
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

ROBERTO CAMINITI, TULLIO MANZONI, SANDRO
MICHELINI, GIUSEPPE SPIDALIERI

**Ruolo delle colonne dorsali e del tratto
spino-cervico-talamico nella ritrasmissione di
informazioni somestese al corpo calloso**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 60 (1976), n.5, p. 673–679.*
Accademia Nazionale dei Lincei

http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1976_8_60_5_673_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/>

SEZIONE III

(Botanica, zoologia, fisiologia e patologia)

Fisiologia. — *Ruolo delle colonne dorsali e del tratto spino-cervico-talamico nella ritrasmissione di informazioni somestetiche al corpo calloso* (*). Nota di ROBERTO CAMINITI, TULLIO MANZONI, SANDRO MICHELINI e GIUSEPPE SPIDALIERI, presentata (**) dal Socio G. MORUZZI.

SUMMARY. — Experiments have been carried out in order to study which ascending spinal pathways are utilized by peripherally-originated impulses and activating callosal fibres. In chloralose-anaesthetized cats stimuli of graded intensities were applied to the superficial (SRN) and deep (DRN) radial nerves. Mass potentials were recorded simultaneously from the cerebral cortex (SI, SII and 3a areas, according to the experiment), from the somesthetic callosal region (SCR) and, on some occasions, from the distal end of a cut dorsal rootlet (C7-C8; electroneurogram). The amplitude curves of cortical and callosal responses (averagings of 50 responses) were plotted as a function of stimulus intensities.

In a first series of experiments (*preparations with SCT intact*) the dorsal columns (DC) were transected. After this section, the cortical and callosal responses elicited upon *SRN stimulation* were clearly reduced (60-75% in the cortex and 80-85% in the SCR) and their thresholds were slightly raised. The latency of the cortical responses was slightly increased (about 0.5 msec), whereas that of the callosal ones exhibited a greater increase (1.73 msec). In the cortical responses (3a) elicited upon *DRN stimulation* DC transection provoked amplitude reductions of 80-85% in respect of controls, and an increase of threshold up to about 2 cT (cortical threshold) whereas the callosal responses exhibited amplitude reductions of 55-65% and but a slight increase in their threshold. The latency of the cortical responses increased by 2.83 msec and that of the callosal ones by 2.73 msec.

In a second series of experiments (*preparations with DC intact*) the spino-cervico-thalamic tract (SCT) was transected. After this section, the cortical potentials which were elicited upon *SRN stimulation* exhibited amplitude reductions of 15-45% when stimulus strengths lower than 2.6-2.8 cT were applied, whereas no amplitude change was observed when stronger stimuli were utilized. The impairment in the amplitude of callosal potentials was observed not only in the responses evoked by weaker stimuli but, usually, in all responses evoked over the entire strength range tested. No significant change was seen in the latency of both cortical and callosal responses. Upon *DRN stimulation* the cortical mass potentials exhibited a change in amplitude, threshold and latency. On the contrary, the callosal responses showed an amplitude reduction of about 50% and a slight increase in threshold, whereas no change was observed in their latency.

The differential effects exerted by the sections on some parameters of the cortical and callosal mass potentials can be discussed with reference to the "filtering action" exerted by the somatosensory cortex on its callosal output.

Precedenti ricerche di derivazione diretta dei potenziali d'azione dalle fibre del corpo calloso hanno permesso di identificare nella sua porzione rostrale la regione (regione callosale somestetica, RCS), attraverso la quale gli assoni dei neuroni corticali somestetici di proiezione transcommissurale

(*) Lavoro eseguito col sussidio del CNR, negli Istituti di Fisiologia umana delle Università di Ferrara e Ancona.

(**) Nella seduta dell'8 maggio 1976.

raggiungono le aree omonime dell'emisfero contralaterale [7]. È stato rilevato che la corteccia somestesica emittente non trasferisce alla corteccia contralaterale tutte le informazioni che ad essa arrivano dalla periferia. Infatti nel *transfer* callosale sono per lo più implicate proiezioni che possono essere definite di tipo somatotopico, e che non provengono indifferentemente da tutti i tipi di recettori periferici: sono praticamente escluse dal *transfer* le informazioni propriocettive originate nei recettori fusali, vi partecipano scarsamente quelle originate da propriocettori extrafusali, mentre hanno larga predominanza le informazioni di origine esterocettiva [3]. Agli effetti del trasferimento interemisferico, la corteccia cerebrale può quindi essere considerata come un filtro che seleziona l'attività che le arriva dalla periferia, incanalandone verso l'uscita callosale solo una parte [3].

