# NUOVE RICERCHE

SUL

# FUSO NEURO-MUSCOLARE

PEL

Dott. L. T. CIPOLLONE

BIBLIOTECA MEDICA ROMA

Roma — Tip. Fratelli Pallotta.

ISTITUTO DI ANATOMIA PATOLOGICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI ROMA

(Prof. E. MARCHIAFAVA)

# NUOVE RICERCHE SUL FUSO NEURO-MUSCOLARE

PEL

**Dott. L. T. CIPOLLONE**

Medico di Prima Classe nella Regia Marina
Libero docente di Anatomia Patologica.

*(tavola 8)*

SOMMARIO: Ricerche precedenti e discussione sulle « terminazioni a forma di piastra (*Ruffini*) » del fuso neuro-muscolare. — Nuove indagini sulle medesime. — Descrizione del fuso neuro-muscolare nel gatto. — Ricerche di *Sherrington* e discussione. — « Prova di *Stenson* » e risultati. — Deduzioni fisiologiche: *a*) funzione del fuso neuro-muscolare in rapporto con quella dell' « organo di *Golgi* »; *b*) dottrina dei riflessi tendineo-muscolari. — Deduzioni patologiche: tabe dorsale.

In un recente studio sulle terminazioni nervose nei muscoli striati (1) mi sono anche occupato del fascetto di fibre muscolari e nervose di Weissmann-Köl-liker, ossia del fuso neuro-muscolare, ch'ebbi opportunità di studiare in diversi animali e nell'uomo. Procurai allora di rendermi esatto conto delle ricerche già fatte da altri autori, ma queste non sono poche, ed alcune molto importanti mi erano rimaste ignote. Tra queste sono le ulteriori ricerche di Ruffini e quelle molto interessanti di Sherrington, precedenti alle mie, oltre ad una nota di Langhans sul fuso neuro-muscolare, comparsa quasi contemporaneamente alla mia. Dalla disamina di queste pubblicazioni apparirà chiara la necessità di tornare sull'importante argomento, al quale posso ora portare io stesso nuovo contributo.

Nelle mie precedenti ricerche ritenni che fosse chiaramente dimostrata la struttura quasi uniforme del fuso neuro-muscolare in ciascuna specie animale, e la grande analogia tra quelli delle diverse specie, fino alla quasi perfetta rassomiglianza di quelli che si trovano negli animali superiori e nell'uomo. Si tratta sempre d'una o più fibre muscolari striate, diverse per alcuni caratteri dalle co-

(1) L. T. CIPOLLONE. *Ricerche sull' anatomia normale e patologica delle terminazioni nervose nei muscoli striati.* Supplemento agli Annali di Medicina Navale; anno III, agosto 1897. Un volume in 4° di 282 p., con 5 tavole litografiche e una figura nel testo. Edit. Rosenberg e Sellier. Torino, via Bogino, 3.

muni fibre muscolari, e circondate da particolare guaina connettivale. Con queste fibre muscolari stanno sempre in rapporto due specie di fibre nervose midollate:

*a*) fibre midollate grosse, che si possono assai spesso per lungo tratto distinguere da tutte le altre, e sono circondate da una doppia guaina di Henle; queste fibre terminano, senza eccezione, nel tratto mediano del fuso, con espansioni terminali del cilindrasse molto differenti da quelle che costituiscono le terminazioni motrici;

*b*) fibre midollate sottili, le quali negli animali superiori entrano generalmente nella guaina connettivale assieme con quelle grosse, laddove negli animali inferiori (rane, lucertole) si trovano da esse ben distinte; ma nell'uno e nell'altro caso esse forniscono alle fibre muscolari del fuso terminazioni, le quali, tranne qualche varietà nelle lucertole, hanno tutti i caratteri delle comuni terminazioni motrici.

Che le fibre nervose della prima specie sieno fibre di senso e quelle della seconda sieno invece fibre di moto, è certamente l'interpretazione che sta d'accordo con tutte le osservazioni allora fatte, e dalla discussione io venni appunto a questa interpretazione. Ma per dimostrarla esatta era necessaria una prova sperimentale, ch'io ignoravo fosse già stata fatta in parte da Sherrington, come si vedrà in seguito. Ad ogni modo la via da me seguita per ottenere questa prova, se non alla perfetta soluzione del problema, condusse pure a qualche nuova ed utile nozione. Infatti, dopo il taglio del n. facciale al forame stilo-mastoideo nel coniglio, ho ricercato nei muscoli della faccia da esso innervati il fuso neuro-muscolare, per vedere quali delle due specie di fibre nervose fossero degenerate, e nella ricerca mi sono invece accertato che in quei muscoli non esistono fusi neuro-muscolari. Inoltre dopo il taglio delle due branche del trigemino posteriormente al ganglio di Gasser, ho fatta analoga e minuziosa ricerca nei muscoli della masticazione; e quantunque non riuscissi a dare la cercata dimostrazione, perchè conseguentemente al taglio eran rimaste offese molte cellule del ganglio di Gasser, che nel coniglio non sono tutte raccolte in un rigonfiamento individualizzato, pure neanche questa prova riuscì del tutto infruttuosa. Con l'estesissima ricerca microscopica che seguì l'operazione ho potuto dire con la massima approssimazione quanti fusi neuro-muscolari fossero in alcuni muscoli; ed ho inoltre notato che, sebbene anche le grosse fibre midollate del fuso si presentassero quasi generalmente alterate, pure nella maggior parte di queste la degenerazione walleriana era molto meno progredita, che nelle sue fibre midollate sottili e in tutte quelle altre che nel campo microscopico si vedevano terminate da placche motrici. Quest'ultimo fatto mi fece acquistare la convinzione che realmente sulle fibre muscolari del fuso vengono a terminare fibre nervose di senso e fibre nervose di moto, e che, ove la prova sperimentale fosse ripetuta in più favorevoli condizioni, la dimostrazione del fatto non poteva mancare.

Venute più tardi a mia conoscenza le ulteriori ricerche di Ruffini e quelle

di Serrington, ho voluto vedere se contenessero fatti che dispensassero da ogni altra investigazione.

Ruffini, che nelle sue prime ricerche (1892), aveva descritte le terminazioni nervose *a nastri anulo-spirali* ed *a fiorami* sulle fibre muscolari del fuso e si era poco occupato delle altre (1), in una successiva comunicazione fatta all'Accademia Medico-fisica di Firenze il 24 febbraio 1896 e riassunta dall'A. stesso in una nota (2) sul Monitore Zoologico Italiano, ha distinto nel detto fuso tre qualità di determinazioni nervose: *a)* terminazioni primarie, che sono quelle *a nastri anulo-spinali; b)* terminazioni secondarie, che sono le sue note *terminazioni a fiorami; c)* terminazioni *a forma di piastra,* ch'egli ha trovato in numero di 20 e più in un solo fascetto di Weissmann, « poste a variabili distanze, parte verso la regione prossimale, parte verso quella distale del fuso ». Ha però notato che quelle *a fiorami* possono mancare (e pertanto egli le ha chiamate *secondarie*), ma sono costanti in tutti i fusi neuro-muscolari quelle della prima e della terza specie.

Come si vede, con questa distinzione si trova abbastanza in accordo quella fatta da me nella precedente nota; la differenza è solo nel non aver io fatta una specie distinta delle così dette terminazioni *a fiorami,* che pure ho riscontrate e descritte. Nè trovo di dovermi correggere, perchè molto più importante d'ogni altra ritengo ancora la distinzione fra le terminazioni a spirale ed a forme varie, che derivano sempre da fibre midollare grosse e cingono le fibre muscolari nel rigonfiamento fusiforme, e le piccole terminazioni a placca, che derivano invece da fibre midollate sottili e sono nei tratti laterali del fascetto di Weissmann. Queste piccole terminazioni sono così somiglianti alle ordinarie placche motrici, che da Ruffini stesso hanno meritato il nome di *t. a forma di piastra;* ma nella sua nota l'A. non dice che si tratti realmente di placche motrici, che anzi egli, descrivendole minutamente, mette in rilievo i caratteri per i quali, secondo lui, si differenziano dalle suddette placche. Infatti l'A., dopo aver detto che nel gatto le ha riscontrate di grandezza variabilissima, ma generalmente più grandi delle placche motrici delle comuni fibre muscolari, così prosegue: « A differenza delle piastre motrici, l'espansione terminale di queste terminazioni risulta di corti ed estremamente sottili ramoscelli terminali, i quali formano come tante coroncine, per varicosità cilindrassiali rotondeggianti e tratterelli sottilissimi succedentisi a vicenda. Tali coroncine, che nell'interno della piastra si anastomizzano variamente fra loro, finiscono ad estremo libero con manifesto rigonfiamento tondeggiante verso la periferia della medesima ».

Mi par lecito supporre che per questi peculiari caratteri dell'espansione ter-

(1) Ruffini. Atti della R. Accademia dei Lincei, 1892.

(2) Ruffini. *Sulla fine anatomia dei fusi neuro-muscolari del gatto e sul loro significato zoologico.* Firenze Mon. Zool. Ital. Anno VII, fasc. 3, marzo 1896.

minale, l'A. non abbia creduto pronunziarsi sul significato di tali terminazioni nervose, e si potrebbe anche pensare ch'io fossi andato troppo avanti nell'interpretazione, assegnando loro il significato di vere e proprie terminazioni motrici.

Intanto, prima di venire alla prova decisiva del fatto, si può osservare che le differenze notate da Ruffini riguardano l'ampiezza della terminazione e la forma dell'espanzione terminale. Ora, avendo io fatto osservazioni abbastanza estese sulla struttura delle terminazioni motrici in diversi animali, mi sono convinto che l'ampiezza loro e la forma dei rami che costituiscono l'espansione terminale del cilindrasse possono variare moltissimo, e chi ha tentato di classificarle sotto tali punti di vista, come ha fatto Kühne, non ha potuto stabilire, in base a ciò, alcuna legge. Nelle mie precedenti ricerche un solo fatto parvemi si verificasse con una certa costanza, ed è che di due terminazioni motrici dello stesso animale, differenti fra loro per ampiezza, quella più ampia è fatta generalmente di rami terminali sottili, quella meno ampia e fatta invece di rami terminali molto grossi, sinuosi e con piccole appendici; quasi che vi sia nelle due terminazioni la stessa quantità di sostanza nervosa distribuita in rami d'ineguale volume (1).

Si può ancora osservare che le differenze notate da Ruffini possono impressionare, quando si tratti d'una sola specie animale; ma non è più così, quando l'osservazione cade sulle piccole terminazioni del fuso neuro-muscolare nei diversi animali. È noto infatti quanto sieno differenti fra loro la terminazione motrice della rana, che dal suo scovritore (Kühne) meritò il nome di *cespuglio*, quella della lucertola, che si può dire il prototipo delle terminazioni *a placca*, e quella del piccione, che differisce dall'una e dall'altra; orbene quando nei tratti laterali del fascetto di Weissmann-Kölliker noi troviamo, per ciascuna specie, delle terminazioni che ripetono i caratteri fondamentali della rispettiva terminazione motrice, *il fatto che più colpisce è precisamente questa analogìa*. Esistono certamente differenze di forma ed io le ho specialmente notate nella lucertola, ove sulle fibre

(1) Vi sono però terminazioni motrici di un'ampiezza eccezionale, nelle quali la sostanza nervosa è eccezionalmente abbondante. Ne ho riscontrate molto raramente nel coniglio e nel cane, con tutti i caratteri di vere placche motrici, cioè con una *sohle*, con nuclei fondamentali e con nuclei dell'arborizzazione; la loro grandezza, che supera più che del doppio quella delle comuni placche motrici, si può solo mettere in rapporto con l'eccezionale volume della fibra muscolare su cui s'impiantano. Ma due volte solo nel gatto ho riscontrata sulla fibra muscolare striata una terminazione stranamente vistosa, che per ampiezza supera otto e più volte le comuni placche motrici, e non ha tutti i caratteri della terminazione motrice. Come si può vedere dalla fig. III della Tav. 8 questa terminazione s'impianta realmente sopra una fibra muscolare striata e i caratteri eccezionali si rivelano fin dalla grossa fibra nervosa (*cx*, *cx'*) da cui origina. Questa è rivestita da una sottile guaina di Henle (*gH*, *gH'*) ma non mostra guaina midollare nè guaina di Schwann, nel breve tratto che ho potuto esaminare, senza poterne seguire l'origine. Nel suo interno si vedono brevi tratti longitudinali intensamente colorati, i quali sono specialmente numerosi e disposti con un certo ordine nella porzione di fibra che

muscolari in discussione ho riconosciuta la terminazione *a grappolo* di Tschiriew, detta anche *a pannocchia* da Bremer, (tipi di terminazioni motrici che furono altra volta discussi); ma a questo pleomorfismo, che, secondo le ricerche di Ruffini, si riscontra anche nel gatto, io non ho data molta importanza, perchè tra i tipi differenti si trovano anche tipi perfettamente simili alle ordinarie placche motrici, e perchè, anche nei tipi differenti, sono generalmente conservati i caratteri fondamentali, quali la presenza d'una sostanza granulosa e dei nuclei caratteristici. Questi caratteri anzi negli animali superiori, compreso il gatto che recentemente ho fatto oggetto di attente ricerche, si conservano costantemente e si mettono bene in evidenza dopo la necrosi per *axolisi* della placca motrice, perchè allora col metodo da me adottato, la *sohle* si mostra meglio tinta e i nuclei risaltano assai bene.

Riguardo infine alle anastomosi descritte da Ruffini nelle piccole terminazioni nervose del fuso, parmi sia opportuno ricordare che nelle mie precedenti ricerche (loc. cit.) ho pure notato, che le anastomosi, rarissime nell'ordinaria terminazione motrice degli animali inferiori, si riscontrano invece con una certa frequenza in quella degli animali superiori; esse pertanto non possono costituire un carattere differenziale nel gatto, ove pure nell'ordinaria terminazione motrice ho riscontrate reali anastomosi dei rami terminali.

Tuttavia devo dire che, malgrado la mia convinzione in proposito, il riserbo in cui s'è tenuto Ruffini, che, prima d'ogni altro, ha descritte tutte le specie di terminazioni nervose nel fuso neuro-muscolare del gatto, e le ricerche di Sherrington, il quale come vedremo, mette in dubbio l'esistenza di terminazioni motrici su queste speciali fibre muscolari, mi hanno indotto a riesaminare i miei preparati ed a fare nuove indagini.

Ma già l'esame de' miei preparati, anzi che farmi ricredere, mi ha dato occasione di rilevare un fatto molto importante che m'era prima sfuggito. In un preparato di fibre muscolari di *lacerta viridis*, trattate col metodo all'oro, ho no-

---

precede la terminazione (*c x*). Questa grossa fibra, nell'interno della placca, si divide in cinque grossi rami principali e questi in rami più sottili. In alcuni dei rami principali (*fcx*) si scorge, a fortissimo ingrandimento, una striatura fibrillare; fibrille isolate si vedono qua e là partire da questi rami e, dopo breve tratto, rigonfiarsi in un'espansione terminale di varia forma. Alcuni di questi esilissimi tratti (*fcx'*) sono diretti verso i nuclei della terminazione, attorno ai quali terminano con più rigonfiamenti di varia forma; altri, che non terminano attorno ai nuclei, sembrano invece ripiegati ad ansa (*fcx''*). La maggior parte dell'espansione terminale ha i caratteristici contorni ad ala di pipistrello, come nelle placche motrici, ma non v'è una sostanza granulosa o *sohle*, nè vi sono nuclei fondamentali. Avendo incontrati due soli esemplari, di cui uno solo ho potuto studiare, perchè l'altro andò perduto, nessuna congettura sono in grado di fare sul significato di questa terminazione, che potrebbe dirsi *mostruosa;* due cose però sono evidenti: ch'essa s'impianta sopra una fibra muscolare striata, e ch'è d'un'ampiezza veramente straordinaria.

tato che una fibra nervosa midollata, la quale dà la sua placca motrice a una grossa fibra muscolare, dà inoltre con un sottile prolungamento una piccola terminazione alla sottile fibra muscolare del fuso.

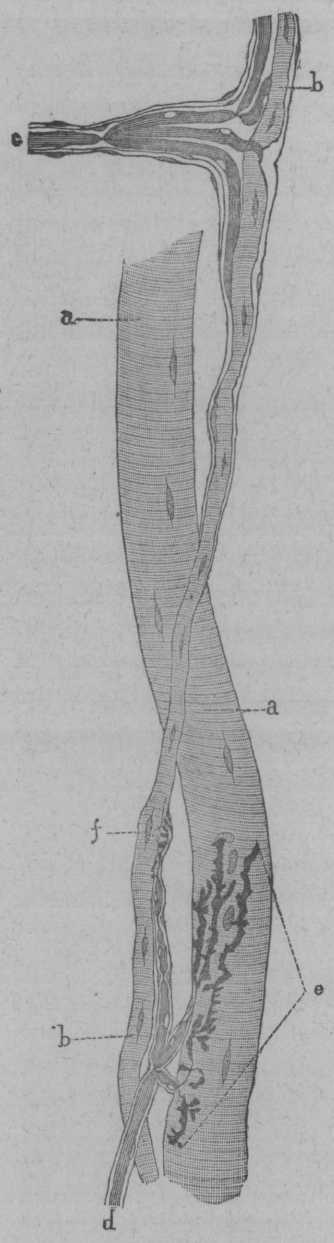



Fig. 1.

