری در مقایسه با فیبرهای آوران گروه II بر روی فعالیت موتونرون های هم نام نشان دادند. در حالی که فعالیت فیبرهای آوران گروه III ناشی از تحریک پوست Caudal موجب فعالیت این دسته از موتونرون های گاما نشدند. با توجه به $\alpha$-$\gamma$ linkage دامنهٔ پتانسیل های عمل در فیبرهای آلفا در بیهوشی عمیق در حد ریتم زمینه بودند.

استنتاج : به موجب تحریک مکانیکی گوش، موتونرون های گامای هم نام فعال شده در یک و یا دو سگمان متوالی نخاع به طور Ipsilateral سبب فعالیت بیشتری در Ia در قیاس با آوران های گروه II در یک و یا بیش از یک دوک عضلانی گردید، اما آوران گروه III فعال شده به وسیله تحریک پوست Caudal اثر تحریکی روی موتونرون های گاما همنام نداشتند. همچنین با توجه به $\alpha$-$\gamma$ linkage فعالیتی در فیبرهای آلفا مشاهده نگردید.


واژه های کلیدی : دوک عضلانی، فیبرعصبی گاما، فیبرهای Ia و آوران های گروه II، فیبر آلفا، فیبرهای آوران III

* متخصص فیزیولوژی عمومی و نروفیزیولوژی، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی بابل

✉ بابل- خیابان گنج افروز، دانشگاه علوم پزشکی



www.SID.ir

Archive of SID

## مقدمه

Sherrington درسال ۱۸۹۸ بیان کردکه دوک های عضلانی نقش اصلی و اساسی را در کنترل کار فیبرهای عضلات اسکلتی درسیکل حرکت و در هنگام استراحت برعهده دارند(۱). فعالیت دوک عضلانی قویاً به تخلیهٔ فیبرهای گاما در صفحهٔ محرکهٔ انتهایی MEP(motor-end-plate) که در دو قطب دوک عضلانی وجود دارند، بستگی دارد(۲،۳،٤). Cooper درسال ۱۹٦۱ تعیین کردکه فیبرهایla حساسیت فازیکی بیشتری از فیبرهای آوران گروه ll دارند(٥). Mathaws هم در سال ۱۹٦۲ نظریهٔ Cooper را تأیید کرد و او نیز بیان نمود که فیبرهای آوران la و گروه ll هر دو به تحریکات تونیک پاسخ می‌دهند(٦). اگرچهMurphy درسال ۱۹۹۳ افزایش دامنهٔ پناسیل های عمل را برای فیبرهای la در سیکل قدم زدن بیان می کند (۷). Prochazka در سال ۱۹۹٦ با ایجاد تغییرات مکانیکی بر روی طول دوک عضلانی درحیوان پستاندار بیهوش‌شده، توانست در هر دو نوع فیبر آوران، تحریکی قابل رکوردگیری ایجاد نماید، اما او هیچ گونه اختلافی در میزان فعالیت آنها پیدا نکرد(۸).در صورتی که در بخشی از کار تحقیقی اخیر، ثبت شده در مقالهٔ قبلی، در ارتباط با فعالیت فیبرهای آوران دوک عضلانی در حیوان بیهوش شده با محلول Urethane ، در زمان کشش‌فازیک فعالیت فیبرهایla به طورمحسوس زیادتر از فعالیت آوران های گروه ll بود که به وسیله ENG ثبت گردید. در کشش تونیک علی رغم کاهش دامنهٔ پتانسیل‌های‌عمل‌درفیبرهایla درمقایسه باکشش فازیک، در هر دو نوع فیبرهای آوران فعالیت تحریکی مشاهده گردید. از طرفی همواره بین فعالیت موتونرون های گاما و آلفا یک رابطهٔ تنگاتنگی وجود دارد،وفیبرهای آوران دوک عضلانی سبب تحریک هر دو نوع موتونرون به طور همزمان و Ipsilateral می گردند(۹) و تعادلی هم بین فعالیت این دو نوع فیبر حرکتی وجود دارد(۱۰). در این رابطهProchazka درسال۱۹۸۱ گزارش کرد که اگر فیبرهای گاما مهار شوند، شخص قادر به حرکت خواهد بود(۱۱). درحالی که او در سال ۱۹۹٦ تغییر عقیده داده و بیان می کندکه بین فعالیت فیبرهای آلفا و گاما همکاری نزدیکی وجود دارد(۸). به طور کلی Mathews درسال ۱۹۸۱ از دوک عضلانی به عنوان یک عامل Servo برای حرکات ارادی یاد کرده بود(۱۲). در رابطه با عامل محرک محیطی برای موتونرون های گاما، Appelbery درسال ۱۹۸۳ اظهار داشت که تحریک آنها برای تمام عضلات هم نام(Homonymous) به طور غیر اختصاصی به وسیلهٔ تحریک فیبرهای آوران گروه ll با حداقل دو سیناپس صورت‌می گیرد(۱۳).درصورتی‌که Jankowska در سال ۱۹۹۷خلاف این نظریه را داشت و به اختصاصی بودن تحریک به وسیله فیبرهای گروه ll تأکید دارد(۱٤). به هر حال این پدیده نیاز به بررسی و تحقیق بیشتری دارد، زیرا در شناخت و نحوهٔ به وجود آمدن حرکات غیر ارادی با منشاء محیطی اهمیت فوق العاده‌ای را در بر دارد.

