

KAS İÇİĞİ AFERENTLERİNİN SİNERJİST MOTONÖRN AKTİVİTESİNE ETKİLERİ*

Dr. Niyazi TAŞÇI**

Anestezişiz deserebre kedilerde ekstensör grup I ve II aferentlerinin sinerjist motonöronlara etkileri, ekstrasellüler kayıt yöntemi ile araştırıldı. Tek motor sinir lifi, hep yada hiç kuralı ve eşik uyaran şiddeti ölçülerine göre izole edildi. Arka kök potansiyelleri ile birlikte ön kökün tek lifinden cevaplara grup I ve II etkisi belirlendi. Grup I ve II lerin kendi motonöronunu eksite ettiği, sinerjist ekstensör motonöronlarda; eksitasyon ve fasillitasyona neden olduğu tesbit edildi. Grup II aferentlerin grup I aferentlere eksitasyon esnasında yardımcı olduğu, grup I ve II lerin tetanik uyarılmasının sinerjist ekstensör motonöronların ek-sitabilitesini ve deşarj frekansını artırdığı izlendi. Sonuçlar önceki çalışmaların ışığı altında tartışıldı.

Lloyd (1), çalışmalarında grup I a'ların aynı kasın motonöronunu eksite ettiğini, fakat grup I a Kolleteralerinin sinerjist motonöronlara eksitatör etkisi daha da zayıf olduğunu göstermiştir. Grup I b, grup II lifleriyle iletilen impulslar; internöronlarda birleşen aktiviteye bağlı olarak motonöronlara ulaşabildiği, yada ulaşamadığı görülmüş. Yine deserebre preparatlarda grup II liflerinde oluşan deşarj, fleksör motonöronlarında ya çok küçük refleks deşarjı oluşturduğu, yada hiç değişiklik olmadığı bulunmuştur (2).

* Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalında yapılmıştır.

** Ondokuzmayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Yrd. Doçenti.

Daha sonraları monosinaptik test yolu ile motonöron topluluklarının eksitabilitesi araştırılmıştır. Primer aferentlerin aynı kasın motonöronlarını eksite, antagonist kasların motonöronlarını inhibe ettiği sonuca varılmış (3). Hund (4) kas içciklerinde sekonder sonlama yapan liflerin grup II ler olduğunu izlemiştir. Daha sonra çapları, ileti hızları, orijinleri ve medulla da sonlanma şekilleri farklı olan grup I ve II lerin refleksleri nasıl etkiledikleri tartışılmıştır (5, 6, 7, 8).

Fizyolojik olarak grup II ler fleksör motonöronları eksite, ekstensörleri ise inhibe etmektedir. Lloyd (3) grup II lerin fleksör motonöronlarda eksitasyona neden olduğunu belirtmiştir. Mendell ve arkadaşları (9, 10), Medial gastroknemius (MG) sinirindeki tek I a lifini uyararak hemen hemen her bir MG motonöronundan Eksitator Post-Sinaptik Potansiyel (EPSP) elde etmişlerdir.

Benzer çalışmalarda I a lifinin uyarılması ile sinerjistik bir kastan; bir yada birkaç motonöronların az bir kısmında değişik amplitüde EPSP bulunmuştur (10, 11). Mendell ve arkadaşları (9) I a liflerinin kendi motonöronları üzerinde dalanması değişik olabileceği, bu sayının aferent liflerinin büyüklüğü ile çoğalabileceğini açıklamışlardır.

Laporte ve arkadaşları (12, 13) na göre ekstensiyon süresinde primer aferentler çok yüksek frekanslı deşarj biçimi gösterirken, sekonder aferentler de ekstensiyon süresince bir etkinin olmadığını söylemişlerdir. Ancak Matthews (14) deserebre kedilerde sekonder aferentlerin sinerjistik ekstensör motonöronlarda inhibisyonla çok otogenetik eksitasyon meydana getirdiğini göstermiştir.

Eccles ve arkadaşları (15) grup II lerin reflekse olan etkisini aydınlatmak amacıyla hücre içi kayıt yöntemleri kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda grup II kas aferentleri fleksör motonöronlarda eksitasyon, ekstensörlerde ise inhibisyon meydana getirdiğini savunmuşlardır.