A tutt'oggi nulla si conosce delle vie ascendenti seguite dagli impulsi deati nella periferia somatica per attivare i neuroni corticali somestesici di proiezione callosale. Gli unici dati disponibili riguardano la corteccia somestesica *in toto* e sono tali da condurre, almeno nel Gatto, a risultati tutt'altro che univoci [2-4, 6, 9-13, 16]: si sa, ovviamente, che i messaggi specifici sono convogliati dal sistema delle colonne dorsali-lemnisco mediale (CD-Lm) e da quello spino-cervico-talamico (SCT), ma l'attribuzione delle varie modalità all'uno o all'altro non può ancora ritenersi definitivamente accertata.

Lo scopo degli esperimenti di cui riferiamo è stato quello di identificare le vie spinali che assicurano l'arrivo di informazioni dalla periferia somatica al contingente di fibre della RCS. Prima e dopo la sezione delle CD o di SCT, abbiamo proceduto a registrare contemporaneamente le risposte evocate nella corteccia e nel corpo calloso per stimolazione di diversi nervi dell'arto anteriore. Nella presente Nota vengono riferiti i risultati ottenuti per stimolazione del nervo radiale superficiale (NRS) e del nervo radiale profondo (NRP).

Gli esperimenti sono stati eseguiti in 14 gatti anestetizzati con cloralosio e curarizzati, in condizioni tecniche simili a quelle descritte in dettaglio per le precedenti ricerche di derivazione callosale [3].

Per gli esperimenti sono stati utilizzati due gruppi di animali. In un primo gruppo (animali con SCT integro) la sezione delle CD ipsilaterali ai nervi stimolati è stata eseguita per prima a livello di C 3-C 4, paragonando le risposte corticali e callosali dell'animale integro con quelle che residuavano dopo la sezione. Successivamente si è proceduto alla sezione isolata di SCT in un segmento midollare distinto ma adiacente a quello dove era stata eseguita la precedente e, quando entrambe le sezioni erano complete, si osservava la scomparsa delle risposte centrali [9, 13]. In un secondo gruppo di animali (preparati con CD integre) l'ordine delle sezioni era invertito.

I nervi isolati sono stati stimolati con eccitatori bipolari di Ag-AgCl (distanza interpolare di 3-5 mm), applicando 10-12 «steps» di voltaggio di intensità crescente. Una prima serie di stimoli è stata applicata a ciascun nervo nell'animale a nevrassa integro. La stessa serie di stimolazioni era ripetuta dopo la sezione di una delle due vie spinali prese in esame. Si sezionava quindi anche la seconda via, dopo di che si procedeva a una terza

serie di stimolazioni, usando solo stimoli massimali. Per ogni voltaggio applicato si registravano 50 risposte dalla corteccia cerebrale e dal corpo calloso. I potenziali corticali sono stati derivati con elettrodi bipolari di superficie posti a livello dell'area 3a ovvero delle aree SI ed SII, a seconda del nervo stimolato, mentre per le derivazioni dalle fibre del corpo calloso sono stati utilizzati elettrodi concentrici guidati stereotassicamente nella RCS. In aggiunta, in taluni casi, sono stati derivati contemporaneamente, con metodo monopolare, i relativi neurogrammi dal capo centrale di una radicola dorsale sezionata, a livello di C 7-C 8. La ripartizione in gruppi delle fibre periferiche è stata fatta secondo la classificazione di Pompeiano e Swett [14]. Tutte le risposte sono state elaborate *on-line* con analizzatore multicanale (Intertechnique DIDAC 4000) e registrate su nastro magnetico. L'intensità di stimolazione è stata calcolata in multipli della soglia per i potenziali corticali (T_c , cfr. [3]). La simultanea registrazione dei neurogrammi, eseguita come controllo, ha permesso di verificare la corrispondenza tra la soglia del nervo e quella dei potenziali corticali. Le sedi di derivazione callosale sono state identificate istologicamente. Per ciascun nervo stimolato sono state costruite curve di ampiezza delle risposte corticali e callosali (*averagings* di 50 risposte), registrate prima e dopo la sezione di un funicolo, in funzione della intensità di stimolazione.

