

BIBLIOTECA
LANCISIANA



4 a 6.

PAR.

Biblioteca medica c

DELLA

LA EDITRICE DOTTOR FRANCO.

IL SISTEMA NERVOSO CENTRALE

OPERA DIVISA IN TRE PARTI

1° Del sistema nervoso in generale. - 2° Dell'Encefalo.

3° Del midollo spinale.

AUTORI

AMOROSO, BARDUZZI, DE STEFANI, GOLGI, LORETA, LUSSATO, MARAGLIANO,
RIVA, SEPPILLI, SILVESTRINI, TAMBURINI, TENCHINI, TOMMASI.

PARTE I.^a

DEL SISTEMA NERVOSO IN GENERALE

A. STEFANI

Prof. di Fisiologia nell'Università di Ferrara

FISIOLOGIA GENERALE

Pagine 104 con 13 incisioni



MILANO

CASA EDITRICE DOTT. FRANCESCO VALLARDI

Via Disciplini, 15.

BOLOGNA

Via Farini, 10.

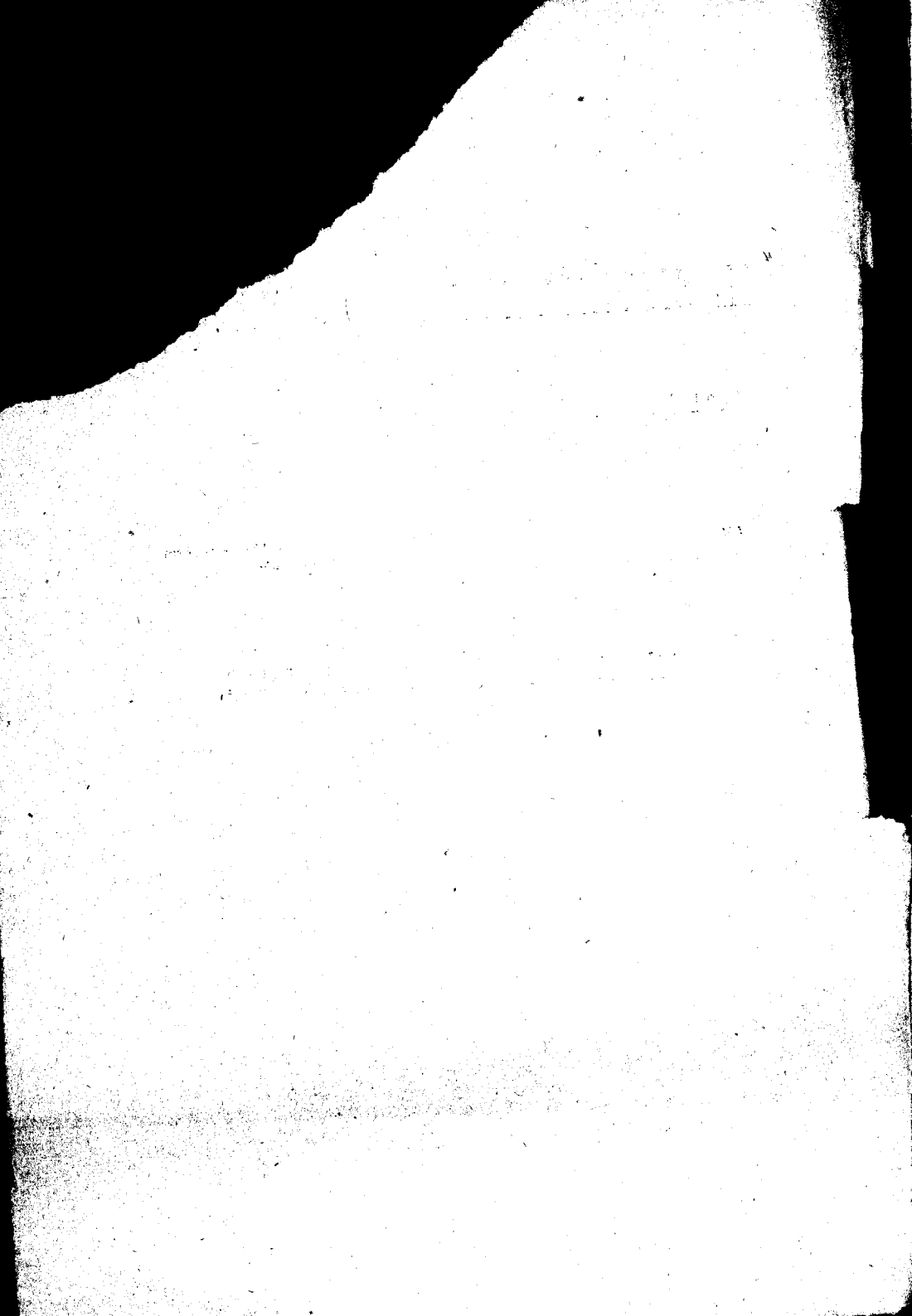
NAPOLI

Via Monte Oliveto, 70.

TORINO

Via Carlo Alberto, 3.

1883.



SISTEMA NERVOSO

(Fisiologia Generale)

DEL

DOTT. A. STEFANI

Professore di Fisiologia nell'Università di Ferrara.



§ 1. CONCETTO FONDAMENTALE INTORNO ALLE FUNZIONI DEL SISTEMA NERVOSO.

Le parti anatomicamente distinte che formano l'organismo animale, sono, dal punto di vista delle loro funzioni, collegate strettamente fra di loro. Esse concorrono con mirabile armonia al disimpegno di funzioni comuni, in modo da dar luogo alla formazione di sistemi od apparecchi, le cui complesse manifestazioni si estrinsecano alla loro volta con una costante corrispondenza, non solamente fra loro, ma benanco colle condizioni dell'ambiente. E ciò a differenza degli organismi vegetali; perchè questi si scindono in altrettanti centri distinti di attività, fra le quali non esistono se non quei legami che derivano dal mutuo contatto degli organi.

Solamente il sistema nervoso possiede le condizioni anatomo-fisiologiche, indispensabili per attivare una coordinazione fra le funzioni dei singoli organi; e perciò è forza di riconoscere in esso il fattore della unità fisiologica degli organismi animali. E difatto il sistema nervoso costituisce la caratteristica anatomica essenziale di questi esseri, potendosi osservare i primi rudimenti di esso anche in animali che occupano i più bassi gradi della scala zoologica; mentre ogni traccia del medesimo manca nei vegetali.

Il compito principale del fisiologo, nello studio delle funzioni del sistema nervoso, consiste quindi nel far conoscere il modo con cui questo sistema coordina le funzioni dei singoli organi ed apparecchi, realizzando l'unità fisiologica degli organismi animali. Ma per riuscire a ciò, egli è necessario, innanzi tutto, studiare le proprietà fondamentali degli elementi nervosi.



§ 2. PROPRIETÀ ANATOMICHE DEGLI ELEMENTI NERVOSI.

Il sistema nervoso distinguesi anatomicamente in *centrale* e *periferico*.

Il centrale è rappresentato dall'asse cerebro-spinale, ed il periferico è rappresentato dai nervi che emanano da questo asse, e dai gangli che si trovano lungo il loro decorso.

Gli elementi istologici del sistema nervoso sono *fibre* e *cellule*. I nervi sono composti esclusivamente di fibre, mentre i centri ed i gangli sono composti di fibre e di cellule. Alcune parti del sistema nervoso centrale hanno un aspetto biancastro ed altre grigio: *sostanza bianca* e *sostanza grigia*. Le prime contengono solamente fibre nervose, e le seconde contengono fibre e cellule.

Nel trattare della struttura delle fibre e delle cellule nervose mi limiterò a ricordare quei fatti che più direttamente possono interessare la fisiologia, senza occuparmi di quelle particolarità che, finora almeno, sono di un interesse esclusivamente anatomico.

a) *Fibre nervose*. — Le fibre nervose (fig. 1) appena tolte dall'animale, prima di essere trattate con alcun reagente, si presentano

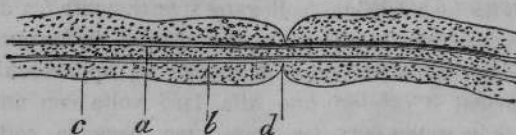


Fig. 1.

- a. Cilindrassa.
- b. guaina midollare.
- c. guaina primitiva o di Schwann.
- d. Strozzamento di Ranvier.

sotto il microscopio come composte di un contenuto apparentemente liquido, che rifrange fortemente la luce, e di una membranella omogenea e sottile, detta *guaina primitiva* o di Schwann.

Il contenuto si scompone però ben presto, anche senza ricorrere ad alcun reagente, in una parte centrale più chiara, *cilindrassa*, ed una periferica più oscura, e splendente, *guaina midollare*.

Secondo Ewald e Kühne, la guaina midollare sarebbe compresa fra due membranelle che sembrano di natura cornea o epiteliale, *guaine cornee*. Una di queste guaine separa la guaina midollare dalla primitiva, e l'altra separa la medesima dal cilindrase. Alcune fibre nervose sono mancanti di guaina midollare, e perciò diconsi amidollate. Esse hanno un aspetto cinereo e si trovano nel sistema del simpatico: sono conosciute sotto il nome di *fibre di Remack*.

Le fibre della sostanza bianca dell'asse cerebro-spinale mancano di guaina primitiva. Le terminazioni periferiche e centrali di tutte le fibre mancano tanto della guaina midollare, quanto della guaina primitiva.

Questi fatti dimostrano, che il cilindrase costituisce la parte essen-

ziale delle fibre nervose, e che ad esso devonsi perciò riferire le proprietà fisiologiche essenziali delle medesime.

Non è ancora ben nota la struttura del cilindrasse, benchè vi siano validi argomenti per ritenerlo formato dalla riunione di sottilissime fibrille, siccome ammise per primo lo Schultze.

La fibra nervosa presenta di tratto in tratto degli strozzamenti anulari, segnalati per primo da Ranvier, in corrispondenza dei quali manca la guaina midollare. Nel punto intermedio fra due strozzamenti la superficie interna della guaina primitiva presenta un nucleo ovale circondato da un piccolo strato di protoplasma.

Tutti gli organi componenti l'organismo sono uniti all'asse cerebro-spinale per mezzo di fibre nervose che lungo il loro decorso non presentano alcuna interruzione, suddivisione od anastomosi.

In vicinanza agli organi di terminazione periferica le fibre nervee perdono le loro guaine, e il cilindrasse va incontro a ramificazioni più o meno numerose, la cui complessiva superficie di sezione è maggiore della sezione del cilindrasse da cui derivano. Queste ramificazioni mettono capo in apparecchi di struttura diversa a seconda dei diversi organi in cui la fibra si porta. Le estremità centrali delle fibre vanno a finire, direttamente o indirettamente, nelle cellule nervose, siccome verrà indicato fra poco. Le fibre del sistema nervoso centrale distinguonsi in due categorie: le une rappresentano la continuazione o il prolungamento delle fibre periferiche; e le altre decorrono invece da uno ad altro gruppo di cellule. Non furono finora verificate suddivisioni, interruzioni od anastomosi neppure lungo il decorso delle fibre centrali.

b) *Cellule nervose.* — Le cellule nervose (fig. 2 A. B.) sono rappresentate da corpicciuoli di forma e grandezza assai diversa. Il loro diametro può variare da 8 a 40 micromillimetri. Hanno un protoplasma più o meno granuloso, nucleo e nucleolo; è dubbia la presenza in esse di una membrana avvolgente. La struttura del protoplasma sembra fibrillare; ma di veramente positivo nulla si sa intorno alla medesima, come nulla si sa intorno ai rapporti fra protoplasma e nucleo.

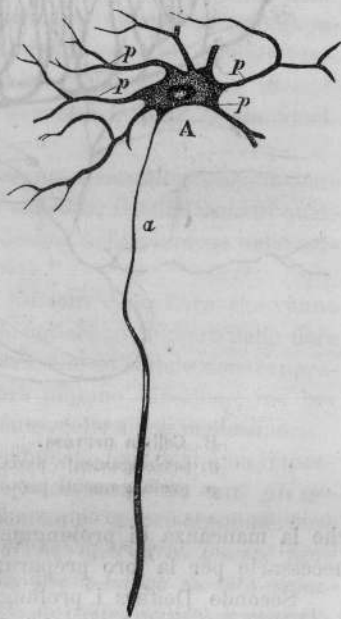


Fig. 2 A.

A. Cellula nervosa.

a. Prolungamento assiale.

p. prolungamenti protoplasmatici.

La nota caratteristica delle cellule nervose consiste nell'essere provvedute di prolungamenti: e secondo il numero di questi esse vengono distinte in *unipolari*, *bipolari* e *multipolari*. Non viene ammessa l'esistenza di cellule nervose apolari, perchè la funzione delle medesime sarebbe incomprensibile; e perchè vi sono validi argomenti per credere,

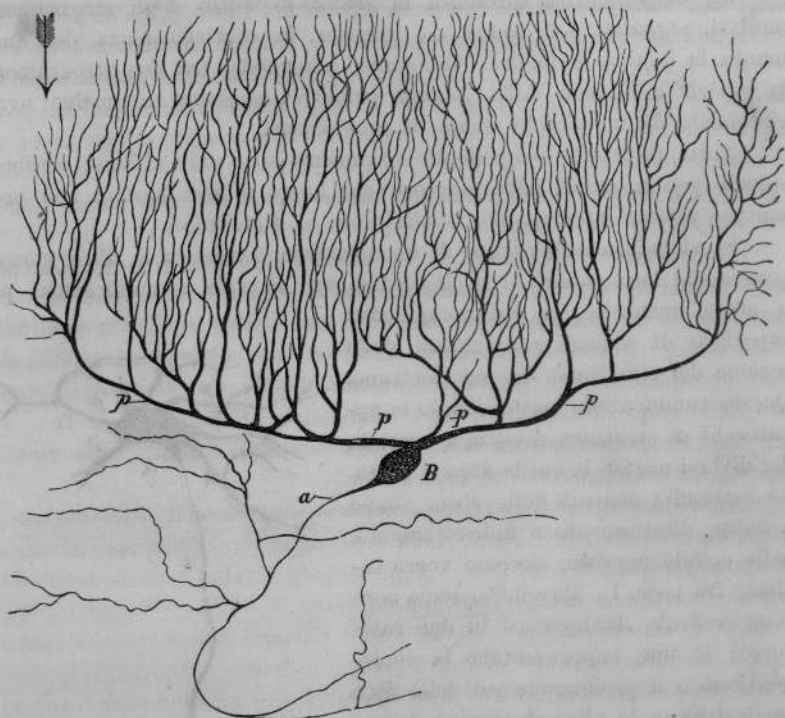


Fig. 2 B.

B. Cellula nervosa.

a. prolungamento assiale con suddivisioni (secondo Golgi).

p. prolungamenti protoplasmatici.

che la mancanza di prolungamenti si deva ascrivere alle manipolazioni necessarie per la loro preparazione.

Secondo Deiters i prolungamenti delle cellule nervose distinguonsi in *assiali* e *protoplasmatici*. Una cellula nervosa non possiede più di un prolungamento assiale, mentre può avere parecchi prolungamenti protoplasmatici.

Il *prolungamento assiale*, altrimenti detto *nervoso*, secondo la maggior parte degli istologi, non presenta lungo il suo decorso alcuna suddivisione; ad una distanza variabile dalla cellula si ricopre di mielina, e si continua quindi nel cilindrase di una fibra nervosa. La non sud-

divisione del prolungamento assiale è però combattuta da Golgi; secondo le osservazioni del quale anche questo prolungamento presenterebbe delle ramificazioni che peraltro sarebbero incomparabilmente meno numerose di quelle che presentano i prolungamenti protoplasmatici.

Il prolungamento assiale fu osservato in tutte le grandi cellule nervose; ma nelle piccole non fu ancora possibile di dimostrarne la presenza.

I prolungamenti protoplasmatici sono originariamente più grossi del prolungamento assiale: si suddividono ripetutamente sciogliendosi in fibrille di una sottigliezza estrema, le quali, secondo Gerlach, formano una rete a maglie assai piccole, diffusa in mezzo alle cellule nervose, *rete di Gerlach*.

I prolungamenti protoplasmatici furono osservati nelle cellule nervose di tutte le dimensioni.

L'esperimento fisiologico ha dimostrato l'esistenza di comunicazioni fra le cellule nervose; ma l'anatomia non ci sa ancor dire, come queste comunicazioni si compiano. La maggior parte degli autori ammettono, che le cellule nervose siano unite fra loro per mezzo dei prolungamenti protoplasmatici e più precisamente della rete di Gerlach, formata dalle anastomosi delle ultime suddivisioni di questi; ma secondo Golgi tale comunicazione ha luogo invece per mezzo delle poche ramificazioni dei prolungamenti assiali.

Secondo alcuni istologi le fibre nervose, oltre che dal prolungamento assiale, possono derivare anche dalla rete nervosa; il cilindrasse di qualche fibra verrebbe formato, secondo i medesimi, dalla riunione delle sottilissime fibrille che compongono questa rete.

Merita considerazione il fatto, che il numero delle fibre che vanno ad un determinato gruppo di cellule, non è uguale al numero delle fibre che da questo derivano; poichè esso dimostra, che le cellule non rappresentano semplicemente dei nodi dove le fibre mutano direzione, ma benanco degli organi di riduzione, o di aumento delle fibre medesime.

Da quanto fu detto deriva un fatto anatomico della massima importanza per il fisiologo, e questo fatto è: *che dall'un canto tutti gli organi componenti l'organismo animale sono uniti al sistema nervoso centrale per mezzo delle fibre nervose: e che dall'altro queste fibre si trovano nel sistema nervoso centrale in più o meno diretta comunicazione fra di loro per mezzo principalmente delle cellule nervose* (1).

§ 3. PROPRIETÀ CHIMICHE DEL SISTEMA NERVOSO.

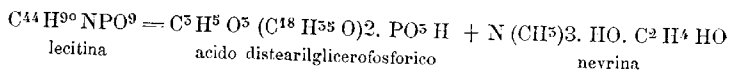
Molto limitate sono le nostre cognizioni rispetto alla composizione chimica del sistema nervoso.

(1) Chi desidera di conoscere tutti i particolari relativi alla struttura degli elementi nervosi, consulti l'interessantissimo lavoro del prof. Golgi: Parte I. della presente opera: *Generalità sul sistema nervoso ed istologia del tessuto nervoso*.

Dalle analisi istituite sopra il cervello e midollo spinale è dimostrato, che in questi organi si trovano fra i *principi organici* :

1° *Albuminoidi* assai affini specialmente alla caseina ed alla fibrina.

2° *Corpi molto ridotti* contenenti cioè l'ossigeno in proporzioni assai piccole. Questi corpi sono, per le loro proprietà fisiche, assai analoghi ai grassi; e fra i medesimi meritano menzione: a) la *lecitina* o *protagone di Liebreich* $C^{44}H^{90}NP O^9$, derivante dall'unione dell'acido distearilglicerofosforico colla nevrina:



b) la *cerebrina* $C^{17}H^{35}NO^5$ glicoside azotato c) la *colesterina* $C^{26}H^{45}HO$ alcoole monovalente con radicale ignoto.

Questi corpi, benchè si rinvengano in molti altri organi, come i corpuscoli del sangue, gli spermatozoi, il tuorlo d'ovo, ecc.; nulladimeno, per la notevole quantità in cui si trovano negli organi nervosi, si possono considerare come caratteristici dei medesimi.

3° *Corpi molto ossidati*: leucina, creatina, xantina, ipoxantina, urea, acido urico, acido lattico, ecc. più o meno comuni a tutti gli organi.

Fra i principi inorganici abbondano nel sistema nervoso principalmente i fosfati ed i sali di potassa. Nelle ceneri si trovano dei fosfati acidi, oltre ad acido fosforico libero, derivante probabilmente dalla scomposizione della lecitina.

Secondo Petrowschi (1) :

PER CENTO PARTI	Sostanza grigia	Sostanza bianca
Acqua	81.6042	68.3508
Parti solide	18.3658	31.6492

Le parti solide, sostanza cerebrale disseccata, erano costituite:

PER CENTO PARTI	Sostanza grigia	Sostanza bianca
Albuminoidi e glutine	55.3733	24.7252
Lecitina	17.3958	9.9045
Colesterina e grassi	18.2402	51.0088
Cerebrina	0.5331	9.5477
Sostanza insolub. nell'etere	6.7135	3.4221
Sali	1.4552	0.5718

(1) Beaunis, *Nouv. elem. de Physiol.* 2^a ed. Parigi 1881. Vol, 1, p. 506.

Nel quadro seguente di Geoghegan (1) sono riportati i risultati di quattro analisi chimiche dei sali del cervello, fatte nel laboratorio di Hoppe-Seyler.

QUANTITÀ DI SOSTANZA NERVOSA	600 grammi			
	600 grammi	500 grammi	500 grammi	500 grammi
Cl.	0,720	0,215	0,660	0,532
PhO ⁴	0,843	0,478	1,008	0,696
CO ²	0,478	0,122	0,274	0,165
SO ⁴	0,136	0,051	0,068	0,066
Fe (PhO ⁴) ²	0,006	0,048	0,049	0,046
Ca	0,003	0,010	0,007	0,011
Mg	0,001	0,034	0,030	0,036
K.	0,978	0,290	0,889	0,760
Na	0,601	0,225	0,557	0,390
Totale	3,775	1,473	3,542	2,272

Ciò che vi ha di nuovo in questa analisi, è la valutazione dell'acido carbonico, che nelle analisi antiche veniva eliminato dall'acido fosforico della lecitina.

Il quadro seguente (2) fa conoscere la quantità d'acqua contenuta nelle diverse parti del sistema nervoso.

PER CENTO PARTI	Analisi di		
	Aitken	Bernhardt	Birkner
Corteccia cerebrale	80.58	85.86	—
Sostanza bianca degli emisferi	69.45	70.08	—
Sostanza grigia del cervelletto	79.94	—	—
Sostanza bianca del cervelletto	67.27	—	—
Corpo striato	69.86	—	—
Talami ottici	74.60	—	—
Midolla allungata	73.75	73.90	—
Midolla cervicale	—	73.05	—
Midolla lombare	—	76.04	—
Cordone del simpatico	—	64.30	—
Nervi	—	—	67.93

(1) Geoghegan, *Ueber die anorganische Gehirnsalze* ez. Zeits. zur physiol. Chemie 1878.

(2) Vedi Beaunis, l. c. p. 507.

Il quadro seguente di Weissbach (1) fa conoscere l'influenza dell'età e del sesso sulla proporzione d'acqua nella sostanza nervosa.

Sesso	Età	CERVELLO		Circon- voluzioni	Cervelletto	Protu- beranza	Midollo allungato
		sostanza bianca	sostanza grigia				
Uomini	20-30 anni	69.56	83.36	78.47	78.85	73.46	74.43
	30-50	68.31	83.61	79.59	77.87	72.55	73.25
	50-70	70.19	83.80	79.61	78.79	72.01	72.24
	70-94	72.61	84.78	80.23	80.34	72.74	73.62
	20-30	68.29	82.62	79.20	79.49	74.03	74.07
Donne	30-50	70.31	83.03	77.29	78.90	72.20	72.98
	50-70	68.96	83.84	79.69	78.45	71.40	73.06
	70-94	72.20	83.95	80.17	79.79	72.41	73.37

Se si esaminano le differenze di composizione fra la sostanza bianca e la sostanza grigia, si trova, che la sostanza grigia contiene maggior quantità d'acqua, di lecitina, d'albuminoidi e di sali; mentre la sostanza bianca contiene maggior quantità di colesterina e cerebrina. Il cervello dei dementi contiene pochissima colesterina.

Il cervello dell'embrione non presenta la detta differenza di composizione fra la sostanza bianca e grigia. In via generale contiene più acqua e meno colesterina del cervello dell'adulto. I cervelli degli animali sono tanto più ricchi d'acqua, quanto meno elevato è l'animale nella scala zoologica (2).

Il tessuto connettivo che circonda e sostiene gli elementi nervosi,

(1) Weissbach, *Der Wasserghalt des Gehirns* ecc. Wiener med. Jahrb, 1868.

(2) Tarchanow ricercando la proporzione delle parti solide nei cervelli di conigli, cani e cavie adulti e neonati ebbe i risultati seguenti:

PARTI SOLIDE PER CENTO

	Conigli	Cani	Cavie
Adulti	21,4	22,4	20,5
Neonati.	11, —	40,5	15, —

È notevole il fatto, che mentre il cervello di conigli e cani neonati non è eccitabile dalla corrente elettrica; il cervello delle cavie neonate, la composizione del quale, rispetto alle parti solide, più si avvicina a quella del cervello delle cavie adulte, risponde invece allo stimolo elettrico. (*Ueb. psychom. Centren bei neugeborenen Thieren und ihre Entwicklung unter den Einflusse verschiedener Bedingungen.* — Jaresh. Ab. d. Fortschr. d. (Anat. und). Physiol. Lett. 1878, p. 33.

secondo Kühne ed Ewald, sarebbe costituito principalmente da *nevrocheratina*, e si avvicinerrebbe quindi al tessuto corneo.

Per ciò che si riferisce alla distribuzione di principi sovraindicati nelle fibre nervose, in base alle analisi micro-chimiche, si ammette: 1.° che il cilindrasse sia costituito da una sostanza albuminoide diversa dalla miostatina. Le reazioni del medesimo sono le seguenti: si colora in rosso col reattivo di Millon; sotto l'azione dell'acido acetico si trasforma in acidalbumina; si gonfia nell'acido acetico allungato; si scioglie nell'acqua, nell'ammoniaca, nella bile e nelle soluzioni allungate di potassa e cloruro di sodio; si indurisce nell'acido cromico, nel bicromato di potassio, e nel bicloruro di mercurio; riduce il cloruro d'oro; si colora in giallo-scuro colla tintura di iodio; si impregna facilmente di materie coloranti (carmino, rosso d'anilina, ematossilina, ecc.); presenta delle strie trasversali, *strie di Frommann*, trattato che sia col nitrato d'argento. 2.° Che la guaina midollare sia composta principalmente di lecitina, colesterina, cerebrina, albumina e forsanco di corpi grassi. Essa offre le seguenti reazioni: si gonfia nell'acqua; si scioglie nell'alcool, nell'etere e nell'essenza di trementina; si colora in rosso trattata con acido solforico, e in bleu scuro trattata con acido iperosmico. 3.° Che la guaina primitiva appartenga alle sostanze collagene: essa si scioglie negli alcali.

Trattati i nervi col succo gastrico e pancreatico, si disciolgono il cilindrasse, la guaina midollare e primitiva, e solo rimane un piccolo residuo dei medesimi, che ne rappresenta come lo scheletro. Questo residuo, *nevrocheratina*, rappresenta, secondo Kühne ed Ewald, il componente principale delle due guaine che racchiudono la guaina midollare.

Intorno alla composizione delle cellule nervose poco si conosce, e si ammette in via generale, che esse siano formate da albuminoidi intimamente commisti alla lecitina e cerebrina.

L'induramento della sostanza nervosa, che si osserva dopo morte, sembra dovuto a solidificazione dei grassi contenuti nella guaina midollare.

La reazione della sezione trasversale dei nervi e del midollo spinale nello stato di riposo, secondo le ricerche fatte da Funke (1) sopra rane e conigli curarizzati, è *neutra*; qualche tempo dopo la morte diventa *acida*, e successivamente, in causa della putrefazione, *alcalina*. Una temperatura da 45-50° ed anche di 100° rende immediatamente acido il tessuto nervoso.

Gscheidlen (2) trovò acida la reazione della sostanza grigia, e neutra quella della sostanza bianca.

(1) Funke. Ber. d. Sächs. Acad. 1859, pag. 161. Citato da Hermann nel suo *Handb.* Vol. II, parte 1^a, pag. 157.

(2) Gscheidlen. *Ueber die chemische Reaction der nervösen Centralorgane.* Arch. f. d. ges. Physiol. VIII, pag. 171, anno 1874.

Kühne e Steiner (1) trovarono alcalina la reazione del nervo olfattorio del lucio, mancante di guaina midollare.

§ 4. PROPRIETÀ FISICHE DEL SISTEMA NERVOSO.

Lo studio delle proprietà fisiche degli elementi nervosi, e più precisamente delle fibre, incominciato sotto gli auspici più lusinghieri, non valse finora a procurarci quei lumi intorno alle funzioni nervose, che dal medesimo ci attendevamo.

a) *Elasticità e coesione.* — L'elasticità e la coesione degli organi nervosi non presentano alcun che di particolare ed interessante. Il grado delle medesime è molto basso, e ciò sta in relazione colla notevole quantità d'acqua che entra nella composizione di essi. Il *coefficiente di elasticità* dei nervi del cadavere umano è, secondo Wertheim (2), = 1,0905, ed il limite di coesione = 0,093.

b) *Rifrazione.* — La fibra nervosa è *birifrangente*, e della doppia rifrazione godono tanto la guaina di Schwann, quanto la midollare ed il cilindrase. La doppia rifrazione della guaina midollare è maggiore di quella del cilindrase: l'asse ottico della guaina midollare e del cilindrase coincidono fra di loro: in relazione a quest'asse la guaina midollare si comporta negativamente, e positivamente il cilindrase.

c) *Colore.* — Il colore bianco delle fibre nervose dipende dalla guaina midollare; e difatto le fibre che mancano di questa guaina, hanno un aspetto cinereo (*fibre di Remack*). Le cellule nervose contengono dei granuli di pigmento in minore o maggiore quantità a seconda della località e l'età dell'individuo: pochissimi nei giovani e molti nei vecchi. La mancanza della guaina midollare e la presenza del pigmento fanno sì, che quelle parti del sistema nervoso centrale, le quali sono formate principalmente da cellule, abbiano un colore più scuro di quelle che sono composte di sole fibre (*sostanza grigia e sostanza bianca*).

d) *Capacità di imbibizione.* — La *capacità di imbibizione* della sostanza cerebrale è assai notevole, come lo provano i casi di edema del cervello. Secondo le esperienze di Marcé (3) la sostanza cerebrale può assorbire una quantità d'acqua eguale al 50 per cento del proprio peso. Secondo Ranke (4) la capacità di imbibizione del midollo delle rane varia per le diverse sostanze: è nulla per il cloruro di sodio, debole per il solfato di sodio, aumenta per il fosfato acido di sodio ed i sali di potassio,

(1) Kühne u. Steiner, *Beobachtungen üb. die markhaltigen und marklosen Nervenfasern*. Untersuchungen d. physiol. Instit. d. Universität Heidelberg. (Riassunto nel Jahresb. üb. d. Fortschritt. d. (Anat. und) Physiol. letterat. 1880, p. 23.

(2) Wertheim, *Annal. d. Chimie et de Physique*, XII 1841 e XXI 1847.

(3) Marcé, *Rech. sur la proportion d'eau ecc.* Journ. de la physiol., t. III.

(4) Ranke, *Die Lebensbedingungen der Nerven*. Leipzig, 1868.

ed è massima per l'acqua distillata. Quando la midolla è stanca, in forza di una soverchia attività, aumenta la capacità di imbibizione della medesima.

e) *Peso specifico.* — Il *peso specifico* della sostanza bianca, secondo Sankey (1) è diverso dal peso specifico della sostanza grigia, quello della prima è 1,041, quello della seconda 1,034. Danilewsky (*Die quantitativen Bestimmungen der grauen und weissen Substanzen in Gehirn.* Med. Centralbl. N.º 14, p. 241. 1880), nei calcoli fatti per determinare il peso assoluto della sostanza grigia corticale del cervello umano, ammette il peso specifico della sostanza grigia eguale ad 1,02926 — 1,03854; ed il peso specifico della sostanza bianca eguale ad 1,03990 — 1,04334.

f) *Proprietà elettriche.* — Sulle *proprietà elettriche* delle fibre nervose fisiologi insigni conversero per parecchio tempo gli studi più pazienti ed accurati. Ma il valore dei risultati ottenuti fu certo al di sotto di quanto si ripromettevano anche i meno esigenti. — Il prof. Hermann, tanto competente in questo genere di ricerche, ha di recente sollevato il dubbio, che i fenomeni elettrici non precisano nei nervi intatti, e siano effetto delle alterazioni chimiche prodotte dal taglio.

Intorno a questo argomento io mi limiterò ad indicare i fatti verificati, e le dottrine con cui vengono interpretati, senza entrare nella discussione delle medesime, tanto più che esse si fondano principalmente sopra osservazioni fatte sui muscoli.

Se si colloca sopra uno dei cuscinetti impolarizzabili di un moltiplicatore molto sensibile, avente ago astatico e 10-20 mila giri di filo, la superficie longitudinale naturale di un nervo e sull'altro cuscinetto la superficie di sezione, denominata *superficie trasversale artificiale*, che si ottiene con un taglio perpendicolare alle fibre del nervo; l'ago galvanometrico devia in modo da indicarci, che il filo del moltiplicatore è percorso da una corrente che va, attraverso al medesimo, dalla superficie longitudinale alla trasversale del nervo.

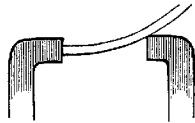


Fig. 3.

La deviazione massima dell'ago galvanometrico si ha, quando sopra un cuscinetto si trova un punto della superficie longitudinale, equidistante dalle due superficie trasversali, vale dire un punto dell'*equatore* del moncone nervoso, e sull'altro cuscinetto la superficie trasversale (fig. 3). Quanto più lontano dall'equatore è il punto della superficie longitudinale che tocca l'un cuscinetto, tanto minore è la deviazione dell'ago.

Se si collocano sui cuscinetti del moltiplicatore due punti della se-

(1) Vedi: Beaunis, *Nouveaux Eléments* ecc. Seconda ediz. Parigi 1881, vol. I, p. 509.

zione longitudinale, non equidistanti dall'equatore (fig. 4), l'ago galvanometrico devia, indicando che il filo del moltiplicatore è percorso da una corrente che va, attraverso di esso, dal punto più vicino al punto più lontano dall'equatore del nervo. La deviazione dell'ago è tanto maggiore, quanto maggiore la differenza delle distanze che separano dall'equatore i due punti del nervo, che trovansi sopra i cuscinetti del moltiplicatore.

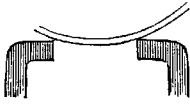


Fig. 4.

Se si collocano sui cuscinetti del moltiplicatore due punti della superficie longitudinale, equidistanti dall'equatore, oppure le due superficie trasversali, l'ago del galvanometro non va incontro ad alcuna deviazione.

Du Bois Reymond (1) fu lo scopritore della elettricità nervosa, e delle particolarità sopraesposte, le quali si possono riassumere dicendo, che

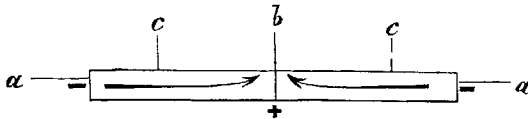


Fig. 5. — a. a. superficie trasversale; b. equatore; c. c. superficie longitudinale.
— Le frecce indicano il decorso della corrente attraverso il nervo.

ogni punto della superficie longitudinale si comporta come elettro-positivo rispetto alla superficie trasversale: che ogni punto della superficie longitudinale, più vicino all'equatore, si comporta con elettropositivo rispetto ad un punto della medesima superficie, più lontano dall'equatore: che la differenza massima fra le tensioni elettriche di un moncone nervoso si nota fra i punti della superficie longitudinale, che si trovano sull'equatore e la superficie trasversale.

Se un pezzo di nervo viene diviso in due, mediante un taglio trasversale, sopra ognuno dei medesimi si verificano le particolarità che erano state verificate nel pezzo di nervo, prima che fosse diviso.

A parità di circostanze, la corrente nervosa è tanto più forte, quanto maggiore la lunghezza e la grossezza del moncone nervoso.

La forza elettro-motoria assoluta della corrente nervosa fu da Du Bois Reymond (2) trovata eguale nelle rane fino a 0.022 Dan. e nei conigli fino a 0.026.

Non si sa, come si comporti la superficie trasversale naturale, perchè non fu ancora possibile di sottoporla ad esperimenti. I tentativi fatti in proposito da Du Bois Reymond e da Holgrem (3) sul nervo ottico, con-

(1) Du Bois Reymond, *Ann. d. Physik*, LXVIII, p. 1. 1843 — *Untersuchungen über thier. Electricität*. Berlin 1848-49.

(2) Du Bois Reymond, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1867, p. 439.

(3) Vedi Hermann, *Handb. der Physiol.* ecc. Leipzig 1879, vol. II, p. I, pag. 146 e seg.

siderando la retina come superficie naturale trasversale, e gli umori e le membrane dell'occhio come conduttori indifferenti, ebbero risultati contraddittori. E perciò non è ancora provata la preesistenza di un potere elettromotorio fra le superficie naturali, longitudinale e trasversale (1).

Tutti quei trattamenti che fanno scomparire le attività fisiologiche del nervo (eccitabilità e conduttività), fanno scomparire anche la corrente propria; però sembra, che questa possa durare qualche tempo più di quelle.

Schiff fece l'osservazione molto importante, che nei nervi colpiti da degenerazione, in seguito a separazione dei centri, si può verificare la corrente propria anche 8-14 giorni dopo che la eccitabilità dei medesimi è scomparsa. L'osservazione di Schiff fu confermata da Valentin (2).

Un taglio parallelo alla direzione delle fibre, è causa della morte del nervo e della scomparsa delle sue manifestazioni elettriche. E perciò non si conosce, come la superficie longitudinale artificiale si comporti rispetto alla superficie trasversale artificiale.

Finalmente merita di essere notato, che Kühne e Steiner (3) verificarono la legge della corrente nervosa anche nel nervo olfattorio del lucio, che è privo di guaina midollare; e che Setschenow (4) verificò la medesima nel midollo spinale delle rane. La corrente propria del nervo olfattorio del lucio sarebbe poi relativamente più forte delle correnti proprie dei nervi delle rane.

g) *Elettrotono*. — Se una corrente continua, detta *polarizzante*, viene applicata sul nervo in direzione longitudinale, la corrente propria di questo subisce delle modificazioni in più od in meno. Questo fatto, noto in fisiologia sotto il nome di *elettrotono*, fu scoperto da Du Bois Reymond (5).

