

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

# RENDICONTI

---

PAOLO BARBARESI, FIORENZO CONTI, TULLIO MANZONI

## Ricerche elettrofisiologiche sulla rappresentazione del tronco nel talamo del Gatto

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 75 (1983), n.5, p. 245–250.*  
Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1983\\_8\\_75\\_5\\_245\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1983_8_75_5_245_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.** — *Ricerche elettrofisiologiche sulla rappresentazione del tronco nel talamo del Gatto* (\*). Nota di PAOLO BARBARESI, FIORENZO CONTI e TULLIO MANZONI, presentata (\*\*) dal Corrisp. O. PINOTTI.

SUMMARY. — Electrophysiological experiments of microelectrode recording were performed in the thalamus of the cat in order to study the topography and receptive field (RF) organization of neurones in the trunk representation zone of the nucleus *ventralis postero-lateralis* (VPL). Experiments were carried out in 6 cats anaesthetized with a mixture of  $N_2O-O_2$  (70% vs 30%) and halothane (0.5%). Three cats had been previously submitted to a single injection of horseradish peroxidase in a physiologically defined site of the trunk zone of the first somatosensory area (SI). Neurones responding to stimulation of trunk RFs were located in the dorsal part of VPL intervening between the lateral (VPL1) and medial (VPLm) subnucleus. Cells located laterally in this zone had RFs on the dorsal midline of the body whereas those located medially had RFs on the ventral midline of the body. The RFs of these neurones were bilateral and straddled, often symmetrically, the respective midline. The neurones of the intermediate region of the trunk zone had only contralateral RFs located on the lateral trunk surface. The RFs found in the region of VPL containing cells retrogradely labelled with horseradish peroxidase were similar to those found at the cortical injection site. The results suggest that the bilaterality of the body midline representation in area SI, described in previous experiments, is imposed by the thalamo-cortical input from VPL nucleus.

In una precedente Nota [2] sono stati riferiti i risultati di esperimenti anatomici eseguiti con lo scopo di studiare la topografia delle proiezioni talamo-corticali destinate alla zona di rappresentazione del tronco dell'area somestesica prima (SI) del Gatto. Questi esperimenti, basati sul metodo del trasporto assonico retrogrado di perossidasi di rafano e di neurotraccianti fluorescenti, avevano dimostrato che i neuroni che proiettano alla regione corticale che contiene la mappa del tronco sono localizzati in una regione dorsale del nucleo *ventralis postero-lateralis* (VPL) situata tra il subnucleo VPL laterale (VPLl) e mediale (VPLm). Era stato inoltre dimostrato che popolazioni neuroniche localizzate nella porzione laterale, centrale e mediale di questa regione proiettano, nell'ordine, alla zona rostrale, centrale e caudale della rappresentazione del tronco dell'area SI. A livello corticale, la zona rostrale e caudale contengono, rispettivamente, la rappresentazione della linea mediana dorsale e ventrale del corpo e sono prov-

(\*) Lavoro eseguito col sussidio del Ministero della P.I. nell'Istituto di Fisiologia Umana dell'Università di Ancona.

(\*\*) Nella seduta del 26 novembre 1983.

viste di neuroni con campi recettivi periferici (CRP) bilaterali; la zona centrale contiene invece la rappresentazione della regione laterale del tronco ed è costituita da neuroni con CRP solo contralaterali [10].

Nella presente Nota verranno riferiti i risultati di esperimenti elettrofisiologici eseguiti a livello della zona di rappresentazione del tronco nel nucleo VPL. Lo scopo di questi esperimenti si riallaccia a quanto era stato ipotizzato [2] circa i meccanismi neurofisiologici mediante i quali si attua la rappresentazione bilaterale della linea mediana del corpo a livello corticale. Una delle ipotesi prospettate prevede infatti che i CRP bilaterali localizzati a cavallo delle linee mediane del corpo, esibiti dai neuroni dell'area SI, dipendano dalle proiezioni talamiche originate dal nucleo VPL. Secondo tale ipotesi, quindi, già a livello del nucleo talamico di *relais* la rappresentazione delle linee mediane dovrebbe essere bilaterale. Sulla base delle indicazioni fornite dagli esperimenti anatomici riportati sopra, sono state eseguite esplorazioni microelettrodiche al fine di determinare l'organizzazione topografica della rappresentazione del tronco nel nucleo VPL e di verificare se i neuroni localizzati nelle regioni che proiettano alle zone di rappresentazione delle linee mediane nell'area SI abbiano CRP bilaterali simili a quelli precedentemente identificati a livello corticale.

