
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

MARIO DECANDIA, LUCIANO PROVINI

Frequenza di stabilizzazione motoria nel midollo spinale

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 35 (1963), n.3-4, p. 187–191.

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1963_8_35_3-4_187_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Fisiologia. — *Frequenza di stabilizzazione motoria nel midollo spinale* (*). Nota(**) di MARIO DECANDIA e LUCIANO PROVINI, presentata dal Socio R. MARGARIA(***)

Nel 1929 Denny-Brown [1] aveva notato che la frequenza di scarica della singola unità motoria del muscolo soleo nel gatto raggiungeva durante lo stiramento un massimo di 15 impulsi per secondo e che, al di fuori di questi limiti, era indipendente dal grado di estensione del muscolo. Gualtierotti e Milla [2], durante la contrazione volontaria nell'uomo, osservarono gli stessi valori di frequenza massima nel soleo ed in molti altri gruppi muscolari flessori ed estensori. Anche Alvord e Fuortes [3] e Granit [4] riscontrarono gli stessi valori nei motoneuroni dell'arto posteriore del gatto. Si poteva perciò concludere che questo tipo di unità motoria presentava una stabilizzazione in frequenza che rendeva, al di sopra di un certo valore critico, il ritmo di scarica indipendente dalle afferenze. Alcuni Autori tuttavia non consideravano la stabilizzazione in frequenza come proprietà generale di tutte le unità motorie: Granit avanzò l'ipotesi che essa fosse limitata ai motoneuroni tonici estensori dell'intumescenza lombare, mentre per tutti gli altri valeva ancora il meccanismo di regolazione fine della tensione attraverso una variazione di frequenza, quale era stata originariamente postulata da Adrian e Bronk [5].

Ulteriori ricerche di Gualtierotti e Bracchi [6] e di Bracchi e coll. [7] hanno dimostrato invece che la frequenza di scarica delle singole unità motorie era sempre stabilizzata durante la contrazione volontaria nell'uomo; inoltre i valori critici di stabilizzazione apparivano diversi a seconda del livello del centro nervoso dal quale i muscoli dipendono. In generale, è stato trovato che la frequenza di scarica diminuisce procedendo in senso cranio-caudale lungo l'asse cerebro-spinale. Tali risultati sono stati confermati nei quadrupedi adulti da Gualtierotti [8], sia durante la contrazione spontanea sia mediante la stimolazione elettrica corticale o riflessa sensoriale, e da Decandia e Desole [9] nei gatti neonati durante la contrazione spontanea.

La presente ricerca ha lo scopo di studiare la massima frequenza caratteristica dei motoneuroni fasici e tonici ed inoltre di vedere se il meccanismo di questa stabilizzazione consiste nel sistema di *feed-back*, dovuto alla inibizione ricorrente più iperpolarizzazione postuma, come era stato prospettato da Decandia [10].

In gatti adulti spinalizzati in C2, un gruppo di radici afferenti, sezionate a valle, veniva stimolato con impulsi elettrici di intensità soglia o soprasoglia

(*) Questa ricerca è stata finanziata dal CNR (Impresa di Elettrofisiologia - Gruppo II - Sez. 2).

(**) Pervenuta all'Accademia l'11 ottobre 1963.

(***) Dall'Istituto di Fisiologia Umana dell'Università di Milano.

e a varie frequenze. La registrazione della risposta riflessa veniva fatta o dalla singola fibra muscolare mediante elettrodi bifilari del diametro di 30 micron isolati e contenuti in un ago ipodermico messo a massa o dalla singola fibra nervosa isolata da una radice ventrale.