Dallo stesso preparato ho disegnata la figura che presento nel testo. Come chiaramente si vede, qui si tratta di due fibre muscolari ben distinte (*aa*, *bb*), di cui la più sottile (*bb*), con la sua guaina connettivale è quella del fuso neuro-muscolare. Con questa fibra sottile viene a mettersi in rapporto una potente fibra nervosa (*c*), che, con più rami, dà al rigonfiamento centrale la terminazione nervosa a spirale (non disegnata nella figura). Un' altra fibra nervosa (*d*), che pure si divide in più rami, termina con due di essi nella grossa fibra muscolare (*a*), cui fornisce una vistosa placca motrice (con nuclei caratteristici e con sostanza granulosa, la quale non è disegnata nella figura), e per un delicato prolungamento, costituito da segmenti midollati molto brevi, termina nella fibra muscolare del fuso con una piccola placca (*f*), i cui rametti terminali sono rigonfiati a clava.

Questa osservazione ha indubbiamente valore d' una dimostrazione riguardo al significato della piccola terminazione sulla fibra muscolare del fuso. Questa terminazione (*f*), non può essere che una placca motrice, perchè non è possibile che una stessa fibra nervosa (*d*), e quindi un unico cilindrasse dia una terminazione motrice e un' altra sensitiva (1).

D' altra parte, che ciascuna fibra muscolare del fuso sia provvista di terminazione nervosa motrice, è un fatto che si è inclinati ad ammettere *a priori*, perchè, non ostante i caratteri per cui queste fibre si distinguono dalle altre, esse non sono che fibre muscolari striate, e non si può pensare che possano essere prive della terminazione nervosa, che costituisce l'apparato motore di tutte le fibre muscolari. Quando si ottengono, con le cautele di tecnica da me seguite, preparati in cui le fibre muscolari si

(1) Il fatto che da una fibra nervosa ramificantesi alla periferia originino due o tre placche motrici che s' impiantino sopra fibre muscolari distinte, e che nel preparato il ramo prin-

possono seguire al microscopio in tutta la loro lunghezza, da tendine a tendine, come nei piccoli animali, o dal rafe mediano d' un muscolo fino all' aponevrosi di rivestimento, non s' incontrano su queste fibre del fuso altre terminazioni che quelle in discussione, le quali possano interpretarsi come terminazioni motrici. Talvolta sull' unica fibra muscolare, che costituisce da sola il fuso neuro-muscolare della lucertola, io non ho trovata che una sola terminazione *a pannocchia* di Bremer, come quella disegnata nella fig. IV della tav. V delle mie precedenti ricerche; e da questo fatto fui indotto a ritenere che anche la detta terminazione, differente per forma dalle comuni placche motrici, fosse l' apparato motore di quella fibra.

***

Un' altra osservazione da fare è la seguente. Negli animali inferiori la guaina, o capsula connettivale che riveste il rigonfiamento fusiforme, si esaurisce sul sarcolemma delle piccole fibre muscolari a varia distanza dal rigonfiamento, ma prima del tratto di fibra nel quale si trovano le piccole terminazioni motrici (v. la fig. 1 nel testo); queste dunque stanno fuori dalla capsula, e si possono chiamare *extracapsulari*. Negli animali superiori invece, le fibre nervose grosse e le sottili si mettono generalmente in rapporto con le fibre muscolari, entrando assieme nella capsula connettivale. In tale caso le terminazioni a placca, che provengono dalle sottili fibre nervose decorrenti con le fibre muscolari verso gli estremi del fuso, si possono invece dire *intracapsulari*. Ma come già notai nel piccione, così ho pure osservato nel coniglio ed anche nel gatto, che talvolta nel medesimo fascetto di Weissmann vi ha l' uno e l' altro comportamento; cioè che, oltre alle terminazioni a placca intracapsulari, se ne riscontrano, verso l' estremità del fuso, delle altre extracapsulari, che derivano da fibre nervose le quali raggiungono per altra via il fascetto muscolare. La fig. 2 ne presenta un chiaro esempio. Si tratta di un' estremità del fuso neuro-muscolare *(aa')* nel gatto (che nel preparato si

---

cipale si veda chiaramente continuarsi con rami secondarii e questi con le singole placche motrici, si osserva non tanto raramente e se ne trovano anche esempi nelle ricerche d' altri autori (Kühne, Miura etc.); ma più rara di molto è la disposizione da cui ho rilevata la figura nel testo. Talvolta m' è capitato di osservare nella lucertola le piccole placche motrici del fuso con un breve tratto di fibra nervosa spezzata, della quale invano ho cercata la provenienza; il fatto ora riscontrato fa supporre che in questi casi si trattasse d' un rametto collaterale di altra più grossa fibra motrice, il quale per la considerevole sottigliezza più facilmente si spezzasse. Tal' altra invece (ed è il caso più frequente), le sottilissime fibre delle placche motrici del fuso si possono seguire per tratti abbastanza lunghi, e si vedono costituire quasi un piccolo sistema di fibre midollate sottili, le cui origini si perdono in un fascetto nervoso di più fibre dell' ordinaria grandezza.

continua per lungo tratto verso *a'*, fin oltre il rigonfiamento fusiforme); da un fascetto di fibre nervose *(bb')*, che provvede di terminazioni motrici *(c, c', c'', d, d')* le fibre muscolari ordinarie, si spiccano delle fibre *(e)*, le quali forniscono una placca motrice a ciascuna fibra muscolare del fascetto. Queste fibre stanno ad un'estremità del fascetto; ma verso il tratto centrale *(a')* si osserva l'ultima *(g)* delle placchette intracapsulari le quali nel preparato sono, come d'ordinario, numerose.

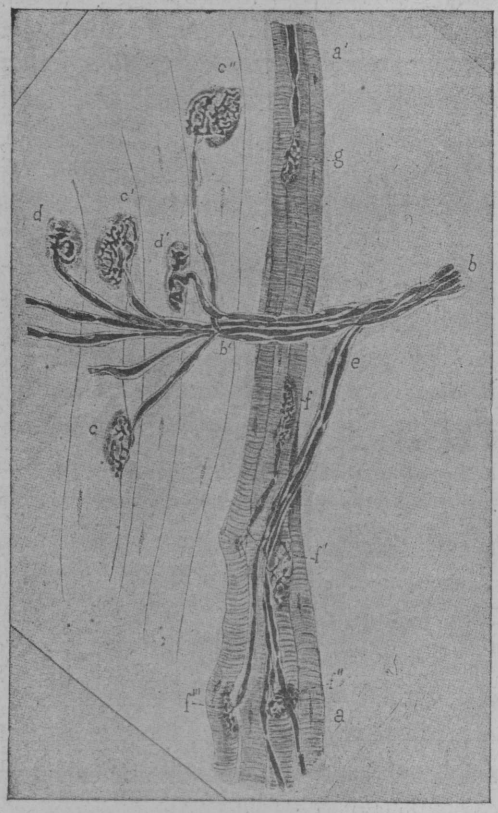



Fig. 2.

Ora se, quanto al significato di queste terminazioni a placca extracapsulari *(f f'....)*, si può facilmente convenire interpretandole come vere e proprie placche motrici del tutto analoghe alle comuni *(c c' ....)*, un dubbio potrebbe ancora risorgere riguardo al significato delle altre intracapsulari *(g)*, che originano dalle note fibre midollate sottili, le quali negli animali superiori raggiungono il fuso nel rigonfiamento fusiforme; questo dubbio può anzi acquistare un certo valore per le differenze notate da Ruffini. Ma contro tale dubbio sono qui valide le argomentazioni già fatte, sia per i caratteri fondamentali che queste terminazioni intracapsulari *a forma di piastra* hanno di vere placche motrici (presenza d'una sostanza granulosa e di nuclei caratteristici), sia perchè in molti esemplari di fusi neuro-muscolari non se ne riscontrano altre. Difatti in tutti gli animali superiori finora esaminati, essendomi tenuto nella ricerca lontano dai tendini, ho spesso riscontrato fusi neuro-muscolari interi, terminati a punta così ad un estremo che all'altro. Le fibre muscolari in questi esemplari non si mostrano interrotte o spezzate, ma molto assottigliate, con nuclei sarcolemmali ben evidenti; esse inoltre stanno in rapporto con poche fibre elastiche, che sembrano in continuazione della guaina lamellare. Seguendo al microscopio il decorso di tali fibre elastiche ho notato una volta nel gatto, che dopo un certo tratto appariva tra esse l'estremità assottigliata d'altra fibra muscolare, la quale era il principio d'un altro fuso neuro-muscolare, che pure si osservava intero nel preparato. Nessun dubbio adunque che in tali preparati io avessi sott'occhio il fascetto di Weissmann in tutta la sua lunghezza. Orbene su queste fibre muscolari, in tutta la loro estensione, non

si osservano, oltre alla vistosa terminazione del rigonfiamento fusiforme, che le suddette terminazioni a placca intracapsulari, ed è necessario interpretare queste per terminazioni motrici, se non si vuole ammettere l'esistenza di fibre muscolari striate prive dell'ordinario apparato motore.

Insomma, finchè si rimane alla pura analisi istologica, si trovano, per sostenere la natura motrice delle terminazioni *a forma di piastra,* argomenti ancora più validi di quelli sinora invocati per sostenere la natura sensitiva delle t. *a nastri anulo-spirali* ed a *fiorami* di Ruffini. Per le prime, oltre agli argomenti esposti abbiamo un'osservazione assolutamente dimostrativa nella lucertola; per le seconde non vi sono sinora che criteri di analogia con altre terminazioni nervose che, o sono dimostrate come terminazioni di senso, o come tali si ritengono (organi di Golgi, corpi fusiformi scoperti da Ruffini nel tessuto sottocutaneo, corpuscoli di Pacini) ed un'osservazione di Weiss e Dutil, pure ricordata nella mia precedente nota.

***

Questi AA., hanno osservato in prossimità delle espansioni tendinee, ove si trovano i corpi fusiformi di Golgi, dei fusi neuro-muscolari, che nel loro tratto centrale erano innervati da fibre midollate, decorrenti assieme con quelle che davano le terminazioni ai detti corpi fusiformi e perfettamente simili a quelle (1). E simile osservazione risulta ancora dalle ricerche di Cattaneo, che sin dal 1888 studiò i corpi fusiformi di Golgi in rapporto coi fusi neuro-muscolari; ma l'A. non s'intrattenne a discutere sul significato di questi ultimi (2). Ora approfittando di tali osservazioni, ho voluto tentare qualche indagine, per vedere se mi capitasse di osservare nello stesso preparato un organo di Golgi e la parte centrale d'un fuso neuro-muscolare, innervati da fibre midollate che originassero da un tronco comune. In tal caso, a provare la natura sensitiva delle terminazioni centrali del fuso, si sarebbe con la sola indagine istologica ottenuta una dimostrazione analoga a quella che tale indagine ha fornita nella lucertola, per provare la natura motrice delle terminazioni sui tratti laterali del fuso.

Pertanto ho prelevato nel coniglio pezzetti di muscoli del polpaccio, non più nel centro dei ventri muscolari, ma lungo le espansioni tendinee, ove si trovano gli organi di Golgi, senza abradere da queste espansioni le fibre muscolari. Col metodo all'oro ho così ottennto dei preparati, nei quali si possono osservare assieme le due specie di organi. Ho quindi notato che le grosse fibre midollate, che ad essi arrivano, si mostrano più facilmente isolate, perchè dislocate dalla *zona d'innervazione motrice* (v. precedenti ricerche), e si possono agevolmente

(1) *Arch. de physiologie,* 1896. Serie V. T. VIII, p. 368.
(2) *Arch. italiani di Biologia,* Vol. 10, 1888.

studiare per tratti a volte lunghissimi. Ho notato inoltre che ad un organo di Golgi arriva quasi sempre una sola fibra midollata grossa, la quale è pure provvista d'una spessa guaina dl Henle, in cui si possono a volta distinguere due strati, come in quella che riveste le fibre midollate grosse che vanno ai fusi. Anche per questo carattere, oltre che per la grossezza uguale, le due specie di fibre si possono dire perfettamente simili (1). Ma la cercata derivazione da un tronco comune non l'ho mai trovata; invece per tratti lunghissimi esse sono rivestite ciascuna dalla propria spessa guaina, e ciò fa pensare che probabilmente abbiano ciascuna un'origine propria. D'altra parte, se si considera quale vistosa terminazione queste fibre forniscono tanto all'organo di Golgi, quanto al fuso neuro-muscolare, apparirà similmente poco probabile che possano avere un'origine comune. Queste osservazioni m'indussero a desistere subito da tale indagine e mi convinsero sempre più che la prova sperimentale è la sola che può risolvere il problema.

***

Se non che questa prova, come innanzi ho accennato, è già stata fatta da Sherrington, e, siccome il risultato a cui è giunto l'A. è che realmente i fusi neuro-muscolari degli arti ricevono fibre nervose, che provengono dalle cellule de' ganglii spinali e sono quindi fibre di senso, così sembrebbero a prima giunta inutili e le indagini istologiche e le discussioni in proposito. Ma, come vedremo a suo luogo, le ricerche di Sherrington hanno portato a conclusioni molto differenti da quelle che io ho cercato di ottenere; trovo quindi necessario di riassumerle brevemente e discuterle; e tanto più mi accingo a farlo, in quanto che esse sono realmente molto importanti ed istruttive.

Per procedere con ordine e per la necessaria chiarezza dell'esposizione, credo fermarmi anzitutto ad alcune particolarità di struttura del fuso neuro-muscolare, che l'A. ha studiato nella scimmia e nel gatto, senza rilevare tra loro notevoli differenze. Non essendo riuscito all'A. di ottenere buoni risultati col metodo all'oro, egli ha studiato i fusi neuro-muscolari in tagli seriali trasversali e longitudinali, dopo indurimento e inclusione dei muscoli; quantunque dalla descrizione apparisca ch'egli abbia studiato anche in preparati ottenuti per dissociazione. Ora avendo anch'io fatte recenti ricerche nel gatto col metodo all'oro, metterò in rap-

(1) V'ha per altro una particolarità, per la quale le due specie di fibre possono a volte essere distinte a colpo d'occhio, e si è che la grossa fibra midollata del fuso racchiude frequentemente nella sua doppia guaina una o due fibre sottili, laddove quella dell'organo di Golgi decorre sempre unica nella sua guaina. Questo fatto si spiega dal perchè le fibre midollate grosse, per raggiungere i fusi che giacciono in prossimità dell'espansioni tendinee, si trovano dislocate dalla zona d'innervazione motrice insieme con le fibre midollate sottili, che pure vanno a questi organi e sono, per questo, riconoscibili anche quando si osservano in tronchi spezzati.

porto le cose notate da Sherrington con quelle notate da me in queste ultime e nelle precedenti ricerche. La fig. I della Tav. 8, rappresenta il tratto centrale di un fuso neuro-muscolare del gatto adulto, trattato col metodo all'oro a riduzione graduata, e disegnato dal preparato coi maggiori particolari di struttura che m'è stato possibite rappresentare; essa aiuterà a farsi un'idea di questa complicata struttura che, al vero, è anche più ricca di particolari.

***

Sherrington distingue nel fuso una *regione equatoriale*, che corrisponde al rigonfiamento fusiforme, e due regioni polari, cioè una *r. polare prossimale*, rispetto al centro del corpo, e una *r. polare distale*, che sarebbe quella più periferica. Ma con le molte esigenze del metodo all'oro è impossibile mantenere questi rapporti; tanto più che io mi sono per lo più tenuto nella ricerca lontano dai tendini, per mezzo dei quali sarebbe ancora possibile riconoscere la posizione dei fusi rispetto al corpo. Mi è quindi necessario mantenere la nomenclatura di già adottata, distinguendo nel fuso un tratto centrale, o rigonfiamento fusiforme, (regione equatoriale di Sherrington) e due tratti laterali. D'altra parte fra questi due tratti laterali non si scorgono col metodo all'oro differenze di struttura e l'osservazione di Sherrington, che sia la regione polare distale quella che ordinariamente termina col tendine, non esclude che il tendine possa anche trovarsi all'estremo della regione polare prossimale, ove infatti fu anche notato dall'A. Del resto ambedue gli estremi si vedono terminare a punta, e nelle regioni, dove io ho quasi sempre prelevato le fibre muscolari, il tendine non apparisce nè all'uno nè all'altro estremo.

Sherrington ha fatto oggetto di particolare attenzione la capsula o guaina lamellare del fuso. Questa, com'è noto, è in diretta continuazione con la spessa guaina di Henle che accompagna sul fuso le fibre nervose midollate, e poi attenuandosi oltre il rigonfiamento fusiforme e spesso riducendosi ad un solo strato, si prolunga, in alcuni casi, fino sul tendine al quale aderisce. Ciò risulta dalle osservazioni di Golgi e di Sherrington stesso. In altri casi però, la guaina non raggiunge il tendine; infatti Sherrington ha talvolta osservato che il fascetto di fibre muscolari esce dal fuso prima di diventare tendinoso. Io pure ho notato che quando ad un'estremità del fascetto le fibre muscolari sono innervate da fibre motrici, che non sono quelle che provengono dal rigonfiamento fusiforme (come nella fig. 2 del testo), nessun vestigio di capsula si osserva in questo tratto provvisto di placche motrici, le quali perciò ho chiamate extra-caspulari. Come termina la capsula in questi casi? Nei fusi costituiti da una sola fibra muscolare (rana, lucertola) si osserva che l'unico strato a cui si riduce la capsula oltre il rigonfiamento fusiforme segna, nei preparati all'oro, una linea tenuissima la quale accostandosi gradatamente a quella segnata dal sarcolemma dell'unica fibra mu-

scolare, resta infine perfettamente confusa con quella, e nessun prolungamento di di guaina si scorge oltre sulla fibra muscolare. Si ha dunque l'impressione che la guaina si continui col sarcolemma e che il rigonfiamento fusiforme resti avvolto in una capsula chiusa, come in una capsula chiusa resta l'intero fascetto, quando la guaina si prolunga fino sul tendine. Negli animali superiori (gatto, scimmia), Sherringiton ha invece notato che quando la capsula non raggiunge l'estremità del fascetto, essa è « perfettamente continua col perimisio interno », il che lascerebbe suppore che in questi casi non si tratti più d'una capsula chiusa. Ulteriori indagini sono forse necessarie per risolvere questo punto, il quale del resto a me pare di secondaria importanza.

