
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

FRANCESCO INFANTELLINA, CARMELA RAPISARDA,
ANTONIO URBANO

Risposte evocate nel claustrum mediante la stimolazione di nervi misti, cutanei ovvero muscolari, nel Gatto

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 40 (1966), n.6, p.
1117–1122.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1966_8_40_6_1117_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. — *Risposte evocate nel claustrum mediante la stimolazione di nervi misti, cutanei ovvero muscolari, nel Gatto* (*). Nota di FRANCESCO INFANTELLINA, CARMELA RAPISARDA e ANTONIO URBANO, presentata (**) dal Socio G. C. PUPILLI.

SUMMARY. — Polyphasic potentials were picked up from the claustrum by stimulation of mixed, cutaneous or muscular somatic nerves in anaesthetized paralysed cats. Single shock stimulation of different nerves of the four limbs showed that a spatial and modal convergence of somatic afferences occurs at the level of the claustrum. Somatic afferences to the claustrum are conveyed by fibres of the posterior spinal funiculi and the dorsal part of lateral funiculi. The complex polyphasic responses of the claustrum to somatic stimulation were not affected by cauterization of suprasylvian cortex and somatic cortical areas I and II of the two hemispheres. Electrical stimulation of specific thalamic nuclei evoked in the claustrum responses with time limits compatible with a spinothalamic claustral course of somatic afferences.

Concordanti indagini hanno di recente dimostrato che il claustrum è sede di convergenza di afferenze sensitive e viscerali (Bonvallet, Dell e Hugelin [1]; Berry, Hagamen e Hinsey [2]; Segundo e Machne [3]; Azzaroni, Infantellina, Rapisarda e Riva Sanseverino [4]).

La presente Nota prende in esame la distribuzione nel claustrum di Gatto delle afferenze somatiche, utilizzando il metodo dei potenziali evocati mediante la stimolazione elettrica di nervi somatici periferici, misti, cutanei ovvero muscolari.

MATERIALE E METODI.

Gli esperimenti sono stati eseguiti su 25 Gatti trattati con cloralosio somministrato per via intravenosa (35–80 mg/kg). Dopo intubazione tracheale, si metteva allo scoperto un'ampia superficie della corteccia di entrambi gli emisferi cerebrali e si isolavano poi in un solo lato ovvero in entrambi i lati, i nervi misti radiale, ischiatico, tibiale e peroneo, i nervi cutanei radiale superficiale e surale, i rami muscolari del N. tibiale per il muscolo gastrocnemio e del N. peroneo superficiale per il muscolo peroneo breve. In alcuni animali preparati per la sezione dei cordoni spinali, si effettuava la laminectomia vertebrale preparatoria a livello T₅–T₇. La corteccia cerebrale, il midollo spinale e i nervi messi allo scoperto erano protetti da uno strato di olio di vasellina tenuto alla temperatura di 37°C. Le osservazioni si iniziano circa 3 h dopo la fine dell'intervento preparatorio ed erano eseguite sugli animali immobilizzati mediante succinilcolina (dose iniziale: 1 mg/kg, per via intravenosa; dosi successive: 0,2–0,6 mg/kg) e soccorsi colla respirazione artificiale. Per la

(*) Lavoro eseguito, col sussidio del Consiglio Nazionale delle Ricerche, negli Istituti di Fisiologia umana di Bologna e di Catania.