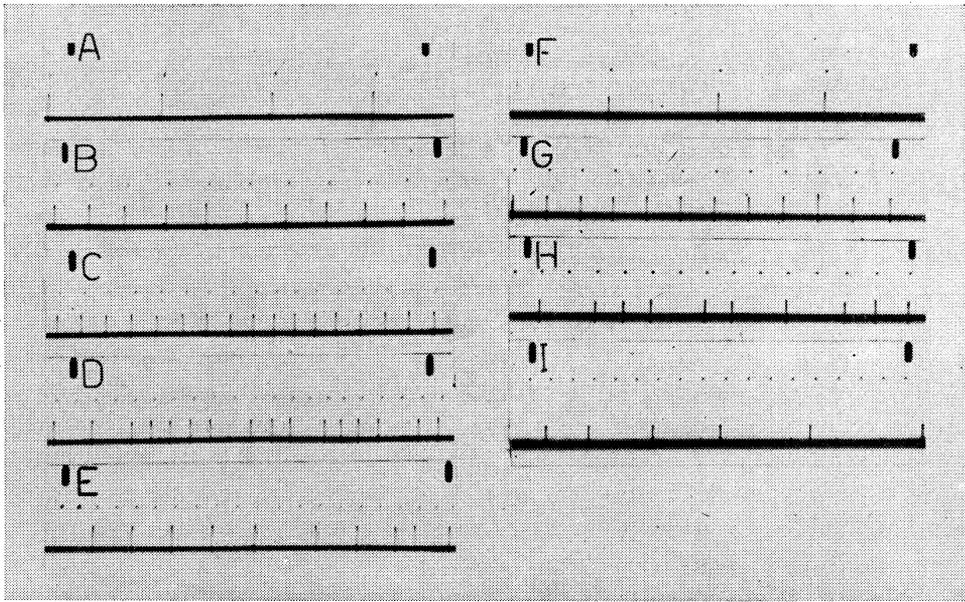


Fig. 1. - Registrazione dei potenziali di azione della singola fibra muscolare durante la stimolazione elettrica di un gruppo di vie afferenti sezionate a valle. In ciascun tracciato è indicato in alto lo stimolo, in basso i potenziali della singola unità. Segnatempo 1/sec.

I tracciati A, B, C, D ed E si riferiscono a registrazioni della singola unità del muscolo *palmaris longus*. La frequenza di stimolazione cresce progressivamente da 4/sec a 20/sec. Si nota che fino a frequenze di stimolazione di 15/sec (A, B, C) l'unità motoria risponde con rapporto di 1:1. In D la frequenza di stimolazione è di 18/sec e la frequenza di scarica resta costante intorno ai valori di stabilizzazione, e cioè di 15/sec. Quando la frequenza di stimolazione raggiunge i valori di 20/sec (E) la frequenza di scarica assume valori più bassi, in questo caso intorno a 9/sec. I tracciati F, G, H e I sono stati ottenuti nel muscolo gastrocnemio. La frequenza di stimolazione varia da 4/sec a 17/sec. Si nota che fino a frequenze di stimolazione di 10/sec l'unità motoria risponde con rapporto di 1:1 (F e G). Quando la frequenza di stimolazione viene portata a 13/sec (H), la frequenza di scarica è intorno ai 10/sec, cioè è del valore di stabilizzazione. Se la frequenza di stimolazione viene portata a 17/sec (I) la frequenza di scarica assume un valore più basso, in questo caso 5/sec.

Quando la frequenza di stimolazione era inferiore o uguale alla frequenza di stabilizzazione caratteristica della unità motoria durante la contrazione volontaria o riflessa, il rapporto fra la frequenza di stimolazione e la frequenza di scarica era di 1:1 (figg. 1 e 2). Aumentando progressivamente la frequenza di stimolazione si osservava che la frequenza di risposta tendeva a conservare un valore costante, che è risultato equivalente alla frequenza di stabilizzazione e cioè per l'intumescenza lombare intorno a 10/sec, per quella cervicale intorno a 15/sec. Per valori di frequenza di stimolo superiori a 1,5 volte quelli di stabilizzazione, la frequenza di scarica assumeva valori progressivamente inferiori.

