
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

MICHAEL MYRON GASSEL, OTTAVIO POMPEIANO

Modulazione ipnica dell'attività motoria fusale

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 38 (1965), n.4, p. 561–564.
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1965_8_38_4_561_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. — *Modulazione ipnica dell'attività motoria fusale*^(*).

Nota di MICHAEL MYRON GASSEL^(**) e OTTAVIO POMPEIANO, presentata^(***) dal Socio G. MORUZZI.

Ricerche condotte in gatti integri senza narcosi hanno dimostrato che i riflessi monosinaptici omonimi e i riflessi polisinnaptici prodotti dalla stimolazione con un singolo impulso elettrico di un nervo muscolare, risultano tonicamente depressi durante il sonno desincronizzato, che è caratterizzato dalla scomparsa dell'attività tonica muscolare⁽¹⁾. Durante i movimenti rapidi oculari (REM) caratteristici di questa fase di sonno, si osserva inoltre una abolizione fasica di ogni attività muscolare residua⁽²⁾, che si associa ad una depressione fasica dei riflessi⁽¹⁾. Anche i riflessi monosinaptici eteronimi e i riflessi polisinnaptici prodotti dalla stimolazione elettrica ripetitiva di afferenze muscolari risultano aboliti durante il sonno desincronizzato⁽³⁾.

È tuttavia da sottolineare che le modificazioni di eccitabilità dei motoneuroni, rivelate dallo studio dei riflessi monosinaptici omonimi, risultano a volte di modesta entità se paragonate all'abolizione completa dell'attività muscolare spontanea che si manifesta durante la fase desincronizzata del sonno. Abbiamo pertanto pensato che la causa di questa discrepanza fosse da ricercare in una più profonda depressione, nel corso del sonno profondo, dei motoneuroni innervanti le fibre muscolari intrafusali rispetto agli α -motoneuroni innervanti le fibre muscolari extrafusali. È noto che l'attività dei γ -motoneuroni influenza attraverso i fusi neuro-muscolari la scarica degli α -motoneuroni⁽⁴⁾.

Scopo della presente ricerca è stato di studiare le modificazioni dell'attività motoria fusale durante il sonno fisiologico in gatti integri senza narcosi. A questo proposito venivano paragonate nelle varie fasi di sonno le modificazioni di ampiezza del riflesso monosinaptico omonimo indotto dalla stimolazione elettrica dei nervi gastrocnemi mediale o laterale, con le modificazioni del riflesso

(*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisiologia dell'Università di Pisa col sussidio del PHS Research Grant NB-02990-03, del National Institute of Neurological Diseases and Blindness, N.I.H., Public Health Service, U.S.A.

(**) Research Fellowship of Muscular Dystrophy Associations of America, Inc.

(***) Nella seduta del 10 aprile 1965.

(1) M. M. GASSEL, P. L. MARCHIAFAVA e O. POMPEIANO, « Rend. Accad. naz. Lincei », Cl. Sci. fis., mat. e nat., ser. VIII, XXXVI, 543 (1964); « Arch. ital. Biol. », CII, 471 (1964).

(2) M. M. GASSEL, P. L. MARCHIAFAVA e O. POMPEIANO, « Arch. ital. Biol. », CII, 449 (1964).

(3) S. GIAQUINTO, O. POMPEIANO e I. SOMOGYI, « Experientia », XIX, 481, 652 (1963); « Arch. ital. Biol. », CII, 245, 282 (1964).

(4) R. GRANIT, *Receptors and sensory perception*. New Haven, Yale University Press, XI-366 pp., 1955.

monosinaptico registrato dagli stessi muscoli in seguito a stimolazione meccanica (allungamento) del tendine di Achille. Mentre il riflesso monosinaptico prodotto elettricamente dà una misura dell'eccitabilità centrale dei motoneuroni, il riflesso tendineo, anch'esso di natura monosinaptica, dipende in parte dalla sensibilità all'allungamento passivo dei recettori fusali, che come è noto è controllata dall'attività delle fibre motrici fusali. Il rapporto tra l'ampiezza del riflesso monosinaptico prodotto da stimoli elettrici e l'ampiezza del riflesso monosinaptico prodotto dallo stiramento, registrati entrambi dallo stesso muscolo con tecnica elettromiografica, fornisce pertanto una misura precisa della attività dei motoneuroni innervanti le fibre muscolari intrafusali.