Nei fusi che non terminano con un tendine, ma che capitano interi nel preparato, io stesso ho osservato verso l'estremità del fascetto alcune fibre, che non si colorano nemmeno con le più forti riduzioni ed appariscono rifrangenti, a contorni netti e paralleli, con evidenti ramificazioni; insomma con tutti i caratteri delle fibre elastiche. Alcune volte queste fibre si prolungano per considerevole tratto verso il rigonfiamento fusiforme, divenendo più rare e poi scompaiono; poco oltre si vedono gli ultimi strati della capsula, ma nemmeno quì è possibile decidere se fra tali strati e le dette fibre ci sia perfetta continuità. Verso l'estremità del fascetto queste fibre costituiscono spesso un ciuffetto e qualche volta, come innanzi ho detto, oltre l'estremità delle fibre muscolari ho visto comparire tra le fibre elastiche l'estremità appuntita d'un altro fascetto, che ho potuto osservare per intero nello stesso preparato.

In tal caso non si può dire con certezza che i due fascetti giacciano fra le altre fibre muscolari disposti longitudinalmente l'uno dopo l'altro, riuniti dal tenue legame delle fibre elastiche, perchè nel fare i preparati le fibre muscotari si dissociano, ed allora è possibile anche che i due fascetti, prima giustaposti uno accanto all'altro, si dispongano poi in senso longitudinale; tuttavia questa particolare disposizione in senso longitudinale mi pare anche possibile. Comunque sia, la presenza di fibre elastische « anulari e spirali » fu notata da Sherrington nella spessa guaina di Henle che accompagna le grosse fibre midollate del fuso; la capsula lamellare, come sappiamo, è in diretta continuazione con quella guaina di Henle; ma le fibre elastiche, che non si osservano nella regione equatoriale, ricompariscono dunque verso gli estremi del fuso, e probalbilmente rappresentano il mezzo che tien fisse le fibre muscolari all'aponevrosi d'inserzione.

Tra la capsula lamellare e le fibre muscolari esiste, nel rigonfiamento fusiforme, uno spazio che in preparati all'oro si mostra con molta evidenza nella lucertola. Ora Sherrington è riuscito, negli animali da lui studiati, a iniettare questo spazio dai linfatici della gamba; egli ha così confermato l'osservazione di Golgi che, sin dal 1881, descrisse attorno a queste fibre uno spazio linfatico (1).

(1) Archivio per le Sc. Mediche. Vol. V.

Questo spazio, secondo Sherrington, è limitato esternamente dagli strati sovrapposti della capsula, internamente da uno strato più o meno perfetto di connettivo che riveste immediatamente le fibre muscolari; esso nei preparati induriti mostra precipitati proteici e leucociti, mai emazie, ed è attraversato e parzialmente suddiviso in alcuni punti da sottili membrane e filamenti provvisti di sparsi nuclei, come quelli della capsula lamellare. Di questo spazio (periaxial lymph space) e dei sepimenti descritti dell' A. possiamo renderci esatto conto nei preparati all' oro (Tav. 8 fig. I); in questo però esso non apparisce unico, ma come spazi distinti (*spl*, *spl'* *spl''* *spl'''*) fra i differenti strati della capsula. Ora quando la sezione transversale capita in corrispondenza degli strati che intercedono fra due spazi, come in *sep*, allora questi strati appariscono come setti, nei quali si notano nuclei uguali a quelli della capsula.

Già nelle precedenti ricerche ho notato che, specialmente nella lucertola, dove questo spazio apparisce realmente unico, la sua considerevole ampiezza e il presentarsi le sue pareti non collabite, malgrado il trattamento delle fibre muscolari con differenti liquidi, fa pensare ch' esso sia riempito da una sostanza non facile all' esosmosi, e quindi non veramente liquida ma semisolida. Negli animali superiori, malgrado la maggiore ampiezza del rigonfiamento fusiforme, questi spazi si mostrano esigui e solo discernibili con buone lenti; tuttavia anche quì deve trattarsi d' una linfa abbastansa densa, perchè essa resta colorata in rosso vivo col metodo all' oro, e mostra precipitati proteici nei tagli dopo induramento dei muscoli.

Riguardo ai vasi sanguigni, Sherrington dice che uno di questi decorre usualmente alla superficie della capsula per un certo tratto, secondo la lunghezza del fuso; da' suoi lati partono capillari che assumono nella capsula decorso più o meno a spirale. Non avendo io nelle precedenti ricerche notato alcun rapporto costante di questi vasi col fuso, vi accennai appena; ma non posso ora esimermi dal riferire il notevole comportamento che talvolta assumono i vasi sanguigni rispetto al fuso. In un preparato ottenuto dal gatto (fig. I Tav. 8) si osserva che ad un' arteriola *(art)*, la quale raggiunge il fuso nel suo rigonfiamento, fa seguito un capillare, che penetra fra gli strati della capsula e descrive nel suo interno numerosi giri a forma enteroide, sempre circondato dalle lamelle capsulari, riconoscibili ai caratteristici nuclei, e poi fuoriesce dal fuso in un altro punto *(cap)*. Questo capillare costituisce dunque fra gli strati capsulari e quindi negli spazî linfatici del fuso un vero gomitolo. In nessun altro dei numerosi preparati ottenuti dal gatto, dal cane, dal coniglio e dalla cavia ho riscontrata una simile disposizione, e però devo considerarla come eccezionale.

Il fascetto di Weissmann-Kölliker è fatto, com' è noto, da fibre muscolari che per alcuni caratteri si distinguono dalle altre; tali caratteri sono la loro sottigliezza, talvolta estrema, la ben marcata striatura trasversale e la loro ricchezza in nuclei superficiali e *centrali a catena*. Descrizioni dettagliate e precise di que-

ste fibre si trovano quasi in tutti gli AA., che le studiarono, specie in quelli che sostennero l'interpretazione data da Weissmann, Kölliker etc.; di questo mi occupai nell'altra Nota, e sarebbe superfluo tornarvi sopra. Ma v'ha un carattere sul quale preferisco tornare e si è quello della divisione longitudinale di queste fibre, cioè della presenza d'una o più scissure in senso longitudinale in uno stesso fascetto primitivo. Questo fatto da alcuni fu direttamente osservato (Weissmann, Kölliker, Bremer), da altri ammesso come probabile (Felix), dai più non fu riscontrato. Io stesso l'ho cercato invano ed ho notato che: nei fusi fatti di una sola fibra muscolare, questa non mostra mai tale carattere; in quelli di molte fibre, non possono nei preparati all'oro essere distinte l'una dall'altra, che nei tratti laterali extra-capsulari, ove tali scissure non si riscontrano; quando invece risultano di 2-4 fibre muscolari, talvolta è possibile osservare chiaramente che queste son tante nella regione equatoriale, quante nei tratti laterali. Nelle recenti ricerche sul gatto una sola volta ho notato ad un'estremità extracapsulare del fascetto una delle fibre muscolari chiaramente ramificata, e i due rami eran quasi uguali per ampiezza al tronco comune.

Sherrington invece nella scimmia e nel gatto ha notato che queste fibre muscolari, nei tagli trasversali, sono generalmente meno ampie e più numerose nella regione equatoriale, di quello che sieno nei tratti limitrofi a questa regione; il che val quanto dire che queste fibre al principio del rigonfiamento fusiforme subiscono un assottigliamento, dovuto alla suddivisione d'una fibra muscolare in più fibre, e che oltre il rigonfiamento le fibre suddivise si riuniscono in tronchi comuni. E siccome l'A., dice che il fascetto ha origine dall'estremità prossimale della regione prossimale polare, forse per questo egli chiama fibra madre quella della regione prossimale e fibre figlie quelle della regione equatoriale, risultanti dalla divisione della prima, e il rapporto fra le une e le altre è presso a poco di 1 : 3.

Ammesso il fatto, se ne può trovare anche una ragione considerando il comportamento di queste fibre in altri animali. Nella lucertola e nel piccione, le fibre muscolari sono manifestamente più ampie nella regione equatoriale, ove presentano incavi e dentellature, ed è attorno ai tratti più ampii che si svolge la ricca terminazione delle grosse fibre midollate. In altri animali invece le fibre della regione equatoriale sono più sottili, ma più numerose che nelle regioni polari, e pertanto si aumenta anche qui la superficie di contatto con la ricchissima terminazione a spirale ed a forme varie delle grosse fibre midollate. Infatti l'inestricabile intreccio di queste espansioni terminali del cilindrasse nella regione equatoriale (fig. I Tav. 8) si può più agevolmente comprendere, se si ammette il considerevole aumento di numero delle fibre muscolari in questa regione. Si può dunque conchiudere che nella regione equatoriale le fibre muscolari o per aumento d'ampiezza e per anfrattuosità di contorni (rana, lucertola, piccione), o per una reale divisione in senso longitudinale (coniglio, gatto, cane, scimmia),

offrono ampia superficie di contatto alla ricca terminazione nervosa delle fibre sensitive del fuso.

E così il carattere della divisione di queste fibre per scissure in senso longitudinale, difficile molto a vedere, ma controllato bene da Sherrington, carattere che era sinora apparso molto più in favore dell'antica interpretazione del fuso neuro-muscolare, si concilia anche bene con la interpretazione moderna (1); ed è questo un carattere che, insieme a quello della ramificazione verso l'estremità del fascetto, va aggiunto agli altri, per i quali le fibre del fuso si differenziano dalle comuni fibre muscolari.

Si sa inoltre, per le ricerche di Ranvier, che le fibre del fascetto di Weissmann appartengono alla varietà rossa; Grutzner e Knoll han notato che sono ricche di protoplasma torbito, e Sherrington, trovandosi in questo d'accordo con Weissmann e Bremer, sostiene che alcune di esse sono prive di sorcolemma. Quest'ultimo carattere non apparisce nei preparati all'oro; ma certo nei tratti laterali del fuso, quando per eccessiva compressione del vetrino queste fibre restano scontinuate o rotte lateralmente, la sostanza contrattile si vede fuoriuscita da un tubo come nelle ordinarie fibre muscolari. Nel rigonfiamento fusiforme la espansione terminale del cilindrasse, che costituisce le terminazioni di qualsiasi forma, si comporta come quella delle placche motrici; cioè ciascun cilindrasse sottile, appena raggiunta la fibra muscolare subisce un ingrossamento. Dall'analisi istologica fatta nelle passate ricerche (l. c.) risultò essere questo il punto in cui la terminazione diventa ipolemmale; tale analogia fra le terminazioni motrici e quelle a spirale ed a forme varie costituisce un argomento in favore dell'esistenza d'un sarcolemma in queste fibre. Infine nel punto, ove queste fibre non presentano più striatura trasversale, esse appariscono come tubi contenenti un protoplasma non differenziato, e i loro contorni sono ben limitati (rana). Bisogna

---

(1) Si deve ad ogni modo riconoscere che i primi osservatori i quali, col difficilissimo esame a fresco e con altri metodi imperfetti, notarono in queste fibre delle scissure in senso longitudinale (oggi per altra via riscontrate), una grande quantità di nuclei e un aspetto di fibre embrionali, sono in certa guisa giustificati, se le interpretarono come fibre che andavano nuovamente formandosi; perchè essi non potevano, coi mezzi usati, aver chiara visione della ricca e caratteristica terminazione nervosa. Tuttavia l'osservazione di Weissmann, che distinse tra le fibre una più ricca di nuclei e la chiamò *fibra madre,* incontrò favore per molto tempo; ed è curioso oggi notare che Sherrington abbia chiamato invece *fibre figlie* appunto quelle più ricche di nuclei che stanno nella regione equatoriale, e *fibra madre* il tronco, non ancora diviso, da cui quelle provengono e che sta nella regione prossimale ed è assai meno ricco di nuclei. Sherrington fa inoltre notare che non si può trattare di fibre in aumento, perchè in quei nuclei egli non ha mai riscontrato processi di mitosi; ma l'argomento qui non è valido, perchè oggi si sa che, dal momento in cui le cellule formatrici embrionali cominciano a secernere la sostanza contrattile, cessa nei loro nuclei ogni processo di mitosi (Bizzozero. *Sull'accrescimento e rigenerazione dell'organismo.* Atti dell' XI Congr. Medico Internaz. Vol. I).

dunque conchiudere che nei preparati all'oro queste fibre appariscono provviste sempre di sarcolemma.

Quanto alle fibre nervose del fuso neuro-muscolare, fra gli AA. che ho potuto consultare, mi risulta che Bremer fu il primo a distinguerle in fibre midollate grosse e in f. m. sottili. Gli altri AA. non si sono guari fermati a tale distinzione e Sherrington stesso, al quale, come vedremo, son dovute così importanti ricerche sui nervi muscolari, mette in dubbio che fibre midollate sottili terminino nel fuso muscolare; Ruffini (nella nota da me consultata) dice soltanto che le tre specie di terminazioni motrici da lui descritte derivano da fibre nervose distinte. Ma la distinzione fatta da Bremer, che trovasi perfettamente confermata ne' miei preparati, mi parve importantissima sin dal principio, quantunque riguardo alla natura di queste fibre io sia venuto a una interpretazione perfettamente opposta a quella di Bremer (l. c.) Null'altro avrei ad aggiungere sul loro comportamento, che nel gatto è conforme a quello riscontrato nel coniglio, nella cavia, nel cane, ma qualche altra osservazione potrà ancora essere utile.

Anche nel gatto ho fatta la seguente osservazione. Allorché comprimendo fra due larghi vetri un considerevole fascio di fibre muscolari preparate all'oro, apparisce trasversalmente alla loro direzione un fascetto nervoso e la rispettiva zona d'innervazione motrice, se incontra di trovarci un fuso neuro-muscolare, si vede che questo ha la medesima direzione delle fibre muscolari. Le fibre nervose grosse e le sottili partono dal fascetto nervoso e raggiungono il fuso nel rigonfiamento fusiforme, ma generalmente un primo gruppo di fibre in un punto più vicino, l'altro in uno più lontano dalla zona d'innervazione motrice (1). Le fibre midollate grosse del secondo gruppo, giunte sul fuso, s'incurvano tutte o alcune soltanto ad angolo acuto, e decorrono allora per brevissimo tratto in direzione opposta alle fibre del primo gruppo, dando le terminazioni, che vengono sulle fibre muscolari a intrecciarsi con quelle del primo gruppo. Quando però il fuso che apparisce nel grande preparato, non è attraversato dal fascio nervoso, ma si trova discosto dalla zona d'innervazione motrice, allora tutte le fibre che lo innervano si dislocano dalla primitiva direzione e corrono, a volte, per considerevole tratto accollate al fascetto muscolare; ma anche in tal caso un gruppo di esse terminano prima, un altro più oltre sul rigonfiamento fusiforme e il comportamento delle terminazioni è lo stesso, com'è lo stesso nei fusi doppi. La fig. I della Tavola rappresenta appunto uno dei rigonfiamenti fusiformi d'un fuso doppio del gatto; in essa si osservano ben distinte le fibre del 1.° gruppo (A) da quelle del 2.° (B) ed alcune di queste ultime hanno un tratto ricorrente (r) rispetto alle prime; ma tutte le fibre midollate, in questo rigonfiamento fusiforme ch'era lontano dalla zona d'innervazione motrice, penetrano nella capsula da una sola direzione, (cioè dalla parte inferiore della figura). Altro fatto che pure

(1) V. le fig. VII e VIII della Tav. V. delle precedenti Ricerche.

si nota generalmente negli animali superiori, è che le fibre midollate grosse del primo gruppo dànno più facilmente le terminazioni a spirali, quelle del secondo gruppo, più facilmente le terminazioni dette *a fiorami* da Ruffini.

Per quanto si è detto più avanti, le terminazioni a spirale sono più vicine alla zona d'innervazione motrice, quelle a forme varie sono più lontane. Ora siccome nei larghi preparati si vede il fascio nervoso che attraversa le fibre muscolari esaurirsi a misura che loro cede le terminazioni nervose, e si può distinguere la parte più periferica da quella ch'è più verso il centro, così pare che le terminazioni prevalentemente a spirale sieno *prossimali* rispetto alle altre del fuso. Questo si conferma nei fusi che giacciono lontano dalla zona d'innervazione motrice: nella fig. I della Tavola, la regione donde entrano le grosse fibre midollate (A, B), sarebbe prossimale rispetto all'estremità opposta.

Quanto son venuto sinora esponendo riguardo al comportarsi delle fibre nervoso del fuso deve intendersi in senso generale. I due gruppi di fibre possono infatti derivare ciascuno da un tronco comune e i due mantenersi distinti per lungo tratto; ai fusi di piccole dimensioni può invece arrivare una sola fibra midollata grossa, che si suddivide in grossi tronchi in prossimità dell'organo, com'è, ad esempio, il caso dei fusi che giacciono presso alle espansioni tendinee, ove stanno i corpi fusiformi di Golgi (1); possono inoltre le terminazioni nervose nei piccoli esemplari non presentare le differenze che si notano in quelli di grandi dimensioni.