Per stabilire se l'inibizione antidromica (inibizione ricorrente più iperpolarizzazione postuma) costituisce uno dei meccanismi essenziali della stabilizzazione in frequenza è stato studiato il comportamento del periodo silente in muscoli il cui centro riflesso era o nella intumescenza cervicale o nella intumescenza lombare. L'elettromiogramma di un muscolo di un arto anteriore e posteriore del gatto integro in lieve narcosi eterea era registrato mediante macroelettrodi durante una contrazione o spontanea o da allungamento. Ve-

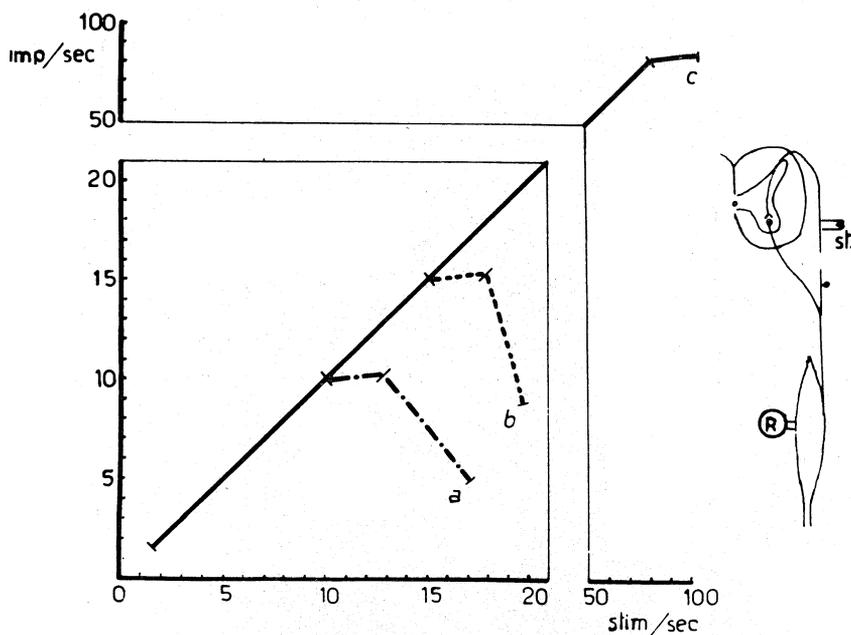


Fig. 2. - Il diagramma rappresenta le variazioni di frequenza di scarica della singola fibra muscolare in rapporto alle variazioni di frequenza di stimolazione su un gruppo di vie afferenti spinali sezionate a valle (linea *a* e *b*) ed efferenti spinali sezionate a monte (linea *c*).

Sull'ascissa sono riportati i valori della frequenza di stimolazione per sec., sull'ordinata i valori medi della frequenza di scarica per sec. La linea *a* si riferisce ai motoneuroni della intumescenza lombare, in questo caso a quelli del muscolo gastrocnemio; la linea *b* ai motoneuroni della intumescenza cervicale, in questo caso a quelli del muscolo *palmaris longus*. Si nota che le frequenze di stabilizzazione sono diverse nei diversi motoneuroni, essendo più alte quelle della intumescenza cervicale, e che inoltre per frequenze di stimolazione relativamente elevate esse tendono ad assumere in entrambi i casi valori più bassi. La linea *c* si riferisce alla frequenza di scarica dell'unità muscolare (m. gastrocnemio) in seguito alla stimolazione diretta delle corrispondenti radici ventrali sezionate a monte. In queste condizioni si ottengono frequenze di scarica più elevate che non mediante stimolazione riflessa. A destra è rappresentato lo schema sperimentale relativo ai risultati riportati in *a* e *b*.

niva poi applicato uno stimolo massimale sul nervo relativo. Si osservava che la durata del periodo silente nei muscoli della intumescenza lombare era pressoché doppia di quella dei muscoli della intumescenza cervicale (fig. 3).

L'insieme di questi risultati mentre conferma le osservazioni di Denny-Brown, Granit, Alvord e Fuortes per ciò che riguarda l'esistenza di un livello di stabilizzazione nella singola unità motoria dei motoneuroni tonici della intumescenza lombare, estende lo stesso meccanismo a tutti i motoneuroni, estensori e flessori, come postulato da Gualtierotti e Milla [2]. Conferma inoltre

le osservazioni di Gualtierotti e Bracchi [7] sulla distribuzione delle frequenze lungo l'asse cerebro-spinale.