La corrente propria del nervo aumenta, quando la corrente polarizzante decorre attraverso al nervo nel medesimo senso, e diminuisce nel caso contrario.

(1) Kühne e Steiner però, avendo ristudiato di recente il medesimo argomento, sembra siano arrivati ad un risultato positivo. Avendo ripiegata la retina di rane, priva di epitelio, e preparata alla luce del sodio, o sotto una illuminazione rossa, sopra un bastoncino di vetro, trovarono che nello stato di riposo il lato delle fibre si comporta positivamente rispetto al lato dei bastoncelli. *Ueber das Electromotorische Verhalten der Netzhaut*. Unters. a. d. physiol. Institut. zu Heidelberg III, pag. 327. Riassunto nel Jahrb. u. d. Fortschr. d. (Anat. u.) Physiol. letteratura 1880, p. 23.

(2) Schiff, *Lehrb. der Muskel. u. Nerven Physiol.* pag. 69, Lehr, 1858-59.

(3) Kühne u. Steiner, *Beobachtungen über die markhaltigen und marklosen Nervenfasern*. Untersuch. d. physiol. Institut. zu Heidelberg III, p. 149. Riassunto nel Jahrb. üb. d. Fortschr. d. (Anat. u.) Physiol. literat. 1879, pag. 21.

(4) Setschenow, *Galvanische Erscheinungen an der cerebrospinalen Ase der Froches*. Arch. f. d. ges. Physiol. XXV, p. 128, 1881 e XXVII, p. 524. 1882.

(5) Du Bois Reymond, *Untersuchungen ecc.* II. 1, p. 289.

L'aumento della corrente propria viene indicato col nome di *anelettrotono* e la diminuzione col nome di *catelettrotono*.

L'elettrotono si osserva non solamente nel tratto di nervo percorso dalla corrente polarizzante; ma anche ad di là dei poli di questa. E perciò sul medesimo nervo si potrà osservare da un lato della corrente polarizzante la fase elettrotonica positiva, e dall'altro lato la fase elettrotonica negativa.

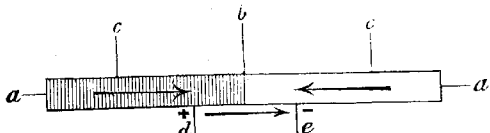


Fig. 6. — a. a. superficie trasversale del nervo; b. equatore; c. c. superficie longitudinale; d. polo positivo della corrente polarizzante; e. polo negativo della medesima. — Le frecce nell'interno del nervo indicano la direzione delle correnti nervose. — La freccia tra i poli della corrente polarizzante indica la direzione di questa.

Il tratto di nervo più scuro si trova in fase elettrotonica positiva, *anelettrotono*, perchè la corrente del medesimo decorre nel medesimo senso della polarizzante; e il tratto di nervo più chiaro trovasi in fase elettrotonica negativa, *catelettrotono*, perchè la corrente del medesimo decorre in senso inverso alla polarizzante.

La fase elettrotonica positiva, in base a quanto fu detto, viene a trovarsi verso il polo positivo, detto *anode*, d'onde il nome di *anelettrotono*; e la fase elettrotonica negativa verso il polo negativo, detto *catode* d'onde il nome di *catelettrotono* (fig. 6).

L'intensità dell'elettrotono cresce indefinitamente col crescere della intensità della corrente polarizzante, senza mai raggiungere un massimo. Le manifestazioni elettrotoniche extrapolari sono tanto minori, quanto maggiore è la distanza dai poli della corrente polarizzante, e finiscono collo scomparire, allorchando questa distanza ha raggiunto un certo grado, variabile a seconda specialmente della intensità della corrente.

A parità di queste circostanze, l'elettrotono è inoltre tanto maggiore, quanto maggiore è il tratto di nervo compreso fra i poli della corrente.

E perciò l'intensità dell'elettrotono è subordinata: 1° alla intensità della corrente polarizzante; 2° alla distanza dai poli della medesima; 3° alla lunghezza del nervo compreso fra questi poli.

Le correnti polarizzanti che percorrono il nervo in direzione perpendicolare alle sue fibre, non danno luogo a manifestazioni elettrotoniche.

Secondo Du Bois Reymond l'elettrotono si manifesta nel momento della chiusura della corrente, e scompare nel momento dell'apertura della medesima, e perciò anche le correnti di brevissima durata, come le correnti di induzione, sono accompagnate da elettrotono.

Noi vedremo più innanzi come i nervi vengano stimolati dalle rapide oscillazioni di una corrente elettrica che gli attraversa; mentre non sono stimolati, o assai meno, durante il passaggio della medesima. E perciò

l'elettrotono potrà essere studiato, non solo per mezzo del moltiplicatore, ma benanco per mezzo di un preparato galvanoscopico.

Si disponga un nervo (1) (fig. 7) sopra un altro nervo (2) unito al suo muscolo (3), in modo che questo venga percorso della corrente propria di quello. Si applichi una corrente continua sul nervo (1); e in conseguenza dell'elettrotono il nervo (2) sarà percorso da una corrente più forte o meno forte di quella da cui ora precedentemente attraversato. Questo nervo verrà quindi stimolato, e provocherà la contrazione del muscolo (3).

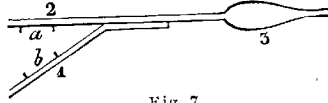


Fig. 7.

Dalla misura del tempo che decorre fra l'applicazione di una corrente sul nervo (2) nel punto (a) e la contrazione del muscolo (3); ed il tempo che decorre fra l'applicazione di una corrente sul nervo (1) nel punto (b) e la contrazione del muscolo medesimo, Du Bois Reymond concluse, che l'elettrotono si propaga lungo il nervo colla stessa velocità con cui si trasmette la eccitazione nervosa, della quale velocità ci occuperemo a lungo più innanzi. Vedi pag. 23 e seg.

Tschirjew (1), essendosi di recente occupato del medesimo argomento, trovò la velocità di trasmissione dei processi elettrotonici ora eguale, ora superiore ed ora inferiore a quella della eccitazione.

Grünhagen (2) istituì molti esperimenti seguendo l'indirizzo di Du Bois, e dai medesimi concluse, che la velocità con cui si trasmette l'anclettrotono è uguale a quella con cui si trasmette il catelettrotono. Perciò che si riferisce al decorso ed alla relativa intensità dell'ana e catelettrotono, Du Bois ammette, che l'anclettrotono cresca lentamente per poi lentamente diminuire, e che il catelettrotono cresca rapidamente, e diminuisca prima rapidamente e poi lentamente.

Allorquando in un punto, compreso fra la corrente polarizzante ed i cuscinetti del moltiplicatore, viene interrotta la continuità fisiologica del nervo, senza che la conduttività elettrica del medesimo possa subire alcun nocimento, p. e. mediante una legatura con un filo di seta umido, oppure mediante un taglio, e l'accostamento successivo delle due superficie di sezione, l'elettrotono non si manifesta; come non si manifesta in seguito a quei trattamenti che sono causa della morte del nervo. E a tale proposito meritano di essere ricordate le osservazioni di Schiff e Valentin (3), secondo le quali i nervi in corso di degenerazione, che presentano ancora una corrente propria, non sono suscettivi di fenomeni elettrotonici.

(1) Tschirjew, *Ueb. d. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der electrotonischen Vorgänge*. Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1879, p. 525.

(2) Grünhagen, *Arch. f. d. ges. Phys.* IV, p. 549. 1874.

(3) Schiff, *Lehrb. ecc.* p. 69.

Questi fatti costituiscono il fondamento principale alla dottrina dell'elettrotono, di cui sarà fatta menzione trattando le varie teorie relative alla natura del movimento nervoso.

§ 5. DOTTRINE RELATIVE ALLA ELETTRICITÀ NERVOSA.

Tre sono le dottrine colle quali si pretende di spiegare la corrente propria dei nervi.

1.° *La dottrina molecolare di Du Bois Reymond.* — Secondo questa dottrina la fibra nervosa si compone di molecole elettromotrici con

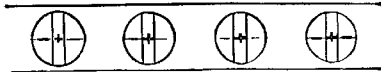


Fig. 8.

una zona equatoriale positiva e due zone polari negative, circondate da una sostanza conduttrice (fig. 8).

Per spiegare poi i fenomeni dell'elettrotono Du Bois ammette, che ognuna di queste molecole peripolari sia composta di due molecole bipolari, i cui poli positivi si trovino rivolti l'uno verso l'altro (fig. 9). Allorquando una corrente



Fig. 9.

viene applicata sul nervo, i poli positivi delle molecole nervose si rivolgerebbero verso l'elettrode negativo della corrente, e viceversa i poli negativi verso l'elettrode positivo (fig. 10). Questo passaggio dalla po-

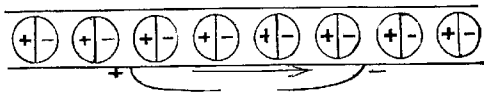


Fig. 10.

sizione peripolare alla bipolare sarebbe, secondo Du Bois, la causa dell'elettrotono.

2.° *Teoria chimica.* — Liebig emise per primo l'idea, che le correnti muscolari potessero dipendere dalla reazione alcalina del sangue da un lato, e dalla reazione acida del tessuto muscolare dall'altro. E Ranke, seguendo l'indirizzo di Liebig, riferì le correnti nervose ad una reazione acida del cilindrasse, ed alcalina della guaina midollare e primitiva. Le reazioni diverse, attribuite al cilindrasse ed alla guaina midollare, si fondano sul comportarsi di queste parti verso il carminato di ammoniaca.

Bequerel ha dato recentemente un novello e potente impulso a questa dottrina, mediante le sue ricerche sui fenomeni elettro-capillari.

3.^o *Teoria della alterazione, di Hermann* (1). — Secondo questa dottrina la corrente non preesiste nel nervo in istato veramente fisiologico; ed è l'effetto invece della mortificazione provocata dal taglio. Hermann ammette, che la sostanza nervosa in corso di mortificazione si comporta come elettro-negativa rispetto alla sostanza che si trova ancora in condizione normale. Hermann fonda la sua dottrina sul fatto, che non fu possibile dimostrare la presenza di correnti nei muscoli e nervi che si trovano in istato perfettamente normale, che queste non si manifestano neppure immediatamente dopo il taglio, ma $\frac{1}{500}$ di secondo dopo il medesimo (questo tempo fu misurato mediante il *reotomo differenziale*); e che questo tempo diventa maggiore, quando si abbassa la temperatura.

L'elettrotono viene da Hermann riguardato quale fenomeno di polarizzazione interna, come lo interpretava Matteucci. Mediante apposite esperienze egli riuscì a spiegare con questa dottrina anche la non diffusione dell'elettrotono al di là del punto di interruzione della sostanza nervosa, sul qual fatto si fondava principalmente la dottrina di Du Bois. La dottrina di Hermann è, a parer mio, la più accettabile, come quella che meglio si accorda coi fatti sperimentali (2).

§ 6. PROPRIETÀ FISILOGICHE DEGLI ELEMENTI NERVOSI.

Le proprietà fisiologiche cardinali degli elementi nervosi, fibre e cellule, sono la *eccitabilità* e la *conduttività*.

A) ECCITABILITÀ.

L'eccitabilità consiste nell'*attitudine a subire delle particolari modificazioni fisico-chimiche, costituenti lo stato di eccitazione, in seguito all'azione di particolari agenti, detti stimoli.*

I. Eccitabilità delle fibre nervose. — Le modificazioni fisico-chimiche, costituenti lo stato di eccitazione dei nervi, si sottraggono interamente alla osservazione macroscopica; e perciò il fisiologo non può argomentare intorno alla eccitabilità ed alla eccitazione nervosa, che per via indiretta, vale a dire per mezzo dei fenomeni che vengono provocati dalla eccitazione nervosa negli organi a cui viene trasmessa.

Fra questi fenomeni quello che viene prescelto a questo studio, è la contrazione muscolare, perchè meglio analizzabile di qualunque altro nei suoi rapporti di tempo e di quantità. Ma, se le modificazioni fisico-chi-

(1) Hermann, *Handb. ecc.* Vol. I, parte I^a, pag. 235, e Vol. II, parte I^a, pag. 469.

(2) Fleischl (*Untersuchungen üb. d. Gesetz der Nervenregung*. Wiener Acad. Sitzungsber. 3 Abth. LXXVIII 1879) — sollevò delle obiezioni contro la teoria di Hermann relativa all'elettrotono: ma Hermann rispose alle medesime, per quanto mi sembra, vittoriosamente. — Hermann, *Ueber von Fleischl zweite vermeintliche Widerlegung meiner Theorie des Electrotonus*. Arch. f. d. ges. Physiol. XX, p. 385.

niche, che rappresentano lo stato di eccitazione dei nervi, non sono visibili macroscopicamente, nulladimeno, per mezzo di delicati strumenti di precisione, alcune di esse si poterono determinare. Tali sono :

a) *Modificazioni relative alla corrente propria.* — La più importante e la più studiata di queste modificazioni consiste nella *diminuzione della corrente propria*, altrimenti detta *oscillazione negativa*.

Preesista o non preesista una corrente propria nel nervo intatto, tutti gli sperimentatori sono d'accordo nel confermare la scoperta fatta da Du Bois Reymond nel 1843 (1), che la corrente propria del nervo subisce una diminuzione, allorquando il nervo viene stimolato, tanto con stimoli artificiali (elettrici e meccanici) che si succedono rapidamente, quanto con stimoli naturali (eccitazione riflessa).

Kühne e Steiner (2) dimostrarono la oscillazione negativa della corrente propria della retina, quando la luce agisce sopra di questa.

Secondo Setschenow (3) si verifica una oscillazione negativa anche nella corrente propria del midollo spinale, allorquando questo passa dallo stato di riposo a quello di eccitazione.

L'oscillazione negativa, entro determinati limiti, cresce col crescere della forza dello stimolo; a parità di stimolo è tanto maggiore, quanto maggiore è l'eccitabilità del nervo; non arriva mai al grado di annullare completamente la corrente propria di questo; ed è indipendente dalla distanza del punto stimolato dal punto esplorato (Du Bois Reymond).

Nei nervi in corso di degenerazione, che pure presentano una corrente propria, siccome fu già notato, non si osserva l'oscillazione negativa, secondo le concordi risultanze di Schiff e Valentin (4). L'oscillazione negativa si manifesta tanto verso l'una, quanto verso l'altra estremità del moncone nervoso, in qualunque specie di nervi (centripeti o centrifughi).

Noi vedremo più innanzi, che l'eccitazione prodotta dagli stimoli artificiali che rapidamente si succedono, *eccitazione tetanica*, è costituita da altrettante eccitazioni, quanti sono gli stimoli. Era perciò interessante di conoscere, se l'oscillazione negativa che si accompagna alla eccitazione tetanica, si compone di altrettante oscillazioni, quante sono le singole eccitazioni del nervo.

Questa questione non poteva essere risolta per mezzo del galvanometro, perchè l'ago, per la sua inerzia, non può indicarci le oscillazioni delle correnti elettriche, che rapidamente si succedono.

Se l'oscillazione negativa, che si accompagna alla eccitazione tetanica del nervo, risultasse di tante oscillazioni, quante sono le singole eccita-

(1) Du Bois Reymond, *Untersuchungen* ecc. II. 1, pag. 425.

(2) Kühne e Steiner, *Ueb. d. electr. Verhalt. d. Netzhaut* ecc. V, più sopra.

(3) Setschenow, *Galvan. Erscheinungen au. d. cerebro-spinal. Axe d. Froshes*. Vedi più sopra.

(4) Schiff, *Lehrb.* ecc. pag. 69.

zioni, essa dovrebbe essere causa di una eccitazione tetanica di un altro nervo che riunisse la superficie longitudinale colla trasversale del nervo stimolato; perchè, come fu già detto più sopra, e come verrà meglio indicato più innanzi, i nervi vengono stimolati, non dal passaggio di una corrente continua, ma dalle rapide modificazioni della medesima.

Du Bois Reymond avea dimostrato, che la diminuzione della corrente propria dei muscoli, la quale si osserva durante la contrazione tetanica dei medesimi, vale a provocare la contrazione tetanica di un preparato galvanico, *tetano secondario*; e che perciò essa si compone di altrettante oscillazioni che rapidamente si succedono. Ma i tentativi fatti con simile indirizzo sui nervi riuscirono senza effetto, forse in causa della debolezza soverchia dello stimolo. Anche di recente Kühne (1), non riuscì ad ottenere nè contrazione, nè tanto meno tetano secondario, per mezzo della diminuzione della corrente propria del nervo olfattorio del lucio, che si accompagna alla eccitazione del medesimo; benché all'apertura ed alla chiusura della corrente propria si verificassero forti contrazioni di muscoli.

Nel 1871 Bernstein (2) analizò, col mezzo del *reotomo differenziale*, l'oscillazione negativa propria di una singola eccitazione del nervo, la quale viene prodotta da uno stimolo istantaneo.

Secondo Bernstein questa oscillazione ha una durata 0,0007 secondi ($\frac{1}{1450}$); si compone di una rapida diminuzione e di un aumento consecutivo più lento; e si trasmette con una velocità di circa 28 metri per secondo: questa velocità, come vedremo fra poco, è eguale a quella con cui si trasmette la eccitazione nervosa.

L'oscillazione negativa non si manifesta nel momento in cui viene applicato lo stimolo sul nervo, ma solo dopo qualche centesimo di secondo; ed egualmente l'eccitazione non compare, che alcuni centesimi di secondo dopo la stimolazione, *periodo di eccitazione latente*. Durante questo periodo, la corrente del nervo presenta, con probabilità, delle oscillazioni in senso positivo.

Secondo Kühne e Steiner anche l'oscillazione negativa della retina è preceduta da una oscillazione positiva.

La durata della oscillazione negativa essendo di 0,0007, e la velocità di trasmissione 28 metri per secondo, ne viene di conseguenza, che l'ampiezza dell'onda da essa rappresentata sia di circa 20 millimetri.

Secondo Bernstein il massimo della oscillazione negativa è tale da neutralizzare ed invertire perfino la corrente propria.

(1) Kühne. *Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven*. Untersuch. d. Phys. Instit. d. Universität Heidelberg. Riassunto nel Jahresber. d. (Anat. und) Physiol. literat. 1879.

(2) Bernstein. *Untersuchungen über die Erregungsvorgang* ecc. Heidelberg 1871, p. 1.

Hermann (1) avendo ripetuti questi esperimenti, trovò che la oscillazione negativa ha una durata un po' più lunga di quella attribuitale da Bernstein.

Secondo le ricerche da me (2) istituite nel 1876, il nervo vago stimolato con una corrente indotta presenterebbe, nel maggior numero dei casi, una oscillazione positiva, invece che negativa, della corrente propria. Volendo subordinare la oscillazione negativa della corrente propria dei nervi di senso e di moto ai processi da cui deriva direttamente la eccitazione del nervo, in base a questa osservazione bisognerebbe concludere, che i processi a cui è subordinata la eccitazione del vago, sono diversi da quelli a cui è subordinata la eccitazione degli altri nervi.

Ma Moleschott ed Hufschmied (3), in precedenza alle mie osservazioni (1862), aveano fatto conoscere, che la oscillazione della corrente propria, tanto del vago quanto degli altri nervi, non è sempre negativa, ma talora anche positiva. Lo Schiff poi attribuisce queste oscillazioni positive ad errori di sperimentazione, dipendenti dalle oscillazioni dell'ago galvanometrico.

b) *Modificazioni relative alla reazione.*— Dopo la scoperta di Du Bois Reymond che la reazione del muscolo da alcalina diventa acida durante la contrazione tetanica, Funcke (4) istituì delle ricerche per vedere, se un simile fatto si verificava anche nei nervi. Mediante cartoline esploratorie di lacca muffa, egli dimostrò, che la superficie trasversale dei nervi e della midolla spinale ha reazione neutra, e che tale reazione diventa acida, sia dopo ripetute stimolazioni artificiali, sia in conseguenza del tetano prodotto dalla stricnina.

Heynsius (5) e Rancke (6) confermarono i risultati di Funcke, i quali invece furono contraddetti da Heidenhain (7) e Liebreich (8). Ma questi autori invece delle carte esploratorie le quali sono più sensibili, adoperarono direttamente la tintura di lacca muffa, oppure delle laminette di gesso o di creta imbevute nella medesima. E perciò i loro risultati non infirmano quelli di Funcke, e dimostrano semplicemente, che l'acidità prodotta dalla eccitazione è così debole, da non poter essere rivelata coi mezzi da essi adoperati (9).

(1) Hermann, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XVIII, pag. 585. 1878.

(2) Stefani, *Sulla eccitazione del vago.* Sperimentale 1876.

(3) Moleschott ed Hufschmied, *Moleschott's Untersuchungen*, vol. VIII, 1862, pag. 58.

(4) Funcke, *Ber. d. sächs. Acad.* 1859, p. 161.

(5) Heynsius, *Meissner Jahrb.* 1859, p. 403.

(6) Rancke, *Die Lebensbedingungen der Nerven.* Leipzig, 1868, p. 1.

(7) Heidenhain, *Studien. d. phys. Instit. zu Breslau.* Leipzig, 1868, IV, p. 248.

(8) Liebreich, *Tagebl. der Naturf. Vers.* zu Frankfurt 1867, p. 73.

(9) Nelle importanti osservazioni fatte sul nervo olfattorio del lucio, privo di guaina midollare, Kühne e Steiner (*Beobacht. üb. d. markh.*, ecc. Vedi sopra) non riuscirono a verificare alcuna acidificazione funzionale.

Ranke avrebbe osservato una diminuzione dell'acqua nei midolli spinali di rane stricnizzate, e da ciò egli conclude, che la eccitazione dei medesimi si accompagna anche a diminuzione di acqua. Ma, secondo Hermann (1), i fatti osservati da Rancke sono lontani da poterci autorizzare ad una simile conclusione.

c) *Modificazioni relative alla temperatura.* — Helmholtz (2) per primo istituì delle ricerche affine di determinare, se la temperatura del nervo aumenta in conseguenza della eccitazione tetanica, siccome avviene della temperatura del muscolo. L'apparecchio termoelettrico da lui adoperato era di una sensibilità estrema, in modo da potere svelare i millesimi di grado; ma nulladimeno le ricerche fatte in proposito sui nervi delle rane, ebbero un esito negativo.

Più tardi Valentin (3) (1863) ed Oehl (4) (1866), con metodo analogo, riuscirono a dimostrare un leggerissimo aumento di temperatura, in seguito alla stimolazione, nei nervi delle rane, delle marmotte e dei conigli.

Heidenhain (1868) (5) però, avendo ripetuti questi esperimenti, non poté che confermare i risultati negativi di Helmholtz.

Ultimo ad occuparsi di questo argomento fu Schiff (1869) (6), ed i risultati da questo autore ottenuti deporrebbero per la reale esistenza di un piccolo aumento di temperatura nei nervi durante la eccitazione. Benchè lo Schiff abbia usato tutte le possibili precauzioni, io non credo peraltro che i risultati da lui ottenuti possano considerarsi come decisivi, in forza delle innumerevoli fonti di errore, che si accompagnano all'uso di strumenti di estrema sensibilità, come quelli che devono rilevare i decimi millesimi di grado. In ogni caso, se questo aumento esiste, egli è estremamente piccolo.

Ma Schiff non si accontentò di studiare i mutamenti di temperatura durante l'eccitazione dei nervi; egli istituì anche delle ricerche per conoscere, se un aumento di temperatura succede nei centri nervosi durante la eccitazione dei medesimi.

A tale scopo egli infisse degli aghi termoelettrici negli emisferi cerebrali di cani, gatti ed uccelli curarizzati, ed in seguito alle impressioni cutanee, ottiche ed acustiche egli notò uno sviluppo di calore nell'emisfero opposto al lato su cui l'impressione sensitiva aveva agito, e in maggior proporzione in corrispondenza alla parte mediana dell'emisfero.

Tale aumento non potea attribuirsi a differenze circolatorie, perchè lo Schiff aveva potuto verificarlo, anche poco tempo dopo l'arresto del cuore e la decapitazione.

(1) Hermann, *Handb. d. Pysiol.* Vol. II, parte Ia pag. 137.

(2) Helmholtz, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1848, p. 158.

(3) Valentin, *Arch. f. Path. Anat.* XXVIII, p. 1. 1863.

(4) Oehl, *Gaz. med. d. Paris.* 1866, pag. 225.

(5) Heidenhain, *Stud. d. physiol. Instit. zu Breslau* IV, pag. 250 Leipzig, 1868.

(6) Schiff, *Arch. d. physiol. norm. et pathol.* pag. 157, anno 1869.

Heidenhain (1870) (1) confermò questi risultati di Schiff mettendo in confronto la temperatura del cervello con quella del sangue aortico. Ma avendo successivamente lo stesso autore dimostrato, che le impressioni dolorose fanno abbassare la temperatura del sangue, i risultati suddetti possono essere suscettivi di una interpretazione diversa.

d) *Modificazioni meccaniche.* — Herless (2) dimostrò, che la elasticità e la consistenza del nervo non subiscono variazioni in forza della eccitazione. I movimenti osservati da Engelmann (3) sono illusioni dipendenti da una irregolarità dei contorni della fibra, che le correnti di induzione valgono a provocare per un'azione fisica, la quale consiste, con tutta probabilità, nello sviluppo di calore. E di fatto questi movimenti apparenti si possono osservare anche in nervi già morti. A proposito di questo argomento credo opportuno di ricordare, che Fleischl (4) osservò dei movimenti protoplasmatici nelle cellule del ganglio di Gasser delle rane, trattate con acido borico.

Le fibre nervose non hanno tutte la medesima eccitabilità, almeno sperimentale. Innumerosi esperimenti a cui furono sottoposte le fibre che compongono i cordoni spinali, hanno finito per dimostrare, che molte di queste fibre sono assolutamente ineccitabili dagli stimoli sperimentali (5).

Nell'encefalo vi sono poi notoriamente delle fibre su cui gli stimoli sperimentali non valgono a provocare fenomeni di sorta. E perciò parmi dimostrato, che l'eccitabilità delle fibre nervose periferiche sia diversa dalla eccitabilità di molte fibre nervose centrali, e che le fibre le quali fanno parte di centri diversi godano di diversa eccitabilità.

Alcuni recenti risultati di Grützner (6) tenderebbero poi a dimostrare, che è diversa anche la eccitabilità delle diverse fibre periferiche. A seconda di questi risultati, i nervi di senso vengono eccitati da una temperatura di 45°-50°, la quale non vale ad eccitare i nervi di moto; mentre una soluzione di sale marino eccita questi e non eccita quelli. Queste differenze potrebbero peraltro dipendere, non da differenze relative alla eccitabilità dei nervi; ma da differenze riferibili agli organi di terminazione dei medesimi. E tale è infatti l'opinione di Grützner.

(1) Heidenhain, *Arch. f. d. ges. Physiol.* III, pag. 504, anno 1870.

(2) Harless, *Abhandl. d. bayr. Acad.* VIII, d. 549. 1853, citato da Hermann nell'*Handb. ecc.* p. 144.

(3) Engelmann, *Arch. f. d. ges. Physiol.* V, pag. 31, anno 1871.

(4) Fleischl, *Sitzungsb. d. Wien. Acad.* 2 Abth. LXI, pag. 813. 1870. Citato da Hermann nell'*Handb.* pag. 144.

(5) Si può consultare in proposito l'articolo di Vulpian: *Moelle (Physiologie)* nel *Dictionn. encyclop. d. scien. méd.* Paris 1874; e meglio ancora Schiff: *Ueber die Erregbarkeit des Rückenmarks* — *Arch. f. d. Ges. Physiol.* B. XXVIII, p. 537. B. XXIX, p. 537. B. XXX, p. 199-1883.

(6) Grützner, *Ueb. die verschied. Art. d. Nervenregung.* *Arch. f. d. ges. Physiol.* XVII. 1878.

II. **Eccitabilità delle cellule nervose.** — Se vi sono dei dubbî per ammettere, che gli stimoli sperimentali valgano a provocare la eccitazione delle cellule nervose; nessuno peraltro può negare ad esse l'attitudine ad essere eccitate da alcuni stimoli fisiologici; ed anzi, a seconda della natura di questi, si distingue nelle cellule un' *eccitazione riflessa*, un' *eccitazione automatica* ed una *eccitazione psichica*. Ma di ciò verrà trattato più opportunamente in altro capitolo.

Assai poco si sa intorno alle modificazioni fisico-chimiche che accompagnano la eccitazione delle cellule nervose. In base ai risultati degli esperimenti di Schiff, più sopra ricordati, sugli emisferi cerebrali, si potrebbe ammettere, con qualche probabilità, che fra queste modificazioni sia da annoverare un aumento di temperatura; e in base ai risultati delle ricerche di Funke sul midollo spinale si potrebbe ammettere, che in forza della eccitazione la reazione delle cellule nervose da neutra diventasse leggermente acida.

Ma, pur facendo astrazione dalla maggiore o minor attendibilità di questi risultati, sarà sempre questionabile, se essi devansi riferire alle fibre, piuttosto che alle cellule degli emisferi e del midollo spinale.

B) CONDUTTIVITÀ.

— *La conduttività consiste nella attitudine degli elementi nervosi a trasmettere alle parti che sono in continuità anatomico-fisiologica col punto stimolato, quelle modificazioni fisico-chimiche che costituiscono la eccitazione.* In conseguenza di questa proprietà, la eccitazione avvenuta in una determinata località del sistema nervoso, può venire trasmessa o agli organi periferici o ai centri nervosi, modificando le funzioni dei medesimi nei modi che verranno più innanzi indicati.

I. **Conduttività delle fibre nervose.** — Affinchè la trasmissione della eccitazione lungo la fibra nervosa possa aver luogo, è necessario che le varie parti della medesima si trovino in continuità anatomica. Quando una fibra è tagliata, anche se i due monconi sono messi in contatto fra di loro, non ha più luogo la trasmissione della eccitazione dall'uno all'altro. E non solo il taglio, ma anche la semplice legatura, o qualunque altro processo che alteri la struttura della fibra nervosa, come ad esempio la compressione, è sufficiente per interrompere la trasmissione della eccitazione. Questi fatti si possono riassumere dicendo, che *per la trasmissione nervosa è necessaria la continuità anatomica delle fibre e la normale costituzione delle medesime.*

a) *Velocità con cui l' eccitazione si trasmette lungo i nervi.* — Helmholtz (1) nel 1850 riuscì a misurare la velocità con cui l' eccitazione si trasmette lungo i nervi di moto delle rane; e in tal modo egli

(1) Helmholtz, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1850, pag. 17.

dimostrò, quanto infondato fosse il dubbio espresso sei anni prima dal suo illustre compatriota Giovanni Müller (1), che questa velocità non potesse essere mai misurata.

Per misurare la detta velocità Helmholtz adoperò dapprima il metodo indicato da Pouillet per misurare tempi brevissimi, e in una seconda serie di ricerche fece uso invece del metodo grafico che per primo egli introdusse nella fisiologia per mezzo del suo miografo.

Questo metodo consiste nel misurare la distanza che passa fra il momento in cui il nervo viene eccitato mediante uno stimolo istantaneo, ed il principio della contrazione muscolare. Conosciuta la velocità con cui si muove il cilindro del miografo, la determinazione del tempo che corrisponde a questa distanza, è una questione di un calcolo semplicissimo.

Ciò posto, egli dispose sul miografo un muscolo col suo nervo, stimolò quindi il nervo in un punto vicino al muscolo, e determinò il tempo decorso fra l'applicazione dello stimolo ed il principio della contrazione muscolare. Questo tempo è un risultato di parecchi fattori; e precisamente: del tempo che impiega lo stimolo a produrre l'eccitazione del nervo: del tempo che impiega l'eccitazione a trasmettersi lungo il nervo: e finalmente del tempo che passa fra l'arrivo della eccitazione nel muscolo ed il principio dello accorciamento della fibra muscolare. Essendo ignoti tutti questi fattori, nulla si può concludere dai risultati ottenuti in tal modo, intorno alla velocità con cui la eccitazione nervosa si trasmette. Ma, se si stimola successivamente lo stesso nervo collo stesso stimolo in un punto più lontano dal muscolo, e si determina nello stesso modo il tempo decorso fra l'applicazione dello stimolo ed il principio della contrazione muscolare, la maggiore quantità di tempo, decorso in quest'ultimo esperimento, deve esprimere il tempo impiegato dalla eccitazione nervosa a trasmettersi lungo il tratto di nervo, compreso fra i due punti successivamente stimolati, poichè tutti gli altri fattori rimangono eguali. La velocità con cui, secondo queste esperienze di Helmholtz, l'eccitazione si trasmette lungo i nervi di moto delle rane è di circa 27 metri per secondo.

Più tardi, Helmholtz (2), unitamente a Baxt, misurò con metodo analogo, anche la velocità dei nervi di moto dell'uomo. Egli fece scrivere sul miografo la contrazione del muscolo adduttore del pollice, mettendo a profitto l'ingrossamento del muscolo, e determinò prima il tempo, decorso fra la stimolazione del nervo mediano nella regione della articolazione della mano ed il principio della contrazione muscolare, e quindi il tempo decorso fra la stimolazione del medesimo nervo nella regione del braccio ed il principio della contrazione medesima. La differenza fra i due tempi in-

(1) Müller, *Handb. der. Physiol.* Coblenz. 1844, pag. 581.

(2) Helmholtz u. Baxt, *Monatsber. d. Berlin. Acad.* 1867, pag. 228, e 1870 pag. 184.

dicava il tempo impiegato dalla eccitazione per trasmettersi dall'uno all'altro dei due punti del nervo, che vennero stimolati.

Il braccio dell'individuo che si prestava all'esperimento, era reso immobile mediante un apparecchio di gesso in cui si trovavano due piccole finestre per l'applicazione degli elettrodi.

Secondo questi esperimenti la velocità di trasmissione dei nervi motori dell'uomo sarebbe di circa 33 m. per secondo.

Chauveau (1) nel 1878 studiò di nuovo la velocità di trasmissione nei nervi motori di grossi mammiferi, servendosi della stimolazione unipolare di cui sarà tenuta parola più innanzi. Il polo negativo veniva applicato sul nervo, e la contrazione muscolare veniva registrata con apposito apparecchio grafico.

In rapporto ai nervi motori dei muscoli striati gli esperimenti furono fatti sul vago e i muscoli della glottide, e sul facciale e il muscolo elevatore del labbro superiore. Gli animali adoperati, cavalli ed asini, erano cloralizzati.

Mentre la velocità trovata dal Chauveau per i nervi motori delle rane era in media di 21 m. per secondo, la velocità verificata nei sunnominati mammiferi fu di 40-75 m. per secondo. Merita considerazione il fatto notato da questo fisiologo, che le vie nervose più lunghe vengono percorse in tempi relativamente più brevi; e ciò perchè nel tratto nervoso vicino al muscolo la velocità è minore.

Chauveau tentò determinare anche la velocità di trasmissione dei nervi dei muscoli organici. Per mezzo di due pinzette miografiche registrò le contrazioni di due tratti di esofago, distanti fra loro 40 centim. prodotte da un' unica stimolazione del vago. Supponendo che l'intervallo di tempo fra le due contrazioni dipendesse dalla distanza diversa (40 centimetri) dal punto del vago stimolato, egli calcolò la velocità di trasmissione delle fibre del vago, che si portano ai muscoli dell'esofago eguale a 8,16 m. per secondo; e perciò otto volte circa inferiore alla velocità di trasmissione delle fibre dello stesso vago, che si portano ai muscoli della glottide. Ma il dato da cui parte Chauveau è tutt'altro che dimostrato: l'eccitazione del vago può trasmettersi ai tratti inferiori dell'esofago attraversando le cellule nervose che trovansi nelle pareti di questo, ed anche, forse, per mezzo delle fibre muscolari. E perciò i detti risultati non si possono accettare.

Helmholtz per primo (1850) tentò misurare anche la velocità di trasmissione dei nervi di senso dell'uomo; e ciò fece nel modo seguente:

(1) Chauveau, *Procédés et appareils pour l'étude de la vitesse de propagation des excitations dans les différentes catégories des nerfs moteurs chez les mammifères*. Compt. rend. LXXXVII, pag. 95. — *Vitesse de propagation des excitations des nerfs moteurs des muscles de la vie animale chez les mammifères*. Compt. rend. LXXXVII, pag. 138. — *Vitesse de propagation des excitations dans les nerfs moteurs des muscles rouges des faisceaux striés soustraits à l'empire de la volonté*. Compt. rend. LXXXVII, p. 238.

Con una corrente elettrica egli irritava la cute di una persona la quale, nel momento in cui percepiva lo stimolo, dovea mediante un movimento della mano aprire il circuito di una corrente, che veniva chiuso dall'atto con cui la cute era stimolata (corrente misuratrice del tempo secondo il metodo di Pouillet).

Il tempo decorso fra l'irritazione ed il movimento di reazione, tempo che più tardi fu poi denominato *tempo fisiologico o tempo di reazione*, e che veniva misurato dal tempo durante il quale rimaneva chiuso il circuito della corrente, si componeva 1° del tempo che impiegava lo stimolo a provocare l'eccitazione, 2° del tempo che impiegava l'eccitazione a trasmettersi fino al cervello, lungo le vie del senso, 3° del tempo necessario al compimento di un processo cerebrale, 4° del tempo che impiegava l'eccitazione a trasmettersi dal cervello ai muscoli lungo le vie del moto, e 5° finalmente del tempo che corrispondeva al periodo di latenza della contrazione muscolare. Le differenze fra i tempi di reazione, verificate stimolando la pelle in luoghi più vicini e più lontani dal cervello, appartenenti però allo stesso arto, date uguali tutte le altre circostanze, doveano indicare, secondo Helmholtz, il tempo impiegato dalla eccitazione a percorrere il tratto di nervo compreso fra i due punti successivamente stimolati. In base ai risultati così ottenuti, Helmholtz calcolò la velocità di trasmissione lungo i nervi di senso dell'uomo a 60 metri per secondo.

