



LABORATORIO DI FISILOGIA DEL R. ISTITUTO DI STUDI SUPERIORI
IN FIRENZE.

SAGGIO SPERIMENTALE
SUL MECCANISMO DEI MOVIMENTI VOLONTARI

NELLA

TESTUGGINE PALUSTRE

(*EMYS EUROPAEA*)

DEL

Dott. GIULIO FANO

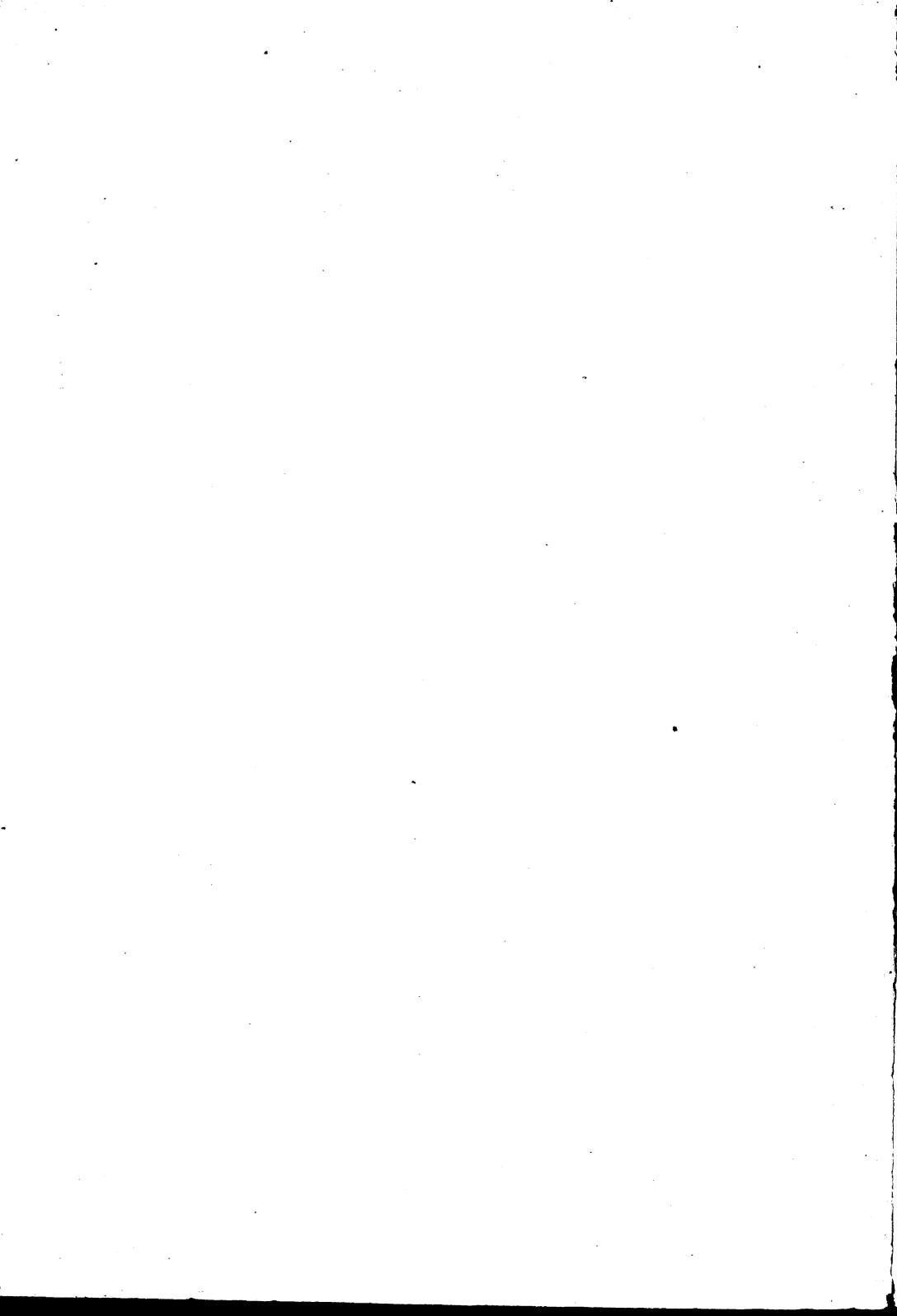
DOCENTE ED AIUTO DI FISILOGIA IN FIRENZE.



