
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

TULLIO MANZONI, SANDRO MICHELINI, GIUSEPPE
SPIDALIERI

Transfer callosale d'impulsi profondi di diversa origine recettoriale

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 58 (1975), n.4, p. 656–661.*
Accademia Nazionale dei Lincei

[<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1975_8_58_4_656_0>](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1975_8_58_4_656_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. — *Transfer callosale d'impulsi profondi di diversa origine recettoriale* (*). Nota di TULLIO MANZONI, SANDRO MICHELINI e GIUSEPPE SPIDALIERI, presentata (**) dal Socio G. MORUZZI.

SUMMARY. — Experiments have been carried out in order to ascertain the peripheral origin of Group I-III deep afferent fibres, previously shown to project to the somesthetic region of the corpus callosum (SCR). In chloralose-anaesthetized cats some forelimb nerves and nerve branches (muscular branch of the deep radial nerve supplying the extensor carpi radialis, ECR; distal part of the same nerve containing also the branches to the interosseous membrane and carpal joints, NRP-D; muscular branch of the median nerve distributing to the palmaris longus, flexor carpi radialis and I-III flexor digitorum profundus, MN₁; muscular branch of the same nerve for the IV-V flexor digitorum profundus and pronator quadratus, MN₂; interosseus nerve, Int-MN) have been isolated and stimulated. Mass potentials were recorded (and averaged on-line with a multichannel analyzer) simultaneously from the dorsal root (C7-C8), from the surface of the contralateral post-central dimple area (3a) and, with concentric bipolar electrodes, from fibres of the SCR. Upon stimulation of the three muscular branches ECR, MN₁ and MN₂ with strength provoking full activation of Group I afferents and additional engagement of those of Group II, no responses could be detected in the whole rostro-caudal extent of the SCR. In order to obtain callosal mass potentials upon stimulation of such nerves, it was necessary to increase the stimulus strength at or above the threshold for Group III fibres. The same callosal foci unresponsive to Group I and II muscular volleys exhibited clear-cut responses to pure Group I and/or Group II afferent volleys elicited through D-DRN and int-MN. From these results it might be inferred that the callosal transfer of deep information is significantly present only if it originates from extramuscular receptors (such as those in joints or interosseus membranes), or from non-fusal muscular terminals.

Con precedenti esperimenti [3] di stimolazione di nervi somatici dell'arto anteriore erano stati individuati i gruppi di fibre di origine superficiale e profonda che proiettano alla regione callosale somestesica (RCS [2, 3]) del Gatto. Registrando contemporaneamente l'attività elettrica dalle fibre callosali, dalle aree corticali somestesiche (SI e SII) e dalle radici dorsali, era stato accertato che l'attivazione delle fibre di gruppo II a più alta eccitabilità del nervo radiale superficiale (NRS) evoca nella RCS potenziali di massa aventi circa la stessa soglia dei potenziali corticali. Sia i potenziali callosali che quelli corticali raggiungevano la massima ampiezza per stimolazioni del NRS eseguite con intensità subliminali rispetto all'attivazione delle fibre di gruppo III. Anche la stimolazione del nervo radiale profondo (NRP) ha evocato risposte nella RCS. Tuttavia, stando ai risultati di queste ricerche, le proiezioni callosali di origine profonda dell'arto anteriore sembrano mediate prevalentemente dalle sue fibre di gruppo II e III e, solo in misura assai ridotta, dalle fibre di gruppo I. Infatti, per quasi tutta l'estensione della

(*) Lavoro eseguito, col sussidio del C.N.R., nell'Istituto di Fisiologia umana dell'Università di Ferrara e Ancona.

(**) Nella seduta del 12 aprile 1975.

RCS i potenziali comparivano solo se si stimolava il NRP con intensità sufficiente ad attivare le fibre di gruppo II, e continuavano ad aumentare di ampiezza reclutando le piccole fibre mieliniche di gruppo III. Nell'area corticale 3a invece, le risposte sono sempre comparse per stimoli liminali per il neurogramma e raggiungevano la massima ampiezza per attivazione delle fibre di gruppo II [3]. Ricorrendo ad esplorazioni stereotassiche, è stato tuttavia possibile identificare nella porzione centrale della RCS un gruppo di fibre che ha dato luogo a piccoli potenziali di massa anche per stimolazioni del NRP efficaci ad eccitare selettivamente solo le fibre di gruppo I. In tali casi, i potenziali callosali avevano soglia pressoché identica a quella dei potenziali derivati dall'area 3a.

