Biblioteca nazionale centrale di Roma

Vol. XLII — fasc. 1 Luglio-Agosto 1933 (anno XI)

Rivista di Patologia nervosa e mentale

(BIMESTRALE)

ORGANO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI NEUROLOGIA
E DELLA ISTITUZIONE C. MONDINO IN PAVIA

Direttori:

E. TANZI (fondatore)

E. LUGARO O. ROSSI

M. ZALLA V. M. BUSCAINO A. COPPOLA

Redattori:

CRISTOFORO RIZZO

C. BERLUCCHI - D. BOLSI - G. CALZAVARA - A. CAMPANA - F. CARDONA - O. MECO
P. OTTONELLO - C. E. ROBERTI - N. SACCHETTI

La *Rivista di Patologia nervosa e mentale* esce ogni due mesi in fascicoli di circa 200 pagine ciascuno; pubblica memorie originali di anatomia e di fisiologia del sistema nervoso, di nevropatologia e di psichiatria; contiene anche recensioni delle opere e degli articoli più recenti sugli stessi argomenti. **È vietata la riproduzione degli articoli originali.**

Prezzo d' abbonamento per volume

Per l' Italia . . . . . L. 60 — Per l' Estero . . . . . L. 100

Prezzo d'abbonamento annuo (due volumi)

Per l' Italia . . . . . L. 120 — Per l' Estero . . . . . L. 200

Amministrazione: Prof. M. ZALLA, Clinica di San Salvi, FIRENZE (117)

BIBLIOTECA NAZIONALE V.E. ROMA
14 NOV 1933
* RIVISTE *

Siena – Stab. Arti Grafiche S. Bernardino

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Istituto di Fisiologia e Chimica biologica della R. Università di Messina
diretto dal Prof. P. Tullio

Ricerche sopra l' eccitazione dei filamenti e dei centri nervosi mediante campi elettrici variabili.

PIETRO TULLIO e LUIGI DI BELLA

Alle ricerche oggetto del presente lavoro siamo stati condotti da una casuale osservazione fatta mentre stavamo eseguendo alcune esperienze sopra gli effetti comparativi della stimolazione chimica ed elettrica della cute e dei nervi che ad essa si portano (1). La ricerca veniva fatta nel seguente modo: ad una rana veniva tagliata la testa avendo cura di toglier via completamente il midollo allungato; indi, distesala sopra una mattonella di ceramica col ventre appoggiato ad essa, veniva accuratamente posto a nudo il nervo sciatico di un lato, tagliando la cute con la forbice e poi separando i muscoli e sollevando il nervo con un bastoncino di vetro, in modo da non venire mai a contatto del nervo con oggetti metallici.

Sotto al nervo veniva posto uno strato di gomma para ben asciutto, e poi si procedeva alla stimolazione elettrica di esso con un elettrodo di Ludwig unito alla slitta di Du Bois-Reymond per saggiare la soglia di eccitazione elettrica, rispettivamente prima di esso nervo poi della cute della zampa a cui si distribuisce; poi si passava a saggiare lo stimolo chimico comparativamente della cute e del nervo.

Per determinare la soglia di eccitazione elettrica del nervo, chiuso il circuito primario della slitta — alimentata da due pile a secco in serie di circa due volta l'una — e con ciò messo in vibrazione l' interruttore elettromagnetico, si allontanava il circuito secondario dal primario 11-12 cm., per toccare per un brevissimo periodo di tempo colle due punte platinate dell' elettrodo il nervo posto allo scoperto. Osservata l' ampiezza della contrazione così ottenuta, il circuito secondario veniva sempre più allontanato dal primario e di tratto in tratto le punte dell' elettrodo venivano applicate al nervo ottenendosi una contrazione di ampiezza sempre

Biblioteca nazionale centrale di Roma

minore fino a che, quando la distanza del rocchetto era di circa 14-15 cm., cessava ogni contrazione muscolare. Allora si passava a saggiare l' eccitabilità della cute.

La mattonella su cui era posta la rana poggiava sopra un comune tavolo per esercitazioni chimiche, rivestito pure di mattonelle, ed accanto ad essa si trovava una forte lampada elettrica fissata mediante una morsa ad un comune sostegno metallico da laboratorio. Ora mentre si allontanava gradatamente il circuito secondario dal primario si vide che la contrazione dei muscoli al tocco delle punte dell' elettrodo non andava diminuendo ma si manteneva costante. Fermato il martelletto interrompendo il circuito primario si vide che la contrazione persisteva ad ogni tocco delle punte dell' elettrodo, malgrado fosse cessato qualsiasi stimolo elettrico faradico.

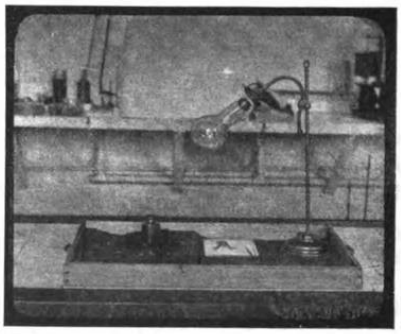


Fig. 1 — Dispositivo usato nelle prime esperienze

Intraprendemmo allora una ricerca accurata e paziente per stabilire la causa di questa contrazione muscolare. Staccato l' elettrodo dalla slitta la contrazione persisteva eguale ogni qualvolta, premendo sopra il bottoncino metallico dell' elettrodo, si stabiliva una comunicazione metallica attraverso l' elettrodo fra la mano dell' esperimentatore e il nervo della rana. Toccando anche i nervi direttamente col polpastrello delle dita delicatamente si aveva pure la contrazione.

Primo compito fu quello di escludere che il fenomeno fosse dovuto a stimolazione meccanica, causata dal toccamento dell' oggetto, cosa del resto improbabile perchè toccando ed anche bat-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tendo sopra il nervo con un bastoncino di vetro si aveva, e non sempre, solo una lieve e fugace contrazione dei muscoli e non contrazioni ampie e durature, squisitamente tetaniche per tutta la durata del contatto del conduttore metallico.

Foggiata a tale scopo ad uncino l' estremità di un sottile lungo filo di rame e passatolo sotto al nervo sciatico, isolato dai muscoli sottostanti colla para, saldammo l' altra estremità con un serrafilo ad un disco di rame, isolato sopra uno strato di para e posto sul tavolo. Per maggior precauzione avvolgemmo il sottile filo a metà del suo percorso con uno strato di para e sopra questo ponemmo un peso di un chilogramma, onde rendere assolutamente indipendenti meccanicamente le due estremità del filo (fig. 1). Appoggiato il dito al disco di rame, ad ogni contatto e per tutta la durata di esso comparivano le contrazioni tetaniche dei muscoli della zampa, che a seconda del punto del nervo toccato dall' uncino si

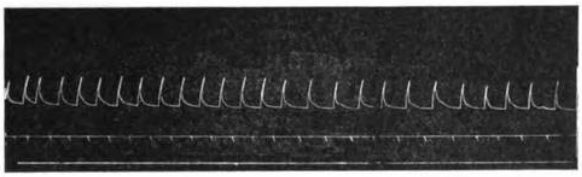


Fig. 2 — Contrazioni della zampa di rana toccando a battuta di metronomo il disco di rame. La graf inferiore indica il segnale Deprez.

palesavano differenti e che nel preparato galvanico erano flessione, estensione, adduzione e abduzione, e rotazione dell' arto, talvolta amplissime in modo da portare il piede a contatto della regione anale o di abdurlo in modo da formare un angolo di 90° rispetto all' asse longitudinale del corpo.

Presentando la rana alcune volte dei movimenti spontanei, quando da lungo tempo il nervo rimaneva esposto ai raggi della lampada elettrica, sebbene questi moti fossero d' aspetto del tutto differente da quelli ottenuti mediante il contatto dell' elettrodo volemmo tuttavia escludere coincidessero per puro caso proprio col momento in cui si toccava coll' elettrodo il nervo. Perciò a battuta di metronomo, coll' intervallo di alcuni secondi fra un contatto e l' altro, provocammo il movimento della zampa toccando per ben cento volte e più senza mai che al contatto mancasse subito la reazione motoria come appare dalla grafica che riportiamo alla fig. 2, dove

Biblioteca nazionale centrale di Roma

si vede la corrispondenza fra il moto della rana e il contatto segnato dal segnale Deprez.

Egualmente mantenendo a lungo il contatto del dito sulla piastra di rame il moto tetanico cominciava, durava e finiva esattamente quanto durava il contatto del dito, mentre sulla grafica venivano a disegnarsi una serie di tetani dapprima di altezza sempre costante, poi dall'altezza diminuente collo stabilirsi dei fenomeni di stanchezza nel muscolo, ripetutamente tetanizzato (fig. 3).

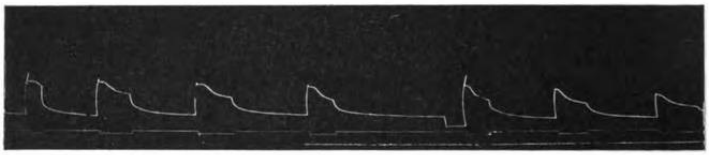


Fig. 3 — Tetani della zampa di rana toccando prolungatamente il disco di rame. Grafica inferiore: segnale Deprez.