Gli esperimenti sono stati eseguiti in 6 gatti adulti. Tre di questi animali facevano parte del gruppo impiegato per le indagini anatomiche di cui abbiamo già riferito [2]. In tali casi, le esplorazioni microelettrodiche del nucleo VPL sono state effettuate nel periodo intercorrente tra le iniezioni di perossidasi di rafano nell'area SI e la perfusione degli animali. I restanti tre animali sono stati invece utilizzati solo per gli esperimenti elettrofisiologici. La preparazione chirurgica si è svolta in anestesia ketaminica (20 mg/Kg i.m.) ed è consistita nella intubazione della trachea, nella incanalazione di una vena femorale e nell'apertura della teca cranica in corrispondenza dell'ingresso dei microelettrodi. Gli animali venivano quindi posti in un apparecchio stereotassico e predisposti per il monitoraggio della temperatura rettale, dell'elettrocardiogramma e della CO<sub>2</sub> espiratoria. Le osservazioni elettrofisiologiche sono state eseguite dopo aver sottoposto gli animali a curarizzazione e ventilazione artificiale con miscela di N<sub>2</sub>O (60-70%), O<sub>2</sub> (30-40%) ed alotano (0,5%). Sulla scorta dei dati anatomici precedentemente descritti e seguendo le coordinate stereotassiche di Snider e Niemer [12] e di Berman e Jones [5], i microelettrodi venivano affondati nel cervello e guidati, mediante una microguida idraulica, fino al nucleo VPL. Per la registrazione dei potenziali bioelettrici è stato utilizzato un apparato elettronico già descritto in dettaglio in precedenti lavori [6, 9]. Per l'attivazione dei CRP sono stati usati sia stimoli naturali (spostamenti di peli, deformazione della cute, rotazione di un'articolazione), che stimoli meccanici forniti da uno stimolatore elettromeccanico dotato di lettura continua della forza applicata o dell'entità dell'infossamento della cute [7]. Alla fine di ogni penetrazione veniva eseguita attraverso la punta del microelettrodo una lesione elettrolitica (10  $\mu$ A  $\times$  5 sec.) con lo scopo di consentire la ricostruzione delle tracce microelettrodiche. Al termine della seduta di registrazione, che durava in media dalle 10 alle 12 ore, gli animali venivano nuovamente anestetizzati con barbiturici e perfusi. Gli animali

nei quali era stata iniettata perossidasi di rafano sono stati perfusi come descritto nella precedente Nota [2] mentre gli animali utilizzati solo per gli esperimenti elettrofisiologici sono stati perfusi con soluzione fisiologica seguita da formalina al 10%. I cervelli venivano quindi rimossi e sezionati al microtomo congelatore in fettine di 80  $\mu\text{m}$  di spessore. Le sezioni istologiche ottenute dagli animali che avevano ricevuto le iniezioni di perossidasi venivano sottoposte alla reazione istochimica per l'evidenziazione dell'enzima [1]. Tutte le sezioni sono state controcolorate con blù di toluidina, a fine di determinare i confini citoarchitetonici della regione nucleare ventrale del talamo e di ricostruire le tracce microelettrodiche.