Gli esperimenti sono stati condotti in gatti integri, in assenza di narcosi. Elettrodi registranti l'attività elettrica corticale, l'attività della muscolatura del collo e i movimenti oculari erano impiantati cronicamente secondo una tecnica descritta in precedenza ⁽⁵⁾.

I riflessi monosinaptici omonimi venivano prodotti per via elettrica stimolando le fibre del gruppo I α dei nervi gastrocnemi mediale e laterale (ovvero del nervo tibiale da cui i suddetti nervi si dipartono) e registrando i potenziali d'azione riflessi dai muscoli gastrocnemi omonimi secondo una tecnica già descritta ⁽¹⁾. I riflessi tendinei venivano prodotti stimolando per via meccanica il tendine d'Achille dell'arto posteriore dello stesso lato, tenuto *immobile* in posizione di flessione passiva a livello delle articolazioni del ginocchio e del calcagno da un telaio di plexiglass. Un elettromagnete era fissato al telaio in posizione perpendicolare al tendine e ad una determinata distanza dal medesimo. L'ancora cilindrica del magnete poteva pertanto provocare il riflesso tendineo alla frequenza desiderata ⁽⁶⁾.

I nervi venivano stimolati con impulsi rettangolari di 0,05 msec di durata, alla frequenza di 1 ogni 2 sec. I tendini invece venivano percossi alla frequenza di 1 ogni 5 sec.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

1) La stimolazione meccanica del tendine di Achille provoca nei muscoli gastrocnemi mediale o laterale un potenziale d'azione muscolare riflesso che si manifesta con una latenza di 9-10,5 msec rispetto allo *shock* elettrico che comanda lo spostamento dell'ancora del magnete. Se si sottrae a questa latenza il tempuscolo dovuto alla breve inerzia del sistema meccanico, e il tempo di conduzione lungo le fibre afferenti I α e le fibre efferenti α motrici, si arriva ad un ritardo centrale che è quello che ci si deve attendere in un riflesso monosinaptico.

2) Durante lo stato di veglia quieta, caratterizzato da desincronizzazione EEG e da attività tonica della muscolatura del collo, il riflesso tendineo risulta regolare nella sua comparsa e mostra soltanto lievi variazioni di ampiezza. Nell'animale sonnolento o addormentato con tracciato EEG sincronizzato, il riflesso tendineo subisce una lieve riduzione di ampiezza pari in genere al 6-12 %

(5) O. POMPEIANO e J. E. SWETT, « Arch. ital. Biol. », C, 311 (1962).

(6) L. NICOTRA e O. POMPEIANO, « Arch. ital. Biol. », CIII, 1965 (in stampa).

del valore medio riscontrato nella veglia quieta. Risulta inoltre che l'ampiezza del riflesso tendineo durante gli *spindles* è inferiore del 6-24% all'ampiezza media misurata durante gli intervalli tra gli *spindles*.

3) Le modificazioni più significative dei riflessi tendinei si manifestano nel corso degli episodi di sonno desincronizzato. Durante questo stadio si osserva infatti una depressione pressoché totale della risposta tendinea. Infatti l'ampiezza media di questa risposta corrisponde soltanto all'1-5% del valore medio riscontrato durante il sonno sincronizzato. Questa depressione può essere considerata di natura tonica perché è presente per tutta la durata dell'episodio.

Lo studio sistematico del riflesso tendineo nella fase di induzione del sonno profondo dimostra che il più delle volte l'instaurarsi dell'abolizione completa del riflesso non è brusco ed improvviso, ma graduale e progressivo. In ogni caso la riduzione e la scomparsa del riflesso tendineo si accompagna alla riduzione e la scomparsa completa del tono della muscolatura cervicale. Per contro il risveglio dell'animale, spontaneo o provocato da uno stimolo acustico, si accompagna alla ricomparsa graduale e completa della risposta muscolare monosinaptica.

La depressione pressoché totale del riflesso tendineo durante il sonno profondo non permette ovviamente di rilevare i fenomeni di depressione fasica che interessano le attività spinali durante i REM ⁽¹⁾.

È da rilevare tuttavia che quando si osservano risposte occasionali di piccola ampiezza, queste si manifestano per lo più negli intervalli tra i treni di REM. Quando contrazioni miocloniche appaiono sincrone coi REM i riflessi tendinei risultano soltanto parzialmente depressi raggiungendo valori pari al 30% del valore medio osservato durante il sonno sincronizzato. Per altro risposte più ampie si osservano durante contrazioni miocloniche spontanee manifestantesi nell'intervallo tra i movimenti rapidi oculari.