## مواد و روش ها

مطالعه بر روی ۱۵ سرموش(Rat) نر نژاد Sprague-Dawely با میانگین وزن ۵۰۰ گرم انجام شد. در ابتدا با محلول داروی بیهوشی Urethane (30g/100ml) با دوز 170mg/100g وزن بدن و تزریق داخل پریتوئن به موش ها بیهوشی عمیق داده شد. برای تثبیت سطح بیهوشی در طول آزمایش ها از محلول Urethane با تزریق داخل وریدی استفاده شد. میزان سطح بیهوشی به وسیله پاسخ دهی رفلکس های Pupillary وToe Pinch در طول عمل کنترل می‌گردید. موش ها دمر و بر روی شکم (Prone) روی میز جراحی قرار می گرفتند. درجه


www.SID.ir

Archive of SID

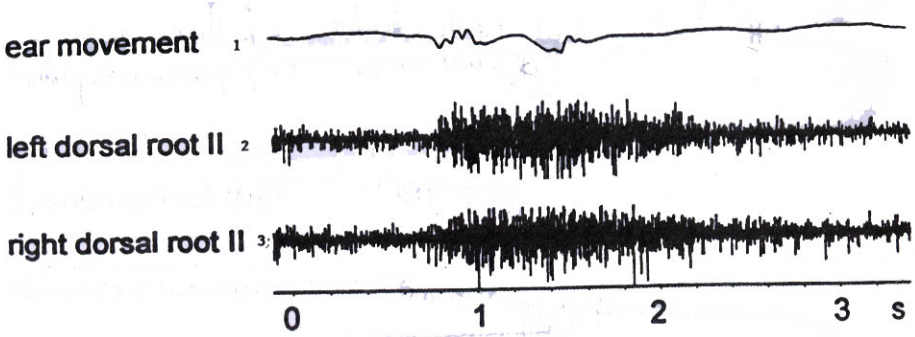


حرارت بدن حیوان به وسیله ترمومتری که در زیر شکم و یا در آنال حیوان قرار می گرفت، قابل کنترل بود. در طول مدت جراحی حرارت بدن حیوان در روی میزعمل که دارای دستگاه کنترل حرارت بود، همواره بین ۳۶ تا ۳۷ درجه سانتی گراد ثابت نگه داشته می شد. تنفس حیوان با قرار دادن لوله مخصوص در تراشه و اتصال آن به ماشین کنترل گازهای تنفس،کنترل می گردید و $Pco_2$ همواره بین ۳ تا ۵ درصد نگه داشته می شد. برای کنترل فشار خون از شریان رانی که ابتداکانوله وسپس توسط یک لوله مبدل به دستگاه فشار سنج متصل می شد، استفاده می گردید. فشارخون شریانی درسطح $\frac{116}{90}$ میلی مترجیوه نگه داری می شد. جهت جلوگیری از ترومبوز در درون لوله ازنرمال‌سالین pH =۷/٤ استفاده می گردید.