Sono state eseguite 27 esplorazioni microelettrodiche del talamo, di cui 12 nei tre animali che erano stati precedentemente iniettati con perossidasi e 15 nei restanti tre. Gli elettrodi, orientati verticalmente in modo da esplorare il nucleo VPL in direzione dorso-ventrale, venivano diretti verso la regione in cui erano stati rintracciati i neuroni con assoni destinati alla zona di rappresentazione del tronco dell'area SI [2]. Tale regione è inclusa tra le coordinate stereotassiche A8-A10 ed L6, 5-L8. In genere, in ciascun animale sono stati esplorati due diversi livelli rostro-caudali separati tra loro da 1 mm e, per ogni livello, venivano eseguite 2-3 penetrazioni sullo stesso piano medio-laterale, ad un intervallo di circa 500  $\mu\text{m}$  l'una dall'altra. Affondando gli elettrodi nel talamo secondo le coordinate stereotassiche riferite sopra, non sono stati individuati neuroni attivabili da stimoli somatici fino a che non veniva raggiunto il confine dorsale del nucleo VPL, ove erano costantemente presenti neuroni attivabili per stimolazione dei recettori somatici del tronco. La sede dei CRP di questi neuroni dipendeva dalla posizione medio-laterale dell'elettrodo. Gli elettrodi che penetravano nella regione laterale del nucleo VPL incontravano neuroni con CRP localizzati sulla superficie dorsale del tronco mentre se penetravano nella regione mediale incontravano neuroni con CRP sulla superficie ventrale. Tra le due regioni erano presenti neuroni con CRP localizzati sulla superficie laterale del tronco. I neuroni isolati nella regione laterale e mediale avevano CRP bilaterali. In particolare, i campi dei neuroni della regione laterale erano localizzati a cavallo della linea mediana dorsale mentre quelli dei neuroni della regione mediale erano a cavallo della linea mediana ventrale.

Nella fig. 1 sono mostrati alcuni dati rappresentativi ottenuti in un preparato nel quale sono state eseguite due penetrazioni microelettrodiche nel nucleo VPL. Questo animale era stato sottoposto ad una singola iniezione di perossidasi a livello della zona di rappresentazione della linea mediana ventrale di SI. Nel corso della penetrazione mediale (fig. 1, a), il microelettrodo ha derivato dapprima l'attività di neuroni con CRP localizzati sulla superficie del tronco contralaterale e, procedendo ventralmente, l'attività di neuroni con CRP bilaterali a cavallo della linea mediana ventrale. La zona contenente neuroni con CRP bilaterali coincide con l'area di distribuzione dei neuroni marcati per via retrograda con perossidasi iniettata nell'area SI. Lo stesso microelettrodo, procedendo ancor più ventralmente, è penetrato attraverso il bordo laterale del subnucleo VPLm derivando l'attività di neuroni con CRP localizzati sull'arto

anteriore contralaterale. Nel corso della seconda penetrazione, eseguita lateralmente alla prima (fig. 1, *b*), il microelettrodo, esplorando in sequenza dorso-ventrale il nucleo VPL, ha incontrato dapprima neuroni con CRP sul tronco contralaterale e poi neuroni con CRP bilaterali a cavallo della linea mediana dorsale. Infine, penetrando ancor più ventralmente nel nucleo VPL il microelettrodo ha derivato l'attività di neuroni con CRP localizzati sull'arto posteriore contralaterale. La modalità di attivazione dei neuroni studiati nella regione del nucleo VPL esplorata nei presenti esperimenti era di tipo esterocettivo. La maggior parte delle unità rispondeva infatti alla deflessione dei peli ovvero alla stimolazione meccanica della cute. I CRP localizzati sul tronco si estendevano per 6-10 cm in direzione medio-laterale e 8-15 cm in direzione rostro-caudale. I CRP bilaterali avevano la porzione ipsilaterale meno estesa di quella contralaterale anche se taluni di questi campi erano estesi simmetricamente sui due lati del tronco.