(**) Nella seduta del 22 giugno 1966.

stimolazione dei nervi periferici abbiamo utilizzato singoli impulsi rettangolari (0,05-1 msec; 0,2-15 V) forniti da uno stimolatore elettronico (Grass mod. S 4 + SIU 4 B). In alcuni casi si registravano le risposte claustrali alla stimolazione dei nuclei talamici *ventralis-postero-lateralis* (VPL) e *ventralis-postero-medialis* (VPM): si adoperavano elettrodi stimolanti bipolari costituiti da sottili fili di acciaio isolati tranne che alla punta che venivano inseriti stereotassicamente, gli stimoli erano singoli impulsi rettangolari (0,3-0,5 msec; 5-12 V). Le risposte elettriche del *claustrum* e quelle dei nuclei talamici VPL e VPM alla stimolazione somatica afferente venivano derivate con metodo unipolare, adoperando un elettrodo di acciaio ad estremità assottigliata ed isolato tranne che alla punta che veniva guidato stereotassicamente; l'elettrodo di riferimento era un grosso filo di Ag-AgCl posto a contatto con una massa necrotizzata del muscolo temporale, ovvero era una grossa vite di rame infissa nell'osso frontale. La derivazione delle risposte claustrali è stata effettuata anche con metodo bipolare, utilizzando un elettrodo concentrico del diametro esterno di 0,75 mm. In alcuni casi, assieme alle risposte del *claustrum* evocate per stimolazione afferente somatica, si derivavano anche le risposte corticali dalla superficie dell'area somatica I e II e delle aree associative (porzione media e posteriore del *gyrus suprasylvius*): l'elettrodo di derivazione corticale era un macroelettrodo di Ag-AgCl a punta sferiforme. I piani stereotassici per la ricerca delle risposte claustrali sono stati quelli compresi tra A 12 e A 18,5 (cfr. Jasper e Ajmone-Marsan [5]).

In alcuni animali le risposte claustrali evocate dalla stimolazione somatica venivano registrate 1-2 h dopo distruzione, mediante ripetute applicazioni locali di AgNO₃, della corteccia cerebrale dell'area somatica I e II e di quelle associative soprasilviane di entrambi gli emisferi cerebrali.

L'apparecchiatura impiegata per la registrazione dei potenziali elettrici era quella di abituale impiego, comprendente amplificatori (mod. ATE), oscilloscopio (Cossor mod. 1049 MK IV) e fotochimografo (Cossor mod. 1428 MK 11 B). La posizione della punta degli elettrodi nel claustrum e nei nuclei talamici, veniva controllata istologicamente, dopo elettrolisi locale, su sezioni seriate colorate col metodo di Giemsa o al cresilvioletto. Le sezioni dei cordoni spinali venivano controllate sia macroscopicamente sia su sezioni istologiche colorate col metodo al cresilvioletto.

RISULTATI.

I risultati ottenuti sono stati i seguenti.

1° La stimolazione elettrica di nervi afferenti somatici misti ovvero cutanei ovvero muscolari degli arti anteriori e di quelli posteriori di Gatti cloralosati e curarizzati determina la comparsa nel *claustrum* di una complessa risposta polifasica. Il tempo di latenza delle risposte ottenute per stimolazione dei nervi somatici degli arti anteriori è risultato più breve rispetto a quello dei potenziali evocati dalla stimolazione dei nervi degli arti posteriori

e più breve per le risposte claustrali contralaterali rispetto a quelle ipsilaterali. In un medesimo esperimento i valori medi, calcolati su un gruppo di risposte, sono stati i seguenti: msec 18,9 ($\pm 2,7$) e msec 18,0 ($\pm 5,38$) per stimolazione del N. ischiatico ipsilaterale e rispettivamente contralaterale; msec 15,5 ($\pm 2,1$) e msec 13,5 ($\pm 1,85$) per stimolazione del N. radiale ipsilaterale e rispettivamente contralaterale. La latenza dei potenziali suscitati nel *claustrum* per stimolazione dei nervi somatici misti è talora più breve di quella dei potenziali evocati mediante la stimolazione dei nervi cutanei ovvero muscolari. Nessuna significativa differenza è stata riscontrata fra le latenze delle risposte claustrali derivate dai diversi piani stereotassici esplorati, compresi

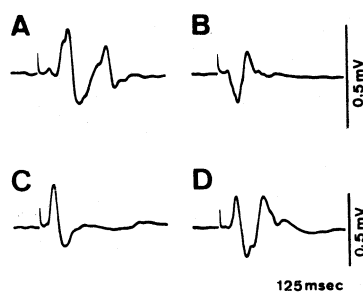


Fig. 1. — Gatti cloralosati e curarizzati. Morfologia delle risposte evocate nel claustrum dalla stimolazione del N. ischiatico contralaterale.