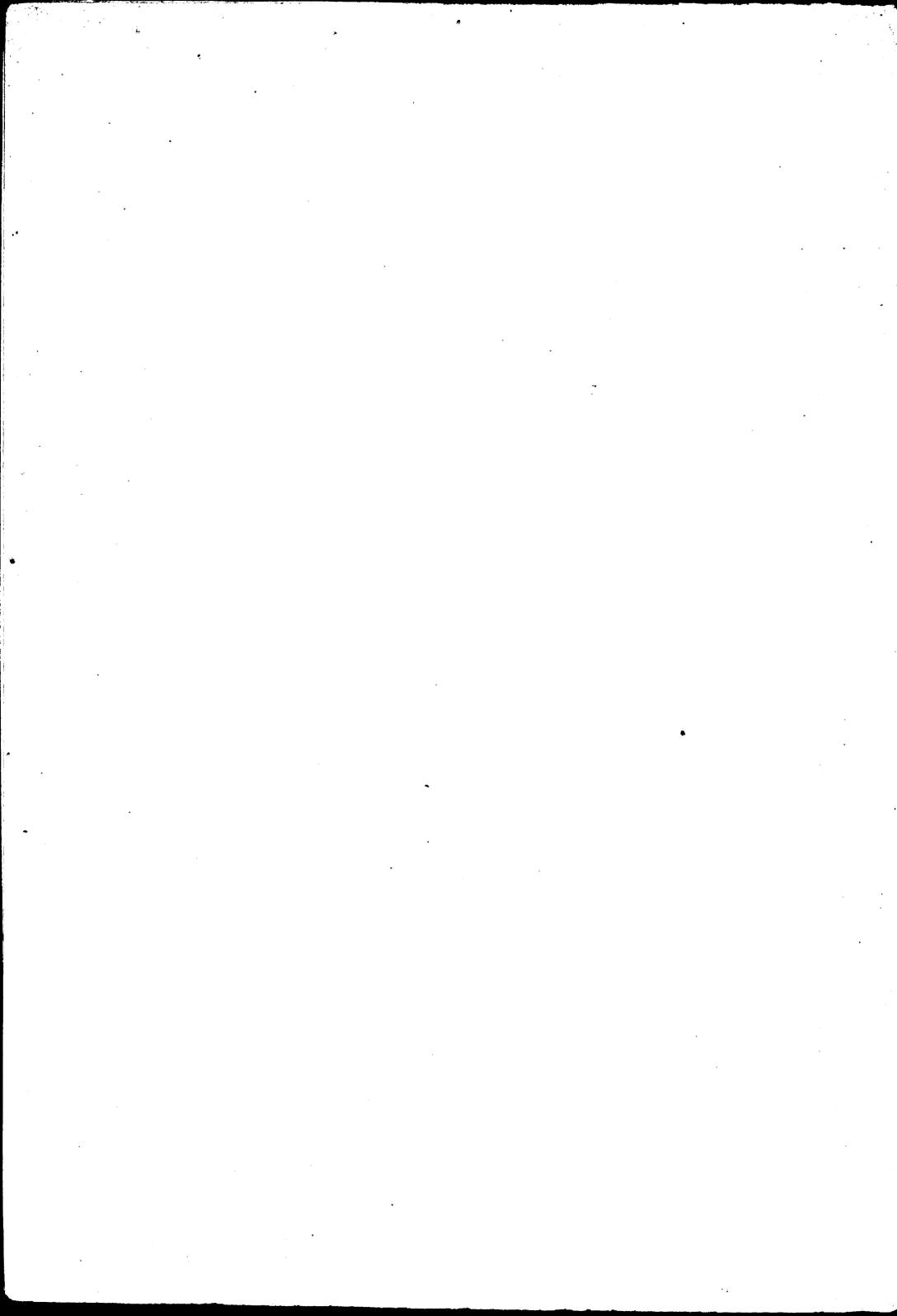
FIRENZE.

