

DELLA CORRENTE PROPRIA DELLA RANA

SECONDA MEMORIA

Nel Capitolo VII. pag. 83 del mio citato libro dopo aver studiato ciò che Galvani, Humboldt, Valli e più recentemente Nobili avevano trovato sopra questo soggetto, ho aggiunto tutte le ricerche da me fatte sul medesimo dalle quali vengono date le leggi di questo fenomeno. Paragonando fra loro la corrente muscolare e la corrente propria si trova che l'influenza delle diverse circostanze si esercita egualmente sulle due correnti. Così, secondo la temperatura del mezzo in cui le rane vivono, tanto la corrente muscolare quanto la propria variano nello stesso senso. L'idrogeno solforato diminuisce egualmente i segni della corrente propria e quelli della muscolare. Altrettanto diremo ancora degl'effetti prodotti sulla corrente propria dal grado diverso di attività della respirazione e della circolazione sanguigna. Io non sto qui a riferire tutti i numeri ottenuti nelle esperienze che ho recentemente tentate sulla corrente propria della rana. Dirò solo, che per ognuna delle esperienze fatte sulle pile muscolari e già riferite in questa Memoria, ho sempre tenuto dietro con un'esperienza fatta sulla corrente propria, componendo la pila colle gambe rimastemi nel preparare le rane per la corrente muscolare. Dopo un così gran numero di fatti non esito a ripetere ciò che dicevo nel mio libro pag. 127: « paragonando fra loro le « circostanze che influiscono sulla corrente muscolare e sulla « propria, si può dire che esse si rassomigliano interamente, « e che ciò che aumenta o indebolisce l'intensità di una di « queste correnti, produce sull'altra lo stesso effetto ». Mi rimanevano però a rischiarare due punti sopra questo soggetto.

Le circostanze che influiscono sopra queste due correnti operano esse in egual grado sopra ambidue? o più chiaramente, quella circostanza che diminuisce tanto la corrente muscolare, quanto la propria della rana, agisce proporzionalmente in questa diminuzione?

Avevo trovato nelle mie prime esperienze che paragonando due pile, una di mezze coscie di rana, l'altra di rane intere o di mezze rane, ondè avere la corrente propria, i segni dati da questa seconda pila persistevano più lungamente di quelli ottenuti dalla pila muscolare.

Ho dovuto perciò rivedere quelle mie prime esperienze onde assicurarmi della realtà di questa differenza, che sarebbe la sola fra la corrente muscolare e la propria.

Studiando di nuovo l'influenza delle diverse circostanze (temperatura, respirazione, circolazione sanguigna, idrogene solforato) sulla corrente propria di confronto alla corrente muscolare, sono giunto alla conclusione seguente: la diminuzione che per l'abbassamento di temperatura, per il difetto di respirazione, e di circolazione, per l'idrogene solforato, avviene nell'intensità e nella durata della corrente propria, è notabilmente più grande di quella che avviene nell'intensità, nella durata della corrente muscolare. Così a numero eguale d'elementi ho visto costantemente una corrente propria assai più debole della corrente muscolare, operando sopra rane asfissiate, uccise coll'idrogene solforato, o nella stagione fredda. Questa differenza va sempre diminuendo in ragione della robustezza e della vivacità delle rane, e sino al punto che nella primavera e nell'estate, usando rane robuste, i segni d'intensità e la durata della corrente propria uguagliano e sorpassano anche qualche volta quelli della corrente muscolare.

Ho voluto studiare di nuovo la corrente propria sopra pile composte o di sole gambe, o di mezze rane, o di rane intere (fig. 5, 7, 8). In generale, come ho già trovato nelle mie prime esperienze, queste tre pile danno una corrente propria di cui l'intensità è sensibilmente la stessa. Questo risultato sem-

bra sulle prime assai singolare se si riflette alla diversa resistenza interna delle tre pile, ammettendo che nella sola gamba risieda l'elemento elettro-motore della corrente propria. Le esperienze che riferirò alla fine di questa memoria spiegano assai chiaramente questo fatto.

Paragonando però le tre pile suddette, fatte con rane assoggettate alle cagioni d'indebolimento, ho trovato sempre una differenza nei segni della corrente propria a vantaggio della pila delle sole gambe.

Ricorderò ancora un'altra esperienza descritta alla pag. 116 del mio libro, fatta con una pila (fig. 6) di mezze rane a cui è tolta la mezza coscia superiore. Sono in questa pila in opposizione la corrente propria e la corrente muscolare, per cui la corrente che s'ottiene è debolissima e qualche volta nulla. Ho osservato però costantemente che se le rane adoperate in questa esperienza erano molto robuste e nelle condizioni che abbian visto favorire la corrente propria, i segni della corrente data da questa pila, sempre debolissimi, erano in favore della corrente propria; mentre invece allorchè le rane erano prese nelle condizioni sfavorevoli alla corrente propria, la debole corrente data da questa pila era in favore della corrente muscolare.