A e D, risposte di forma tipica; B e C, risposte meno comuni.

tra A 12 e A 18,5. La durata del tempo di latenza delle risposte del *claustrum* alla stimolazione periferica è stata maggiore sia rispetto a quella delle risposte derivate dalle aree corticali somatica I e II sia rispetto a quella dei potenziali evocati nelle aree associative soprasilviane, dell'emisfero cerebrale ipsilaterale al *claustrum*. Nel medesimo esperimento in cui la latenza delle risposte del *claustrum* alla stimolazione del N. ischiatico contralaterale era stata msec 18,0 i tempi di latenza dei potenziali evocati dalla medesima stimolazione sulle aree corticali dell'emisfero cerebrale ipsilaterale al *claustrum* sono state msec 11,7 ($\pm 0,6$) per la S I, msec 13,0 ($\pm 1,53$) per la S II e msec 15,3 ($\pm 2,3$) per l'area associativa del giro soprasilviano posteriore. La morfologia delle risposte claustrali alla stimolazione afferente somatica è stata molto variabile, ma sempre polifasica. La forma più frequentemente osservata è stata quella di un potenziale ad andamento negativo-positivo-negativo. Questo complesso polifasico, di maggiore ampiezza (μV 200-500) è spesso preceduto da una piccola oscillazione positiva e presenta piccole incisive inscritte sia sulla componente positiva sia su quelle negative. Pure frequente è la presenza di un'ultima oscillazione positiva o negativa. Piuttosto rare sono apparse le risposte claustrali ad andamento difasico con polarità iniziale positiva ovvero negativa.

2° In alcuni esperimenti eseguiti allo scopo di precisare la odologia delle afferenze somatiche al *claustrum*, la sezione dei soli cordoni posteriori ovvero

dei soli cordoni laterali a livello T₅-T₇, non ha abolito la risposta del claustrum alla stimolazione elettrica del N. ischiatico. La capacità del claustrum a rispondere alla stimolazione del N. ischiatico manca invece quando alla sezione dei cordoni posteriori si fa seguire quella della porzione posteriore dei cordoni laterali e quando dopo la sezione dei cordoni laterali si procede a quella dei cordoni posteriori.

3° La stimolazione mediante singoli impulsi dei nuclei talamici VPL e VPM evoca nel claustrum un potenziale difasico negativo-positivo la cui latenza è di 3-7 msec. In un medesimo esperimento in cui la latenza della risposta evocata nel *claustrum* dalla stimolazione del N. ischiatico contralaterale è stata di 18,0 msec, la latenza della risposta del VPL dello stesso lato del claustrum alla medesima stimolazione è stata di 11 msec e la latenza della risposta del *claustrum* alla stimolazione del VPL ipsilaterale è stata di 6,5 msec. La latenza quindi della risposta claustrale alla stimolazione somatica (msec

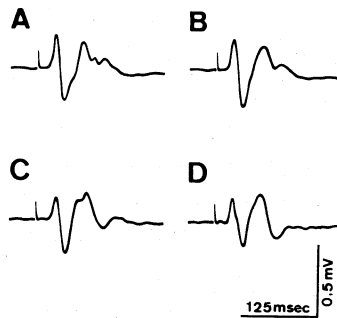


Fig. 2. - Gatto cloralosato e curarizzato.

Risposte evocate nel claustrum per effetto della stimolazione di nervi misti: si noti come il tempo di latenza delle risposte ottenute per stimolazione di nervi degli arti anteriori, N. radiale ipsi- (A) e contralaterale (B), sia più breve rispetto a quello dei potenziali evocati dalla stimolazione di nervi degli arti posteriori, N. tibiale ipsi- (C) e contralaterale (D). Le risposte alla stimolazione del nervo contralaterale (B e D) hanno latenza più breve rispetto a quelle ottenute mediante stimolazione del nervo ipsilaterale (A e C).