COI TIPI DEI SUCCESSORI LE MONNIER.

—
1884.



ALLA
VENERATA MEMORIA
DI MIO PADRE.



SAGGIO SPERIMENTALE
SUL MECCANISMO DEI MOVIMENTI VOLONTARI

NELLA

TESTUGGINE PALUSTRE¹

(*Emys europaea*).

CAPITOLO I.

Il tratto bulbo-spinale.

Ho raccolto in questo lavoro i risultati di moltissime ricerche, eseguite costantemente *per due anni*, sopra i centri nervosi encefalici dell'*Emys europaea*. Con esse mi lusingo di aver gettato un po' di luce sul meccanismo, ancora affatto ignorato, dei movimenti volontari, senza uscire mai dal campo delle indagini strettamente fisiologiche.

Oltre all'*Emys europaea* altri rettili, batraci, uccelli e mammiferi vennero sottoposti alle stesse esperienze; ma di esse parlerò in un lavoro che farà seguito a questo.

Per non tediare il lettore, e per non rendergli difficile la rappresentazione mentale delle conclusioni che scaturiscono dalle mie indagini, non darò una minuta descrizione che delle più interessanti ricerche soltanto; le secondarie mi limiterò ad accennarle. Le une e le altre, ben s'intende, furono replicatamente ripetute e scrupolosamente controllate.

Nelle operazioni che ledono la cavità cranica e l'encefalo dell'*Emys europaea* si presentano sovente delle forti emorragie, le quali, mentre complicano l'atto operativo, rendono poco attendibili le ulteriori osservazioni. Si può ovviare a questo pericolo in un modo molto semplice ed efficace. Basta applicare, prima di aprire il cranio, una

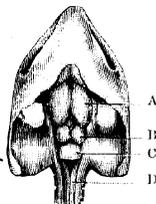
¹ Un sunto di questo lavoro fu pubblicato l'anno scorso nelle *Archives italiennes de Biologie*, tomo III, fasc. III. Esso venne poi brevemente ed incompletamente riportato dal *Centralblatt f. d. med. Wiss.*, 1884, n. 2.

stretta legatura elastica al collo dell' animale, e mantenervela durante l' operazione non solo, ma anche una o due ore dopo di essa, per evitare le emorragie consecutive. Le testuggini sopportano perfettamente questo energico mezzo emostatico, che è dopo tutto il metodo di Esmarck applicato all' encefalo. Chi ha letto il mio lavoro sulle cause del ritmo respiratorio conosce l' enorme resistenza presentata dalle testuggini agli agenti asfittici. Nessuna meraviglia quindi che esse possano tollerare per 2 o 3 ore senza danno la compressione della trachea e l' arresto della circolazione nel bulbo. Infatti le nostre emidi riprendono a respirare, tolta che sia la legatura, come un animale normale.

Nell' esporre le mie osservazioni sui centri encefalici dell' *Emys europaea*, comincerò dal considerare i fenomeni consecutivi all' ablazione di tutto l' encefalo, fatta eccezione della midolla allungata. Farò poi seguire la descrizione delle lesioni funzionali conseguenti ad ablazioni parziali via via meno importanti della massa cerebrale.

Nelle testuggini, come bene osserva lo Stieda, ¹ gli emisferi cerebrali (vedi fig. 1, A) risaltano moltissimo sopra tutte le altre parti dell' encefalo e si spingono posteriormente tanto, da cuoprire per buona parte il cervello intermediario, e da circondare lateralmente

Fig. 1.