Oltre alla terminazione a spirale, Ruffini ne descrive sul gatto un'altra costituita da « una specie di bandeletta longitudinale dalla quale a distanze variabili si formano tanti anelli che prendono origine e terminano nella bandeletta medesima », e pertanto egli adottò per le due il nome di terminazioni *a nastri anulo-spirali*. Ne' miei preparati questa speciale struttura non l'ho riscontrata e, salvo il caso d'un breve tratto anostomotico fra due giri della stessa spirale, io non ho trovato altro che autorizzasse la denominazione di t. ad anella. Ma questi sono particolari di poca importanza.

Nei fusi di struttura molto complicata spicca spesso fra le altre una spirale (fig. I *elx*) a giri più ampi, fatta da un'espansione a nastro nel quale si osservano, quando la sostanza di cui risulta è molto attenuata, dei punti più intensamente colorati come corpi cromatici di forma bacillare. Oltre a questa, fra le terminazioni che per brevità dirò *prossimali* si scorgono altre spirali minori (fig. I, *elx'*), che spesso s'incrociano fra loro costituendo attorno alla stessa fibra muscolare delle spirali doppie. Entro le spirali si osservano bellissimi gruppi di nuclei, più affollati nel centro, meno verso le estremità spesso molto allungate (fig. I *nf*, *nf'*), ove i nuclei sono disposti in una sola fila. Le fibre midollate grosse del 2° gruppo dànno invece terminazioni d'altra forma; ma anche qui gli avvolgimenti a spirale di

(1) Nella fig. 9 e 10 del citato lavoro di Cattaneo si trovano appunto disegnati esemplari innervati da una sola fibra midollata.

due o più giri non sono infrequenti, salvo che generalmente queste piccole spirali non sono costituite da nastri larghi a bordi paralleli, ma sono espansioni più sottili che spesso hanno forma di foglioline. Vi sono inoltre espansioni costituite da sottilissimi filamenti, che riuniscono fra loro blocchi di sostanza nervosa (*neurococchi*), d'ampiezza relativamente enorme e di forma variabilissima; e questi si rendono via via più rari verso la porzione che dirò distale dal rigonfiamento fusiforme, e dànno alle fibre muscolari, che qui sono meno ricche di nuclei, quell'aspetto arabescato per cui Ruffini le chamò *t. a fiorami.*

Intorno al decorso delle fibre midollate sottili ed alla struttura e distribuzione delle terminazioni a placche, credo sia sufficiente quanto in principio fu esposto.

Quanto alla distribuzione dei fusi neuro-muscolari, Sherrington li ha trovati specialmente frequenti in vicinanza di alcune aponevrosi, come ad es. sotto la vasta aponevrosi della porzione carnosa distale del muscolo « vasto mediale interno », in vicinanza delle intersezioni tendinee e dei tendini; più numerosi nei musculi intrinseci plantari, che nei grandi muscoli degli arti. L'A. non ne ha trovati nei muscoli motori del globo oculare. Nella mia precedente nota ho dato con una certa riserva questo fatto da me pure notato; posso ora dire che la mia osservazione conferma pienamente quella precedente di Sherrington. Questi inoltre non ha rinvenuti fusi neuro-muscolari nei seguenti altri muscoli: muscoli intrinseci della lingua, mm. intrinseci del laringe, diaframma; come io non li ho rinvenuti nei muscoli mimici innervati dal n. facciale.

***

Ciò permesso veniamo alla parte più importante delle ricerche di Sherrington sui nervi muscolari. Queste cominciarono nel 1893 (1) e trassero origine da uno studio che fece l'A. sul fenomeno del ginocchio (knee-jerk). Le sue osservazioni, alle quali accennerò in seguito, erano molto in favore dell'esistenza di fibre sensitive nei muscoli scheletricî e precisamente nell'interno di quei muscoli ai quali appartengono quelle fibre motrici che producono il riflesso. Ma l'esistenza di queste fibre sensitive negata da alcuni (Tood, Schiff, Kühne), aveva tuttora, secondo l'A. una prova anatomica deficiente, che consisteva principalmente nella scoperta fatta da Golgi, di organi speciali nervosi (sensitivi) nei tendini e nella osservazione di Sachs, che, dopo la sezione delle radici motorie della coscia nella rana, potè trovare *due fibre nervose non degenerate* nel muscolo sartorio.

Pertanto Sherrington fu indotto a tentare un nuovo esame della questione. I

(1) Sherrington. *Note on the knee-jerk and the correlation of action of antagonistic muscles.* Procedings of the Royal Society. Vol. 52, Feb. 9, 1893.

Id. *Experimental note on the knee-jerk.* British Medical Journal. August, 1893.

suoi esperimenti furono fatti col metodo della degenerazione walleriana sopra i nervi degli arti posteriori della scimmia e del gatto. Egli ottenne la degenerazione completa e la scomparsa di tutte le fibre motrici, recidendo le radici anteriori dei nervi dell'arto; ma le fibre sensitive erano state poste in grado di rimanere intatte, col non portare offesa ai glanglii spinali corrispondenti. Dopo trascorse 3-8 settimane dall'osservazione, l'A. esaminò i tronchi nervosi muscolari e trovò in questi molte fibre nervose che rimanevano perfettamente non degenerate. Analoghi esperimenti istituì l'A. un anno dopo sui nervi muscolari dell'arto superiore e sopra alcuni nervi cranici (1). Tutti i risultati di queste ricerche si trovano esposti nel lavoro già innanzi citato (2) e comparso nel 1894, nel quale si contiene la descrizione del fuso neuro-muscolare, e ad essi sono di complemento altre ricerche recentissime comparse nell'aprile del 1897 (3). I risultati ottenuti dall'A. sono tutti interessanti, ma io mi studierò di riassumere quelli che hanno più stretta attinenza col soggetto di cui mi occupo.

In seguito al taglio di 6-7 radici anteriori consecutive e rispondenti ai nervi degli arti, lasciando integre le radici posteriori e i gangli spinali, l'A. trovò nei tronchi nervosi muscolari molte fibre nervose cho rimanevano perfettamente non degenerate (300 nel nervo del m. tibiale posteriore, altrettante nel nervo del capo esterno del m. gastrocemio), quantunque le radici motrici fossero state completamente desintegrate. Queste fibre debbono essere o simpatiche o sensitive. L'A. si accertò che non sono fibre simpatiche col taglio di tutto il tronco del n. sciatico, in seguito al quale trovò degenerate tutte le fibre midollate nei rispettivi tronchi nervosi muscolari; e ne conclusa che i nervi periferici delle membra non contengono fibre midollate derivanti dal simpatico, e che le fibre simpatiche decorrenti nei muscoli devono essere tra le fibre pallide che nei muscoli si osservano in gran numero. Adunque le fibre midollate, che nei tronchi nervosi muscolari restano inalterate dopo il taglio delle sole radici anteriori, sono in relazione con le radici sensitive o ganglionari e sono fibre di senso.

In un tronco nervoso muscolare da $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{4}$ delle fibre midollate provengono dalle cellule dei gangli dalle radici spinali. I nervi che contengono queste fibre inalterate non dànno all'eccitazione con forti correnti tetanizzanti alcuna risposta. Queste fibre (si noti bene) hanno un diametro che varia da 7 $\mu$ a 18 $\mu$.

Ora l'A. osservando il decorso di queste fibre nel tessuto muscolare, dopo il taglio delle radici anteriori, ha notato che la maggior parte delle più grandi terminano nei fusi neuro-muscolari; egli « non ha mai nè anche una sola volta

---

(1) SHERRINGTON. *On the anatomical constitution of the nerves of muscles.* Procedings of the Physiological Society; n. III. Oxford, 23 June 1894.

(2) ID. Journal of physiolog. Vol. XVII, n. 3 e 4.

(3) ID. *Further note on the sensory nerves of muscles.* Procedings of the Royal Society. Vol. 51.

mancato di trovare ogni fuso che s'incontrava nel muscolo ancora provvisto di fibre nervose midollate perfettamente sane ».

Con questa osservazione la natura sensitiva delle grosse fibre che vanno ai fusi neuro muscolari è certamente provata; ma, se io non mi sono ingannato nel ritenere che ai fusi neuro-muscolari vanno due specie di fibre, le sensitive e le motrici, la prova data da Sherrington non risolve interamente il problema. Egli avrebbe dovuto trovare nei fusi alcune fibre inalterate, altre, le motrici, perfettamente degenerate. Perchè queste altre egli non le ha riscontrate?

Dall'analisi istologica risulta che queste fibre sono per ampiezza considerevolmente più piccole rispetto alle altre; Sherrington ha trovato che le fibre non degenerate dopo la sua prova hanno un diametro che varia da 7 $\mu$ a 18 $\mu$; si dovrebbe dunque supporre che anche le piccole fibre del fuso vengano dalla radice posteriore e siano dunque fibre di senso; ma Sherrington stesso dice che « le fibre nervose sottili rimaste inalterate pare che non terminino nei fusi neuro-muscolari; alcune sembrano terminare dividendosi in fibrille libere ».

Un'altra ipotesi è possibile ed è che l'A., per la tecnica seguita, non potesse vedere nei fusi le sottili fibre motrici degenerate.

Egli infatti ha istituito l'esame microscopico non prima di 3-8 settimane dopo il taglio delle radici motorie, ed ha osservato il fuso neuro-muscolare, non già intero in tutta la sua estensione, ma semplicemente in tagli trasversali e longitudinali. Era necessario all'A. concedere sì lunghi periodi di tempo alla degenerazione walleriana, perchè egli studiava anche i tronchi nervosi muscolari, da' quali gli riusciva utile rimuovere tutte le fibre motrici; ma se nei tagli ottenuti da questi tronchi sarà facile discernere le fibre inalterate, non credo che nei tagli dei fusi neuro-muscolari potesse riuscire facile e forse nemmeno possibile, riconoscere le piccole fibre degenerate. So per propria esperienza col metodo all'oro, che la degenerazione walleriana di queste sottili fibre, se non si colpisce al momento opportuno 5°-7° giorno nel coniglio, si riconosce assai difficilmente. Già a 10 giorni dal suo inizio è difficilisstmo rendersi conto non solo del decorso ma anche della presenza di queste fibre degenerate, specialmente quando esse sono comprese nella guaina lamellare, che avvolge il fuso, e quindi prive della propria guaina di Henle; in tal caso, se non ci fosse nei preparati all'oro la guida delle terminazioni a placca, sarebbe assai malegevole il riconoscerle. Si aggiunga che nei tagli trasversali, quando la degenerazione è avanzata e la guaina midollare è in grandissima parte scomparsa, le piccole guaine di Schwann in parte collabite possono probabilmente confondersi coi setti e filamenti, dai quali Sherrington ha visto attraversato lo spazio linfatico periassiale e, gli scarsi relitti di mielina, coi precipitati proteici che, secondo l'A., si trovano normalmente nel detto spazio, quando i muscoli vengono induriti. È pure da rammentare che l'A. sperimentava con gatti e scimmie, che sono animali ad attivo ricambio, nei quali i fenomeni progressivi della degenerazione walleriana procedono rapidamente. Per

tutte queste ragioni si può pensare che in molti de' suoi preparati, scomparse le traccie di alcune fibre nervose (le motrici), egli non avrà potuto osservare che le fibre nervose inalterate (le sensitive) e non avere della presenza delle prime alcun sospetto.

Tale ipotesi è tanto più verosimile, poichè l'A. come molti altri, non ha distinte nel fuso neuro-muscolare le fibre midollate grosse dalle sottili nè, al tempo ch'egli fece le suddette ricerche, conosceva le terminazioni a *forma di piastra* di Ruffini; infatti, per riguardo alle terminazioni nervose, egli si riferisce nella descrizione a quanto Ruffini aveva mostrato prima dell'ultima sua nota, che più avanti ho riassunta.

***

Malgrado i risultati ottenuti, Sherrington non s'è avventurato a negare l'esistenza di terminazioni motrici sulle fibre muscolari del fascetto in una forma o in un'altra (in some form or other), chè anzi le ha ricercate. Non essendogli però riuscito di dimostrarle direttamente col metodo all'oro, dal quale non ha avuto buoni risultati, egli ha cercato di ottenere in altra maniera una risposta al nuovo quesito che s'era proposto: « è il muscolo intrafusale come gli altri muscoli connesso direttamente col nervo motore? »

A tal uopo egli fece il seguente esperimento. Tagliò il n. sciatico ad un gatto di sotto al muscolo gluteo, e ripiegò il moncone centrale per impedire la rigenerazione del nervo. Dopo 150 giorni esaminò le fibre dei muscoli paralizzati. Se le fibre muscolari del fuso fossero provviste, come le altre, di terminazioni motrici, esse dovrebbero andare incontro a fatale degenerazione, dopo reciso il nervo motore. Ma nell'esame l'A. trovò che le fibre muscolari del fuso non erano ovviamente alterate; esse misuravano 8-25 $\mu$ di diametro trasversale, erano bene striate e fibrillate e non degenerate in grasso; di guisa che apparivano le più robuste fra le altre, ch'erano tutte alterate.

Da ciò l'A. conchiuse che « la relazione che si ha tra le fibre muscolari ordinarie e il nervo motore non è valida per le fibre muscolari intrafusali ed i nervi motori; nè tiene il ganglio spinale pel muscolo intrafusale quel posto che occupano per le ordinarie fibre muscolari, le cellule del corno anteriore del midollo spinale. Le fibre muscolari intrafusali, per la loro nutrizione, sembrano indipendenti così dai nervi afferenti come dai nervi efferenti del muscolo ». Nelle sue più recenti ricerche (1897 l. c.) l'A. conferma il fatto riscontrato nel suddetto esperimento, ed aggiunge che non trovò una degenerazione molto pronunziata delle fibre intrafusali *per circa due anni* dopo la sezione del nervo (1).

(1) Di questa osservazione l'A. ha fatto tesoro per investigare se nei muscoli dell'occhio, nei quali non trovava gli ordinari fusi muscolari, ce ne fossero per caso costituiti da una sola fibra muscolare, la quale sfuggisce alle ricerche dirette. Ma non avendovi trovata alcuna fibra

La deduzione fisiologica che l'A. trae da questi fatti è la seguente: poichè sulle fibre muscolari del fuso non è dimostrata nè direttamente nè indirettamente l'esistenza di terminazioni motrici, lo stimolo al quale i fusi neuro-muscolari sono specialmente adatti, è di qualità meccanica.

Sembrò all'A. che per venire a questa deduzione si prestassero gli esperimenti da lui precedentemente istituiti sul fenomeno del ginocchio, ai quali ho innanzi accennato. Egli infatti aveva dimostrato che il riflesso del ginocchio è molto influenzato dagl'impulsi sensitivi dei muscoli flessori del ginocchio (hamstring muscles), che sono antagonisti dei muscoli estensori, dalla contrazione dei quali il fenomeno dipende. Così la sezione del nervo che va a quei muscoli flessori (ch'è una divisione del grande nervo sciatico) cagiona un'accresciuta vivacità del riflerso. D'altra parte l'eccitazione elettrica del moncone centrale del nervo reciso porta una diminuzione, un indebolimento del riflesso che costituisce il fenomeno del ginocchio (interfered with the jerk, restraining it); ma dopo che questo indebolimento è passato, il riflesso è per un certo tempo molto aumentato. Fu inoltre dimostrato dall'A. che, lasciando in connessione col suo tronco nervoso uno sòlo dei muscoli flessori del ginocchio, e liberandolo dal suo attacco tendineo inferiore, si potevano eccitare le fibre afferenti di questo muscolo (e influenzare quindi il fenomeno del ginocchio) con semplici stimoli meccanici (stiramento, compressione, *petrissage*). Ma il modo più efficace di eccitazione delle fibre afferenti di qnesti muscoli sembrò all'A. essere lo stiramento, ossia l'eccitazione miotatica (Gowers). Ora poichè l'A. ha dimostrato, che gran parte delle fibre afferenti dei muscoli terminano nei fusi neuro-muscolari, le cui fibre muscolari non sarebbero in relazione col nervo motore, parve a lui legittima la deduzione che questi organi di senso, innicchiati nel tessuto muscolare, ma specialmente frequenti nella vicinanza delle aponevrosi, delle intersezioni tendinee e dei tendini, sieno eccitabili per mezzo degli stimoli meccanici. Egli infatti così si esprime: il fuso neuro-muscolare, provvisto di speciali fibre nervose afferenti, aiuta con la sua struttura a concepire come la compressione e lo stiramento possano meccanicamente influire sopra le terminazioni dei nervi sensitivi connesse coi muscoli.

***

Prima di discutere la deduzione di Sherrington mi piace di riferire qui ciò che in proposito ha detto Langhans nella sua recente nota (1). Questo A. ammette che i fusi neuro-muscolari sieno organi sensitivi, eccitabili per la compressione

---

muscolare non degenerata dopo il taglio del n. oculomotore, potè sicuramente escludere da quei muscoli la presenza di fusi neuro-muscolari.

(1) LANGHANS. *Anatomische Beitrage zur kenntniss der Crétinen. Die Muskelpindeln.* Wirchow's Arch. 149, Bd. 1897.

che sulle terminazioni nervose del rigonfiamento fusiforme eserciterebbe la linfa contenuta nello spazio limitato dalla guaina lamellare, o capsula del fuso. Questa capsula nel cambiamento di forma del muscolo in contrazione, cambierebbe anch'essa di forma, divenendo ampollare, ed allora sopra le sue pareti esterne, le altre fibre muscolari e i setti aponevrotici eserciterebbero una pressione che, per mezzo della linfa, si propagherebbe alle terminazioni nervose che si avvolgono attorno alle fibre muscolari intrafusali, come stimolo puramente meccanico.

