



RENDICONTI DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali

Comunicazioni pervenute all'Accademia prima del 1° e del 15 agosto 1897.

Estratti dal vol. VI, 2° ser., serie 5ª, fasc. 3° e 4°.

SULLE LEGGI DELLE SCOSSE MUSCOLARI

NOTE

DEL DOTT.

UBERTO DUTTO



*mis.  
B  
65  
98*

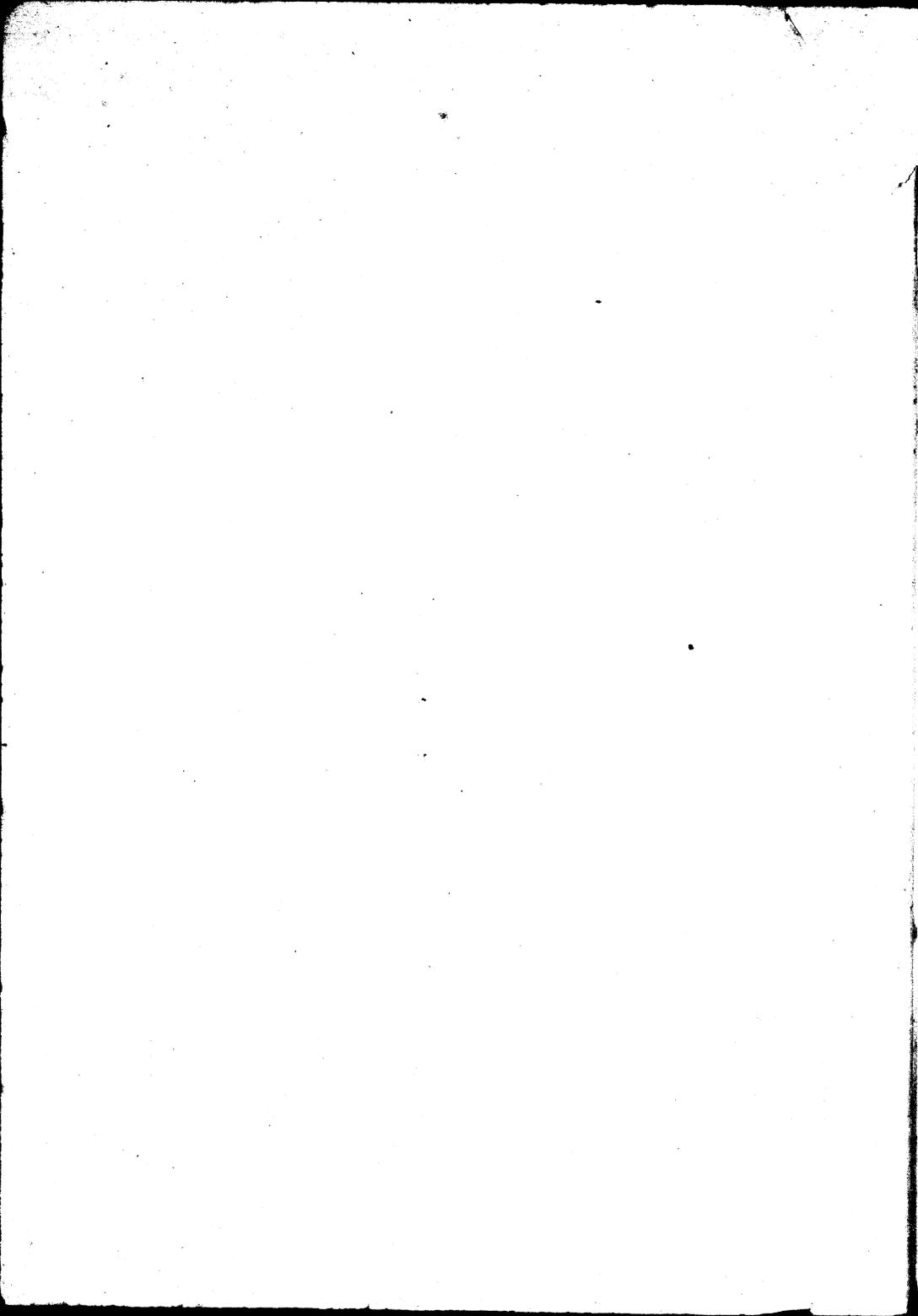


ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCI

1897



Atti della Società  
Anno 1874.

---

**Fisiologia.** — *Sulle leggi delle scosse muscolari. Precedenti storici* (1). Nota del dott. UBERTO DUTTO, presentata dal Socio LUCIANI.

Tra i fisici che contemporaneamente a Volta studiarono gli effetti fisiologici della corrente elettrica, Pfaff osservò che la direzione della corrente aveva un'influenza sulla scossa del muscolo, nel senso che non era indifferente per avere la scossa di chiusura o di apertura, se la corrente che percorre il nervo fosse ascendente o discendente, cioè se percorresse il nervo in senso centripeto o in senso centrifugo.