Bu konuda yapılan çalışmaların çelişkili olduğu görülmektedir. Bundan dolayı bu konunun tekrar incelemeye değer olduğu yargısına varıldı. Bu amaçla tek sinerjistik motor sinir lifi üzerinde çalışarak; ekstensör grup I ve II kas içiçeri aferentlerinin sinerjistik motonöronları nasıl etkiledikleri araştırıldı.

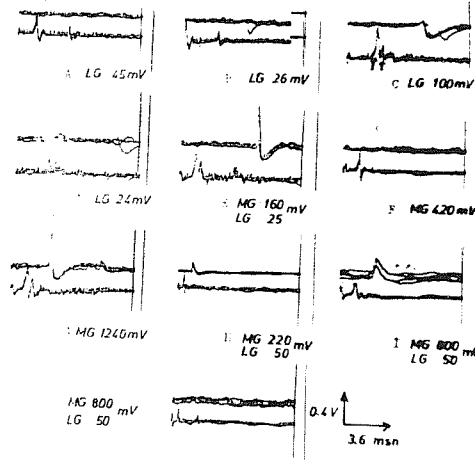
GEREÇ VE YÖNTEM

Deneyler, deserebre edilmiş kedilerde yapıldı. Operasyon esnasında hayvanlar eterle uyutuldu. Gerektiğinde suni solunum için traketomi yapıldı ve Y kanülü takıldı. Vena jugularis exsternaya poetilen kanül takıldı. Arterio carotis communislerden biri kesilerek civalı bir manometreye bağlandı. Arteryal kan basıncı 70 mmHg nin üstünde tutuldu. Kan basıncı 70 mmHg nin altına düşünce Reomakrodeks ile yükseltildi. Medulla spinalis laminektomi ile lumbal kısmın tamamı ve sakral bire kadar açıldı. Sol arka ekstremitede Gastrocnemius (GS) siniri dışında kalan tüm sinirler denerve edildi. Ayrıca arka sağ ekstremitenin tüm sinirleri de denerve edildi. Lateral gastrocnemius (LG) ve MG sinirleri ayrı ayrı komşu dokulardan ayrılarak 1-2 cm uzunluğunda prepare edildi. Deserebrasyon interkollikuler seviyede derin eter anestezisi altında yapıldı. Deserebrasyondan sonra eter anestezisine son verildi, iki saatlik bir aradan sonra deneylere anestezisiz başlandı. Medulla Spinalis ve sol arka ekstremiteye bir havuz yapılarak; bölgenin kurumasını önlemek, elektrofizyolojik yalıtkanlığı sağlamak ve vücut ısısını korumak için, 37°C sıcaklıktaki nötral sıvı parafin ile dolduruldu. Termofor yardımı ile deney süresince vücut sıcaklığı 37°C civarında sabit tutuldu. İnce pensler ve makaslar yardımı ile medulla spinalis in üzerindeki duramater açıldı. Sol tarafta 6. ve 7. lumbal ön köklerle 1. sakral ön kök omirilik kanalını terk ettiği kısımdan kesildiler. Refleks potansiyellerinin kayıt edilmesi için genellikle 7. lumbal ön kök bir kaydedici elektrodla yerleştirildi. Ayrıca ön kökler saatçı pensi ve büyüteç yardımı ile liflerine ayrılarak tek motonöron izole edilip kayıt edici elektrodun üzerine konuldu. Bu arada tek motonöron izolasyonu eşik uyararla tesbit edildi. Motonöron büyüklüğü için aksonal impuls büyüklüğü bir indeks olarak kabul edildi. Böylece motonöronlara ulaşan informasyonun stabilizesi devamlı kontrol altında tutuldu (Şekil 1). Uyarıcı elektrodla LG ile MG sinirleri yerleştirildi. Ön köklerde üzerindeki kaydedici elektrod preamplifikatör üzerinden ve amplifikatör aracılığı ile hafızalı osiloskopta aksiyon potansiyellerinin latensleri ve amplitüdü ölçüldü. Amplifikatörün bir çıkışı ses amplifikatör aracılığı ile hoperlore bağlanarak alınan impulslar sese çevrildi.

Çalışmalarda grup I ve grup II eşik uyararı ve maksimal uyararı şiddeti kullanıldı. Uyararının süre ve frekans nitelikleri de göz önüne alındı.