A spiegare il meccanismo di funzione del fuso neuro-muscolare, abbiamo dunque due teorie. Quella che dà Serrington, come deduzione fisiologica, sostiene che la sensazione si provoca per stimoli meccanici; e in suo favore starebbero le prove sperimentali sul fenomeno del ginocchio. Quella di Langhans tende a spiegare il meccanismo di funzione del fuso, durante la contrazione fisiologica del muscolo, ma non riuscirebbe a farci comprendere come le correnti centripete possano prodursi per mezzo dello stimolo meccanico del muscolo liberato dall'attacco tendineo, fatto già provato da Serrington; a meno che non si faccia un'altra ipotesi, che, cioè, l'addossarsi dalla capsula sulle fibre intrafusali durante la distensione del muscolo ecciti, comprimendole, le terminazioni nervose sensitive.

Ora la possibilità d'un'eccitazione meccanica di queste terminazioni potrà spiegare in parte il meccanismo col quale si producono alcuni fenomeni (i riflessi), e di questo mi occuperò in seguito; ma quanto all'eccitabilità fisiologica dei fusi neuro-muscolari, che può essere tutta un'altra cosa, noterò per ora che ambedue le suesposte teorie, le quali tendono a spiegarla, traggono origine dalla supposta assenza di terminazioni motrici sulle fibre muscolari del fascetto, e i dati su cui tale supposizione si fonda sono:

1) il non averle riscontrate con l'esame diretto, per imperfezione della tecnica;

2) il modo speciale di comportarsi di queste fibre muscolari, dopo il taglio del nervo.

Riguardo al primo punto, tutto ciò che ho esposto in principio ha provato con validissimi argomenti che queste fibre sono provviste anche più delle altre di caratteristiche terminazioni motrici.

Riguardo al secondo punto, a me pare che la ragione della grande lentezza con cui degenerano queste fibre (1), anatomicamente così differenti dalle altre, quando è distrutto il loro rapporto col n. motore, si possa cercare nel differente modo con cui esse funzionano, nelle loro qualità fisiologiche, che devono pur es-

(1) Questo fatto non fu notato nelle mie precedenti ricerche sulle alterazioni delle terminazioni motrici, in seguito a taglio di nervi. La differenza fra le altre fibre muscolari in degenerazione e quelle intrafusali, non degenerate, dovrà apparire evidente dopo un periodo di tempo abbastanza lungo dopo il taglio del nervo, e si dovrà riscontrare più presto in animali a sangue caldo, anzichè in quelli a lento ricambio. Riesaminando i preparati rimasti dalle esperienze fatte sui piccioni e sui conigli col taglio del nervo sciatico, non ho trovato differenze,

sere differenti. Infatti, ammesso che queste fibre si contraggano per mezzo delle loro terminazioni motrici nel tempo che tutte le altre fibre muscolari pure si contraggono, si può pensare che sia ben differente l'effetto delle rispettive contrazioni. Le fibre muscolari ordinarie devono sviluppare una forza che può essere anche grandissima; queste piccole del fuso neuro-muscolare devono invece contrarsi più o meno, col solo scopo di trasmettere al centro una sensazione elementare che dia la misura della contrazione muscolare. Perchè sia data questa misura, si deve necessariamente ammettere che l'intensità della contrazione di queste piccole fibre stia in rapporto diretto con quella delle comuni fibre muscolari; ma in tutti i casi, l'intensità di contrazione delle prime sarà di non poco inferiore a quella delle altre, non essendo esse destinate a sviluppare tante dinamie, quante ne sviluppano le altre. Il fatto da me notato nel coniglio e nel gatto, che spesso le fibre del fascetto non terminano con un tendine, ma con un ciuffetto di fibre elastiche, starebbe anche a provare che la loro contrazione non è destinata a produrre lo stesso lavoro meccanico delle altre.

Ciò posto, è certamente ammissibile che tra i varii elementi d'un tessuto esista una differenza di ricambio in rapporto con la rispettiva funzione; ora se la intensità di contrazione delle comuni fibre muscolari può essere di tanto superiore a quelle delle fibre intrafusali, si deve di necessità ammettere che quelle siano dotate d'un più attivo ricambio.

Venendo poi alle note alterazioni cui vanno soggette le fibre muscolari, dopo il taglio di nervi, già da Salvioli (1) fu recentemente dimostrato che, sottoponendo i muscoli paralizzati a contrazioni ritmiche per mezzo d'una corrente galvanica, ritmicamente interotta, il procedere di queste alterazioni viene rallentato, e diminuita l'atrofia. Questo fatto non si può spiegare, se non ammettendo che il lavoro cui vengono sottoposte le fibre paralizzate, ne riattiva un poco la nutrizione e ritarda le alterazioni degenerative. Inoltre, che il procedere di queste alterazioni stia in rapporto diretto con l'attività del ricambio materiale, fu chiaramente dimostrato nelle mie precedenti ricerche, dalle quali risultò che negli animali a lento ricambio (rane, lucertole) la degenerazione delle fibre muscolari, dopo il taglio de' nervi, si manifesta assai più tardi e procede assai più lentamente, che negli animali ad attivo ricambio materiale, specialmente nei piccioni.

Ammessa dunque una relazione diretta fra l'attività del ricambio materiale e il procedere della degenerazione delle fibre muscolari dopo il taglio de' nervi,

---

che mi autorizzino a confermare l'osservazione di Serrington. Ma non intendo con questo di metterla punto in dubbio, tanto più che un'altra prova del fatto si trova nella citata nota di Langhans ed è dovuta a L. Forster, che ha visto quasi allo stato normale le fibre muscolari del fascetto un anno dopo determinatasi la lesione spinale, in seguito a cui le altre fibre muscolari erano in avanzata degenerazione (V. la citata nota di Langhans).

(1) Salvioli. — *Sulla pretesa influenza trofica dei nervi sui tessuti del corpo animale.* Arch per le Scienze Mediche, vol. XX, pag. 293 - 1896.

ed ammessa, com'è assai verosimile supporre, che una notevole differenza di ricambio esista fra le fibre intrafusali e le comuni fibre muscolari, il fatto che le prime degerino assai più lentamente delle seconde, come hanno trovato Sherrington e L. Forster, non deve recar meraviglia, rientrando esso nelle leggi generali che regolano la nutrizione dei tessuti.

Finalmente, a conferma di quanto in proposito son venuto esponendo, sta una recente osservazione di Morpurgo, il quale studiando l'ipertrofia funzionale dei muscoli volontarii (1), ha trovato che le fibre del fascetto di Weissmann-Kölliker, non partecipano al processo d'ipertrofia, cui vanno incontro le comuni fibre muscolari, ma restano immutate.

Si tratta dunque di fibre muscolari che per caratteri anatomici e pel modo speciale di comportarsi, quando le altre degenerano o s'ipertrofizzano, devono essere considerate come fibre muscolari speciali, dotate d'un ricambio meno attivo di quello che hanno le comuni fibre muscolari.

Dopo queste considerazioni e dopo i fatti esposti, si può ritenere che sia poco valida la prova indiretta data da Sherrington, per dimostrare che sulle fibre muscolari intrafusali vengano a terminare solo fibre nervose sensitive e non le motrici. Da ciò la necessità di ripetere la prova sperimentale e di fare nuove investigazioni.

***

Nel ripetere questa prova, anzichè fare il taglio di tutte le radici anteriori che vanno al nervo di un arto, conservando intatti i glangli spinali (cosa malagevole coi mezzi di cui potevo disporre), ho adottato un altro mezzo, cioè quello di ottenere che le fibre motrici degli arti posteriori del coniglio, dalle cellule delle corna anteriori sino alla periferia, cadessero in necrosi, in seguito alla temporanea interruzione della circolazione sanguigna del midollo lombare. Ciò si ottiene nel coniglio con la *prova di Stenson*, che consiste nella temporanea chiusura per compressione dell'aorta addominale.

Son note infatti le ricerche di Ehrlich e Brieger (2), i quali con questo mezzo ottennero la quasi completa necrosi della sostanza grigia del midollo lombare nel coniglio, e conseguentemente una paralisi flaccida degli arti posteriori, che corrispondeva esattamente a quella che siamo abituati a vedere in seguito all'interruzione del conducimento dei nervi motori; paralisi ch'è seguita dall'atrofia dei muscoli e da neoformazione connettivale secondaria e si produce con la stessa rapidità, che nel caso di taglio de' nervi. Ma mentre con la prova di Stenson le

(1) Morpurgo. — *Ueber activitäts-Hypertrophe der willkurlichen Muskeln.* Virchow's Arch. Bd. 150. 1897, s. 554.

(2) Ehrlich und Brieger. — *Ueber die Ausschaltung des Lenden markgrau.* Zeitschrift für klinische Medicin. Supplement Zum VII. Bd 1884, s. 155.

vie motorie, dalle cellule dalle corna anteriori, cadono in necrosi ischemica, i gangli spinali, dalle cui cellule originano le vie sensitive periferiche restano intatti, perchè alla loro nutrizione provvedono vasi sanguigni che, nella prova, non restano compressi. Gli AA. infatti, esaminando il n. sciatico, dopo un certo tempo che s'era prodotta la paralisi, vi trovarono un gran numero di fibre ben conservate, mentre altre erano in tutti gli stadî della degenerazione walleriana (ac. osmico), risultato che si spiegava col modo di comportarsi delle radici anteriori, le quali erano completamente degenerate, e delle posteriori, sensitive, che non lasciavano riconoscere nella loro struttura la più piccola alterazione. Anzi gli AA. conchiudono col dire che la circostanza, per la quale le fibre motorie degenerano e le sensitive sono conservate, poteva essere il punto di partenza di molte altre ricerche.

Quando si comprime nel coniglio l'aorta addominale col metodo di Stenson (1), la paralisi degli arti posteriori si manifesta da 5 a 15 minuti dopo che si è stretto fortemente il laccio. Se allora si lascia la legatura a posto soltanto 15-30 minuti, la paralisi cessa più o meno rapidamente; se si lascia per un tempo più lungo ma meno di un'ora, la paralisi svanisce nel corso di pochi giorni; essa invece diventa nel coniglio permanente, se l'aorta rimane perfettamente chiusa per lo spazio di un'ora. I muscoli e la pelle, che diventano ischemici, al ristabilirsi del circolo non mostrano alterazioni, salvo poi quelle secondarie dei muscoli che sopravvengono alla degenerazione dei nervi motori, quando questa si produce.

Ora ecco l'esperimento che, dopo alcuni altri non riusciti, io feci nel coniglio.

**Esperimento V.** — Coniglia adulta, 16 dicembre '97. - Compressione fortissima col metodo di Stenson dell'aorta addominale a livello della 4ª vertebra lombare. La paralisi del treno posteriore si produce rapidamente. Dopo *un'ora e mezza* si toglie il laccio e si suturano con due punti le piccole ferite esterne. L'animale è tenuto sopra una branda vicino alla stufa. Il giorno dopo e seguenti la paralisi si mantiene completa ed è una paralisi flaccida, senza tono muscolare nel piede e nella gamba; talvolta si accenna un lieve movimento di flessione delle coscie, ma nel camminare il coniglio trascina il treno posteriore, ch'è insensibile. Vi è paralisi della vescica, che bisogna vuotare due volte al giorno, e paralisi dello sfintere anale esterno; ma le feci fuoriescono spontaneamente, perchè è conservata la peristalsi intestinale.

21 dicembre '97. - Condizioni invariate, salvo una incipiente denutrizione del treno posteriore. Previe tutte le cautele di asepsi, con un taglio longitudinale dal poplite al tendine di Achille, a sinistra, si mettono allo scoverto i muscoli del polpaccio, e si isolano tutti i muscoli che prendono inserzione al detto tendine; si legano in massa il più che si può in alto e si asportano recidendo il tendine e la parte superiore sotto la legatura. Sutura, apparecchio ingessato di tutto l'arto per garentire la ferita da inquinamenti. L'animale non ha dato il più piccolo segno di sensibilitá durante l'operazione. Si preparano molti pezzetti di muscolo col metodo all'oro.

22-26 dicembre '97. - Si manifesta una contrattura degli arti, che si accentua gradatamente

(1) W. Krause — *Die Anatomie des kaninkens etc.* Leipzig, 1888. s. 192.

mentre le masse muscolari appariscono atrofiche (sotto la mano si sentono tutte le sporgenze ossee del sacro e del bacino). Il dì 26 si rimuove l'apparecchio ingessato: guarigione *per primam.*

27 dicembre. - Si uccide l'animale e si preparano all'oro molti pezzetti di muscoli del polpaccio di destra, dei flessori della coscia, del m. vasto interno e del piede, in recipienti distinti. Si controlla nell'autopsia che la compressione s'era fatta in corrispondenza della 4ª vertebra lombare. Si asporta quindi con precauzione tutto il midollo spinale, diviso con le radici e coi ganglii in una porzione superiore, fino al punto ove s'era esercitata la compressione, e in una porzione inferiore, da questo punto alla *cauda equina.* Di questa seconda porzione, ch'è più molle della prima, un piccolo tratto, che segue immediatamente il punto della compressione, si mette nella soluzione di formalina al 10 % e quindi in alcool, per trattarla col metodo di Nissl; si preparano inoltre col metodo all'oro di Golgi la quarta radice lombare posteriore recisa fra il ganglio e il midollo; il resto del midollo lombare con le altre radici e coi ganglii rispettivi, si conserva in liquido di Müller per poi trattarne dei segmenti col metodo di Marchi Con lo stesso metodo furono in seguito trattate, separatamente, le altre radici anteriori lombari e la 7ª posteriore, recise tutte fra il ganglio e il midollo.

Ottenni così da questo esperimento di poter fare due volte l'indagine microscopica sui muscoli, la prima cinque, la seconda dieci giorni dopo che s'era determinata la paralisi. Ma riferirò prima i risultati ottenuti dall'esame microscopico del midollo, delle radici e dei ganglii preparati con differenti metodi.

La porzione prossimale del midollo lombare, trattata col metodo di Nissl, non mostrò all'esame microscopico cellule gangliari della sostanza grigia, ovviamente alterate; nella maggior parte di esse si osservano i noti corpi cromatici di Nissl; in tutte il protoplasma è normale e il nucleo, quando capita nella sezione, è ben contornato e colorato. Ciò dimostra che in questa porzione del midollo, che corrispondeva all'altezza ove fu compressa l'aorta, la totale ischemia non s'era determinata; questa porzione del midollo, almeno nei tagli più prossimali, si può ancora considerare allo stato normale.

Dopo trattamento con metodo di Marchi, i tagli della porzione susseguente del midollo, in corrispondenza della 5ª e 6ª radice lombare, mostrano nella sostanza bianca fibre alterate da per tutto; ma queste sono rare nei cordoni posteriori, frequentissime invece nei cordoni antero-laterali e specialmente lungo il decorso delle fibre radicolari anteriori, ove non si osservano fibre midollate normali, e nella commissura anteriore. Profondamente alterata è la sostanza grigia così delle corna anteriori come delle c. posteriori. Scomparso il tessuto nervoso (tranne poche fibre radicolari afferenti) non si osservano che aree necrotiche, cellule granulose e relitti della degenerazione walleriana delle fibre radicolari efferenti. Con la doppia colorazione al carminio si mettono inoltre in evidenza i vasi sanguigni ed una enorme quantità di elementi cellulari a grosso nucleo, che sono elementi proliferati, di probabile origine endoteliale, e somigliano per i loro caratteri alle cellule descritte da Leyden nelle mieliti.

Ma ciò che principalmente colpisce in questi preparati, è il differente aspetto che presentano le fibre della radice anteriore e quelle della r. posteriore, quando

parti di esse son comprese nel taglio. Le prime, rigonfiate, mostrano nel loro interno piccoli e grossi blocchi di mielina fortemente annerita dall'osmico, molti dei quali inclusi in elementi fagociti (nuclei proliferati della guaina di Schwann), le seconde sono d'ampiezza normale, a contorni regolari con la guaina midollare di color giallo-grigio; insomma le fibre della radice anteriore appariscono in preda alla più evidente degenerazione walleriana, quelle della radice posteriore si vedono come allo stato normale.

In alcuni tagli, nei quali fu compreso anche il ganglio spinale con parte della radice anteriore e della posteriore, le caratteristiche cellule gangliari, colorate dal carminio, sono per volume e per la perfetta colorabilità del nucleo e del protoplasma, allo stato normale. Le fibre della radice posteriore emergente dal ganglio sono perfettamente normali; non così quelle della radice anteriore che passano ventralmente al ganglio, le quali presentano tutte le sopradescritte note della degenerazione walleriana.

Quanto all'esame delle radici spinali preparate separatamente, il metodo meglio riuscito è quello di Marchi, perchè permette di dissociare bene con gli aghi le fibre passate in glicerina sul portaoggetti e mostra all'esame microscopico con la più grande evidenza quelle che sono degenerate. Ho potuto così esaminare senza perdere una sola fibra nervosa, intere radici.