La cassa cranica e l' encefalo della Testuggine palustre.

il cervello medio. I lobi ottici (B), in questi animali, sono relativamente piccoli; posteriormente ad essi si stacca il cervelletto (C) costituito da una sottile lamella grigiasta che copre la parte anteriore del bulbo (D). Delineato così a grandi tratti il contorno dell' encefalo delle testuggini, veniamo a descrivere il metodo operativo per esporlo.

Dopo avere applicato la legatura emostatica al collo, tolgo col trapano un disco osseo del diametro di 6 ad 8 millimetri, a seconda

¹ L. Stieda, *Ueber den Bau des centralen Nervensystems der Amphibien und Reptilien*, Leipzig, 1875.

delle dimensioni dell'animale, dalla regione piana del cranio. Taglio poi longitudinalmente, lungo la linea mediana, la pelle della nuca, e stacco dalla cresta degli occipitali i poderosi muscoli che vi sono lassamente aderenti, tenendoli divaricati coll'aiuto di due uncini tirati da pesi di piombo. Metto così a nudo tutta la parte ossea della regione occipito-parietale, della quale esporto colla pinza osteotoma quanto basta per potere agire facilmente sul cervello. Aperta la dura madre e con essa allontanata l'epifisi cerebrale, scopro il cervello ed il cervelletto. Con un taglio netto separo i lobi ottici dal bulbo, e col mezzo di un cucchiaino a bordi taglienti esporto tutta la massa cerebrale. Il cervelletto, che viene così ad essere staccato dalle sue aderenze colle altre parti dell'encefalo, viene afferrato con una pinzetta ed estratto dal cranio. Si ricuciono poi i muscoli della nuca e la pelle che li ricopre, si adatta un disco di cerotto tagliuzzato nel bordo all'apertura fatta col trapano, si toglie dopo un paio di ore la legatura elastica al collo, e l'animale è pronto per essere osservato. Il metodo adoperato era tale da rendere assai poco probabili, per non dire impossibili, gli errori operativi; ho però avuto l'avvertenza di eseguire quasi sempre il riscontro necroscopico per riconoscere se, per avventura, le parti restanti dei centri nervosi presentassero qualche alterazione che potesse menomare o distruggere il significato fisiologico delle mie osservazioni funzionali.

Le testuggini palustri alle quali sia stato estirpato tutto l'encefalo, ad eccezione della midolla allungata, purchè non siano iber-nanti, presentano, alcune ore dopo la scerebrazione, od anche immediatamente dopo di essa, una attività di deambulazione che mal si concilia colle loro normali consuetudini. Esse cioè camminano sia ritmicamente sia periodicamente, o, in altre parole, mentre alcune testuggini, operate come sopra si disse, camminano senza posa o soffermandosi alquanto ad ogni passo, altre invece presentano dei periodi di attività, costituiti da un certo numero di passi, intercalati da pause più o meno lunghe. Questo fenomeno fu per la prima volta descritto nelle testuggini dal Redi; ma le sue osservazioni non corrispondono del tutto, come vedremo, coi risultati delle mie esperienze.

¹ Non credo inutile il riportare qui il brano nel quale il Redi colla sua forma limpiddissima, ma non raramente deficiente di vero spirito critico, come oggi l'intendiamo, espone le osservazioni fatte in proposito. Ecco quanto scriveva il geniale gentiluomo aretino: « Io andava rintracciando per mio passatempo alcune cognizioni » intorno al cervello, ed al moto degli animali; ed a questo fine avendo più volte cavato il cervello a molte generazioni di volatili e di quadrupedi; ed osservato gli eventi, mi venne pensiero di vedere quel che succedesse nelle Tartarughe terrestri; e ad una di quelle, nel principio di novembre, fatto un largo forame nel cranio, » cavai pulitamente tutto il cervello, rinettando bene la cavità, a segno tale, che

Il Fontana ripeté poi con successo le osservazioni del Redi, mentre il Rolando ¹ non riuscì colle sue indagini ad ottenere i risultati dei suoi predecessori.