Esperimenti per accertare quale fosse la specifica origine periferica delle afferenze di gruppo I la cui attivazione provoca risposte nella RCS, non erano stati eseguiti nel corso delle ricerche i cui risultati sono stati ora riassunti. Per quanto sul fondamento di dati elettrofisiologici di altri Autori [4, 8] fosse noto che le proiezioni corticipete delle fibre di gruppo I del NRP hanno origine prevalentemente dalle terminazioni primarie dei fusi neuro-muscolari, non poteva essere scartata l'ipotesi che i potenziali registrati dalla porzione centrale della RCS a séguito della stimolazione liminale di questo nervo fossero in realtà dovuti non alla attivazione di afferenze fusali ma alla co-attivazione di grosse fibre originate da recettori profondi extra-muscolari. La grande estensione delle proiezioni corticali delle afferenze fusali [5, 8] contrasta infatti con l'esiguità delle risposte callosali ottenute con la stimolazione delle fibre profonde di gruppo I, e d'altra parte si sa che il NRP è un nervo composto, costituito non solo da fibre di origine muscolare ma anche da fibre di grosso diametro originate in propriocettori della membrana interossea e delle articolazioni carpalì [1, 5]; del resto, questa stessa origine può essere supposta anche per le sue fibre profonde di gruppo II e III, la cui attivazione ha evocato risposte di massa per tutta l'estensione della RCS. I presenti esperimenti sono stati appunto eseguiti per accertare l'origine periferica delle fibre afferenti profonde di gruppo I e di gruppo II e III che proiettano alla RCS: derivando le risposte elettriche ai vari livelli presi in esame nelle ricerche già citate [3] sono state stimulate alcune branche muscolari sia del NRP che nel nervo mediano (NM), nonché branche degli stessi nervi contenenti fibre originate in strutture articolari dell'arto anteriore.

Gli esperimenti sono stati eseguiti in 9 gatti anestetizzati con cloralosio e curarizzati, in condizioni tecniche simili a quelle descritte in dettaglio per le precedenti ricerche di derivazione callosale [2, 3]. Sono stati preparati e stimolati separatamente i seguenti nervi dell'arto anteriore. Del NRP sono state isolate la branca muscolare dell'estensore radiale del carpo (ECR) e la parte distale del nervo, contenente anche le branche originate dalla membrana interossea e dalle articolazioni del carpo (NRP-D). Del NM sono state isolate: la branca per i muscoli palmare lungo, flessore radiale del carpo e flessore profondo del I-III dito (NM₁); la branca per i muscoli flessore profondo del IV-V dito e pronatore quadrato (NM₂); la branca interossea (int-NM).

Come è noto, le branche ECR, NM_1 e NM_2 di origine muscolare, hanno fibre di gruppo I che originano dalle terminazioni primarie dei fusi neuro-muscolari [5, 8], mentre la branca NRP-D contiene anche fibre di grosso diametro di origine extramuscolare [1, 5]; il nervo int-NM, dal canto suo, ha fibre ⁽¹⁾ di gruppo I originate prevalentemente da recettori di tensione e di pressione della membrana interossea e delle articolazioni carpali [9]. È stato dimostrato in precedenza [10] che le fibre del nervo int-NM ed i relativi recettori di Pacini da cui si originano, proiettano alla corteccia cerebrale a livello degli stessi *foci* in cui proiettano anche le fibre di gruppo I originate dai fusi neuro-muscolari dell'arto anteriore [5, 8]. Tutte le branche nervose isolate sono state stimulate con eccitatori bipolari di Ag-AgCl (distanza interpolare di 4-5 mm), applicando 10-12 «steps» di voltaggio di intensità crescente. Per ogni voltaggio applicato, si registravano 40-60 risposte sia dalla radice dorsale che dalla corteccia e dal corpo calloso. I neurogrammi sono stati derivati con metodo monopolare, a livello di C7-C8, dal capo periferico di una radicola dorsale sezionata. I potenziali corticali sono stati derivati con elettrodi bipolari di superficie posti a livello dell'area 3a e, in taluni casi, anche a livello delle aree SI ed SII, mentre per le derivazioni dalle fibre del corpo calloso sono stati utilizzati elettrodi concentrici guidati stereotassicamente nella RCS. Tutte le risposte sono state elaborate (*averagings*) *on-line* con analizzatore multicanale (Intertechnique DIDAC 4000) e registrate anche su nastro magnetico. L'intensità di stimolazione è stata calcolata in multipli della soglia per i potenziali radicolari (Tr) ovvero in multipli della soglia per i potenziali corticali (Tc). Le sedi di derivazione callosale sono state identificate istologicamente.