La 5ª radice anteriore risultava composta di sei distinti fascetti i quali, pel decorso obliquo che ha la radice, sono di varia lunghezza, e questa va degradando dal primo all'ultimo di essi. All'esame microscopico, nel fascetto più lungo, ch'è il primo, o prossimale, si notano molte fibre allo stato normale, oltre a quelle perfettamente alterate; gli altri fascetti risultano tutti di fibre perfettamente degenerate. Nella 6ª e nella 7ª radice anteriore similmente esaminate non si riscontra invece alcuna fibra allo stato normale. La degenerazione comincia dunque dalla 5ª radice lombare, della quale un numero relativamente assai piccolo di fibre non erano alterate; ciò fa supporre che la 4ª radice anteriore, non esaminata, fosse pure normale e che la necrosi da cui era colpita la sostanza grigia del midollo lombare, si estendesse dal livello della 5ª radice, o quasi, fino all'estremo caudale. Ciò dà ragione del fatto che nel tratto prossimale del midollo, esaminato col metodo di Nissl, non si son rinvenute alterazioni delle cellule nervose.

Ciò posto, per confermare il risultato dell'esperienza, non ebbe valore l'integrità della 4ª radice posteriore trattata col metodo dell'oro di Golgi. e riscontrata normale all'esame microscopico. Pertanto portai l'esame sulla 7ª radice posteriore, preparandola col metodo di Marchi. Questa 7ª radice, molto voluminosa, fu esaminata, dissociandone le fibre in molti preparati senza perderne alcuna, e il risultato dell'esame fu, che tutte le fibre erano normali, meno *tre* sole ch'erano degenerate. A tal riguardo dirò che col metodo di Marchi anche nelle fibre nervose normali, ben dissociate con gli aghi, si osservano rare goccioline e blocchetti di mielina perfettamente annerita, talvolta fuori, tal'altra entro la guaina

di Schwann, o in prossimità d'un cingolo anulare; queste fibre però hanno contorni precisi e la guaina midollare, tinta in grigio, è continua. Ma le tre fibre degenerate che ho riscontrate nella radice posteriore mostrano invece grossi blocchi di mielina fortemente tinta in nero, riuniti talvolta a gruppi entro una varicosità della guaina di Schwann, e in ogni caso seguentisi, senza che apparisca tratto della guaina midollare normale, per tutto il decorso della fibra in esame. Nessun dubbio sull'osservazione fatta.

***

La presenza di tre fibre nervose degenerate nella 7ª radice posteriore, quando tutte le altre sono normali, non altera affatto il risultato dell'esperienza. Ho voluto però rilevare il fatto, perchè esso trova un certo riscontro con le note osservazioni d'altri AA., tra i quali Lenossek, negli embrioni di pollo, e Joseph, nel gatto, hanno trovato un piccolo numero di fibre efferenti nella radice posteriore. Tali fibre, che avrebbero la cellula d'origine nella sostanza grigia del midollo, agiscono certamente, secondo Kölliker (1), in senso centrifugo, e debbono essere considerate o come nervi vasali o come nervi del simpatico. L'averne però trovate tre sole in una sola radice del coniglio, mentre Joseph parla di un numero non tanto piccolo nella radice posteriore del 2° nervo cervicale del gatto, dove le ha studiate, fa pensare che non in tutti gli animali le cose procedano allo stesso modo.

***

Se nel tratto prossimale al ganglio le radici posteriori nell'esperienza fatta risultano di fibre normali, *a fortiori* deve ritenersi che normali pure fossero nella regione distale, e la perfetta integrità delle cellule del ganglio spinale n'è una prova diretta.

Venendo quindi all'esame de' muscoli, quello ch'era da aspettarsi era appunto il reperto desiderato, cioè che le fibre e terminazioni di senso fossero normali e quelle di moto invece alterate. Infatti nei preparati all'oro ottenuti dai muscoli del polpaccio, prelevati cinque giorni dopo che s'era determinata la paralisi, appariscono con la più grande chiarezza e perfettamente normali le grosse fibre midollate che terminano in ciascun fuso neuro-muscolare e in ciascun organo di Golgi, la natura sensitiva del quale viene anche per questa via provata. A qualunque grado di riduzione dell'oro, non un solo esempio si trova in cui tali fibre mostrino note di degenerazione. Similmente le ricche terminazioni nervose di queste fibre sono perfettamente conservate, con tutti i più minuti particolari di struttura. Al contrario tutte le altre fibre midollate che finiscono con placche

(1) Kölliker. *Handbuch der Gewebelehre des Menschen.* II. Bd. s. 79.

motrici sono in evidente degenerazione walleriana e le placche motrici colpite tutte da necrosi per axolisi ed axoressi dei rami terminali. Nei fusi neuro-muscolari, ben visibili in preparati che ho pazientemente disposti in modo, che le fibre midollate sottili apparissero tutte, queste si mostrano in evidente degenerazione walleriana e le terminazioni a placca del fuso sono anch'esse colpite da necrosi, come tutte le altre. La fig. III della Tav. 8 rappresenta a medio ingrandimento uno di questi fusi neuro-muscolari ottenuto dal coniglio, cinque giorni dopo la prova di Stenson.

L'altro esame fatto dopo 10 giorni ha confermato pienamente questo risultato. La necrosi delle terminazioni motrici era generale, e si estendeva fino ai muscoli del piede. Tutti gli esemplari ottenuti di fuso neuro-muscolare mostrano con uguale evidenza le fibre midollate grosse e le terminazioni del rigonfiamento fusiforme allo stato normale; ma le sottili fibre degenerate sono assai difficilmente visibili. Per rinvenirle all'esame microscopico è utile servirsi, come punto di ritrovo, delle piccole terminazioni che sono sulle fibre muscolari intrafusali; queste mostrano ancora la *sohle* fortemente tinta e i nuclei evidenti, e presso a loro spesso si vede sulla fibra muscolare come il disegno della piccola fibra nervosa, talvolta reso più evidente da relitti di mielina tinti in nero. Se questo è il risultato dell'esame a 10 giorni, si può ragionevolmente pensare, dopo le ricerche precedentemente fatte sulle alterazioni delle terminazioni motrici, in seguito a taglio dei nervi (v. l. c.), che dopo 20 e più giorni non siano più visibili le tracce di queste piccole fibre nervose, e s'intenderà quindi più agevolmente perchè Sherrington non le trovasse punto ne' suoi preparati dopo indurimento e inclusione dei muscoli (1).

Riassumendo i risultati dell'esame microscopico, abbiamo: necrosi della sostanza grigia e quindi delle cellule radicolari del midollo lombare, degenerazione walleriana delle dipendenti radici anteriori e fibre motorie periferiche fino alle terminazioni motrici, anch'esse colpite da necrosi; perfetta integrità delle cellule dei gangli spinali corrispondenti e delle fibre sensitive periferiche, fino all'organo di Golgi. *Nel fuso neuro-muscolare poi troviamo: degenerate le sottili fibre mi-*

(1) Ho ripetuta in seguito la prova di Stenson nei gatti, anche allo scopo di riesaminare le radici lombari posteriori e vedere se contenessero fibre efferenti; ma in tre prove consecutive fatte in tre gatti, mantenendo la legatura fino a un'ora e mezza, non sono mai riuscito ad ottenere una paralisi permanente. Anche dopo fortissima compressione dell'aorta addominale, seguita da forte ischemia cutanea degli arti posteriori e da abolizione del polso sulle art. femorali la paralisi manifestasi lentamente. Quando però sembra completa e l'animale cammina trascinando il treno posteriore, se lo si tiene soltevato da terra e penzoloni, si può notare che il tono muscolare non è perfettamonte abolito. Poi quando dopo un'ora e mezza si fa cessare la compressione, la paralisi cessa rapidamente. Ciò vuoi dire che l'ischemia del midollo non si produce, e che la paralisi temporanea dura quanto l'ischemia del tessuto muscolare dalla quale essa dipende.

*dollate e le terminazioni a forma di placche; perfettamente conservate le fibre midollate grosse e le ricche terminazioni del rigonfiamento fusiforme. Dunque si può con sicurezza affermare che le prime sono fibre e terminazioni motrici, le seconde sono fibre e terminazioni di senso.* Questa dimostrazione, che non si era ottenuta per diverse altre vie e con esperimenti anche difficilissimi, quali il taglio di 6–7 radici motorie consecutive, lasciando integri i gangli spinali, e il taglio delle due branche del trigemino fra il ponte e il ganglio di Gasser, è stata finalmente fornita dalla semplice e antica prova di Stenson.

***

E così l'oscurità che regnava intorno al significato del fascetto di Weissmann-Kölliker si può oggi dire che sia dileguata in gran parte. Infatti i fusi neuro-muscolari, di struttura quasi schematica nella lucertola e complicatissima negli animali superiori, ma con evidenti analogie in tutti gli animali esaminati e nell'uomo, ed esistenti in numero considerevole nei muscoli scheletrici, rappresentano non semplici terminazioni di senso, ma veri organi, come la rigorosa analisi istologica faceva presagire. Quanto alla funzione di questi organi di struttura così delicata, cercai di definirla, con riserva, nell'altra nota, ove mi espressi così: « i fusi neuro-muscolari, chiusi nelle loro guaine a strati concentrici e distribuiti nei muscoli in mezzo alle altre fibre muscolari, nel tempo che tutte le fibre si contraggono, trasmettono probabilmente al centro un'impressione, la quale dà la misura del grado della contrazione muscolare » (1). Questa interpretazione per le nuove indagini e per quelle di Sherrington, che io allora non conosceva, acquista oggi valore.

Infatti, essendo ora dimostrato che le fibre muscolari del fuso hanno terminazioni motrici, come le fibre muscolari comuni, deve ammettersi di necessità che anch'esse si contraggano per lo stimolo trasmesso dai nervi motori. I differenti caratteri anatomici di queste fibre, rispetto alle altre, e il loro speciale comportamento nella degenerazione di origine neurotica (Sherrington-Forster) o nell'ipertrofia funzionale delle altre fibre muscolari (Morpurgo), fanno ragionevolmente pensare che, anche fisiologicamente, queste siano fibre muscolari speciali, a lento ricambio, non destinate nella contrazione a sviluppare quella quantità di forza, che sviluppano le altre, ma semplicemente a trasmettere una sensazione per mezzo delle vistose terminazioni sensitive, che con loro si mettono in diretto rapporto. E come varia l'intensità di contrazione delle altre fibre muscolari, così deve verosimilmente variare l'intensità di questa sensazione. È dunque ammissibile che quest'organo funzioni proprio come un dinamometro e dia la misura del grado della contrazione muscolare.

---

(1) V. precedenti ricerche, p. 278.

A conferma di questa interpretazione starebbe il fatto che in alcuni muscoli, i quali nella contrazione riflessa o volontaria non ci dànno l'impressione del grado di contrazione, quest'organo infatti non si rinviene; tali erano, per le mie precedenti ricerche, i muscoli mimici innervati dal n. facciale e i muscoli motori del globo oculare. Avendo Sherrington trovato che in questi ultimi e in altri muscoli, come i mm. intrinseci della lingua, i mm. intrinseci del laringe e il diaframma non si trovano fusi neuro-muscolari, l'interpretazione data acquista anche maggior valore, perchè da nessuno di questi muscoli noi riceviamo l'impressione del grado di forza sviluppata nella contrazione.

Il fatto che attende ancora una spiegazione, è la molteplicità delle terminazioni motrici sopra le singole fibre muscolari del fuso. In accordo con la delicata funzione dell'organo, si può intanto pensare che tale molteplicità di apparati motori in queste fibre rappresenti un perfezionamento dell'organo stesso.

***

Mentre nel fuso neuro-muscolare la terminazione di senso sta in diretto rapporto con le fibre muscolari, e lo stimolo a cui essa risponde è quello stesso della contrazione muscolare, nell'organo muscolo-tendineo di Golgi, invece la terminazione di senso sta tutta sulle fibre tendinee, e lo stimolo a cui risponde è in ultima analisi di natura meccanica, quale lo stiramento di queste fibre prodotto, durante la contrazione del muscolo, dal raccorciamento delle fibre muscolari che vi si attaccano. Generalmente si ritiene che sia questo il modo come funziona l'organo di Golgi, e in accordo con questa interpretazione starebbero due fatti. Il primo è che gli organi in discussione non si rinvengono generalmente dove il tessuto tendineo è compatto e quindi non distensibile, ma invece là dove i tendini si prolungano, spesso in forma di ventagli fibrosi, che si attenuano a grado a grado sul ventre muscolare. L'altro fatto è la speciale costituzione di questi organi, i quali mostrano all'estremo opposto al tendine un fiocco di fibre muscolari, le cui estremità tendinose stanno a brevissima distanza dalla terminazione nervosa. Queste fibre muscolari, che son quelle ordinarie, la cui contrazione è destinata a produrre un lavoro meccanico, sono per lo più numerose: se ne contano spesso 10 e più per ciascun organo: esse fanno parte integrante dell'organo, la cui funzione non si può immaginare disgiunta dalla trazione ch'esse esercitano sulle fibre tendinee. Queste dovrebbero dunque per effetto della trazione distendersi, e tale distensione costituirebbe lo stimolo per la ricca terminazione nervosa che le avvolge. Pare dunque facile intendere il meccanismo di funzione degli organi muscolo-tendinei (1).

(1) Da quanto esposi nelle passate ricerche, risulta appunto che in questo modo io allora cercai di spiegare il meccanismo di funzione dell'organo di Golgi e, per una logica conseguenza, ammisi che quest'organo entrasse specialmente in funzione nelle forti contrazioni muscolari,

Se non che questa distensibilità delle fibre tendinee, intesa nel senso d'un aumento reale della loro lunghezza, non sarebbe in accordo con quanto generalmente si ritiene, cioè che il tessuto fibroso dei tendini opponga molta resistenza, che Sappey anzi chiama assoluta, ad ogni causa che tenda ad allungarli. D'altra parte che gli organi muscolo-tendinei funzionino, anche nelle piccole contrazioni del muscolo, cioè quando è debole la trazione esercitata dalle fibre muscolari, è cosa provata dal fatto che nei muscoli motori del globo oculare non esistono altri organi all'infuori di questi, che possano dar ragione del delicato antagonismo che rende armonica la funzione di questi muscoli.

La riconosciuta inestensibilità delle fibre tendinee e la delicatezza di funzioni dell'organo, così come questa si rivela nei muscoli oculari, costituiscono dunque due termini che sembrano poco conciliabili; di guisa che si è naturalmente spinti a ricercare nell'organo muscolo-tendineo una qualche particolarità di struttura, la quale renda possibile l'eccitamento meccanico della terminazione sensitiva, malgrado la poca o nessuna distensibilità delle fibrille tendinee, con le quali essa è in diretto rapporto.

Ora le fibre tendinee dell'organo di Golgi costituiscono fascetti speciali individualizzati, sotto forma di corpi fusati circondati da una guaina connettivale (prolungamento della guaina di *Henle* della fibra nervosa) e quindi separati dalle altre fibre tendinee, con le quali però si continuano. Ma v'è un altro carattere, al quale non mi pare che sia stata finora accordata importanza, ed è che generalmente questi corpi fusati o sono *incurvati*, o serbano una *posizione obliqua* rispetto al decorso delle altre fibre tendinee; ciò risulta anche dalle figure pubblicate da Cattaneo, da Marchi ecc. Oltre a ciò, spesso ho notato che le fibrille tendinee, di cui questi fascetti risultano, sono a decorso qua e là ondulato, di guisa che i bordi del fascetto presentano a volte piccole insenature che corrispondono alle curvature delle fibrille. In tutti i casi questo fibrille non serbano alcun parallellismo con le altre del tendine e con le fibre muscolari. Infine le fibre tendinee di ciascun corpo fusato si continuano per un estremo con le altre fibre tendinee, riacquistando il parallelismo con queste e tutti i caratteri di fibre tendinee ordinarie, dalle quali non è più possibile distinguerle, per l'altro estremo sono in diretta continuazione con le fibre muscolari.

Data questa disposizione, si potrebbe chiamare estremità fissa o *punto fisso*, quella con cui il corpo fusato si continua col tendine, che sarebbe inestensibile, ed estremità mobile o *punto di trazione*, quella per la quale esso si continua

---

le quali soltanto sarebbero capaci di fare sufficientemente distendere le fibre tendinee, e che per mezzo di quest'organo noi riceviamo « l'impressione dello sforzo muscolare e della stanchezza che ad esso tien dietro ». Ma dalle nuove indagini sulla struttura dell'organo in discussione risulta invece, che questo può funzionare anche nelle deboli contrazioni del muscolo; cade quindi l'antica interpretazione, la quale, per altro, io detti con molta riserva.

con le fibre muscolari. La trazione esercitata da queste fibre nella contrazione sposterebbe il punto di trazione, ch' è verso il muscolo, non il punto fisso ch' è verso il tendine, e le fibre tendinee del corpo fusiforme si distenderebbero, non per reale aumento della loro lunghezza, ma per un raddrizzamento dei corpi incurvati, o diversamente obliqui, e per un dispiegamento delle fibrille tendinee a decorso un poco ondulato. Tale raddrizzamento e tale dispiegamento costituirebbero uno stimolo meccanico per la terminazione nervosa. Ora perchè tale stimolo si produca, non sarebbe necessario supporre nè la distensibilità delle fibre tendinee, nel senso d' un reale aumento di lunghezza delle stesse, nè una forte trazione per produrre una simile distensione; basterebbero dunque anche le deboli contrazioni muscolari, per produrre l'eccitamento della terminazione nervosa, che sta nell' espansione tendinea. Inteso a questo modo il meccanismo di funzione dell' organo muscolo-tendineo, si comprenderebbe meglio la delicatezza della sua funzione nei muscoli oculari e nella produzione dai riflessi, come in seguito vedremo.