L'Emys europaea non solo cammina, ma nuota pure sufficientemente bene. Nell'acqua però è meno energica e vivace che in terra, e ne vedremo in seguito la ragione. Se, mentre cammina, urta in qualche ostacolo, essa o si arresta per un certo tempo, oppure continua i suoi movimenti, come se quell'ostacolo non esistesse: si ostina cioè per lungo tempo a spingersi contro l'impedimento, che le si para dinanzi, sino a che un movimento casuale degli arti l'allontani dall'ostacolo e le permetta di proseguire.

Degno di nota è il modo speciale di deambulazione presentato ordinariamente dalle testuggini scervellate. Esso può dividersi in tre tempi ben distinti. Nel primo sollevano un arto anteriore al di sopra del capo, mentre l'altro è fortemente esteso e preme contro il suolo. Dopo essersi alquanto soffermate in questa posizione, esse abbassano l'arto sollevato e lo poggiano sul terreno in forte estensione. La parte anteriore del corpo è così tenuta elevata da terra. Anche in questa seconda posizione esse permangono un certo lasso di tempo. Nel terzo momento, per una leggera spinta del treno posteriore, il corpo dell'animale ruota sull'articolazione omero-scapolare e viene spinto in avanti. In conseguenza di ciò, il margine anteriore del piastrone è

» non ve ne rimase nè pure un minuzzolo: lasciando poscia scoperto il forame del
 » cranio, misi la tartaruga in libertà, ed essa, come se non avesse male veruno, si
 » movea, e camminava francamente, e si aggirava brancolando ovunque le piaceva:
 » ho detto brancolando, perchè dopo la perdita del cervello, serrò subito gli occhi, e
 » non gli aprì più mai: la Natura intanto vera, e sola medica dei mali, in capo a tre
 » giorni con una nuova tela di carne coprì, e ben serrò il sopra detto largo forame
 » del cranio, là dove mancava l'osso; e la tartaruga non perdendo mai la forza del
 » camminar liberamente a sua voglia, e del fare ogni altro moto visse fino a mezzo
 » maggio; sicchè ella campò sei mesi interi. Quando fu morta, osservai la cavità,
 » dove soleva stare il cervello, e la trovai netta e pulita e totalmente vota, eccetto
 » che di un piccolo, e secco, e nero grumetto di sangue. Son vissute ancora altre
 » molte Tartarughe terrestri, alle quali nella stessa maniera nei mesi di novembre,
 » di gennaio, di febbraio, e di marzo cavai tutto quanto il cervello; con questa diffe-
 » renza però, che alcune si movevano di luogo, e si aggiravano a lor piacimento, ed
 » altre ancorchè vivessero lungo tempo senza cervello, nulladimeno non si mossero
 » mai di luogo, ancorchè facessero altri movimenti. E ho detto che vivessero lungo
 » tempo; imperocchè quelle, che camparono meno delle altre, arrivarono a 50 giorni
 » di vita, e le altre passarono molti e molti mesi senza morire. Non son sole le Tar-
 » tarughe terrestri ad aver questa virtù di viver lungamente, e di muoversi di luogo
 » prive totalmente del cervello, ma ciò avviene ancora alle Tartarughe di acqua
 » dolce, e ne ho fatta la prova in molte e molte di esse, ancorchè elle non sieno così
 » resistenti, nè di sì lunga durata, come sono le terrestri. » — *Osservazioni intorno
 agli animali viventi che si trovano negli animali viventi*, pag. 335 del vol. III delle *Opere
 di Francesco Redi*, Milano 1810.