Non ricorderò i particolari di questa scoperta di Pfaff (che se ne serviva per conoscere la direzione della corrente nelle pile) sia perchè ciò non si

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisiologia della R. Università di Roma.

addice all'indole di questo lavoro, sia perchè la storia e la critica della medesima sono esposte nella classica opera di Du Bois Reymond (1).

Sul principio di questo secolo, Ritter formulando una legge delle scosse, tenne per il primo conto dell'influenza che i diversi gradi di eccitabilità del nervo esercitano sulle scosse del muscolo; ed a tale uopo ammetteva sei gradi di eccitabilità.

Nel 1829 Nobili (2) confermando nelle parti essenziali le leggi di Ritter, ammise come questi, che oltre la direzione della corrente anche le variazioni di eccitabilità alle quali va soggetto successivamente il nervo del preparato, rappresentassero una parte importante nella produzione dei fenomeni contrattili.

Il fisico italiano ammetteva quattro gradi di eccitabilità; e la divergenza fra la tavola di Ritter e quella di Nobili consiste in ciò che questi attribuiva al più alto grado di eccitabilità del nervo, quegli effetti che secondo Ritter erano dovuti ad un grado medio o terzo grado della sua tabella.

Era riservato a due celebri fisiologi, Heidenhain e Pflüger, lo stabilire che la legge delle scosse non era soltanto una funzione della direzione della corrente e della eccitabilità del nervo, ma anche una funzione della intensità della corrente.

Heidenhain (3) nei suoi esperimenti adoperava delle correnti molto deboli, e distingueva quattro gradi di intensità di corrente, per ognuno dei quali, con diversa vicenda, a seconda della direzione della corrente, si aveva o non si aveva la contrazione del muscolo.

Pflüger (4) col sussidio di una tecnica irreprensibile, adoperando il recordo per variare la corrente, gli elettrodi impolarizzabili, distinse tre gradi di corrente, corrente debole, media e forte. Per ognuna di queste correnti la direzione della medesima influisce, sulla scossa muscolare, nel modo come risulta da questa tabella:

Intensità della corrente	Corrente ascendente		Corrente discendente	
	Chiusura	Apertura	Chiusura	Apertura
Debole	Scossa	Riposo	Scossa	Riposo
Media	"	Scossa	"	Scossa
Forte	Riposo	"	"	Riposo

(1) Du Bois Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektrizität*, pag. 307 e seg.

(2) L. Nobili, *Analyse expérimentale et théorique des phénomènes physiologiques produits par l'électricité sur la grenouille; avec un appendice sur la nature du tetanos et de la paralysie, et sur les moyens de traiter ces deux maladies par l'électricité*. Annales de chimie et de physique, 1830, pag. 91.

(3) Heidenhain, *Archiv f. physiol. Heilkunde*, 1857, pag. 442.

(4) Pflüger, *Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus*, pag. 453.

Ma il merito principale di Pflüger, che con ragione si può ritenere come il creatore di questa parte della Elettrofisiologia, non sta tanto nell' avere gettato basi abbastanza solide alla sperimentazione, stabilendo tre gradi di intensità, ognuno dei quali ha però limiti assai variabili; ma piuttosto nell' avere saputo interpretare giustamente altri fenomeni di Elettrofisiologia già noti, e fondere questi con altri fenomeni da lui contemporaneamente scoperti, in un tutto dal quale la spiegazione delle leggi delle contrazioni risultò chiara e soddisfacente.

Tra questi fenomeni di Elettrofisiologia che hanno uno stretto nesso colle leggi delle scosse, devono ricordarsi le così dette « modificazioni » ed i fenomeni elettrotonici. Anche di questi due fenomeni accennerò brevissimamente e per sommi capi quel tanto che è necessario, per far vedere come Pflüger se ne sia valso per spiegare le leggi delle scosse.

Prima ancora che Du Bois Reymond introducesse nella scienza la parola Elettrotono, per indicare quel cambiamento di stato che si effettua nel nervo per il fatto che esso è percorso da una corrente continua, Ritter vide che la direzione della corrente influiva sull' eccitabilità del nervo.

Nobili (1) fu il primo ad osservare che quando un preparato di rana, specialmente di rana robusta e grossa, cadeva spontaneamente in tetano, per una causa a lui ignota, il tetano persisteva sotto l' azione di una certa corrente, e spariva sotto l' azione della corrente contraria.