Particolari controlli sono stati eseguiti per accertare la completezza delle sezioni. Oltre a quelli istologici messi in atto alla fine di ciascun esperimento, diversi controlli funzionali sono stati operati nel corso degli esperimenti. Nei preparati con SCT integro la completezza della sezione delle CD è stata accertata funzionalmente rilevando la mancanza delle risposte centrali a seguito dell'attivazione selettiva delle fibre di I gruppo del NRP (cfr. [12]). L'assenza delle risposte centrali dopo la sezione di entrambe le vie spinali ha costituito un altro *test* funzionale di completezza delle sezioni: è noto infatti (cfr. [9, 13]) che nel Gatto i sistemi di trasmissione decorrenti nei quadranti anterolaterali sono di per sé insufficienti per assicurare la comparsa di potenziali evocati corticali. Un'altra serie di controlli è stata eseguita per escludere che la scomparsa delle risposte fosse da attribuire a scadimento delle condizioni generali del preparato. A tal fine, è stata controllata la pressione arteriosa (A. femorale) e sono stati stimolati anche i nervi contralaterali alla sezione per verificare la persistenza delle risposte della corteccia ipsilaterale alla sezione stessa.

I risultati possono essere riassunti come segue.

I. PREPARATI CON SCT INTATTO

La sezione completa delle CD ipsilaterali ai nervi stimolati ha determinato profonde modificazioni sulle risposte centrali ⁽¹⁾ evocate per *stimolazione del NRS* (fig. 1, SCT-NRS). Esse sono apparse considerevolmente infe-

(1) Le caratteristiche delle risposte ottenute nell'animale intatto per stimolazione del NRS e del NRP e quelle delle loro curve di ampiezza in funzione della intensità di stimolazione sono state descritte in una precedente pubblicazione [3].

riori a quelle riscontrate nel preparato integro, sia quando sono stati applicati stimoli di bassa intensità che quando sono stati utilizzati stimoli di elevata intensità: di fatto, l'ampiezza delle risposte corticali (registrate dalle aree SI ed SII) è risultata ridotta del 60-75 %, mentre quella dei potenziali callosali ha presentato una riduzione ancora maggiore (80-85 % dei controlli). Entrambe le risposte hanno esibito un piccolo incremento nella loro soglia (da 1 a 1,40-1,50 Tc in corteccia e da 1,15-1,20 a 1,55-1,65 Tc nel corpo calloso). Anche la loro latenza è aumentata per effetto della sezione delle CD: i valori medi della latenza delle risposte corticali e callosali sono passati da 4,63 msec \pm 0,29 e.s. e 6,49 msec \pm 0,47 e.s., rispettivamente, nell'animale intatto a 5,16 msec \pm 0,24 e.s. e 8,22 msec \pm 0,25 e.s. dopo la sezione.