E de MG 160 mV ve LG 25 mV la 3 msn ara ile uyarıldı. MG nin 160 mV la uyarılması uyarılma eşiği yüksek olan grup II leri uyarmak içindi. Bu durumda motonöron her uyarana cevap verdi. Bunun da nedeni MG nin grup II si LG motonöronunun seri halde deşarjına yardımcı olmuş oluyordu. F de 0.2 msn süre ile 420 mV la uyarıldı. Fakat motonöron cevap vermiyordu. Çünkü LG motonöronu idi. G de MG 1240 mV la uyarıldığında LG motonöronu bu uyarana cevap verdi. O halde yüksek uyarın şiddetinde MG, sinerjisti olan LG motonöronunu grup II ve III şiddetinde uyarıyordu. Bu motonöron MG den polisaptik aktivasyon için sipesifikti.

H da MG 220 mV, LG siniri ise 50 mV aynı anda uyarılıyor, sonra grup I ler aktive oluyor ve motonöronda EPSP oluşuyordu. İ de MG 800 mV la grup II yi uyarmak için, LG ise 50 mV, la aynı anda uyarıldı. Motonöron grup II lerle deşarj yapmaya başladı. Burada da grup II ler sinerjist motonöronun deşarjına sebep oluyordu.

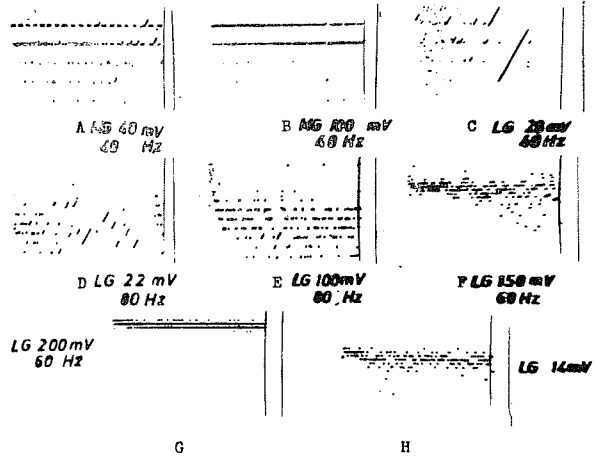


Şekil 2. LG ve MG sinirinin ayrı ayrı ve beraberce uyarılması ile L₇ ön kökten alınan LG motonöronunun cevapları görülüyor. Üst trase motonöron, alt trasi ise ark kök cevapları. Oklar: Birinci ok grup I, ikinci ok grup II'leri göstermektedir.

Şekil 3 ise MG ve LG sinirlerin tetanik uyarılması ile ve spayk analizatöründen geçtikten sonra elde edilen sonuçları göstermektedir. Bu deşarjlar MG motonöronuna ait olup S₁ (Sakral 1) den kayıtlanmıştır. A da MG siniri 40 mV 40 Hz ile uyarıldığında her iki nörontonik olarak deşarj yapıyordu. B de MG 100 mV, 40 Hz'le uya-

rılınca her iki nöronunda deşarjı arttı. C de LG 28 mV, 40 Hz'le uyarılınca muhtemelen küçük motonöron yalnız olarak deşarj yapıyordu. Bu deşarj önceki fasilitasyonun neden olmasından ileri gelebilir.

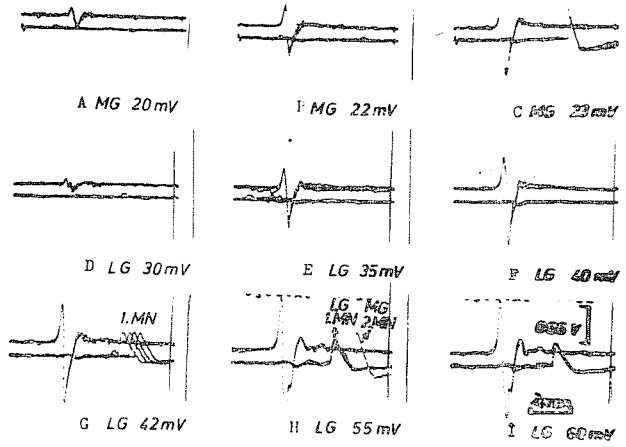
D de bu MG motonöronu LG'nin 22 mV 80 Hz'le uyarılmasına cevap veriyordu. E de LG 100 mV, 80 Hz'le uyarılınca başlangıçtaki yüksek deşarj muhtemelen büyük fazik motonörona aitti. F de LG 150 mV, 60 Hz'le uyarılınca motonöronlar bariz eksitasyon gösteriyordu. C de uyarıyı 200 mV, 60 Hz'e çıkarılınca eksitasyon daha da arttı. H da LG 0.2 msn süre ve 14 mV ile uyarılınca deşarj öncekine oranla biraz düştü. Bu durumda MG motonöronları grup I şiddetinde LG tarafından tetanik uyarılara nisbeten cevap veriyor. Grup II şiddetinde ise daha iyi deşarj yapmaktadır.