Gli effetti della stimolazione delle 3 branche muscolari ECR, NM_1 e NM_2 sono stati saggiati su 19 *foci* callosali di 5 preparati. Al controllo istologico le penetrazioni elettrodiche sono risultate localizzate nelle porzioni rostrali, centrali e caudali della RCS. In un preparato, inoltre, sono state eseguite esplorazioni stereotassiche lungo l'asse rostro-caudale della RCS, con penetrazioni sistematiche distanziate l'una dall'altra di 0,7-1 mm.

Secondo i risultati ottenuti, in nessuno dei *foci* callosali esplorati è stato possibile evocare potenziali di massa stimolando le tre branche muscolari di cui sopra con intensità sufficienti per la completa attivazione delle fibre afferenti di gruppo I ed il reclutamento di quelle di gruppo II. Per ottenere la comparsa di potenziali di massa nella RCS stimolando queste branche, è stato necessario ricorrere ad intensità superiori a 4-5 Tc, e cioè sufficienti per raggiungere la soglia delle piccole fibre mieliniche di gruppo III (fig. 1, ECR e NM_1); le risposte continuavano ad aumentare di ampiezza aumentando l'intensità di stimolazione fino a 15-20 Tc, ma rimanevano sempre

(1) Nelle presenti ricerche sono stati eseguiti alcuni esami istologici di questo nervo a fine di misurare il diametro dei suoi assoni (metodo di Rexed [7]). Il 30% circa delle fibre (che sono risultate in numero variabile tra 165 e 185) aveva diametri compresi tra 12 e 19 μ (cfr. anche [9]).

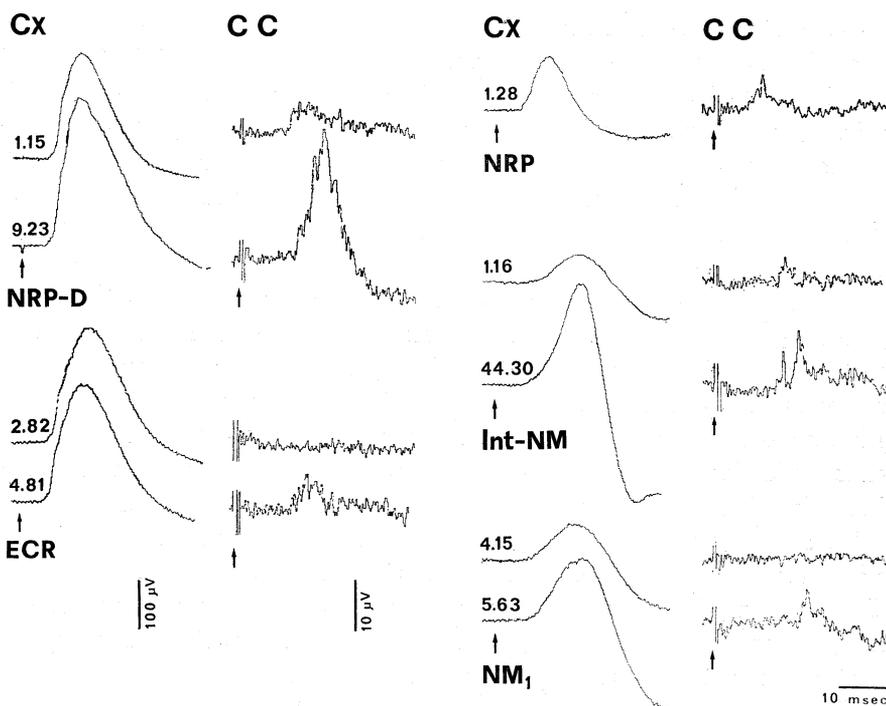


Fig. 1. — Risposte derivate dalla corteccia cerebrale e dalle fibre del corpo calloso a séguito della stimolazione di diversi nervi profondi dell'arto anteriore.

Preparato cloralosato e curarizzato (Gatto).