Schelske (1), per misurare il tempo di reazione, adoperò l'apparecchio astronomico di Krille, ed ottenne, in rapporto alla velocità di trasmissione lungo i nervi di senso, dei valori eguali alla metà circa di quelli ottenuti da Helmholtz, vale a dire una media di 31 m. per secondo circa.

Hirsch (2), per misurare il tempo di reazione, fece uso del cronoscopio di Hipp, ed ottenne, per la velocità in questione, un valore medio analogo a quello di Schelske, vale a dire 34 metri per secondo. Wittich (3) adoperò il metodo grafico, ed i suoi risultati si accordano con quelli di Hirsch e Schelske; dai quali non differiscono gran fatto neppure quelli di Jäger che fece uso dell'apparecchio di Halle; — secondo i risultati di questo autore la velocità in questione sarebbe di 26 metri. Differiscono invece notevolmente dai risultati sopra indicati quelli di Kohlrausch che praticò il maggior numero di misure adoperando il cronoscopio di Hipp.

I risultati di questo autore furono diversi per le diverse persone, e secondo la tabella riportata da Hermann nel suo Manuale (pag. 20, vol. II, parte 1.^a), tali differenze oscillerebbero fra 56 e 225 metri. La media ottenuta da Kohlrausch è di 94 metri.

Bloch (4) esperimentò con un metodo affatto diverso da quello se-

(1) Schelske, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1861, p. 151.

(2) Hirsch, *Moleschott's Untersuch.*, V. IX, p. 183. 1861.

(3) Wittich, *Zeitschr. f. vat. Med.* 1868, p. 87.

(4) Bloch, *Arch. d. Physiol. norm. et path.* 1875, p. 588.

guito dagli autori sopra citati. Il suo processo si fonda sulla persistenza delle sensazioni del tatto, e può essere riassunto nelle seguenti proposizioni, desunte dalle conclusioni del suo lavoro pubblicato nel 1875.

1.° Se due urti meccanici arrivano successivamente su ciascuna mano, allorchando l'intervallo fra i due urti è sufficientemente corto ($1/35$ di secondo circa), le due sensazioni vengono percepite nel tempo medesimo. Questo sincronismo delle due sensazioni è dovuto a ciò, che quella prodotta dal primo urto perdura ancora, allorchando l'altra arriva al sensorio.

2.° Se a quella delle due mani che riceve il secondo urto, si sostituisce una regione del corpo più lontana dal sensorio, p. es. il piede, per ottenere l'apparente sincronismo è necessario di lasciare fra i due urti un intervallo di tempo più breve (1).

3.° La differenza fra i due intervalli misura la differenza del tempo impiegato dalle eccitazioni per arrivare dal piede e dalla mano al sensorio.

In base ai risultati ottenuti con questo metodo, Bloch calcola la velocità della trasmissione sensitiva nell'uomo come uguale a circa 132 metri per secondo. A proposito di questo metodo non posso astenermi dal dire, che il principio su cui esso si fonda è ancora ipotetico.

Dal complesso dei risultati ottenuti in rapporto alla misura della velocità di trasmissione lungo i nervi di senso, sembrami di potere concludere, che questa velocità, a differenza della velocità di trasmissione lungo i nervi di moto, non è ancora ben nota.

Le differenze che si notano fra i risultati dei diversi autori, fatta esclusione di qualche errore di sperimentazione, tanto facile in questo genere di ricerche, sono da riferirsi. 1.° al fatto, che il tempo, necessario alla percezione delle impressioni sensitive, non dipende semplicemente dalla distanza del punto stimolato dal cervello: esso è il risultato di un processo psichico molto complesso, sulla durata del quale influiscono molte condizioni note ed ignote. Fra le condizioni note sono da annoverarsi l'abitudine e la frequenza con cui determinate zone cutanee vengono sottoposte alle impressioni sensitive. E ciò fu messo in evidenza principalmente dalle osservazioni Wintschgau (2), di Bloch, di Hall, di Marey (3), di Kries ed Auerbach (4) e dalle recentissime di

(1) In tal caso però, anche ammettendo il principio di Bloch, piuttosto che la velocità della trasmissione sensitiva lungo i nervi di senso, si verrebbe a misurare la velocità della trasmissione sensitiva lungo il midollo spinale, dal rigonfiamento lombare al rigonfiamento cervicale.

(2) Wintschgau u. Honigschmied, *Versuche u. Reactionszeit einer Geschmacksempfindung*. Pflüg. Arch. Vol. X e Vol. XI. Wintschgau, *Die physiol. Reactionszeit und der Ortsinn der Haut*. Arch. f. d. ges. Physiol. XXII, p. 87, 1880.

(3) Marey. *La methode graphique dans les sciences experimentales*. Paris 1878.

(4) Kries u. Auerbach, *Die Zeitdauer einfacher psychischer Vorgänge*. Arch. f. Anat. u. Phys. 1877. — Kriess u. Auerbach, *Ueber die Abhängigkeit der Reactionszeiten von Ort des Reziens*. — Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1879, pag. 113.

Buccola (1), le quali tutte s'accordano nel dimostrare, che il tempo necessario alla percezione delle impressioni tattili è tanto più breve, quanto più squisito il senso di località. 2.° Al fatto, che il tempo che impiega un determinato stimolo a produrre una eccitazione, è diverso, con tutta probabilità, a seconda della località della pelle che viene stimolata.

A mio avviso la misura, approssimativa, della velocità di trasmissione lungo i nervi sensitivi non si può ottenere che determinando le differenze di tempo fra la comparsa di due successivi movimenti riflessi di un medesimo muscolo, ottenuti stimolando lo stesso nervo sensitivo prima in un punto più vicino, e poi più lontano dal midollo spinale o viceversa.

Helmholtz osservò, che un abbassamento di temperatura rallenta la velocità della trasmissione nervosa nelle rane, e che un innalzamento la rende maggiore, e che nell'uomo la velocità della trasmissione motrice durante la state è maggiore che durante l'inverno: in conseguenza della temperatura esterna questa velocità può oscillare fra 30 e 90 m. per secondo. Questo fatto è confermato dalle recenti ricerche fatte da Fredericq e Vandewelde (2) sui nervi motori del gambero di mare. Secondo i risultati di questi autori la velocità di trasmissione di questi nervi nell'estate è di 10-12 m. per secondo, e in febbraio e marzo di soli 6 m. Helmholtz osservò inoltre, che la velocità di trasmissione dei nervi motori delle rane e dell'uomo aumenta coll'aumentare della intensità dello stimolo. E ciò fu confermato da Valentin e da Wundt (3).

In opposizione ai risultati di questi autori, Lautenbach (4) intende invece di aver dimostrato, che la velocità della trasmissione è indipendente dalla intensità dello stimolo.

Munk (5) vorrebbe poi aver osservato, che la velocità di trasmissione nei nervi delle rane non è uniforme: in alcune parti del nervo sarebbe maggiore ed in altre minore. Helmholtz e Baxt, nelle loro ricerche sull'uomo, ottennero tali risultati che confermerebbero le conclusioni di Munk, ma essi propendono ad attribuire le differenze osservate a differenze di temperatura.

Valentin negli animali ibernanti trovò, che la velocità della trasmissione nervosa motrice è molto diminuita, fino ad 1 metro per secondo; e Chauveau dimostrò, che nei mammiferi spossati ed anestetizzati è di un terzo inferiore a quella che presentano animali della stessa specie, ro-

(1) Buccola, *Sulla relazione del tempo fisiologico col senso locale cutaneo*. Torino 1881. — *Sulla misura del tempo negli atti psichici*. Rivista sperimentale di Freniatria 1881, fascicolo I.° e II.° p. 1.

(2) Fredericq et Vandewelde, *Vitesse de transmission de l'excitation nerveuse motrice dans les nerfs du homard*. Compt. rend. XCI, pag. 239. 1880.

(3) Wundt, *Untersuch. z. Mechanik der Nerven ecc.* p. II, p. 16. Stuttgart, 1876.

(4) Lautenbach, *Arch. d. scien. phys. et nat.* Luglio 1877.

(5) Munk, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1860. p. 798.

busti e non anestetizzati. Finalmente secondo Richet la compressione del nervo sarebbe causa di diminuzione della detta velocità (1).

Alcuni esperimenti tendono a dimostrare, che la velocità di trasmissione delle fibre periferiche è diversa da quella delle fibre centrali.

Exner (2) trovò la velocità della trasmissione motrice lungo il midollo spinale dell'uomo eguale a 11-15 metri per secondo, e la velocità della trasmissione sensitiva, eguale ad 8 metri circa.

I risultati, relativi alle impressioni sensitive, furono ottenuti mediante la misura dei tempi di reazione, corrispondenti ad impressioni fatte sulla mano e sul piede. La differenza fra questi tempi, astrazione fatta dalla maggiore lunghezza delle vie periferiche, dovea corrispondere al tempo impiegato dalla eccitazione a percorrere il tratto di midollo compreso fra il rigonfiamento lombare, ed il rigonfiamento cervicale. Le cifre relative alla trasmissione motrice furono ottenute modificando l'esperimento in modo facile a comprendersi: esercitando cioè l'impressione sensitiva sempre nel medesimo luogo, e mettendo in contrazione, in seguito alla percezione, ora i muscoli delle dita del piede ed ora quelli delle dita della mano.

Burckhardt (3), esperimentando in modo analogo, trovò la velocità della trasmissione motrice lungo il midollo, eguale ad 8-14 metri per secondo, la velocità di trasmissione delle impressioni dolorose pure eguale a 8-14 metri per secondo, e la velocità di trasmissione delle impressioni tattili 27-50 metri per secondo.

A proposito di questi risultati sarà bene peraltro notare, che non è ancora dimostrato, se le differenze, relative alla velocità della trasmissione spinale e periferica, dipendano da differenze funzionali relative alle fibre, o dalla intromissione delle cellule fra le fibre nervose.

Finalmente gioverà di ricordare, che Bezold (4) osservò una diminuzione della velocità di trasmissione durante lo stato elettrotonico, tanto nelle parti catelettrotonizzate, che nelle anelettrotonizzate, e che tale diminuzione è proporzionale all'intensità dell'elettrotono.

Rutherford (5) modificò poi le conclusioni di Bezold, dimostrando che solo l'anelettrotono diminuisce la velocità di trasmissione, e che il catelettrotono l'aumenta. I risultati di questo autore furono confermati da Wundt (6).

b) *Direzione secondo la quale la eccitazione si trasmette lungo i nervi.* — Una questione di alto interesse è quella che si riferisce alla

(1) Richet, *Physiol. d. muscl. et. d. nerfs.* Paris. Bailliere 1882. Sez. XV.

(2) Exner, *Arch. f. d. ges. Phys.* Vol. VII, p. 632.

(3) Burckhardt, *Die physiol. Diagnostik der Nervenkrankheiten.* Leipzig. 1875.

(4) Vedi Hermann, *Handb. der Physiol.* ecc. Vol. II, p. 1. 25, Leipzig. 1879.

(5) Vedi Hermann, l. c. p. 26.

(6) Wundt, *Untersuchungen zur Mechanik.* ecc. I, p. 145. Erlangen 1871.

direzione secondo la quale si trasmette la eccitazione lungo le fibre nervose. Egli è certo, che negli organismi animali le eccitazioni le quali sono causa di sensazioni, vengono trasmesse dalla periferia verso i centri, mentre le eccitazioni che provocano i movimenti muscolari, vengono trasmesse dai centri alla periferia. Ma la trasmissione nell'una o nell'altra direzione è effetto di proprietà diverse, inerenti alle diverse fibre, oppure effetto di condizioni relative alle connessioni centrali e periferiche delle fibre medesime? In altre parole vi sono, o non vi sono fibre nervose esclusivamente centripete, e fibre nervose esclusivamente centrifughe?

Mediante le ricerche istologiche non si potè verificare finora alcuna differenza di struttura fra le fibre centripete e le fibre centrifughe: questo fatto costituisce evidentemente un argomento in favore della dottrina della *trasmissione indifferente*, secondo la quale le fibre nervose trasmettono l'eccitazione, tanto nell'una quanto nell'altra direzione.

E un argomento di un valore ancora maggiore, e direi quasi decisivo, trova questa dottrina nel fatto, che la oscillazione negativa che accompagna la eccitazione nervosa, si può verificare contemporaneamente, tanto verso l'una quanto verso l'altra estremità del nervo.

Alcuni autori avevano creduto di avere trovato un argomento in favore della trasmissione indifferente, nel fatto che l'elettrotono si sviluppa tanto dall'uno quanto dall'altro lato di una corrente polarizzante. Ma dopo che fu dimostrato, che l'intensità dell'elettrotono diminuisce di mano in mano che cresce la distanza della corrente polarizzante dal punto esplorato, mentre l'intensità della eccitazione non diminuisce, quando si stimola il nervo in un punto più lontano; il fatto in questione ha perduto evidentemente ogni valore.

Per quanto importanti siano gli argomenti sovraesposti, essi però non riescono che ad una dimostrazione per via indiretta della trasmissione indifferente: e tali dimostrazioni non possono mai essere decisive, specialmente in fisiologia. E perciò fu tentato, già da parecchio tempo, di risolvere la questione mediante esperimenti diretti, i quali consistevano nel procurare la riunione di fibre centripete con fibre centrifughe, e nell'osservare quindi, se le eccitazioni delle fibre dell'una specie si potevano trasmettere lungo le fibre dell'altra.

Il primo ad istituire degli esperimenti con tale indirizzo fu lo Schwann (1). Egli tagliò l'ischiatico nervo misto, composto cioè di fibre centripete e centrifughe, di una rana; avvenuta la riunione dei due monconi, stimolò le radici spinali posteriori (composte di fibre esclusivamente centripete) che concorrono alla formazione del medesimo. In seguito a questa stimolazione egli non potè verificare alcuna contrazione nei muscoli che sono innervati dallo sciatico.

(1) Vedi Hermann, *Handb der Physiol.* Vol. II, parte I, pag. 40.

Colla dottrina della trasmissione indifferente questo fatto non avrebbe potuto spiegarsi se non ammettendo, che si fossero unite fra loro solo le fibre della stessa specie, centripete con centripete, e centrifughe con centrifughe. E siccome ciò sembrava allo Schwann piuttosto inverosimile, così egli credette trovare in questi esperimenti un argomento in favore della trasmissione specifica, vale a dire in direzione esclusivamente centripeta per le fibre del senso, ed in direzione esclusivamente centrifuga per le fibre di moto.

Ma ciò che a Schwann sembrava un'inverosimiglianza, potrebbe essere una realtà fisiologica; e perciò l'esperimento sovraindicato, che fu pure ripetuto con eguali risultati da Steinbrück (1), lascia indecisa la questione.

Bidder (2) tentò un esperimento più decisivo. Egli recise il nervo ipoglosso (esclusivamente centrifugo) ed il nervo linguale (creduto esclusivamente centripeto), e procurò che il moncone periferico del primo si riunisse col moncone centrale del secondo e viceversa; ma non riuscì nel suo intento.

Gluge e Thiernesse (3) ritentarono l'esperimento di Bidder, e con risultati più felici. Avvenuta la riunione del linguale coll'ipoglosso, questi autori stimolarono il moncone centrale del linguale, ed una sola volta videro succedere a questa stimolazione qualche leggero movimento nei muscoli della lingua, innervati dall'ipoglosso; e perciò essi non credettero di dovere attribuire questo movimento alla eccitazione del nervo linguale. In base a questi risultati, gli autori suddetti si dichiararono in favore della trasmissione specifica.

Nell'anno successivo (1860) Philippeaux e Vulpian (4) ripeterono lo stesso esperimento. Ottenuta la riunione dei monconi dell'un nervo coi monconi dell'altro, essi narrano, che in seguito alla stimolazione del moncone centrale del linguale si manifestarono dei movimenti nella lingua, e dei segni di dolore in seguito alla stimolazione del moncone periferico dell'ipoglosso.

Questi risultati, confermati successivamente da Rosenthal (5) e dallo stesso Bidder (6), parevano dimostrare con tutta evidenza l'attitudine delle fibre nervose a trasmettere l'eccitazione tanto nell'una quanto nell'altra direzione. Ma successive scoperte hanno dimostrato, che questi risultati possono essere suscettivi di interpretazione diversa. Le manifestazioni di dolore possono costituire un fatto di sensibilità ricorrente propria, se-

(1) Steinbrück, *De nervorum regeneratione*. Berlino 1838, pag. 59.

(2) Bidder, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1842, pag. 102.

(3) Gluge et Thiernesse, *Journal de la Physiologie*. Vol. II, pag. 686, anno 1859.

(4) Philippeaux et Vulpian, *Compt. rend. I.I.*, p. 363, anno 1860.

(5) Rosenthal, *Centrabl. f. d. med. Wiss.* 1864, pag. 449.

(6) Bidder, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1865, pag. 246.

condo le ricerche di Arloing e Tripier (1), dei monconi periferici di tutte le specie di nervi, e dipendente, con probabilità, da un decorso in senso inverso di alcune fibre nervose sensitive, arrivate che sono alla periferia.

Per quanto poi si riferisce ai movimenti ottenuti stimolando il moncone centrale del linguale, lo stesso Vulpian (2), in forza di novelle ricerche, si credette in dovere di modificare le sue prime conclusioni, ammettendo che « la eccitazione la quale si trasmette dal linguale all'ipoglosso, quando viene stimolato il moncone centrale del primo, unito al moncone periferico del secondo, si propaghi dall'uno all'altro nervo unicamente per mezzo delle fibre della corda del timpano (fibre centrifughe), le quali sono unite al linguale ».

E perciò anche questi esperimenti lasciano la questione indecisa.

Un esperimento molto ingegnoso fu fatto da Bert (3), sempre in relazione a questo argomento.

Cruentata l'estremità della coda e la cute del dorso di un sorcio, egli tentò di ottenere la riunione delle due superficie sanguinanti. Avvenuta questa riunione, egli tagliò all'animale la coda in vicinanza della sua radice, e quindi irritò il moncone periferico della medesima. A questa irritazione egli vide che l'animale rispondeva con segni di dolore, e da ciò concluse, che la eccitazione sensitiva poteva trasmettersi verso i centri seguendo una direzione inversa alla normale. Ma secondo Franck (4) neppure l'esperimento di Bert è decisivo, perchè il dolore provato dall'animale potrebbe essere riguardato come un fatto di sensibilità ricorrente.

E perciò dobbiamo concludere, che la questione relativa alla trasmissione indifferente o specifica delle fibre nervose non è ancora definitivamente risolta, benchè in favore della trasmissione indifferente militino le maggiori probabilità.

Coloro i quali accettano la dottrina della trasmissione indifferente, ammettono, che la trasmissione in senso centripeto o centrifugo delle eccitazioni nervose debbasi attribuire a condizioni ancora ignote, proprie delle cellule nervose, in conseguenza delle quali, queste cellule vengono a funzionare come altrettante valvole che permettono la trasmissione solamente in un senso. Accettando questo modo di vedere, il quale si fonda principalmente sul fatto, che lo stimolo del moncone centrale di una fibra motrice non è seguito da alcun effetto, devonsi riguardare come *centripete* le fibre che mettono capo a cellule le quali permettono un'ulteriore trasmissione della eccitazione verso i centri superiori, e

(1) Arloing u. Tripier, *Arch. d. Physiol. nor. et path.* 1873, pag. 597.

(2) Vulpian, *Compt. rend.* LXXVI, pag. 146, anno 1873.

(3) Bert, *Journ. de l'Anat. et de la Physiol.* 1864, pag. 82 *Compt. rend.* LXXXIV, 1877, pag. 173.

(4) Franck, Vedi articolo *Nerveux système* (physiologie) nel *Dictionn. encyclop.* Paris 1878.

centrifughe quelle fibre che mettono capo a cellule le quali non la permettono.

c) *Legge della trasmissione isolata lungo le fibre nervose.* — I nervi per la massima parte sono *misti*; si compongono cioè di fibre centripete e centrifughe, le quali mettono capo in organi diversi, e servono quindi alla trasmissione di eccitazioni che sono seguite da effetti diversi. Quando si stimolano alcune fibre di questi nervi, si ottengono sempre i medesimi effetti, che sono perfettamente distinti da quelli che succedono alla stimolazione delle altre. Questo fatto dimostra, che la eccitazione di una fibra non si comunica mai alla fibra vicina, ed è noto in fisiologia sotto il nome di *legge della trasmissione isolata della eccitazione lungo le fibre nervose*, la quale fu formulata nettamente per la prima volta da J. Müller (1).

Questa legge è della massima importanza nella fisiologia del sistema nervoso, perchè ad essa sono subordinati i fatti relativi alla localizzazione delle sensazioni e dei movimenti; e s'accorda perfettamente col fatto anatomico del decorrere delle fibre nervose senza incontrare anastomosi colle fibre vicine.

II. Trasmissione della eccitazione attraverso le cellule nervose. —

Che la eccitazione possa trasmettersi attraverso le cellule nervose, lo dimostra il fatto delle azioni riflesse di cui si tratterà più innanzi. Affinchè la eccitazione possa passare da una fibra sopra un'altra, essa deve attraversare almeno una cellula nervosa, perchè queste cellule costituiscono l'anello necessario alla comunicazione di una con altra fibra. L'attitudine delle cellule a trasmettere l'eccitazione è poi, se non assolutamente dimostrata, almeno resa di una grandissima probabilità, dagli esperimenti istituiti sopra il midollo spinale, i quali fanno conoscere, che le eccitazioni possono passare attraverso lo stesso, anche quando sono recisi tutti i cordoni componenti la sostanza bianca, purchè rimanga intatta almeno una parte dell'asse grigio centrale.

La continuità anatomica e la normale costituzione degli elementi cellulari sono condizioni indispensabili per la trasmissione attraverso alle cellule, come lo sono per la trasmissione lungo le fibre.

Dopo una sezione completa del midollo spinale, o qualunque altra azione meccanica che valga a disorganizzarlo, la trasmissione non ha più luogo dalle parti sovrapposte alle sottoposte, o viceversa.

a) *Velocità di trasmissione attraverso alle cellule nervose.* — Per ciò che si riferisce alla velocità di trasmissione attraverso alle cellule nervose, non possiamo avere che dei dati approssimativi in base alle ricerche relative alle azioni riflesse le quali consistono nel trasporto di

(1) J. Müller, *Handb. der Physiol.* Coblenz 1844. p. 585.

una eccitazione da una fibra sopra un'altra per mezzo delle cellule nervose.

Helmholtz tentò per primo di misurare il tempo che impiega la eccitazione ad essere trasportata da una fibra di senso sopra una fibra di moto, attraverso l'asse grigio spinale. A tale scopo egli determinò prima il tempo che passa fra la stimolazione di una radice spinale posteriore (sensitiva) e la contrazione riflessa di un muscolo innervato dalla radice anteriore (motrice), che esce dal midollo alla stessa altezza; e poi determinò il tempo che passa fra la stimolazione di questa radice anteriore e la contrazione del muscolo medesimo. La differenza fra i due tempi deve corrispondere al tempo impiegato dalla eccitazione centripeta a trasmettersi attraverso il midollo spinale. In base ai risultati ottenuti, Helmholtz calcolò questa velocità come eguale, approssimativamente, a $\frac{1}{12}$ di quella che è propria delle fibre nervose.

Secondo Rosenthal (1) la velocità della trasmissione riflessa attraverso alle cellule spinali aumenta coll'aumentare della intensità dello stimolo. Questa asserzione trova conferma nei risultati delle ricerche di Exner, relative alla misura del tempo che decorre fra l'irritazione elettrica della congiuntiva e la chiusura riflessa dell'occhio. Secondo Exner questo tempo oscilla fra 0,047-0,055 di secondo, ed i valori più bassi dello stesso corrispondono agli stimoli più forti.

Wundt (2) confermò i risultati di Helmholtz sperimentando, secondo lo stesso principio, mediante il miografo a pendolo; ma non potè verificare il rapporto segnalato da Rosenthal fra la velocità di trasmissione e la intensità dello stimolo.

Secondo Rosenthal la velocità della trasmissione riflessa diminuisce inoltre col crescere della stanchezza del midollo.

Rispetto alla velocità di trasmissione attraverso alle cellule degli emisferi cerebrali, finora possiamo dire solamente, in base alle numerosissime ricerche fatte sul tempo di reazione, che questa velocità è notevolmente diversa nei diversi uomini, che nelle persone educate è maggiore che nelle persone rozze, che nei giovani è maggiore che nei vecchi, che la stanchezza, la distrazione e l'indisposizione fisica la rendono minore (3).

b) *Direzione secondo la quale la eccitazione si trasmette attraverso alle cellule.* — Coloro i quali ammettono, che le fibre trasmettono le eccitazioni tanto verso la periferia quanto verso i centri, sono costretti

(1) Vedi Vulpian, *Moelle epinière* (Physiologie). Diction. encycloped. des scien. Med. Paris Masson 1874. p. 502.

(2) Wundt, *Untersuch.* ecc. II p. Stuttgart 1876.

(3) Oltre i lavori sopracitati vedi anche Obersteiner — *Experimental researches on attention*. Brain IV (Riassunto nel Jaresber. Ab. d. Anat. und Physiol. litteratura 1879, pag. 31).

pure di ammettere nelle cellule un'attitudine a trasmettere la eccitazione a preferenza in una direzione, e di impedirne la trasmissione in un'altra. Senza riconoscere nelle diverse cellule questa proprietà, non si potrebbe comprendere, come la stimolazione del moncone centrale dei nervi motori non sia mai seguita da alcun fatto di sensazione, o da qualunque altro fenomeno relativo ai centri nervosi: nè si potrebbe comprendere, come ad onta delle connessioni che indubbiamente esistono fra le cellule, l'eccitazione di un determinato centro potesse portarsi regolarmente ad un determinato muscolo, in modo da provocare quello e non altro movimento; e viceversa una impressione sensitiva potesse essere sempre riferita a quella località della pelle, che viene stimolata.

Ma quale sia il meccanismo per mezzo del quale la cellula permette la trasmissione in un senso e la impedisce in un altro, nessuno lo sa; e non vi sono neppure dati per poterlo con qualche fondamento supporre.

Gli esperimenti a cui furono sottoposti i centri nervosi hanno dimostrato, che se mediante qualche artificio viene impedita la trasmissione delle eccitazioni attraverso una determinata località, essa col tempo si può effettuare attraverso una località diversa.

Negli animali si potè verificare la persistenza della sensibilità dopo il taglio di tutto il midollo meno il *cordone posteriore* (Schiff), oppure meno i cordoni laterali (Woroschiloff); dopo il taglio di tutti i cordoni di sostanza bianca (Schiff o Brown-Sequard); dopo un taglio di tutti i cordoni e dell'asse grigio meno un solo corno posteriore (Brown-Sequard); dopo due emisezioni in senso inverso, le quali fatte allo stesso livello avrebbero reciso il midollo completamente (Schiff e Van Deen) (1).

Questi fatti, conosciuti in fisiologia sotto il nome di *sostituzioni funzionali*, si spiegano da molti ammettendo, che nelle cellule nervose vi sia una direzione, lungo la quale la trasmissione si compie con maggiore facilità, *via principale*: delle direzioni lungo le quali si compie con facilità minore, *vie secondarie*: e delle direzioni lungo le quali non si compie affatto; e che la trasmissione si effettui per le vie secondarie, quando non può aver luogo per la via principale. Questa supposizione s'accorda col fatto anatomico dei molti prolungamenti di cui son provvedute le cellule nervose, e trova conferma nella legge di Pflüger (2), relativa alla diffusione dei movimenti riflessi, quando cresce l'intensità dello stimolo sensitivo, che li provoca.

Allorquando lo stimolo è debole, i movimenti riflessi si effettuano solamente in quell'arto su cui agisce lo stimolo: allorquando lo stimolo è più forte, entrano in contrazione anche i muscoli dell'arto corrispondente dell'altro lato: se la intensità dello stimolo aumenta ancora, entrano in

(1) Puoi consultare in proposito l'articolo di Vulpian: *Moelle* (physiologie) nel Diction. encyclop. d. scien. med. Paris 1874.

(2) Pflüger, *Ueber die sensorische Functionen des Rückenmarks*. Berlin 1853.

contrazione anche i muscoli degli arti anteriori, se lo stimolo era applicato sui posteriori, e viceversa; e precisamente prima quelli dello stesso lato e poi quelli dell'arto del lato opposto. Questi fatti dimostrano, che le cellule hanno l'attitudine di trasmettere l'eccitazione in parecchie direzioni, e che fra queste ve ne sono alcune che offrono una maggiore ed altre una minore resistenza. Le cellule non sono quindi soggette, come le fibre, nè alla legge della trasmissione isolata, nè alla legge della trasmissione indifferente: ed a questo fatto devonsi ascrivere gli effetti complessi e coordinati delle eccitazioni che attraversano i centri nervosi.

C) DIFFERENZE FRA LA ECCITABILITÀ E LA CONDUTTIVITÀ DELLE FIBRE
E LA ECCITABILITÀ E LA CONDUTTIVITÀ DELLE CELLULE NERVOSE.

Nelle condizioni normali dell'organismo, l'eccitabilità delle fibre non viene quasi mai messa in azione: le fibre non fanno che trasmettere l'eccitazione dai loro organi di terminazione periferica agli organi di terminazione centrale, e viceversa.

Dallo studio dei movimenti riflessi è poi dimostrato: 1° che uno stimolo il quale raggiunga appena la intensità necessaria per provocare la contrazione di un muscolo allorquando è applicato sopra un nervo motore, non è sufficiente a produrre una contrazione riflessa allorquando viene applicato sopra un nervo di senso; 2° che uno stimolo il quale abbia appena la intensità necessaria per provocare una contrazione muscolare riflessa, applicato sopra un nervo motore produce una contrazione minore per grado e per durata (1).

A questi fatti si aggiunga quello già noto, che la velocità di trasmissione delle fibre è assai maggiore di quella delle cellule, e si avranno elementi sufficienti per concludere, che nelle cellule la eccitabilità prevale alla conduttività, e viceversa nelle fibre. Sotto a questo punto di vista, le cellule potrebbero quindi essere rassomigliate ai corpi cattivi conduttori, che servono a conservare le tensioni elettriche, e le fibre ai corpi buoni conduttori che servono a trasmetterle. Accettando questo paragone, le differenze fra le fibre e le cellule, potrebbero essere riguardate come l'effetto di una maggiore resistenza nelle cellule allo stabilirsi di uno squilibrio fisico-chimico, ed alla ricomposizione del medesimo, una volta avvenuto.

(1) Wundt, *Grund. der physiol. Psychol.* 2° ediz. Vol. I. Leipzig, 1880, p. 255-256.

§ 7. STIMOLI NERVOSI.

Gli stimoli nervosi sono *condizioni fisiche o chimiche le quali valgono a provocare negli elementi nervosi quelle intime modificazioni che caratterizzano lo stato di eccitazione dei medesimi.*

Gli stimoli si dividono in *sperimentali e naturali.* Gli stimoli sperimentali sono quelli di cui fa uso il fisiologo nei suoi esperimenti; e si distinguono secondo la loro natura in *elettrici, termici, meccanici, e chimici.*

Gli *stimoli naturali* sono quelli che provocano l'eccitazione degli elementi nervosi nelle condizioni normali degli organismi.

L'azione dello stimolo sugli elementi nervosi si desume dalla contrazione dei muscoli striati; poichè, siccome fu detto più sopra, questa contrazione rappresenta l'effetto meglio analizzabile della eccitazione nervosa.

A) STIMOLI ARTIFICIALI.

Gli stimoli artificiali vengono applicati lungo la fibra nervosa, dove, siccome fu già indicato, non agisce mai lo stimolo naturale.

Non si sa, se lo stimolo artificiale possa agire sulla cellula nervosa, oltre che sulla fibra; perchè non è possibile di sottoporre esclusivamente delle cellule ad un'azione fisico-chimica. Gli effetti della stimolazione artificiale della sostanza grigia, possono essere effetti della stimolazione delle cellule, come delle fibre o della rete nervosa che concorrono alla formazione di essa.

Molte fibre nervose centrali non rispondono inoltre agli stimoli artificiali; e perciò l'azione di questi sarà studiata in rapporto specialmente alla eccitabilità della fibra nervosa periferica.

I. Stimoli elettrici. — La stimolazione dei nervi mediante la elettricità può essere fatta con correnti continue, con correnti indotte, con scariche elettriche e finalmente mediante l'applicazione sul nervo di un solo polo della corrente o del condensatore elettrico.

a) *Corrente continua.* — **1. Azione eccitante della corrente continua.** — L'azione eccitante delle correnti elettriche sulle fibre nervose fu dimostrata da Volta e da Galvani. Du-Bois Reymond (1) ha il merito di avere formulata nel 1845 la legge, secondo la quale avviene la eccitazione del nervo di moto in causa della applicazione sul medesimo di una corrente continua. « Il nervo di moto non reagisce mediante la contrazione del proprio muscolo al valore assoluto della densità della corrente (Stromdichtigkeit), ma ai mutamenti di questo valore da un

(1) Du-Bois-Reymond, *Mittheil. in der physiol. Ges. zu Berlin* (8 agosto 1845). Citato da Hermann pag. 50.

momento all'altro; e l'impulso al movimento, dipendente da questi mutamenti, è tanto maggiore, quanto, a parità di grandezza, più rapidamente essi si compiono, ed a parità di tempo, quanto maggiori essi sono » (1).

E perciò la eccitazione del nervo di moto, in forza dell'applicazione di una corrente continua, ha luogo solamente nel momento della chiusura e dell'apertura del circuito della corrente, e quando la corrente subisce delle rapide oscillazioni in più od in meno. Le oscillazioni lente non hanno alcun effetto.

La legge sovraesposta dovette peraltro essere modificata successivamente, in forza delle ricerche dello stesso Du-Bois Reymond, di Pflüger, di Eckhard, di Wundt ed altri, dalle quali fu dimostrato, che la corrente continua è causa di eccitazione del nervo di moto anche durante il suo passaggio.

Alla fisiologia era già noto, che la corrente continua poteva provocare, durante il suo passaggio, una sensazione continua, o di dolore, o di gusto, o di luce, a seconda dell'organo di senso su cui veniva applicata; ma tale fenomeno non veniva attribuito ad un'azione della medesima sulle fibre nervose, ma sugli organi periferici del senso.

Du Bois Reymond (2) per primo notò l'azione tetanizzante delle correnti continue forti durante il loro passaggio, ma credette di doverla riferire ad una azione secondaria di elettrolisi. Eckhard (3) spiegò invece il fenomeno riferendolo ad una incostanza della corrente dipendente da polarizzazione. Ma più tardi Pflüger (4) dimostrò, che le correnti continue manifestano regolarmente un'azione tetanizzante, anche quando sono deboli, e quando viene evitato ogni fatto di polarizzazione.

L'azione tetanizzante delle correnti continue sui nervi di moto cresce, fino ad un certo punto, colla intensità della corrente, per poi diminuire e cessare completamente, quando la corrente è molto forte: è maggiore quando la corrente è discendente, e quanto più lungo è il tratto di nervo percorso dalla medesima. Dalle ricerche di Pflüger e di Bezold pare dimostrato, che questa azione tetanizzante derivi dal catode.

Secondo Grützner (5) i nervi secretori e vasomotori non vengono stimolati durante il passaggio della corrente continua, e vengono stimolati invece durante il medesimo i nervi centripeti, oltre i nervi di moto.

2. *Influenza della direzione e intensità della corrente.* — La corrente continua a seconda della sua direzione e intensità esercita azioni

(1) Vedi Hermann, *Handbuch der Physiol. ecc.*, pag. 50, vol. II, parte 2^a. Leipzig, 1879.

(2) Du Bois-Reymond, *Untersuchungen ecc.* I pag. 158. (1848).

(3) Eckhard, *Beiträge zur Anat. u. Physiol.* I, pag. 41 (1855).

(4) Pflüger, *Untersuch. u. d. Physiol. der Electrotonus.* Berlin 1859, pag. 446.

(5) Grützner, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XVIII pag. 288.

diverse sul nervo di moto nel momento della chiusura ed apertura del circuito. La legge con cui, secondo Pflüger (1), queste diverse azioni si esplicano, è la seguente:

Intensità della corrente	Corrente ascendente		Corrente discendente	
	chiusura	apertura	chiusura	apertura
debole	contrazione	riposo	contrazione	riposo
media	contrazione	contrazione	contrazione	contrazione
forte	riposo	contrazione	contrazione	riposo o debole contrazione

Questa stessa legge fu formulata con qualche differenza da Heidenhain e da Wundt; ma la maggior parte degli sperimentatori accetta lo schema di Pflüger.

Pflüger ammette, e ne vedremo più innanzi le ragioni, che la legge sopra esposta sia subordinata al fatto, che solamente uno degli elettrodi agisce eccitando il nervo, e precisamente il catode alla chiusura della corrente, e l'anode all'apertura; e che l'eccitazione nel primo caso dipende dalla comparsa del catelettrotono, e nel secondo dalla scomparsa dell'anelettrotono. Le rapide oscillazioni in più corrispondono alla chiusura del circuito, e le rapide oscillazioni in meno alla apertura. La direzione della corrente ha effetti opposti, se questa viene applicata sui nervi di senso. I primi a dimostrare questo fatto furono Marianini e Matteucci (2) in base alla osservazione, che una corrente forte, applicata in direzione ascendente sullo sciatico (nervo misto) della rana e del coniglio, è seguita da manifestazione di dolore nel momento di chiusura, e da contrazione dei muscoli della gamba nel momento dell'apertura.