Era dunque scoperta per opera di Nobili, un' azione che direi statica della corrente continua, in dipendenza dalla sua direzione, diversa da quelle già note a quei tempi, cioè quelle azioni che avvengono nell' atto della chiusura e della apertura; e diversa eziandio negli effetti poichè tranquillizzava un preparato che prima era in tetano.

Disgraziatamente questa scoperta rimase, per così dire, allo stato embrionale, e Nobili, non proseguendo nelle indagini, non seppe dedurne alcuna legge, ma fece soltanto rimarcare che l' azione continua delle correnti elettriche in un determinato senso poteva essere inibitrice del tetano.

Gradatamente questa scoperta, per opera di Matteucci, Valentin ed Eckhard fu suffragata di nuovi fatti, ed infine completata per opera di Pflüger.

Le classiche esperienze di Pflüger hanno portato a formulare la legge: L' eccitabilità del nervo è aumentata nel territorio del catode, cioè ad ambo i lati dell' elettrodo negativo, e questo stato di aumentata eccitabilità si dice *catelettrotono*; l' eccitabilità del nervo è diminuita nel territorio dell' anode, cioè ad ambo i lati del polo positivo, e questo stato di diminuita eccitabilità si dice *anelettrotono*.

E se vuolsi applicare questa legge al caso speciale dei nervi motori, cioè ad un preparato di muscolo e di nervo, si ha, che uno stimolo qualunque

(1) L. Nobili, loc. cit.

portato nel tratto *miopolare* del nervo, darà l'effetto contrattile massimo se la corrente è discendente, l'effetto minimo se la corrente è ascendente. Restava così per opera di Pflüger conquistata definitivamente alla scienza e bene specificata l'azione statica della corrente continua già intravveduta da Nobili.

Ma la corrente polarizzante non determina solamente variazioni di eccitabilità durante il suo passaggio nel nervo, ma esercita ancora delle influenze successivamente al passaggio, cioè dopo l'apertura del circuito.

Era già noto ai primi Elettrofisiologi che la corrente elettrica lasciava consecutivamente al suo passaggio attraverso un nervo, delle alterazioni che spariscono gradatamente, distinte da essi con il nome di *modificazioni*; ed il tetano di Ritter e le alternative di Volta di cui è inutile qui l'intrattenersi, sono appunto esempi di queste azioni postume della corrente polarizzante.

Pflüger determinando lo stato di eccitabilità dei singoli punti del nervo dopo l'apertura del circuito, desunto da ciò che ne consegue agli stimoli, dettò le leggi di queste modificazioni.

Chiamando la modificazione positiva o negativa, a seconda che rimane, a circuito aperto, l'eccitabilità nervosa aumentata o diminuita, si ha che l'anelettrotono lascia dietro di sé una modificazione positiva che sparisce poco a poco; all'incontro il catelettrotono lascia una modificazione negativa, di breve durata, alla quale segue una modificazione positiva che dura un po' più.

Queste due serie di fenomeni, l'aumento e la diminuzione di eccitabilità, rispettivamente nei territori del catode e dell'anode, a circuito chiuso, e le modificazioni, dopo aperto il circuito, servirono a Pflüger per spiegare la legge delle scosse nel modo seguente:

La corrente elettrica non genera un'eccitazione uguale in tutto il tratto percorso, ma determina delle variazioni polari che si manifestano in parte come fenomeni eccitanti, in parte come fenomeni antagonisticamente inibitori.

Per quanto riguarda le variazioni polari capaci di generare eccitamento, questo si ha collo stabilirsi dello stato di aumentata eccitabilità; e siccome lo stabilirsi del catelettrotono genera questo stato di aumentata eccitabilità, e lo sparire dell'anelettrotono genera pure questo stato di aumentata eccitabilità (modificazione positiva), così si ha che la corrente eccita il nervo essenzialmente ad un elettrodo, cioè colla chiusura al catode, coll'apertura all'anode.

Per quanto riguarda le variazioni polari capaci di produrre dei fenomeni antagonisticamente all'eccitamento, cioè inibitori, si ammette che ci sia una diminuzione di eccitabilità e del potere conduttore del nervo, colla chiusura all'anode, dopo l'apertura al catode. E siccome la produzione di queste azioni inibitrici non procede di pari passo col prodursi delle azioni eccitanti, perchè

per queste già deboli correnti sono sufficienti, mentre le prime si manifestano solo a partire da correnti di una certa intensità, così diremo, senz'altro, per queste ultime correnti, che, durante la chiusura l'anode non conduce, subito dopo l'apertura il catode non conduce.

Con queste premesse la spiegazione delle leggi di Pflüger diventa ovvia.

Le correnti medie danno sempre scosse perchè l'inibizione all'anode che avviene nella chiusura ascendente (CA) non è tale con queste correnti, da ostacolare il progredire dell'eccitamento, sino al muscolo, che proviene dal catode. E viceversa, l'inibizione al catode che avviene nella apertura discendente (AD) non è tale da ostacolare il progredire dell'eccitamento sino al muscolo, che in questo caso proviene dall'anode.