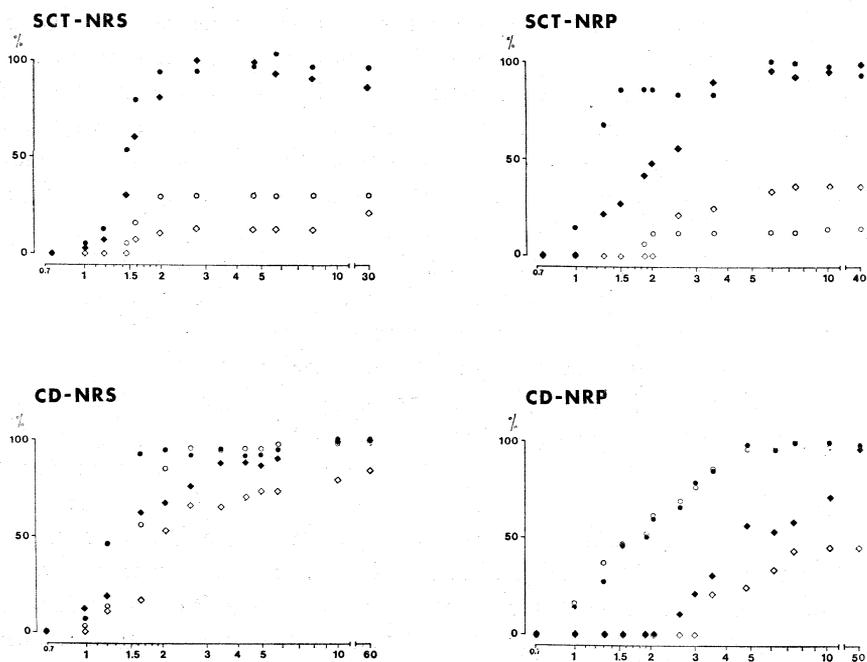


Fig. 1. - Effetti esercitati dalla sezione delle colonne dorsali (CD) e del tratto spino-cervico-talamico (SCT) sull'ampiezza e la soglia delle risposte corticali e callosali ottenute per stimolazione del nervo radiale superficiale (NRS) e del nervo radiale profondo (NRP). Preparato cloralosato e curarizzato (Gatto).

In ciascun grafico sono presentate le curve d'ampiezza della fase positiva delle risposte corticali (cerchi) e callosali (quadrati) registrate simultaneamente e ottenute prima (simboli pieni) e dopo (simboli vuoti) la sezione di CD in preparati con SCT intatto (SCT-NRS e SCT-NRP) e prima e dopo la sezione di SCT in preparati con CD intatte (CD-NRS e CD-NRP) per stimolazione del NRS e del NRP.

Ciascun simbolo rappresenta il valore ottenuto computando *averagings* di 50 risposte, ed è riportato come per cento della risposta massima osservata nell'animale integro. L'intensità dello stimolo (ascissa) è data, su scala semilogaritmica, in multipli della soglia dei potenziali corticali. Le risposte corticali sono state derivate dall'area SII quando era stimolato NRS e dall'area 3a quando era stimolato NRP. Tutti i punti di ciascun grafico sono stati calcolati dai dati desunti dallo stesso preparato.

Anche le risposte corticali e callosali ottenute per *stimolazione del NRP* (fig. 1, SCT-NRP) sono risultate notevolmente modificate a seguito della sezione delle CD. In particolare, dopo la sezione le risposte nell'area 3a e nei focolai della RCS reattivi alla stimolazione delle fibre di I gruppo dei nervi profondi [3] potevano essere ancora ottenute solo con stimoli di intensità superiore a 2 Tc, cioè con stimoli che, secondo un nostro precedente lavoro [3] e secondo i presenti esperimenti di paragone tra soglia corticale e soglia del nervo (v. sopra), sono sufficientemente intensi per attivare anche le fibre di II gruppo del NRP. Le risposte corticali sono risultate ridotte dell'80-85 % rispetto ai controlli. La riduzione d'ampiezza dei potenziali callosali è stata minore di quella delle risposte corticali, essendo compresa tra il 55 ed il 65 % dei controlli. La latenza media dei potenziali corticali è aumentata da $4,87 \text{ msec} \pm 0,14 \text{ e.s.}$ a $7,70 \text{ msec} \pm 0,11 \text{ e.s.}$, mentre quella dei potenziali callosali è aumentata da $6,45 \text{ msec} \pm 0,31 \text{ e.s.}$ a $9,18 \text{ msec} \pm 0,42 \text{ e.s.}$

La sezione dello SCT, eseguita in un segmento midollare adiacente alla sede della prima lesione dopo aver completato l'analisi delle conseguenze di questa, ha di regola comportato la completa scomparsa dei potenziali centrali anche quando venivano applicati ai nervi stimoli massimali. Tre preparati che dopo la seconda sezione presentavano ancora risposte sono stati scartati e il successivo esame istologico ha accertato l'incompletezza delle sezioni.