Il fenomeno si otteneva in tutte le rane senza eccezione anche dopo molte ore che lo sciatico o i nervi del preparato galvanico erano stati esposti all'aria pressochè essicati e quasi fatti fragili, anche dopo 30 ore che la rana era stata decapitata e i moti allora per l'incipiente rigidità cadaverica si facevano lenti pur rimanendo di evidente ampiezza.

Escluso che il fenomeno dipendesse da moti spontanei e da cause meccaniche, passammo ad escludere che fosse dovuto a stimoli termici o termoelettrici per eterogeneità dei conduttori metallici a contatto fra loro e col nervo. Presa una pinza anatomica la disponemmo di piatto in modo che una punta riposasse sul nervo mentre l'altra estremità poggiava sopra un pezzo di sughero, e accesso un fiammifero lo lasciammo cadere sulla pinza appoggiato sul sughero e non osservammo il più piccolo movimento sulla zampa dell'animale.

Ad escludere che le contrazioni fossero dovute a stimolazione chimica del nervo, lo abbiamo toccato con filo di platino, con rame purissimo elettrolitico, coll'estremità di un filo di cotone imbevuto di soluzione fisiologica, con *elettrodi impolarizzabili* ed in fine collo sciatico pendente di una rana galvanoscopica. E con tutti questi mezzi ottenemmo il fenomeno.

Le prove sopradescritte escludono quindi possa trattarsi di stimoli meccanici, termici o chimici.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Poichè bastava anche toccare col palpastrello delle dita direttamente il nervo per ottenere la contrazione, pensammo che la causa della contrazione potesse risiedere nell'uomo, tanto più che si poteva osservare come la contrazione fosse d'intensità differente a seconda dell'individuo che si metteva a contatto, mediante il conduttore metallico, col nervo. A togliere ogni influenza dell'uomo nell'esperimento bastò mettere il filo di rame che toccava il nervo in comunicazione con la terra, coll'acquedotto, ed ottenemmo, mediante un interruttore a leva con manico d'ebanite alla chiusura del circuito delle contrazioni pressochè eguali a quelle ottenute toccando colla mano.

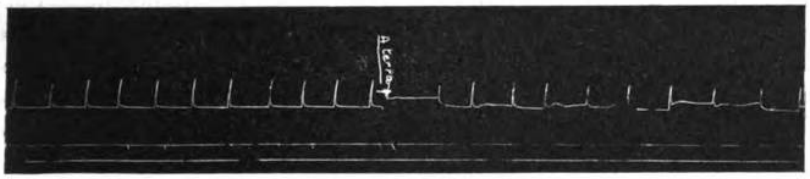


Fig. 4 — Graf. 7. Moti della zampa di rana prima toccando colla mano la piastra di rame, poi stabilendo il contatto con l'interruttore.

Facendo queste esperienze spesso avevamo rivolta la nostra attenzione alla luce della lampada elettrica, che sostenuta da un sostegno metallico era posta sul tavolo accanto alla mattonella su cui giaceva la rana e che ci aveva illuminato durante la preparazione di essa. Infatti avevamo notato che mano mano che la rana collo sciatico scoperto stava sotto i raggi della lampada elettrica, posta alla distanza di 30 - 40 cm. dal nervo, cresceva l' irritabilità del preparato fino a raggiungere un massimo dopo circa due ore e diminuire poi colla vitalità di tutto l'animale. Anzi quando questo aumento d'irritabilità era giunto al culmine potevano insorgere delle contrazioni spontanee irregolarmente distribuite nei muscoli della rana, fibrillari o quasi atetosiche, con aumento della tonicità e modificazione della posizione dei vari segmenti degli arti.

Inoltre allontanando sul tavolo la rana dalla lampada si notava come le contrazioni che insorgevano toccando il nervo diventassero sempre minori per cessare ad una determinata distanza, come pure cessavano portando la rana su di un altro tavolo. Svitando poi con una mano la lampadina e togliendo così la luce cessavano immediatamente le contrazioni — mentre con l'altra mano

Biblioteca nazionale centrale di Roma

si teneva il fusto metallico della lampada ponendola così a terra — e ritornavano appena avvitata la lampadina tornava la luce.

Sono note le esperienze di Brown-Séquard sull'influenza della luce sulla contrazione delle fibre muscolari dello sfintere dell' iride, come pure i tentativi di d'Arsonval di far contrarre i muscoli mediante stimoli luminosi, tentativi che riuscirono positivi nelle esperienze di Dubois sopra le foladi (2). Non era quindi fuor di luogo pensare che intervenisse la luce a provocare il fenomeno. Ma portato il preparato di rame in una camera oscura, si vide che alla luce rossa esso presentava delle contrazioni per nulla minori, e spenta anche questa le contrazioni persistevano indisturbate.

Fin dalla prima volta in cui il fenomeno si era presentato ai nostri occhi avevamo notato lo squisito carattere tetanico della contrazione, che dapprima ferma si faceva coll'esaurirsi tremante, e durava quanto durava il contatto del conduttore col nervo. È noto come la contrazione tetanica richieda un determinato numero di stimoli al secondo per essere prodotta; crescendo o diminuendo questo oltre un dato limite, il tetano si riduce sia a contrazioni isolate, sia ad una sola contrazione che si presenta al principio e alla fine dello stimolo faradico (3). D'altra parte la condizione che sempre si era verificata nelle nostre esperienze era stata quella che vicino alla mattonella che sosteneva la rana era stata la lampada, col suo sostegno metallico e col filo che la congiungeva alla corrente stradale. Potemmo allora constatare che questa sola condizione era necessaria perchè avvenisse il fenomeno, cioè che il filo della lampada passasse ad una certa distanza dalla rana, fosse accesa o spenta la lampada a cui il filo si portava.

La concordanza fra il numero dei periodi della corrente alternata stradale che è per l'impianto che fornisce la luce al laboratorio di 45 e il ritmo quasi ottimo per ottenere il tetano della rana condusse a collegare i due fenomeni, a ritenere che causa della contrazione della zampa. toccata nel suo nervo, erano le variazioni ritmiche che avvenivano nel filo, nella treccia di rame, posta più o meno vicina, più o meno a contatto col corpo della rana, e che esercitavano il loro effetto anche quando la corrente era interrotta nel circuito e la lampadina spenta.

Toccando con una delle punte della pinza anatomica comparivano le contrazioni squisitamente tetaniche, essendo dovute ad un numero di stimoli eguale a quello dei periodi della corrente alternata stradale, in quanto il potenziale elettrico nel filo, anche a lampada spenta, 45 volte al minuto secondo con andamento sinusui-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dale sale a 125 volta per poi discendere successivamente di altrettanto.

Il fenomeno da noi osservato non era nuovo, ma anzi era stato oggetto, però sotto differente forma ed interpretazione di ricerca da altri e specialmente da Basilio Danilewsky, le cui minuziose e lunghe ricerche sono state da lui riunite in un volume dal titolo « Die physiologichen Fernwirkugen der Elektricität » (4). Però queste ricerche non hanno a nostro parere attirato l' attenzione da parte degli studiosi non essendo citate quasi da nessuno.

Le numerose esperienze da noi fatte, provando e variando le modalità dell'esperimento in tutti i modi, e che abbiamo qui brevemente esposto, ci hanno permesso di penetrare più intimamente nel meccanismo di questo modo di eccitazione elettrica differente dalle usuali e di estenderlo, come esporremo appresso, a pratiche applicazioni.

Il Danilewsky nella sua monografia diligentemente raccoglie quanto è stato fatto precedentemente a lui, e subito fa notare quanto differente sia il modo da lui usato — ponendo il preparato galvanoscopico in vicinanza dello spinterometro di un rocchetto di Ruhmkorff e provocando le contrazioni col toccarne il nervo con un conduttore metallico o avvicinando semplicemente il dito — e il modo usuale di eccitare i substrati neuromuscolari, che è quello di toccarli direttamenle coll'elettrodo, che porta ad essi lo stimolo elettrico. E poichè nelle esperienze di Danilewsky la sorgente di energia elettrica che provoca la contrazione dell' animale è posta sempre ad una certa distanza da esso, egli usa giustamente il termine di *azione a distanza dell'elettricità.*

Questo modo di eccitare il preparato della rana rappresenta in fondo la prima esperienza fatta dal Galvani, quando toccò col bisturi i nervi della rana posta in vicinanza della macchina elettrostatica, che veniva scaricata con scintillazione. Infatti come egli scrive: « *Ranam dissecui,... eamque in tabula .... in qua erat machina eletrica.... collocavi ab eius conductore penitus sejunctam, atque haud brevi intervallo dissitam; dum scalpelli cuspidem unus ex iis qui mihi operam dabant, cruralibus huius ranae internis casu vel leviter admoveret, continuo omnes artuum muscoli ita contrahi visi sunt, ut in vehementiores incidesse tonicos convulsiones viderentur.... rem contingere dum ex conductore machinae scintilla ertorqueretur* ». Tetani che erano causati dal fatto che le scariche oscillanti ad altissima frequenza presentavano variazioni d'intensità grossolane e poco frequenti che si manifestavano con corrispondenti variazioni

Biblioteca nazionale centrale di Roma

del campo elettrico circostante e contrazioni tetaniche del preparato neuromuscolare.