Pflüger confermò le conclusioni degli autori sopracitati avendo osservato, che i movimenti riflessi, nelle rane debolmente stricnizzate, si manifestano solo alla chiusura di una corrente continua, applicata sul moncone centrale dello sciatico, e non alla apertura della medesima.

I risultati di alcune mie ricerche si accordano completamente coi risultati di Pflüger (3). Donders dimostrò, che il vago (nervo centrifugo) è sottoposto alla medesima legge dei nervi di moto (4).

Allorquando i nervi sono poco eccitabili, le correnti forti possono dare i risultati che vengono attribuiti alle correnti più deboli e viceversa.

(1) Pflüger, *Untersuchungen* ecc. pag. 453.

(2) Vedi Hermann, *Handb. der Physiol.* Leipzig 1879. Vol. II. parte I^a, pag. 68.

(3) Stefani, *Il movimento molecolare* ecc. Tesi di concorso. Ferrara 1873.

(4) Donders, *Arch. f. d. ges. Physiol.* V pag. 1. 1871.

Nobili (1) formulò la prima legge intorno alla influenza della direzione della corrente, tenendo conto non della forza di questa, ma della eccitabilità del nervo.

Questa legge suona nel modo seguente:

Grado di eccitabilità	Corrente discendente		Corrente ascendente	
	apertura	chiusura	chiusura	apertura
I	contrazione	contrazione	contrazione	contrazione
II	forte contrazione	debole contraz.	riposo	forte contrazione
III	forte contrazione	riposo	riposo	forte contrazione
IV	contrazione	riposo	riposo	riposo
V	riposo	riposo	riposo	riposo

3. *Tetano di apertura.* — Ritter (2) osservò nel 1798 che i muscoli, il cui nervo è stato percorso da una forte corrente in direzione ascendente per un tempo sufficientemente lungo (mezz'ora e più), nel momento della apertura entrano in contrazione tetanica, la quale dura 8-10 secondi, *tetano di apertura o di Ritter*. Questo tetano cessa, quando vien chiuso di nuovo il circuito della corrente, e si rinforza invece quando il nervo vien sottoposto ad una corrente in senso inverso.

Successive ricerche hanno dimostrato, che in qualche caso si può ottenere il tetano di apertura anche dopo aver fatto attraversare il nervo da una corrente discendente.

Pflüger (3) fece l'osservazione importante, che il tetano di apertura della corrente discendente cessa, allorquando viene tagliato il nervo in un punto intermedio fra i due punti di applicazione degli elettrodi; mentre un taglio nella medesima località non vale a far cessare il tetano di apertura delle correnti ascendenti. Da questo fatto Pflüger concluse, che il tetano di apertura è dovuto ad un'azione eccitante, che parte dal punto dove è applicato l'anode.

Morat e Toussaint (4) dimostrarono, che la contrazione secondaria, prodotta dal tetano di apertura, è semplice; che si compone cioè di una sola scossa prolungata e non di parecchie che si succedono rapidamente.

4. *Influenza della lunghezza del nervo percorso dalla corrente.* — Pfaff, Humbolt, Ritter, e Matteucci aveano osservato, che l'azione ec-

(1) Nobili, Vedi Hermann l. c. pag. 69.

(2) Ritter, Vedi Hermann l. c. pag. 69.

(3) Pflüger, *Untersuchungen* ecc. pag. 83 e 497.

(4) Morat et Toussaint, *Arch. d. physiol. nor. et path.* 1877 pag. 156.

citante della corrente aumentava coll'aumentare della lunghezza del nervo percorso dalla medesima.

Ma Willy (1), avendo di recente istituite delle nuove ricerche su tale argomento, nel laboratorio di Hermann, fu condotto dalle medesime a conclusioni diverse, vale a dire: che tanto maggiore è l'azione eccitante della corrente, quanto più vicino al muscolo è applicato il catode, o quanto più lontano l'anode.

Marcuse (2) nel 1877 riprese lo studio di tale questione nel laboratorio di Fick, ed arrivò invece al risultato, che tanto maggiore è l'eccitazione, quanto più lungo il tratto di nervo, percorso dalla corrente, secondo le antiche asserzioni di Humboldt e Matteucci.

5. *Influenza dell'angolo formato dalla corrente coll'asse del nervo.* — Galvani avea già osservato, che una corrente, applicata sul nervo in direzione perpendicolare a quella delle fibre del medesimo, non produce eccitazione alcuna, e tale osservazione fu poi confermata da tutti gli sperimentatori.

6. *Rapporti fra l'eccitazione e la durata di applicazione della corrente.* — Fick (3) dimostrò che, data eguale la intensità della corrente, l'azione della medesima è, entro un determinato limite, in rapporto diretto col tempo che la corrente rimane applicata.

La corrente elettrica per provocare la contrazione muscolare deve rimanere applicata sul nervo relativo per un tempo non inferiore ad un determinato minimo che secondo König (4) corrisponde a 0,0015 secondi. Le correnti che rimangono applicate per 0,001 secondi non sono seguite da contrazione alcuna. A partire dal minimo suddetto, la contrazione muscolare cresce col crescere della durata dell'applicazione, e raggiunge il massimo, quando la durata è, secondo König, di 0,017 — 0,018 secondi. Una durata maggiore non fa più crescere l'azione della corrente.

Per ottenere delle contrazioni di apertura è necessario, che la corrente rimanga applicata per un tempo più lungo di quello che è sufficiente ad ottenere delle contrazioni di chiusura.

La diminuzione della temperatura, e della eccitabilità del nervo rendono necessaria una applicazione di durata più lunga.

7. *Rapporto fra l'eccitazione e la intensità dello stimolo elettrico.* — Entro determinati limiti, il grado dell'eccitazione è proporzionale alla intensità dello stimolo elettrico. Negli esperimenti istituiti a tale riguardo, il grado dell'eccitazione venne argomentato dall'accorciamento

(1) Willy, *Arch. f. d. ges. Physiol.* V. pag. 275 (anno 1874).

(2) Marcuse. Vedi Hermann *Handb.* pag. 78.

(3) Fick. *Sitzungsber. d. Wien. Acad.* 2 Abth. XLVI p. 350. XLVII p. 79. XLVIII. p. 220. 1862-1863. Citato da Hermann nell'*Handb.*, ecc. Vol. II. parte I. pag. 167.

(4) König, *Sitzungsber. der Wiener. Acad.* 2 Abth. LXII. 1870. Citato da Hermann, ecc.

del muscolo, segnato dal miografo. Secondo Hermann (1) l'accorciamento muscolare cresce da prima più rapidamente, e quindi più lentamente; e secondo Fick (2) invece, questo accorciamento cresce sempre in proporzione allo stimolo. Aumentando progressivamente la intensità dello stimolo, il muscolo continua ad accorciarsi fino a raggiungere un massimo che non viene poi oltrepassato, benchè la forza dello stimolo continui ad aumentare. Ma persistendo nel rinforzare lo stimolo, si vede che dopo qualche tempo il muscolo si accorcia ulteriormente fino a raggiungere un nuovo massimo. Vedi fig. 11. Oltre a questi massimi primari e secondari, Fick osservò in alcuni casi delle lacune, vale a dire delle assenze complete di contrazione.

L'interpretazione di questi fatti presenta delle notevoli difficoltà; imperocchè al risultato dei

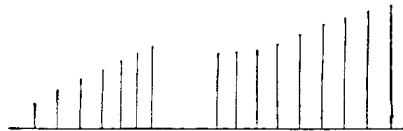


Fig. 11. — Aumento della altezza della contrazione muscolare in relazione alla forza dello stimolo, secondo Fick.

medesimi non possono essere estranee le modificazioni relative alla conduttività ed eccitabilità del nervo, dipendenti dalla stanchezza.

Fick propende a riguardare i massimi secondari, come effetto della sovrapposizione di due eccitazioni.

Merita speciale menzione il fatto verificato da Grünhagen, e più di recente studiato da Richet (3), che uno stimolo elettrico debole, il quale da solo non vale a produrre la contrazione muscolare, riesce a produrre la medesima, allorchando viene ripetuto con intervalli di tempo molto brevi. Questo fatto depone in favore di un'attitudine delle fibre nervose a sommare le eccitazioni che si succedono con brevi intervalli, ed è indicato in Francia col nome di *addizione latente* ed in Germania di *sommazione* (summation).

8. *Reoscopio animale*. — Il fatto che correnti assai deboli, e piccole variazioni nella intensità di una corrente valgono a provocare la eccitazione nervosa, fa sì che un preparato galvanico possa costituire un reoscopio molto sensibile, e preferibile in molti casi al galvanometro comune. Questi casi sono quelli in cui si tratta di verificare delle variazioni di breve durata, che, in causa dell'inerzia dell'ago, non possono essere svelate per mezzo del moltiplicatore.

(1) Hermann. *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1861 pag. 392. e *Handb. d. Physiol.* Vol. II. p. I. pag. 107.

(2) Fick. *Sitzungsb. d. Wiener. Acad.* 2 Abth. XLVI p. 350 XLVII. p. 79. XLYIII p. 220 (1862-1863). Citato da Hermann nell' *Handbuch*, ecc. Vol. II. parte I. pag. 107.

(3) Richet, *De l'addition latente des excitations électriques dans les nerfs, et dans les muscles.* Travaux du Laboratoire de Marey. 1877.

Col reoscopio animale non solo fu possibile di dimostrare la corrente propria del nervo e dei muscoli, e l'oscillazione negativa che accompagna la contrazione prolungata del muscolo, dovuta a stimoli che rapidamente si succedono, ma benanco che questa oscillazione si compone di altrettante oscillazioni di brevissima durata.

Un muscolo il quale si trova in uno stato di contrazione tetanica, allorquando tocca un nervo di moto colla sua superficie longitudinale e trasversale, è causa di una contrazione analoga del muscolo con cui questo nervo è unito.

Questo fatto, conosciuto nella scienza sotto il nome di *contrazione indotta*, fu osservato per la prima volta da Matteucci, e spiegato poi da Du-Bois.

Non fu possibile ancora di dimostrare col reoscopio fisiologico la oscillazione negativa dei nervi, e tanto meno perciò se, durante una eccitazione tetanica, essa si componga di altrettante oscillazioni, quanti sono gli stimoli che agiscono sul nervo. Questo risultato negativo devesi probabilmente riferire all'eccessiva debolezza dello stimolo.

In base alla legge delle contrazioni, formulata da Pflüger, il reoscopio animale potrebbe servire anche per indicare la direzione delle correnti; ma le eccezioni a cui questa legge è soggetta in causa delle modificazioni della eccitabilità e conduttività del nervo, ci consigliano a non riporre troppa fiducia, sotto questo punto di vista, nel reoscopio animale.

b) *Correnti indotte*. — L'azione di queste correnti non differisce affatto da quella delle correnti di breve durata sviluppate dalla pila. A tale proposito gioverà però di ricordare, che la corrente indotta di apertura, prodotta cioè dalla interruzione della corrente induttrice, corre nella medesima direzione di questa, si sviluppa rapidamente, e gode di una tensione molto forte; mentre la corrente indotta di chiusura corre in direzione opposta a quella della corrente induttrice, si sviluppa più lentamente, e gode di una tensione debole.

Da ciò ne viene, che ad intensità eguale della corrente induttrice, il nervo, tanto di senso quanto di moto, viene eccitato più fortemente dalla corrente indotta di apertura: che, allorquando le due correnti, di apertura e chiusura, sono abbastanza forti, producono entrambe la eccitazione; e che, diminuendo progressivamente la intensità delle medesime, si arriva ad un punto in cui l'eccitazione è prodotta dalla sola corrente di apertura.

Per studiare l'azione di queste correnti l'apparecchio a cui più specialmente ricorre il fisiologo, è la *slitta di Du Bois-Reymond*.

Allorquando la corrente induttrice viene interrotta con molta frequenza, manca al muscolo il tempo necessario per allungarsi, e rimane perciò in uno stato di permanente accorciamento, che si denomina *tetano*.

Che questo tetano risulti dalla fusione di contrazioni che rapidamente

si succedono, lo dimostra il fatto delle frequenti oscillazioni della corrente propria del muscolo che si trova in tale condizione, le quali vengono rivelate dal tetano che si sviluppa in un preparato galvanico il cui nervo tocchi la superficie longitudinale e trasversale del muscolo suddetto.

La contrazione *tetanica* si distingue quindi essenzialmente dalla contrazione *tonica* che si ha durante il passaggio attraverso il nervo di una corrente continua. Quella è il risultato della fusione di scosse muscolari che rapidamente si succedono, e questa rappresenta invece una sola scossa di lunga durata.

c) *Scariche elettriche*. — L'azione sui nervi delle scariche del condensatore elettrico non differisce sensibilmente dall'azione delle correnti istantanee.

d) *Eccitazione unipolare di Chauveau*. — Chauveau studiò recentemente l'eccitazione unipolare, già osservata da Du Bois Reymond.

Per ottenere questa eccitazione egli applica al nervo un polo della corrente, mentre l'altro polo trovasi in contatto con una parte dell'animale molto lontana dal nervo, o con una leggera soluzione di sale di cucina ($\frac{1}{100}$) in cui pesca qualche estremità dell'animale. I risultati ottenuti da Chauveau mi sembrano importanti tanto dal punto di vista teorico, quanto dal punto di vista pratico della elettroterapia.

Le leggi della eccitazione unipolare, formulate da Chauveau paragonando l'azione dei due poli sui nervi in istato perfettamente fisiologico, vale a dire in congiunzione coi centri, e in nessun modo offesi lungo il loro decorso, sono le seguenti: (1)

1.° Per ogni nervo di moto esiste un valore elettrico per lo più assai debole, talora moderato, e di raro molto alto, in cui l'azione dei due poli si manifesta eguale per intensità e durata.

2.° Quando il grado della corrente è inferiore a questo valore, l'azione del polo negativo prevale su quella del positivo.

3.° Quando il grado della corrente è superiore, è maggiore invece l'azione del polo positivo, e la differenza fra le azioni dei due poli cresce regolarmente col crescere della intensità della corrente fino al limite in cui il nervo si altera, o almeno si esaurisce.

4.° Per i nervi di senso l'azione dei poli è perfettamente inversa: quando la corrente è forte, il polo positivo ha un'azione assai maggiore di quella del negativo.

5.° Quando si aumenta gradatamente la intensità della corrente, la contrazione di apertura, provocata dalla stimolazione col polo positivo, compare prima della contrazione di apertura, provocata dalla stimolazione

(1) Queste leggi sono riportate dall'articolo di François Franck, *Nerfs* (physiologie). Diction. encyclop. des scien. med. Paris 1878. p. 209.

col polo negativo. Col crescere della intensità della corrente cresce per un certo tempo la contrazione di apertura positiva, poi rimane stazionaria, e quindi diminuisce gradatamente, finchè finisce collo scomparire. La contrazione di apertura negativa si manifesta, quando la positiva comincia a diminuire, cresce per un certo tempo e poi diminuisce e scompare anch'essa.

6.° Quando il sistema nervoso è intatto, se le correnti sono deboli, le contrazioni positive consistono in una semplice scossa; e se sono forti, invece di una contrazione semplice si ha un tetano di apertura o di chiusura.

7.° Un carattere interessante distingue i tracciati ottenuti a sistema nervoso intatto: dopo la sospensione della corrente il muscolo tende a conservare una parte del suo accorciamento. Questo accorciamento si manifesta anche in seguito a stimolazioni deboli, ed è evidente specialmente dopo le stimolazioni positive, tetanizzanti. Quando il nervo è separato dai centri, o questi sono distrutti, l'accorciamento in questione non si osserva più.

8.° Il taglio dei nervi, nei primi momenti consecutivi alla operazione, è seguito da un'inversione della legge sovra esposta sull'azione dei poli.

9.° Le scariche di elettricità statica hanno effetti analoghi: quando la tensione è debole, è più attivo il polo negativo; e crescendo la tensione,

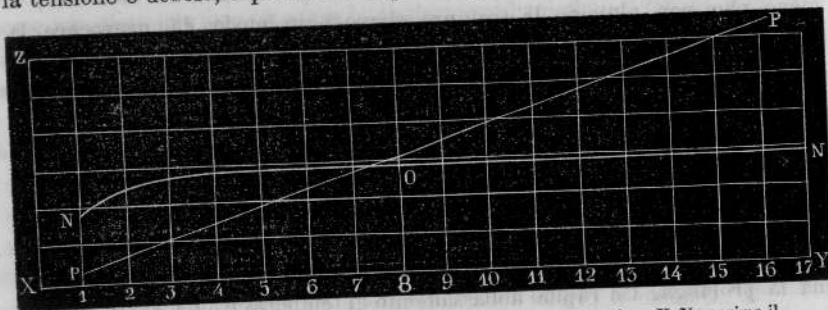


Fig. 12. — L'ordinato X Z esprime la intensità della corrente, l'assissa X Y esprime il grado di azione dei poli, la linea P. P l'azione del polo positivo, la linea N. N l'azione del polo negativo. O indica il grado della corrente in cui l'azione dei due poli è eguale. A partire da questo punto l'azione dei due poli aumenta e diminuisce in senso inverso. In alcuni casi la linea N. N dopo il punto O invece di correre parallela all'assissa può convergere verso la medesima. Questo schema vale per i nervi di moto; per avere lo schema relativo ai nervi di senso basta mettere la lettera N. nel posto di P.

si arriva ad un punto in cui l'azione dei due poli è uguale. A partire da questo punto, invece di crescere l'azione del polo positivo e diminuire quella del negativo, entrambe si mantengono eguali.

10.° Colla eccitazione unipolare, non si osservano i massimi secondari di Fick.

L'importanza scientifica dei risultati di Chauveau sta in ciò: 1.° che essi tendono a dimostrare, che molti dei fenomeni attribuiti alla direzione della corrente sono invece da riferirsi ad un'azione dei poli, il che viene ad infirmare la legge delle contrazioni di Pflüger, e per conseguenza anche la dottrina dell'elettrotono.

2.° Che essi offrono degli argomenti in favore di una funzione specifica dei nervi di senso e di moto.

3.° Che fanno conoscere, come dai centri venga trasmessa sulla fibra nervosa un'azione continua.

Dal punto di vista pratico i risultati di Chauveau sono importanti, perchè ci insegnano un mezzo assai facile per stimolare a preferenza le fibre sensitive o motrici di un nervo misto. L'azione stimolante dei poli, secondo Chauveau, può venire espressa graficamente colla figura 12.

II. **Stimoli termici.** — L'azione della temperatura come stimolo dei nervi non è ancora bene determinata.

Secondo Valentin (1) i nervi motori di rana provocano la contrazione dei muscoli rispettivi, se sono posti nell'acqua alla temp. di 38°, senza che perdano per questo la loro eccitabilità, vale a dire senza che vadano incontro alla morte. Secondo Eckhard (2) invece, solamente le temperature mortali (— 6° e + 68°) valgono a provocare la eccitazione dei nervi di moto, e le oscillazioni della temperatura sono inefficaci, a meno che non alterino la sostanza nervosa in modo da provocare la morte del nervo.

Rosenthal (3) ed Afanasieff (4) osservarono, che il riscaldamento aumenta l'eccitabilità dei nervi motori, e che quando la temperatura è portata al di sopra di + 35° invece di un'aumento dell'eccitabilità, si ha talora una eccitazione. L'aumento della eccitabilità dura peraltro poco tempo, ed è seguito da abbassamento. La temperatura elevata accelera la decomposizione e la morte del nervo. A + 65° il nervo muore quasi istantaneamente. Il raffreddamento sotto + 15° diminuisce la eccitabilità, ma la prolunga. Un rapido abbassamento di temperatura da + 20° a + 10° provoca un transitorio aumento della medesima. Una temperatura inferiore a — 4° agisce subito eccitando, ma offende poi profondamente la eccitabilità del nervo.

Finalmente Grützner (5) osservò di recente, che i nervi motori, secretori e vasomotori (ad eccezione di quelli della cute) delle rane e mammiferi non vengono mai eccitati da aumenti o diminuzioni di temperatura,

(1) Valentin, *Lehrb. d. Physiol.* Braunschweig. 1847.

(2) Eckhard, *Zeitschr. f. rat. Med.* (1) X pag. 165 (1851) citato da Hermann.

(3) Rosenthal, *Allg. med. Centralztg.* 1859 N. 93 citato da Hermann.

(4) Afanasieff, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1865, pag. 691.

(5) Grützner, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XVII pag. 215 (1878).

a meno che non siano mortali; mentre vengono eccitati i nervi sensitivi, e ciò egli verificò mediante i movimenti riflessi. I risultati di Grütznér trovano conferma nella antica osservazione di Weber (1), secondo la quale l'immersione del cubito nell'acqua gelata produce prima dolore e poi insensibilità nelle provincie innervate dal nervo cubitale, ma giammai contrazione. Il freddo dunque, una temperatura cioè prossima a 0, prima eccita, e poi rende i nervi di senso inetti alla trasmissione, mentre non eccita i nervi di moto.

Sull'azione della temperatura come stimolo vi sono quindi ancora delle grandi incertezze; e solo dalle ricerche di Rosenthal ed Helmholtz pare dimostrata l'attitudine della medesima ad aumentare o diminuire la eccitabilità e conduttività nervosa.

III. Stimoli meccanici. — Ogni azione meccanica (taglio, compressione, stiramento) purchè agisca rapidamente, produce la eccitazione del nervo. Mediante una compressione che cresca lentamente, si può giungere fino a disorganizzare il nervo, senza che il muscolo relativo si contragga, siccome dimostrò già per primo Fontana. Questo fatto spiega come i tumori che comprimono i nervi di moto, siano causa di paralisi non precedute molte volte da alcuna contrattura.

Se gli stimoli meccanici, si succedono rapidamente, quando non siano così forti da disorganizzare il nervo, producono una *eccitazione tetanica* come gli elettrici; per ottenere la quale serve benissimo il *tetano-motore* di Heidenhain, che si compone di un martello mosso rapidamente da una ruota dentata.

Lo stimolo meccanico forte disorganizza il nervo, e lo priva così della sua eccitabilità e conduttività.

Lo stimolo meccanico leggero, secondo Harless, (2) aumenta invece l'eccitabilità del nervo, almeno transitoriamente.

Wundt (3) osservò che gli stimoli meccanici, così deboli da non produrre contrazione muscolare, sono causa di aumento della eccitabilità.

Tigerstedt (4) costruì un apparecchio mediante il quale la pressione esercitata sul nervo può essere graduata e misurata più esattamente che col tetano motore di Heidenhain.

Piccoli pesi di gr. 0,211 — 4,619 sono tenuti ad altezze diverse da un'elettromagnete, e poi fatti cadere sul nervo per mezzo di una

(1) Weber. *Wagner's Handwörterb. d. Physiol.* III. 2. pag. 496, anno 1846. ed *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1847 pag. 342, e 1849 pag. 273.

(2) Harless, *Abhandl. d. bayr. Acad.* VIII pag. 581, anno 1858, citato da Hermann.

(3) Wundt, *Untersuch. z. Mechanik der Nerven* ecc. parte I, pag. 198. Erlangen 1871.

(4) Tigerstedt, *Studien üb. mechanischen Nervenreizung.* Jahrb. ub. d. Fortsch. der Anat. und. Physiol. letterat. 1880 pag. 7.

verghetta di rame. Il prodotto del peso per l'altezza da cui cade, rappresenta la forza dello stimolo.

Con tale apparecchio egli potè eccitare ripetutamente il nervo nel medesimo punto con pressioni così piccole, che non lo disorganizzavano.

Lo stimolo massimo fu trovato eguale a milligrammetri 7000-8000.

Hällstèn (1) invece fece uso della leva di un tamburo di Marey, mossa dall'urto contro di un secondo tamburo, effettuato da un disco oscillante. La forza dell'urto era rappresentata dal prodotto del peso del disco per l'altezza da cui questo si lasciava cadere.

Con tali apparecchi si potè dimostrare la relazione, entro determinati limiti, fra la forza dello stimolo meccanico e il grado dell'eccitazione, calcolato sempre dall'altezza della contrazione muscolare.

IV. Stimoli chimici. — L'azione stimolante degli agenti chimici sui nervi è relativamente debole: e questo fatto devesi con tutta probabilità attribuire agli involucri delle fibre nervose, che ponendo ostacolo alla penetrazione dei liquidi, fanno sì che questi non possano agire sulla fibra che in modo assai lento. Non è raro il caso in cui un nervo, sottoposto all'azione prolungata di un agente chimico, finisce per perdere la sua eccitabilità e conduttività, senza produrre la contrazione del muscolo relativo.

Pochi sono gli agenti chimici che agiscono come stimoli ed anche solamente in soluzione concentrata.

Gli stimoli chimici principali sono gli alcali fissi, gli acidi minerali, gli acidi organici acetico, lattico, ossalico, gli acidi biliari, la bile, l'alcool, l'etere, il kresot, i sali alcalini neutri, cloruro di sodio, solfati e fosfati alcalini, ecc., i sali dei metalli pesanti in soluzione concentrata, e finalmente alcuni principi indifferenti in soluzione pure concentrata, come l'urea, lo zucchero, la glicerina.

Relativamente al modo di agire sul nervo di queste sostanze si ammette, che alcune agiscano stimolando, perchè sottraggono acqua al nervo, e che altre agiscano stimolando, perchè lo disorganizzano, lo mortificano.

Che la sottrazione di acqua possa essere causa di eccitazione del nervo, lo dimostra il fatto che esponendo all'aria un nervo unito al suo muscolo, si manifestano in questo prima delle contrazioni fibrillari poi delle contrazioni decise, separate da intervalli sempre più brevi, e finalmente una contrazione tetanica, il grado della quale va progressivamente diminuendo. Questi fenomeni non si osservano, allorchando il preparato vien protetto dal disseccamento, collocandolo per esempio in una camera umida.

(1) Hällstèn, *Zur Kenntniss der mechanischen Reizung der Nerven*. Arch. f. Anat. und. Physiol. 1881 pag. 90.

In conseguenza di questa azione stimolante, dovuta alla perdita dell'acqua, tutti gli esperimenti relativi all'azione dei vari stimoli devono essere condotti in modo, che il nervo sia protetto da ogni evaporazione collocandolo p. es. in una camera umida, o lasciandolo coperto dai tessuti dell'animale.

Secondo Birkner (1) la perdita d'acqua necessaria per provocare la eccitazione corrisponde al 4-8 % del peso del nervo, ed una perdita corrispondente al 40 % fa scomparire la eccitabilità del medesimo. Birkner crede, che i crampi dei colerosi derivino da eccitazioni dovute alla enorme perdita d'acqua che subiscono tutti i tessuti, e quindi anche il nervoso, in forza della diarrea e dei sudori profusi (2).

Il nervo reso inecceccabile in causa del disseccamento può riacquistare, almeno in parte, la sua eccitabilità, allorchando venga inumidito; e perciò non si può ammettere che la eccitazione, dovuta alla perdita dell'acqua, dipenda da un processo di mortificazione.

L'aumento nella proporzione dell'acqua, che si ottiene immergendo il nervo nell'acqua pura o in una soluzione salina molto allungata, è causa, secondo Köllicher e Birkner, di diminuzione progressiva e finalmente di perdita completa della eccitabilità.

Secondo Birkner la proporzione dell'acqua nei nervi delle rane, mediante l'imbibizione può salire da 76,3 % a 93,2, e nei nervi dell'uomo da 67,9 % a 79,2 % (3).

Le soluzioni concentrate di zucchero, di urea, dei sali alcalini e forse anche di alcuni sali metallici, e la glicerina agiscono, assai probabilmente, come stimoli, perchè sottraggono acqua al nervo. E di fatto l'eccitazione prodotta da queste sostanze non è seguita da perdita della eccitabilità.

Gli acidi, gli alcali, l'alcool, l'etere e il kresosot, e la maggior parte dei sali metallici agiscono, con tutta probabilità, come stimoli, perchè alterano la costituzione del nervo: essi sono causa della mortificazione del medesimo.

L'eccitazione prodotta da queste sostanze è seguita da perdita della eccitabilità.

Eckhard e Kühne credettero di aver trovato nell'ammoniaca uno stimolo esclusivo dei muscoli, non avendo potuto provocare colla medesima l'eccitazione dei nervi. Ma questo fatto che avrebbe avuto molto interesse in fisiologia, fu contraddetto da distinti sperimentatori, come Wundt e Funke.

(1) Birkner, *Das Wasser der Nerven in physiologischer und pathologischer Beziehung*. Augsburg. 1858. Citato da Hermann. *Handb.* ecc. II, B. 1^a Th p. 98.

(2) La perdita d'acqua, per parte dei muscoli, spegne l'eccitabilità dei medesimi, ma non provoca contrazioni.

(3) Ranke ammette per i nervi delle rane che la proporzione dell'acqua possa ascendere da 75 a 91 %, e che l'eccitabilità sparisca, quando la proporzione dell'acqua è di 85-89 %. *Die Lebensbedingungen der Nerven*, p. 48. Leipzig 1868.

Grützner nel suo lavoro, parecchie volte ricordato, trovò che il cloruro di sodio ($\frac{4}{100}$) non stimola i nervi di senso, mentre stimola i nervi di moto. L'azione di questa sostanza sarebbe quindi inversa a quella della temperatura.

V. Alcune deduzioni generali dai fatti verificati mediante gli stimoli artificiali. — Dalle numerose osservazioni fatte in rapporto alla azione delle diverse specie di stimoli sulle fibre nervose, deriva che le fibre nervose non rispondono tutte agli stimoli in modo eguale.

I nervi di senso si comportano diversamente dai nervi di moto rispetto alla corrente continua, ed alla eccitazione unipolare di Chauveau; i primi vengono eccitati dagli aumenti e dalle diminuzioni di temperatura, che non oltrepassano i limiti compatibili colla vita, mentre i nervi di moto non vengono stimolati dalle dette oscillazioni; il cloruro di sodio stimola i nervi di moto, mentre non ha azione su quelli di senso; e finalmente nei centri nervosi vi sono delle fibre le quali non vengono eccitate da nessuno stimolo sperimentale.

Questi fatti ci costringono ad ammettere delle differenze funzionali nelle diverse specie di fibre nervose, benchè l'anatomia non sia riuscita a farci conoscere le differenze istologiche a cui sono subordinate; e benchè l'esperimento abbia dimostrato essere cosa, almeno, molto probabile, che le diverse specie di fibre possano trasmettere l'eccitazione in entrambe le direzioni.

Questa differenza funzionale trova conferma anche nelle osservazioni di Lüderitz (1) relative alla compressione e stiramenti dei nervi misti degli arti. Egli potè dimostrare, che in conseguenza di tali trattamenti la motilità dell'arto viene offesa o soppressa prima della sensibilità, e che nella restituzione funzionale quest'ultima ricompare per prima.

Oltre le differenze funzionali fra le diverse fibre nervose, questi fatti tendono inoltre a provare l'esistenza di un'attitudine nelle fibre nervose di sommare gli effetti delle singole eccitazioni; attitudine di cui vedremo più innanzi godere specialmente le cellule nervose.

Rispetto poi al modo di agire degli stimoli, i fatti sopraesposti dimostrano: che la eccitazione non serba alcun rapporto colla qualità dello stimolo; che solo entro limiti ristretti vi ha relazione tra l'intensità e durata dello stimolo e il grado della eccitazione; e che gli stimoli, di qualunque natura essi siano, per provocare l'eccitazione devono agire in modo rapido e non graduato.

(1) Lüderitz, *Versuche über die Einwirkung des Druckes auf die motorischen und sensiblen Nerven*. Zeitschr. f. Klin. Med. II. 97. (1880).

VI. *Dottrina della valanga di Pflüger.* — Budge (1) prima, e poi Pflüger (2) osservarono, che la contrazione muscolare la quale si ottiene stimolando il nervo in un punto vicino al muscolo, è minore della contrazione ottenuta stimolando il medesimo nervo collo stesso stimolo in un punto dal muscolo più lontano; e che uno stimolo il quale non è sufficiente per produrre la contrazione muscolare, quando agisce sopra un punto del nervo vicino al muscolo, può riescire a produrla, se viene applicato sopra un punto più lontano. Pflüger spiegò questi fatti ammettendo, che la eccitazione si rinforzi, di mano in mano che si trasmette lungo la fibra nervosa, e paragonò quindi la trasmissione della eccitazione lungo i nervi al movimento della valanga.

Ma questa dottrina, molto importante dal punto di vista teorico, fu contraddetta da Heidenhain (3) il quale, avendo dimostrato che il taglio ha per effetto di aumentare, nelle proprie vicinanze, la eccitabilità della fibra nervosa, si credette autorizzato a riferire la maggiore azione dello stimolo più lontano all'essere questo applicato in prossimità del taglio.

Tutti gli sperimentatori confermarono l'osservazione di Heidenhain relativa all'aumento della eccitabilità in conseguenza del taglio del nervo; ma nessuno poté ancora determinare il meccanismo mediante il quale questo aumento viene prodotto.

Rosenthal (4) avendo osservato, che il nervo prima di morire presenta un aumento di eccitabilità, a cui fa seguito una progressiva diminuzione, suppose, che l'azione del taglio consistesse nell'accelerare il processo di mortificazione. Se tale supposizione fosse vera, il taglio non dovrebbe sviluppare la sua azione, quando il nervo avesse già passato lo stadio dell'aumento, e si trovasse in quello della diminuzione della sua eccitabilità. Ed Heidenhain osservò invece, che in qualunque stadio il nervo si trovi, il taglio ne aumenta sempre la eccitabilità.

L'osservazione di Heidenhain, relativa all'azione del taglio, rese necessari dei nuovi esperimenti diretti a determinare, se l'aumento della contrazione muscolare dovesse riferirsi al taglio del nervo o alla maggiore lontananza dal muscolo del punto stimolato.

Pflüger, sperimentando sopra nervi uniti ai centri, ottenne una maggiore contrazione, allorquando stimolava il nervo in un punto più lontano dal muscolo. Ma secondo Heidenhain questo fatto non è costante, e in ogni caso devesi riferire a differenze di eccitabilità nei diversi punti

(1) Budge, *Frorieps' Jahresber.* N. 445 pag. 329. e N. 509 pag. 348. anno 1852. — *Arch. f. path. Anat.* XVIII, pag. 457. anno 1860. Citato da Hermann, pag. 113.

(2) Pflüger, *Untersuch. u. d. Physiol. des Electrotonus*, p. 140. Berlin 1859.

(3) Heidenhain, *Studien des phys. Instit. zu Breslau* I. Leipzig 1861 citato da Hermann, p. 114.

(4) Rosenthal, *Allg. med. Centralztg.* 4879. N. 16.

del nervo, le quali vennero dal medesimo ripetutamente verificate, e che secondo Hermann devonsi attribuire ai maneggi necessari per la preparazione del nervo (1).

I fatti osservati da Pflüger non ci autorizzano quindi ad accettare la di lui dottrina, la quale d'altronde trovasi in opposizione con alcune osservazioni relative ai nervi di senso, fatte già da Matteucci.

Vera che fosse la dottrina di Pflüger, il dolore prodotto da una irritazione del nervo dovrebbe essere tanto maggiore, quanto più verso la periferia il nervo viene irritato.

E Matteucci (2) osservò invece, che i nervi delle rane sono tanto più sensibili, quanto più vicino ai centri vengono stimolati.

L'osservazione di Matteucci fu in questi ultimi tempi confermata da Rutherford (3) ed Hällstén (4), i quali studiarono la eccitabilità delle fibre sensitive nei diversi punti del loro decorso con metodi assai più esatti, vale a dire analizzando le curve delle contrazioni muscolari riflesse, prodotte dalla stimolazione delle dette fibre.

B) STIMOLI NATURALI.

Gli stimoli naturali, a differenza degli sperimentali, non agiscono mai sulla fibra nervosa, ma solamente sugli organi di terminazione *periferica* o *centrale* della medesima, e perciò si possono distinguere in *periferici* e *centrali*.

Gli stimoli periferici consistono in condizioni fisico-chimiche le quali derivano o dall'organismo, o dall'ambiente, e perciò si distinguono alla loro volta in *interni* ed *esterni*.

Questi stimoli periferici, agendo sulla estremità periferica della fibra nervosa, non possono dar luogo che ad eccitazioni centripete.

(1) Tigerstedt, *Studien ub. mechanischen Nervenreizung*. Jahrb. ub. d. Fort. d. Anat. und Physiol. Lett. 1880 — sperimentando l'azione degli stimoli meccanici con apparecchi più esatti, trovò che l'eccitabilità del nervo motore è sempre la stessa nei diversi punti del nervo. — Hällstén, *Zur Kenntniss der mechanischen Reizung der Nerven*. Arch. f. Anat. und Physiol. 1881, p. 90 — fa alcune considerazioni contro il processo di Tigerstedt, descrive un nuovo metodo di irritazione meccanica, e riferisce i risultati ottenuti col medesimo, dai quali emerge, che il taglio aumenta l'eccitabilità del nervo, e che nei nervi motori intatti questa eccitabilità diminuisce di mano in mano che si procede verso la periferia. — Finalmente Grützner, *Beiträge zur allgem. Nervenphysiol.* Arch. f. d. ges. Physiol. B. XXVIII, p. 130 — dopo aver studiato lo stesso argomento conclude, non essere dimostrato che lungo i nervi intatti, vi siano dei punti che godono di diversa eccitabilità, e non esservi alcun fatto che provi il rinforzo della eccitazione in forma di valanga. Le differenze di eccitabilità si verificano solamente, quando si adoperano stimoli elettrici, e dipendono dalla corrente propria dei nervi.

(2) Matteucci, *Biblioth. univ. Nouv. Ser.* XVIII, pag. 361 (anno 1838) (citato da Hermann, p. 117).

(3) Rutherford, *Journ. of. anat. and physiol.* V. pag. 329. (anno 1871) citato da Hermann, pag. 118.