Şekil 3. MG motonöronunun MG ve LG aracılığı ile belirli uyarı şiddetinde tetanik olarak uyarıldı ve LG'nin MG'ye olan etkileri görülmektedir.

Şekil 4 de 2 tane motonöron cevabı var. 1.si LG motonöronu, 2.si ise MG motonöronudur. LG ile MG'nin aralıklı uyarılması ile birbirlerine olan etkileri incelendi. A da MG 0.05 msn süre ve 20 mV'la uyarıldı. Bu uyarı şiddeti NAP (Nöronun arka kök potansiyeli) için eşiktir. Üst trasede grup I lerin cevabı görülmekte. NAP L₇ (Lumbal 7) den İntakt olarak kaydedildi. B de ise uyarı şiddeti 22 mV'a çıkarıldı. NAP büyüdü. Çünkü uyarının artması uyarılan lif sayısını artırmış oldu. C de uyarı şiddeti 23 mV'a çı-

karıldı. Motonöron deşarj yapmaya başladı. 23 mV motonöron için eşik uyarın şiddeti idi. D de LG 30 mV'la uyarılıyor. NAP için bu uyarın şiddeti eşik uyarandı. Burada grup I ler görölmekte. E de LG 35 mV'la uyarıldı. NAP büyüdü. F de 40 mV'a çıkarıldı NAP daha da büyüdü. Grup II ler belirlemeye başladı. G de LG 42 mV'la uyarıldı. 1. motonöron her uyarana cevap vermeye başladı. H da LG'nin uyarını 55 mV'a çıkarıldı. 2. motonöron deşarj yapmaya başladı. Bu uyarın şiddeti 2. motonöron için eşiktir. Burada ikinci motonöron grup II lerle beraber geliyordu. İ de LG 60 mV'la uyarıldı. 1 ve 2. motonöron cevap verdi. 2. motonöron LG den polisınaptik olarak uyarılan bir motonörona benziyordu. İkinci motonöron MG den kolay uyarılıyor. O halde 2. motonöron MG motonöronudur.

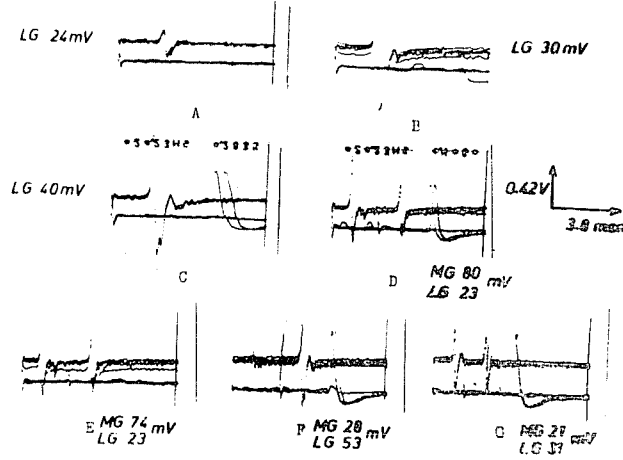


Şekil 4. Şekilde MG ve LG motonöronları görölmektedir. Üst trase NAP'yi alt trase ise motonöronların cevabını göstermektedir.

Şekil 5 de LG motonöronunun MG nin grup I ve II lerinden fasilite olmasını göstermektedir. A da LG siniri 0.05 msn süre ile 24 mV la uyarıldı ve bu uyarın şiddeti NAP için eşikti. Henüz motonöron cevap vermedi. B de LG 30 mV la uyarıldı. Motonörondan refleks cevabı alındı. C de uyarın 40 mV a çıkarıldı. Grup II lerin yardımı ile motonöron daha iyi cevap vermeye başladı.