Ciascuna coppia di potenziali evocati (*averagings* di 50 risposte) è stata derivata simultaneamente dall'area corticale 3a (Cx) di destra e dalla regione callosale somestesica (CC), ed è stata ottenuta per stimolazione elettrica (singoli *shocks*) di nervi profondi dell'arto anteriore di sinistra. I nervi stimolati sono indicati dalle sigle (cfr. Testo). I potenziali ottenuti per stimolazione di NRP-D e ECR e quelli ottenuti con la stimolazione di NRP, Int-NM e NM₁ sono stati derivati, rispettivamente, in due diversi preparati. L'intensità della stimolazione è indicata, per ciascuna coppia di *averagings*, in multipli della soglia per la risposta corticale.

di basso voltaggio ($10-15 \mu\text{V}$) e di lunga latenza ($12,97 \text{ msec} \pm 1,55 \text{ d.s.}$, $12,84 \text{ msec} \pm 0,84 \text{ d.s.}$ e $12,50 \text{ msec} \pm 0,46 \text{ d.s.}$, rispettivamente per stimolazione dei nervi ECR, NM₁ e NM₂). Viceversa, anche con stimoli di bassa intensità (attivazione delle sole fibre di gruppo I) gli stessi nervi muscolari hanno sempre indotto la comparsa di ampi potenziali evocati di breve latenza ($5,19 \text{ msec} \pm 0,36 \text{ d.s.}$, $6,43 \text{ msec} \pm 0,5 \text{ d.s.}$ e $5,98 \text{ msec} \pm 0,3 \text{ d.s.}$, rispettivamente per ECR, NM₁ e NM₂) nell'area 3a contralaterale. In 3 preparati, inoltre, l'attività elettrica corticale è stata derivata, per confronto, anche dall'area SII. In tali preparati è stato possibile osservare che la soglia per la comparsa dei potenziali evocati in SII era più alta di quella relativa all'area 3a, e, in taluni casi, identica alla soglia dei potenziali callosali.

Gli stessi *foci* callosali dai quali non è stato possibile derivare potenziali di massa per stimolazione delle branche muscolari se non coinvolgendo le fibre di gruppo III, sono stati tutti saggiati anche con la stimolazione dei nervi NRP, NRP-D e int-NM, che come si è detto comprendono fibre di gruppo I di origine interossea ed articolare. Si è visto che la stimolazione di questi

nervi con intensità sufficiente alla sola attivazione delle fibre di gruppo I e gruppo II ha sempre evocato potenziali di massa nella RCS (fig. 1, NRP, NRP-D e int-NM). In particolare, la stimolazione del nervo NRP-D [6] con intensità liminare per le fibre di gruppo I (1-1, 3 Tc) ha evocato nella parte centrale della RCS piccoli potenziali di breve latenza ($7,35 \text{ msec} \pm 0,51$ d.s.; latenza dei potenziali evocati nell'area 3a: $4,76 \text{ msec} \pm 0,17$ d.s.), che aumentavano marcatamente di ampiezza coinvolgendo anche le fibre dei gruppi II e III (fig. 1, NRP-D). Nelle restanti parti della commessura, la stimolazione dello stesso nervo ha evocato potenziali di più lunga latenza ($8,31 \text{ msec} \pm 1,03$ d.s.) e solo per intensità di stimolazione più elevata (2-2,5 Tc: attivazione delle fibre di gruppo II). Stimoli di bassa intensità applicati alla branca int-NM, efficaci nell'attivare solo le fibre a più bassa soglia (1-1,29 Tc) hanno provocato la comparsa di potenziali (latenza $9,15 \text{ msec} \pm 0,35$ d.s.; latenza delle risposte nell'area 3a: $5,47 \text{ msec} \pm 0,26$ d.s.) negli stessi *foci* callosali reattivi alla stimolazione delle fibre di gruppo I dei nervi NRP e NRP-D.

I risultati ottenuti consentono di trarre alcune conclusioni sulle proiezioni callosali delle afferenze profonde originate nell'arto anteriore. Stando ai dati conseguiti con la stimolazione elettrica dei 3 nervi muscolari sopra riferiti, attraverso la RCS vengono trasferiti da un emisfero all'altro impulsi destinati in recettori muscolari collegati con le piccole fibre mieliniche di gruppo III. Non sembra invece sussistere un *transfer* interemisferico per gli impulsi originati nei recettori fusali. Infatti, nonostante la estesa proiezione corticale delle afferenze originate nelle terminazioni primarie e secondarie dei fusi neuro-muscolari [5, 8], nelle presenti ricerche la stimolazione delle fibre di gruppo I e II di branche *puramente muscolari* non ha mai provocato la comparsa di risposte callosali. È quindi assai verosimile che i potenziali derivati, sia in precedenza [3] sia nei presenti esperimenti, per stimolazione delle fibre di gruppo I e II del NRP siano riferibili alla «contaminazione» di questo nervo profondo con fibre di grosso diametro originate in recettori a sede extramuscolare [4]. A questo riguardo, significativi sono stati i risultati ottenuti con la stimolazione delle due branche muscolari e della branca interossea del NM. Mentre l'attivazione delle fibre a bassa soglia delle branche muscolari ha evocato solo potenziali corticali e non callosali, la stimolazione delle fibre a più bassa soglia del nervo int-NM, riconducibili per il loro diametro al gruppo I ma di origine prevalentemente articolare [9], ha evocato potenziali di massa anche nel corpo calloso.