برای بررسی فعالیت حلقه های گاما ابتدا عمل لامینکتومی در ناحیه کمری- خاجی (Lumbosacral) انجام گرفت. پس از آشکار شدن ریشه های اعصاب مربوطه، یک حوضچه از نرمال سالین و پارافین در آن ناحیه ایجاد می گردید. برای بررسی فیبرهای حرکتی در نیمه اول Caudal عمل جراحی بر روی پوست ناحیه دم صورت گرفت و درتمام طول آزمایش فیبرهای عصبی به وسیله محلول نرمال سالین مرطوب نگهداشته می شد. جهت جلوگیری از خونریزی از Bone wax استفاده می گردید. برای تثبیت فعالیت اعصاب مورد آزمایش از الکترودهای قلابدار به ضخامت ۱ میلی متر از جنس نقره استفاده گردید. الکترودها تماماً به آمپلی فایر و CRO متصل بودند و در مسیر این ارتباط دستگاه های دیگری چون فیلتر وجود داشت.

## نتایج

در حالی که موش ها تحت بیهوشی عمیق با دوز یاد شده محلول Urethane بودند و بر روی شکم روی میز جراحی با شرایط خاص آزمایش قرار داشتند و دم حیوان در راستای بدنش بود، آزمایش ها انجام شد و نتایج به دست آمده از این قسمت از کار تحقیقی نشان دادکه تحریک مکانیکی گوش خارجی که با فلش‌های متعددی دربالای تراسه۱ درتصویر شمارهٔ۱ مشخص شده است، سبب افزایش فعالیت در ریشهٔII قدامی Caudal همان طرف (Ipsilateral) می گردد (تصویر شمارهٔ ۱، تراسه ۲).



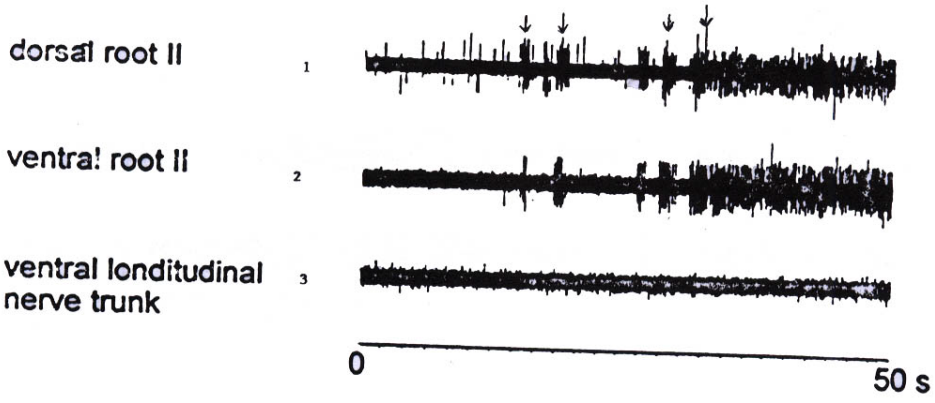

**تصویرشماره۱ تراسه۱ :** فعالیت دوطرفه فیبرهای گاما بموجب تحریک گوش خارجی سبب افزایش دامنهٔ پتانسیل های عمل در ریشه II خلفی طرف راست و چپ یک سگمان نخاعی می گردد.