2. PREPARATI CON CD INTATTE

I potenziali di massa corticali e callosali ottenuti per *stimolazione del NRS* (fig. 1, CD-NRS) hanno mostrato a seguito della sezione di SCT cambiamenti diversi da quelli osservati dopo la sezione delle CD. A livello corticale le conseguenze sono state un piccolo aumento di soglia (da 1 a 1,20-1,30 Tc) e, assai spesso, una netta riduzione d'ampiezza (15-45 %) delle risposte ottenute per stimoli di bassa intensità, mentre per stimoli di intensità maggiore di 2,6-2,8 Tc tale riduzione non è stata osservata. Le risposte callosali sono state modificate più profondamente. Infatti la riduzione di ampiezza è stata presente non solo per stimoli deboli (minori di 2,6-2,8 Tc) ma anche, assai di frequente, per stimoli di forte intensità ed anche quando i potenziali corticali registrati nello stesso tempo non presentavano apparentemente alcuna modificazione. Controlli eseguiti mediante serie di stimoli applicati in tempi successivi dopo la sezione hanno permesso di accertare che gli effetti osservati non erano dovuti a conseguenze transitorie o aspecifiche della lesione spinale. La latenza media delle risposte corticali (SII) è stata di $4,57 \text{ msec} \pm 0,11 \text{ e.s.}$ prima della sezione e di $4,66 \text{ msec} \pm 0,09 \text{ e.s.}$ dopo la sezione; quella delle risposte callosali è stata di $6,33 \text{ msec} \pm 0,25 \text{ e.s.}$ e $6,26 \text{ msec} \pm 0,15 \text{ e.s.}$, rispettivamente prima e dopo la sezione.

I potenziali di massa ottenuti per *stimolazioni del NRP* hanno esibito a seguito della sezione dello SCT (fig. 1, CD-NRP) cambiamenti molto

diversi da quelli ora descritti. Nessuna modificazione d'ampiezza si è verificata nelle risposte corticali (area 3a). Invece il profilo delle curve d'ampiezza delle risposte callosali è risultato profondamente alterato. Infatti i potenziali callosali sono risultati ridotti di circa il 50% ed hanno presentato un leggero incremento nella loro soglia. Nessuna variazione significativa è stata osservata nella latenza delle risposte (latenza media corticale: 5,37 msec \pm 0,18 e.s. prima e 5,34 msec \pm 0,23 e.s. dopo la sezione; latenza media callosale: 8,72 msec \pm 0,23 e.s. prima e 8,70 msec \pm 0,13 e.s. dopo la sezione).

I controlli funzionali della completezza della sezione dello SCT eseguiti alla fine di ogni esperimento (sezione delle CD in un segmento midollare adiacente alla sede della prima sezione) hanno sempre dato luogo alla scomparsa delle risposte centrali.

I risultati ottenuti consentono alcune considerazioni. La dimostrazione che la corteccia cerebrale esercita un'azione di « filtraggio » sulla sua uscita callosale [3], indicando che le due strutture non sono funzionalmente equivalenti, aveva posto il problema se una sola od entrambe le principali vie spinali proiettassero al corpo calloso. Dai nostri risultati è emerso che le due vie contribuiscono entrambe alla reattività della RCS, ma in misura diversa da quella riscontrabile per la corteccia. Le differenze non sono spiegabili qualora si ammetta che la corteccia ritrasmette « passivamente » alla RCS l'informazione arrivata dalla periferia, poiché in tal caso la sezione di una via spinale dovrebbe avere gli stessi effetti ai due livelli. Invece esse si spiegano se si ammette che la corteccia cerebrale ritrasmette alla RCS solamente l'informazione che le arriva da alcuni gruppi di fibre periferiche. Di conseguenza, i presenti risultati confermano ed estendono i risultati ottenuti precedentemente riguardo all'azione di « filtraggio » esercitata dalla corteccia sulla sua uscita callosale [3].

Negli esperimenti finora descritti in letteratura riguardo agli effetti corticali della sezione delle vie spinali la stimolazione dei nervi è stata eseguita in genere con stimoli di intensità fissa [4, 10, 11, 13, 16] e solo occasionalmente [9, 12] sono stati applicati stimoli di intensità graduata, tanto che finora non si sapeva se la sezione di una data via interessasse indiscriminatamente la ritrasmissione corticipeta di impulsi convogliati da tutti i gruppi di fibre periferiche ovvero solamente da alcuni. L'applicazione sistematica di stimoli di intensità graduata al NRS ed al NRP ha permesso di accertare che almeno in un caso quest'ultima ipotesi corrisponde a realtà. Infatti, per stimolazione del NRS nei preparati con sezione delle CD si è osservata una riduzione d'ampiezza dei potenziali corticali solo per stimoli di bassa intensità. Al contrario, le risposte callosali si sono comportate come quelle corticali non solo per stimoli deboli, ma frequentemente anche per stimoli di intensità maggiore.