D de MG 80 mV la önce, LG 23 mV la 3 msn aradan sonra uyarıldı. Motonöron cevap verdi. Burada grup II fasilitasyonu var-

di. E de MG 74 mV, LG 23 mV la uyarıldı. Motonöron cevap vermedi. Bundan anlaşılıyor ki, LG motonöronu MG nin grup II leri ile uyarılıyordu. F de MG 28 mV LG 53 mV 3 msn aradan sonra uyarılıyor. Motonöron cevabı bariz ve grup II lerle fasillite oluyor. G de MG 0.05 msn 21 mV la, 0.26 msn 31 mV la uyarılıyor ve 2 msn ara ile motonöron her uyarana cevap veriyordu. Ayrıca bu motonöron MG den fasillite oluyordu.



Şekil 5. LG motonöronunun MG'nin grup I ve II' lerinden fasillitasyona uğramasını göstermektedir. D de grup II fasillitasyonu, G de grup Ia fasillitasyonu, Üst traseler NAP'i alt traseler ise motonöronlardan alınan refleks cevabı göstermektedir.

TARTIŞMA

Ekstensör grup I aferentlerinin sinerjist motonöronlara etkileri

Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre Gastrocnemius sinirinin içerdiği grup I aferentlerinin uyarılması sinerjist motonöronlarının eksitasyonuna katkıda bulunmaktadır.

Şekil 5 G de MG siniri grup I şiddeti ile uyarılması LG motonöronunun grup I a lar aracılığı ile fasillitasyona uğrattığı görüldü.

Lloyd (1), grup I a ların aynı kasın motonöronunun eksite ettiğini, fakat grup I a kollaterallerinin direkt sinerjist motonöronlara eksitator etkisinin daha zayıf olduğunu gösterdi. Herhangi bir motor nukleustaki motonöronlar üzerine Ia liflerin etki gücü grup

İ'lerin maksimal uyarılması ile oluşan EPSP'nin büyüklüğünün ölçüsü ile tayin olunur. Aynı kasın la liflerinin uyarılması ile her zaman EPSP görüldüğü, ayrıca görülebilir potansiyeller yolu ile de oluşabildiği ve LG'nin motonöronları kendisinden olduğu gibi MG motonöronlarından da eksitator impuls alır. Bir motor nukleus içindeki her bir motonöron aynı kasa ait olan I a lifleri ile innerve edilir (9, 10). Benzeri çalışmalarda sinerjist bir kastan bir yada bir kaç la lifinin uyarılması ile motonöronların yarısından daha azından değişik amplitüdü EPSP bulundu (10, 11).

Sunulan çalışmanın sonuçlarını şimdiye kadar yapılan çalışmalar desteklemektedir. Bu çalışmada, Lloyd (3)'ün primer aferentlerin aynı kasın motonöronlarını eksite ettiğine dair klasik bulgu gözden geçirildi. Yine bu çalışmada Jack ve arkadaşları (11) nin bulguları ile az bir fark olsa da bunu la ların sinerjistlerine verdiği değişik kollaterallerden ileri geldiğine bağlamak gerekir.

Ekstensör grup II aferentlerinin sinerjist motonöronlarına etkileri

Araştırmanın bu kademesinde LG ve MG sinirlerinin elektriksel uyarılması sinerjist motonöronların bazılarında tam eksitasyon, bazılarında ise eksitasyonu fasilite etmektedir. Ayrıca grup II'ler kendi motonöronunu eksite etmiştir.

Şekil 2 E'de MG siniri grup II ler aracılığı ile LG'nin motonöronuna daha iyi deşarj yaptırdığı görülmüştür. Yine Şekil 2 G de ise yüksek uyarılarla MG yalnız başına LG'nin motonöronuna deşari yaptırdığı görüldü. Şekil 4 H da ise LG siniri grup şiddetinde MG nin motonöronunu uyardığı görülüyor. Bu bulgular ekstensör grup II'lerin deserebre preparatlarda sinerjist motonöronlarda eksitasyona neden olduğunu gösterir.

Matthews (14)'ün çalışmaları bu açıklamayı desteklemektedir. Matthews deserebre kedilerde yaptığı araştırmalara göre sekonder aferentlerin sinerjist ekstensör motonöronlarda inhibisyondan çok otojenetik eksitasyon oluşturduğunu bulmuştu. Deserebre preparasyonlar için karakteristik olan rijiditenin oluşmasında sekonderlerin bu eksitator etkileri büyüktür.