www.SID.ir

Archive of SID

به طوری که افزایش دامنهٔ پتانسیل های عمل و زیادی تعداد فرکانس درفیبرهای گاما واضح و محسوس است. با قطع تحریک، کاهش شدیدی در دامنهٔ پتانسیل های عمل مشاهده شده که آنها را به ریتم زمینه نزدیک می کند.نتیجه این که فعالیت موتونرون های گاما تحت تأثیر تحریکات هسته های حرکتی مغز می باشند. تقریباً همزمان با تحریک گوش، افزایش فعالیت در ریشه ll خلفی Caudal به طور Ipsilateral دیده می شود(تصویر شمارهٔ۱، تراسه۱) که عملاً با قطع تحریکات مکانیکی دامنهٔ دپولاریزه در آنها کوتاه و به ریتم زمینه نزدیک می گردند.بنابراین ادامهٔ فعالیت ریشهٔ ll خلفی Caudal به فعالیت فیبرهای گامای مربوطه بستگی دارد. درابتدای تراسه ۱ در همین تصویر، با وجود این که قطع تحریک گوش خارجی که با قطع فعالیت گاما همراه است، در ریشه ll خلفی، پتانسیل های عمل کم و بیش و همراه با کاهش تعداد فرکانس مشاهده می گردد که عملاً این تحریکات پتانسیلی اثری بر روی فعالیت موتونرون های گامای موجود درهمان سگمان نخاعی ندارند و درENG رکوردی هم ثبت نشده است(تصویر شمارهٔ۱، تراسه۲). در این زمان، فعالیت ریشه ll خلفی همواره ناشی از لمس و تحریک پوست قاعده Caudal بوده که فیبرهای آوران گروه lll را فعال کرده است. این طور به نظر می رسد که فعالیت فیبرهای آوران گروه lll ، این دسته از موتونرون های گاما را در نخاع مهار کرده اند( تصویر شمارهٔ ۱، ابتدای تراسه۲). در صورتی که در هنگام تحریکات مداوم گوش به مدت کمتر از۲۰ ثانیه درهر دو ریشه ll خلفی و ریشه ll قدامی Caudal ، افزایش دامنهٔ دپولاریزه که همراه با افزایش تعدادفرکانس است، به طور مداوم دیده می شود(تصویر شمارهٔ۱، تراس های ۱و۲). از طرفی همزمان با تحریکات گوش خارجی و یا حتی عدم تحریک آن در طول مدت ENG از عصب حرکتی تنه طولی قدامی Caudal ، رکوردی قابل توجه ثبت نگردید و پتانسیل های عمل خیلی کوچک و در حد ریتم زمینه که بیانگر عدم فعالیت در این عصب بود (تصویر شمارهٔ۱،تراسه۳).

افزایش دپولاریزه در ریشه های ll خلفی Caudal طرف راست و چپ یک سگمان نخاعی به طول مدت بیش از یک ثانیه که به موجب تحریک حدود ۱-۲ ثانیه گوش خارجی بود رکوردگیری شد(تصویر شمارهٔ۲).




**تصویرشماره۱ تراسه۲ :** علیرغم فعالیت فیبرهای آوران دوک عضلانی بموجب فیبرهای گاما، فعالیتی در فیبرهای حرکتی تنه طولی قدامی caudal مشاهده می گردد و دامنهٔ پتانسیل های عمل در حد ریتم زمینه می باشند.

