
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

CARLO DOLCINI, BIANCAMARIA DOLCINI

**Su alcune particolarità del fenomeno di oscillazione
della risposta meccanica del muscolo striato di rana
esculenta, alla stimolazione ripetuta a bassa
frequenza e di intensità submassimale e costante.
Ritmo di modulo 2 ed inversione**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 38 (1965), n.4, p. 553–558.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1965_8_38_4_553_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. — *Su alcune particolarità del fenomeno di oscillazione della risposta meccanica del muscolo striato di rana esculenta, alla stimolazione ripetuta a bassa frequenza e di intensità submassimale e costante. Ritmo di modulo 2 ed inversione*^(*). Nota di CARLO DOLCINI e BIANCAMARIA DOLCINI, presentata^(**) dal Socio G. AMANTEA.

Per quanto concerne i caratteri generali del fenomeno che, riprendendo quanto enunciato nella prima parte del titolo, possiamo definire come « *una successione di risposte diverse per stimoli tutti uguali* », come pure per le condizioni di esperimento alle quali il fenomeno si produce, nonché per le ipotesi circa il determinismo dello stesso, rimandiamo a nostre precedenti note^{(1) (2)}, a Zingoni^{(3) (4)} ed a Spadolini⁽⁵⁾. Direttamente ci riferiremo qui ad alcune proposizioni conclusive del lavoro già svolto e, nella direzione da esse indicata, cercheremo di apportare qualche nuovo contributo.

Il fenomeno può assumere un andamento ritmico.

Il ritmo può presentare delle irregolarità e cambiare di modulo indipendentemente dalle condizioni esterne di esperimento.

Le registrazioni grafiche del fenomeno di oscillazione della risposta meccanica (cfr. fig. 1), possono essere classificate, in relazione al carattere morfologico della ritmicità, nei seguenti quattro tipi fondamentali:

- a*, ritmo puro evidente alla semplice ispezione (molto raro);
- a'*, ritmo evidente all'ispezione ma complicato da irregolarità che possono rendere inefficace il trattamento statistico^(*) (circa 15 % dei casi);
- b*, ritmo non evidente all'ispezione, ma evidenziabile mediante analisi statistica⁽⁶⁾ (circa 15 % dei casi);
- c*, ritmo non evidente all'ispezione, né evidenziabile mediante analisi statistica (circa 70 % dei casi).

Rilevato che il materiale grafico ad andamento ritmico evidente o dimostrabile, tipi *a*, *a'*, e *b*, non rappresenta più del 30 % del totale, ricordiamo come l'eventualità di poter attribuire se non proprio il carattere di ritmicità,

(*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisiologia Umana dell'Università di Perugia.

(**) Nella seduta del 10 aprile 1965.

(1) C. DOLCINI e B. DOLCINI, Questi « Rendiconti », XXXIV, 583 (1963).

(2) V. FAMIANI, C. DOLCINI e B. DOLCINI, « Arch. di Sci. Biol. » (in stampa).

(3) U. ZINGONI, « Boll. Soc. It. Biol. Sper. », 25, 1 (1949).

(4) U. ZINGONI, « Arch. di Fisiologia », 49, 182 (1949).

(5) I. SPADOLINI, *Trattato di Fisiologia Umana*, vol. II, 1409 (1954).

(*) Schema di analisi delle medie tra disposizioni successive dei dati relativi all'ampiezza delle singole scosse. Per maggiori particolari cfr. (6). I tracciati di tipo *a* danno ovviamente risultati di alta significatività all'analisi statistica.

(6) C. DOLCINI e B. DOLCINI, Questi « Rendiconti », XXXVIII, fasc. 5 (1965).