Le correnti forti non danno scossa alla CA ed alla AD per il predominio delle variazioni polari capaci di inibire l'eccitamento, più sopra ricordato.

Infine per le correnti deboli, per le quali non esiste l'azione inibitrice dell'anode alla chiusura, e del catode all'apertura, per ispiegare perchè non si abbia contrazione alla AD e alla apertura ascendente (AA), Pflüger ammette che l'eccitamento di chiusura sia più forte che quello di apertura, onde si hanno soltanto le scosse nei due momenti di chiusura, dell'ascendente e della discendente.

Molto spesso è accaduto ed accade tuttora di osservare delle deviazioni a queste leggi delle scosse, formulate da Pflüger, sia che si esperimenti nel preparato staccato di muscolo e di nervo della rana, sia che si esperimenti sui nervi non staccati dall'organismo intatto.

Queste eccezioni sono dovute a condizioni intrinseche del nervo, cioè a variazioni di eccitabilità di esso, quando si tratta del preparato staccato di muscolo e di nervo, ed a cause fisiche che discuterò in seguito, quando si tratta dei nervi integri, in situ.

L'eccitabilità dei nervi di fresco recisi non è uguale in tutti i punti del nervo stesso.

La superficie di sezione del nervo, di recente tagliato, esercita un'influenza nel senso che nelle sue vicinanze l'eccitabilità è aumentata. Onde si spiega se in certi casi, con corrente debole discendente, essendo sufficientemente lungo il tratto intrapolare, si ha oltre le contrazioni di CD e di CA, anche quella AD, perchè in questo caso l'anode è situato vicino alla sezione o estremità centrale del nervo.

In altri casi, quando è iniziata la morte del nervo, si osservano con correnti deboli gli effetti delle correnti forti sul nervo fresco, perchè se la metà superiore del tratto intrapolare è già diventato ineccitabile, giusta la legge di Ritter-Valli, allora la debole e la media ascendente non danno più scosse di chiusura perchè il catode giace in un punto ineccitabile.

Finalmente quando si vollero verificare queste leggi sugli organismi viventi, ed in ispecial modo sull'uomo, la qual cosa poteva avere un interesse

pratico, gli Elettroterapisti osservarono dei fatti molto discordi tanto a proposito delle leggi delle scosse, quanto a proposito delle leggi di Pflüger sull'elettrotono; perchè mentre alcuni sperimentatori confermarono per queste ultime, i risultati di Pflüger, altri trovarono invece una diminuzione di eccitabilità al catode, ed un aumento di eccitabilità all'anode.

Siccome le leggi delle scosse sono fondate su quelle dell'elettrotono, così era necessario conoscere la causa delle contraddizioni osservate a proposito di queste ultime, per ispiegare le deviazioni alle leggi delle scosse.

Fu Helmholtz <sup>(1)</sup> che per spiegare perchè Erb <sup>(2)</sup> avesse trovato nel nervo del braccio l'eccitabilità aumentata nell'anelettrotono e diminuita nel catelettrotono suppose, basandosi sulle leggi della diffusione elettrica e sulla conducibilità relativa dei tessuti, che il nervo dovesse essere sottomesso, non lungi dall'elettrode, all'azione di un polo di segno opposto, cioè che vicino al catode reale si trovasse sul nervo un anode virtuale, e vicino all'anode reale un catode virtuale.

Infatti Erb facendo tesoro delle parole di Helmholtz, esplorò l'eccitabilità del nervo non nella zona peripolare, ma sotto l'elettrode stesso, e trovò in questo l'elettrotono dello stesso segno; e De Watteville <sup>(3)</sup>, con un altro metodo, cioè applicando un solo elettrode sul nervo e l'altro in un punto lontano del corpo, e mandando per il primo elettrode le 2 correnti, la polarizzatrice e la eccitatrice, confermò anche le leggi elettrotoniche nell'uomo vivente.

<sup>(1)</sup> Helmholtz, *Mündliche Mittheilung, Naturh. Medic. Verein.* Heidelberg, 1867.

<sup>(2)</sup> Erb, *Deutsch. Arch. f. klin. Med.* III, pag. 238.

<sup>(3)</sup> A. De Watteville. *Introduction à l'étude de l'electrotonus des nerfs moteurs et sensitifs chez l'homme.* Londres, 1883.

**Fisiologia.** — *Sulle leggi delle scosse muscolari. Nuove ricerche.* (1) Nota del dott. UBERTO DUTTO, presentata dal Socio LUCIANI.