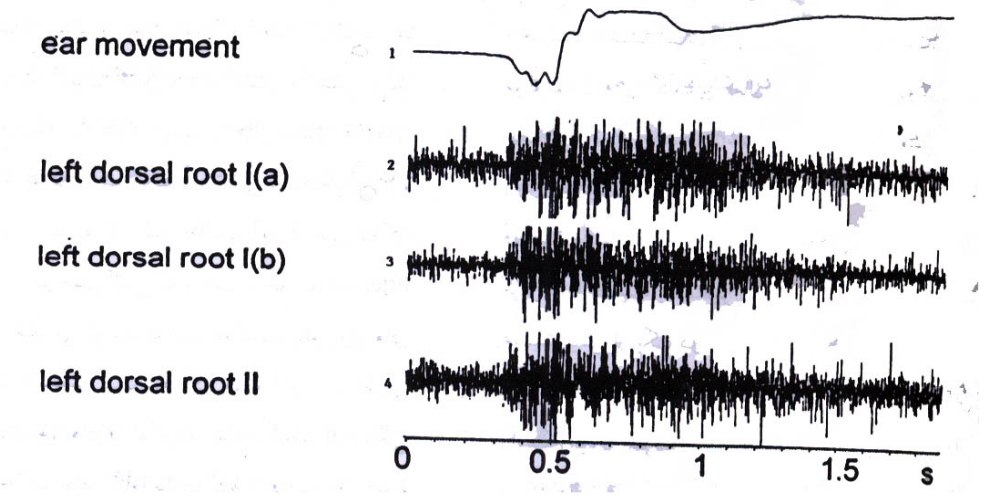

www.SID.ir

Archive of SID



دقیقاً دامنهٔ پتانسیل های عمل در تراسه های ۲و۳ در این تصویر یکسان می باشند. حتی حدوداً بیش از نیم ثانیه بعد از قطع تحریک مکانیکی، افزایش دپولاریزه همراه با افزایش تعداد فرکانس در ریشه های ll خلفی Caudal در هر دو طرف سگمان نخاعی به طور مشابه مشاهده می شود. نکته جالب در تصویر شمارهٔ ۲ این است که افزایش فعالیت دو طرفه فیبرهای گاما به طور یکسان سبب افزایش فعالیت فیبرهای la و آوران های گروه ll همان طرف و طرف مقابل همان سگمان نخاعی به طور همزمان شده اند. این پدیده نشان می دهد که هماهنگی نزدیکی بین فعالیت فیبرهای گاما وجود دارد که البته ثابت می کند که موتونرون های گاما تحت کنترل هسته های حرکتی مغزی می باشند. نتیجه این که فعالیت های یکسان و مشابه ریشه های ll خلفی Caudal در دو طرف یک سگمان نخاعی حتماً بایستی به وسیله موتونرون های گامای هم نام همان طرف فعال شده باشند.

تصویر شمارهٔ ۳ تراسه ۱ ثبت رکورد تحریک و یا عدم تحریک مکانیکی گوش خارجی را نشان می دهد. تحریکات مکانیکی گوش به طور همزمان موجب فعال شدن ریشه های l و ll خلفی Caudal همان طرف (Ipsilateral) گردیده است(تصویر شمارهٔ۳،تراسه های ۳، b ، ۲a). در هر سه تراسه، دامنه پتانسیل های عمل در فیبرهای la خیلی بلندتراز آوران های گروه ll می باشند، اما دامنه پتانسیل های عمل فیبرهای آوران در تراسه ۲a بیشتر ازتراسه های ۲b و۳ است. به‌طورکلی کاهش دامنه دپولاریزه در هر دو ریشه خلفی l و Caudal بعد از قطع تحریک مشاهده می شود. اماگهگاهی در ریشه ll خلفی Caudal پتانسیل های عمل بلندتر از پتانسیل های ریشه l خلفی Caudal ثبت گردید. این اختلاف پتانسیل های عمل می‌تواند مربوط به نحوه و چگونگی تخلیه فیبرهای گاما در MEPs دوک های عضلانی مربوطه و یا سایر فاکتورهای آناتومیک باشد. به هر حال با توجه به رکوردهای ENG می توان نتیجه گرفت که فعالیت فیبرهای گاما با منشاء یک سگمان نخاعی سبب فعالیت ریشه های l وll خلفی Caudal دو سگمان نخاعی در همان طرف شده اند، به طوری که موتونرون های فعال شده اثری یکسان و مشابه بر روی فعالیت فیبرهای la و آوران های گروه ll داشتند.