Tutto ciò riguarda propriamente l' organo muscolo-tendineo di Golgi, cioè quello ch' è costituito da un corpo fusato in diretta continuazione con un fascetto di fibre muscolari. A chi fa la ricerca nelle espansioni tendinee dei muscoli non capitano generalmente sotto esame altri organi che questi. Ma altri AA. come ad es. Marchi (1) hanno descritto e figurato, chiamandoli similmente organi di Golgi, dei corpi fusati, i quali si rinvengono nel tendine in punti un po' lontani da quelli ove le fibre muscolari si continuano con le fibre tendinee. Questi altri corpi fusati, per tutti i caratteri simili ai primi, terminano però ai due estremi con fibre tendinee ordinarie, nè sono in diretta continuazione con le fibre muscolari; ma si può ritenere come assai verosimile che, malgrado ciò, una trazione delle fibre tendinee sia, in questi corpi, esercitata in quei movimenti nei quali i tendini (che se non sono distensibili sono però flessibili) vengono a trovarsi in una posizione d' incurvamento. Allora i corpi fusati che si trovano alla superficie del tendine, che per l' incurvamento è divenuta convessa, devono risentire l' effetto d' una trazione esercitata sopra le due estremità, con le quali il fascetto di fibre incurvate si continua con le fibre tendinee ordinarie.

In ogni caso le fibre tendinee dell' organo di Golgi, siano esse in diretta continuazione con le fibre muscolari o soltanto con fibre tendinee ordinarie, si possono, per la loro obliquità e per le descritte curvature, paragonare a delle corde alquanto rilasciate, le quali si tendono, allorchè l' organo entra in funzione, e col tendersi producono uno stimolo sulle terminazioni nervose con cui stanno a contatto. Ciò posto, queste corde possono passare dallo stato di rilasciamento allo stato di tensione, sia per effetto della trazione esercitata dalle fibre muscolari nella contrazione del muscolo (organo muscolo-tendineo), sia per effetto dell' incurvamento che i tendini subiscono dei diversi movimenti (corpi tendinei fusati non in con-

(1) Arch. per le Sc. Mediche, Vol. V.

tinuazione di fibre muscolari). Nell' uno e nell' altro caso, lo stimolo a cui risponde la terminazione nervosa è di natura meccanica.

Queste osservazioni ci aiuterebbero ad intendere il modo di funzionare dell'organo di Golgi, ammessa, come afferma Sappey, l'assoluta inestensibilità dei tendini. Non voglio tacere però che, probabilmente, non siamo autorizzati ad escludere l'esistenza d'una certa elasticità alla trazione del tessuto tendineo, elasticità la quale potrebbe essere varia ne' varii tendini, tanto che occorrerebbero ricerche speciali per vedere se, ad es., nei tendini dei muscoli oculari fosse per caso più pronunziata, che negli altri. Si può pensare che l'esistenza d' un certo grado di elasticità di questi tendini alla trazione ci aiuterebbe a comprendere lo stimolo meccanico della terminazione nervosa, che si avvolge attorno alle fibrille tendinee. Ammessa invece la inestensibilità dei tendini, come dice Sappey, si potrebbe anche supporre che le fibrille tendinee dell'organo di Golgi, le quali sono per alcuni caratteri differenti dalle comuni, ne differiscano anche per una certa elasticità alla trazione.

***

Qual'è ora la differenza di funzione tra l'organo di Golgi e il fuso neuro-muscolare? In questo la spirale nervosa che cinge la fibra muscolare raccoglie direttamente l'impressione dell'onda di contrazione; questa impressione seguita verosimilmente a trasmettersi al centro per tutto il tempo che la fibra resta contratta, e sarà quindi in relazione diretta col grado di contrazione che subisce la fibra muscolare. Quest'organo dunque sembra destinato a fornire le più delicate sensazioni elementari necessarie, p. es., a valutare la differenza dei pesi, a proporzionare la forza con l'effetto che si vuol raggiungere ecc.

Nell'organo di Golgi invece la sensazione elementare sarebbe data per effetto della tensione che subiscono le fibre tendinee, che stanno in rapporto con la terminazione nervosa. Questa tensione può verificarsi ad ogni contrazione muscolare, come ad ogni cambiamento di curvatura dei tendini. In tutti i casi, dai muscoli in azione nei diversi movimenti partiranno, per mezzo degli organi di Golgi variamente distribuiti, impulsi centripeti, senza i quali non sarebbe possibile immaginare come si renda armonica la funzione dei muscoli antagonisti. Il delicato antagonismo che regola la funzione dei muscoli motori del globo oculare, nei quali esistono soltanto organi di Golgi e non fusi neuro-muscolari, sta tutto in favore di questa interpretazione. L'assenza di fusi neuro-muscolari in questo gruppo di muscoli, la cui funzione è così armonicamente regolata, significa ancora che a rendere armonica la funzione dei muscoli antagonisti non è necessario l'intervento d'un'altra sensazione elementare, come quella fornita dai fusi neuro-muscolari, la quale ci mette in grado di misurare l'intensità di contrazione dei muscoli, e di proporzionare la forza allo scopo che si vuol raggiungere. Questa sensazione infatti non la riceviamo, quando funzionano i muscoli motori del globo

oculare. Le funzioni di queste due specie di organi adunque non solo sono differenti, ma possono compiersi indipendentemente l'una dall'altra, e le nozioni sinora acquistate sulla loro struttura e sulla varia distribuzione loro nei muscoli fanno pensare appunto, che, per mezzo dei fusi neuro-muscolari, noi siamo in grado di misurare l'intensità della contrazione muscolare e che, per mezzo degli organi di Golgi, sia resa possibile l'armonica funzione dei muscoli antagonisti.

***

Quanto sinora ho esposto intorno alla funzione di questi due organi, riguarda la natura e il meccanismo di questa funzione durante la contrazione fisiologica dei muscoli. Ma credo anche utile qualche altra disamina intorno all'eccitabilità passiva di questi organi per mezzo d'altri stimoli, che non sieno quelli specifici, e propriamente per mezzo di stimoli meccanici portati artificialmente sui muscoli e sui tendini.

Io cercherò di dimostrare in seguito che questi stimoli (compressione, stiramento, ecc.) debbano essere ritenuti rispetto ai fusi non come stimoli specifici, nel senso fisiologico, ma come stimoli inadeguati od eterologhi.

Ho già esposte le deduzioni di Sherrington e di Langhans sull'eccitabilità meccanica dei fusi neuro-muscolari. Provata l'esistenza di terminazioni motrici sulle fibre muscolari del fuso, si deve abbandonare l'ipotesi che questi organi sieno normalmente eccitabili per mezzo di stimoli meccanici. Lo stimolo specifico a cui essi rispondono, è quello della contrazione muscolare stessa, e non è necessario supporre altra specie di stimoli, perchè questi organi compiano la loro funzione. Chè anzi alcune particoiarità di struttura e di posizione di questi organi nei muscoli a me sembrano piuttosto contrarii, che favorevoli all'ipotesi d'un' eccitabilità meccanica normale. Uno degli stimoli meccanici, anzi quello che sembra il più adatto alla struttura dell'organo sarebbe, secondo Sherrington, lo stiramento delle fibre intrafusali, attorno alle quali sta la terminazione nervosa di senso. Questo stiramento, quando non sia prodotto artificialmente, come faceva Sherrington, può aver luogo non già in un muscolo che si contrae, ma nel muscolo antagonista, che si distende durante la contrazione del primo. Ora, perchè possano al tempo stesso distendersi le fibre intrafusali, sarà necessario che queste restino ben fissate alle due loro estremità, il che si verificherebbe, qualora il fascetto terminasse alle due estremità con due tendini inestensibili. Ma se si sono riscontrati e descritti i tendini di queste fibre muscolari, nessun osservatore ha parlato d'un tendine a ciascuna estremità e se, invece, con ulteriori ricerche sarà confermata la presenza di fibre elastiche ad un'estremità del fascetto, com'io spesso ho osservato nel coniglio e nel gatto, ciò non favorisce certamente l'ipotesi, che l'organo possa nella fisiologica distensione del muscolo subire esso pure una distensione, capace di eccitare la terminazione nervosa. La stessa frequenza di que-

sti organi in corrispondenza dei setti fibrosi inframuscolari e la disposizione parallela a questi setti, pure notata da Sherrington, nemmeno è favorevole a tale ipotesi, perché questi organi sarebbero specialmente frequenti appunto nelle parti meno distensibili del muscolo. Io credo che la distensione artificiale di un muscolo possa determinare impulsi centripeti da questi organi sotto determinate condizioni, che pure mi studierò di esaminare, ma per le ragioni testè esposte, non credo che questi impulsi possano determinarsi per la fisiologica distensione del muscolo.

Un altro degli stimoli meccanici chiamati in causa, è la compressione esercitata dai setti fibrosi o dalle altre fibre muscolari sulla terminazione nervosa di senso delle fibre intrafusali. Sherrington ha provato sperimentalmente, che il comprimere artificialmente un muscolo, causando in questo un allungamento, è un mezzo efficiente molto notevole per ottenere una scarica d'impulsi lungo i suoi nervi afferenti. Questa compressione equivale dunque, per gli effetti, ad una distensione del muscolo. Anche Langhans chiama in causa la compressione delle terminazioni nervose per mezzo della linfa, la quale a sua volta sarebbe compressa dalla capsula lamellare e questa dalle altre fibre muscolari nel cambiamento di forma del muscolo, durante la contrazione. Nell'una e nell'altra ipotesi, la guaina e la linfa in essa contenuta, rappresenterebbero mezzi di trasmissione dello stimolo meccanico (compressione). Ma per chi ben considera la struttura dell'organo, la guaina lamellare rappresenta piuttosto un mezzo di protezione, analogo al *telolemma* delle comuni terminazioni motrici, e la linfa in essa contenuta, oltre a favorire il ricambio di tanti elementi nervosi e muscolari chiusi nella capsula, può anche interpretarsi come un mezzo di sostegno alle fibre midollate della regione equatoriale, che ivi perdono la guaina di Henle, ai cilindrassi nudi, che precedono l'espansione terminale, ed a questa espansione stessa, la quale non sarebbe protetta ovunque dal sarcolemma, perchè, secondo un'osservazione di Sherrington, alcune delle fibre intrafusali sono prive di sarcolemma.

Dunque nè la struttura nè la disposizione dei fusi neuro-muscolari entro ai muscoli sono favorevoli all'ipotesi, che lo stimolo specifico (o adeguato) omologo) di questi organi, sia lo stimolo meccanico.

Ma l'escludere che i fusi neuro-muscolari sieno specificamente eccitabili per stimoli meccanici non vuol dire che si escluda la possibilità, che tali stimoli artificialmente portati sul muscolo possano avere per risultato l'eccitazione della terminazione di senso di questi organi. Gli esperimenti istituiti da Sherrington sopra gl'impulsi centripeti ch'egli, per mezzo della compressione, del *petrissage* dello stiramento, otteneva da muscoli liberati dall'attacco tendineo inferiore e lasciati in connessione col tronco nervoso, quantunque non escludano che tali stimoli partissero dagli organi muscolo-tendinei, dai quali non poteva certamente esser liberato il muscolo messo nelle condizioni descritte, pure autorizzarono l'A. a ritenere d'avere realmente eccitati meccanicamente i fusi neuro-muscolari. Ancora più facilmente si comprende, come possa la distensione artificiale d'un mu-

scolo in connessione coi tendini far distendere le fibre tendinee dell'organo di Golgi, ed eccitarne la terminazione nervosa di senso, perchè l'ordinario stimolo a cui quest'organo risponde è, in ultima analisi, di natura meccanica; ma anche qui, perchè l'eccitamento artificiale abbia luogo, son necessarie determinate condizioni, che bisogna prendere in esame.

***

Lo studio di queste condizioni, tanto per l'organo di Golgi, quanto pel fuso neuro-muscolare, può aiutare a comprendere il meccanismo con cui si producono alcuni riflessi, e a dar ragione delle diverse dottrine che sorsero su tali argomenti.

Prendiamo ad es. il riflesso rotuleo, o fenomeno del ginocchio. Esso consiste in una contrazione del tricipite femorale provocata dalla percussione del tendine rotuleo, quando si tien flessa la gamba. Parrebbe semplicissima ragione di questo fenomeno, pensando alle terminazioni sensitive dei tendini. Intanto Westfall, che scovrì l'abolizione del fenomeno nella tabe, lo ritenne di origine muscolare; Erb invece ritenne che fosse di origine tendinea; e P. Marie crede che sia la percussione sulle stesse teminazioni tendinee quella che eccita il fenomeno. Ma da varii ricercatori furono elevati dubbî contro la dottrina di Erb. Anzitutto Tschiriew aveva cercato di recidere tutti i nervi che vanno al tendine e vide persistere il fenomeno del ginochio, il quale non sarebbe quindi provocato dalle terminazioni nervose tendinee. Ma noterò subito che l'obiezione non è valida, perchè recidere tutti i nervi di un tendine non significa recidere tutte le fibre afferenti del tendine stesso; la ricerca anatomica infatti ha dimostrato (v. p. 106) che le fibre sensitive dei fusi neuro-muscolari e quelle degli organi muscolo-tendinei sono infra-muscolari, e queste certamente non si possono recidere.

Gowers fece osservare che la percussione del tendine non determina il riflesso, se non quando il muscolo, col quale il tendine è unito (m. tricipite), si trova in uno stato di moderata distensione (il che si ottiene infatti quando si tien flessa la gamba), e si determina un aumento della distensione percuotendo il tendine. Inoltre Gowers osservò che, in una certa distensione dei muscoli del polpaccio, basta percuotere un muscolo estensore, perchè si produca il fenomeno del piede (1); qui l'eccitazione del tendine è fuori causa.

È poi noto che la semplice distensione di un muscolo possa esser causa della sua contrazione; infatti nei casi in cui i riflessi profondi sono esagerati, se si porta bruscamente la rotula in basso, si produce una scarica di contrazioni del tricipite; ed è la trazione dei muscoli del polpaccio, ottenuta con una brusca flessione del

(1) È questa la contrazione che Gowers chiamò miotatica (myotatic contraction) e non si comprende come P. Marie parli, riferendosi a Gowers, d'una contrazione idio-muscolare.

piede quella che produce il clono del piede; ed anche qui il fenomeno si ottiene sollevando l'arto, cioè ponendo i muscoli del polpaccio in uno stato di moderata distensione. Infine è noto, che quando il colpo sul tendine prerotuleo non cade in modo opportuno, per produrre un aumento di distensione dei mm. estensori, (il che si ottiene percuotendo il tendine prerotuleo nel punto ov' esso maggiormente cede alla pressione), il fenomeno non si produce; di questo fatto non potremmo renderci ragione, se si trattasse di percuotere terminazioni nervose esistenti nel corpo del tendine.

Tutto ciò prova che, in ogni caso, lo stiramento del muscolo è indispensabile alla produzione del fenomeno.

Ma si può intanto conchiudere che questi riflessi sieno di origine muscolare e non tendinea?

Evidentemente no; perchè col mettere il muscolo, da cui dipende il fenomeno, in uno stato di moderata distensione non si fa altro che mettere l'organo muscolo-tendineo nelle condizioni necessarie, perchè possano con una successiva trazione distendersi quelle fibre tendinee, attorno alle quali sta la terminazione nervosa sensitiva. Infatti, se nella contrazione muscolare il punto di trazione di quelle fibre tendinee è verso il muscolo, nella produzione artificiale dei riflessi (che si ha percuotendo il tendine o esercitando sullo stesso una brusca trazione), il punto di trazione è invece verso il tendine; ma allora condizione indispensabile alla distensione delle fibrille tendinee dell'organo di Golgi è che queste sieno, per così dire, fissate all'estremo opposto, cioè che l'ordinario punto di trazione diventi a sua volta punto fisso. Ciò appunto si ottiene, mettendo precedentemente il muscolo in uno stato di moderata distensione; ma questa condizione necessaria non vuol dire che il fenomeno del riflesso sia esclusivamente di origine muscolare; esso è evidentemente un fenomeno tendineo-muscolare.

Per riguardo ai *corpi fusati* di Golgi, che non sono in diretta continuazione con fibre muscolari, si può pensare, in accordo con quanto fu detto sul modo com'essi funzionano, che per determinare impulsi centripeti da questi corpi, sia necessario mettere prima il tendine in tale posizione di curvatura (flessione della gamba), che basti la percussione del tendine a far distendere le loro fibrille tendinee in rapporto con la terminazione nervosa sensitiva. Questa percussione invece non determinerebbe impulsi centripeti dai corpi fusati, quando il tendine, ov'essi trovansi, non è messo in una opportuna posizione di curvatura.

Riguardo poi ai fusi neuro-muscolari, avendo ammesso che anche la loro terminazione di senso sia artificialmente eccitabile, per mezzo di stimoli meccanici, quali la compressione, il *petrissage*, ma specialmente lo stiramento dei muscoli che li contiene, si deve di necessità ammettere che alla produzione dei riflessi tendineo-muscolari partecipino anche gl'impulsi centripeti che con tali mezzi si determinano da questi organi. Fermandomi specialmente alla trazione, come ho fatto per gli organi muscolo-tendinei, si dovrà similmente ritenere che

questa trazione sia capace di stimolare la terminazione nervosa della regione equatoriale, non quando essa si esercita sopra un muscolo rilasciato, ma quando si esercita sopra un muscolo già sufficientemente disteso. Ovvero, se l'eccitamento meccanico è dovuto alla compressione ottenuta per mezzo della trazione stessa, nel modo innanzi spiegato, una distensione del muscolo, debole o gradualmente ottenuta, non ecciterebbe la terminazione nervosa; per ottenere questo eccitamento sarà necessario un improvviso aumento della compressione. É da conchiudere dunque che, quando con una brusca trazione del muscolo si ottiene nna scarica d'impulsi centripeti, che determinano un riflesso muscolo tendineo, come ad es., il clono del piede, quest'impulsi partono, oltre che dall'organo muscolo-tendineo, anche dai fusi neuro-muscolari; ed è questa una ragione di più per ritenere che quel fenomeno sia di origine tendinea e muscolare al tempo stesso.