I presenti esperimenti consentono di definire la precisa somatotopia della rappresentazione del tronco nel nucleo talamico VPL del Gatto. L'organizzazione topografica delle proiezioni periferiche originate dalle diverse porzioni della superficie del tronco, messa in evidenza con lo studio della distribuzione intranucleare dei CRP, concorda con i dati degli esperimenti anatomici descritti in precedenza [2]. I neuroni localizzati nella porzione laterale, centrale e mediale della zona di rappresentazione del tronco del nucleo VPL ricevono le afferenze dalla superficie dorsale, laterale e ventrale del tronco. Da queste tre porzioni del nucleo originano le proiezioni corticipete che si distribuiscono, con lo stesso ordine, alla zona rostrale, centrale e caudale della rappresentazione del tronco dell'area SI. Il dato di maggior interesse emerso dai presenti esperimenti è costituito dalla presenza, nel nucleo VPL, di neuroni con CRP bilaterali a cavallo delle linee mediane dorsale e ventrale del corpo. Tali campi sono simili, per estensione ed organizzazione, ai campi bilaterali messi in evidenza a livello dell'area SI [10]. Si deve quindi ritenere non solo che l'organizzazione somatotopica della mappa del tronco in quest'area sia imposta dalle proiezioni corticipete originate nel nucleo VPL ma che anche la bilateralità della rappresentazione corticale delle linee mediane del corpo dipenda dalle afferenze talamiche. Questi risultati ripropongono tuttavia il ruolo delle connessioni callosali tra le aree SI dei due emisferi. Tali connessioni infatti si attuano solo tra le zone di rappresentazione delle linee mediane che, come ricordato all'inizio, sono provviste di neuroni con CRP bilaterali. Era ipotizzabile quindi, anche sulla base di quanto era stato messo in evidenza a livello delle aree visive [3, 4] e dell'area somestesica seconda [8, 11], che il campo ipsilaterale potesse essere mediato dalle fibre del corpo calloso. I risultati dei presenti esperimenti, tuttavia, pur suggerendo un ruolo preponderante delle afferenze talamo-corticali, non consentono di escludere l'ipotesi che anche quelle callosali possano contribuire alla genesi dei CRP ipsilaterali dei neuroni dell'area SI. Le afferenze callosali infatti potrebbero sia rinforzare l'azione eccitatoria delle afferenze talamiche che determinare, almeno in una certa popolazione di unità corticali, gran parte della reattività agli stimoli ipsilaterali.