**تصویرشماره۱ تراسه۳:** فعالیت گاما ناشی از تحریک گوش خارجی موجب فعالیت ریشه های I و II خلفی در یک طرف سگمان نخاع شده است.


www.SID.ir

Archive of SID

## بحث

تحریکات گوش خارجی از طریق عصب گرانیال مربوطه، ایمپالس های عصبی را به هستهٔ Deiter's از هسته های Vestibular که در کناری ترین قسمت میلین سفالون قرار دارد منتقل کرده و سپس از طریق راه های عصبی مربوطه موجب افزایش موتونرون های گاما در قطعات کمری- خاجی نخاع می گردد. در صورتی که تحریکات گوش دو طرفه باشد، افزایش فعالیت فیبرهای Ia و آوران های گروه II دوک های عضلانی قاعده Caudal درهردوطرف سگمان نخاعی به موجب افزایش فعالیت دو طرفهٔ فیبرهای گامای مربوطه می باشند. در هنگام قطع تحریکات،به علت ادامهٔ تخلیه الکتروکیمیکال فیبرهای گاما در $MEP_S$ فیبرهای دوک عضلانی حدوداً به مدت بیش از٤-٥ برابرطول مدت تحریک درفیبرهای آوران دو طرف سگمان نخاعی افزایش فعالیت مشاهده گردید و رکوردگیری شد. یکسان بودن فعالیت در فیبرهای آوران Ia و گروه II در طرفین یک سگمان نخاعی، نهایتاً به موجب ایمپالس های عصبی یکسان هسته های Deiter's ازمغز است. با وجود این که فعالیت فیبرهای گاما در دو طرف یک سگمان نخاع کاملاًبه طور مستقل عمل می کنند، اما در تحقیق اخیر نشان داده شد که میزان پتانسیل های عمل و تعداد فرکانس ها همواره تحت کنترل کامل CNS است. به همین دلیل است که همیشه بین میزان ایمپالس های عصبی فیبرهای گاما در دو طرف یک سگمان نخاعی هماهنگی وجود دارد (تصویر شمارهٔ ۲). البته فعالیت آوران های دوک عضلانی با تأخیرخیلی کمی که به‌علت وجودپدیدهٔ Jitter می باشد، دقیقاً می توانند موجب فعالیت موتونرون های گاما گردند (تحقیق ثبت شده در مقاله قبلی). از طرفی ادامهٔ فعالیت فیبرهایIa وآوران های گروه II بستگی کامل به فعالیت حلقهٔ گاما دارد. گاهی افزایش در دامنهٔ پتانسیل های فیبرهای آوران مشاهده می گردد که با تحریک مکانیکی گوش وفعالیت فیبرهای گاما هماهنگی ندارند(تصویر شمارهٔ۱). این افزایش فعالیت مربوطه به تحریکات سطح پوست ناحیه قاعده Caudal می باشد که در حین آزمایش صورت گرفته و ناشی از فعالیت فیبرهای آوران گروه III است که معمولاً با فیبرهای آوران گروهII دوک‌عضلانی همراه هستند.البته Erlanger هم درسال۱۹۳۷ از فعالیت آنها یاد کرده است(۱۵). نکته جالب توجه دیگری که در بررسی فعالیت فیبرهای گاما در این آزمایش‌ها به دست آمد و رکوردگیری شد، فعالیت ریشه های خلفی Caudal در دو سگمان نخاعی بود، که به موجب فعالیت فیبر و یا شاید فیبرهای گاما فعال شده ازیک سگمان نخاعی می باشد. به طوری که فیبرهای Ia و آوران های گروه II دوک عضلانی در هر دو سگمان تقریباً دارای افزایش دامنهٔ دپولاریزه و تعداد فرکانس یکسانی بودند. البته کوتاهی‌ویا بلندی مختصری که در دامنهٔ پتانسیل های عمل در تراسه های مربوطه دیده می شود، بستگی به شدت یکنواخت ایمپالس های گاما ندارد و احتمالاً مربوط به نحوه چگونگی سیناپس فیبر یا فیبرهای گاما با $MEP_S$ و مقدار Ach رها شده است و یا شاید سایر فاکتورهای آناتومیک دراین امر دخالت داشته اند. آنچه که مسلم است: ۱) یا موتونرون های گامای فعال شده بر روی دوک های عضلانی اثری یکسان داشته که موجب اثر مشابهی بر روی فعالیت فیبرهای آوران گشته اند. ۲) یا این که فعالیت یکسان فیبرهای آوران دوک عضلانی می تواند مربوط به فعالیت یک فیبر گاما باشد که احتمالاً موجب فعالیت بیش از یک دوک عضلانی گردیده است.