Da tutto l'insieme di questi fatti mi trovo nuovamente costretto a concludere come in seguito delle mie prime esperienze, che la corrente muscolare e la corrente propria, sono in generale soggette alle stesse leggi e che ambedue queste correnti variano nello stesso senso sotto le stesse circostanze.

Ma perchè mai la corrente propria appartiene esclusivamente alla rana? Ecco la dimanda che da molto tempo mi fo e alla quale spero alla fine di aver data una risposta abbastanza soddisfacente.

Avevo visto più volte, operando assai rapidamente sopra conigli, sopra piccioni, sopra polli, che si giungeva spesso ad avere i segni delle contrazioni proprie, e che quindi si ripeteva sugli animali a sangue caldo la celebre esperienza del Galvani.

Tolte le coscie a questi animali, scoperto il nervo e ripiegato sulla gamba, si veggono frequentemente le contrazioni. Queste si ottengono anche più costantemente componendo pile con tali coscie, facendo toccare il nervo sulla gamba. Tutte le volte però che ho tentato di compor pile con tali coscie, ho sempre ottenuto i segni della corrente muscolare, per cui le contrazioni potevano attribuirsi a questa corrente.

Notiamo però che nel compor queste pile è impossibile di non mettere in circolo la parte interna del muscolo, per cui si rifà sempre una pila analoga a quella delle mezze rane tagliate alla metà della coscia (fig. 6). Osservando i punti della gamba della rana che convien toccare onde meglio riescire nella contrazione propria, si è osservato sin da Galvani che sono quelli della superficie del tendine funicolare con cui il muscolo gemello o gastronemio s' inserisce sul calcagno.

In una mia esperienza descritta pag. 105 avevo tentato di togliere la superficie tendinosa ai muscoli delle gambe: componendo poscia la pila colle rane così preparate avevo la corrente come prima diretta cioè dai piedi alla testa nell' animale. Non provava però già questa esperienza che la corrente propria esistesse indipendentemente dalla superficie tendinosa del muscolo: difatti togliendo il tendine venivo a scuoprire il muscolo ed a preparare così una pila muscolare in cui la corrente ascende diretta dall' interno all' esterno del muscolo e quindi nella stessa direzione della corrente propria.

Ecco le esperienze che mi hanno condotto a generalizzare il fatto della corrente propria della rana. Non è difficile di preparare il muscolo gemello o gastronemio della rana, lasciandogli un certo tratto del tendine funicolare o tendine d' Achille, che va ad inserirsi sul calcagno e facendo alla parte superiore il meno di guasto possibile al muscolo. Ho preparato un gran numero di questi elementi e gli ho disposti in pila come si vede nella (fig. 9.) di maniera che l' estremità tendinosa venisse in contatto del ventre del muscolo. Ho ottenuto da questa pila i segni di una corrente diretta nel muscolo dal tendine

al muscolo, cioè la direzione stessa della corrente propria. Confrontando fra loro pile di un egual numero di elementi di sole gambe o di soli muscoli gastronomici, l'intensità della corrente è stata sensibilmente la stessa.

Eguale non è difficile di preparare sulla rana il muscolo retto anteriore della coscia, lasciandogli l'estremità tendinosa che s' inserisce sulla rotula e scuoprendo il meno di superficie interna muscolare dalla parte superiore. Ho così potuto formare una pila con tanti muscoli retti anteriori della coscia disponendoli sempre in maniera che l'estremità tendinosa posasse sulla superficie del muscolo il più lontano possibile dall' interno del muscolo stesso. Una pila così formata mi ha dato segni costanti e distintissimi di una corrente diretta nel muscolo dal tendine al muscolo. Quanto all'intensità, devo dire che ho sempre ottenuto segni più deboli da una pila di retti anteriori della coscia di quello che da una pila o di mezze gambe o di gastronomici. Ed è molto naturale che la cagione di questa differenza sia dovuta al circolare che fa sempre una porzione di corrente muscolare in direzione contraria all'altra. E in verità per poco che si cambi la disposizione degli elementi di queste pile in modo che il tendine di uno degli elementi posi vicino o in contatto all'interno del muscolo (fig. 10), i segni di ogni corrente divengono debolissimi o cessano affatto.

Ho pur preparato sulle rane un certo numero di cubitali anteriori o muscoli dell'avambraccio, i quali hanno pure nella loro estremità verso il carpo un nastro tendinoso assai ben distinto. Una pila fatta con questi muscoli, disponendo al solito il tendine sulla superficie muscolare dell'elemento prossimo, mostra segni costanti e distintissimi di una corrente diretta dal tendine al muscolo nel muscolo. Ecco intanto sulla rana generalizzato il fatto della corrente propria: nei muscoli di questo animale la corrente è diretta dal tendine alla superficie del muscolo.