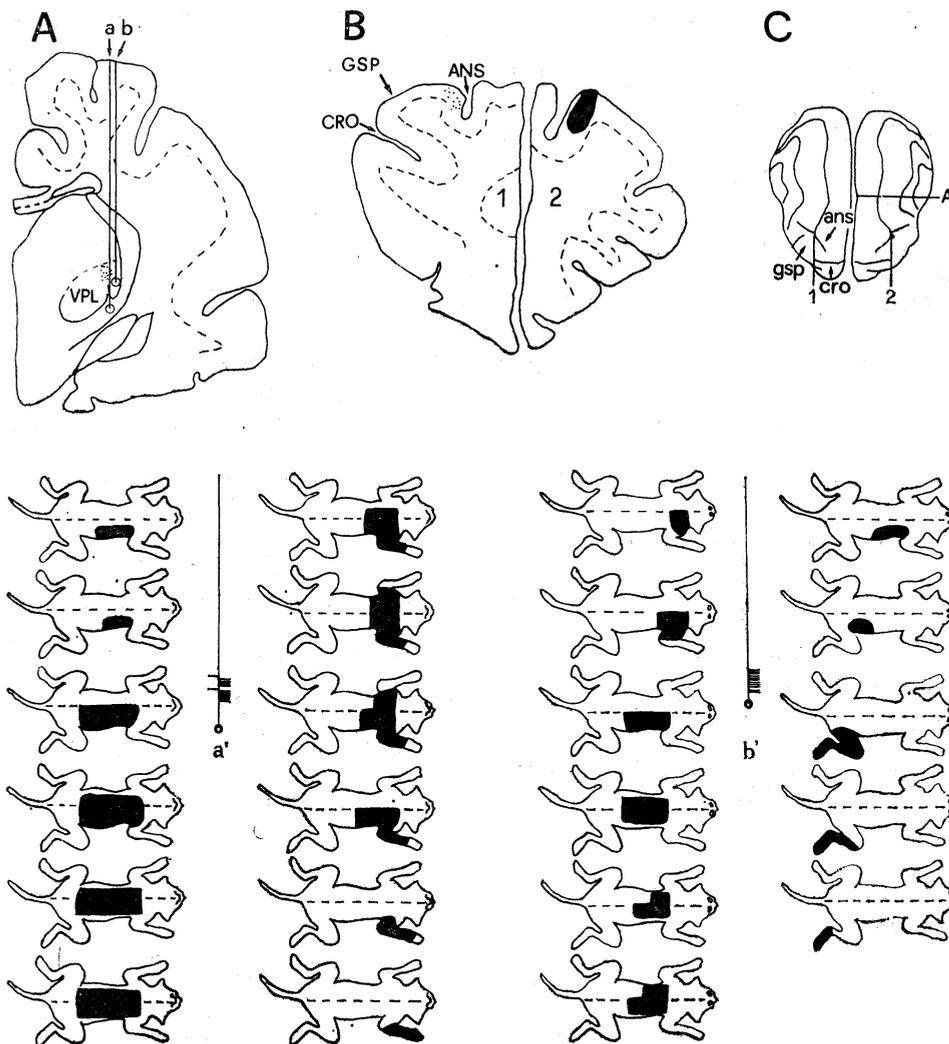


Fig. 1. - Analisi microelettrodica della zona di rappresentazione del tronco del nucleo talamico *ventralis postero-lateralis* (VPL) del Gatto. A, ricostruzione di una sezione istologica frontale di un emisfero nel quale sono state eseguite due penetrazioni microelettrodiche (*a* e *b*) dirette nel nucleo VPL. I punti nel nucleo VPL rappresentano i neuroni marcati con perossidasi di rafano iniettata nella zona di rappresentazione della linea mediana ventrale dell'area SI. B, sezioni sagittali della porzione rostrale del cervello con l'area di diffusione della perossidasi nella sede di iniezione (sezione 2) e la distribuzione dei neuroni callosali (punti) nella regione omotopica contralaterale (sezione 1). C, schema di cervello nel quale sono indicati i livelli delle sezioni mostrate in A e B. Nella parte inferiore della figura sono mostrati i campi recettivi periferici dei neuroni di VPL studiati nel corso delle penetrazioni *a* e *b*. In *a'* e *b'*, le tacche a destra e a sinistra delle tracce microelettrodiche indicano, rispettivamente, i livelli delle registrazioni unitarie e multiunitarie. Cro, solco crociato; ans, solco ansato; gsp, giro sigmoideo posteriore...

## BIBLIOGRAFIA

- [1] ADAMS J.C. (1977) - *Technical considerations on the use of horseradish peroxidase as a neuronal marker*. «Neuroscience», 2, 141-145.
- [2] BARBARESI P., CONTI F. e MANZONI T. - *Organizzazione topografica delle proiezioni talamo-corticali alla zona di rappresentazione del tronco dell'area SI del Gatto*. «Atti Acc. Lincei Cl. Sc. Fis. Mat e Nat.», in corso di stampa.
- [3] BERLUCCHI G. (1972) - *Anatomical and physiological aspects of visual functions of corpus callosum*. «Brain Res.», 37, 371-392.
- [4] BERLUCCHI G. (1981) - *Recent advances in the analysis of the neural substrates of interhemispheric communication*. In POMPEIANO O. e AJMONE-MARSAN C. (Eds), *Brain mechanisms and perceptual awareness*, Raven Press, New York, pp. 133-152.
- [5] BERMAN A.L. e JONES E.G. (1982) - *The thalamus and basal telencephalon of the cat*, Wisconsin Press, Madison.
- [6] CAMINITI R., INNOCENTI G.M. e MANZONI T. (1979) - *The anatomical substrate of callosal messages from SI and SII in the cat*. «Exp. Brain Res.», 35, 295-314.
- [7] CHUBBUCK J.G. (1966) - *Small motion biological stimulator*, «APL Tech. Digest», 5, 18-23.
- [8] INNOCENTI G.M., MANZONI T. e SPIDALIERI G. (1973) - *Relevance of the callosal transfer in defining the peripheral reactivity of somesthetic cortical neurones*. «Arch. Ital. Biol.», 111, 187-221.
- [9] MANZONI T., CAMINITI R., SPIDALIERI G. e MORELLI E. (1979) - *Anatomical and functional aspects of the associative projections from somatic area SI to SII*. «Exp. Brain Res.», 34, 453-470.
- [10] MANZONI T., BARBARESI P., BELLARDINELLI E. e CAMINITI R. (1980) - *Callosal projections from the two body midlines*. «Exp. Brain Res.», 39, 1-9.
- [11] ROBINSON D.L. (1973) - *Electrophysiological analysis of interhemispheric relations in the second somatosensory cortex of the cat*, «Exp. Brain Res.», 18, 131-144.
- [12] SNIDER R.S. e NIEMER W.T. (1961) - *A stereotaxic atlas of the cat brain*, Univ. Chicago Press, Chicago.