¹ Rolando, *Saggio sopra la vera struttura del cervello e sopra le funzioni del sistema nervoso*, vol. II, pag. 112, Torino 1828.

ad ogni passo sollevato e poi lasciato cadere dall'altezza degli arti anteriori estesi. Battendo così contro il suolo dava ad ogni movimento di deambulazione un colpo abbastanza rumoroso sull'assito, che a me bastava per riconoscere se l'animale, che per avventura in un dato momento si muoveva nella mia stanza di lavoro, fosse o no scervellato. Le oscillazioni verticali del corpo che sono tanto esagerate nelle testuggini palustri senza cervello, non producono però sempre il rumore che noi abbiamo descritto, giacchè molte volte gli arti anteriori, non essendo abbastanza rapidamente retratti, rimangono sotto il piastrone e ne ammortizzano il colpo. La forma di deambulazione ora descritta è di gran lunga la più frequente nelle testuggini scervellate; non però l'unica. Alcune volte infatti i nostri cheloni si mossero col solito passo incrociato delle testuggini normali. Il membro anteriore di un lato, cioè, e il posteriore dell'altro, funzionarono simultaneamente, tanto nella levata quanto nell'appoggio, col solito leggero ritardo dell'arto posteriore. Altre volte poi le due forme di deambulazione si alternavano, sempre però prevalendo la prima descritta.

I movimenti degli arti delle tartarughe scervellate non sono però sempre coordinati in modo da risultarne una vera deambulazione. Qualche volta essi non valgono che a sollevare il corpo dell'animale, senza produrre un vero spostamento di luogo del medesimo. Ciò avviene soprattutto quando l'animale comincia a camminare dopo essere stato arrestato da uno ostacolo, o, qualche volta, nella forma periodica, allo iniziarsi dei gruppi deambulatori. In questi casi rimane spesso cogli arti tesi, tenendo così sollevato il piastrone dal suolo, e flettendo di tanto in tanto gli arti, in modo da imprimere al corpo delle semplici oscillazioni verticali. Dopo alcuni di questi movimenti, che sembrano tentativi, la testuggine prende finalmente l'aire e cammina con una delle forme di deambulazione più sopra descritte.

In qualunque modo camminino, esse si distinguono però sempre dalle normali, perchè i loro movimenti di deambulazione sono più escursivi e più energici. Osservando una testuggine scerebrata, mentre cammina, noi riceviamo l'impressione che essa sperda ad ogni passo una somma di energie molto maggiore di quella che sarebbe necessaria per farla progredire, e che è realmente impiegata da una testuggine normale quando si muove. Ed è ciò precisamente che dà al modo di camminare delle testuggini scervellate un carattere molto grottesco. Esse si *sbracciano*, lo si può proprio dire, perchè sono gli arti anteriori quelli che soprattutto lavorano, ed eseguono degli sforzi molto energici, per fare relativamente ben poco cammino.

Questa prevalenza del treno anteriore sul posteriore, benchè fre-

quentissima, non è un fatto costante: in alcuni rari casi, nei momenti immediatamente successivi alla scerebrazione, ho osservato una locomozione prodotta da spinte del treno posteriore, mentre l'anteriore stava retratto nel guscio. Poco tempo dopo però anche quest'ultimo cominciava a funzionare, ed acquistava presto la descritta prevalenza sul treno posteriore.

La maggior parte dei miei cheloni scerebrati, camminando, tiene il collo proteso ed il capo leggermente sollevato, emettendo qualche rara volta, nei momenti di maggiore attività, dalle fauci quasi permanentemente spalancate, un sibilo che sembra prodotto da una energica espirazione. Nelle forme di deambulazione periodica, durante le pause, il capo è abbandonato contro terra, mentre la coda sta penzoloni fuori del guscio; durante la locomozione il capo si erge, e la coda viene agitata lateralmente ad ogni passo dell'animale.

Le testuggini scerebrate insomma presentano, in seguito all'operazione, un risveglio generale nelle loro attività esteriori ora periodico ora continuo, risveglio che si manifesta soprattutto nei movimenti di locomozione. Perciò ho dato al centro che presiederebbe a questi movimenti il nome di centro deambulatorio, sia esso raccolto nella midolla allungata, o si diffonda piuttosto lungo tutto l'asse bulbo-spinale.