Paragonando gli effetti centrali provocati dalla sezione delle CD con quelli conseguenti alla sezione di SCT, risulta che gli effetti che conseguono all'attivazione isolata dell'uno o dell'altro *input* non sono complementari.

Ciò può essere attribuito ai fenomeni di parziale convergenza delle due vie a livello talamico [1, 8] e corticale [5]. Incidentalmente, tale convergenza potrebbe fornire una spiegazione dei risultati negativi ottenuti da quegli Autori che hanno tentato di accertare l'esistenza di *deficit* discriminativi a seguito della sezione delle CD (cfr. [15]).

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. ANDERSEN, S. A. ANDERSSON e S. LANDGREN (1966) - *Some properties of the thalamic relay cells in the spino-cervico-lemniscal path*, « Acta Physiol. Scand. », 68, 72.
- [2] S. A. ANDERSSON e P. E. LEISSNER (1975) - *Does the spinocervical pathway exist?*, « Brain Res. », 98, 359.
- [3] R. CAMINITI, T. MANZONI, S. MICHELINI e G. SPIDALIERI (1976) - *Callosal transfer of impulses originating from superficial and deep nerves of the cat forelimb*, « Arch. ital. Biol. », 114, 155.
- [4] J. V. CATALANO e G. LAMARCHE (1957) - *Central pathway for cutaneous impulses in the cat.*, « Am. J. Physiol. », 189, 141.
- [5] D. A. DREYER, R. J. SCHNEIDER, C. B. METZ e B. L. WHITSEL (1974) - *Differential contributions of spinal pathways to body representation in postcentral gyrus of macaca mulatta*, « J. Neurophysiol. », 37, 119.
- [6] J. A. ENNEVER e A. L. TOWE (1974) - *Response of somatosensory cerebral neurones to stimulation of dorsal and dorsolateral spinal funiculi*, « Exp. Neurol. », 43, 124.
- [7] G. M. INNOCENTI, T. MANZONI e G. SPIDALIERI (1974) - *Patterns of the somesthetic messages transferred through the corpus callosum*, « Exp. Brain Res. », 19, 447.
- [8] S. LANDGREN, A. NORDWALL e C. WENGSTRÖM (1965) - *The location of the thalamic relay in the spino-cervico-lemniscal path*, « Acta Physiol. Scand. », 65, 164.
- [9] R. F. MARK e J. STEINER (1958) - *Cortical projection of impulses in myelinated cutaneous afferent nerve fibers of the cat.*, « J. Physiol. », 142, 544.
- [10] U. NORRSELL e P. VOORHOEVE (1962) - *Tactile pathways from the hindlimb to the cerebral cortex in cat.*, « Acta Physiol. Scand. », 54, 9.
- [11] U. NORRSELL e E. R. WOLPOW (1966) - *An evoked potential study of different pathways from the hindlimb to the somatosensory areas in the cat.*, « Acta Physiol. Scand. », 66, 19.
- [12] O. OSCARSSON e I. ROSÉN (1963) - *Projection to cerebral cortex of large muscle-spindle afferents in forelimb nerves of the cat*, « J. Physiol. », 169, 924.
- [13] O. OSCARSSON e I. ROSÉN (1966) - *Short-latency projections to the cat's cerebral cortex from skin and muscle afferents in the contralateral forelimb*, « J. Physiol. », 182, 164.
- [14] O. POMPEIANO e J. E. SWETT (1963) - *Action of graded cutaneous and muscular afferent volleys on brain stem units in the decerebrate, cerebellectomized cat*, « Arch. ital. Biol. », 101, 552.
- [15] D. P. WALL (1970) - *The sensory and motor role of impulses traveling in the dorsal columns towards cerebral cortex*, « Brain », 93, 505.
- [16] D. WHITEHORN, R. W. MORSE e A. L. TOWE (1969) - *Role of spinocervical tract in production of the primary cortical response evoked by forepaw stimulation*, « Exp. Neurol. », 25, 349.