L'equivalenza tra i valori delle frequenze critiche di stabilizzazione e l'andamento del relativo periodo silente a livello della intumescenza lombare e cervicale concordano con quanto era stato visto rispetto alla inibizione antidromica. Si può concludere quindi che il periodo silente è una buona rappresentazione dello stato inibitorio dei centri motori relativi e che entra a far

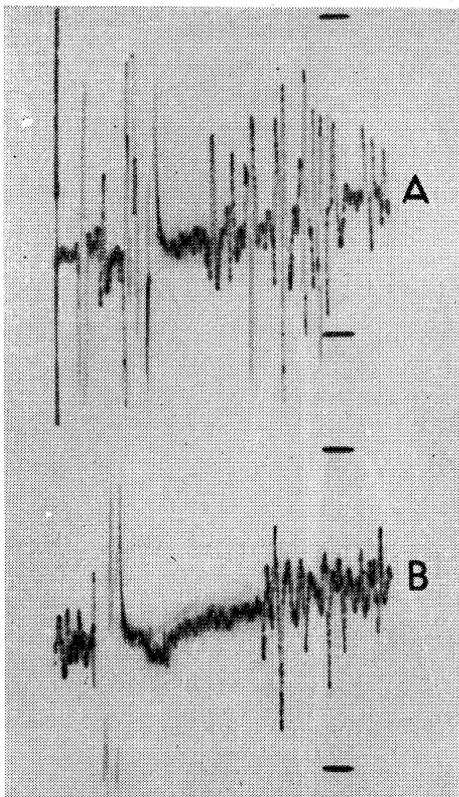


Fig. 3. - La figura mostra il periodo silente del m. *palmaris longus* (A) e del m. gastrocnemio (B) provocato da una stimolazione elettrica sopramassimale sul nervo relativo durante l'attività spontanea registrata con macroelettrodi.

Si nota che il periodo silente è diverso nei due casi, essendo il periodo silente di 87 m/sec per il gastrocnemio e di 41 m/sec per il *palmaris longus*. Asse dei tempi 200 m/sec.

parte del meccanismo di *feed-back* che costituisce la base della stabilizzazione in frequenza.

Questi risultati sembrano escludere definitivamente che nella classificazione tra motoneuroni tonici e fascici possa rientrare una diversa caratteristica nella regolazione delle unità motorie, i tonici essendo a frequenza fissa e i fascici a frequenza variabile.

La stabilizzazione in frequenza della parte motoria del sistema nervoso, almeno per quanto riguarda i più bassi motoneuroni, sembra essere una legge generale, in contrapposizione al meccanismo di modulazione in frequenza che è stata osservata nella parte sensoria.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] D. DENNY-BROWN, « Proc. Roy. Soc. », B 104, 252-301 (1929).
- [2] T. GUALTIEROTTI e E. MILLA, « Pflüg. Arch. », 245, 524 (1942).
- [3] E. C. ALVORD Jr. e G. F. FUORTES, « J. Physiol. », 122, 302-321 (1953).
- [4] R. GRANIT, « J. Physiol. », 143, 387-402 (1958).
- [5] E. D. ADRIAN e D. W. BRONK, « J. Physiol. », 67, 119-151 (1929).
- [6] T. GUALTIEROTTI e F. BRACCHI, « Boll. Soc. It. Biol. Sper. », 35, 2071-2074 (1959).
- [7] F. BRACCHI, M. CATTORINI e T. GUALTIEROTTI, « Rend. Acc. Naz. Lincei », 29, 604 (1960).
- [8] T. GUALTIEROTTI, « J. Physiol. », 158, 26P (1961).
- [9] M. DECANDIA e C. DESOLE, « Boll. Soc. It. Biol. Sper. », 1963 (in corso di stampa).
- [10] M. DECANDIA, « Rend. Acc. Naz. Lincei », 32, 1003-1005 (1962).

A. ROSSI-FANELLI e B. SEGRE