(4) Hällstén, *Arch. f. Anat. und Physiol.* 1876, pag. 242.

Gli stimoli centrali consistono in condizioni fisico-chimiche le quali derivano esclusivamente dall'organismo, e perciò sono tutti interni.

Gli stimoli centrali, a differenza dei periferici, esercitando la loro azione sulla estremità centrale delle fibre nervose, non possono provocare che eccitazioni centrifughe.

Una proprietà, comune a tutti gli stimoli naturali, è quella di provocare delle eccitazioni di un grado proporzionatamente assai maggiore di quelle che vengono prodotte dagli stimoli artificiali.

I. Stimoli naturali periferici: *a) esterni.* — Sulla superficie del corpo animale, si trovano degli organi di terminazione di fibre nervose centripete, mediante i quali queste possono venire stimolate da una od altra condizione fisico-chimica relativa all'ambiente; così la *luce* per mezzo dell'occhio stimola le estremità periferiche delle fibre del nervo ottico; il *suono* stimola per mezzo dell'orecchio le estremità periferiche del nervo acustico; le *sostanze sapide* stimolano per mezzo degli organi del gusto le estremità periferiche del linguale e del glosso-faringeo; le *sostanze odorose* per mezzo dell'organo dell'olfatto stimolano le estremità periferiche del nervo olfattorio; la *temperatura*, e la *pressione* stimolano mediante le papille della cute le estremità periferiche dei nervi cutanei.

La natura di alcuni fra questi stimoli ci è abbastanza nota, mentre intorno alla natura di altri si conosce assai poco. La luce, il suono, la pressione, la temperatura, sono movimenti ben noti al fisico; ma nè il fisico nè il chimico sanno dirci ancora, cosa sia il sapore, o l'odore.

Intorno al modo con cui il suono e la luce stimolano le estremità dell'acustico e dell'ottico si conosce qualche cosa in seguito alla scoperta dell'*organo del Corti*, e della *porpora retinica di Boll*; ma nulla si sa intorno al modo con cui le sostanze sapide ed odorose stimolano le estremità dei nervi del gusto e dell'olfatto; e solo delle ipotesi abbastanza fondate si hanno intorno al modo con cui la pressione e la temperatura agiscono sulle estremità periferiche dei nervi cutanei.

b) Interni. — In tutti gli organi vanno a terminare delle fibre centripete, e perciò in tutti devono verificarsi delle condizioni fisiche o chimiche, atte a promuovere la eccitazione delle medesime.

Il fatto che ogni turbamento funzionale è causa di un senso di malessere o di dolore, che con maggiore o minore precisione viene localizzato nell'organo ammalato, mentre un senso indefinito di benessere si accompagna al regolare andamento delle nostre funzioni, dimostra, che dagli organi derivano delle eccitazioni nervose intimamente collegate colla funzione dei medesimi.

Rispetto alla natura di questi stimoli si conosce qualche cosa solo in relazione ai fatti meccanici connessi colle varie funzioni.

La contrazione muscolare eccita, con tutta probabilità, le estremità

delle fibre nervose centripete dei muscoli e tendini, e le sensazioni che da tali eccitazioni derivano, sono la causa per cui noi possiamo giudicare della estensione del movimento compiuto, e della forza sviluppata.

Secondo gli esperimenti di Hering, la distensione inspiratoria eccita alcune fibre centripete dei polmoni, mentre altre vengono stimulate dalla retrazione espiratoria.

I movimenti del cuore stimolano pure, con tutta probabilità, le fibre centripete del medesimo; la pressione del sangue stimola le fibre centripete di cui sono provvedute le pareti dei vasi. La distensione della vescica urinaria, e del retto stimolano le fibre centripete di questi organi; e dalla eccitazione, in tal modo prodotta, deriva il senso del bisogno di urinare e di defecare.

Nulla si conosce in rapporto agli stimoli che possono derivare dagli atti chimici connessi alla funzione degli organi.

II. Stimoli naturali centrali. — Gli stimoli centrali a seconda della loro natura provocano l'eccitazione riflessa, l'eccitazione automatica, e l'eccitazione psichica.

a) Eccitazione riflessa. — L'eccitazione riflessa delle cellule nervose è provocata dalle eccitazioni delle fibre centripete, che ad esse cellule vengono trasmesse. Questa eccitazione dicesi *reflessa*, perchè in conseguenza della medesima una eccitazione centripeta viene seguita da una eccitazione centrifuga.

Il passaggio delle eccitazioni dalle fibre centripete sulle centrifughe, per mezzo delle cellule nervose, non si può riguardare come un semplice fenomeno di trasmissione dall'una all'altra fibra, perchè gli stimoli i quali raggiungono appena il grado necessario per produrre la contrazione muscolare, quando sono applicati sul nervo motore, non valgono a promuovere la contrazione riflessa; mentre gli stimoli che hanno raggiunto il grado sufficiente per promuovere la contrazione riflessa, applicati sul nervo motore, sono causa di una contrazione minore per durata e per forza (1).

Il passaggio della eccitazione da una fibra centripeta sopra una centrifuga si accompagna dunque a processi fisiologici, relativi alla cellula, che caratterizzano uno stato di eccitazione della medesima.

La dottrina delle azioni riflesse, il concetto cioè di un passaggio di eccitazioni nervose da una fibra di senso sopra una fibra di moto, fu enunciata per la prima volta, con tutta la precisione desiderabile, da Prochaska nel 1784 (2).

« *Impressionum sensoriarum in motorias reflexio* » dice egli par-

(1) Wundt, *Physiol. Psychol.* 2^a ed. Leipzig, 1830, pag. 225.

(2) Prochaska, *Commentatio de functionibus systematis nervosi.* Capo IV. Praga 1784.

lando dei movimenti che vengono eseguiti dalle rane decapitate, allorchando vengono sottoposte ad una impressione sensitiva. Parecchio tempo innanzi, questi movimenti avevano attirata l'attenzione di Redi, e di Whytt; ma questi insigni fisiologi non arrivarono ad un concetto chiaro dell'azione riflessa, quale fu sviluppato da Prochaska.

Ma, se a Prochaska spetta il merito di aver concepito per primo il meccanismo delle azioni riflesse, a Giovanni Müller (1) e Marshall-Hall (2) spetta quello, non certo inferiore, di aver dimostrato l'importanza capitale dell'azione riflessa nelle funzioni dei centri nervosi.

Alla produzione di un'atto riflesso è necessario: 1.^o una fibra centripeta che trasporti l'eccitazione alla cellula; 2.^o una cellula che da tale eccitazione venga stimolata; 3.^o una fibra centrifuga che trasporti alla periferia la eccitazione della cellula. In generale invece di una sola cellula ve ne sono due unite fra di loro, l'una alla estremità centrale della fibra centripeta, e l'altra alla estremità centrale della fibra centrifuga. Esempi molto comuni di azioni riflesse, sono: la chiusura delle palpebre, quando si tocca la congiuntiva; il restringimento del foro pupillare, quando la luce stimola la retina; il riso e le contrazioni generali, in seguito ad una impressione di solletico, ecc.

L'eccitazione riflessa è la sola, fra le eccitazioni centrali, il cui stimolo possa essere in qualche modo graduato, e perciò è la sola che possa essere studiata sperimentalmente nei suoi rapporti di quantità. Gli effetti della medesima vengono desunti dalle contrazioni muscolari. L'animale preferito per questo studio è la rana, e fra i centri nervosi quello che meglio si presta allo studio dell'eccitazione riflessa è il midollo spinale, che di solito viene sottratto alla azione dei centri encefalici mediante la decapitazione.

Quando si vogliono precisare i rapporti fra la grandezza dello stimolo e l'altezza e la durata della contrazione muscolare, e il tempo che decorre fra la stimolazione ed il principio della contrazione, si ricorre al miografo.

Dagli studi fatti in proposito, i quali verranno estesamente riferiti nella fisiologia del midollo spinale, fu dimostrato, che a produrre la contrazione riflessa è necessario uno stimolo di intensità maggiore di quella che è necessaria per produrre la contrazione muscolare, una volta che lo stimolo venga applicato direttamente sul nervo motore; che la contrazione riflessa è maggiore per altezza e per durata della contrazione prodotta applicando il medesimo stimolo sul nervo di moto; che a produrre la contrazione riflessa è necessario, che lo stimolo rimanga applicato per un tempo più lungo; che uno stimolo istantaneo il quale rimane

(1) I. Müller, *Handb. d. Physiol. des Menschen*, ecc.

(2) Marshall-Hall, *Memoirs of the nervous system*. London, 1837.

senza effetto, riesce a produrre la contrazione riflessa, quando venga ripetuto con una certa frequenza; che la frequenza con cui gli stimoli devono succedersi per produrre una contrazione tetanica riflessa, è minore della frequenza con cui devono succedersi per produrre la medesima contrazione tetanica, quando vengono applicati sul nervo di moto; che perciò nelle cellule le singole eccitazioni si sommano meglio ancora che nelle fibre; che l'altezza e durata della contrazione riflessa sono, entro determinati limiti, proporzionali alla intensità e frequenza dello stimolo; che il tempo che passa fra l'applicazione dello stimolo e la comparsa della contrazione riflessa diminuisce col crescere della intensità dello stimolo.

L'eccitabilità riflessa aumenta, allorquando i centri di riflessione sono separati dagli altri e specialmente dai psichici. L'innalzamento della temperatura ha per effetto di aumentare la eccitabilità riflessa e di diminuire il tempo necessario al passaggio della eccitazione dalla fibra centripeta sulla centrifuga; ma nel tempo stesso fa sì, che l'eccitabilità riflessa duri meno a lungo. Gli animali giovani hanno un'eccitabilità riflessa maggiore dei vecchi, e ciò spiega le convulsioni così frequenti dei bambini.

Alcune sostanze, come la stricnina, aumentano l'eccitabilità riflessa, ed altre la diminuiscono, come il bromuro di potassio e l'atropina.

Le cellule nervose che presiedono alle azioni riflesse, sono unite fra di loro; ed al modo con cui tale riunione viene attivata, devesi attribuire il carattere della coordinazione ad un risultato speciale, carattere che è proprio di tutti i movimenti riflessi i quali risultano dalla contrazione di parecchi muscoli.

Alcuni autori (1) spiegano questo fatto ammettendo, che i centri di riflessione si sovrappongano in modo, che i superiori vengano ad avere sotto la loro dipendenza un numero sempre maggiore di muscoli concorrenti ad un determinato movimento.

Così p. e. ammesso un gruppo di cellule il quale si trovi in relazione coi muscoli flessori della gamba, ed un'altro il quale si trovi in relazione coi muscoli flessori della coscia, al disopra degli stessi e in relazione con entrambi, si troverebbe un terzo gruppo di cellule, la cui attività sarebbe causa di una flessione complessiva dell'arto inferiore; e così ascendendo progressivamente si arriverebbe ad un altro gruppo, sotto la cui dipendenza si troverebbe il movimento complesso della ambulazione. Vedi fig. 13.

In conseguenza della unione in cui si trovano i centri di riflessione, col crescere dell'intensità della impressione sensitiva, cresce il numero dei muscoli che entrano in contrazione; e la legge, scoperta da Pflüger,

(1) Beaunis, *Nouv. elem. d. physiol.* 2.^a ed. Paris 1881, vol. I, pag. 562 e seg.

secondo la quale questa diffusione si compie nel midollo spinale, è la seguente: Ad un primo grado di intensità entrano in contrazione i muscoli dello stesso arto stimolato; ad un secondo grado i muscoli dell'arto corrispondente dell'altro lato; ad un terzo i muscoli dell'arto non corrispondente dello stesso lato; ad un quarto i muscoli dell'arto non corrispondente dell'altro lato, e finalmente ad un quinto tutti i muscoli del corpo.

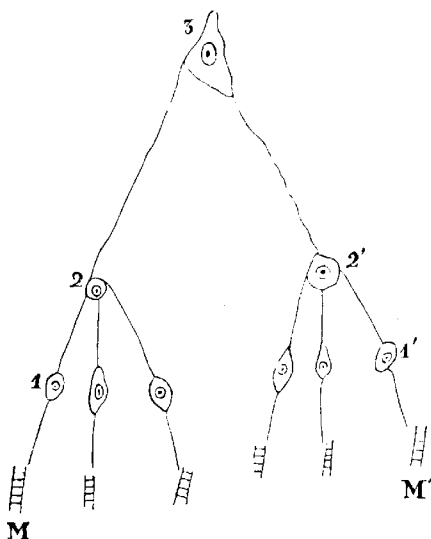


Fig. 13. — Schema di Beauvis.

M. muscoli flessori della gamba. — M'. muscoli flessori della coscia. — 1. centri di riflessione per i singoli muscoli flessori della gamba. — 1' centri di riflessione per i singoli muscoli flessori della coscia. — 2. centro di riflessione per il movimento di flessione della gamba. — 2' centro di riflessione per i movimenti di flessione della coscia. — 3. centro di riflessione per la flessione complessiva dell'arto.

Questa legge verrà meglio esplicita nel trattare della fisiologia del midollo spinale.

b) *Eccitazione automatica.* — In fisiologia si conoscono parecchi fatti dipendenti da eccitazione centrale, i quali non sono consecutivi nè ad impressioni periferiche, nè a condizioni dell'animo, e perciò questa eccitazione centrale viene denominata *automatica*. Quali siano le condizioni fisico-chimiche, che possono stimolare direttamente le cellule nervose, non lo si sa, e solo in via di ipotesi si ammette, che esse siano legate al processo di nutrizione delle dette cellule.

Con tale supposizione si comprende la eccitazione debole, ma continua, dei centri nervosi, la quale viene rivelata principalmente dal tono

muscolare; i periodi regolari di maggiore o minore attività dei detti centri, indipendenti da qualunque condizione periferica, o psichica, i quali si manifestano specialmente collo stato di veglia o di sonno; e finalmente le eccitazioni centrali che vengono provocate sperimentalmente dalle modificazioni chimiche o fisiche del sangue.

La diminuzione del sangue circolante nei centri nervosi, la deficienza di ossigeno o l'eccesso di acido carbonico nel medesimo, sono causa di crampi respiratori e vasali, e finalmente di contrazioni generali di tutti i muscoli.

c) *Eccitazione psichica.* — L'eccitazione psichica deriva da particolari stati dell'animo, e da ciò il suo nome.

Che in conseguenza dello stato dell'animo possano svilupparsi delle eccitazioni centrali, è un fatto che viene dimostrato specialmente dai movimenti volontari. Come poi lo stato dell'animo possa stimolare le cellule nervose, non lo si sa, e non lo si può neppure immaginare, perchè lo stato dell'animo è una condizione di natura ignota, la quale non può essere subordinata ad alcun concetto fisico o chimico.

Benchè alcuni centri nervosi entrino in eccitazione a preferenza in via riflessa, altri in via automatica, ed altri in via psichica, nulladimeno la fisiologica speciale dei centri nervosi ha dimostrato, che nessuna di queste tre forme di eccitazione si può riguardare come specifica od esclusiva di alcuni centri.

In via generale si può dire solamente, che di mano in mano che si ascende la scala dei centri nervosi, si incontra dapprima a preferenza l'eccitazione riflessa, poi l'automatica, e finalmente la psichica.

Le eccitazioni centrali, di natura tanto riflessa quanto automatica o psichica, possono essere continue, oppure succedersi con intervalli regolari, oppure svilupparsi solamente in seguito a condizioni accidentali relative all'organismo o all'ambiente; e perciò distinguonsi in *toniche*, *ritmiche* ed *accidentali*.

§ 8. MODIFICAZIONI DELLA ECCITABILITÀ DELLE FIBRE NERVOSE PRODOTTE DALLE CORRENTI ELETTRICHE.

Nobili (1) vide per primo cessare un tetano accidentale di un preparato galvanico in seguito alla applicazione di una corrente continua, e questa osservazione fu subito dopo confermata da Matteucci (2) e da Du Bois-Reymond.

Più tardi Valentin (3) trovò, che uno stimolo applicato al di sopra del tratto percorso da una corrente continua non è seguito da nessuna,

(1) Nobili, *Ann. d. Chim. et. Phys.* XLIV, p. 30, 1830.

(2) Matteucci, *Compt. rend.* VI. pag. 630, 1833.

(3) Valentin, *Lshrb. d. Physiol. d. Menschen* 2.^a Ed. II, 2 pag. 655 Braunschweig 1848.

o da una contrazione assai debole, e che allorchando il nervo è percorso da una corrente ascendente, diventa minore anche l'azione di uno stimolo applicato al di sotto della stessa.

Eckhard (1) studiò l'azione delle correnti sulla eccitabilità facendo uso di elettrodi impolarizzabili, e misurando, mediante il miografo, il grado dell'accorciamento muscolare. Nei suoi esperimenti egli adoperò, oltre agli stimoli elettrici, anche i meccanici ed i chimici. Mediante esperimenti condotti in modo che si sottraggono a qualunque critica, egli riuscì non solo a confermare il fatto già osservato da Valentin della diminuzione della eccitabilità nel tratto di nervo, che si trova al disotto di una corrente ascendente, ma a dimostrare puranco, che il medesimo tratto di nervo, allorchando la corrente è discendente, trovasi invece in uno stato di aumentata eccitabilità. E perciò egli ammise, che durante l'applicazione di correnti continue l'eccitabilità del nervo sia aumentata dal lato del catode e diminuita dal lato dell'anode.

Ma la scienza deve a Pflüger (2) la conoscenza delle leggi precise secondo le quali le correnti elettriche modificano la eccitabilità del nervo.

Negli esperimenti di Pflüger l'altezza della contrazione muscolare veniva scritta mediante un miografo appositamente costruito, gli stimoli erano sempre di una intensità inferiore a quella necessaria per produrre la massima contrazione, e sempre dello stesso grado, affine di avere dei risultati comparabili. A tale scopo egli costruì degli apparecchi speciali, affinché le oscillazioni della corrente stimolante fossero sempre dello stesso grado. Questi apparecchi trovansi descritti, oltre che nei lavori di Pflüger, anche nel *Handbuch d. Physiol.* di Hermann. Vol. II. p. I. p. 33.

La legge di Pflüger secondo la quale si modifica la eccitabilità del nervo durante il passaggio della corrente, suona nel modo che segue: *La eccitabilità è aumentata nel tratto di nervo che si trova in catelettrotono, tanto dall'una che dall'altra parte del polo negativo, e diminuita nel tratto di nervo che si trova in anelettrotono, tanto dall'una che dall'altra parte del polo positivo.*

Le differenze di eccitabilità sono massime nei punti dove sono applicati i due elettrodi, e diminuiscono progressivamente, a partire da questi punti, tanto nell'uno quanto nell'altro senso. E perciò tra gli elettrodi viene a trovarsi un punto in cui la eccitabilità non è nè aumentata nè diminuita, *Indifferenzpunkt*. La posizione di questo punto è diversa a seconda della intensità della corrente; e precisamente è più vicina al polo positivo, se la corrente è debole, ed al negativo quando è forte.

Al di fuori degli elettrodi, la diminuzione della eccitabilità nel tratto di nervo che si trova in anelettrotono, è proporzionalmente minore del-

(1) Eckhard, *Zeitschr. f. pat. Med.* (2) III pag. 198. 1853. *Beiträge zur Anat. u. Physiol.* I pag. 23 1855.

(2) Pflüger, *Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus*. Berlin, 1859.

l'aumento della eccitabilità, che si osserva nel tratto di nervo catelettrottonizzato, quando la corrente è debole, e viceversa quando è forte.

A condizioni eguali di intensità della corrente, queste modificazioni della eccitabilità sono tanto maggiori, quanto maggiore è il tratto di nervo percorso dalla corrente.

Tutti questi fatti sono in perfetto accordo colle leggi relative allo sviluppo dell'elettrotone, secondo le quali quando la corrente è debole, il catelettrotone prevale, mentre l'anelettrotone è in prevalenza, quando la corrente è forte.

La scomparsa dell'anelettrotone è seguita da un'aumento della eccitabilità, e la scomparsa del catelettrotone da una diminuzione che cessa però ben presto, per essere seguita da un aumento. E perciò il risultato finale, consecutivo alla sospensione della corrente continua, consiste in un aumento della eccitabilità.

In questo luogo merita pure di essere ricordato, che secondo Wundt (1) la chiusura di una corrente costante si accompagna a due opposti processi che decorrono lungo la fibra nervosa l'uno accanto dell'altro. L'uno processo si manifesta sotto forma di aumentata e l'altro sotto forma di diminuita eccitabilità. Questi processi si diffondono con diversa velocità, e si possono perciò considerare come due onde di diversa specie. Una di queste onde, in causa del suo diretto rapporto col processo di eccitazione, si può chiamare *onda di eccitazione*, mentre l'altra onda che arresta l'azione eccitante, si può chiamare *onda di arresto*.

Nel momento della chiusura, l'onda di eccitazione incomincia nel tratto interpolare, e si diffonde in ambo le direzioni al di là degli elettrodi. In ogni punto del nervo raggiunge ben presto un massimo che coincide presso a poco col massimo della contrazione muscolare; diminuisce quindi gradatamente, perdurando anche qualche tempo dopo finita la contrazione. La velocità con cui si trasmette, è presso a poco eguale a quella con cui si trasmette l'eccitazione.

Nel medesimo tempo in vicinanza dell'anode incomincia l'onda di arresto, che si diffonde in tutto il tratto intrapolare, e nel tratto extrapolare che si trova al di là del polo positivo, diminuendo sempre di intensità. La velocità con cui quest'onda si trasmette, è minore di quella con cui si trasmette l'onda di eccitazione, non è uniforme, e varia, in ragione del grado della eccitazione, da 80-500 m. m. per secondo. Raggiunge lentamente il suo massimo per poi scomparire.

Ambedue queste onde aumentano coll'aumentare della intensità della corrente; ma da principio cresce in maggior proporzione l'onda di eccitazione, e poi invece cresce in proporzione maggiore l'onda di arresto. Quando la corrente è forte, quest'onda può diffondersi anche al di là del polo negativo.

(1) Wundt, *Physiol. Psychol.* 2a ed. Leipzig. 1880, vol. I, p. 218.

Nel momento dell'apertura della corrente scompaiono, più o meno rapidamente, le differenze che esistevano durante la chiusura: e in vicinanza al catode prendono transitoriamente il sopravvento i processi di arresto, e in vicinanza all'anode quelli di eccitazione.

Per ciò che riguarda il modo con cui questi fatti furono da Wundt verificati, rimando il lettore all'opera di Wundt.

Le modificazioni della eccitabilità, prodotte dalle correnti continue, possono spiegare la legge delle contrazioni sopra riferita.

Colle correnti deboli si hanno contrazioni solamente di chiusura, qualunque sia la direzione della corrente, perchè la fase di aumento della eccitabilità (od i processi di eccitazione secondo Wundt), sono sempre in notevole prevalenza nel momento della chiusura; e viceversa nel momento dell'apertura prevale la diminuzione dell'eccitabilità, od i processi di arresto.

Colla corrente di mediocre intensità si ha contrazione di chiusura e di apertura, qualunque sia la direzione della corrente, perchè la fase di aumento della eccitabilità, è tale da prevalere sempre sulla fase di diminuzione.

Colle correnti forti si hanno contrazioni di sola chiusura, se la corrente è discendente, e di sola apertura se è ascendente, perchè la fase di aumento della eccitazione nell'atto in cui si chiude il circuito della corrente discendente, o si apre il circuito della corrente ascendente, trovasi verso il muscolo. Non vi ha contrazione all'apertura della corrente discendente ed alla chiusura dell'ascendente, perchè verso il muscolo si trova in questi due casi, la fase di diminuzione.

§ 9. MODIFICAZIONI DELLA ECCITABILITÀ DELLE FIBRE NERVOSE OSSERVATE DA WUNDT DURANTE L'ECCITAZIONE.

Durante l'eccitazione si nota secondo Wundt (1) 1.º uno stadio di ineccitabilità; 2.º uno stadio di eccitabilità crescente; 3.º uno stadio di eccitabilità decrescente.

La durata di questi stadi corrisponde presso a poco a quella degli stadi di eccitazione latente, di energia crescente, e di energia decrescente della contrazione muscolare.

Secondo Wundt, questi stadi dipendono da ciò, che la stimolazione è causa di due processi di natura opposta, gli uni che tendono a provocare la eccitazione, e gli altri che tendono ad impedirla. Nel primo momento consecutivo alla stimolazione prevalgono i secondi, e nei momenti successivi prevalgono i primi.

Le specialità relative all'azione stimolante della corrente continua consisterebbero, secondo Wundt, in questo, che mentre nelle altre specie

(1) Wundt, *Physiol. Psychol.* 2ª ed. Leipzig, 1880, p. 240 e seguenti.

di stimolazione i due processi si diffondono regolarmente dal punto stimolante lungo il nervo, in vicinanza ai due elettrodi essi invece si separano in modo, che durante la chiusura presso al catode vengono a prevalere le azioni eccitanti e presso l'anode le azioni di arresto. Aperto il circuito della corrente, le opposte azioni tendono ad equilibrarsi, ma prima che questo equilibrio si compia, ha luogo una prevalenza transitoria all'anode delle azioni di eccitazione ed al catode di quelle di arresto.

§ 10. INFLUENZA DEL PROCESSO DI MORTIFICAZIONE SULLA
ECCITABILITÀ DELLA FIBRA NERVOSA.

I nervi asportati dall'organismo perdono a poco a poco le loro proprietà fisiologiche, anche se sono protetti dal disseccamento, da temperature troppo elevate o troppo basse, e da azioni meccaniche o chimiche nocive.

La *morte*, ossia la perdita delle proprietà fisiologiche del nervo, viene dimostrata dal fatto, che gli stimoli applicati sopra il medesimo non valgono più a produrre la contrazione del muscolo.

Di mano in mano che il nervo perde l'attitudine di rispondere agli stimoli, va pure perdendo le sue proprietà elettriche; ma la corrente propria dello stesso si può osservare per altro anche qualche tempo dopo che esso ha perduta la sua eccitabilità (1).

Per quanto tempo un nervo tolto dall'animale possa conservare le sue proprietà fisiologiche, è difficile il poterlo determinare, perchè la perdita delle stesse non è accompagnata da alcuna evidente modificazione del nervo, come sarebbe la rigidità cadaverica rispetto al muscolo; e noi siamo costretti ad argomentarla dalla mancanza della contrazione muscolare, la quale potrebbe anche fare difetto per cause relative alla fibra muscolare e non alla fibra nervosa.

La perdita delle proprietà fisiologiche del nervo potrebbe essere desunta dalla mancanza della oscillazione negativa; ma questa mancanza è un criterio, relativamente, poco squisito, perchè possa essere preso per indice preciso del momento in cui la fibra nervosa cessa di esser eccitabile.

E perciò, sotto questo riguardo, noi possiamo dire soltanto, che i nervi degli animali a sangue caldo perdono le loro proprietà fisiologiche più prontamente dei nervi degli animali a sangue freddo; che un'alta temperatura accelera questa perdita, mentre la rallenta una temperatura bassa.

Per gli animali a sangue caldo si può dimostrare la persistenza della eccitabilità nei nervi tutto al più un'ora dopo la loro asportazione;

(1) Vedi in proposito Hermann, *Handb. ecc.* Vol. II, parte 1^a, pag. 148.

mentre i nervi delle rane, conservati a bassa temperatura, si dimostrarono eccitabili anche parecchi giorni dopo che erano stati tolti dall'animale.

In conseguenza della morte dell'animale, perdono a poco a poco le loro proprietà fisiologiche anche le fibre nervose. Secondo la legge di Ritter e Valli (1), quando i nervi sono uniti ai centri, la perdita di queste proprietà procede dai centri verso la periferia: cosichè stimolando un nervo di moto in un punto vicino ai centri la contrazione muscolare può fare difetto, e manifestarsi invece, se lo stesso stimolo viene applicato sopra un punto del nervo più lontano dal centro.

Onimus (2) studiò di recente questo argomento in animali ed uomini giustiziati, e i risultati furono i seguenti: Di tutti gli organi il primo a perdere la sua eccitabilità è il cervello. Stimolandolo anche subito dopo l'esecuzione non si ottiene alcun fenomeno sulla periferia. Però negli impiccati si riesce talvolta a ridestarne per qualche momento l'eccitabilità, mediante l'iniezione di sangue arterioso: non così nei decapitati, probabilmente in causa della penetrazione dell'aria. L'eccitabilità del midollo spinale è totalmente scomparsa 2-3 ore dopo l'esecuzione, mentre persiste ancora quella dei nervi. Dei nervi di un arto muoiono prima i grossi tronchi, poi i rami degli estensori, ultimi quelli dei flessori. Il sistema del simpatico perde la sua eccitabilità più tardi del sistema cerebro-spinale. I muscoli sono eccitabili ancora, quando i nervi più non rispondono allo stimolo.

Rosenthal (3) dimostrò, che la morte del nervo è preceduta da un aumento della eccitabilità a cui fa seguito una progressiva diminuzione.

Quando i nervi sono stati tagliati, il processo di mortificazione incomincia dal punto di sezione, e di là si diffonde nell'uno e nell'altro senso.

E perciò l'aumento della eccitabilità provocato dal taglio, fu da Rosenthal riguardato come il principio della mortificazione del nervo.

§ 11. ALTERAZIONI NELLA STRUTTURA DEL NERVO SEPARATO DAI CENTRI.

I nervi separati dai centri vanno incontro ad alterazioni anatomiche le quali consistono nella degenerazione grassa e granulare, e sono causa della perdita delle proprietà fisiologiche degli stessi.

Waller (4) dimostrò, che allorquando viene tagliato un nervo misto (contenente fibre di senso e di moto) subiscono la degenerazione tutte le

(1) Vedi Hermann, *Handb. d. Physiol.* Vol. II, p. 1^a, pag. 120.

(2) Onimus, *Modifications de l'excitabilité des nerfs et des muscles apres la mort.* Jour. de l'anat. et de la Physiol. 1880, p. 629.

(3) Rosenthal, *Allg. med. Centralztg.* 1859, N. 16. Citato da Hermann.

(4) Waller, *Philos. Transactions.* 1850. II, pag. 423. *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1852, pag. 392. *Nouvelle methode anatomique pour l'investigation du systeme nerveux.* I. Bonn. 1852.

fibre che stanno fra il taglio e la periferia, mentre si conservano inalterate le fibre che stanno fra il taglio ed i centri nervosi; che allorquando viene tagliata una radice spinale posteriore (composta di sole fibre sensitive) degenerano le fibre che stanno fra il taglio ed il midollo, e si mantengono inalterate quelle che stanno fra il taglio e la periferia; e che allorquando viene tagliata una radice anteriore (composta di sole fibre motrici) vengono colte dalla degenerazione le fibre che stanno fra il taglio e la periferia, e non subiscono modificazioni quelle che stanno fra il taglio ed il midollo spinale, precisamente siccome si osserva nei nervi misti.

In base a queste scoperte le quali furono tanto utilizzate in anatomia per istudiare l'andamento delle fibre nervose, si ammette, che la regolare nutrizione delle fibre nervose sia subordinata alla unione delle stesse con determinati gruppi di cellule, i quali si troverebbero in diverse località a seconda delle diverse fibre. Così i centri trofici delle radici spinali posteriori e delle fibre sensitive dei nervi misti, che ne rappresentano la continuazione, sarebbero costituiti dai gangli intervertebrali, e i centri trofici delle radici spinali anteriori che si continuano nelle fibre motrici dei nervi misti, sarebbero invece costituiti da cellule che fanno parte dei corni anteriori del midollo spinale.

Le degenerazioni dei nervi, consecutive al taglio dei medesimi, furono studiate in particolar modo, oltre che da Waller, da Budge (1) e da Schiff (2).

Queste degenerazioni si manifestano più rapidamente negli animali a temperatura costante, che negli animali a temperatura variabile.

Relativamente alla partecipazione degli organi terminali delle fibre nervose alla degenerazione di queste, i risultati non sono concordi.

Secondo Meissner e Krause i corpuscoli del tatto degenerano dopo il taglio dei nervi relativi, mentre ciò vien contraddetto da Langerhans (3).

I bastoncelli ed i coni della retina, secondo le osservazioni di Krause, e gli organi di terminazione delle fibre olfattorie, secondo Colasanti (4), si mantengono inalterati dopo il taglio del nervo ottico e del nervo olfattorio; ma egli è da notare, che la recisione di questi nervi non è seguita da degenerazione periferica, ma centrale.

Secondo le ricerche di Giannuzzi (5) l'eccitabilità, benchè indebolita, si può verificare nelle radici spinali anche 10 giorni dopo il taglio delle stesse, quando la degenerazione è già bene inoltrata.

(1) Budge, *Zeitschr. f. Wiss. Zool.* III. pag. 347. 1851.

(2) Schiff, *Arch. f. physiol. Heilk.* 1852, pag. 145.

(3) Vedi Hermann, *Handb. ecc.*, pag. 128.

(4) Colasanti, *Ricerche sopra la recisione del nervo olfattorio delle rane.* Atti della R. Acad. dei Lincei, Tom. 2° serie II.

(5) Giannuzzi, *Ricerche eseguite nel gabinetto di fisiologia di Siena.* Siena, 1868.

§ 12. CICATRIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI NERVOSI.

La possibilità di una cicatrizzazione dei nervi con ritorno delle loro proprietà fisiologiche fu dimostrata per la prima volta da Cruikshank (1) nel 1776. Secondo ricerche recenti questa cicatrizzazione si compie anche dopo l'asportazione di un pezzo di nervo della lunghezza di qualche centimetro. Schiff (2) la verificò in un cane dopo l'asportazione di un pezzo di nervo lungo 5 centim. La cicatrizzazione dei nervi ha luogo per mezzo di un'accrescimento del moncone centrale, che viene a rimpiazzare la parte degenerata del periferico e si unisce a quella che trovasi ancora in condizioni normali. Waller ammetteva, che tutta la fibra periferica degenerasse, e fosse poi rimpiazzata da un prolungamento della centrale; ma secondo i più recenti studi, pare invece, che solamente la guaina midollare del moncone periferico scompaia del tutto, e che il cilindrase del moncone centrale, crescendo con rapidità maggiore di quella con cui degenera il cilindrase del moncone periferico, raggiunga la parte di questo non ancora degenerata e con essa si saldi.

I nervi separati dai centri non rigenerano più. Le osservazioni in contrario di Vulpian (3) furono più tardi rettificata dallo stesso autore (4). E perciò, in perfetto accordo ed in complemento all'azione trofica dei centri nervosi sulle fibre, noi dobbiamo ammettere, che da questi centri si svolgano delle azioni continue, o almeno periodiche, le quali si trasmettono lungo la fibra in modo analogo alla eccitazione, provvedendo alla regolare nutrizione ed alla rigenerazione della medesima; e che la mancanza di queste azioni sia causa della degenerazione.

Secondo le esperienze di Erb, Ziemssen e Weiss, nelle fibre rigenerate la conduttività ricompare prima della eccitabilità.

Merita molta considerazione il fatto osservato da S. Mayer (5), che anche in animali ed uomini sani si trovano delle fibre nervose in istato di degenerazione e rigenerazione. In base a questo fatto Mayer ammette un continuo rinnovamento delle fibre nervose.

Sulla possibilità della riunione di fibre nervose centripete con fibre

(1) Cruikshank, *Med. factis and observ.* VII. N. 14. e *Phil. Transactions* 1795, p. 177.

(2) Schiff, *Lehrb. d. Musk. u. Nervenphysiol.* Lahr. 1858, p. 123.

(3) Philippeaux et Vulpian, *Note sur des expériences démontrants que des nerfs séparés des centres ecc.* Compt. rend. 1859. XLIX, p. 507.

(4) Vulpian, *Note sur la regeneration dite autogénique des nerfs.* Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1874, p. 704.

(5) S. Mayer, *Ueb. Degenerations- und Regenerationsvorgänge in unversehrten peripherischen Nerven.* Jahresb. ub. d. Fortsch. d. Anat. und Physiol. Lett. 1879.

In una più recente pubblicazione Mayer conferma i medesimi risultati. *Ueb. Vorgänge der De- und Regeneration in unversehrten Nerven.* Zeitschr. f. Heilk. B. II. II. 2-3. 1881.

nervose centrifughe, la scienza non si può oggi ancora pronunciare. Abbiamo già veduto, come le osservazioni di Vulpian e parecchi altri, intorno alla riunione del moncone dell'ipoglosso con quello del linguale, possano essere interpretate in base agli studi più recenti.

I centri nervosi encefalici, una volta che siano stati totalmente o quasi totalmente levati, non si riproducono più. Questo fatto io potei ripetutamente verificare nei colombi a cui avea asportati gli emisferi cerebrali, o il cervelletto, o i lobi ottici. In qualche caso, dopo tali asportazioni, osservai un maggiore sviluppo dei centri che rimanevano inalterati (1).

Vi fu per molto tempo questione, se una rigenerazione potesse aver luogo nella midolla spinale. Le recenti esperienze di Eichhorst (2) confermate poi da Masius (3), pare che abbiano risolta definitivamente la controversia in senso affermativo, solamente però per le fibre e non per le cellule, e per gli animali ancora giovani. Dopo l'asportazione di un segmento spinale dello spessore di alcuni millimetri, nei giovani cani sopravvissuti alla operazione, questi autori poterono verificare il ritorno delle funzioni prima del movimento e poi della sensibilità; e mediante l'esame istologico del midollo spinale poterono poi dimostrare, che la perdita di sostanza era rimpiazzata da numerose fibre in continuazione coi cordoni spinali.

§ 13. INFLUENZA DELLA CIRCOLAZIONE, DELLA RESPIRAZIONE,
DELLA TEMPERATURA, DELLA NUTRIZIONE E DELL'ATTIVITÀ
FUNZIONALE SULLA CONSERVAZIONE DELLE PROPRIETÀ
FISIOLOGICHE DEGLI ELEMENTI NERVOSI.