Al Galvani venne quasi mosso l'appunto che il fenomeno era già noto ai fisici sotto il nome di « *choc de retour* », causa di gravi effetti specialmente nelle scariche temporalesche, per cui egli volse quasi esclusivamente la sua attenzione alla contrazione provocata congiungendo con l'arco, metallico o no, il nervo col muscolo e alla elettricità animale da lui così scoperta.

La maggior parte delle esperienze del Danilewsky furono eseguite nel seguente modo (5). Il preparato neuromuscolare era dato dalla zampa di rana col nervo ischiatico completamente isolato ed ancora attaccato ad un breve tratto di colonna vertebrale; il femore nudo serviva a fare la gamba. Esso veniva posto davanti ad un polo del rocchetto di Ruhmkorff in modo che il nervo fosse situato perpendicolarmente alla placca di esso, secondo le linee di forza e tagliato dalle superfici equipotenziali.

Ora mettendo il preparato anche distante 4-6 metri otteneva le contrazioni muscolari ad ogni scarica del rocchetto, sia mettendo a terra il preparato sia avvicinando la mano ad esso, e con forza del rocchetto sufficiente anche senza alcun artificio bastando la differente distanza in cui si trovavano i vari punti del nervo dalla sorgente di energia elettrica per porre in contrazione il preparato. Se il nervo vien posto, come aveva osservato il Loeb (6), parallelo alle superfici equipotenziali, simmetrico rispetto alle due placche terminali degli elettrodi del rocchetto, non si nota alcuna contrazione al momento della scarica.

Il Danilewsky ottenne la contrazione del muscolo anche interponendo lastre di vetro o mattonelle di parafina ed anche interponendo un muro fra il rocchetto e il preparato.

Il fenomeno della eccitazione a distanza era stato osservato oltre che per le scariche del rocchetto di Ruhmkorff anche per altre sorgenti di scariche oscillanti. come la slitta di Du Bois-Reymond, come ultimamente da Scaffidi (7) e pure con la corrente stradale, ma attribuito generalmente a variazioni dello stato elettrico non della rana ma della persona che la tocca.

Il Gallerani (8) poi — fin dal 1903 — unendo la zampa galvanoscopica all' oscillatore ricevente delle onde herziane ottenne contrazioni, modulate della voce, fungendo così la zampa da sensibile rivelatore, esperienze quanto mai interessanti e rimarchevoli per il tempo in cui furono fatte; qui le scariche elettriche non agiscono direttamente sulla zampa ma attraverso il ricevitore metallico che la tocca.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Al D a n i l e w s k i il L o e b oppose diverse obbiezioni sulla interpretazione delle cause fisiche dell'eccitazione usata nei suoi esperimenti, per cui questo modo di eccitazione dei substrati viventi, di porre cioè il soggetto isolato dalla sorgente elettrica in un campo elettrico variabile e di toccare un filamento nervoso mediante un conduttore e così concentrare e mettere, diremo, in movimento l'elettricità in esso, è stato finora trascurato. Fatti esperti di quanto sopra è stato esposto, abbiamo rivolto specialmente la nostra attenzione a stabilire bene le modalità del fenomeno come era stato da noi osservato, a rendere semplice e pratica questa maniera di eccitazione dei substrati neuromuscolari e viventi in genere, a trarre tutte le possibili utili applicazioni da questo modo di eccitazione elettrica, differente nelle sue modalità dalla comune eccitazione galvanica e faradica. Poichè più che dall'analisi teorica è dai risultati pratici che un fatto, un metodo prende il suo valore.

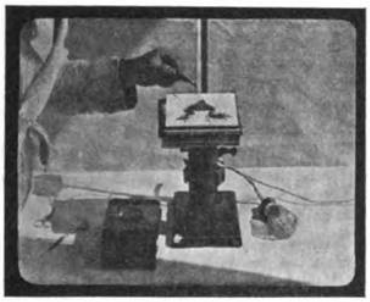


Fig. 5 — Preparato galvanico posto sopra una mattonella di maiolica, separata mediante lastra di rame da un filo connesso colla corrente stradale e sostenuta da un cilindro di ebanite. La lampadina è spenta essendo il circuito chiuso.

Dopo numerose prove abbiamo trovato che la maniera più semplice per eccitare mediante campi elettrici variabili il preparato galvanico neuromuscolare della rana è quella di porlo sopra una o più mattonelle di maiolica, separata mediante una lastra di rame da uno dei soliti fili per impianti elettrici, disposto sotto a zig-zag e connesso col polo di fase della corrente stradale (V. 120-160, periodi 50), il tutto isolato mediante un' altra mattonella di maiolica sostenuta da un cilindro di ebanite o da un cubo di paraffina, alti da 5 a 15 cm. (fig. 5).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Per fare il preparato galvanico della rana rimandiamo al manuale di esercitazioni fisiologiche pratiche dell'A b d e r h a l d e n.

Tagliata la rana a metà all'altezza delle ultime vertebre lombari, si tolgono i visceri facendo attenzione di non ledere i filamenti lombari, e sgusciata tutta la pelle degli arti inferiori si pone a nudo tutti i muscoli dell'arto inferiore. Fatto questo non tagliavamo le ossa del bacino in modo da lasciare il midollo attaccato agli arti posteriori solamente per i nervi lombari, ma si isolavano questi dal sottostante piano fatto dalle vertebre lombari e sacrali mediante dei bastoncini di vetro.

Toccando colla punta liscia ed acuta delle pinze i vari fascetti, anche riuniti, del nervo lombare, si ottenevano moti sempre differenti delle zampe dell' animale, di estensione e flessione, di rotazione interna ed esterna, di adduzione e abduzione di tutta la zampa o dei vari segmenti di essa ed anche delle singole dita (fig. 6). Più circoscritti erano i punti toccati, più vivaci ed ampie erano anche le reazioni motorie, alla stessa guisa che più piccolo è l'elettrode unipolare che si applica alla cute dell'uomo, più circoscritta e spesso più notevole è la reazione che presentano i nervi e i muscoli sottostanti, per l' addensarsi della corrente eccitante in quel punto.

Si poteva anche osservare alcune volte in rane vivaci e molto irritabili che bastava avvicinare la punta della pinza al nervo senza toccarlo, standovi alla distanza di un millimetro circa, per avere moti tetanici della zampa dell'animale.

In altre rane si osservò che avvicinando la punta della pinza alla parte carnosa denudata di un muscolo della coscia si poteva ottenere un palpitare clonico, un tremore circoscritto a pochi millimetri, quasi una contrazione idiopatica del muscolo posto in immediata prossimità della punta della pinza.

In alcune rane eccitabilissime abbiamo potuto inoltre osservare che bastava porle sopra la mattonella appoggiata sopra un gran tavolo di legno ben secco perchè toccando il nervo si avessero le contrazioni della zampa, essendo il tavolo nel mezzo della stanza; ma bastava togliere la corrente nell'impianto che forniva la luce, non al solo appartamento ma a tutta la casa, perchè il fenomeno cessasse.

Il modo migliore per ottenere il fenomeno è quello del preparato galvanico, toccando i nervi lombari. Però anche ponendo solo il nervo sciatico nudo si può ottenere il fenomeno ben evidente e si possono osservare anche delle altre particolarità di esso.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