Ho eseguito una serie di ricerche sulle leggi delle scosse, collo scopo di riprodurre sperimentalmente, nel preparato di muscolo e di nervo, le condizioni fisiche analoghe a quelle che si osservano per i nervi negli organismi viventi.

Ottenute queste condizioni, è chiaro che la dimostrazione sperimentale, nel preparato staccato di muscolo e di nervo, delle deviazioni dalle leggi delle scosse e dalle leggi elettrotoniche, riesce facile ed evidente.

A tale uopo mi servii della disposizione sperimentale seguente:

La corrente che proveniva da quattro grosse pile Grove in serie, passava per il commutatore di Pohl, per il reocordo di Du Bois Reymond, ed arrivava agli elettrodi di platino, sul sostegno di vetro di Du Bois Reymond.

Per scrivere le scosse ho preferito servirmi del miografo di Marey, sebbene mancante della camera umida, anzichè di quello di Pflüger, per la ragione che il preparato nel primo si monta molto più rapidamente, e si può sopra un cilindro girante prolungare per molto tempo la scrittura dei tracciati. Riesce poi del resto assai facile improvvisare una camera umida anche per il miografo di Marey, coprendo il preparato di muscolo e di nervo con una campana di vetro.

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisiologia della R. Università di Roma.

Ho osservato che se si mette sotto i larghi elettrodi di platino di Du Bois Reymond, o sotto elettrodi di filo di platino, tenuti alla distanza di 8 o 10 mm. tra di loro, una striscia di carta bibula, premuta dagli elettrodi sul piano di vetro, sinchè la carta è asciutta, si ha con correnti forti la conferma della terza legge di Pflüger, cioè scosse all'atto della CD e della AA; ma appena si bagna la carta, sia con liquidi indifferenti, come la soluzione fisiologica di ClNa 0,73 % o con soluzioni leggermente acide od anche con acqua distillata, si ha subito l'inversione del fenomeno, cioè la sparizione delle scosse di CD e di AA, e la comparsa delle scosse di CA e di AD, come si vede dalla grafica sottostante:

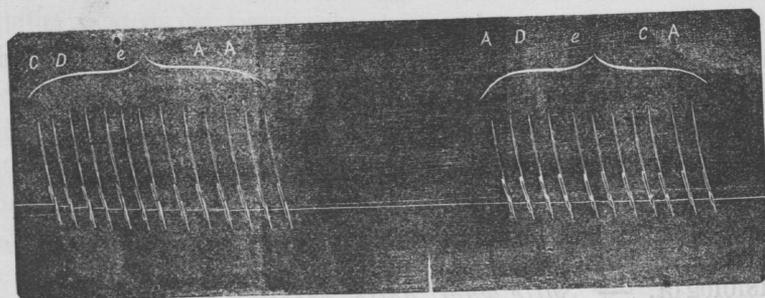


FIG. 1.

Adoperando correnti di media intensità, diminuendo cioè il numero delle pile ed intercalando delle resistenze nel circuito, si ha sempre la conferma della seconda legge di Pflüger, cioè scosse in tutti quattro i momenti, tanto quando la carta è asciutta, come quando è bagnata.

Con correnti debolissime si ha pure sempre la conferma della prima legge di Pflüger.

I risultati ottenuti nel primo caso, in cui si ha l'inversione della terza legge di Pflüger non sono assolutamente nuovi in Elettrofisiologia, perchè essi trovano riscontro nel primo grado della tavola di Ritter (1), e corrispondono, secondo il concetto Ritteriano, al più alto grado di eccitabilità del nervo.

Il concetto dei primi elettrofisiologi che la eccitabilità del nervo eserciti un'influenza sulle leggi delle scosse non è da ripudiarsi neanche oggi, e non è stato punto escluso da Pflüger il quale, quando disse che la legge delle scosse era funzione della direzione e della intensità della corrente, considerava il caso speciale che il nervo si trovasse sempre nel primo grado di eccitabilità. E le deviazioni osservate così spesso, nel preparato staccato di muscolo e di nervo, sono dovute, come già ho detto nella Nota (2), a condizioni intrinseche del nervo, cioè a variazioni di eccitabilità che avvengono nei diversi punti del nervo reciso.

(1) Du Bois Reymond, loc. cit., pag. 319.

(2) Vedi questi Rendiconti, pag. 81.

Ma per la natura delle correnti adoperate nel mio caso, ed anche perchè, come si vedrà in seguito, è possibile che ritornino le scosse normali, anche quando il nervo non cangia posizione rispetto agli elettrodi, la variazione di eccitabilità del nervo non basta a spiegare il fenomeno della inversione della legge di Pflüger.