Non è possibile di dimostrare, quanta sia l'influenza della irrigazione arteriosa sulle manifestazioni funzionali degli elementi nervosi, poichè queste manifestazioni non possono essere studiate che per mezzo della contrazione muscolare la quale è strettamente legata alla irrigazione medesima.

Quando peraltro si lega l'aorta, secondo l'esperienza di Stenon, si vede, che la contrattilità muscolare diretta, vale a dire l'attitudine del muscolo a contrarsi per l'azione di stimoli che agiscono direttamente sopra di esso, scompare qualche tempo dopo della contrattilità indiretta, vale a dire dell'attitudine del muscolo a contrarsi per l'azione di stimoli che agiscono sul nervo motore. Questa osservazione tenderebbe a

(1) Stefani, *Ipertrofia del cervelletto in un colombo a cui un anno prima erano stati levati gli emisferi cerebrali*. Ferrara 1881.

(2) Eichhorst, *Ueber Degeneration und Regeneration des Rückenmarks*. Zeits. f. Klin. Med. I, p. 284.

(3) Masius, *De la regeneration de la moelle épinière*. Arch. d. Biol., pag. 697.

dimostrare, che l'arresto della circolazione sospende le manifestazioni fisiologiche dei nervi, prima di quelle dei muscoli, e che esse perciò sono subordinata alla circolazione ancora più direttamente di queste.

Rispetto alla conservazione delle attitudini fisiologiche delle fibre nervose, pare indifferente il trovarsi delle medesime in contatto o meno con l'ossigeno.

Dopoche Hermann (1) verificò questo fatto per la fibra muscolare, Ranke (2) ed Ewald (3) lo verificarono per la fibra nervosa. Ranke collocò i nervi in un atmosfera di gas indifferenti, Ewald nel vuoto umido, ed entrambi osservarono, che l'eccitabilità dei medesimi si conservava, come allorchando i nervi rimanevano in contatto dell'aria.

Severini (4) attribuisce all'ozono un'azione ricostituente sulla fibra nervosa, che non possiede l'ossigeno comune.

Un aumento di temperatura fino ai 40-45 gradi aumenta la eccitabilità delle fibre, ma nel tempo stesso è causa di una scomparsa più rapida della medesima. Un aumento ulteriore diminuisce progressivamente questa eccitabilità, la quale scompare affatto, quando la temperatura raggiunge i 65.^o

I nervi degli animali bene nutriti sono più eccitabili dei nervi degli animali che si trovano in uno stato di cattiva nutrizione, ma qualche volta si può osservare anche il fatto opposto, *eccitabilità da debolezza*. Non si conosce, quale sia la ragione dell'aumentata eccitabilità negli individui deboli; alcuni autori rassomigliano questo aumento a quello che presenta la fibra nervosa, quando incomincia il processo di mortificazione della medesima.

Del resto la eccitabilità della fibre nervose presenta molte differenze individuali ed accidentali, di cui non si conosce ancora la causa.

A questo punto credo opportuno di ricordare le esperienze di Rumpf (5) intorno all'azione della linfa sugli elementi nervosi. Da queste esperienze risulta, che la linfa gonfia e scioglie il cilindrase delle fibre nervose periferiche, separate dai centri. Anche le fibre e le cellule del midollo spinale si gonfiano e sciolgono sotto l'azione della stessa; ma perchè ciò avvenga è necessario che il midollo spinale sia separato non solo dai centri superiori, ma anche dalla periferia. Se sono intatte solamente le radici anteriori, la dissoluzione non avviene, e se sono intatte solamente le radici posteriori, la dissoluzione avviene, ma più tardi. In base a questi fatti Rumpf ammette una specie di *retrotrofo* trofico dalla periferia sui centri.

È noto che il riposo prolungato è causa di alterazione del tessuto

(1) Hermann, *Handb. der Physiol.* Vol. I, pag. 132. Leipzig, 1879.

(2) Ranke, *Die Lebensbedingungen der Nerven* pag. 97, Leipzig, 1868.

(3) Ewald, *Arch. f. d. ges. Physiol.* II, pag. 142, 1869.

(4) Severini, *Azione dell'ossigeno atomico sulla vita dei nervi*. Perugia, 1873.

(5) Rumpf, *Ueber die Einwirkung der Lymphe auf die Centralorgane*. *Arch. f. d. ges. Physiol.* XXVI, p. 415.

muscolare, con perdita delle sue proprietà fisiologiche. E perciò i fisiologi si domandarono, se esso possa essere causa anche di alterazioni anatomiche della fibra nervosa con perdita della eccitabilità e conduttività della medesima. Questa questione non poteva essere sciolta che dall'esame anatomico e fisiologico del moncone centrale di un nervo sensitivo. Dalle ricerche fatte in proposito risulta, che questi monconi non subiscono alcuna degenerazione, astrazione fatta dal nervo ottico e forse anche olfattorio. Schiff (1) trovò inalterati il moncone centrale di fibre centripete, tagliate 20 mesi prima. A tale proposito osserva per altro Beaunis, che questi monconi potevano essere eccitati dagli stiramenti della cicatrice. In una serie di ricerche relative al taglio dello sciatico, da me fatte in compagnia del mio amico e collega Weiss, trovai che il moncone centrale dello sciatico tre mesi dopo l'operazione, non rispondeva nè agli stimoli elettrici, nè ai meccanici applicati tre centimetri più in su del punto sezionato.

Relativamente alle condizioni che valgono a modificare le eccitabilità delle cellule, le nostre cognizioni sono assai minori, e meno precise di quelle che possediamo in rapporto alle fibre, e ciò per la ragione che le cellule non si prestano a certi esperimenti.

Dallo studio dei centri nervosi si può solo asserire in via generale, che una leggera diminuzione come un leggero aumento dell'afflusso sanguigno sono causa di aumento della eccitabilità delle cellule; e che questa scompare in seguito ad un'anemia grave. L'arresto della respirazione pare causa di aumento, a cui fa seguito, senza dubbio, la scomparsa della eccitabilità.

Pare che un aumento di temperatura sia causa di aumento della eccitabilità dei centri nervosi, ma nello stesso tempo di una più rapida scomparsa della medesima. Brown-Sequard (2) per primo osservò, che nelle rane decapitate la eccitabilità riflessa si conserva più a lungo, quando sono poste sotto basse temperature.

Tarchanoff (3) vide aumentare la eccitabilità riflessa riscaldando il midollo spinale da 24° a 70° (?), e quindi rapidamente scomparire. È da notarsi però, che dalle esperienze dallo stesso Tarchanoff di Freusberg (4) parrebbe dimostrato, che anche il freddo potesse aumentare l'eccitabilità riflessa del midollo spinale.

Pfüger (5) subordina il letargo invernale ad una diminuzione della

(1) Schiff, *Lehrb. ecc.*, pag. 122.

(2) Brown-Sequard, *De la survie des Batraciens et des Tortues après l'ablation de leur moelle allongée*. Gaz. med. de Paris 1851. pag. 476.

(3) Tarchanoff, *Ueber die Wirkung der Erwärmung ecc.* Bull. d. l'acad. d. scien. d. St. Petersbourg. XVI p. 226 1870. Citato da Eckhard nell'*Handb. der Physiol.* di Hermann Vol. II, p. 2.^a, p. 43.

(4) Freusberg, *Kälte als Reflexreiz*. Arch. f. exper. Pathol. VI, p. 49 anno 1877.

(5) Pfüger, *Theorie des Schlafes*. Arch. f. d. ges. Physiol. Vol. X, p. 468. 1875.

eccitabilità dei centri nervosi, dovuta all'abbassamento della temperatura, che rallenta gli scambi; ed il letargo estivo ad una diminuzione della eccitabilità stessa, dovuta ad un eccessivo innalzamento della temperatura, che è causa di eccessivo consumo.

Finalmente è indubitato, che la eccitabilità delle cellule presenta delle differenze individuali ed accidentali di cui non si riesce ancora ad intravedere la causa, maggiori delle differenze, che sotto tale riguardo, si notano nelle fibre.

§ 14. STANCHEZZA DEGLI ELEMENTI NERVOSI.

Se i nervi siano soggetti, come i muscoli, al fenomeno della stanchezza in causa di eccitazioni troppo prolungate, non è ancor bene dimostrato; perchè la verificazione della stanchezza dei nervi incontra delle gravi difficoltà sperimentali, per la nota ragione che l'attività dei medesimi non può esser convenientemente apprezzata, se non in base alla contrazione dei muscoli; i quali sono notoriamente soggetti al fenomeno della stanchezza.

Du-Bois Reymond (1) studiò il fenomeno della stanchezza dei nervi in rapporto alla oscillazione negativa della corrente propria. Egli avrebbe osservato, che questa oscillazione, dopo ripetute stimolazioni, diventa progressivamente minore, e finisce per scomparire: questo risultato ha costituito, fino a questi ultimi tempi, il fatto principale in appoggio alla esistenza di una stanchezza nervosa. Helmholtz (2) tentò di determinare, se la velocità della trasmissione nervosa diminuisce col ripetersi degli stimoli, ma le sue ricerche non riescirono ad alcun risultato decisivo.

Finalmente Bernstein (3) trovò di recente il modo di potere studiare la stanchezza dei nervi mediante la contrazione muscolare, evitando la stanchezza del muscolo.

Egli fece attraversare la parte del nervo vicina al muscolo da una corrente continua. In tal modo le stimolazioni del nervo al disopra della corrente non potevano provocare la contrazione muscolare, perchè l'anellettrotono arrestava la trasmissione della eccitazione.

Se i nervi sono suscettivi del fenomeno della stanchezza, egli dovea in tal modo riuscire a stancare il nervo senza stancare il muscolo, ed a poter quindi dimostrare la stanchezza nervosa mediante le reazioni di un muscolo che si trovava in condizione di eccitabilità normale.

Mediante esperienze in tal modo condotte, egli dimostrò nettamente, che anche i nervi si stancano, ma nel tempo stesso egli fece conoscere, che i nervi sono colti dalla stanchezza meno prontamente dei muscoli.

(1) Vedi Hermann, *Handb. ecc.*, Vol. II, p. I, pag. 134.

(2) Helmholtz, Vedi Hermann, *Handb. ecc.*, Vol. II, p. I, pag. 134.

(3) Bernstein, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XV, pag. 289. 1877.

Ma se il nervo si stanca più lentamente del muscolo, più lentamente anche si ristora; e nel caso in cui l'irritazione sia stata troppo forte o troppo prolungata, esso più non riacquista le sue proprietà fisiologiche.

Analoghi esperimenti, seguiti da analoghi risultati, furono fatti sui nervi di senso, mettendo a profitto la contrazione muscolare riflessa.

Ranke (1) applicò ai nervi la sua teoria relativa alla stanchezza muscolare. Egli riguarda la stanchezza nervosa come un effetto di una azione speciale sulla fibra delle sostanze che possono riguardarsi, con qualche fondamento, come un prodotto della disassimilazione dei nervi; e fra queste sostanze egli mette in primo luogo gli acidi.

La dimostrazione della stanchezza delle cellule nervose offre delle difficoltà ancora maggiori, in quanto che non abbiamo modo di studiare l'attività delle stesse indipendentemente dalle fibre.

I fenomeni che più di tutti depongono in favore dell'esistenza di una stanchezza delle cellule, sono quelli che si osservano in seguito al lavoro psicologico; e più precisamente lo spossamento che fa seguito ad una prolungata attenzione. Ma anche questi fenomeni potrebbero essere riferiti a stanchezza delle fibre centrali, invece che a stanchezza delle cellule.

§ 15. TEORIE RELATIVE ALLA ESSENZA DELLA FUNZIONE NERVOSA.

Le teorie relative all'essenza della funzione nervosa, prima della scoperta della elettricità animale, non hanno alcun interesse scientifico.

Il *pneuma* di Galeno, e gli *spiriti vitali* sono parole che mancano di un significato preciso.

Ai tempi di Haller si cominciò a considerare le funzioni nervose sotto un punto di vista più positivo.

Alcuni paragonarono queste funzioni al movimento meccanico della corda delle campane; altri a quello di una corda oscillante; mentre altri ancora le riguardavano come l'effetto della propagazione lungo i nervi di un fluido sottile ed elastico, una specie di etere.

Il matematico Hausen (2) pare sia stato il primo ad esprimere l'idea, che l'elettricità potesse essere il principio attivo dei nervi. De-Sauvages espose un anno dopo lo stesso concetto, il quale trovò molto credito presso le persone di scienza. Haller per altro, con quella acutezza di mente che gli era propria, mosse a questo concetto due serie di obiezioni: la prima consisteva nella mancanza di un involucro isolatore delle fibre nervose, e la seconda nel fatto, che la legatura dei nervi interrompeva la trasmissione nervosa non altrimenti del taglio.

(1) Ranke, *Lebensbedingungen der Nerven*. Leipzig, 1868, pag. 72. 97. 120 ecc.

(2) Hausen, *Novi profectus in historia electricitatis*, pag. 47, Leipzig, 1743. Citato da Hermann pag. 184, Vol. II, parte 1^a.

Ma la scoperta, fatta poco dopo, della natura elettrica delle scosse di alcuni pesci, e specialmente la scoperta di Galvani della elettricità animale fecero dimenticare le obiezioni di Haller, e tutto il mondo scientifico accettò come un fatto la natura elettrica della funzione nervosa.

Parecchie teorie furono emesse in questo tempo per spiegare la produzione del fluido elettrico negli organismi animali, e specialmente nel tessuto nervoso; ma tutte mancavano di fondamenti sperimentali.

Finalmente anche questa difficoltà parve superata colla scoperta di Du Bois-Reymond, della elettricità dei nervi.

La corrente propria, e più ancora l'elettrotono e l'oscillazione negativa, dettero speranza di poter fondare una dottrina elettrica completa intorno ai processi nervosi.

Questa dottrina fu formulata in fatti da Du Bois-Reymond, ed è nota nella scienza sotto il nome di *dottrina molecolare*. Du Bois-Reymond intendeva di spiegare colla propria dottrina la possibilità di un mutamento di posizione delle molecole nervose, e la propagazione del medesimo dall'una all'altra molecola.

La dottrina di Du Bois consiste, siccome è già noto, nell'ammettere, che i nervi siano costituiti di molecole elettromotrici con una zona equatoriale positiva e due zone polari negative, e che l'eccitazione consista in una rotazione di queste molecole, che per azione polare si comunicherebbe alle molecole vicine.

Questa rotazione sarebbe rivelata dalla oscillazione negativa. Più tardi in seguito alla scoperta dell'elettrotono, avendo Du Bois ammesso che ogni molecola peripolare fosse costituita di due molecole bipolari, e che l'elettrotono dipendesse dal passaggio delle molecole dalla disposizione peripolare alla disposizione bipolare, Funke identificò l'eccitazione con questo movimento. Ma questo concetto dovette essere ben presto abbandonato per le differenze verificate tra la propagazione dell'elettrotono, e la propagazione della eccitazione.

Ma, se la dottrina molecolare di Du Bois-Reymond potè brillare, come un seducente miraggio, dinanzi alle menti più elette, oggi, in seguito specialmente ai lavori di Hermann, è in generale riconosciuta insufficiente, e ad essa tende a sostituirsi una *dottrina chimica*. La quale consiste nel riguardare l'eccitazione come l'effetto di particolari mutamenti chimici delle molecole nervose, che si vorrebbero paragonare da alcuni alla accensione delle sostanze esplosive. La trasmissione della eccitazione non sarebbe, secondo questo modo di vedere, che l'effetto della comunicazione del movimento di esplosione alle molecole vicine; e così la trasmissione, verrebbe identificata colla eccitazione, non rappresentando che la comunicazione di questa dall'una all'altra molecola.

L'eccitazione di una molecola sarebbe in altre parole lo stimolo provocante l'eccitazione della molecola vicina.

A questa dottrina si collega strettamente quella che identifica la eccitazione alla trasmissione nervosa.

Ma se la eccitabilità e la conduttività sono le manifestazioni funzionali caratteristiche degli elementi nervosi, egli è ancora però da dimostrare che esse rappresentino lo stesso fatto sotto un punto di vista diverso: in modo che quando l'una viene a cessare, anche l'altra scompare. Ed anzi parecchi fatti sono registrati dalla scienza, i quali tenderebbero a provare piuttosto il contrario.

Ho già ricordato più sopra, come in base specialmente alle ricerche di Van Deen, Stilling e Schiff debbasi ammettere, che molte delle fibre componenti i cordoni spinali siano atte alla trasmissione delle eccitazioni centripete o centrifughe; mentre non rispondono agli stimoli sperimentali; e come perciò lo Schiff abbia proposto di indicare queste fibre col nome di estesodiche, o cinesodiche a seconda che trasmettono le eccitazioni sensitive o motrici.

Di più Schiff (1), Ziemssen, Weiss (2) ed Erb (3) avrebbero osservato, che mediante la compressione si può riuscire a rendere il nervo inecceitabile; mentre esso vale ancora a trasmettere la eccitazione.

Più di recente Lautembach (4) sarebbe riuscito a trasformare il nervo in un organo di semplice trasmissione con altro metodo. Dopo aver irritato il terzo inferiore del nervo ischiatico con correnti di induzione, così a lungo che il gastrocnemico più non si contraeva, egli poté ottenere in via riflessa la contrazione di questo stesso muscolo, irritando la pelle dell'altra gamba.

Lautembach spiega questi fatti ammettendo, che le correnti di induzione ripetute, in conseguenza della stanchezza, facciano scomparire prima la eccitabilità e più tardi la conduttività delle fibre del nervo ischiatico.

Georgiewski (5), avendo ripetuti gli esperimenti di Lautembach, e confermati i risultati principali dei medesimi, crede però che questi possano essere interpretati diversamente, ammettendo cioè, che la corrente di induzione provochi la stanchezza solamente delle fibre più superficiali.

Grünhagen (6) ottenne la scomparsa della eccitabilità con conservazione della conduttività, sottoponendo i nervi all'azione dell'acido carbonico. Luchsinger (7) non riuscì a confermare i risultati di Grünhagen,

(1) Schiff, *Lehrb. ecc. Lehr* 1858-59, pag. 75.

(2) Ziemssen e Weiss, *Deutsch. Arch. f. Klin. Med.* IV, pag. 579 anno 1868.

(3) Erb, *Deutsch. Arch. f. Klin. Med.* V, pag. 62 anno 1879.

(4) Lautembach, *Phyladelphia medical Times* 1877. N. 243, Riassunto negli *Jahresb. ub. di fortschr. der Anat. und Physiol. letterat.* 1879, p. 21.

(5) Georgiewski, *Ueb. die mittheilbare Leitungsfähigkeit und Erregbarkeit der Nervenröhre.* Jahresb. ub. d. Fortschr. d. Anat. und Physiol. letterat. 1879, p. 21, riassunto dal *Militärärztliches Jour.* 1879, Maiheft.

(6) Grünhagen, *Arch. f. d. ges. Physiol.* VI, p. 180, anno 1872.

(7) Luchsinger, *Zur Leitung nervöser, Erregung.* Jahresb. ecc. letterat. 1880, p. 14.

ma in molti casi ottenne dei fenomeni opposti, i quali, rispetto alla dottrina in questione, non potrebbero evidentemente che avere lo stesso significato.

Finalmente Schiff (1) dimostrò, che l'applicazione diretta dell'acido borico in soluzione concentrata provoca, come la compressione, le correnti indotte (Lautembach), e l'acido carbonico (Grünhagen) la scomparsa della eccitabilità, senza togliere l'attitudine a trasmettere l'eccitazione.

Se i fatti sovraindicati sono tali da mettere in dubbio, che le due funzioni fondamentali degli elementi nervosi non rappresentino che due aspetti di una medesima cosa; essi però non possono avere il valore necessario per provare, che realmente queste due funzioni rappresentano due cose distinte; poichè essi non escludono, che la ineccitabilità osservata potesse dipendere da condizioni estrinseche, le quali impedissero la trasmissione dell'azione stimolante fino al cilindrase della fibra nervosa.

Hermann, accettando la dottrina chimica, ammette che il punto del nervo il quale si trova in istato di eccitazione si modifichi chimicamente in modo da comportarsi come elettro-negativo rispetto agli altri punti che trovansi in riposo, e così egli spiega l'oscillazione negativa.

Siccome poi, secondo la *dottrina della alterazione*, la sostanza nervosa diventa negativa quando comincia ad alterarsi, così le modificazioni chimiche che caratterizzano l'eccitazione, dovrebbero riguardarsi, secondo questo autore, come analoghe a quelle che caratterizzano l'incipiente mortificazione del nervo.

Lo sviluppo della eccitazione, quando aumenta lo stato catelettrotonico, o diminuisce l'anelettrotonico, depono nello stesso senso della oscillazione negativa perchè tende a dimostrare che una sezione di fibra viene eccitata, quando aumenta la sua polarizzazione negativa o diminuisce la positiva.

E così tutti i fenomeni elettrici dei nervi possono essere benissimo interpretati anche colla dottrina chimica.

Intorno alla dottrina di Pflüger della valanga ho già parlato, e sarebbe superfluo il ripetere le cose già dette.

Per concludere qualche cosa intorno alla natura del movimento nervoso dirò, che se ogni dottrina intorno alla medesima è prematura, nondimeno, secondo il mio avviso, il concetto che avrà uno sviluppo più fecondo, è quello che tende a subordinare direttamente l'eccitazione, come tutte le altre funzioni, al chimismo della nutrizione.

(1) Schiff, *Ueb. d. Wirkung der Borsäure auf die Nerven*. Jahresb. ecc. letterat. 1881, estratto dalla Revue med. de la Suisse, T. 1, p. 224.

§ 16. INFLUENZA DELLA ECCITAZIONE NERVOSA SULLA
FUNZIONE DEGLI ORGANI.

La sostanza nervosa non solamente è eccitabile e conduttrice di eccitazione: il fatto capitale nella fisiologia degli organismi animali è, che la eccitazione nervosa vale a modificare le funzioni degli organi a cui viene trasmessa.

Come questo fatto realmente si compia, non lo si sa. E per fare conoscere almeno in qual modo debba essere interpretato, secondo le attuali cognizioni fisiologiche, credo bene di ricordare alcune idee generali relative alla eccitabilità la quale costituisce la proprietà comune e caratteristica di tutti gli elementi organizzati.

La funzione fondamentale di tutti gli elementi organizzati è la nutrizione, e da essa derivano tutte le manifestazioni funzionali dei medesimi.

Ma il processo chimico della nutrizione, come tutti i processi chimici, per compiersi regolarmente, ha bisogno di speciali condizioni fisiche e chimiche: le quali, modificandosi, possono essere causa di relativi mutamenti nella quantità, o qualità degli scambi.

Secondo il mio modo di vedere *l'eccitabilità degli elementi organizzati rappresenta la dipendenza del processo nutritivo dei medesimi dalle condizioni fisico-chimiche dell'ambiente.*

E perciò lo stimolo viene ad essere costituito da ogni mutamento di queste condizioni, valevole a modificare nel quale o nel quanto la nutrizione degli elementi organizzati; e l'eccitazione alla sua volta non rappresenta che il risultato di queste modificazioni nutritive: le quali potranno consistere in un aumento assoluto o relativo dei processi di ossidazione o riduzione, di disassimilazione o assimilazione.

Nel caso di prevalenza di processi di ossidazione, l'eccitazione sarà accompagnata da fenomeni esterni di liberazione di forza, e viceversa nel caso di prevalenza dei processi di riduzione.

Secondo questo modo di vedere, nello studio delle azioni esercitate dagli agenti fisici e chimici sugli organismi, si dovrà ricercare non solamente gli effetti dovuti alla natura fisica o chimica dei medesimi, ma benanco, e principalmente, gli effetti dipendenti dalle modificazioni da essi provocate nel processo di nutrizione di questo o quell'organo. Ogni agente fisico o chimico si dovrà in altre parole studiare come *agente fisico-chimico* e come *stimolo*.

Secondo il concetto sopraesposto intorno alla eccitabilità, si comprende, come gli effetti degli stimoli non siano in rapporto colla natura di questi. Analoghi fenomeni possono essere prodotti da agenti chimici, meccanici, elettrici, dal freddo e dal caldo, e ciò per la ragione, che la

causa prossima di questi effetti non risiede nello stimolo, ma nelle modificazioni del processo nutritivo da esso provocate.

E perciò, da un punto di vista teleologico, credo, che la eccitabilità si potrebbe benissimo definire per quella *proprietà che hanno gli elementi organizzati, sottoposti all'azione di un agente fisico-chimico, di produrre dei fenomeni i quali sono in relazione, non colla natura dell'agente, ma coi bisogni dell'animale.*

Secondo l'ordine di idee da me sviluppate, non solamente si capisce la ragione per cui gli effetti non sono in rapporto colla natura dello stimolo, ma si capisce pure, come, entro certi limiti, la quantità di questi effetti debba essere in relazione colla durata ed intensità del medesimo.

Se una speciale condizione fisica o chimica favorisce a preferenza i fenomeni di ossidazione o quelli di riduzione, ne viene di conseguenza, che i prodotti di ossidazione, o riduzione e con essi la forza liberata o immagazzinata, siano tanto maggiori, quanto più campo la detta condizione avrà avuto di far sentire la propria influenza sul processo di nutrizione dell'elemento organizzato.

I fenomeni di eccitazione, che più facilmente fanno impressione sui nostri sensi, sono quelli che sono legati a liberazione di forza; e perciò il movimento meccanico fu il fenomeno di eccitazione più anticamente osservato: ma, secondo quanto ho detto, fenomeni di eccitazione possono essere anche quelli legati a sottrazione di forza dall'ambiente: ed io p. es. non posso che riguardare come tale la riduzione chimica che si compie nelle cellule a clorofilla sotto l'azione della luce e del calore.

Le cellule a clorofilla rappresentano, secondo il mio modo di vedere, un tipo di quelli elementi organizzati, la cui eccitazione si estrinseca con fenomeni specialmente di riduzione e immagazzinamento di forza: mentre la fibra muscolare rappresenterebbe un tipo di quelli la cui eccitazione si estrinseca specialmente con fenomeni di ossidazione e liberazione di forza.

E qui merita di essere notato, che lo stesso stimolo a seconda dell'elemento organizzato su cui agisce, può modificare la nutrizione ora in favore dei processi di ossidazione, ed ora in favore dei processi di riduzione. Così il calore, mentre provoca la contrazione muscolare, favorisce la riduzione delle cellule a clorofilla.

L'eccitabilità del sistema nervoso non è che un caso speciale e squisito della eccitabilità comune a tutti gli elementi organizzati.

Col perfezionarsi degli organismi animali l'eccitabilità andò di mano in mano localizzandosi a preferenza nel sistema nervoso, in base alla legge della divisione del lavoro fisiologico; di modo che alle modificazioni dell'ambiente interno ed esterno non risponde più l'eccitabilità degli elementi anatomici dei vari organi, ma solamente l'eccitabilità degli elementi nervosi.

Ma se gli organi perdettero la proprietà di reagire alle condizioni dell'ambiente, acquistarono quella di reagire ad una condizione tutta affatto speciale, quale è l'eccitazione nervosa. Nelle condizioni fisiologiche, le modificazioni nutritive e funzionali degli organi sono quasi esclusivamente l'effetto dello stato di eccitazione degli elementi nervosi.

Se queste idee non ci illuminano intorno al modo con cui l'eccitazione nervosa riesce a modificare la nutrizione e le funzioni quindi degli organi, esse però ci mettono, a mio avviso, sulla via per ben comprendere il nesso funzionale che esiste fra le varie parti che compongono l'organismo.

§ 17. EFFETTI DELLA ECCITAZIONE NERVOSA.

Se ignote per la massima parte ci sono le modificazioni fisico-chimiche degli elementi nervosi, che ne caratterizzano la eccitazione, più o meno conosciuti sono peraltro gli effetti della eccitazione nervosa sulle funzioni dei vari organi.

In tesi generale, questi effetti sono il risultato di modificazioni del processo nutritivo di questi organi, e perciò possono consistere in un aumento assoluto o relativo dei processi di ossidazione o dei processi di riduzione, dei processi di assimilazione o dei processi di disassimilazione; ed essere quindi accompagnati ora da fenomeni di liberazione, ed ora da fenomeni di immagazzinamento di forza.

La vera condizione da cui questi effetti devono ripetersi, dovrà essere quindi ricercata in ciascun caso speciale.

a) *Effetti della eccitazione delle fibre centripete.* — Gli effetti noti della eccitazione delle fibre centripete sono:

1.° **La sensazione.** — *La sensazione* costituisce il fatto psicologico più elementare da cui, più o meno direttamente, derivano tutti gli altri. Essendo un fatto psicologico, essa si sottrae alle nostre analisi; e la fisiologia può dire solamente, intorno alla medesima, che essa è subordinata alla eccitazione di fibre centripete, alla integrità funzionale di speciali elementi nervosi centrali, e delle vie per cui a questi elementi l'eccitazione può essere trasmessa.

La eccitazione di alcune fibre centripete, come quelle del nervo ottico, è sempre seguita da sensazioni della medesima specie, qualunque sia lo stimolo da cui viene provocata. Questo fatto viene generalmente riferito alle connessioni speciali di queste fibre coi centri, poichè nulla ancora ci autorizza ad ammettere delle specialità funzionali nelle diverse fibre, secondo le idee di Müller.

2.° **L'eccitazione riflessa.** — *L'eccitazione riflessa* si rivela, siccome ho già detto, mediante effetti che sono propri della eccitazione di fibre centrifughe.

La condizione fisico-chimica da cui devesi ripetere l'eccitazione riflessa, è meno nota ancora di quella da cui si ripete l'eccitazione delle fibre nervose.

3.° **L'azione di arresto.** — Le azioni di arresto rappresentano uno degli effetti più importanti della eccitazione centripeta; ma siccome esse possono essere prodotte anche dalla eccitazione di fibre centrifughe, così io farò parola delle medesime, quando tratterò degli effetti dovuti alla eccitazione di queste fibre.

b) *Effetti della eccitazione di fibre centrifughe.* — Gli effetti noti della eccitazione delle fibre centripete sono:

1.° La contrazione dei muscoli (*fibre motrici*)

2.° La secrezione delle ghiandole (*fibre secretorie*)

3.° Il restringimento del lume dei vasi (*fibre vaso-costrittrici*)

4.° L'allargamento del medesimo (*fibre vaso-dilatatrici*)

5.° L'arresto di contrazioni muscolari, o secrezioni ghiandolari (*fibre d'arresto*)

6.° La regolare nutrizione dei tessuti (*fibre trofiche*).

A questi effetti dovrebbe aggiungersi anche la *fosforescenza* e la *scarica elettrica*; ma siccome essi appartengono a poche specie di animali, così non intendo di occuparmi dei medesimi, e mi basta di averli semplicemente indicati.

1.° **Contrazione muscolare.** — Siamo ancor ben lungi dal conoscere il meccanismo per cui la fibra muscolare si accorcia, e tanto meno sappiamo, come l'eccitazione nervosa valga a metterlo in attività; ma ciò nullostante possiamo asserire, che la contrazione muscolare, da cui si ripete la massima parte della forza meccanica liberata dagli organismi animali, è accompagnata da un aumento dei processi di ossidazione o sdoppiamento, e di disassimilazione.

2.° **Secrezione ghiandolare.** — Dopo i lavori di Ludwig (1), di Schiff (2), di Bernard (3), di Pflüger (4), di Heidenhain (5) nessuno può dubitare, che l'eccitazione nervosa possa influire direttamente sul processo di secrezione.

La maggiore attività di secrezione della ghiandola sotto-mascellare sotto lo stimolo della corda del timpano, osservato per primo da Ludwig

(1) Ludwig, *Zeitschr. f. rat. Med.* N. F. I. 1852.

(2) Schiff, *Arch. f. physiol. Heilk.* 1851, pag. 508.

(3) Bernard, *Gazette Med. de Paris* 31 ott. 1856, p. 696. *Compt. rend.* 1858.

(4) Pflüger, *Die Endigung der Absonderungsnerven in den Speicheldrüsen.* Bonn. 1866. — *Arch. f. microscop. Anat.* V, pag. 193. 1869. — Stricker's *Gewebelehre*, p. 306. Leipzig. 1871.

(5) Heidenhain, *Ueber die secretorische und trophische Drüsenerven.* *Arch. f. ges. Physiol.* XVII, pag. 1, ecc. 1878.

non può essere subordinata alla maggiore quantità di sangue che contemporaneamente si porta alla ghiandola, perchè, come dimostrò lo stesso Ludwig, la temperatura e la pressione del sangue che va alla ghiandola, sono minori della temperatura e pressione della saliva che viene contemporaneamente secreta.

Pflüger fece conoscere la terminazione delle fibre nervose nelle cellule ghiandolari, ed Heidenhain le differenze morfologiche che si notano in queste cellule, dopo la stimolazione dei diversi nervi che vanno alle medesime.

Non sappiamo come l'eccitazione nervosa possa provocare la secrezione ghiandolare, ma sappiamo peraltro, che questa è subordinata ad una maggiore attività degli atti di assimilazione e disassimilazione, e in generale anche dei processi di ossidazione.

3.º Restringimento dei vasi. — Il restringimento dei vasi è dovuto alla contrazione dei muscoli che concorrono alla formazione delle pareti vasali, e perciò non rappresenta che un caso speciale di contrazione muscolare.

L'azione vaso-costrittrice dei nervi fu dimostrata per primo da Bernard (1) nel 1851.

Egli fece conoscere, come il taglio del simpatico cervicale del coniglio fosse seguito da dilatazione dei vasi dell'orecchio corrispondente. Nell'anno successivo Brown-Sequard (2) dimostrò che l'irritazione del moncone periferico di questo nervo è seguita da restringimento dei vasi medesimi.

Dopo le scoperte di Bernard e Brown-Sequard l'azione vaso-costrittrice dei nervi fu dimostrata in quasi tutti i territori vascolari.

4.º Dilatazione dei vasi. — I fisiologi distinguono due modi di dilatazione vascolare: la *dilatazione paralitica* e la *dilatazione attiva*. Tutti sono d'accordo nel riferire la prima a paralisi dei nervi vasi costrittori, in conseguenza della quale le fibre muscolari del vaso vengono a trovare in uno stato di rilassamento, e non oppongono quindi una resistenza fisiologica alla pressione del sangue che tende ad allargare il lume del vaso. Sospesa l'innervazione vaso-costrittrice, il lume del vaso diventa il prodotto di due fattori esclusivamente fisici: l'elasticità delle pareti vasali e la pressione del sangue. Questa dilatazione non costituisce quindi che una necessaria conseguenza dell'azione vaso-costrittrice.

Ma oltre la dilatazione paralitica esiste indubbiamente anche una *dilatazione attiva*, una dilatazione cioè la quale non è l'effetto della sospensione di un'attività nervosa, ma bensì una manifestazione di questa attività.

(1) Bernard, *Compt. rend. d. l. soc. d. biologie*. 1852, p. 163.

(2) Brown-Sequard, *Phyladelphia med. Examiner*. 1852, p. 489.

In altre parole: la dilatazione dei vasi si può ottenere non solamente tagliando un determinato nervo; ma benanco stimolandone un'altro.

Questo fatto fu pure dimostrato per la prima volta da Bernard nel 1858 (1).

Stimolando la corda del timpano, egli vide dilatarsi i vasi della ghiandola sottomascellare, ed il sangue uscire dalla medesima conservando ancora i caratteri di sangue arterioso.

Successivamente furono trovati nervi dilatatori attivi dei vasi di altre ghiandole, dell'orecchio, del pene, delle estremità, e ciò per mezzo delle ricerche principalmente di Schiff, di Eckhard, di Goltz, ecc.

Le ricerche relative all'influenza dei nervi sul lume dei vasi presentano in alcuni casi delle notevoli difficoltà, e ciò perchè non possediamo ancora un mezzo facile e pronto per misurare questo lume.

Quando non è possibile l'osservazione diretta, siamo costretti ad argomentare dello stato dei vasi dalla pressione sanguigna, dalla quantità di sangue che fluisce da una vena in una determinata unità di tempo, dalla temperatura e dal volume della parte, mezzi tutti più o meno difettosi.

Un restringimento dei vasi è causa senza dubbio di un *inalzamento della pressione generale* del sangue: ma perchè questo inalzamento si renda palese, è necessario che il numero dei vasi, il cui lume diminuisce, sia piuttosto notevole. Oltre di che egli è da notare, che gli effetti sulla pressione aortica del restringimento di alcuni vasi sono spesso compensati dalla dilatazione di alcuni altri, o da modificazioni relative ai movimenti del cuore.

La *misura della quantità di sangue* che esce da una vena in una unità di tempo, offre delle difficoltà tecniche in alcuni casi gravissime. E questa quantità d'altronde non dipende solamente dalla maggiore o minore dilatazione dei vasi, ma benanco dalla forza sviluppata dal cuore, e può variare notevolmente per circostanze accidentali o sperimentali di cui non è sempre facile valutarne il valore.

Allorquando una maggior copia di sangue si porta in una determinata località, la temperatura della medesima si alza; e perciò un *aumento di temperatura* può indicare una dilatazione vasale. Ma la temperatura di un organo non dipende unicamente dalla quantità di sangue circolante, ma da molte altre circostanze, l'influenza delle quali non è sempre facile di escludere. Oltre di che è da notare, che l'aumento della temperatura non si può verificare colla prontezza necessaria, per potere affermare, se una dilatazione sia stata preceduta o meno da restringimento, il che avrebbe in molti casi un'importanza cardinale.

(1) Bernard, *Compt. rend.* 1858, p. 159 e 393.

A tutto ciò si aggiunga, che la temperatura dei visceri non muta per mutare della quantità di sangue in essi circolante.

Le *modificazioni del volume* di un organo costituiscono il criterio più esatto di tutti quelli indicati finora per argomentare intorno allo stato dei vasi. Se i vasi si dilatano, il volume cresce, e se si restringono, diminuisce.