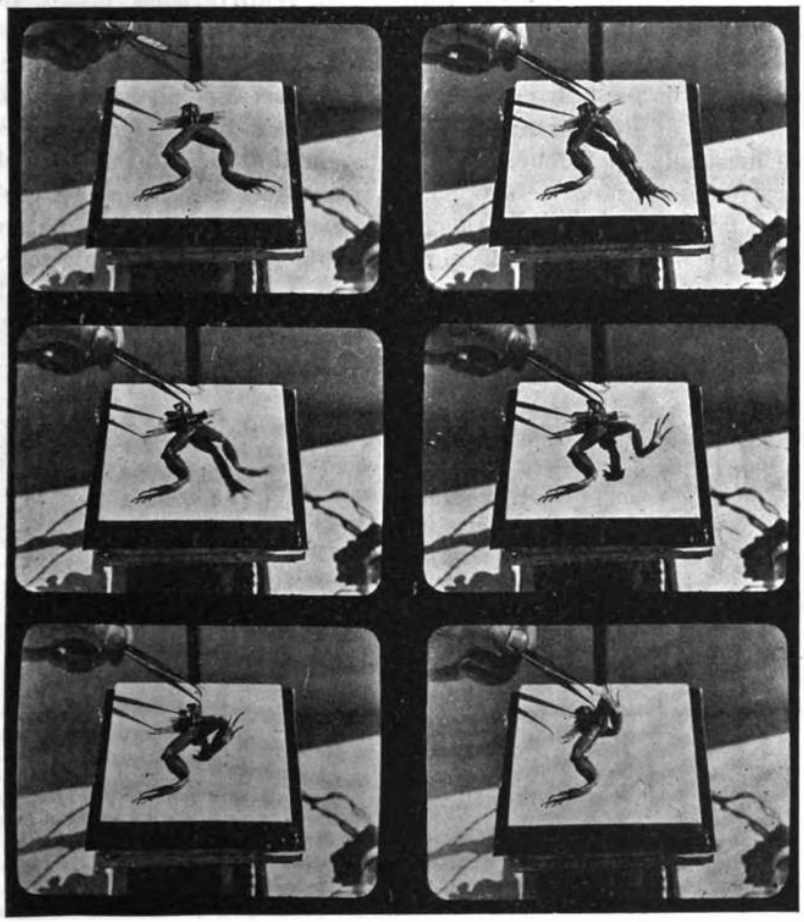


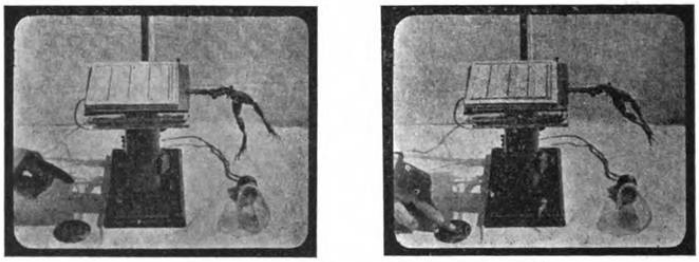
Fig. 6 — Toccando vari punti dei nervi lombari si ottengono movimenti di estensione, rotazione in fuori e in dentro e flessione della zampa (da un film cinematografico)

Infatti lo stato d'integrità più o meno grande in cui si trova l'animale ha molta importanza a rendere più o meno intensa la reazione motoria. A seconda che la rana è integra nel suo sistema nervoso, o colla testa tagliata, o narcotizzata coll'etere o col cloroformio il fenomeno si presenta più o meno facilmente o non si presenta affatto. Così ad esempio cloroformizzando fortemente una rana integra, posto a nudo lo sciatico, il fenomeno non si presenta, mentre appare istantaneamente se si taglia ad un colpo la rana a metà isolando così il midollo lombare dal restante sistema nervoso.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Al contrario nella rana eterizzata i moti reattivi sono molto vivaci e tagliata la rana a metà diventano di botto meno evidenti.

Tuttavia non possiamo affermare che questo differente comportamento della rana al contatto dei conduttori dipendesse del tutto o in parte da differente stato di eccitabilità del nervo toccato, perchè le condizioni fisiche, lo stato di umidità, di isolamento del nervo dai circostanti tessuti hanno la massima importanza nel produrre la contrazione e il fenomeno. Basta che, appesa la rana, la linfa che bagna il troncone lombare della colonna vertebrale scorrendo superficialmente sui nervi lombari venga a far ponte fra il conduttore che li tocca e il peritoneo e i muscoli della rana, perchè il fenomeno non abbia più luogo.



a b

Fig. 7 — Toccando (b) col dito la piastra di rame unita con filo ai nervi lombari si ha adduzione della zampa inferiore: il preparato galvanico è stato posto lateralmente per poter graficare i movimenti e fissato in una lastra di rame posta sopra la mattonella per rendere il fenomeno più evidente. Un'altra mattonella è posta sopra a rendere stabile il dispositivo.

Nelle esperienze finora descritte la rana era isolata mediante la mattonella dal filo di origine dei campi elettrici variabili e veniva toccata mediante un conduttore metallico tenuto in mano dall'esperimentatore e così portato a terra. Fin dalle prime esperienze ci accorgemmo che fra la mano che teneva il conduttore metallico e questo si potevano interporre delle sostanze isolanti dell'elettricità senza che il fenomeno cessasse, ovverosia senza che ad ogni toccamento del nervo comparissero le contrazioni tetaniche muscolari.

Il modo più comodo per ricercare quali sostanze lascino invariato, quali diminuiscano e quali annullino il fenomeno, è quello di riunire il nervo ad un disco di rame mediante un filo metallico e di toccare questo disco col dito (fig. 7) o con un oggetto

Biblioteca nazionale centrale di Roma

metallico, un bisturi, una forbice tenuta in mano con l'interposizione della sostanza che si vuol cimentare.

Così interponendo fra il manico della forbice e la mano uno (fig. 8) e anche più strati di para, fino a 32, si ottiene sempre il fenomeno. La contrazione della zampa va diminuendo col crescere del numero degli strati di para come si vede anche dalla grafica che riportiamo (fig. 9).



a b

Fig. 8 — Toccando la piastra di rame con la forbice tenuta in mano con l'interposizione di uno strato di gomma para si ha adduzione (b) di ambedue gli arti inferiori.



Fig. 9 — Grafica delle contrazioni della zampa prima con la mano nuda, poi interponendo fra la forbice ed essa 2, 4, 8 strati di para.

Eguali risultati si hanno interponendo la mica, che però si mostra più isolante della para.

Per i liquidi si prese un bicchiere di alluminio, appoggiato col fondo sulla piastra di rame, unita mediante il filo al nervo, e riempitolo a metà del liquido di cui si voleva saggiare la conducibilità si immergeva rapidamente in esso il conduttore metallico estraendolo subito dopo e osservando o graficando il moto eseguito dalla zampa sia omo- che controlaterale della rana. Il bicchiere di alluminio può anche essere sostituito da un sottile « becker » di vetro. Per graficare il movimento della rana è meglio fissare questa la-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

teralmente ad una piastra di rame che si pone sopra la mattonella, che la divide dal filo conduttore della elettricità.

Messa nel bicchiere dell'acqua distillata, che non reagiva col nitrato di argento, ad ogni immersione del conduttore metallico (fig. 10) la rana eseguiva una vivace contrazione che, come appare dalla grafica (fig. 11), non era minore di quella che si otte-



a b

Fig. 10 — Messa a terra del preparato attraverso l'acqua distillata (b); adduzione delle zampe

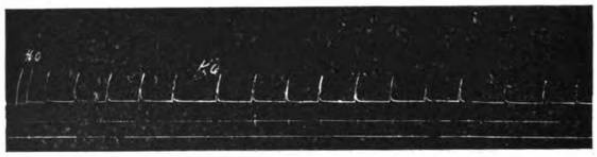


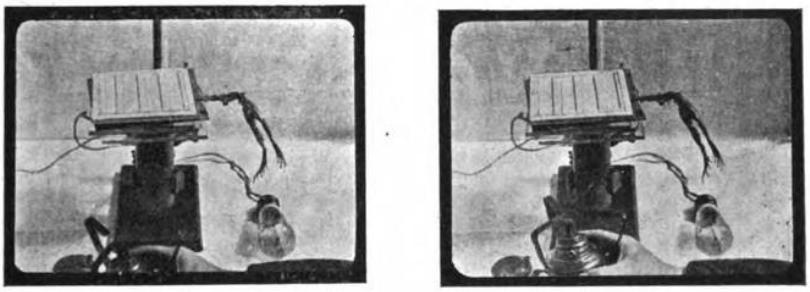
Fig. 11 — Grafica delle contrazioni della zampa derivando prima attraverso l'acqua distillata (H_2O), poi coll'aggiunta di KCl

neva versando poi nel bicchiere un cucchiaio di cloruro di potassio rendendo così il liquido un conduttore elettrolitico perfetto. L'alcool permetteva il presentarsi del fenomeno mentre cessava col solfuro di carbonio e la vaselina liquida. Egualmente la contrazione non si presentava toccando la piastra di rame coll'unghia o con una punta di osso o tenendo le forbici colla mano avvolta nella pelliccia. Isolanti erano pure il cotone asciutto e il filo di cotone, mentre l'elettricità si scaricava benissimo per un filo bagnato in soluzione fisiologica.

Altra esperienza fatta fu quella di mettere a terra il filo metallico, che dal nervo si portava alla piastra, mediante la fiamma di una lampada ad alcool; la lampada metallica era tenuta in mano dall'esperimentatore, avvenendo così la scarica elettrica attraverso

Biblioteca nazionale centrale di Roma

il suo corpo. Come si vede nella figura 12 i moti non sono così vivaci ed ampi come negli esperimenti precedenti ma solo si nota estensione delle dita della zampa destra. Se fra la mano dell'esperimentatore e la lampada s'interpone una lamina di sughero il fenomeno cessa come si vede dalla grafica 13 in cui alle contrazioni



a b

Fig. 12 — Messa a terra del preparato attraverso la fiamma di una lampada ad alcool: avvicinando la fiamma al filo, le dita della zampa inferiore estendendosi si scostano dal filo (b).



Fig. 13 — Grafica della contrazione ottenuta scaricando attraverso la fiamma. Le contrazioni isolate sono ottenute con brevi contatti con le forbici; prima si ha il tetano discontinuo tenendo la lampada colla mano nuda, che cessa interponendo fra questa e la lampada un sughero.

ritmiche dovute al toccamento della piastra con le forbici si unisce una contrazione prolungata tetanica discontinua, che mostra col suo andamento variabile il variabile contatto dovuto alla mobilità della fiamma.