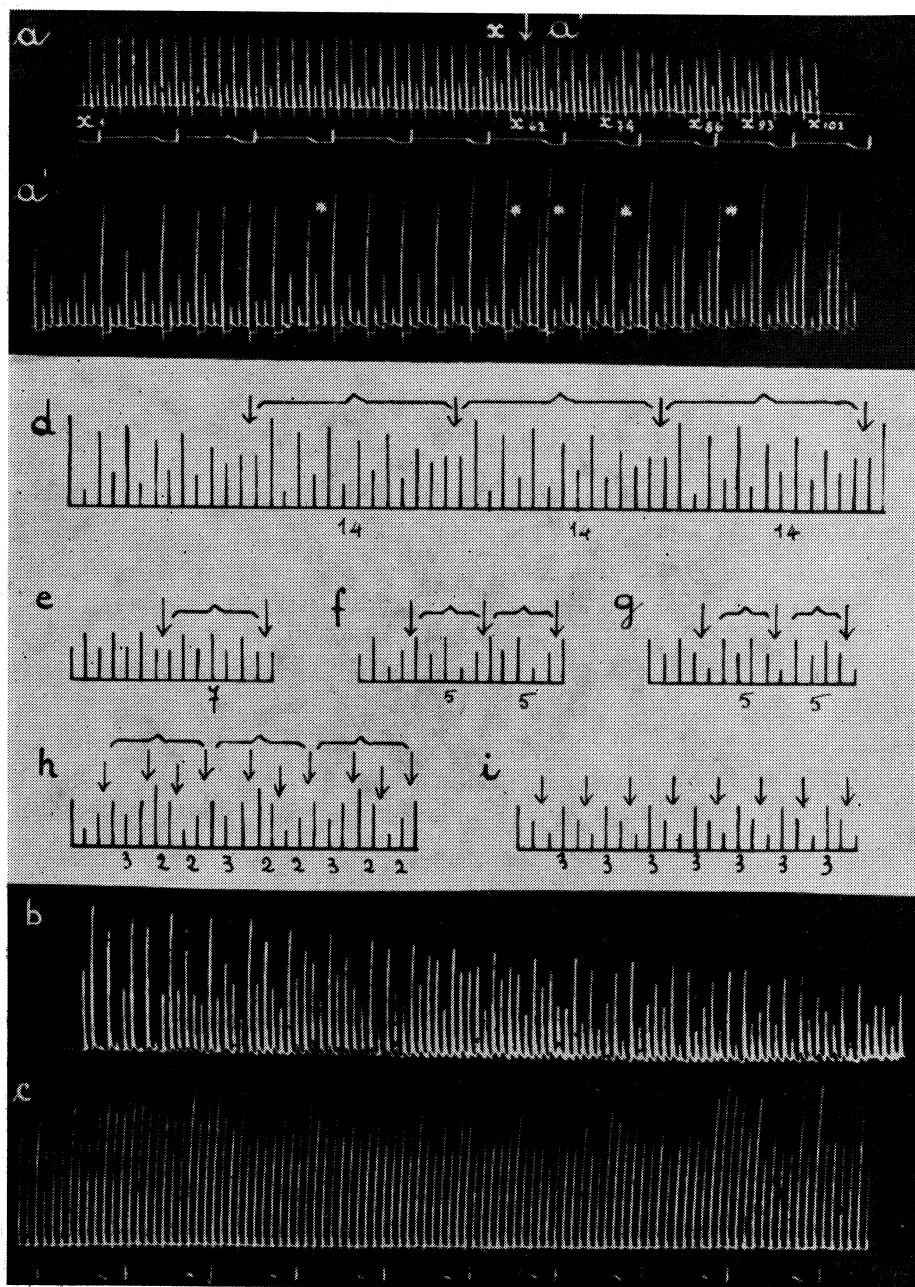


Fig. 1.

- a) Preparato sciatico-gastrocnemio di *rana esculenta* stimolato attraverso il nervo con una serie di impulsi submassimali a decremento esponenziale.
Soglia inizio e fine: graduazione 13 del comando Ampiezza; intensità massimale grad. 22; stimolazione grad. 18. Durata 0,8 msec; frequenza 60 impulsi/minuto; carico 1/5 Po. Ritmo alterno o binario tra i punti contrassegnati dalle frecce indicanti le *inversioni*. Intervallo di tempo: 10''.
- a') Preparato sciatico-gastrocnemio; soglia di intensità, iniziale e finale: grad. 14; stimolazione grad. 18 intensità massimale grad. 22; intervallo di tempo: 10''; durata 0,8 msec; frequenza 50 impulsi/minuto.
Andamento ritmico di modulo variabile, modificantesi indipendentemente dalle condizioni esterne di esperimento, che vengono mantenute costanti durante il corso dell'intera prova. I *cambiamenti di ritmo* sono immediatamente rilevabili; gli asterischi indicano alcune *inversioni*.
- d...i) Esempificazioni schematiche, cfr. testo.
- b, c) Condizioni identiche a quelle riferite per a); andamento apparentemente aritmico.

almeno quello di un certo grado di regolarità al 100% del materiale sia di notevole importanza nei confronti di una ipotesi circa il determinismo del fenomeno (7) (2).

Dedichiamo quindi la presente Nota allo studio particolare degli incidenti riscontrabili nei tracciati ritmici *a'*, che denominiamo *cambiamento di ritmo* e *inversione* allo scopo di chiarire fino a quale punto possano essere ritenuti responsabili della successione apparentemente casuale dei tracciati *c*, e nella speranza di reperire elementi utili a rintracciare in tale materiale la regolarità complessa che per esso noi ammettiamo in via ipotetica.

Cambiamento del modulo del ritmo. — Esemplificato in figura 1 *d* può di per sè manifestamente rendere inefficace il metodo statistico eseguito secondo gli schemi da noi proposti [6].