Lloyd (3) grup II lerin fleksör motonöronlarda eksitasyon oluşturduğunu gösterdi. Hücre içi kayıt yöntemi ile çalışılan Eccles ve Lundberg (15) grup II lerin fleksör motonöronlarda eksitasyon, ekstensörlerde ise inhibisyona neden olduğunu buldular.

Bu çalışmanın sonuçları yukarıda belirtilen bulgulara uymamaktadır. Bu uyumsuzluğu kısmen de olsa preparasyon biçiminin farklı oluşuna bağlayabiliriz.

Ekstensör grup I ve II lerin gerek kendi motonöronunu, gerekse farklı büyüklükteki sinerjist motonöronları nasıl etkiledikleri önemli bir konudur. Çalışmanın sonuçlarına göre ekstensör grup I ve II lerin kendi motonöronlarına eksitasyon, sinerjistlerine ise nöron tipine göre eksitasyon veya fasilitasyon yapmaktadır.

SUMMARY

THE EFFECTS OF MUSCLE SPINDLE AFFERENTS ON SYNERGIST MOTONEURONS ACTIVITY

The effects of electrical stimulation of the group I and II afferents on the synergist motoneurons were studied in decerebrate unanesthetized cats. Single motor axons were isolated functionally. The incoming afferent volley was recorded from the ventral root filaments. Thus the group I and II effects were judged. It was established that the stimulation of the extensor group I and/or II afferents activated the synergist motoneurons. These results were discussed under the light of previous investigations.

KAYNAKLAR

1. Llyod, D.P.C. «Integrative pattern of excitatory and inhibitory in two-neuron reflex arcs», J. Neurophysiol. 9 : 439, 1946.
2. Moundcastle, V.B.: «Medical Physiology», The C.V. Mosby Comp. 13 : 182, 1974.
3. Llyod, D.P.C.: «Reflex action in relation to pattern and peripheral source of afferent stimulation», F. Neurophysiol. 6 : 111, 1943.
4. Hunt, C.C.: «Relation of function to diameter in afferent fibres of muscle nerves», F. Gen Physiol. 38 : 117, 1954.
5. Laporte, Y. and Llyod, D.P.C.: «Nature and significance of the reflex connections established by large afferent fibres of muscular origin». Am. F. Physiol. 169 : 609, 1952.
6. Paintal, A.S.: «Functional analysis of group III afferent fibres of mammalian muscles», F. Physiol. 152 : 250, 1960.

7. Mc. Grath, G.J. and Matthews, P.B.C.: «Support for autogenetic excitatory reflex action of the spindle secondaries from the effect of gamma blockade by procaine», *F. Physiol.* 210 : 176, 1970.
8. Grillner, S. and Udo, M.: «Motor unit activity and stiffness of the contracting muscle fibres in the tonic stretch reflex». *Acta Physiol. Scand.* 81 : 422, 1971.
9. Mendell, L.M. and Henneman, E.: «Terminals of single Ia fibers: Distribution Within a pool of 300 homonyms motor neurons», *Scienc.* 160 : 96, 1968.
10. Mendell, L.M. and Henneman, E.: «Terminals of single Ia fibers: Location density and distribution within a pool of 300 homonyms motoneurons», *F. Neurophysiol.* 34 : 171, 1971.
11. Jack, J.J., B., Miller, S., Porter, R. and Redman, S.J.: «The distribution of group Ia synapses on lumbosacral spinal motoneurons in the cat», In *Excitatory synaptic mechanism.* 199, 1970.
12. Laporte, Y., Bessou, P. et Bousset, S.: «Action reflexe des differents types de fibres afferentes l'origine musculaire sur. la pression sanguine», *Archs. Ital. Biol.* 98 : 206, 1960.
13. Laporte, Y., Leitner, L.M. et Pages, B.: «Absence d' effets reflexes circulatoire des fibres afferentes d'origine musculaire C.r. Seanc», *Soc. Biol.* 156 : 2130, 1962.
14. Matthews, P.B.C.: «Evidence that the secondary as the primary endings of the muscle spindles may be responsible for the tonic stretch reflex of the decerebrate cat», *F. Physiol.* 204 : 365, 1969.
15. Eccles, R. and Lundberg, A.: «Supraspinal control of inter neurones mediating spinal reflexes», *F. Physiol.* 147 : 565, 1959.