Anche uno strato di aria calda o meglio i raggi calorifici di un radiatore possono scaricare la rana e porla in contrazione tetanica. Posta la rana pendente con un filamento metallico a contatto del nervo, rivolgendo i raggi calorifici di un radiatore elettrico parabolico di rame tenuto dall'esperimentatore poggiando una delle sue mani sul radiatore metallico (essendo il piede dell'esperimentatore umido e toccante il suolo), si otteneva una contrazione tetanica permanente come si vede dalla grafica 14. Se si isolava lo spe-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

rimentatore dalla terra ponendo uno strato di sughero sotto i suoi piedi il fenomeno non si aveva più. La scarica dell'animale si ebbe anche essendo il radiatore alla distanza di alcuni metri dalla rana.



Fig. 14 — Grafica della contrazione tetanica ottenuta scaricando attraverso i raggi calorifici di un radiatore elettrico

Il fenomeno, le contrazioni della zampa al toccare del nervo, si ottengono con maggiore evidenza ponendo la mattonella sopra il filamento di rame che conduce la corrente stradale, ma anche interponendo altre sostanze e in rane molto eccitabili anche sospendendo la mattonella con un filo di canapa si potè constatare che la reazione motoria cessava solo quando la mattonella distava 2-3 millimetri dal tavolo su cui poggiava la lampada col filo della corrente stradale. Ponendo poi una lastra di rame sulla superficie

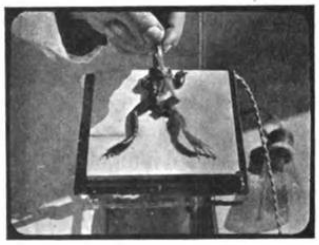


Fig. 15 — Toccando lo sciatico della rana col nervo pendente di una zampa galvanoscopica si ha contemporaneamete la contrazione di ambedue le zampe.

del tavolo, la mattonella si poteva alzare sopra di essa fino all'altezza di un centimetro e mezzo; ponendo a terra questa lastra di rame il fenomeno cessava.

Interponendo delle piastre di alluminio e di zinco non si aveva nessun effetto di agevolazione del fenomeno.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Come abbiamo detto in principio, il fenomeno si ottiene anche toccando il nervo mediante elettrodi impolarizzabili. Un modo anche più elegante di provocarlo è quello di toccare il nervo sciatico della rana scoperto ed isolato mediante il nervo pendente di una zampa galvanoscopica. Si ottiene così contemporaneamente e la contrazione della zampa di rana distesa sulla mattonella come quella della zampa galvanoscopica (fig. 15).

Contraendosi poi lo zampotto galvanoscopico e innalzandosi il suo nervo toglie il contatto, che poi si ristabilisce rilasciandosi. E così via il fenomeno si ripete a volontà come avviene per il campanello elettrico (fig. 16).

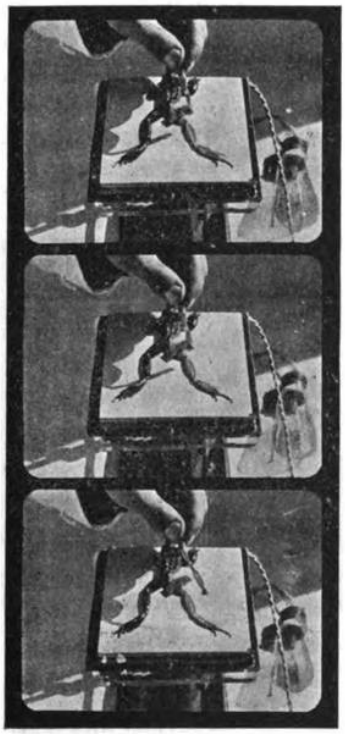


Fig. 16 — Contrazioni ritmiche della zampa galvanoscopica (fenomeno del campanello elettrico). Nel primo quadretto cinematografico il nervo della zampa galvanoscopica tocca la rana, nel terzo contraendosi questa si stacca dal contatto

Anche interponendo una lamina di mica fra la zampa della rana e il nervo del zampotto galvanoscopico il fenomeno si ottiene lo stesso (fig. 17).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

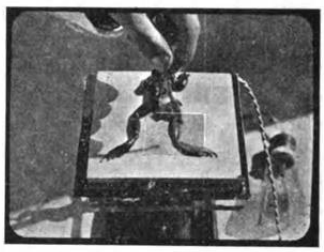


Fig. 17 — La zampa galvanoscopica si contrae anche interponendo fra la rana e il suo nervo una lamina di mica.

Aumentando il potenziale della corrente stradale mediante un trasformatore, come diremo più avanti, si può allontanare la mattonella, che sostiene la rana, dal filo in connessione con la corrente stradale anche di un metro sospendendola a fili di seta, e ottenendo sempre ad ogni contatto della pinza sul nervo contrazioni vivacissime (fig. 18).



Fig. 18 — Aumentando il potenziale della corrente stradale a 2000 v. mediante un trasformatore si può allontanare moltissimo la mattonella dal filo di rame

Se si pone un coniglio, addormentato e stretto nell' apparato di contenzione isolato con sughero o blocchi di paraffina, nel campo variabile facendo passare il filo di fase isolato sotto il dorso dell' animale ed aumentando opportunamente il potenziale, si ottiene toccando il tronco centrale del vago l' arresto del respiro e toccando il tronco centrale irregolarità nel ritmo ed anche l' arresto del cuore.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Passeremo ora a descrivere i risultati ottenuti stimolando i centri nervosi della rana.

Dispositivo per l'eccitazione — La rana viene posta su una mattonella di maiolica, di ca. 20 cm. di lato, la quale è sospesa, mediante fili di canapa, seta, lino o gomma asciutti, ad un sostegno di ferro spostabile in senso verticale ed orizzontale. Sotto la mattonella, e in perfetta corrispondenza con essa, c'è una lastra di rame nichelato, la quale è isolata con fogli di mica, turaccioli di sughero, e una cassettina di legno paraffinato e sostenuta da un altro sostegno spostabile in senso verticale ed orizzontale. La lastra di rame nichelato viene messa in comunicazione, mediante un filo comune per illuminazione interna, con un trasformatore che la porta così al voltaggio voluto. Sulla mattonella di maiolica si pone la rana, avvolta in bende di garza bagnate con acqua corrente, e resa in tal modo immobile.

Accanto al dispositivo suddetto e allo stesso livello, oppure un poco più basso della mattonella di maiolica, si colloca uno stativo di microscopio binoculare spostabile in tutti i sensi possibili, una specie di micromanipolatore. Ad esso è avvolto un filo sottilissimo, fissato saldamente alla sua estremità, il quale è portato a potenziale zero unendolo alla tubatura dell'acqua o del gas. Il filo è avvolto da un sottilissimo strato isolante, eccetto che alle sue estremità; con una parte è riunito al filo a terra, all'altra è molto assottigliato per 1-2 3 mm. È questa che si infigge nella sostanza nervosa. Il filo si può rendere sottile quanto si vuole detergendolo prima meccanicamente dello strato esterno isolante ed immergendolo poi in $H N 0_3$ contenuto in una capsulina di porcellana. È bene non assottigliarlo troppo, altrimenti si flette infiggendolo nella sostanza nervosa, ma è consigliabile appuntirlo solo alla sua estremità.

La corrente si portava ad alta tensione, fino a 2000 volta, mediante un trasformatore comune che dava quattro diverse gradazioni di potenziale (*). Si effettua la trasformazione ad alto potenziale solo al momento dell'eccitazione dei centri nervosi; negli intervalli fra una eccitazione e l'altra si interrompe il passaggio della corrente mediante un interruttore a portata di mano che si può aprire o chiudere mentre si osservano tutti i movimenti della rana.

Si adoperano i piccoli voltaggi all'inizio dell'eccitazione, gradatamente si aumenta il potenziale a mano a mano che la rana si esaurisce e che i centri nervosi vengono distrutti dall'infissione in essi del filo. Particolarmente breve è il periodo dell'eccitabilità quando si stimolino i centri bulbari, in quanto allora si arresta il respiro.

(*) Il trasformatore è stato fornito dalla Ditta De Rossi di Torino, ed è di quelli che servono a trasformare la corrente stradale opportunamente sulle insegne luminose.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

La distanza che è bene tener fissa, fra la lastra di rame ad alta tensione e la mattonella di maiolica, è di ca. 3 cm. e si può aumentare innalzando il potenziale. Non si debbono avvicinare alla lastra di rame oggetti posti a terra, nè si debbono appoggiare alla lastra di maiolica durante la stimolazione, potendosi così togliere ogni effetto, specialmente se l'atmosfera è umida e la lastra di maiolica è bagnata nella parte superiore.

Preparazione della rana. — La rana viene anzitutto accuratamente lavata e asciugata per detergerla della sostanza vischiosa che la ricopre. Si avvolge quindi con bende di garza, che si stringono particolarmente in corrispondenza agli arti anteriori e posteriori, rendendola in tal modo perfettamente immobile eccetto che alla testa.