Inversione. — Altro incidente in grado di rendere inapplicabile il metodo di analisi statistica proposto, è quello da noi esemplificato nel tracciato *a a'*, illustrato nello schema *d* e che chiamiamo *inversione del ritmo alterno*, o semplicemente *inversione*.

Si rileva come il tracciato in causa sia costituito da una serie di scosse regolarmente alternantisi e che in prima approssimazione possiamo classificare in due tipi fondamentali che denominiamo *alto* e *basso*. Prendendo in considerazione poi i singoli insiemi delle «alte» e «basse» notiamo che questi costituiscono due ritmi alterni, cioè di *modulo 2*, quello formato dalle scosse «basse» tendenzialmente crescente nel suo complesso, decrescente l'altro. Nel punto contrassegnato da una freccia, l'altezza della serie crescente raggiunge quella della serie decrescente per cui si presentano due scosse uguali contigue. Considerando il ritmo nel suo insieme ed indicandone la sequenza a cominciare da un punto *x* qualunque (fig. 1, *a a'*) avremo:

...alto, basso, alto, basso, ($\downarrow$) *alto* basso...;

definiamo *inversione* ($\downarrow$) del ritmo alterno il presentarsi di due scosse contigue dello stesso nome.

Dalla definizione di cui sopra segue che:

1° lo schema di elaborazione statistica proposto è insufficiente qualora siano presenti come nel tracciato di tipo *a'* incidenti quali l'inversione; si avrebbe infatti che lo schema a due righe orizzontali, che raggrupparebbe in assenza di inversioni in ciascuna delle due righe rispettivamente tutti i valori «alti» e «bassi», nella eventualità opposta verrebbe a comprendere in entrambe le righe sia valori «alti» che «bassi» e l'effetto di ciò sul risultato dell'analisi delle medie tra le righe è intuitivo e ci esime dall'introdurre esempi numerici;

2° che le inversioni condizionano la comparsa di un ritmo più complesso e sovrappoentesi a quello binario, qualora regolarmente scaglionate lungo il tracciato. In pratica, in presenza di inversioni complicanti un ritmo binario, il ritmo più complesso di un tracciato deve corrispondere all'eventuale ritmo delle inversioni.

(7) I. SPADOLINI, «Boll. Soc. It. Biol. Sper.», 25, 402 (1949).

Quanto precede è sufficiente a descrivere compiutamente in termini di elementi di regolarità sequenze del tipo a' ; dell'esempio riportato potremo compendiare come segue:

- da x_1 fino ad x_{62} , ritmo di modulo due o binario o alterno;
- da x_{63} fino ad x_{86} , ritmo alterno complicato da inversioni di modulo 12;
- da x_{87} fino ad x_{93} , ritmo alterno più inversioni di modulo 7;
- da x_{94} fino a x_{102} , ritmo alterno.

Qualora si voglia applicare il calcolo delle inversioni a ritmi complessi ed a sequenze di tipo b e c sarà necessario tener presente quanto segue.

La scossa x dalla quale si intende iniziare il saggio va riferita alla seguente, cioè $x_n = \text{alta}$ se $x_n > x_{n+1}$, *bassa*, per $x_n < x_{n+1}$; questa è l'unica possibilità qualora si studi un tracciato dall'inizio.

In tal modo si procederà evidentemente anche dopo le inversioni; in tutti gli altri casi la scossa sarà confrontata con la precedente.

Mentre per i ritmi costituiti da due sole manifestazioni meccaniche diverse, l'inversione era data dalla contiguità di due elementi classificati sotto lo stesso nome, cioè uguali,

$$(1) \quad \begin{array}{ccccccc} x_1 & < & x_2 & > & x_3 & \downarrow & x_4 & < & x_5 \\ \text{bassa} & & \text{alta} & & \text{bassa} & & \text{bassa} & & \text{alta} \end{array}$$

dovremo ora prendere in considerazione le due altre possibilità di rottura dell'alternanza di alte e basse in ritmi costituiti da più di due manifestazioni meccaniche diverse e cioè:

$$(2) \quad \begin{array}{ccccccc} x_1 & < & x_2 & > & x_3 & > & x_4 \\ \text{bassa} & & \text{alta} & & \text{bassa} & & (\text{più bassa}) \end{array}$$

$$(3) \quad \begin{array}{ccccccc} x_1 & < & x_2 & > & x_3 & < & x_4 & < & x_5 \\ \text{bassa} & & \text{alta} & & \text{bassa} & & \text{alta} & & (\text{più alta}) \end{array}$$

Per la trascrizione dei tracciati sarà sufficiente considerare i simboli *alta* (a), *bassa* (b), rispettivamente di valore uguale a *più alta della precedente*, e *più bassa della precedente*. (Vedi schema 1).