Chi osservi una testuggine scerebrata, che si muova continuamente e periodicamente, purchè non accetti il dogma che ogni movimento è una reazione ad uno stimolo esterno, si domanderà naturalmente se questi movimenti sieno riflessi od automatici. Intendiamoci prima bene sul significato che diamo, con altri, a queste espressioni dalle quali scaturiscono sovente molti equivoci. Quando un movimento può essere attribuito ad uno stimolo, che risieda all'esterno dell'organo nervoso centrale, noi lo designamo coll'attributo di riflesso; sia che lo stimolo arrivi al centro lungo una fibra centripeta, sotto forma di vibrazione nervosa, sia che esso ecciti direttamente la superficie del centro stesso. E in termini astratti, noi diciamo riflesso qualunque movimento che è il risultato e l'espressione dell'eccitabilità; di quella proprietà per la quale gli elementi vivi reagiscono alle influenze degli agenti esterni od interni. Quando noi non possiamo trovare nell'ambiente esterno o interno alcuno stimolo che possa spiegare lo stato di attività di un dato centro nervoso, noi dobbiamo concedere a questo centro delle capacità automatiche. Noi siamo cioè necessariamente condotti ad ammettere che esso possa sviluppare le energie, accumulate nel suo interno dal movimento nutritivo, non solo come reazione immediata a stimoli presenti nell'ambiente, ma anche per impulsi originati nell'intimità dell'organo dallo stesso movimento nutritivo, che come costruisce così anche scompone le sostanze cinetiche.

La forma periodica del respiro ci diede già buoni argomenti per

ammettere il carattere automatico dei movimenti respiratori.¹ E però studieremo anzitutto i movimenti periodici di locomozione, per vedere se essi ci conducano alle stesse conclusioni, per quanto riguarda il centro deambulatorio.

Una testuggine scervellata durante il periodo invernale, mentre è immersa in un profondo letargo, non presenta i movimenti deambulatori, che noi abbiamo descritti. Accade ben diversamente se noi praticiamo invece l'operazione al principiare della primavera, quando le testuggini, benchè non ancora scosse completamente dal sonno invernale, pure presentano un certo risveglio nelle loro attività. Noi le troviamo, infatti, in questo periodo, molto spesso durante il giorno col capo proteso fuori del guscio e cogli occhi aperti. Allora la scerebrazione provoca dei movimenti di deambulazione di un carattere periodico, a lunghe pause con brevi periodi di attività. Di mano in mano che c'inoltriamo nella primavera, l'attività consecutiva alla scerebrazione diviene sempre più grande; dimodochè è raro vedere nell'estate una testuggine la quale, scerebrata che sia, non si muova in forma continua ma periodicamente. Questi fatti lasciano sospettare che l'aumento progressivo di attività, e la trasformazione della forma periodica in ritmica, che conseguono al cessare del freddo invernale, siano dipendenti dall'elevazione della temperatura ambiente, capace di produrre dei mutamenti ciclici nel movimento nutritivo degli organi centrali.

Per meglio convincermene ho praticato la seguente esperienza. Una testuggine completamente scerebrata e scerebellata presenta da alcuni giorni una deambulazione ritmica molto attiva. Siamo al 5 di maggio, la temperatura dell'ambiente è di 16°, 6; la temperatura interna dell'animale, presa alla cloaca, è di 16°, 4. La nostra testuggine viene messa in un bacino contenente un po' d'acqua e qualche grosso pezzo di ghiaccio, e così disposta viene racchiusa in una cassa a doppia parete di legno, coll'interstizio riempito di piuma. Posso così con poco ghiaccio mantenere la mia tartaruga per lungo tempo ad una temperatura molto prossima a 0°. Dopo aver subito, per 3 ore, l'azione del freddo, la testuggine cessò di muoversi; la sua temperatura è in quel momento di 8°, 1. Nè si può ammettere che l'immobilità sia dovuta a che le membra intirizzate non possano più rispondere agli impulsi ricevuti dai centri nervosi, perchè esse reagiscono agli stimoli meccanici con sufficiente vivacità. Posta di nuovo in una delle stanze del Laboratorio, ad una temperatura di 16°, 5, la