Ma la misura del volume di una parte del corpo e, più precisamente, delle modificazioni fisiologiche dello stesso, presentano delle gravissime difficoltà le quali sono dovute in particolar modo alla influenza della pressione esterna.

Queste difficoltà furono di recente superate, mercè gli studi specialmente di Mosso, al quale siamo debitori di uno strumento, il *pletismografo*, con cui si scrivono le variazioni volumetriche di un organo, senza che la pressione esterna a cui questo è soggetto, incontri delle sensibili modificazioni.

La scoperta del pletismografo fu, ed è alla fisiologia sperimentale di una utilità grandissima, ed è da deplorarsi che questo strumento possa essere applicato solamente sopra alcune parti del corpo.

L'*osservazione diretta* ha l'inconveniente di non offrirci alcuna misura mediante la quale si possano fare degli utili paragoni, e di non potere essere applicabile ai vasi che non si vedono.

Se tutti gli autori si accordarono nell'ammettere una dilatazione attiva dei vasi, ignoto per altro ci è ancora il meccanismo, mediante il quale questa si compie.

Alcuni fisiologi avevano supposto, che non esistessero dei veri nervi dilatatori, e che la dilatazione fosse effetto di un esaurimento dei nervi vaso-costrittori, dovuto ad una intensità eccessiva dello stimolo.

Ma questa ipotesi è confutata dalle osservazioni dello Schiff (1), secondo le quali, allorchando alcuni nervi sono tagliati non hanno più luogo certe dilatazioni fisiologiche. Dopo aver tagliato ad un coniglio il simpatico cervicale, i vasi dell'orecchio corrispondente sono più dilatati di quelli dell'orecchio opposto; ma se si mette il coniglio in una stufa alla temp. di circa 35° 40°, oppure se lo si fa correre per un certo tempo, si osserva quindi il fenomeno inverso: i vasi dell'orecchio corrispondente al simpatico tagliato sono più ristretti degli altri.

In patente contraddizione coll'ipotesi dell'esaurimento è poi la scoperta di Eckhard (2), che l'irritazione di alcuni nervi, derivanti dal plesso sacrale, è causa della erezione del pene, e che il taglio dei medesimi impedisce, che essa possa avvenire (*nervi erigentes*).

D'altronde, vera che fosse questa supposizione, la dilatazione attiva

(1) Schiff, *Leçons sur la physiologie de la digestion*. I, pag. 233 ecc. Torino 1868.

(2) Eckhard, *Beitr. z. Anat. u. Physiol.* III, p. 125, 1863, e IV, pag. 69, 1867.

dovrebbe essere sempre preceduta da restringimento, e questo restringimento non pote essere verificato nei vasi della ghiandola sottomascellare in seguito alla stimolazione della corda del timpano, nè in molti altri casi.

Le ipotesi più accreditate, oggigiorno, intorno al modo con cui si compie la dilatazione attiva sono due. Secondo l'una, la dilatazione attiva sarebbe l'effetto di un'azione paralizzante, esercitata dai nervi vasodilatatori sopra le fibre muscolari dei vasi; e secondo l'altra, questa dilatazione sarebbe invece il prodotto di uno speciale meccanismo mediante il quale i vasi vengono attivamente dilatati.

Colla prima ipotesi, la quale è sostenuta specialmente da Goltz (1), la dilatazione attiva viene identificata alle azioni di arresto, di cui ci occuperemo fra poco.

E Goltz difatti ammette, che l'eccitazione dei nervi dilatatori provoca la paralisi di alcuni apparecchi terminali, che si trovano nelle pareti stesse dei vasi, apparecchi ai quali devesi ascrivere il tono vasale. Tali apparecchi verrebbero così a rappresentare altrettanti centri nervosi; ma Goltz però non ammette, che essi debbano essere costituiti da vere cellule nervose, e dice anzi, che potrebbero essere rappresentati dalle stesse fibre muscolari dei vasi. In tal modo egli si schermisce dalla obiezione più seria, che può esser mossa alla sua dottrina, la quale consiste nel non avere ancora potuto l'anatomia dimostrare la presenza di queste cellule nelle pareti dei vasi.

L'ipotesi di Goltz si fonda specialmente sui risultati relativi al taglio, ed alla stimolazione dello sciatico. Il taglio di questo nervo è seguito da dilatazione dei vasi della gamba, rivelata da un considerevole aumento di temperatura. Ma a poco a poco questa temperatura va diminuendo, e, passato qualche giorno dal momento della operazione, le due gambe non offrono, rispetto alla medesima, notevoli differenze. In tali circostanze, un taglio del moncone periferico dello sciatico fa aumentare di nuovo la temperatura dell'arto: e tale aumento si può anche ottenere stimolando colla corrente indotta il moncone medesimo, specialmente, come dimostrò Bernstein (2), se prima dell'irritazione la temperatura dell'arto fu artificialmente abbassata.

Questi fatti, secondo Goltz, si spiegano ammettendo, che nello sciatico si trovino fibre dilatatrici le quali provochino la paralisi di apparecchi terminali, dalla cui attività devesi ripetere lo stato di contrazione dei vasi.

Il taglio dello sciatico, irritando le fibre dilatatrici, paralizza questi apparecchi, e da ciò la dilatazione dei vasi che fa seguito al medesimo.

(1) Goltz, *Ueber gefäßweiternde Nerven*. Arch. f. d. ges. Physiol. XI, pag. 52, 1875.

(2) Bernstein, *Arch. f. d. ges. Physiol.* XV, pag. 575, 1877.

Ma l'irritazione, prodotta dal taglio, va progressivamente diminuendo; e perciò questi apparecchi riprendono la loro attività, e la dilatazione a poco a poco scompare; un taglio successivo, o l'irritazione elettrica del moncone periferico dello sciatico paralizzano di nuovo questi apparecchi, e perciò sono causa di una novella dilatazione.

A me sembra per altro, che una spiegazione egualmente plausibile del fenomeno si possa dare ammettendo, che le fibre dilatatrici, invece di paralizzare questi apparecchi terminali vaso-costrittori, mettano in azione degli apparecchi dilatatori dei vasi; e perciò, a mio avviso, se l'ipotesi di Goltz spiega benissimo il fatto sperimentale, questo alla sua volta non dimostra la verità della stessa. Il merito principale della ipotesi di Goltz è quello di dare spiegazione del fenomeno mediante processi fisiologici conosciuti, non immaginari, ed a ciò devesi ascrivere, se essa è generalmente accettata.

A parer mio vi sono però dei fatti i quali non si prestano ad essere spiegati mediante questa dottrina.

Durante forti emicranie, io potei verificare ripetutamente sopra me stesso e sopra altri, che i vasi arteriosi delle tempie, oltre ad essere dilatati, sono duri come altrettanti cordoni, presentano al tatto una superficie irregolare, ed oppongono alle dita una resistenza maggiore di quella che oppongono le arterie che hanno un calibro duplo e triplo, come p. e. la radiale. Questi fatti, a parer mio, non si possono comprendere, che riferendoli a mutamenti delle pareti vasali.

Volendo poi identificare l'azione che ha il vago sul cuore con quella che hanno i nervi dilatatori sui vasi, si potrebbe trovare un'argomento in opposizione alla dottrina di Goltz nel fatto, che l'eccitazione di questo nervo, siccome fu da me dimostrato (1), vale a modificare la linea diastolica del cuore indipendentemente dalla sistolica; e che lo stimolo del medesimo rende il cuore atto a superare nella sua diastole una resistenza che non poteva superare, quando il vago non era stimolato.

Ma i fisiologi i quali credono, che la dilatazione attiva dei vasi debbasi riferire ad un meccanismo dilatatore dei medesimi, il quale entrerebbe in azione, quando vengono stimolati i vaso-dilatatori, sono tutt'altro che d'accordo sulla natura di questo meccanismo.

Bernard (2) non si pronunciò affatto intorno ad essa; Vulpian (3) suppose, che le vene contraendosi potessero essere causa di una dilatazione delle arterie; ma tale concetto è in opposizione col fatto del maggiore deflusso di sangue venoso durante la dilatazione attiva dei vasi, e del colore rosso chiaro del sangue medesimo.

(1) Stefani, *Sulle variazioni volumetriche del cuore*, ecc. Ferrara, 1878. *Sul modo con cui il vago agisce sul cuore*. Rivista Clinica, 1882.

(2) Bernard, *Leçons sur les liquides de l'organisme*. I, pag. 230. Parigi, 1859.

(3) Vulpian, *Leçons sur l'appareil vaso-moteur*. Parigi, 1875, pag. 168.

Schiff (1) e Brown-Sequard (2), senza indicare in che possa consistere il meccanismo dilatatore, inclinano a riconoscerlo nei tessuti che circondano i vasi, piuttosto che nelle pareti di questi. Tale concetto fu di recente sviluppato e confermato sperimentalmente da Severini (3). Il quale, avendo osservato che l'acido carbonico esercita sui vasi un'azione dilatatrice, ripete la dilatazione attiva dei medesimi da una maggiore produzione di CO² per parte dei tessuti che circondano i vasi. Mediante osservazioni microscopiche, Severini sarebbe poi riuscito a determinare anche le modificazioni istologiche degli elementi dei vasi sotto l'azione dell'acido carbonico, e a riconoscere, come, in conseguenza delle medesime, il lume dei vasi possa divenire più ampio. L'ossigeno, secondo Severini, agirebbe sulle pareti dei vasi in modo opposto all'acido carbonico.

Le osservazioni di Severini sono troppo recenti, perchè la scienza abbia potuto pronunciare sulle stesse un giudizio definitivo; ma meritano a parer mio di essere prese in seria considerazione, ed è da notarsi, che esse sono in contraddizione colle ricerche pletismografiche di Mosso (4), perchè a seconda di queste l'acido carbonico farebbe restringere e non dilatare i vasi.

Secondo Severini, non esisterebbero veri nervi dilatatori dei vasi, ma solamente nervi ghiandolari, muscolari, ecc., i quali attivando gli scambi e promovendo perciò la produzione di una maggior quantità di acido carbonico, farebbero dilatare i vasi in via indiretta. Io non intendo di pronunciare un giudizio intorno a questa dottrina; ma devo notare peraltro, che essa è in opposizione con quella, generalmente accettata, della indipendenza della secrezione dalla circolazione ghiandolare; la quale spiega come un sudore profuso possa aver luogo, tanto se la cute è rossa e calda, quanto se la cute è pallida e fredda.

Io mi sono domandato parecchie volte, se la dilatazione dei vasi si potesse ripetere da una maggiore attività di assimilazione o proliferazione degli elementi vasali, in conseguenza della quale venisse ad aumentare la elasticità dei medesimi; e se perciò i nervi dilatatori dei vasi si potessero riguardare come nervi trofici delle pareti vascolari. Che gli elementi istologici dei vasi dilatati offrano una manifesta tendenza alla proliferazione, lo dimostrano tutto giorno i processi infiammatori: che il processo di assimilazione possa essere provocato da un'eccitazione nervosa, lo dimostrano le osservazioni di Heidenhain (5) sulle cellule delle

(1) Schiff, *Leçons sur la physiol. de la digestion*. I, p. 256. Torino, 1868.

(2) Brown-Sequard, *Leçons sur les nerfs vaso-moteurs*. Parigi, 1872, pag. 25.

(3) Severini, *Ricerche sulla innervazione dei vasi sanguigni*. Perugia, 1878.

(4) Mosso, *Sopra alcune nuove proprietà delle pareti dei vasi sanguigni*. Torino, 1875.

(5) Heidenhain, *Ueber secretorische und tropische Drüsenerven*. Arch. f. d. ges. Phys. XVII N. 1-2, 1876.

ghiandole salivari: e che la elasticità della fibra muscolare debbasi riguardare come una proprietà dipendente dalle condizioni fisiologiche della fibra stessa, lo dimostrarono Rossbach ed Anrep (1). Col mio concetto si spiegherebbero i fatti relativi all'azione del vago sul cuore, che non si possono, a mio avviso, subordinare ad una semplice azione di arresto; ed i fatti relativi alla durezza, resistenza, e ineguaglianza dei vasi delle tempie, dilatati durante l'emicrania; e perciò a me sembra che esso meriti di essere preso in considerazione.

Non conoscendo il meccanismo con cui si compie la dilatazione attiva, nulla di positivo possiamo dire intorno alle modificazioni del processo di nutrizione provocate dalla eccitazione dei nervi vaso-dilatatori.

5.º Azioni d'arresto. — Che una eccitazione nervosa possa provocare l'arresto della funzione di un organo, lo dimostrarono per la prima volta, contemporaneamente, i fratelli Weber (2) e Budge (3) nel 1846, quando fecero conoscere, che l'eccitazione del moncone periferico del vago ha per effetto di sospendere i movimenti del cuore.

Questo fatto è ancora il solo, bene dimostrato, di una vera azione di arresto dipendente da una eccitazione nervosa trasmessa alla periferia; imperocchè l'arresto dei movimenti intestinali, in seguito alla stimolazione dello splancnico, è, con probabilità, la conseguenza di un'azione vasocostrittrice; e l'arresto della secrezione salivare, in seguito allo stimolo del simpatico, è effetto di esaurimento.

Ma, se nessun altro fatto si conosce di vere azioni di arresto, prodotte dallo stimolo del moncone periferico di un nervo, molti fatti si conoscono invece oggigiorno di azioni di arresto provocate dallo stimolo di un moncone centrale. E fra questi citerò la sospensione del respiro in seguito allo stimolo del moncone centrale del laringeo superiore ed inferiore; il cessare della erezione e dei movimenti riflessi, in seguito ad una irritazione sufficientemente forte di qualunque nervo sensitivo.

La scienza non conosce il meccanismo con cui si compiono le azioni di arresto, ma esse peraltro non possono aver luogo che in due modi: o perchè la eccitazione arrestatrice neutralizza la eccitazione da cui dipende la attività funzionale dell'organo, o perchè la eccitazione arrestatrice suscita nell'organo dei processi opposti a quelli che caratterizzano la funzione che rimane sospesa.

Che le eccitazioni nervose possano neutralizzarsi, lo dimostra il

(1) Rossbach u. Anrep, *Einfluss von Giften und Arzneimitteln auf die Länge und Dehnbarkeit des quergestreiften Muskels*. Arch. f. d. ges. Phys. XXI. N. 5-6 Febbraio, 1880.

(2) Weber, *Wagner Handwörterb. d. Physiol.* III. (2) pag. 42. 1846.

(3) Budge, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1846, p. 295.

fatto, che allorquando vengono stimulate le radici spinali posteriori (sensitive) che si trovano ad un'altezza diversa, o dal lato opposto di quella in cui eccitazione è causa di un movimento riflesso, questo movimento si sospende (1).

Ma, affinchè due eccitazioni possano neutralizzarsi, è necessario che esse si incontrino, e ciò, in conseguenza delle proprietà anatomiche degli elementi nervosi, non può effettuarsi, che per mezzo delle cellule, le quali devono quindi essere riguardate come sede di azioni di arresto.

Come poi nella cellula possa aver luogo la neutralizzazione di due eccitazioni, non lo si sa; e solo per analogia coi fatti fisico-chimici si può supporre, che ciò avvenga, o per un processo fisico, analogo alla interferenza, o per un processo chimico, in conseguenza del quale la seconda eccitazione susciti nella cellula degli atti chimici, opposti a quelli provocati dalla prima, e ricomponga così l'equilibrio da questa turbato.

Le cognizioni finora acquisite ci inducono a riguardare la eccitazione nervosa, non come un movimento ondulatorio, che si trasmette da uno ad altro punto del sistema nervoso, ma piuttosto come un processo chimico che si trasmette alle molecole vicine, analogamente a quanto si osserva nell'accensione delle sostanze esplosive; e perciò, dovendo scegliere fra le due ipotesi, io propenderci per la seconda, in appoggio alla quale potrebbe anche essere invocato il fatto della presenza contemporanea nelle cellule di prodotti di ossidazione e riduzione.

In tal modo considerata, l'azione di arresto non sarebbe che un fatto in relazione colla proprietà che hanno le eccitazioni nervose di potersi sommare fra di loro.

Nel caso che la seconda eccitazione susciti nella cellula dei processi chimici analoghi a quelli provocati dalla prima, noi avremo il rinforzo di questa, e nel caso inverso avremo la neutralizzazione o l'arresto.

Come poi una eccitazione possa suscitare nella cellula dei processi chimici, diversi da quelli suscitati da un'altra, siamo certo ben lungi dal poterlo dire. Wundt (2) suppone, che ciò possa dipendere dal modo con cui le fibre mettono capo nella cellula; ed a tale concetto egli subordina l'attitudine di alcune cellule di non permettere la trasmissione delle eccitazioni in determinate direzioni. Ma potrebbe anche darsi, che questo fatto dipendesse da differenze chimiche o fisiche relative alle diverse eccitazioni.

La fisiologia riguarda come dipendenti da una neutralizzazione nervosa tutte le azioni di arresto, che si compiono per l'intermezzo di cellule nervose; ed anzi molti fisiologi non ammettono che questa forma di azioni di arresto.

(1) Wundt, *Physiol. Psychol.* 2.^a ed. Vol. I, pag. 166. Leipzig, 1880.

(2) Wundt, *Physiol. Psychol.* 2.^a ed. Vol. II, pag. 264 e seg. Leipzig, 1880.

Con questa ipotesi si comprende benissimo l'azione di arresto delle eccitazioni centripete; e con essa si può spiegare anche l'azione di arresto delle fibre arrestatrici del vago in causa della presenza nel cuore dei gangli di Remak.

A tale proposito devo però notare, che alcuni non intendono in questo modo l'azione del vago, e la considerano invece come causa dello sviluppo nel cuore di processi opposti a quelli a cui è subordinata la contrazione del medesimo (*dottrina dell'attività diastolica*).

E perciò, mentre alcuni autori riguardano un fenomeno di arresto siccome l'effetto dello sviluppo di processi che impediscono una determinata manifestazione funzionale; una determinata manifestazione funzionale viene da altri riguardata siccome un'azione di arresto.

6° Azione trofica. — Dal poco che ho detto finora, mi pare dimostrato, che gli effetti della eccitazione nervosa devonsi ascrivere, o sono almeno intimamente collegati, a modificazioni del processo chimico di nutrizione degli organi. E perciò mi pare, che non vi possa essere questione intorno alla influenza dei nervi sul processo di nutrizione, e che si debba invece ricercare nei singoli casi, quale sia l'azione trofica dei medesimi.

Ma qui l'azione trofica dei nervi non deve essere considerata nè sotto questo aspetto, nè sotto quello dell'influenza indiretta che essi esercitano sulla nutrizione dei tessuti, restringendo o dilatando i vasi dei medesimi; ora si tratta di dimostrare, se esiste un'azione nervosa diretta e necessaria sulla nutrizione degli elementi dei tessuti.

Che il taglio di alcuni nervi sia seguito da gravissimi turbamenti, relativi alla nutrizione, fu dimostrato per la prima volta nel 1824 da Magendie; il quale fece conoscere, come al taglio del quinto pajo succedano gravi ulcerazioni della cornea e della mucosa del naso. Ma queste alterazioni, osservate da Magendie dopo il taglio del quinto, come quelle che succedono al taglio dei vaghi nei polmoni, e dell'ischiatico nell'estremità posteriore, vengono da molti fisiologi ascritte a disordini circolatori, che sono la conseguenza del taglio dei nervi vasali, ed alla perdita contemporanea della sensibilità, per cui la parte rimane esposta più facilmente alle azioni traumatiche.

Senza entrare nella discussione di queste opinioni, dirò, che se dubbia può essere l'azione trofica diretta dei nervi sui tessuti connettivi, mi pare che non vi possa essere dubbio intorno all'azione trofica diretta degli elementi nervosi sulle cellule ghiandolari, sulle fibre muscolari e sulle stesse fibre nervose.

Alcune settimane dopo il taglio dei nervi che vanno alla ghiandola sottomascellare (ramo ghiandolare del linguale e simpatico), questa fu trovata più piccola, meno consistente, e di un colorito più giallognolo

da Bernard, (1) Bidder (2) ed Heidenhain (3). Il peso della ghiandola sottomascellare di un cane, i cui nervi erano stati tagliati, fu trovato da Bidder eguale a 8,7 gr. mentre il peso della ghiandola omonima dell'altro lato era di 15,5. Nelaton ed Obolensky (4) trovarono atrofico il testicolo, dopo il taglio del nervo spermatico corrispondente.

E finalmente, come fu più sopra ricordato, Heidenhain potè precisare le modificazioni istologiche delle cellule della ghiandola sottomascellare, consecutive allo stimolo dei nervi che vanno alla stessa.

Il taglio dei nervi che vanno ad un muscolo, è seguito da atrofia delle fibre muscolari, studiata da Mantegazza (5), Erb (6), Vulpian (7), Golgi e Bizzozero (8), con perdita della contrattilità.

Questa atrofia non si può riferire all'inerzia funzionale, perchè si può verificare due sole settimane dopo il taglio del nervo. Quando è compromessa l'integrità funzionale delle cellule dei corni anteriori del midollo spinale, il sistema muscolare vien colto da una atrofia acuta (Charcot).

Ma dove l'azione trofica degli elementi nervosi si esplica in un modo evidentissimo, egli è sulle fibre nervose. Siccome ho già fatto conoscere, Waller dimostrò, che allorquando le fibre nervose sono separate da alcuni centri, vengono colte dall'atrofia, e che la rigenerazione dei nervi si fa per mezzo di un accrescimento del moncone che si trova ancora in unione col suo centro trofico.

Molto difficile mi sembra poi lo spiegare col mezzo di un disturbo circolatorio, le escare acute di decubito, che avvengono in seguito alle malattie del midollo spinale, e specialmente dei corni e cordoni posteriori; le eruzioni cutanee, e in particolare l'*herpes zoster*, che accompagnano alcune nevralgie; le lesioni articolari dell'atassia locomotrice, e tanti altri fatti messi in evidenza dalla clinica.

Per concludere sull'azione trofica del sistema nervoso dirò; che l'azione del sistema nervoso sulla nutrizione si esplica in due modi: *indirettamente*, regolando l'afflusso del sangue per mezzo dei nervi vasomotori, e *direttamente* modificando il chimismo nutritivo degli elementi istologici.

L'*azione indiretta* si palesa su tutti i tessuti, perchè il sangue è l'intermediario della nutrizione di tutti.

L'*azione diretta* si palesa, per quanto ci è dato finora di sapere, sul tessuto ghiandolare, muscolare, e nervoso.

(1) Bernard, *Jour. d. l'Anat. et. d. l. Physiol.* 1864 I, pag. 507.

(2) Bidder, *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1867, pag. 65.

(3) Heidenhain, *Stud. d. Physiol. Instit. zu Breslau.* 1862, pag. 77.

(4) Obolensky, *Centralbl. f. d. Wiss. Med.* 1867, p. 497.

(5) Mantegazza, *Gazz. lomb.* 34-1865 e 13-1867.

(6) Erb, *Deutsch. Arch. f. Klin. med.* IV, p. 535 — V, pag. 42-1868.

(7) Vulpian, *Arch. d. Physiol. nor. et. path.* II, pag. 558-1869.

(8) Bizzozero e Golgi, *Stricher's. Med. Jahrb.* 1875, p. 125.

§ 18. COME I CENTRI COORDINANO LE FUNZIONI DEGLI ORGANI.

I centri nervosi coordinano le funzioni dei singoli organi, realizzando l'unità fisiologica degli organismi animali, in tre modi 1.° per mezzo delle *azioni riflesse*; 2.° per mezzo delle *azioni automatiche*; 3.° per mezzo delle *azioni psichiche*.

A) COORDINAZIONE RIFLESSA.

Ogni organo contiene le estremità periferiche di fibre nervose centripete e centrifughe. Le terminazioni periferiche delle fibre centripete si trovano circondate da apparecchi speciali, per mezzo dei quali le condizioni fisiche e chimiche, inerenti alla funzione dell'organo, possono agire sopra di esse come stimoli, *stimoli interni*, e produrre una eccitazione nervosa. Dall'altro canto le estremità periferiche delle fibre centrifughe tengono cogli organi tali rapporti da poterne modificare il processo funzionale, una volta che l'eccitazione nervosa venga ad essi trasmessa.

E così gli atti connessi al processo nutritivo funzionale di ciascun organo possono stimolare le estremità delle fibre centripete, e la eccitazione di queste, riversandosi, per mezzo delle cellule nervose, sopra fibre centrifughe, modificare la funzione tanto dell'organo da cui l'eccitazione prende origine, come degli altri. In tal modo la funzione di ciascun organo può reagire tanto sopra sè stessa, quanto sopra la funzione degli altri organi. E siccome le cellule nervose sono tutte unite fra di loro per mezzo dei loro prolungamenti, così si capisce, come il movimento funzionale di un organo possa influire sopra il movimento funzionale di tutti gli altri organi, e come possa attuarsi quella mirabile coordinazione fra le funzioni dei singoli organi, che è caratteristica degli organismi animali.

Come poi gli *stimoli interni* realizzano, per mezzo dell'azioni riflesse, la *coordinazione fra le varie funzioni*, così gli *stimoli esterni* realizzano nello stesso modo la *coordinazione fra le condizioni dell'ambiente e le funzioni complesse dell'organismo*. I nervi centripeti che si diramano nel tegumento cutaneo o mucoso, finiscono o in apparecchi costituiti in modo, che le varie condizioni fisico-chimiche dell'ambiente — luce, temperatura, pressione, suono, sostanze sapide, odorose, ecc. — possono agire come stimolo sopra le estremità terminali delle loro fibre. Le eccitazioni così prodotte, arrivate ai centri, vengono dalle cellule trasportate sopra le fibre centrifughe; ed a seconda degli organi a cui vengono trasmesse, e del modo con cui valgono a modificarne il processo nutritivo-funzionale, producono contrazioni muscolari, movimenti dei vasi, secrezioni, azioni trofiche o azioni di arresto. E così mediante le funzioni riflesse può venire effettuata una mirabile coordinazione, non solo fra le attività dei singoli organi, ma ben

anco fra le funzioni complesse dell'organismo e le condizioni dell'ambiente. Gli stimoli interni sono il punto di partenza della coordinazione fra le singole funzioni; e gli stimoli esterni sono il punto di partenza della coordinazione fra le funzioni complesse dell'organismo e le condizioni dell'ambiente in cui esso vive.

B) COORDINAZIONE AUTOMATICA.

Le modificazioni dei liquidi che circondano le cellule, possono derivare sia da un diverso modo di funzionare degli organi, di cui questi liquidi sono un prodotto, sia da mutamenti di quelle condizioni fisico-chimiche dell'ambiente, le quali influiscono sugli scambi dell'organismo animale. E così mediante l'azione automatica il sistema nervoso può reagire alle alterate funzioni degli organi, ed alle mutate condizioni dell'ambiente. Le azioni automatiche possono quindi concorrere, unitamente alle azioni riflesse, ad attuare la coordinazione delle funzioni animali fra di loro, e la coordinazione fra le manifestazioni complesse dell'organismo e le condizioni dell'ambiente.

C) COORDINAZIONE PSICHICA.

Le eccitazioni nervose, derivanti da stimoli interni o esterni, arrivate al cervello, vengono percepite sotto forma di *sensazioni*, a mezzo delle quali l'animale sente l'unità delle parti che lo costituiscono, ed i legami che lo uniscono e differenziano nel tempo stesso dall'ambiente. Queste sensazioni sono il punto di partenza, lo stimolo degli atti psichici consci e inconsci, i quali, dal punto di vista fisiologico, sono perfettamente eguali agli atti che derivano dall'azione riflessa. L'unica differenza fra gli atti psichici e gli atti riflessi sta in ciò, che i primi sono determinati da uno stimolo di natura a noi ignota, *stimolo psicologico*. E la natura di questo stimolo rimarrà forse sempre un mistero; poichè, anche se noi potremo riuscire a determinare tutte le condizioni fisico-chimiche che stanno a base di un fenomeno di sensazione, non potremo per altro mai dimostrare, come queste condizioni possano essere percepite sotto forma di sensazione, sottraendosi questo fatto all'osservazione ed all'esperimento, sole fonti dell'umano sapere.

Siccome lo stimolo psicologico, *la sensazione*, deriva da condizioni fisico-chimiche inerenti all'organismo e da condizioni fisico-chimiche inerenti all'ambiente, e siccome gli effetti di questo stimolo sono fisiologicamente identici a quelli che derivano dall'azione riflessa od automatica, così le azioni psichiche possono concorrere con queste alla coordinazione delle singole funzioni fra di loro, ed alla coordinazione delle funzioni complesse dell'organismo colle condizioni dell'ambiente. Solamente egli da notare, che, mentre le azioni riflesse ed automatiche hanno per

obiettivo principale, negli organismi degli animali superiori, la coordinazione delle funzioni fra di loro in vista di bisogni attuali, le azioni psichiche hanno invece per obiettivo principale la coordinazione dei rapporti fra l'organismo e l'ambiente non solo in vista di bisogni attuali, ma anche futuri.

In seguito ai fatti che ho cercato di svolgere più brevemente e chiaramente che mi fu possibile, il sistema nervoso viene necessariamente a rappresentare il vero centro delle manifestazioni funzionali degli organismi animali. Questi organismi, mi pare, che a rigore scientifico si possano riguardare come composti essenzialmente dal loro sistema nervoso, non essendo gli altri organi che strumenti diretti o indiretti dell'attività di esso.

E tale preponderante superiorità del sistema nervoso sopra tutti gli altri organi ci viene realmente rivelata dallo sviluppo embriologico.

L'embriologia dimostra, che il primo abbozzo dell'embrione è rappresentato dai *centri nervosi*, i quali costituiscono, in qualche modo, l'asse intorno a cui si svolge il futuro organismo. Lo sviluppo dell'embrione comincia colla formazione dell'*area germinativa*; e la prima forma distinta che in essa si nota, è la *linea primitiva*, luogo di formazione dei centri nervosi ed asse del futuro organismo.

La superiorità dei centri nervosi su tutte le altre parti dell'organismo viene pure dimostrata dal fatto, che negli animali lasciati morire di fame, il cervello ed il midollo spinale perdono solamente il 3 % del loro peso; mentre le ossa perdono il 13, il fegato il 53, i muscoli il 30, il sangue il 27 (1).

§ 19. LEGGE TELEOLOGICA ALLA QUALE È SUBORDINATA LA ATTIVITÀ NERVOSA.

Ma, se i fatti sopraccennati ci fanno conoscere il modo con cui il sistema nervoso può riassumere in una unità fisiologica le attività dei singoli organi componenti l'organismo animale, coordinando cioè dall'un canto le singole funzioni fra di loro, e dall'altro le manifestazioni funzionali complesse dell'organismo colle condizioni dell'ambiente; non ci illuminano però intorno al modo con cui, nel caso concreto, si esplica l'azione coordinatrice del medesimo.

Questa azione è subordinata ad una legge semplicissima, formulata la prima volta, per quanto mi consta, da Pflüger, che la dominò *legge della meccanica teleologica* (2).

Il concetto teleologico che informa questa legge, non deve esserci di ostacolo ad accettarla, una volta che essa sia confermata dall'osserva-

(1) Voit, *Zeitschr. f. Biolog.* B. 2.

(2) Pflüger, *Die teleologische Mechanik.* Arch. f. die ges. Physiol. Bd. XV. H. 2-3.

zione e dall'esperimento; poichè alla scienza veramente positiva non deve interessare affatto, se una legge sia o non sia teleologica: ciò che alla scienza interessa egli è, che la legge sia un fatto reale, e non una semplice astrazione della mente.

Secondo il mio modo di vedere, il teleologismo potrebbe recar danno alla scienza solamente allora, che esso ci facesse riguardare il risultato finale come causa determinante i fenomeni che lo realizzano.

Ma oramai mi pare passato il tempo, in cui lo scienziato poteva incorrere in errori di questo genere.

La legge di Pflüger è la seguente:

Le condizioni che derivano da un bisogno costituiscono uno stimolo, mediante il quale il bisogno viene soddisfatto (1). — Secondo questa legge, ogni bisogno locale o generale dell'organismo è accompagnato da condizioni fisico-chimiche, che costituiscono altrettanti stimoli nervosi, periferici o centrali, le cui eccitazioni, trasmesse dai centri nervosi alla periferia in via riflessa, automatica o psichica, modificano i processi nutritivo-funzionali degli organi in modo, che il bisogno rimane soddisfatto. Se si tratta di un bisogno locale, vengono emesse dai centri nervosi delle eccitazioni, la cui influenza si fa sentire solo localmente: e se si tratta di un bisogno generale, vengono invece emesse delle eccitazioni, la cui influenza si fa sentire sopra parecchi organi, o sistemi. A prima vista parrebbe, che questa legge presupponesse nei centri nervosi delle disposizioni meccaniche di una meravigliosa complessità e perfezione; tali cioè da far sì, che la eccitazione, derivante da un bisogno determinato, dovesse *sempre e necessariamente* riverberarsi sulla periferia, in modo da soddisfare con precisione al bisogno che l'ha prodotta. Ma ben riflettendo, noi possiamo comprendere, come un tale risultato possa essere raggiunto, anche senza l'esistenza di un così meraviglioso meccanismo.

Lo stimolo, secondo la legge di Pflüger, non può cessare, se prima non è soddisfatto il bisogno da cui deriva; e perciò, dopo un periodo più o meno lungo di prove, il bisogno deve finire per essere soddisfatto, purchè il centro nervoso eccitato possa inviare alla periferia delle eccitazioni che valgano a modificare la funzione degli organi in modo da raggiungere questo risultato.

Meccanismi di tanta precisione, da soddisfare ai bisogni dell'organismo con meravigliosa prontezza ed esattezza, sono piuttosto rari, e riservati unicamente alla soddisfazione di bisogni urgentissimi.

Ed ora mi sia permesso di citare dei fatti che valgano a dimostrare ed esplicitare nel tempo stesso la legge.

1.^o *Fatti i quali dimostrano, come un bisogno da soddisfare costituisca uno stimolo che vale a soddisfarlo in via riflessa.* — La

(1) La parola *bisogno* deve essere accettata nel suo ampio significato.

presenza delle materie alimentari nello stomaco costituisce, come egli è evidente, un bisogno da soddisfare; esse devono essere digerite. Ebbene, il contatto di queste materie colla mucosa dello stomaco è causa di una eccitazione delle fibre centripete di essa, la quale in via riflessa promuove la secrezione del succo gastrico che digerisce le dette materie, e soddisfa così il bisogno derivante dalla loro presenza nello stomaco.

L'accumulo dei prodotti escrementizi costituisce uno stimolo che in via riflessa promuove quegli atti che valgono ad espellerli, ed in questa maniera viene soddisfatto al bisogno della loro eliminazione.

Una condizione essenziale, perchè si compia normalmente la funzione visiva, è che alla retina non giunga la luce in troppa quantità. Un'eccessiva quantità di luce rappresenta quindi un bisogno da soddisfare. E la fisiologia ha dimostrato, già da parecchio tempo, che l'eccessiva quantità di luce costituisce uno stimolo che in via riflessa provoca il restringimento del foro pupillare.

2.^o *Fatti i quali dimostrano come un bisogno da soddisfare costituisca uno stimolo che vale a soddisfarlo in via automatica.* — Il difetto di ossigeno nel sangue, e la sovrabbondanza di acido carbonico costituiscono un bisogno della più grande importanza, a cui l'organismo deve urgentemente soddisfare. E la fisiologia ha dimostrato, che tanto il difetto di ossigeno nel sangue, quanto l'eccesso di acido carbonico costituiscono altrettanti stimoli del centro respiratorio, in seguito ai quali vengono in via automatica attivati i movimenti della respirazione, per il cui mezzo il sangue si carica d'ossigeno e si libera dell'acido carbonico.

È noto, quanta importanza abbia per il regolare andamento delle funzioni degli animali superiori, la costanza della temperatura.

E la fisiologia ha dimostrato, che quelle condizioni dell'ambiente, che favoriscono le perdite del calore, costituiscono uno stimolo, mediante il quale vengono favoriti tanto quegli atti che servono a produrre il calore, quanto quelli che valgono a diminuirne le perdite; e che in senso inverso agiscono quelle condizioni le quali favoriscono l'accumulo del calore nell'organismo. Su tale proposito devo per altro avvertire il lettore, che non è ancora ben noto, se la costanza della temperatura si debba ascrivere ad un'azione automatica o riflessa dei centri nervosi; e che, molto probabilmente, entrambe queste azioni concorrono ad attuarla, nello stesso modo che il centro respiratorio riesce a mantenere nelle giuste proporzioni l'ossigeno e l'acido carbonico del sangue, tanto per azione automatica, quanto per azione riflessa.

3.^o *Fatti i quali dimostrano come il bisogno da soddisfare costituisca uno stimolo che vale a soddisfarlo in via psichica.* — Le eccitazioni nervose, derivanti dai bisogni dell'organismo, una volta arrivate al cervello, sono causa di una *sensazione mal definita di malessere*, la quale spinge ad atti diretti alla soddisfazione di essi bisogni,

che, una volta raggiunta, fa cessare la sensazione molesta per sostituirvene una piacevole. Il senso del malessere può derivare dai bisogni propri agli organi della nutrizione, come dai bisogni propri agli organi della riproduzione; nel primo caso determina gli atti diretti alla conservazione dell'individuo, e nel secondo gli atti diretti alla conservazione della specie.

Così la sensazione molesta della fame, derivante dal bisogno di riparazione dei tessuti, è stimolo a quegli atti i quali sono diretti a procurare all'animale i materiali necessari per riparare alle sue perdite.

Così l'accumulo dei prodotti di secrezione nei testicoli è causa di una non piacevole sensazione che spinge l'uomo al coito; così i processi legati alla maturazione dell'ovo sono causa di quelle sensazioni che spingono le femmine a cercare il maschio.