4) Il riflesso monosinaptico prodotto da stimolazione elettrica dei nervi gastrocnemio mediale e laterale, registrato dai muscoli omonimi, è generalmente regolare nella sua comparsa, ma variabile di ampiezza. Esso tuttavia non subisce alcuna modificazione significativa di ampiezza nel passaggio dalla veglia quieta, con tracciato elettrico corticale desincronizzato al sonno sincronizzato, nè si osserva alcuna modificazione dei valori medi durante gli *spindles* rispetto agli intervalli tra di essi. Per contro nel sonno desincronizzato il riflesso monosinaptico omonimo risulta tonicamente depresso. Questa depressione è più marcata di quella che interessa i riflessi monosinaptici omonimi registrati dai muscoli dell'estremità distale dell'arto (*flexor digitorum brevis* ed *extensor digitorum brevis*) (cfr. 1), tuttavia la depressione percentuale del riflesso monosinaptico prodotto per via elettrica e registrato dai muscoli gastrocnemi è inferiore alla depressione che interessa il riflesso tendineo registrato dagli stessi muscoli nel sonno profondo.

In una serie di esperimenti in cui l'ampiezza media del riflesso monosinaptico omonimo durante il sonno profondo corrispondeva al 40% del valore riscontrato durante il sonno sincronizzato, l'ampiezza media del riflesso tendineo registrato dallo stesso muscolo durante il sonno profondo scendeva al 5,8% del valore osservato durante il sonno sincrono.

Confermando risultati precedenti ⁽¹⁾, oltre ad una depressione tonica dei riflessi monosinaptici nel sonno profondo, si osserva una ulteriore depressione fasica, sincrona coi REM, che può giungere fino al completo annullamento delle risposte riflesse.

Si conclude pertanto che durante il sonno sincronizzato si osserva una lieve ma significativa depressione del riflesso monosinaptico di origine tendinea, mentre il riflesso monosinaptico prodotto elettricamente risulta di solito del tutto immodificato. Le modificazioni più significative sono caratterizzate tuttavia dalla notevole depressione o abolizione del riflesso tendineo durante la fase desincronizzata del sonno, mentre i riflessi monosinaptici omonimi di ampiezza simile o anche meno ampi, prodotti dalla stimolazione elettrica di un nervo muscolare, sono di solito soltanto modicamente depressi. Questa così marcata depressione dei riflessi tendinei rispetto ai riflessi monosinaptici elettrici può essere spiegata con una depressione particolarmente intensa del controllo motorio fusale durante la fase desincronizzata di sonno. Questa depressione è assai più pronunciata di quella che si manifesta durante il sonno sincrono.

Ricerche recenti hanno dimostrato che nel sonno profondo si manifesta una iperpolarizzazione della membrana degli α -motoneuroni dovuta a inibizione tonica postsinaptica ⁽⁷⁾. Poiché i motoneuroni che controllano l'attività motoria fusale sembrano occupare la stessa sede degli α -motoneuroni nell'ambito delle corna anteriori del midollo spinale ⁽⁸⁾ è verosimile che lo stesso meccanismo di inibizione postsinaptica interessi anche i motoneuroni fusali. Recenti ricerche hanno dimostrato l'esistenza di un doppio meccanismo di innervazione motoria fusale, il primo che controlla la sensibilità dinamica delle terminazioni sensitive primarie allo stiramento ed il secondo che controlla invece la sensibilità statica dei recettori suddetti allo stiramento ⁽⁹⁾. Si può concludere pertanto che esiste nel sonno una depressione tonica dei motoneuroni responsabile della sensibilità dinamica dei fusi. È verosimile che questa depressione selettiva contribuisca alla riduzione e alla scomparsa dell'attività muscolare spontanea nel corso del sonno desincronizzato.

(7) M. M. GASSEL, P. L. MARCHIAFAVA e O. POMPEIANO, «Arch. ital. Biol.», CIII, 25 (1965).

(8) J. C. ECCLES, R. M. ECCLES, A. IGGO e A. LUNDBERG, «Acta physiol. scand.», L, 32 (1960).

(9) P. B. C. MATTHEWS, «Physiol. Rev.», XLIV, 219 (1964).