Per quanto riguarda il meccanismo corticale a livello del quale avverrebbe la ritrasmissione callosale delle afferenze di origine profonda, i dati esistenti nella letteratura neurofisiologica potrebbero spiegare i presenti risultati. È noto che le afferenze muscolari a bassa e ad alta soglia proiettano a livello corticale in regioni distinte [5, 8]: come si è già ricordato, la stimolazione delle afferenze *fusali* di gruppo I e II evoca potenziali corticali in focolai topograficamente distinti dalle classiche aree SI ed SII, dalle quali è invece possibile ottenere risposte per attivazione delle fibre afferenti muscolari di gruppo III [5, 8].

La ritrasmissione cortico-callosale potrebbe avvenire quindi a livello dei neuroni delle aree somestetiche, e non di quelli delle aree di proiezione fusale. Le fibre profonde di bassa soglia di origine *articolare* hanno invece proiezioni corticali che, pur includendo anche i *foci* di proiezione fusale [10], sono più estese (cfr. [4]): di fatto, nelle presenti ricerche, stimoli soglia applicati a nervi di origine puramente muscolare non hanno dato luogo a risposte callosali, mentre hanno provocato la comparsa di risposte sia nella RCS che nell'area 3a se applicati al nervo articolare int-NM. Occorre inoltre ricordare che ricerche microelettrodiche eseguite a livello dei *foci* corticali di proiezione delle afferenze muscolari di gruppo I [11] hanno dato evidenza al fatto che afferenze di bassa soglia di origine articolare proiettano su gruppi neuronici distinti da quelli che ricevono le afferenze muscolari anzidette.

Secondo le presenti ricerche, il meccanismo di ritrasmissione cortico-callosale opererebbe quindi un vero e proprio « filtraggio » delle afferenze propriocettive originate nell'arto anteriore. Al *transfer* interemisferico parteciperebbero solo quelle afferenze che sono ritenute [4] essenziali per il senso di posizione e la cinestesia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] GIAQUINTO S., POMPEIANO O. e SWETT J. E. (1963) – EEG and behavioral effects of fore- and hindlimb muscular afferent volleys in unrestrained cats, « Arch. ital. Biol. », 101, 133.
- [2] INNOCENTI G. M., MANZONI T. e SPIDALIERI G. (1974) – Patterns of the somesthetic messages transferred through the corpus callosum, « Exp. Brain Res. », 10, 447.
- [3] MANZONI T., MICHELINI S. e SPIDALIERI G. (1973) – Ritrasmissione callosale di impulsi di origine superficiale e profonda, Atti XXV Congr. Soc. it. Fisiol. « Boll. Soc. It. Biol. sper. », 49, fasc. 20 bis, com. 264.
- [4] MATTHEWS P. B. C. (1972) – *Mammalian muscle receptors and their central actions*. Arnold, London.
- [5] OSCARSSON O. e ROSÉN I. (1963) – Projection to cerebral cortex of large muscle-spindle afferents in forelimb nerves of the cat, « J. Physiol. », 169, 924.
- [6] POMPEIANO O. e SWETT J. E. (1963) – Actions of graded cutaneous and muscular afferent volleys on brain stem units in the decerebrate, cerebellectomized cat, « Arch. ital. Biol. », 101, 552.
- [7] REXED B. (1944) – Contribution to the knowledge of the postnatal development of the peripheral nervous system in man, « Acta neurol. belg. », Suppl. 33.
- [8] ROSÉN I. (1972) – Projection of forelimb group I muscle afferents to the cat cerebral cortex, « Int. Rev. Neurobiol. », 15, 1.
- [9] SILFVENIUS H. (1970) – Characteristics of receptors and afferent fibres of the forelimb interosseus nerve of the cat, « Acta physiol. scand. », 79, 6.
- [10] SILFVENIUS H. (1970) – Projections to the cerebral cortex from afferents of the interosseus nerves of the cat, « Acta physiol. scand. », 80, 196.
- [11] SILFVENIUS H. (1972) – Properties of cortical group I neurones located in the lower bank of the anterior sylvian sulcus of the cat, « Acta physiol. scand. », 84, 555.