به هر حال Celichowski هم در سال ۱۹۹٤ در این رابطه بیان کرده است که فعالیت فیبرهای آوران دوک های عضلانی مشابه هم و دارای فعالیت یکسانی بر روی موتونرون های گامای مربوطه می باشند(۱٦).


www.SID.ir

Archive of SID



خلاصه این که اولاً فیبرهای آوران دوک عضلانی فعال شده به طور Ipsilateral تنها با موتونرون های سگمان محرک خود سیناپس نمی کنند، بلکه سبب فعالیت یک سگمان بالاتر، یا پایین تر و یا شاید هر دو سگمان می گردند که نتیجه آن تحریک و افزایش فعالیت موتونرون های گاما اما هم نام است. در ثانی، فیبرهای آوران la و گروه ll در زمان های متفاوت در فعالیت موتونرون های گامای هم نام شرکت دارند. درحالی که Appelbera در سال ۱۹۸۳ تحریک فیبرهای گامای هم نام را به طورغیراختصاصی و فقط به آوران های گروه ll ارتباط داده(۱۳) و Jankowske درسال ۱۹۹۷ فعالیت این دسته از موتونرون ها را به طور اختصاصی و تنها به فعالیت آوران های گروه ll دوک عضلانی مرتبط می داند(۱٤).درصورتی که درتحقیق اخیر همان طوری که ENG نشان می دهد هر دو فیبرهای la و آوران های گروه ll در فعالیت این دسته از فیبرهای حرکتی دخالت دارند. حتی می توان قویاً بیان کرد که فیبرهای la مسؤولیت بیشتری در مقایسه با آوران های گروه ll در تحریک و افزایش فعالیت موتونرون های گامای هم نام برعهده دارند. به هر حال این نکته را باید در نظر داشت که در حرکات دیستونیک پیشرفته اختلال درهر دوگره عضلات خم‌کننده و بازشوند ظاهرمی شود.

موضوع دیگری که در کنار فعالیت فیبرهای گاما موردبررسی قرارگرفت،فعالیت عصب حرکتی تنه طولی قدامی Caudal بود که در سراسر طول دم کشیده شده است. در هنگام تحریک گوش خارجی که با افزایش فعالیت فیبرهای دوک‌های عضلانی قاعده Caudal همراه بود، هیچ گونه فعالیت قابل ملاحظه ای دراین عصب حرکتی مشاهده نشد و در ENG پتانسیل‌های عمل خیلی کوچک و در حد ریتم زمینه بودند. به طور یقین این کیفیت ناشی از عدم وجود دپولاریزه کافی در این فیبر عصبی می باشد. از طرفی، به احتمال قوی می توان بیان کرد که عدم فعالیت این نوع فیبرهای گاما در این دسته فیبر عصبی به دلیل عدم وجود دوک های عضلانی مربوطه در عضلات Caudal Intertransverse مشابه عضلات Interosseus می باشد. اگرچه Steg در سال ۱۹٦٤ خلاف این پدیده را بیان کرده بود(۱۷). Kidd در سال ۱۹٦۹ گفتهٔ Steg را تأیید کرد(۱۸). همچنین Thompson درسال ۱۹۷۰به وجود دوک عضلانی دراین عضلات در ناحیه Caudal اشاره می کند(۱۹). اما Part (۱۹۷٤) هم نتوانست فعالیت فیبرهای گاما را در عصب تنه طولی قدامی Caudal رکوردگیری کند(۲۰). چنانچه در تحقیق اخیر هم در این فیبر عصبی پتانسیل های عمل در حد ریتم زمینه بود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که با توجه به پدیدهٔ $\alpha$-$\gamma$ Linkage (۱۰،۹) چون حیوان در طول مدت آزمایش دربیهوشی عمیق بامحول Urethane بود، بنابراین فعالیتی در فیبر آلفا مشاهده نشده است. البته این پدیده احتیاج به بررسی بیشتر و دقیق تری دارد، زیرا می تواند دارای اهمیت ویژه یی در کنترل بیماران مبتلا به حرکات دیستونیک به خصوص درناحیهٔ دیستال اندام ها باشد و همچنین می تواند به شناخت منشاء و چگونگی شروع این حرکات غیر ارادی کمک زیادی نماید.