Non si può pensare che il fenomeno da me osservato sia prodotto dall'elettrolisi del liquido col quale si bagna la carta ed il nervo, perchè non si ha l'inversione se si mette semplicemente, nel tratto intrapolare, ed in contatto cogli elettrodi e col nervo, del liquido, in modo che questo investa il nervo, sebbene in tal caso si abbia l'elettrolisi del liquido. Nemmeno si può pensare che la carta eserciti una qualche necessaria influenza come setto poroso, perchè si osserva lo stesso fenomeno se invece della carta si mette un altro setto non poroso, come una laminetta di mica od un vetrino coprioggetti.

Per dimostrare che la carta bagnata od un altro setto non poroso, come la mica, esercita un'influenza sulla produzione di questo fenomeno della inversione della legge delle scosse, ho eseguito i seguenti esperimenti:

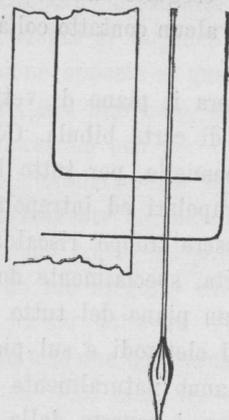


FIG. 2.

Gli elettrodi premono sul piano di vetro, per circa due terzi della loro larghezza, una striscia di carta bibula bagnata. Quando il nervo tocca la porzione di elettrodi libera, si hanno le due scosse normali; se si trasporta il nervo parallelamente a sè stesso, nell'altra porzione di elettrodi, sulla carta bagnata, si ha subito sparizione delle prime e comparsa delle scosse di AD e CA.

Se sotto gli elettrodi e sotto il nervo di un preparato nel cui tratto intrapolare ci sia del liquido, si fa scivolare una laminetta di mica, senza che il nervo cangi di posizione sugli elettrodi, spariscono le scosse normali e compajono le anormali. Levando pian piano la mica senza spostare il nervo, ricompajono le scosse di CD e AA.

Ritornando allo esperimento colla carta bagnata, per decidere se, per avere l'inversione del fenomeno era indispensabile che il nervo toccasse la carta bagnata, oppure bastava la dispersione della corrente nel conduttore umido, la quale decisione è di capitale importanza per la spiegazione del fenomeno, ho eseguito i seguenti esperimenti:

Sotto gli elettrodi ho messo il solito foglio di carta bibula; sopra la carta ho messo tre laminette di mica, due rispettivamente nei tratti extrapolari e la terza laminetta, larga quanto lo spazio intrapolare, tra i due elettrodi. È chiaro che in questo caso il nervo, adagiato sulle superfici di mica, non tocca in alcun punto la carta, ma questa invece è soltanto in contatto cogli elettrodi.

Colla carta asciutta si ha la conferma della legge per le correnti forti; se si bagna la carta in un punto lontano dagli elettrodi, lasciando che essa si imbeva per capillarità, si osserva, alcune volte, non la sparizione delle scosse anormali, ma solo un indebolimento di esse, mentre compajono più forti le scosse normali e la comparsa delle due scosse anormali, cioè le scosse di AD e di CA.

Lo stesso esperimento ho eseguito in modo anche più rigoroso per essere sicuro che il nervo non avesse alcun contatto colla carta sottostante, nel modo seguente:

Gli elettrodi premono sopra il piano di vetro del sostegno di Du Bois Reymond una doppia striscia di carta bibula. Copro la carta con uno strato di paraffina, portata con un pennello, per tutto lo spazio che sarà occupato dal nervo, cioè nei tratti extrapolari ed intrapolare.

La paraffina non deve essere troppo riscaldata affinché non si diffonda su tutte le superfici della carta, specialmente dove questa è premuta dagli elettrodi, onde non si abbia un piano del tutto isolante.

Il nervo è adagiato sugli elettrodi e sul piano di paraffina.

Colla carta asciutta si hanno naturalmente le due scosse normali; se si bagna la carta dove questa non è coperta dalla paraffina, e si lascia che per capillarità si diffonda per tutta la sua superficie, si osservano gli stessi fatti che si osservano colle tre laminette di mica, cioè alcune volte la comparsa delle quattro scosse, più forti quelle di AD e di CA; tal'altra volta si ha la sparizione delle scosse di CD e di AA e la comparsa delle inverse.

Dallo studio di queste serie di esperienze, si vede come due siano le cause che si devono invocare per spiegare i fenomeni da me osservati.

Per spiegare l'inversione generalmente osservata quando il nervo è adagiato sulla carta bagnata, si deve invocare la stessa causa per cui, la conferma delle leggi delle scosse manca, il più delle volte, sperimentando sui nervi intatti, degli animali viventi.

In questo caso noi abbiamo non il nervo isolato ma immerso nei tessuti e nei liquidi organici circostanti, ossia dobbiamo immaginarci, dal punto di

vista che ci occupa, un cilindro immerso in un mezzo miglior conduttore. Se in due punti del nervo noi portiamo il catode C e l'anode A, è chiaro che la corrente non passerà esclusivamente per il nervo da A a C.