Per scoprire il cervello si incomincia col fare un taglio trasversale sul lato dorsale della testa a ca. 4 mm. dai forami nasali; quando non si voglia scoprire il lobo ottico, oppure gli emisferi cerebrali nella loro parte anteriore, è sempre meglio tagliare distante dalle aperture nasali per impedire la lesione delle arterie orbito-nasali. Il taglio deve essere lungo 4 5 mm.. Con una sottile forbice si taglia quindi la cute, secondo due linee che vanno dagli estremi dell'incisione trasversale indietro e lateralmente; la lunghezza di queste due incisioni sarà più o meno estesa a seconda si vogliano scoprire i lobi ottici, il cervelletto, il bulbo o il midollo cervicale. Il lembo cutaneo può allora ribattersi indietro oppure tagliarsi alla sua base allargata. Si infigge allora un bisturi finissimo, appuntito, tagliente e preferibilmente unto di olio di vasellina o paraffina, sull'osso etmoide, sulla linea mediana, eseguendo dei piccoli spostamenti trasversali e cambiando spesso direzione. Se si ha fuoriuscita di sangue bisognerà asciugare subito con bambagia e versare qualche goccia di adrenalina al $^{0}/_{00}$, che si dovrà tenere sempre a portata di mano. Nel foro fatto si introduce una punta delle forbici suddette e tagliando a destra ed a sinistra l'osso si fa una fessura larga 3-4 mm.. Si incomincia allora a tagliare, dagli estremi di questa fessura, le due ossa fronto-parietali sia a destra che a sinistra, procedendo dall'avanti all'indietro e da dentro in fuori. Tenersi sempre quanto più lateralmente è possibile, introdurre la branca della forbice sotto l'osso con cautela e con mano leggera, senza forzare; se si notano movimenti bruschi della rana, fermarsi e retrarre la forbice e cambiare direzione; essi rivelano la lesione di qualche parte del lobo ottico o del cervelletto o del bulbo. Giunti così a livello delle orecchie o più indietro, con la massima cautela si cambia nuovamente direzione e si taglia trasversalmente in modo da staccare completamente il lembo osseo. Questo può staccarsi o con una pinza o con le stesse forbici a punta ricurva, con la concavità rivolta in alto. Da notarsi che a livello delle estremità posteriori delle ossa fronto-parietali si ha spesso una profusa emorragia causata da lesione dell'art. temporale e del ramo della dorsale; come al solito bisogna asciugare con cotone idrofilo e stillare sopra 1 o 2 gocce di adrenalina al $^{0}/_{00}$. Non adoperare mai liquidi coagulanti perchè si formerebbero dei grumi spessi che depositandosi sulle varie sezioni del sistema nervoso centrale impedirebbero la visione del medesimo, e nel

Biblioteca nazionale centrale di Roma

toglierli con la pinza si potrebbero ledere i substrati sottostanti; inoltre l'emorragia ritorna all'allontanamento dei grumi.

Tutta l'operazione richiede solo 5' e meno ancora, quando si è acquistata una certa pratica. Però è meglio impiegare un tempo più lungo pur di non ledere affatto il cervello.

Sulla rana così operata si fa gocciolare acqua di fonte in modo da fare imbeverne tutta la garza; è misura di precauzione utile non far giungere l'acqua sul cervello, che si terrà sempre coperto di cotone idrofilo imbevuto con adrenalina. Asciugare di tanto in tanto le sierosità e l'afflusso del liquido rachideo dal midollo, con bastoncini di bambagia rotolata con le dita.

Si pone allora la rana sulla mattonella, pronta per infiggere nei vari segmenti del cervello il filo sottile di rame, di cui si è già detto.

Precauzioni ed avvertimenti per la stimolazione. — La rana, fasciata, ridotta quasi a un corpo cilindrico, si sostenta sui lati con delle listerelle di legno o anche di metallo in modo da fissarla più saldamente. Le bende di garza si devono postare quanto più possibile indietro in modo che non ostacolino i movimenti del capo.

Il filo di rame, accuratamente deterso, finemente appuntito e assottigliato, si infigge nei centri con spostamenti della vite dello stativo del microscopio binoculare adagio adagio, accertandosi della profondità a cui s'infigge. Prima si cerchi vedere se il filo è diritto, se la punta è ricurva o meno, se cade perpendicolarmente alla superficie da stimolare. Bisogna prestare particolare attenzione quando si infigge ai limiti fra un segmento e l'altro del cervello e quando s'introduce ai limiti esterni laterali: infatti in tal caso la sostanza nervosa scivola e si sposta dal lato opposto.

Durante la stimolazione il filo può spostarsi senza accorgersene, e si ottiene dopo un movimento del tutto opposto a quello osservato un momento prima, specie alle parti laterali del cervelletto, del bulbo, della parte posteriore dei lobi ottici; tale accidente si verifica per lo più alle prime stimolazioni, quando i movimenti sono bruschi, repentini, vivaci, veloci, netti, o quando si stimolino centri che provocano un largo ed esteso movimento. Inoltre quando si ottiene movimento di abbassamento della testa il filo può fuoriuscire dalla sostanza nervosa, e siccome la rana resta per lo più nella posizione acquisita e ritorna solo lentamente nella posizione normale così ad una seconda eccitazione non si ha alcun effetto.

Infine il filo non deve aderire a nessun punto del corpo della rana.

Esamineremo ordinatamente i risultati della stimolazione delle varie parti del sistema nervoso centrale a cominciare dal lobo olfattorio, e procedendo quindi agli emisferi cerebrali, ai lobi ottici, al cervelletto, al bulbo, al midollo spinale. Esporremo solo dei fatti, avendo il presente lavoro [specialmente lo scopo di dimostrare l'utilità ed i vantaggi del nuovo metodo di stimolazione.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

1) *Lobo olfattorio* — Nelle poche esperienze fatte abbiamo ottenuto modificazioni del ritmo e dell'ampiezza del respiro. Cominciata la stimolazione la rana si avvia a respirare regolarmente, con atti respiratori ampi, frequenti, susseguentisi a brevi intervalli di tempo, contrariamente all'abituale modo di respirare della rana.

2) *Emisferi cerebrali* — Stimolati non causano alcun movimento nè del capo, nè degli occhi, nè del corpo della rana. Pare invece che inibiscano i movimenti in atto dell'animale, nel senso di diminuirne l'ampiezza o di arrestarli. Egualmente pare abbiano influenza sul respiro, poichè stimolati nella loro parte antero-laterale inibiscono gli ampi atti respiratori e aumentano invece la frequenza dei piccoli, e stimolati al loro margine postero-mediale aumentano subito la frequenza ed ampiezza della inspirazione, effetti che diventano incerti stimolando a lungo.

In questa ricerca si deve infatti tener conto soltanto degli effetti nei primi tempi dalla stimolazione per 5" - 10" al massimo; poi il centro o si esaurisce o vien distrutto, oppure predomina il centro respiratorio bulbare eccitato dalle variazioni a cui va incontro il sangue per i turbamenti respiratori causati dell'esperimento.

3) *Lobi ottici* — Li divideremo in tre porzioni: anteriore, media e posteriore, in quanto ciascuna ha dato risultati nettamente distinti e costanti e tali da ritenersi quindi attendibili.

a) Porzione anteriore — Scarsamente eccitabile per cui si debbono adoperare voltaggi molto alti e troppo intensi rispetto alle altre sezioni. I risultati variano a seconda che il filo si affondi poco o molto, che si aumenti o diminuisca l'intensità del campo elettrico, che si stimoli nella parte mediale o laterale.

1) Stimolando al margine mediale, deviazione della testa verso lo stesso lato, per la contrazione dei muscoli della nuca omolaterali; la testa, alla base, si affonda e si innalza alla punta (*).

2) Stimolando al margine laterale, affatto anteriormente, lievissimo abbassamento del capo nel piano sagittale.

(*) Per deviazione intendiamo un movimento che avviene nel piano orizzontale attorno ad un asse verticale; per rotazione un movimento che avviene in un piano frontale attorno ad un asse anteroposteriore, cefalocaudale; per innalzamento e abbassamento i movimenti che avvengono nel piano sagittale attorno ad un asse trasversale.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Gli occhi possono restare perfettamente immobili; però se l'animale non ha subito ancora alcuna stimolazione e il voltaggio è adeguatamente alto, il globo oculare omolaterale può deviare in basso e in avanti, mentre la rima palpebrale può chiudersi più o meno completamente. Non si muove mai l'occhio controlaterale.

Si contraggono prima e più intensamente i muscoli della nuca omolaterali e dopo un breve tempuscolo quelli controlaterali; alla fine dello stimolo si rilasciano prima i controlaterali e poi gli omolaterali.

I singoli movimenti sono combinati fra loro nel seguente modo: affonda la testa e la devia dallo stesso lato (talvolta sono associati i movimenti oculari già descritti); devia la testa dallo stesso lato e in basso e talvolta chiude l'occhio omolaterale; abbassa la testa nel piano sagittale; abbassa la testa e fa un atto di deglutizione specie se il filo è poco approfondito.

b) Porzione media — Cercheremmo di localizzare con l'esattezza e precisione più grandi che ci sarà possibile i centri sicuramente esistenti in questa porzione, i quali presiedono a movimenti distinti del capo, degli occhi, del corpo della rana. È noto infatti quanto differenti siano i lobi ottici nella rana temporaria, nella esculenta e nel bufo viridis e, nella stessa varietà, a seconda dell'età; inoltre talvolta, nell'affondare il filo, il lobo ruota intorno al suo asse maggiore medialmente o lateralmente, di guisa che il filo affondando approssimativamente nell'identico punto incontra in profondità centri diversi. Diamo perciò una descrizione solo dei movimenti sicuramente ottenuti, mentre ci asteniamo dal localizzare i centri ad essi presiedenti, che cercheremo determinare e individuare esattamente in seguito con ricerche microscopiche.