## فهرست منابع


1. Sherrington, C.S. Decerebrate rigidity and reflex coordination of movements. ***J. Physiol. Lond.*** 1898; 22: 319-22.
2. Ruffini A. On the minute anatomy of the neuromuscular spindles of the cat on their physiological significance. ***J. Physio.*** 1898; 23: 190-208.




www.SID.ir

Archive of SID

3. Mathews PBC.Nerve endings in mammalin muscle. ***J. Physio.*** 1933; 78: 1-53.
4. Leksell L. The action potential and excitatory effects of the small ventral root fibres to skeletal muscle. ***Acta. Phsio. Scan.*** 1945 suppl; 10: 31.
5. Cooper S, Daniel PM. Muscle spindles in human eye muscles. ***Brain.***1961;27:1-24.
6. Mathews PBC. The central control of the dynamic response of muscle spindle receptors. ***J. Physio.*** 1962; 161: 357-78.
7. Murphy PR, Hammond GR. The locomotor discharge characteristics of ankle flexor γ- motoneurones in the clecrebrate cat.***J.Physio.***1993;462: 59-70.
8. Prochazka A. ***Proprioceptive feedback and movement regulation.*** American Physiological Society, New York. 1996; PP: 89-127.
9. Burke D, et al. Muscle spindle activity induced by vibration in man, In: ***progress in clinical nurophysiol.*** J. E. Desmedt, Basal S. Karger (ed) 1980; PP: 243-53.
10. Grunner JA, Altman J. Swimming in the rat: Analysis of locomotor performance in comparison to stepping. ***Exp. Brain Research.*** 1980; 40: 374-82.
11. Prochazka A, Stephens JA, Wand P. Muscle spindle discharge in normal and obstructed movements. ***J. Physio.*** 1981; 287: 57-66.
12. Mathews PBC. Evolving views on the internal operation and functional role of the muscle spindle. ***J. Physio.*** 1981; 320: 1-30.
13. Appelbery B, Hulliger M, Sojka P. Actions on γ- motoneurones elicited by electrical stimulation of group ll muscle afferent fibres in the hind limb of the cat. ***J. Physio.*** 1983; 335: 255-73.
14. Jankowska E, Riddell J. Difference in input from group ll afferents to γ- motoneurones of five hind limb muscle. ***J. Physio.*** 1996; 505, PP: 76-77
15. Erlanger J. ***Electrical signs of nervous system*** University of Pennsylvania Press, Philadelphia, 1937.
16. Celichowski J, Laporte Y. Primary and secondary efferent discharges from the same spindle during chain contraction. ***Exp. Physio.*** 1994; 79: 694-704.
17. Steg G. Efferent muscle innervation and rigidity. ***Acta.Physio.Scand.***1964 Supple; 223, PP: 1-53.
18. Kidd GLJ. Muscle spindle innervation in the intertransverse caudal muscle of the rat. ***J. appl. Physio.*** Inpress. 1969.
19. Thompson J. Parallel spindle systems in the small muscles of the rat tail. ***J. Physio***. 1970; 11: 782-797.
20. Part NJ. The division of control of muscle spindles between fusimotor and mixed skeletofusimotor fibres in rat caudal muscle. ***Quar. J. Exper. Physio.*** 1974; 59: 331-340.


www.SID.ir