Le linee di corrente si distribuiranno secondo una legge assai complessa in tutto il sistema conduttore composto di cilindro, o nervo, e mezzo. Ma intanto è chiaro che il nervo in vicinanza degli elettrodi verrà percorso in due direzioni opposte partendo le linee di corrente p. e. anche dalla parte di A opposta a C per andare a raggiungere C dopo di essere passate per il mezzo ambiente; e può essere che la densità di corrente da una parte e dall'altra sia ben poco diversa.

Ci saranno dei punti del nervo, vicini al tratto AC dove la corrente passa, rifrangendosi, da un mezzo all'altro, le cui polarità, per ciò che riguarda il comportamento dal punto di vista dell'eccitamento, saranno interamente opposte a quelle degli elettrodi vicini con cui noi portiamo realmente la corrente.

Perciò non si può mai, come dice Hermann (1) parlare « con certezza della direzione della corrente in un nervo, quando questo è ancora in continuità centrale e periferica col corpo, o soltanto in legame conduttore galvanico, perchè in questo caso la corrente si ramifica in modo da percorrere i due tratti extrapolari con direzione opposta a quella intrapolare ».

Effettivamente adunque, nel mio caso, ammettendo per la carta bibula bagnata una resistenza minore che non per il nervo, è ancora per il predominio e per lo stabilirsi del catelettrotono nel tratto miopolare che si ha la scossa alla chiusura della corrente ascendente; ed è per il predominio e per lo sparire dell'anelettrotono nel tratto miopolare che si ha la scossa di AD.

Un altro esperimento da me eseguito illustra queste spiegazioni.

Se sotto gli elettrodi, un po' sollevati dal piano di vetro, si mette una lamina di stagnola, in modo tale che non tocchi gli elettrodi, e sugli elettrodi (tenuti alla solita distanza di 8-10 mm. fra di loro) e sulla lamina di stagnola si adagia il nervo del preparato in modo che esso tocchi la stagnola in due punti, nel tratto miopolare e nel tratto centropolare, si ha subito l'inversione del fenomeno.

È chiaro che in questo caso, mettendo in contatto col nervo una sostanza buonissima conduttrice, ho esagerato le condizioni che si avevano nel primo caso, colla sola carta bibula bagnata, ed anche le condizioni che si possono avere negli organismi viventi, nei quali, i tessuti circostanti al nervo, per quanto siano conduttori, non possono mai condurre così bene come la stagnola. In questo caso la più gran parte della corrente passa per la stagnola con una direzione opposta a quella che percorrerebbe nel tratto intrapolare se non ci fosse la stagnola. Ma quando si solleva l'estremità centrale del nervo, ada-

(1) Hermann, *Handbuch der Physiologie*, II Band, pag. 62.

giandola sopra un piccolo cubo di paraffina, allora la corrente passa necessariamente per il nervo colla sua direzione normale ed allora non si ha l'inversione del fenomeno, ma le scosse di CD e di AA.

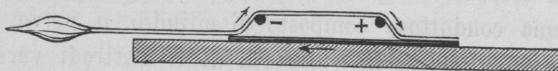


FIG. 3.

È probabile, per una ragione che facilmente si capisce, che, pure lasciando che il nervo del preparato tocchi in due punti la lamina di stagno, avvicinando di tanto i due elettrodi, da fare diminuire la distanza del tratto intrapolare, in modo che diventi minore della somma dei due tratti extrapolari fra elettrodi e punti di contatto con la stagno, si arrivi in un dato momento a non avere più l'inversione del fenomeno.

Concludendo dirò adunque che le condizioni sperimentali che si ottengono mettendo il nervo sugli elettrodi in contatto colla carta bibula bagnata, rappresentano un *quid simile* delle condizioni che si hanno nei nervi intatti, tra i tessuti; onde si spiega l'identità delle deviazioni alle leggi delle contrazioni osservate in entrambi questi casi.

Per l'altra serie di esperienze, colle quali, bagnando la carta, coll'interposizione delle laminette di mica o dello strato di paraffina, si hanno le quattro contrazioni, si deve ammettere che in questi casi la corrente raggiunga quel grado medio di intensità, col quale si hanno, per le ragioni accennate nella prima parte di questo lavoro, le quattro scosse.

Più difficile è la spiegazione di quelle altre serie di esperienze, nelle quali, colla interposizione delle laminette di mica o dello strato di paraffina, si osservò la inversione del fenomeno.

In questi casi, specialmente sperimentando colla paraffina, qualsiasi contatto del nervo colla carta sottostante è da escludersi; il nervo giace sopra un piano omogeneo del tutto isolante, onde si deve ripudiare l'ipotesi della ramificazione della corrente.