I movimenti sono: deviazione omolaterale della testa nel piano orizzontale; deviazione e rotazione omolaterale; abbassamento della testa e deviazione; abbassamento o rotazione soltanto. Tutti questi movimenti sono costantemente accompagnati da chiusura più o meno completa della rima palpebrale dello stesso lato, e, se si porta lo stimolo nella parte postero-mediale della porzione media, da retrazione del globo oculare poco pronunziata.

Tali movimenti possono combinarsi in modo che una rotazione dallo stesso lato o un abbassamento del capo siano accompagnati da deviazione orizzontale dello stesso lato e da chiusura e, non sempre, da retrazione dell'occhio omolaterale.

Stimolando la parte postero-laterale della porzione media, si ha talvolta deviazione verso lo stesso lato e rotazione verso il lato op-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

posto, cioè un movimento del capo dello stesso lato in alto mentre stimolando la parte mediale si ha sempre costantemente uno spostamento in basso e dallo stesso lato.

In una sola rana, ma ripetutamente per più di 20 volte, abbiamo ottenuto il seguente fenomeno: affondando il filo nella parte postero-mediale, molto profondamente, la rana deviava ampiamente dallo stesso lato e ruotava un poco in basso, chiudeva le rime palpebrali e retraeva i globi oculari dei due lati ed emetteva un suono la cui altezza variava spostando minutamente il filo. Diremo, parlando della porzione posteriore, il perchè, a nostro parere, non abbiamo ottenuto questo in altre rane.

c) Porzione posteriore — È la più importante, la più ricca di centri nervosi cui fanno capo movimenti svariatissimi. Basta un piccolo spostamento del filo in questa porzione per avere dei movimenti diversissimi. In questa porzione, più che nelle precedenti, variano gli effetti della stimolazione a seconda della profondità raggiunta dal filo e dell'intensità del campo elettrico variabile.

I movimenti principali sono: rotazione, deviazione della testa e movimenti degli occhi.

Stimolando nella parte postero-laterale, tenendo il filo non molto profondo, sposta la testa in alto e dallo stesso lato; se la rana è fresca e si è ancora alle prime stimolazioni, il movimento avviene di scatto e lo spostamento è considerevolissimo.

Procedendo dal margine laterale verso quello mediale diminuisce subito l'ampiezza della rotazione verso il lato opposto e ad un tratto, senza passaggi intermedii, lo spostamento cambia di direzione e avviene verso lo stesso lato e in basso. Ogni movimento del capo provocato da stimolazione di questa porzione è accompagnato da movimenti vari degli occhi, generalmente chiusura della rima palpebrale omolaterale, che può essere completa o meno. Il globo oculare si ritrae poco o niente.

Stimolando al margine del tutto lateralmente e verso l' estremo posteriore del lobo ottico si contraggono i muscoli della nuca omolaterali, per cui la testa ruota di pochi gradi verso lo stesso lato, e successivamente s'innalza in questa posizione parallelamente a sè stessa. È difficile ottenere questo movimento, a causa della difficoltà di affondare il filo al margine laterale. Stimolando alla parte mediale, come s'è detto, la testa sposta verso lo stesso lato e in basso e si chiude la rima palpebrale.

Esiste poi sicuramente un centro, di situazione variabile ma il più sovente posto nel punto di mezzo dell' estremo posteriore del

Biblioteca nazionale centrale di Roma

lobo ottico, o un po' più lateralmente, non molto profondo, il quale presiede a un movimento di protrusione del globo oculare. Stimolando nel punto giusto (che è difficile a cogliersi e talvolta irreperibile) si apre dapprima rapidamente la rima palpebrale e subito dopo incomincia la lenta ma notevolissima e distinta protrusione del globo oculare, mentre le palpebre superiore e inferiore s'innalzano e si abbassano lentamente. Raggiunta la massima protrusione si vede ampiamente il largo margine bianco della sclerotica, intorno allo sfondo nero della cornea; anche l'iride pare si dilati a questo punto.

Se si coglie il centro nel punto giusto la testa rimane immobile, altrimenti la protrusione può accompagnarsi a movimenti in alto e dallo stesso lato del capo.

Se gli occhi sono fortemente chiusi e profondamente infossati, in seguito ad es. a stimolazione della parte anteriore della linea mediana del IV ventricolo, con la stimolazione del centro in questione si vede allargarsi lentamente la rima palpebrale e protendere di poco il globo oculare omolaterale.

In una sola rana, ma con chiarezza inequivocabile, abbiamo osservato, affondando il filo alla parte posteriore e piuttosto lateralmente quanto più profondamente possibile, la normale deviazione in basso e dallo stesso lato accompagnata da un grido doloroso che durava per tutto il tempo della stimolazione. Infiggendo poi il filo nella parte più mediale della parte posteriore, la stessa rana ruotava di scatto di quasi 90° dallo stesso lato, deviava poco o nulla, chiudeva i due occhi, e prima in modo più pronunciato quello omolaterale, ed emetteva un grido ad ogni stimolazione, Tale insieme di movimenti lo ottenemmo ripetute volte, ma infine, molto probabilmente per lo spostamento della punta del filo causato dai movimenti successivi della rana, il grido venne a cessare; in questo momento la rana ruotava molto e deviava poco dallo stesso lato, contraeva e rilasciava con una certa frequenza i muscoli del pavimento della bocca, chiudeva ed apriva continuamente le due rime palpebrali; talvolta anche la rotazione e la deviazione si svolgevano a piccoli tratti, specie se si prolungava lo stimolo.

Crediamo che tutti questi movimenti siano dovuti sempre al centro della fonazione, per stimolazione tenue e indiretta, in quanto il filo si trova nelle vicinanze del centro. Ci spieghiamo così il fatto di avere ottenuto solo in un'altra rana il grido, in quanto l'ammiccamento delle palpebre, i movimenti a piccoli tratti del capo e il lento tremolio del pavimento della bocca furono ottenuti altre volte in altre rane, stimolando nell'identico punto.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Affondando il filo nella parte anteriore della fessura fra i due lobi ottici non abbiamo notato alcun movimento; nella parte posteriore, se il filo si tiene superficiale non si nota niente, se si approfonda si ottengono invece movimenti di apertura e chiusura di un occhio, forse perchè il filo devia a destra e a sinistra.

Riassumendo per i lobi ottici: essi presiedono a movimenti di rotazione, deviazione, abbassamento ed innalzamento del capo combinati fra loro; a chiusura e retrazione, ad apertura e protrusione dei due globi oculari; e molto probabilmente anche alla fonazione.

4) *Cervelletto* — Affondando il filo all' estremo laterale ora devia la testa quasi nel piano orizzontale dallo stesso lato, ora invece ruota soltanto verso il lato opposto, mentre devia pochissimo verso lo stesso lato. Costante è invece, in seguito alla stimolazione in tal punto, la chiusura più o meno complela dell'occhio omolaterale.

La testa, dopo la stimolazione, e così anche l'occhio, rimangono nella posizione assunta e ritornano lentamente e incompletamente alla posizione primitiva solo dopo lungo tempo.

Stimolando un po' più medialmente devia costantemente dallo stesso lato e in alto. E affondando il filo in un punto vicinissimo al limite mediale contrae i muscoli della nuca omolaterale per cui innalza la testa quasi nel piano verticale. Stimolando infine esattamente in un punto situato sull'asse sagittale abbassa la testa, la protrae e semichiude le rime palpebrali dei due lati.

Riassumendo: La stimolazione del cervelletto porta a movimenti d' innalzamento (vicino alla linea sagittale), abbassamento (linea sagittale), rotazione e deviazione nello stesso lato (parte laterale) della testa, a chiusura e lieve retrazione degli occhi.

5) *Bulbo* — I risultati di tutte le esperienze sono perfettamente concordanti. Stimolando sulla linea mediana abbiamo due movimenti distinti a seconda che il filo penetra nella parte anteriore o nella posteriore.

Stimolando anteriormente, se il filo si tiene superficiale si ha un'ispirazione ad ogni stimolazione, e se lo stimolo si prolunga se ne possono avere fin due o tre consecutive, dopo di che si ha perfetta immobilità. Se il filo si approfonda, abbassa e retrae la base della testa mentre tiene immobile o innalza la punta: retrae al massimo i due globi oculari e serra fortemente le due rime palpebrali, stringe fortemente la bocca ed estende gli arti anteriori. Si ha insomma quell'insieme di movimenti che spesso fa l'uomo quando è colpito da un fortissimo dolore per cui chiude

Biblioteca nazionale centrale di Roma

fortemente gli occhi, trattiene il respiro, infossa la testa nelle spalle, distende le dita delle mani e porta queste in avanti e in fuori quasi per allontanare un pericolo imminente. Spostando il filo indietro diminuiscono d'intensità tutti i movimenti, eccetto la chiusura e la retrazione dei due occhi che si svolge con la solita forza.