Mi rimaneva ad estendere questo fatto sopra i muscoli degli animali a sangue caldo e l'esperienza non ha mancato

di corrispondere in una maniera da non lasciare alcuna esitazione.

Ho adoperato in queste esperienze polli, piccioni, conigli e cani. È necessario di agire sopra questi animali con grandissima rapidità, perchè, come per la corrente muscolare, i segni della corrente che ora studiamo, si estinguono assai prontamente. Non meno di 6 ad 8 elementi sono necessari per aver segni di questa corrente che non lascino alcuna esitazione. In tutti questi animali le estremità muscolari rivolte verso il piede hanno il loro tendine assai più distinto e raccolto che dalla estremità superiore opposta. Avrei voluto sulle prime separare i diversi muscoli, come lo avevo fatto sui muscoli delle rane, ma il processo riesce assai più difficile coi muscoli di questi animali, ottenendosi sempre una grande lacerazione del muscolo. Per meglio riescire dopo aver tolti gl' integumenti, taglio la coscia più vicino possibile all'articolazione ileo-femorale, e nei piccioni si riesce facilmente a far la disarticolazione collo strappamento. Si asciugua bene la superficie di questi elementi e si forma la pila (Fig. 11) disponendoli in maniera che l'estremità inferiore della gamba dove i tendini si riuniscono, posi sulla superficie delle masse muscolari della gamba. In questa maniera i muscoli della coscia non hanno alcuna parte nel circuito. Con una tale disposizione da 8 elementi ottenuti operando sopra conigli o sopra piccioni, si hanno i segni di una corrente che è di 12° a 15° a 20° nel mio galvanometro diretta nella pila dalle estremità tendinose alle superfici muscolari. Basta di fare intervenire le coscie in questa pila (Fig. 12), di metter cioè l'interno del muscolo in contatto dell'estremità tendinose perchè si rovesci il segno della corrente, avendosi allora la corrente muscolare. Ciò che prova come è necessario per avere i segni della corrente diretta dal tendine al muscolo di non comprendere nel circuito alcuna porzione dell'interno del muscolo.

Concludiamo dunque che « toccando una massa muscolare di un animale vivo o recentemente ucciso con un arco conduttore omogeneo di cui una delle estremità è in contatto col tendine del muscolo, l'altra colla superficie del muscolo stesso, si ottengono i segni di una corrente elettrica che circola nella massa muscolare, dirigendosi dal tendine alla superficie esterna del muscolo. »

Comprende questo fatto quello della corrente propria della rana.

Non dimentichiamo che dall'insieme di tutte le nostre ricerche è provato che la corrente propria e la muscolare sono soggette alle stesse leggi ed hanno così, con ogni probabilità, una sorgente comune. Io invoco qui di nuovo lo studio degli Anatomici sulla struttura dei muscoli e sulla relazione che esiste fra le fibre muscolari, il tendine e la membrana o sarcolemma che inveloppa il muscolo.

Se io ho ben compreso i classici lavori del Sig. Dott. Bowman, ne verrebbe che le estremità delle fibre elementari muscolari sarebbero immediatamente *connesse* e *continue* colla fibra tendinosa; mentre il sarcolemma che veste il muscolo cesserebbe bruscamente dove comincia il tendine. Non posso astenermi in seguito di questa disposizione dall'emettere sull'origine della corrente propria una ipotesi che ridurrebbe ad un solo principio tutte le nostre cognizioni di elettricità animale. S'ammetta che la fibra tendinosa per la sua struttura, per i suoi rapporti colla fibra muscolare, per la sua conducibilità, rappresenti la parte interna del muscolo e che il sarcolemma invece sia distinto sotto questo aspetto dalla fibra muscolare: il caso della corrente propria o della corrente dal tendine alla superficie muscolare diventerà il caso il più semplice il più generale della corrente muscolare. Non dimentichiamo mai le analogie dell'elemento elettromotore muscolare coll'elemento voltiano: lo zinco è rappresentato dai dischi della fibra muscolare; il liquido acido dal sangue; il platino dal sarcolemma. Con qualunque corpo conduttore

si faccia comunicare lo zinco col platino, la corrente è sempre ugualmente diretta. Se dall'anatomia è ben provato che le estremità tendinose si continuano colle estremità delle fibre muscolari, e che il sarcolemma, che involupa il solo muscolo e non il tendine, non si continua, non si fonde colla fibra muscolare, l'analogia fra l'elemento muscolare e il voltiano sarà perfetto.

Le azioni chimiche della nutrizione svolgono elettricità.

Pisa 20 Aprile 1845.