Si deve dunque ammettere che per una corrente di una determinata intensità, si abbia in certi casi, una deroga da tutte tre le leggi di Pflüger, cioè soltanto le scosse di AD e CA?

« lecito supporre che in questi casi si abbia da fare con dei « gradi di eccitabilità del nervo » nel senso di Ritter? »

Per le ragioni più sopra esposte, a proposito dell'influenza che la superficie di sezione del nervo esercita sull'eccitabilità, si deve ammettere come probabile che il nervo, per i primi momenti almeno, sia soltanto eccitabile in queste regioni vicine al taglio, per questa determinata corrente, onde si hanno le scosse di CA e AD.

Queste ricerche sulle leggi delle scosse offrono anche il mezzo di dare una dimostrazione sperimentale, il che può interessare dal punto di vista didattico, della supposizione di Helmholtz, ricordata nella prima parte di questo lavoro, a proposito delle deviazioni dalle leggi elettrotoniche, nei nervi del braccio, osservate da Erb.

Portando, sul nervo adagiato sulla carta bibula bagnata, con colpi di corrente indotta, un eccitamento nel tratto miopolare, quando in questo si applica l'anode, si hanno scosse maggiori che applicandovi il catode, come si vede nella fig. 4.

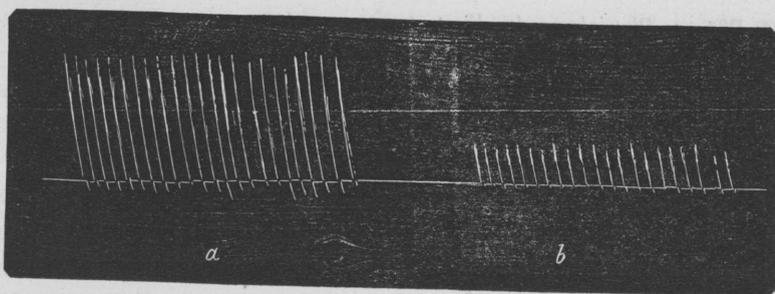


FIG. 4.

In *a* si sono ottenute le scosse eccitando con colpi di corrente indotta il tratto miopolare del nervo, essendo l'anode della corrente polarizzante situato vicino al muscolo. In *b* si sono ottenute le scosse, eccitando colla stessa corrente indotta, dopo avere rovesciato la corrente polarizzante, cioè essendo il catode di questa, situato vicino al muscolo.

Si può, spostando convenientemente il rocchetto secondario della slitta, arrivare a non avere più alcuna scossa, o solo assai deboli scosse di apertura della corrente indotta, quando nel tratto miopolare si applica il catode; mentre si hanno ancora forti le scosse di chiusura e di apertura della indotta, quando nel detto tratto si applica l'anode.

Esperimentando sempre nello stesso modo, colla carta bibula bagnata, ho osservato qualche volta quando nel tratto miopolare si poneva l'anode, succedere nel muscolo una serie di scosse cloniche regolari, che sparivano rovesciando la direzione della corrente, come si vede dalla fig. 5.

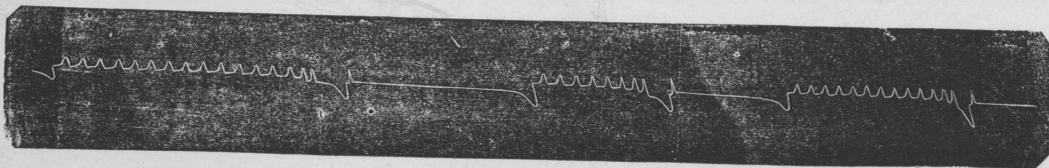


FIG. 5.

Si sono ottenuti i tratti di linea a denti quando la corrente era apparentemente ascendente, cioè l'anode situato vicino al muscolo; i tratti lisci, rovesciando la corrente.

A me sembra che questo fenomeno sia l'equivalente del tetano di chiusura, e che in esso non si è avuta la fusione delle scosse elementari perchè succedentisi con insufficiente frequenza.

Molto probabilmente si deve interpretare questo clono allo stesso modo che Pflüger (!) interpretò il tetano di chiusura; cioè che la corrente, nel nervo raggiunga per mezzo della carta bibula bagnata, quel determinato grado di intensità favorevole allo sviluppo del tetano o del clono di chiusura, e che questo si effettui soltanto nella apparente corrente ascendente, cioè quando virtualmente il catode si trova nel tratto miopolare, perchè come ha dimostrato Pflüger, il tetano di chiusura, si produce più facilmente quando la corrente è discendente.

(!) Pflüger, *Physiologie des Electrotonus*, pag. 448.

---



57283