A 3-4 mm. indietro dal margine anteriore del IV ventricolo, affondando sempre il filo sulla linea mediana, la rana flette le gambe sul corpo e un poco anche le gambe sulle coscie, estende le zampe anteriori su cui si appoggia, alza la testa e spalanca la bocca, tenendola aperta per tutto il tempo dell' eccitazione. Se si è esattamente sulla linea mediana, chiude ambedue gli occhi, se invece si è un po' lateralmente, chiude sempre gli occhi ma più fortemente un occhio soltanto.

Stimolando le eminenze acustiche, la testa si sposta verso lo stesso lato, talvolta si ha un' ampia deviazione verso lo stesso lato, e alla fine della corsa uno spostamento in alto e verso lo stesso lato; talvolta infine (pare che avvenga specialmente procedendo in senso mediale) si nota un' ampia rotazione verso lo stesso lato e una leggera deviazione. Si ha inoltre sempre chiusura e retrazione dell' occhio omolaterale, e, se la stimolazione si protrae alcuni secondi, si ha flessione della zampa omolaterale anteriore ed estensione di quella del lato opposto, come se la rana tendesse a sbandare verso il lato stimolato.

Stimolando il pavimento del IV ventricolo (tolto il velo midollare posteriore) fra le eminenze acustiche e la linea mediana, la rana devia ampiamente verso lo stesso lato, nel piano orizzontale o leggermente in basso; ritrae profondamente i due occhi sebbene non li chiuda sempre completamente.

Affondando infine il filo quanto più vicino possibile alla linea mediana, si ha un' amplissima deviazione nel piano orizzontale verso lo stesso lato; si nota ancora chiusura e retrazione dei due occhi, prima però e con maggior forza nell' occhio omolaterale. Finendo la stimolazione, riapre prima e più completamente l' occhio omolaterale.

Riassumendo: Stimolando il bulbo si ha abbassamento, innalzamento, deviazione, rotazione, retrazione della testa, retrazione e chiusura degli occhi, apertura della bocca, movimenti tutti variamente combinati fra loro e alcuni svolgentisi simultaneamente. Esiste inoltre una forte influenza sul respiro, che per lo stimolo forte si arresta, funzionando ancora perfettamente ed a lungo il cuore.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

6) *Midollo spinale* — Si può eccitare attraverso la cute avvicinando o poggiando il filo a terra ai due lati della linea mediana del dorso della rana. Si ottengono così movimenti svariatissimi a seconda del punto su cui si porta il filo a terra. Se il filo si allontana dalla colonna vertebrale e si porta vicino o a contatto di un muscolo o gruppo muscolare, ovverosia di un nervo (sciatico), si ha la contrazione isolata e incoordinata di tali muscoli. La derivazione invece dal midollo causa moti coordinati di uno o di entrambi gli arti, per cui la rana o si solleva sulle zampe posteriori o fa movimenti di detergimento o estende completamente i tre segmenti dell' arto posteriore l' uno sull' altro o abduce questo moltissimo, e così via.

Abbiamo ottenuto un campo elettrico variabile non solo colla corrente stradale, ma anche con un potente amplificatore termoionico.

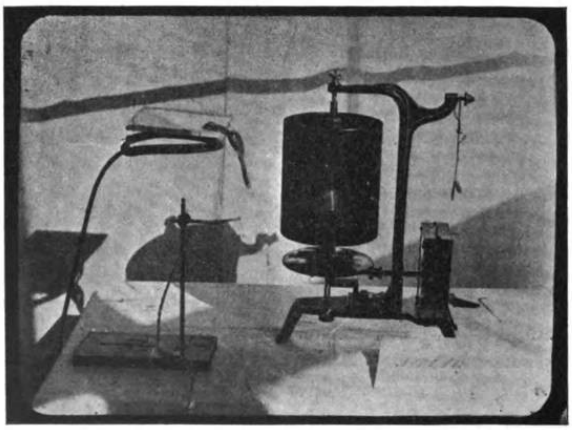


Fig. 19 — La zampa fissata alla mattonella, sospesa due cm. sopra il filo metallico connesso coll' amplificatore, esegue dei movimenti differenti per ogni parola (da un film cinematografico).

Ora se si modifica e si modula il campo da esso prodotto mediante la parola collegandolo ad un microfono, allora la zampa della rana esegue dei movimenti che seguono fedelmente le variazioni sonore della parola e che come si vede da questo film cinematografico si possono anche graficare (fig. 19).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Risultati molto interessanti abbiamo ottenuto eccitando i nervi cutanei e sensoriali dell' uomo unendo un microfono ad un amplificatore termoionico pure di notevole potenza e portando la corrente non ad un altoparlante, ma ad un comune elettrodo per l' eccitazione dei muscoli nell' uomo, terminato da una sferetta che ricoprimmo con uno strato sottile isolante di para, di celluloide o di mica. Si applica la sferetta al contorno del foro uditivo, o contro il trago al davanti, o dietro in basso del padiglione, e parlando nel microfono si ode per ogni parola un rumore modulato che segue la parola stessa nel suo andamento e che forse, mediante opportuna graduale educazione, permetterà di distinguere ed individuare ciascuna parola dall'altra.

J e l l i n e k e S c h e i b e r (9), trasformando le onde sonore in variazioni elettriche mediante un apparecchio di cui non danno la descrizione, facendo passare per il proprio corpo isolato la corrente modulata (*modulierten Strom*) toccando i poli di esso apparecchio, poterono udire la parola, la musica e i rumori.

Applicando un pennello di fili metallici alla cute, specie a quella del padiglione dell'orecchio, si può ottenere una sensazione di formicolìo differente per le varie parole; applicando l'elettrodo coperto di para al bulbo oculare, chiuse le palpebre, si può vedere con stimoli forti, intermittenti, come quelli causati pronunciando l'erre, un bagliore fosforescente e applicando l' elettrodo alla lingua si ha una sensazione che sembra differente da quella alcalina o acida che si ottiene con la corrente galvanica.

RIASSUNTO

Riassumeremo ora i risultati principali delle numerose esperienze fatte coi campi elettrici variabili:

1. Ponendo il preparato galvanico sopra una mattonella di maiolica, a sua volta posta sopra un filo di rame a zig-zag connesso colla corrente stradale (120-160 V., 50 periodi), e toccando i nervi lombari isolati dai tessuti con un conduttore metallico si ottengono movimenti di flessione ed estensione, abduzione ed adduzione, rotazione interna ed esterna dei singoli segmenti degli arti inferiori, a seconda del punto toccato.

2. Aumentando il potenziale della corrente stradale a circa 2000 V. si può alzare la mattonella, sospendendola con fili, fino ad un metro e più.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

3. Toccando il vago di un coniglio, isolato e sotto il cui dorso sia stata posta la mattonella di maiolica col filo, si ottiene l'arresto del respiro e modificazioni del ritmo cardiaco e aumentando il potenziale anche arresto del cuore.

4. Scoprendo i centri nervosi della rana distante 2-3 cm. da una placca connessa col trasformatore e portata 2000 V., e infiggendovi un sottilissimo filo di rame (posto a terra) si ottengono dei movimenti quanto mai localizzati e diversi a seconda dei punti toccati, come è descritto ampiamente nel lavoro.

5. Ponendo il preparato galvanico distante alcuni cm. dal filamento metallico unito ad un forte amplificatore termoionico, si possono provocare dei movimenti modulando la corrente colla voce ed ottenendo dei moti differenti per ogni parola, che si possono anche graficare.

6. Portando con un elettrode comune da eccitazione unipolare per l'uomo la corrente di un comune amplificatore termoionico modulata dalla voce a contatto del condotto auditivo, o nella fossetta retroauricolare, *con l' interposizione di un sottile strato isolante di gomma*, si possono percepire dei rumori differenti per ogni lettera e parola.

BIBLIOGRAFIA

1. Tullio P. e L. Di Bella — Ricerche comparative sopra la stimolazione chimica ed elettrica della cute e dei nervi che ad essa si portano. « Bollet. Soc. it. di Biol. », vol. 7, fasc. 4, 1932, e « Arch. it. di Scienze biol. », vol. 18 1933.
2. Dubois-Lumière nel Diction de Phys. de Richet.
3. Tullio P. — Alcune osservazioni sulla reazione miastenica e sull'importanza della frequenza degli stimoli faradici per l'eccit. e per l' inibiz. dei muscoli. « Bollet. Scienze med. », vol. 72, 1931.
4. Danilewsky B. — Veit e G. Leipzig, 1902.
5. — Ibid., pag. 84.
6. Loeb I. — Zur Theorie des Galvanotropismus. V. Influenzversuche. « Pflügers Archiv », v. 67, p. 483, 1893.
7. Scaffidi — « Archivio di patologia », vol. 5, p. 81, 1930.
8. Gallerani G. — Influence des oscillations hertziennes sur le système neuro-musculaire. « Arch. it. de Biol. », vol. 43, p. 159, 1905.
9. Jellinek S. e Scheiber T. — Eine neue Methode des Hörens. « Wiener klin. Wochenschrift », 1930, n. 14.