Gli atti psichici sono subordinati ad un meccanismo centrale, che permette una libertà d'azione assai maggiore di quella concessa agli atti riflessi ed automatici; e ciò per la ragione, che i bisogni, ai quali l'organismo deve soddisfare mediante gli atti psichici, sono in generale meno urgenti di quelli, la cui soddisfazione è affidata alle azioni riflesse ed automatiche.

Nella prima età, questi atti sono poco regolari, perchè sono troppo numerosi i movimenti mediante i quali l'animale tende a liberarsi dalla sensazione che lo molesta; ma colla esperienza egli apprende ad eliminare quelli che non concorrono alla soddisfazione dei propri bisogni, e così questa si compie con una regolarità ed efficacia sempre maggiore. Tanto più breve sarà poi il tempo che l'animale impiegherà per arrivare ad una tale eliminazione, quanto minore il numero degli atti combinati che dal centro stimolato potranno essere determinati. E da ciò ne viene il fatto fisiologico, che nella serie animale tanto più elevata è l'intelligenza, quanto maggiore il tempo di cui l'animale abbisogna per riuscire a compiere degli atti perfettamente coordinati ad uno scopo voluto. Il pesce appena nato guizza nell'acqua con movimenti così regolari e coordinati come un pesce adulto; ma in tutta la sua vita successiva egli non sarà capace che di quel movimento; mentre l'uomo che impiega qualche anno per apprendere a regolare e coordinare i suoi movimenti, sa poi combinarli nei modi più svariati, richiesti dalle circostanze in cui egli si trova.

§ 20. CONCETTO FONDAMENTALE INTORNO ALLE FUNZIONI DEI CENTRI NERVOSI.

I centri nervosi sono composti di fibre e di cellule. In base a quanto ho detto, noi dovremo riguardare *le fibre come organi di trasmissione delle eccitazioni centripete, derivanti da speciali bisogni, e delle eccitazioni centrifughe dirette alla soddisfazione dei medesimi; e le*

cellule come organi incaricati a coordinare le eccitazioni derivanti dai bisogni dell'organismo, affinché siano trasmesse alla periferia in modo che questi bisogni possano essere soddisfatti. Il carattere distintivo della funzione delle fibre è la trasmissione isolata, e il carattere distintivo della funzione delle cellule è invece la coordinazione delle eccitazioni nervose.

Tale concetto è confermato dal fatto anatomico, che il numero delle fibre che vanno a un determinato gruppo di cellule, è diverso dal numero delle fibre che da queste cellule derivano.

La legge della trasmissione isolata costituisce il fondamento della fisiologia delle fibre nervose dei centri, come delle fibre nervose dei nervi periferici. E in base a questa legge si possono distinguere non solo fibre centripete e centrifughe, ma benanco fibre per le varie sensazioni, fibre di moto, fibre di secrezione, fibre costrittrici dei vasi, fibre dilatatrici dei vasi, fibre di arresto e fibre trofiche.

Per le cellule non ha vigore la legge della trasmissione isolata; ed anzi la caratteristica funzionale delle medesime consiste nel non essere soggette a questa legge; e perciò sarebbe un non senso fisiologico il volere distinguere le cellule in cellule di senso, di moto, di secrezione, ecc.

Ma, se per le cellule non ha vigore la legge della trasmissione isolata, non ne viene per ciò, che la trasmissione si faccia attraverso di esse indifferentemente in qualunque direzione. Il problema quindi fondamentale, nella fisiologia dei centri nervosi, consiste nel dimostrare, secondo quale legge si compie la trasmissione delle eccitazioni nervose attraverso di essi; ossia, in altre parole, come vengono coordinate le eccitazioni che ad essi vengono trasmesse, in rapporto alla soddisfazione dei bisogni dell'organismo.

A tale proposito merita poi la massima considerazione il fatto che segue.

Le fibre nervose centrali si trovano interrotte di quando in quando da cellule, le quali non fanno che soddisfare ad una funzione di semplice trasmissione, come se fossero fibre. Ma siccome esse possiedono parecchi prolungamenti per mezzo dei quali si trovano in rapporto con parecchie fibre, così ne deriva, che la trasmissione attraverso di esse può compiersi in parecchie direzioni; e che nelle condizioni normali si dovrà fare in quella direzione che presenta la minore resistenza.

Questa direzione rappresenta la via principale; mentre le altre rappresentano delle vie secondarie. Nel caso che la eccitazione sia troppo forte, essa avrà luogo, oltre che per la via principale, anche per le vie secondarie; e nel caso che la trasmissione per qualche condizione, o patologica o sperimentale, non possa più compiersi per la prima, si effettuerà per le seconde.

La distinzione delle vie principali e secondarie nella fisiologia dei

centri nervosi è di una importanza capitale, poichè essa ci dà la chiave per la spiegazione dei fatti *di sostituzione funzionale*.

§ 21. ALCUNE CONSIDERAZIONI INTORNO AI MEZZI CON CUI SI PROCEDE
ALLA RICERCA DELLE FUNZIONI DEGLI ORGANI NERVOSI.

Gli organi nervosi si compongono di fibre e cellule, e così le funzioni di essi si possono distinguere in *funzioni di trasmissione e funzioni centrali*: le prime spettano alle fibre, e perciò agli organi nervosi periferici ed alla sostanza bianca degli organi nervosi centrali; le seconde spettano alle cellule, e perciò alla sola sostanza grigia dei centri nervosi.

A) FUNZIONI DI TRASMISSIONE.

Tre sono i metodi con cui il fisiologo cerca di determinare quali sono le eccitazioni che si trasmettono attraverso gli organi nervosi: 1.^o il *metodo sperimentale*; 2.^o il *metodo anatomico*; 3.^o il *metodo misto*

1.^o *Metodo sperimentale*. — Il metodo sperimentale consiste: 1.^o nell'interrompere con qualche artificio la continuità delle fibre e nel verificare successivamente, quali eccitazioni non possono più arrivare ai centri sovrapposti al punto offeso, o quali eccitazioni non possono più da questi centri venire trasmesse alla periferia; 2.^o nello stimolare artificialmente le fibre nervose, ed osservare quali sono gli effetti di questa stimolazione.

I risultati, ottenuti col metodo sperimentale, sono degni di fiducia tanto maggiore, quanto più localizzata rimane l'azione del mezzo adoperato per produrre l'interruzione, o l'eccitazione nervosa; e, per riguardo alla interruzione, quanto minore è l'irritazione che vien destata nelle parti che sono direttamente offese, e nelle circostanti.

La *interruzione della trasmissione* si fa per mezzo del taglio, della asportazione e dell'applicazione di qualche sostanza atta a modificare la struttura degli elementi nervosi, in modo che essi non possano più soddisfare alle loro funzioni.

Il mezzo migliore è certamente quello del *taglio*, poichè minore è l'irritazione che con esso viene prodotta, e perchè con esso si riesce più facilmente a localizzare la lesione.

L'*asportazione* viene usata qualche volta invece del taglio, allo scopo di garantirsi contro una possibile riunione delle fibre nervose recise. Ma nei centri nervosi, quando si pratica l'asportazione, è assai difficile di localizzare la lesione, come si fa col taglio, e per di più con essa si determinano necessariamente dei processi di irritazione, abbastanza diffusi per complicare il quadro fenomenologico, in modo da rendere assai difficile lo stabilire quali sono i fenomeni che dipendono esclusivamente

dalla interruzione nervosa. E perciò questo metodo, per quanto si riferisce alla trasmissione negli organi nervosi centrali, si dovrà usare solo allo scopo di dilucidare i risultati ottenuti mediante il semplice taglio.

L'applicazione di sostanze atte a modificare profondamente la struttura ed a sospendere così la funzione di trasmissione degli elementi nervosi (caustici attuali o potenziali, applicati sia direttamente, sia per iniezione) è il mezzo meritevole di minore fiducia, come quello col quale è impossibile di praticare una lesione esattamente localizzata, e come quello che suscita i più gravi e diffusi processi di irritazione.

E perciò a questo mezzo il fisiologo non dovrà ricorrere, che nei casi in cui non sia possibile l'uso dei precedenti; ed i risultati con esso ottenuti si dovranno sempre accettare colla massima riserva.

I risultati ottenuti interrompendo le vie di trasmissione sono risultati della massima importanza per il fisiologo.

Ma, se l'applicazione di questo metodo allo studio della funzione dei nervi non incontra in generale gravi difficoltà, gravissime sono quelle che incontra la sua applicazione allo studio delle funzioni di trasmissione dei centri nervosi. Nei centri vi sono dei fasci di fibre, ai quali non si può arrivare col coltello, se non attraversando, non solo altri fasci, ma benanco delle masse di cellule. Volendo determinare con questo metodo, quali sono le eccitazioni che attraverso questi fasci vengono trasmesse, converrebbe praticare delle lesioni così estese, che i fenomeni ottenuti sarebbero poi troppo complessi, per potere essere suscettivi di interpretazioni meritevoli di fiducia.

Ma anche riguardo a quelle parti dei centri nervosi, che sono facilmente accessibili al coltello, questo metodo non è privo di inconvenienti. E tali inconvenienti consistono principalmente in ciò, che subito dopo l'operazione i fenomeni, dovuti alla irritazione traumatica degli elementi offesi, e degli elementi vicini, nascondono quelli dovuti alla interruzione della trasmissione nervosa. Recentemente Goltz (1) e Brown-Séguard (2) hanno potuto dimostrare, che questa irritazione si fa sentire sopra parti dei centri nervosi, anche molto lontane dal luogo della lesione, producendo una diminuzione, e perfino una sospensione della loro attività funzionale. Tali fenomeni, dipendenti dalla irritazione locale, possono durare per parecchio tempo; e in generale essi durano tanto più a lungo, quanto più elevato è il grado occupato dall'animale nella scala zoologica. Nei cani, come dimostrò Goltz, possono durare parecchie settimane ed anche parecchi mesi. Dopo avere praticato una lesione dei centri nervosi, per evitare delle conclusioni troppo lontane dal vero, sarà perciò necessario di tener conto solamente di quei fenomeni che si possono ancora osser-

(1) Goltz, *Ueber d. Verricht. des Grossh. Pfüg.* Arch. B. XIII. H. I.

(2) Brown-Séguard, *Archives de Physiologie norm. et pathol.* Maggio-Aprile, 1879.

vare in un'epoca lontana dal momento della operazione. Ma in tal caso eccoci di fronte ad un nuovo inconveniente.

Noi abbiamo veduto, come le vie di trasmissione, per entro ai centri nervosi, si debbano distinguere in principali e secondarie, e come quest'ultimo possano col tempo sostituirsi alle prime, una volta che attraverso di queste la trasmissione non si possa più fare. E perciò in un'epoca lontana dal momento della operazione, potendo le vie secondarie essersi già sostituite alle vie principali interrotte, potrebbe mancare completamente il quadro proprio della interruzione di queste. E così, se nel primo periodo consecutivo all'operazione i fenomeni dipendenti dalla irritazione ci nascondono gli effetti della interruzione nervosa, nel secondo periodo questi effetti possono essere mascherati dalla sostituzione delle vie secondarie alle principali.

Il metodo dell'interruzione incontra poi delle difficoltà tutte speciali in riguardo alla trasmissione centripeta, essendo molto difficile lo stabilire, se un animale conserva, e in che grado, l'attitudine di percepire alcune impressioni fisiologiche. Finalmente gioverà di ricordare, che l'istologia patologica non sa ancora dirci, quali sono le alterazioni degli elementi nervosi sufficienti a impedire la trasmissione della eccitazione. E perciò potrebbe darsi benissimo, che certi fenomeni di interruzione dipendessero da alterazioni degli elementi vicini alla località offesa, consecutive alla irritazione traumatica, e che il microscopio non vale ancora a svelarci.

La *irritazione nervosa* si fa mediante l'applicazione degli stimoli sperimentali, e fra tutti questi quelli che meritano maggior fiducia sono gli elettrici, come quelli che valgono ad eccitare senza disorganizzare la parte, e sono di più facile graduazione ed applicazione.

Per quanto si riferisce ai nervi, il fisiologo ottiene col mezzo della eccitazione i risultati più decisivi. Egli determina, cioè, la direzione delle vie da essi rappresentate, e gli effetti delle eccitazioni centrifughe. Se lo stimolo del moncone periferico di un nervo reciso è seguito da modificazioni funzionali in qualche organo, il nervo deve contenere necessariamente delle vie centrifughe, e queste poi potranno essere dichiarate motrici, secretorie, vascolari, trofiche o di arresto a seconda delle modificazioni verificate. Se poi alcuno di questi fenomeni, o dei segni di dolore faranno seguito allo stimolo del moncone centrale, il nervo dovrà contenere delle vie centripete.

L'irritazione si rivela solo insufficiente, allorchando si tratta di determinare quali sensazioni vengano suscitate dalle eccitazioni centripete, sperimentalmente provocate, non potendo gli animali render conto delle stesse.

Ma quanto chiaro è il significato dei risultati ottenuti colla stimolazione dei nervi, altrettanto incerto è il significato dei risultati ottenuti

colla stimolazione dei centri; e ciò perchè la corrente elettrica, unico stimolo di cui si possa far uso, si diffonde tanto nel senso della superficie, quanto in quello della profondità. Questa diffusione, benchè poco notevole, può nulladimeno essere causa di gravi errori, in conseguenza della vicinanza in cui si trovano nei centri nervosi, fasci di fibre incaricati della trasmissione di eccitazioni assai diverse.

In secondo luogo egli è da notare, che molte fibre centrali non rispondono agli stimoli sperimentali, e che mediante la stimolazione dell'asse cerebro-spinale non solo possono essere messe in azione parti non comprese fra i punti di applicazione della corrente elettrica, ma si può benanco ottenere l'abbassamento, e perfino la sospensione dell'attività funzionale di parti lontane dal punto stimolato.

I risultati della stimolazione dei centri nervosi, per ciò che si riferisce alle funzioni di trasmissione, non possono quindi avere che un valore molto relativo; e la loro interpretazione non potrà farsi, che in base ai fenomeni ottenuti in seguito alla interruzione.

2.^o *Metodo anatomico.* — Se tanti sono i difetti inerenti al metodo sperimentale, ne viene di conseguenza, che il fisiologo debba procurare di sciogliere, anche in altro modo, il problema relativo alle vie di trasmissione attraverso l'asse cerebro-spinale. E quest'altra via consiste nel determinare, per mezzo di osservazioni microscopiche, l'andamento dei varii fasci di fibre. Le applicazioni dei risultati degli studi anatomici alla fisiologia della trasmissione nervosa si fanno in base alla legge della trasmissione isolata; e perciò sono possibili solamente, quando l'esperimento abbia in precedenza dimostrato, quali vie rappresenta il fascio nervoso, da cui prendono le mosse le ricerche microscopiche, e non si possono più fare, appena un gruppo di cellule interrompe l'andamento delle fibre.

Per quanto poi si riferisce ai nervi, il lettore comprenderà facilmente, come la conoscenza delle terminazioni periferiche dei medesimi possa illuminare il fisiologo intorno alla funzione di essi.

3.^o *Metodo misto.* — Questo metodo si basa sul fatto, che la fibra nervosa si atrofizza, allorquando è separata dai suoi centri trofici, e non può quindi più funzionare. Tagliando un nervo, od asportando un organo di senso, come l'occhio, oppure tagliando un fascio di fibre centrali, o distruggendo un determinato centro, si ottengono delle atrofie ascendenti o discendenti lungo i nervi e per entro l'asse cerebro-spinale, colla verificaione delle quali si mettono in evidenza dei fatti anatomico-fisiologici di somma importanza.

Ho denominato *misto* questo metodo, poichè esso si fonda sopra distruzioni di organi di sensi, di nervi, o di centri nervosi, e sopra osservazioni microscopiche.

La dimostrazione dell'andamento di queste atrofie attraverso i centri è piena di difficoltà; esige studi lunghi, pazienti e, più che tutto,

coscienziosi. Ma ai fatti conquistati con questi studi, è riservato a mio credere, di rischiarare l'intricatissimo labirinto delle vie di trasmissione attraverso i centri nervosi.

Ai fatti ottenuti col metodo misto si possono mettere vicino i fatti patologici.

Le interruzioni e le atrofie ascendenti o discendenti si possono verificare, non solamente in seguito a processi sperimentali, ma benanco in seguito a processi patologici. I casi clinici hanno poi il merito notevole sopra i casi sperimentali, di essere incomparabilmente più facili alle analisi, specialmente dal punto di vista delle sensazioni, verificandosi nell'uomo, invece che nei bruti.

Spero che queste poche considerazioni siano sufficienti per dimostrare, che, se in generale non è cosa che offra grandi difficoltà il determinare l'andamento delle vie lungo i nervi specialmente centrifughi; egli è invece estremamente difficile il determinare l'andamento delle medesime attraverso i centri. Prima di concludere qualche cosa in proposito, sarà quindi necessario di variare e moltiplicare più che sia possibile gli esperimenti; e, anche dopo tutto questo, le conclusioni non si potranno formulare che in via di maggiore o minore probabilità; esse non potranno diventare un fatto positivo, che in seguito al controllo di osservazioni di istologia normale e patologica.

B) FUNZIONI CENTRALI.

Il problema relativo alle funzioni nervose centrali è così complesso, che la sua soluzione è riservata piuttosto all'intuito del genio, che alle analisi sperimentali. Nulladimeno, se queste non possono sempre riuscire alla meta, egli è certo, che arricchiscono la scienza di fatti che facilitano lo scoppio di quella scintilla che darà la luce tanto desiderata.

Innanzitutto sarà bene di precisare, più che sia possibile, i problemi che il fisiologo deve sciogliere relativamente alla funzione delle cellule che costituiscono i diversi centri nervosi.

In base a quanto ho detto, noi dovremo stabilire:

1.º Quali sono i bisogni alla cui soddisfazione presiede il centro nervoso; quali sono, cioè, le esigenze dell'organismo a cui esso soddisfa.

2.º Quali sono le condizioni fisico-chimiche inerenti a questi bisogni, dalle quali si deve ripetere la eccitazione di esso.

3.º Come si esplica la sua azione, vale a dire, se in via riflessa, automatica o psichica.

4.º Come la sua eccitazione si trasmette alla periferia, affine di soddisfare ai bisogni da cui deriva, e quali sono i singoli effetti di essa in relazione al risultato complessivo.

I metodi di cui fa uso il fisiologo per la ricerca delle funzioni cen-

trali sono eguali a quelli con cui si studia di determinare le funzioni di semplice trasmissione: *sperimentale, anatomico e misto*.

Il valore di ciascun metodo verrà analizzato in relazione ai quattro problemi sopra indicati.

1.° *Problema*. — Per determinare quali sono i bisogni alla cui soddisfazione provvede un determinato centro nervoso, io credo che non vi sia altro processo sperimentale, degno di fiducia, che la distruzione del centro medesimo. Precisando, mediante un esame accurato, quali sono i sintomi che presentano gli animali, dopo aver subito tale operazione, si potrà determinare, almeno approssimativamente, quale sia la funzione complessa a cui presiede il centro distrutto.

La stimolazione non può dare risultati meritevoli di fiducia, imperocchè:

a) Innanzi tutto non è dimostrato, se le cellule nervose siano accessibili agli stimoli sperimentali; e se anche, per pura induzione, si volesse ammettere, che a questi stimoli esse reagiscono, nessun fatto ci autorizza a riguardare i fenomeni ottenuti come espressione della loro normale attività. Il carattere distintivo della funzione delle cellule nervose consiste, come più sopra credo di avere dimostrato, nella coordinazione; ed io non conosco finora alcun fatto positivo in cui la stimolazione sperimentale di un centro sia stata seguita da fenomeni di vera coordinazione fisiologica.

b) Supposto pure che le cellule nervose reagiscano agli stimoli sperimentali, è impossibile di eccitare nello stesso modo tutti gli elementi che concorrono alla formazione di un centro nervoso; e perciò gli effetti di queste stimolazioni saranno sempre effetti parziali; effetti, cioè, della eccitazione prevalente di alcuni elementi, e chi è un po' addentro negli studi fisiologici, sa quanto lontani siano i fenomeni parziali dal rappresentare la funzione complessa. La contrazione del diaframma è un fatto connesso tanto colla funzione della respirazione, quanto con quella della defecazione.

c) La stimolazione, oltre che agire sulle cellule, agisce necessariamente sulle fibre vicine, siano o non siano queste in relazione colle cellule comprese fra gli elettrodi; e perciò gli effetti della eccitazione delle fibre si complicheranno cogli effetti della eccitazione delle cellule.

d) È impossibile di limitare l'azione dei nostri stimoli sperimentali. E perciò avremo, oltre agli effetti dell'eccitazione degli elementi che compongono il centro stimolato, anche gli effetti della eccitazione degli elementi vicini.

e) Finalmente è dimostrato, che applicando uno stimolo sopra una parte del sistema nervoso centrale, viene sospesa, molte volte, la funzione di centri più o meno lontani dal punto stimolato.

Da tutto ciò deriva, che, se anche le cellule nervose hanno l'attitu-

dine di reagire agli stimoli sperimentali, cosa che non è puranco dimostrata (e che sarà impossibile di dimostrare, perchè non è possibile di localizzare l'azione dello stimolo sopra le cellule, essendo queste sempre unite a fibre nervose), i risultati ottenuti dalla loro stimolazione sono così incerti e così complessi, che nessun fisiologo deve cimentarsi a fare delle conclusioni fondandosi unicamente sopra di essi.

Il carattere funzionale delle cellule nervose consiste, amo di ripeterlo, nella coordinazione; e perciò gli effetti della stimolazione, pur volendo ad essi concedere un qualche valore, non si potranno riguardare, che come l'espressione di relazioni che esistono fra le cellule stimulate e determinate vie: come fatti quindi in rapporto alle vie della trasmissione nervosa. Ma questa conoscenza è ben lungi dal rivelarci i bisogni reali dell'organismo, alla cui soddisfazione presiede il centro nervoso. Essa potrà solo indicarci, che alla soddisfazione di un bisogno sconosciuto il centro stimolato può provvedere coll'attivare determinati fenomeni. Gli effetti della stimolazione si possono considerare come effetti della eccitazione di alcuni elementi componenti il centro nervoso, e non mai come l'espressione dell'attività complessiva di esso.

Il *metodo anatomico* può prestarci dei validi argomenti su cui fondare delle induzioni intorno alle funzioni dei centri nervosi, ma non varrà mai a dimostrarci, quali esse siano realmente. E infatti, col mezzo degli studi anatomici non possiamo che arrivare alla conoscenza dei rapporti che tiene il centro nervoso colle fibre centripete e centrifughe. È bene di notare peraltro, che la conoscenza di questi rapporti vale a limitare il campo delle possibili funzioni, e che col progredire delle cognizioni anatomiche, diventando questo campo necessariamente sempre più circoscritto, si potrà forse giungere a determinare, con una certa approssimazione, la funzione di un centro nervoso, nello stesso modo che il clinico riesce a formulare le sue diagnosi per esclusione.

E qui gioverà pure di ricordare, che, se le conclusioni formulate in base ai risultati delle vivisezioni sono realmente giuste, esse non potranno essere in contraddizione coi fatti anatomici.

E quindi, se gli studi anatomici non valgono a dimostrare direttamente, quale sia la funzione di un centro nervoso, essi sono peraltro indispensabili per dare ai risultati delle vivisezioni quel valore, senza del quale non è possibile formulare delle conclusioni meritevoli di fiducia.

Le stesse considerazioni si possono fare relativamente al *metodo misto*. Questo però ha il vantaggio sopra il metodo anatomico di rivelarci più facilmente, e con maggior precisione, le relazioni dei centri colle diverse vie.

2.^o *Problema*. — Il secondo problema, relativo alle funzioni dei centri nervosi, è straordinariamente complesso, e non si può sciogliere che sperimentalmente; l'anatomia non ci può illuminare, che intorno alle

vie per mezzo delle quali si fa la trasmissione delle eccitazioni centripete. La soluzione esatta di questo problema è sempre difficilissima, e richiede in generale l'uso di tutti i mezzi sperimentali.

3.^o *Problema.* — La soluzione del terzo problema è in gran parte subordinata al secondo. In questo caso si tratta semplicemente di stabilire, se le condizioni fisico-chimiche, inerenti ad un determinato bisogno, rappresentano degli stimoli periferici o centrali. La soluzione di questo problema è sempre complicata per la ragione, che le stesse condizioni fisico-chimiche possono agire tanto sui centri, quanto sulle estremità periferiche delle fibre nervose centripete; e che lo stesso centro può essere centro d'azione automatica e riflessa nel tempo medesimo.

Intorno all'attività psichica dei centri nervosi non ci è concesso di argomentare, se non in base all'esame dei prodotti della loro attività. Noi non possiamo dire, che un determinato centro è sede di attività psichiche, se non allorché gli atti, che da esso derivano, si devono per necessità riferire ad un fenomeno di coscienza. E la coscienza negli animali non può essere dimostrata che da fatti di memoria.

4.^o *Problema.* — La prima parte di questo problema è un quesito di trasmissione nervosa, che non può essere sciolto se non coi mezzi indicati più sopra. Egli è da notare peraltro, che in questo caso converrebbe determinare non solo il luogo, ma anche i rapporti di tempo, di velocità con cui le diverse eccitazioni vengono trasmesse attraverso il centro nervoso: e ciò nello stato odierno della scienza non può essere che un semplice desiderio.

La seconda parte del problema è affidata all'analisi minuta dei fenomeni dipendenti dall'azione del centro nervoso, e perciò la sua soluzione è riservata a tutti quei mezzi di indagine, di cui il fisiologo si serve per studiare le varie funzioni.

Parmi che il fin qui detto valga a dimostrare, che i progressi della fisiologia dei centri nervosi, oltre che ai progressi dell'anatomia, sono subordinati al perfezionamento dei mezzi coi quali si procede alla distruzione dei detti centri.

I risultati della distruzione dei centri nervosi sono meritevoli di fiducia tanto maggiore, quanto maggiore è la facilità colla quale il mezzo adoperato riesce a produrre una lesione perfettamente localizzata, e quanto minore è l'attitudine di essa lesione a suscitare dei processi di irritazione. E sotto questo riguardo il mezzo di maggior valore, che il fisiologo possiede, è sempre il coltello.

Meritano, a mio credere, poca fiducia i risultati ottenuti mediante l'iniezione di sostanze più o meno caustiche, o l'applicazione diretta del caustico attuale; perchè con questi mezzi è assai difficile di ben localizzare la lesione, e perchè troppo gravi e diffusi sono i processi d'irritazione consecutivi.

L'asportazione dei centri nervosi per mezzo del coitello non è priva di inconvenienti, e questi in gran parte ci sono già noti da quanto ho detto, parlando, della trasmissione nervosa.

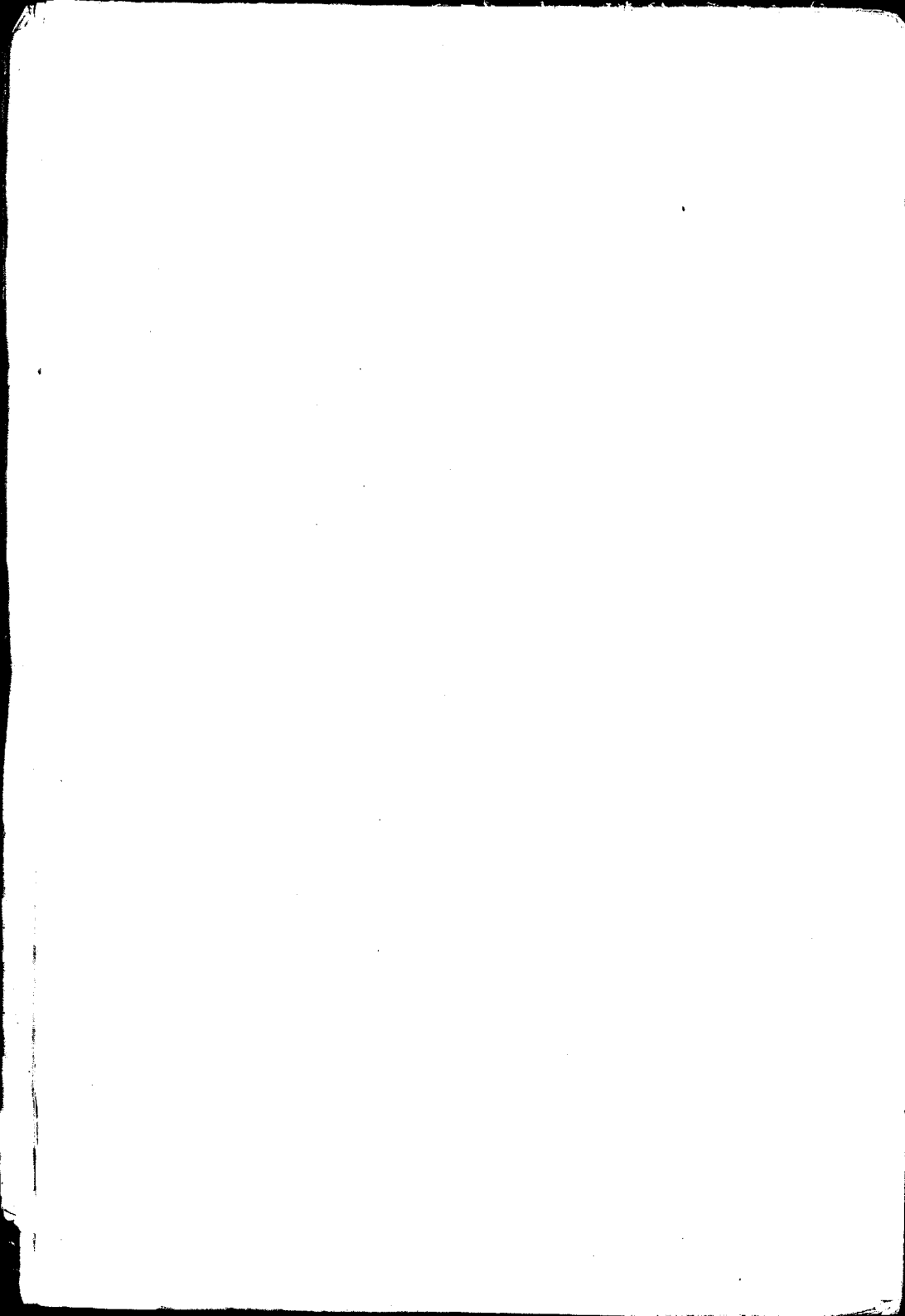
Questi inconvenienti consistono principalmente nell'irritazione degli elementi nervosi circostanti a quelli asportati. E gli effetti di tali irritazioni, che con maggiore facilità possono trarre in inganno il fisiologo, consistono nella diminuzione o sospensione completa della attività di centri nervosi vicini o lontani.

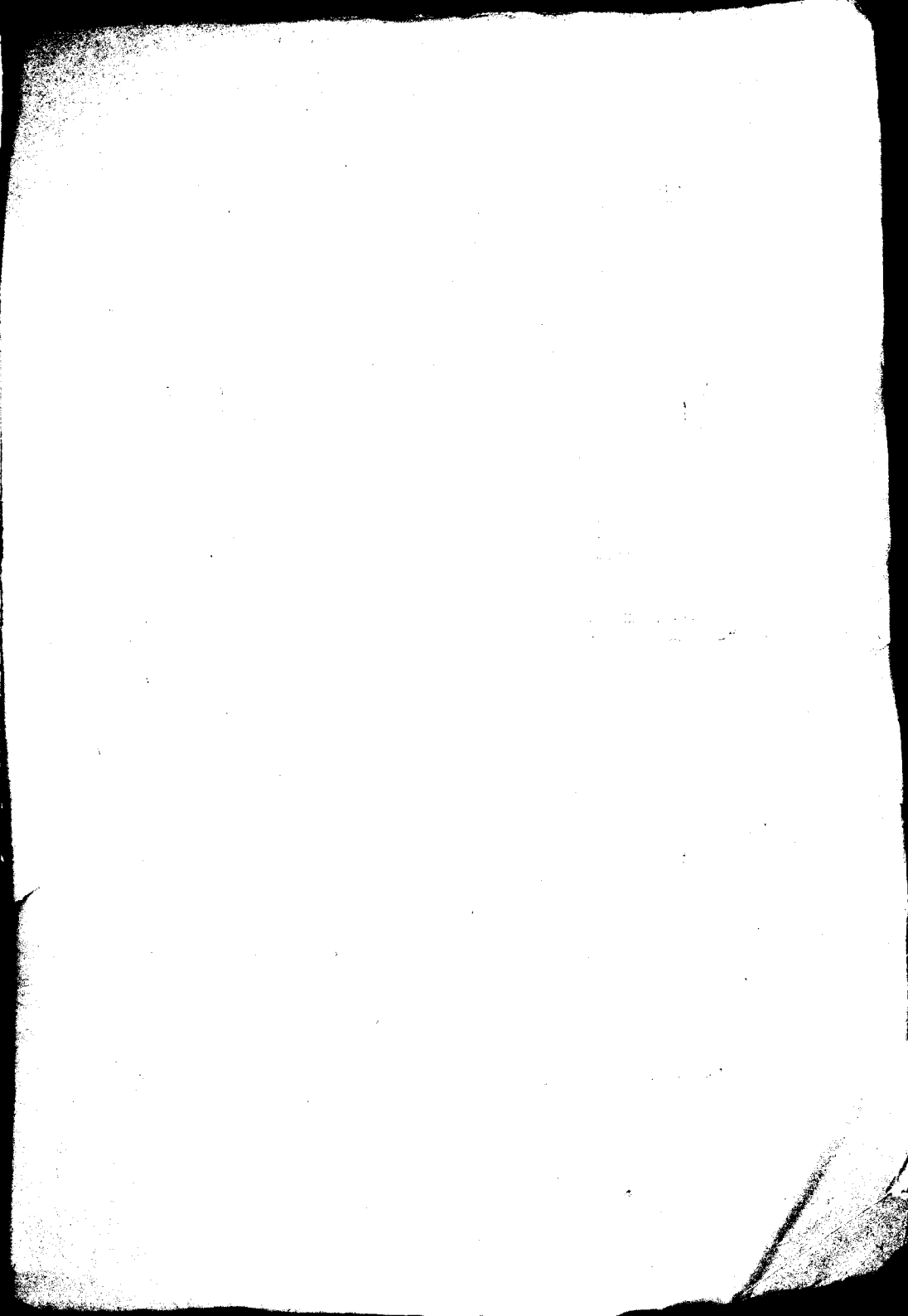
Per evitare delle erronee conclusioni, sarà quindi necessario di tener conto separato dei fenomeni che col progredire del tempo vanno scomparendo. Ed a tale proposito è bene che si sappia, che Lussana e Lemoigne richiamarono l'attenzione dei fisiologi sopra questo fatto primai ancora di Goltz (1). Essi distinsero i fenomeni che presentano gli animali a cui vennero asportati i centri nervosi, in *fenomeni del primo e fenomeni del secondo periodo sperimentale*: i fenomeni del secondo periodo sperimentale di Lussana e Lemoigne corrispondono agli *Ausfallserscheinungen* di Goltz. Ma tenendo conto unicamente dei fenomeni del secondo periodo sperimentale, si può correre il rischio di negare ogni azione all'organo nervoso asportato; in quanto che non è raro di osservare animali i quali, parecchio tempo dopo aver subito una estesa mutilazione dei centri nervosi, si comportano come se fossero perfettamente sani. Questo fatto dipende dalla sostituzione funzionale delle parti rimaste in vicinanza a quelle asportate. In base alle mie esperienze posso per altro assicurare, che la sostituzione funzionale ha luogo solamente per mezzo di quegli elementi che formano parte integrante del centro asportato. All'asportazione completa, o quasi, di un centro nervoso anatomicamente *definito* non ho mai visto seguire un ristabilimento dell'animale nello stato normale. E perciò io credo, che questi fenomeni di sostituzione si possano riguardare come un mezzo che il fisiologo possiede, per determinare l'estensione fisiologica dei centri nervosi.

È superfluo il ricordare, che i risultati dell'asportazione, per avere un valore indiscutibile, devono essere messi a confronto coi risultati della sezione cadaverica.

Per ciò che si riferisce ai casi clinici, in rapporto alle funzioni centrali, non potrei che ripetere, quanto dissi intorno ai medesimi nel parlare delle funzioni di trasmissione. Essi costituiscono una delle più preziose risorse per la fisiologia del sistema nervoso, purchè vengano analizzati scrupolosamente dal punto di vista clinico ed anatomo-patologico, e purchè si tenga conto, per l'applicazione fisiologica, unicamente delle lesioni a focolajo, il cui processo sia completamente compiuto; perchè solamente in questo caso si può ammettere, che i sintomi osservati dipendano dalla soppressa funzione delle parti offese.

(1) Lussana e Lemoigne, *Fisiologia dei centri nervosi encefalici*. Padova, 1871.





Biblioteca Medica Contemporanea
DELLA
CASA EDITRICE DOTTOR FRANCESCO VALLARDI

M. A. FOSTER

PROFESSORE DI FISILOGIA A GAMBRIAGE

TRATTATO
DI
FISIOLOGIA

TRADUZIONE CON NOTE

AUTORIZZATA DALL'AUTORE

Per cura di **MICHELE LESSONA**

PROFESSORE DI ZOOLOGIA E DI ANATOMIA COMPARATA NELL'UNIVERSITA' DI TORINO

Un volume in 8.^o di pagine xx-705 con 72 incisioni L. 15

Prof. ERMANNO NOTHNAGEL

DIRETTORE DELLA CLINICA MEDICA DI JENA

LA DIAGNOSI DI SEDE
NELLE
MALATTIE CEREBRALI
(STUDIO CLINICO)

TRADUZIONE ITALIANA CON NOTE

DEL

DOTT. CLDOMIRO BONFIGLI

Medico-Direttore del Manicomio provinciale di Ferrara

Un vol. in-8 mass. di pag. 618 L. 14