18,0) è risultata compatibile con la somma delle latenze delle risposte del VPL alla stimolazione del N. ischiatico e di quella della risposta del *claustrum* allo stimolo applicato sul VPL ($11,0 + 6,5 = 17,5$ msec), tenuto conto degli errori che in siffatti calcoli possono farsi.

4° Poiché la latenza delle risposte claustrali alla stimolazione somatica afferente è risultata sempre maggiore rispetto ai potenziali evocati per effetto della medesima stimolazione sulle aree corticali di proiezione somatica, si poteva ritenere che il potenziale claustrale provocato dalla stimolazione di nervi periferici prendesse origine da un circuito cortico-claustrale. Gli esperimenti di controllo eseguiti hanno permesso di accertare che la distruzione mediante trattamento con AgNO₃ della corteccia cerebrale comprendente le aree somatiche I e II e le aree associative soprasilviane dei due emisferi cerebrali non modificano la risposta del claustrum alla stimolazione del N. ischiatico.

DISCUSSIONE.

I risultati sopra esposti ottenuti mediante la stimolazione di nervi somatici misti, puramente cutanei ovvero puramente muscolari, sia degli arti anteriori che di quelli posteriori ipsilaterali ovvero contralaterali, dimostrano come nel claustrum si attui una rilevante convergenza plurimodale e spaziale delle afferenze somatiche. Tali risultati sono in accordo con quelli di Segundo e Machne [3] i quali hanno trovato che singole unità claustrali possono essere attivate oltre che da stimolazione di nervi somatici anche dalle più svariate modalità, propriocettive, viscerali, olfattive, uditive e visive.

La forma complessa del potenziale evocato nel *claustrum* con la presenza di più onde in successione e di incisure inscritte su ciascuna onda, può essere espressione non soltanto dell'esistenza di *relais* lungo il percorso della via afferente ma anche di vie formate da fibre aventi caratteristiche diverse.

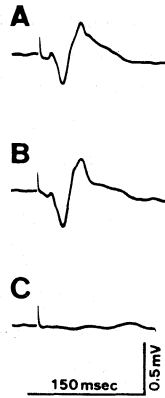


Fig. 3. - Gatto cloralosato e curarizzato.

Effetti della sezione di cordoni spinali eseguita tra T_6 - T_7 . Risposte evocate nel claustrum per stimolazione del N. ischiatico ipsilaterale nell'animale a nevrasse integro (A) e dopo lesione dei cordoni posteriori (B). A seguito della successiva interruzione delle porzioni dorsali dei cordoni laterali la risposta claustrale non è più evocabile dalla stimolazione (C).

Il problema della odologia del sistema afferente al *claustrum*, non è stato che parzialmente chiarito dalle presenti indagini. I nostri risultati infatti permettono di riconoscere che tale sistema attraversa più di un percorso. Infatti la sezione dei soli cordoni posteriori ovvero dei soli cordoni laterali non ha mai determinato la scomparsa completa delle risposte claustrali alla stimolazione dei nervi somatici misti; queste scompaiono al contrario, soltanto quando la sezione dei cordoni posteriori è associata a quella della parte posteriore dei cordoni laterali. Una di queste vie, quella che percorre la porzione posteriore dei cordoni laterali, potrebbe essere la componente spinotalamica individuata da Morin [6] nella parte dorsale dei cordoni laterali. Per quanto si riferisce alle afferenze che pervengono al *claustrum* dopo avere percorso i cordoni posteriori, ricordiamo come Bechterew [7], Ramon y Cajal [8], Dusser de Barenne, Garol e McCulloch [9] abbiano dimostrato la presenza di una via paucisinaptica che dai nuclei gracile e cuneato perviene allo striato:

una tale via potrebbe anche inviare impulsi ai nuclei talamici o ad altri *relais* in connessione col *claustrum*. Per quanto le presenti indagini non abbiano dimostrato che le afferenze spinali al claustro stabiliscono *relais* talamici, ci sembra lecito prospettare un tragitto spino-talamico-claustrale, tra l'altro anche per il fatto che la stimolazione del VPL, come anche del VPM, ha evocato una risposta claustrale la cui latenza è compatibile con tale tragitto. Le connessioni del claustro con le altre strutture telencefaliche e troncoencefaliche sono ancora malnote e incerte (Berke [10]; Rae [11]); tuttavia connessioni tra i nuclei talamici e il *claustrum* sono dimostrate sia dalle presenti ricerche sia da quelle di altri (Starzl e Magoun [12]). Bisogna aggiungere che è stata ammessa, in base a ricerche anatomiche, la presenza nella capsula esterna di radiazioni del talamo ventrale (cfr. [11]); scambi tra tali radiazioni e il claustro sarebbero pertanto possibili mediante collaterali delle radiazioni medesime.

Come si è già detto, la lunga latenza e la complessità della risposta claustrale alla stimolazione afferente potevano indurre a ritenere che la formazione della risposta claustrale medesima avvenisse attraverso l'attivazione di circuiti cortico-claustrali. A questo proposito ricordiamo che connessioni tra la corteccia cerebrale e il *claustrum* sono state osservate mediante ricerche eseguite utilizzando il metodo delle degenerazioni (Carman, Cowan e Powell [13]); tuttavia, dagli esperimenti di controllo da noi eseguiti, appare che le risposte claustrali ottenute per stimolazione di nervi somatici misti, permangono immutate dopo distruzione delle aree corticali somatica I e II e associative soprasilviane dei due emisferi cerebrali: tale risultato dimostra che impulsi somatici pervengono al claustro senza necessario intervento delle vie di connessione cortico-claustrale. Per contro, è assai verosimile l'esistenza di una stazione talamica interposta lungo il percorso degli impulsi afferenti dalla periferia al *claustrum*.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] M. BONVALLET, P. DELL e A. HUGELIN, « J. Physiol., Paris », 54, 222 (1952).
- [2] C.M. BERRY, W.D. HAGAMEN e J.C. HINSEY, « J. Neurophysiol. », 15, 139 (1952).
- [3] J. P. SEGUNDO e X. MACHNE, « J. Neurophysiol. », 19, 325 (1956).
- [4] A. AZZARONI, F. INFANTELLINA, C. RAPISARDA e E. RIVA SANSEVERINO, « Boll. Soc. it. Biol. sper. », 40, 24 bis, 1944 (1964).
- [5] H. H. JASPER a. C. AJMONE-MARSAN, *A stereotaxic atlas of the diencephalon of the cat*. Ottawa, National Research Council of Canada (1954).
- [6] F. MORIN, « Amer. J. Physiol. », 183, 245 (1955).
- [7] W. v. BECHTEREW, *Die Leitungsbahnen in Gehirn und Rückenmark*. Leipzig, A. Georgi (1899).
- [8] S. RAMON Y CAJAL, *Hystologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés*. Paris, Maloine, vol. II (1909-1911).
- [9] J. C. DUSSER DE BARENNE, H. W. GAROL e W. S. MCCULLOCH, « Res. Publ. Ass. nerv. ment. Dis. », 21, 246 (1946).
- [10] J. BERKE, « J. comp. Neurol. », 15, 297 (1960).
- [11] A.S.L. RAE, « Conf. neurol., Basel », 14, 211 (1954).
- [12] T. E. STARZL a. H. W. MAGOUN, « J. Neurophysiol. », 14, 133 (1951).
- [13] J. B. CARMAN, W. M. COWAN e T. P. S. POWELL, « J. Neurol. Neurosurg. Psychiat. », 27, 46 (1964).