Nel caso di ripetizioni contigue di più di due elementi, si terrà conto dell'inversione soltanto tra i primi due:

$$(4) \quad \begin{array}{ccccccc} x_1 & < & x_2 & \downarrow & x_3 & = & x_4 & = & x_5 \\ \text{bassa} & & \text{alta} & & \text{alta} & & \text{alta} & & \text{alta} \end{array}$$

Gli elementi di regolarità che potranno risultare dal calcolo delle inversioni saranno dati:

1° da una successione di inversioni di modulo costante: esempio 2, 2, 2, 2, 2, dove le cifre si riferiscono al numero delle scosse presenti tra due inversioni contigue;

2° da una successione di gruppi di inversioni di modulo vario ma ripetentisi regolarmente esempio 3, 2, 5, 3, 2, 5, 3, 2, 5. Il modulo del ritmo del fenomeno sarà dato nel primo caso da 2 nel secondo da $3 + 2 + 5 = 10$.

Esaminiamo ora il tracciato *b*, ricordando che l'applicazione dell'analisi statistica ha dato risultati di alta significatività in favore della ipotesi di un ritmo di modulo 5 per il tratto comprendente le prime 50 scosse e per un ritmo di modulo 7 per il resto del tracciato. Sulla base di quanto precede trascriviamo il tracciato usando le notazioni (a) « *più alta della precedente* », e (b) « *più bassa della precedente* ».

bababa ↓ ababa ↓ abab ↓ babab ↓ babab ↓ babab ↓ babab ↓ babab ↓ babab ↓ baba ↓
 6 5 4 5 5 5 5 5 5 4

ababab ↓ babab ↓ bababa ↓ ababa ↓ abababa ↓ abababa ↓ abababab ↓ bababab ↓ ba...
 6 5 6 5 7 7 8 7

Si rileva facilmente la concordanza tra il modulo del ritmo risultato all'analisi delle medie e quello che potremo chiamare *modulo delle inversioni*, intendendo con il termine il numero di incidenti meccanici compresi tra due inversioni successive.

La tecnica esemplificata può sostituire pertanto quella statistica, notevolmente più complessa, ed inoltre offre il vantaggio di fornire informazioni su qualsiasi tratto del tracciato indipendentemente, entro certi limiti, dalla lunghezza e dalla dislocazione dello stesso. Si tenga presente che i risultati statistici ci consentivano di affermare soltanto l'alta probabilità di un ritmo a 5 limitata alle prime 50 scosse nonché la buona probabilità di un ritmo a 7 per le prime 70 scosse a partire dall'ultima, e si confronti con la trascrizione schematica riportata, che ci fornisce un quadro completo dell'andamento ritmico e delle irregolarità.

Se ora trattiamo la sequenza di tipo C, otterremo:

ba ↓ ab ↓ ba ↓ aba ↓ a (1) ababa ↓ aba ↓ ab ↓ bababa ↓ aba ↓ ab ↓
 2 2 2 3 bab ↓ bab ↓ b 5 3 2 6 3 2
 3 3

baba ↓ a abab ↓ baba ↓ ababa ↓ a babab ↓ baba ↓ ab ↓ bab ↓ baba ↓
 4 ba ↓ aba ↓ 3 4 5 5 4 2 3 4
 2 3

aba ↓ aba ↓ a bab ↓ b babab ↓ babab.
 3 3 3 ababab ↓ 5
 6

Ricordato che ipotesi di ritmi di modulo da 2 a 10, sistematicamente saggiate con lo schema di analisi delle medie hanno dato risultati assolutamente negativi, constatiamo come il nuovo procedimento non ci fornisce ulteriori informazioni al riguardo.

A questo punto possiamo formulare alcune considerazioni conclusive:

a) la tecnica del rilevamento delle inversioni si presta a sostituire il metodo di analisi statistica da noi precedentemente impiegato per la definizione di ritmi complessi non rilevabili alla semplice ispezione;

b) non ha comunque successo ai fini della rivelazione di ritmi o di elementi di regolarità nei tracciati di tipo *c* per i quali non aveva successo neppure la tecnica statistica;

c) siccome la dimostrazione di ritmicità riveste importanza non tanto di per sè, quale carattere morfologico, bensì in quanto ci avrebbe permesso di escludere che le sequenze relative al fenomeno di oscillazione della risposta meccanica sono governate soltanto dal caso (2), tale esclusione la manterremo sulla base della ritmicità quando possibile (tracciati di tipo *a*, *a'*, *b*), mentre per quanto riguarda materiale del tipo *c* speriamo di ottenere un risultato di uguale valore dallo studio della frequenza delle inversioni secondo un modello sperimentale in corso di elaborazione.