Così le opposte dottrine innanzi accennate restano conciliate in un concetto unico, cioè che gl'impulsi centripeti tendineo-muscolari, dai quali dipendono alcuni riflessi, si trasmettono per quelle vie afferenti, che Sherrington ha trovato in sì considerevole numero nei singoli tronchi nervosi muscolari, la massima parte dei quali appartengono a due specie di organi ben conosciuti, l'organo di Golgi e il fuso neuro-muscolare.

***

Determinata nel modo anzidetto la funzione di queste due specie di organi, mi sia permesso fare alcune considerazioni non più nel campo fisiologico, ma nel campo patologico, e propriamente sopra alcuni sintomi ed alcune alterazioni anatomiche, ben conosciute nella tabe dorsale. Cercherò di mostrare quanta importanza possa avere la disturbata funzione di questi organi in una malattia, nella quale tra i sintomi più comuni abbiamo l'atassia dei movimenti e l'alterazione dei riflessi.

Pare a prima giunta che l'atassia dei movimenti nei tabetici, non si possa mettere bene in rapporto col fatto che le alterazioni tipiche della tabe son limitate alle vie sensitive. Da che dipende l'atassia? Molte teorie si son fatte per dar ragione di questo sintomo nella tabe, ma queste possono riunirsi tutte in due grandi gruppi:

1. la mancanza di coordinazione dipenderebbe da alterazioni d'ipotetiche vie efferenti coordinatrici nei cordoni posteriori (Erb, Friedreich ed altri);

2. l'atassia dipenderebbe dalla mancanza degl'impulsi afferenti che partono dai muscoli, dai tendini, dalle articolazioni; ecc., i quali, sarebbero condizioni necessarie per la elaborazione degl'impulsi efferenti. Questo è stato ammesso dai più (Charcot, Vulpian, Strümpell, ecc.).

È provato infatti che una incoordinazione di movimenti, simile a quella che

si ha nella tabe, si può avere in malattie, nelle quali il midollo è sano, e si hanno neuriti periferiche; così ad es., nella poli-neurite alcoolica si hanno sintomi atassici. Ora gli stimoli necessari alla coordinazione non possiamo localizzarli nella pelle, perchè gli stimoli della pelle non sono necessarii alla coordinazione dei movimenti; dunque la fonte degli stimoli afferenti deve ricercarsi nei muscoli stessi, cioè in un' alterazione delle vie afferenti che partono dai muscoli. Infatti il senso muscolare si mostra facilmente alterato nella tabe, dove possono mancare il senso di posizione degli arti, il senso dello sforzo muscolare e la capacità di valutare la differenza dei pesi. Noi dobbiamo quindi ricercare la ragione dell' atassia in una lesione di quelle fibre che stanno in rapporto con le terminazioni sensitive dei muscoli. Ammesso ciò, possiamo far rientrare questo sintomo (atassia dei movimenti) nella categoria dei sintomi sensitivi della tabe, cioè nella stessa categoria che comprende l' alterazione del riflesso rotuleo, la quale, per quanto fu innanzi esposto, non può trovare la sua ragione che in una lesione delle medesime vie afferenti.

Ora, mentre fra i sintomi iniziali della tabe è l' abolizione del riflesso rotuleo, sappiamo d' altra parte che nei cordoni posteriori le lesioni tipiche iniziali della tabe si manifestano appunto in quelle parti, la cui integrità è necessaria perchè avvenga il fenomeno del ginocchio. Queste parti, secondo Westfall, si trovano nelle zone radicolari posteriori, e stanno al lato esterno d' una linea che va, parallelamente al solco posteriore, dal ginocchio del corno posteriore alla periferia del midollo. Ma nell' area così limitata si trova in gran parte la *zona radicolare media* di Fleksig, nella quale appunto, secondo le ricerche dl questo A., decorrerebbero *le vie sensitive muscolari.* Si può dunque conchiudere, che le prime alterazioni anatomiche della tabe si manifestano in una regione che comprende quelle vie afferenti, che stanno in rapporto con le terminazioni sensitive muscolari. Queste terminazioni sono in grandissima parte, come ora sappiamo, nel fuso neuro-muscolare e nell' organo di Golgi; s' intenderà quindi agevolmente, come alcuni sintomi più comuni della tabe si possano mettere in relazione con l' alterata funzione di questi organi, e si possa indurre la loro alterazione funzionale, senza che ci siano alterazioni anatomicamente dimostrabili di questi organi.

Se i fusi neuro-muscolari misurano il grado della intensità di contrazione, poichè essi nei muscoli scheletrici son numerosi, la loro disturbata funzione può renderci conto di alcune note alterazioni del senso muscolare nella tabe, come l' esagerazione della contrazione per produrre un dato movimento o per superare una data resistenza, e l' incapacità di valutare la differenza dei pesi. E poichè gli organi muscolo-tendinei e i corpi fusati di Golgi rendono, allo stato normale, possibile la coordinazione dei movimenti, s' intenderà come, allorchè per alterazione delle vie afferenti essi funzionano male o in alcuni muscoli funzionano e in altri no, o più negli uni che negli altri (mm. antagonisti), a seconda il procedere delle alterazioni dei centri, la coordinazione dei movimenti sia perduta. E s' intenderà

infine come sieno alterati i riflessi tendineo-muscolari, alla produzione dei quali sono necessarii gli stimoli che partono dall'organo di Golgi e dal fuso neuro-muscolare (1).

*Roma, marzo 1898.*

---

(1) Questa nota era già per intero stampata, quando è comparsa una pubblicazione del Dott. E. Giacomini (Atti della R. Accademia dei Fisiocritici, Serie IV, Vol. IX, 1898) sui fusi neuro muscolari dei *Sauropsidi*. Mentre Ruffini non s'era pronunziato sul significato delle *t. a forma di piastra* dal fuso neuro-muscolare, Giacomini tende a interpretarle come *terminazioni di senso;* e in appoggio di tale ipotesi starebbe principalmente il fatto che, almeno nei rettili, le ordinarie fibre muscolari posseggono due distinti apparati nervosi terminali: 1. le comuni piastre motrici, 2. le terminazioni *a grappolo*. Tuttavia l'A. crede che sia necessaria una prova sperimentale per dimostrare che queste ultime sieno terminazioni di senso. Aspettando il risultato di questa prova, a me pare che, intanto, si possano fare contro una tale ipotesi, ch'è quella stessa di Bremer, alcune osservazioni non prive d'importanza. 1.) L'ipotesi suddetta acquisterebbe certamente valore, se fosse intanto dimostrato che nei rettili *una stessa fibra muscolare ordinaria* sia provvista d'una terminazione *a placca* e d'una *t. a grappolo* e le due derivanti da fibre nervose distinte; ma ciò non risulta dalla pubblicazione di Giacomini. 2.) Terminazioni a forma di piastra, delle qnali alcune *a grappolo*, altre *a placca* si trovano appunto sulle fibre muscolari intrafusali; ma tra le une e le altre vi sono forme con caratteri tali, che non permettono di stabilire a quale dei due tipi appartengano. 3.) Vi sono interi muscoli (sfintere della cloaca della *lacerta viridis*) le cui fibre, come risulta dalle mie precedenti ricerche, non hanno che terminazioni *a grappolo*, prive di sostanza granulosa e derivanti da un ricco plesso di fibre pallide. Secondo il concetto di Giacomini, queste potrebbero essere terminazioni di senso; ma allora quali sarebbero gli apparati motori di qnelle fibre? 4.) Le t. a piastra delle fibre intrafusali conservano in diverse specie animali (rane, lucertole, piccioni), che hanno differentissime terminazioni motrici, i caratteri dell'ordinaria t. motrice, e questa analogia s'impone certamente più delle notevoli differenze riscontrate nei rettili. Tali differenze non autorizzano, nella *lacerta viridis*, a supporre che la *placca motrice* sia terminazione di moto e la terminazione *a grappolo* sia t. di senso, appunto perchè vi sono fibre muscolari striate, come quelle dello sfintere della cloaca, le quali hanno solo t. *a grappolo*. 5.) Un solo esempio di terminazione *a placca* derivante dalla stessa fibra nervosa, da cui deriva una t. *a grappolo*, fatto da me riscontrato nei fusi neuro-muscolari, basta a combattere l'ipotesi che le t. *a grappolo* rappresentino apparati di senso. 6.) V'ha infine il risultato della *prova di Stenson* nel coniglio, che conferma appunto l'interpretazione da me data fin dalla prima pubblicazione: che, cioè, le t. a forma di piastra del fuso neuro-muscolare sono vere e proprie t. motrici, come la rigorosa analisi istologica faceva presagire.

## SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 8.

Fig. 1. Rigonfiamento fusiforme o regione equatoriale d'un fuso neuro-muscolare d'un gatto adulto (muscoli del polpaccio). *Aa*, fibre nervose del 1° gruppo. *BB' bb'*, fibre nervose del 2° gruppo. *A*, fibre midollate grosse, cioè di senso, che terminano nel tratto prossimale della regione equatoriale con espansioni del cilindrasse nàstriformi ed a spirale attorno alle fibre muscolari. *a*, una delle fibre midollate sottili, cioè di moto, che termina con una placca motrice (*p m*) nella regione prossimale del fuso. *BB'* fibre midollate grosse (di senso), che terminano nel tratto distale della regione equatoriale con espansioni del cilindrasse di varia forma (*a fiorami*) ed a brevi spirali attorno alle fibre muscolari. Queste fibre in *r r'* diventano per breve tratto ricorrenti rispetto e quelle grosse A del 1° gruppo. *bb'*, una delle fibre midollate sottili (di moto) che vanno a terminare nella regione distale del fuso con caratteristiche placche motrici. *c*, altre fibre midollate sottili (di moto) della regione distale del fuso. *etx, etx' etx''*, punti ove termina la guaina midollare delle fibre grosse e donde s'iniziano le terminazioni nervose a nastri ed a forme varie (nella figura se ne possono facilmente fissare altri). *nf, nf'*, un gruppo di nuclei centrali a catena, che forma come il rocchetto della spirale nervosa. *gH, gH'*, guaina lamellare o capsula del fuso; in *gH'* le lamelle capsulari costituiscono un setto fra due spazi linfatici (*spl'* ed *spl''*). - *spl, spl''*, spazii linfatici (periaxial limph space di Sherrington) della guaina lamellare. - *lc, lc'*, leucociti che si rinvengono negli spazi linfatici. *art*, piccola arteria di cui un ramo (*art'*) divenuto intracapsulare si esaurisce in un capillare (*gm, gm'*) che costituisce un gomitolo fra gli strati della guaina lamellare e ne fuoriesce in *cap*, costituendo probabilmente una piccola vena.

Da un preparato ottenuto col metodo all'oro a riduzione graduata. *Koristka oc. 3, obb. 8°* I particolari disegnati con l'*obb. semiapocr.* 1/15 *ad immersione* e con l'*oc. comp. 8.*

Fig. 2. Fuso neuro-muscolare del coniglio (muscoli del polpaccio) 5 giorni dopo che s'era determinata, con la « prova di Stenson » una paralisi flaccida degli arti posteriori. *Aa*, fibre midollate dal 1° gruppo, di cui le sottili *a*, sono in evidente degenerazione walleriana. *BB'*, *bb'*. fibre midollate dal 2° gruppo (distali). Le grosse di senso (*BB'*), inalterate, diventano anche qui ricorrenti, in *r*, rispetto a quelle del 1° gruppo; le sottili *b, b' dw, dw'* sono in degenerazione walleriana; *etx*, terminazioni a spirale ed a forme varie (sensitive) della regione equatoriale rimaste inalterate dopo la « prova di Stenson » *xl, xl'*, placche motrici in *axolisi*.

Met. c. s. Koristka oc. 3. obb. 7. I particolari disegnati con l'obb. 8°.

Fig. 3. Mostruosa terminazione nervosa sopra una fibra muscolare striata del gatto adulto, riscontrata in una zona d'innervazione motrice. *cx, cx'*, grossa fibra nervosa priva di guaina midollare e con tratti più colorati disposti longitudinalmente. *gH. gH'*, sottile guaina di *Henle. fcx*, uno dei rami principali della grossa fibra

nervosa, anche privo di guaina midollare come la fibra e come gli altri rami, e con evidente struttura fibrillare; le fibrille mostrano anche tratti più spessi e più colorati. *f c x'*, rami esilissimi che terminano con varii rigonfiamenti attorno ai nuclei della terminazione. *f c x''*, fibrille isolate che terminano ad ansa.

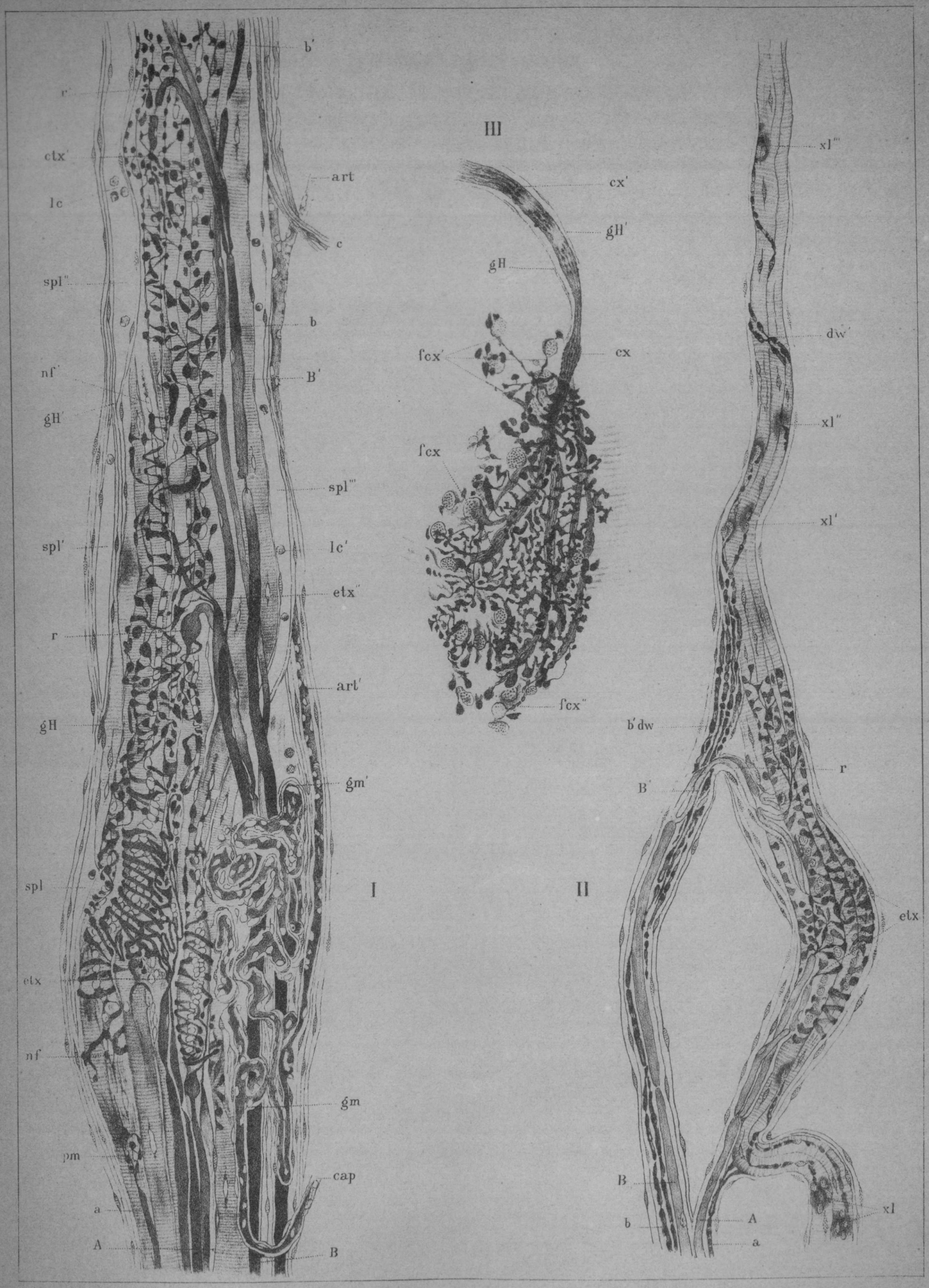
Met. c. s. *Koristka, oc. comp. 6; obb,* $^1/_{15}$ *semiapocrom. ad immersione.* Figura rimpiccolita.

---

*Ricerche fatte nel Laboratorio di Anatomia normale della R. Università di Roma ed in altri Laboratorî biologici, Vol. VI, fasc. 2 e 3 — 1898.*

*Estratto*

56837


b'
r'
ctx'
lc
art
c
spl''
b
nf'
B'
gH'
spl'''
spl'
lc'
etx''
r
art'
gH
gm'
spl
I
etx
nf'
gm
pm
cap
a
A
B
III
cx'
gH'
gH
fcx'
cx
fcx
fcx''
xl'''
dw'
xl''
xl'
b'dw
r
B'
II
etx
B
b
A
a
xl