¹ Fano, *Sulla respirazione periodica e sulle cause del ritmo respiratorio*; *Lo Sperimentale*, giugno e luglio 1883. — Lo stesso, *Ancora sulla respirazione periodica ec.*; *Lo Sperimentale*, febbraio 1884. — Lo stesso, *Sui movimenti respiratori del *Champs lucius**; *Lo Sperimentale*, marzo 1884.

nostra testuggine comincia dopo un'ora a fare qualche passo, intercalato da lunghissime pause. In questo momento la sua temperatura interna è di 12°. Il giorno dopo essa cammina ritmicamente, come al principio dell'esperienza. La sua temperatura interna è di 16°, 5.

Non soltanto dalle condizioni termiche dell'ambiente esterno dipende l'essere i movimenti di deambulazione delle nostre testuggini ritmici o periodici, ma anche da alcune speciali condizioni dell'ambiente interno. Infatti, prima che noi applicassimo la legatura elastica al collo, come mezzo emostatico preventivo, ci occorre sovente di provocare nelle nostre testuggini delle forti emorragie, in conseguenza della scerebrazione. In questi casi abbiamo potuto osservare, anche durante l'estate, una forma periodica di deambulazione, e precisamente in quelli animali i quali avevano subito, in conseguenza dell'operazione, la maggiore perdita di sangue.

Oltre il freddo e l'anemia può determinare la trasformazione della deambulazione ritmica in periodica anche un forte esaurimento delle energie disponibili dal centro. Ciò è dimostrato dai seguenti fatti. Le nostre testuggini scervellate possono vivere da una settimana a 3, ed anche più, secondo soprattutto la temperatura dell'ambiente. In estate ci occorre spesso di poter tenere in vita delle testuggini scerebrate anche per più di 3 settimane. Or bene: queste testuggini, che, per la massima parte, nei primi giorni susseguenti all'operazione camminano continuamente, presentano poi una deambulazione periodica, nella quale i gruppi vanno gradatamente impicciolendosi ed i movimenti diradandosi in ciascun gruppo, mentre le pause si allungano, sino a che i nostri animali si arrestano per sempre.

Alcune volte poi abbiamo osservato una deambulazione periodica in estate, immediatamente dopo l'operazione, senza che l'animale avesse subito per la scerebrazione la menoma perdita di sangue, forse per l'influenza del trauma che in alcune agisce più potentemente che in altre. Ricordiamo a questo proposito che non tutte le testuggini imprendono a camminare subito dopo l'operazione, ma che alcune di esse si muovono soltanto uno o due giorni dopo.

Le esperienze e le osservazioni, ora mentovate, sulla deambulazione periodica provocata o osservata in causa del freddo, dell'anemia, e dell'influenza traumatica, mi sembra che confermino quanto ebbi già altrove ad asserire pel centro respiratorio;¹ che cioè la forma periodica della attività in un centro, che in condizioni di energia normale funziona ritmicamente, è l'espressione di uno stato di depressione di questo centro; o, per meglio esprimere i fatti, che noi possiamo trasformare una forma ritmica in periodica recando sull'organismo che la produce delle azioni deprimenti; per quanto mi-

¹ Loc. cit.

steriosa rimanga la cagione del fatto che una funzione ritmica si trasformi in periodica, invece di diradare la propria attività, pur mantenendo il carattere ritmico.

In appoggio alla dottrina dell'automatismo cardiaco, il Luciani¹ fece osservare che non esiste un rapporto costante fra le pause ed i gruppi della forma periodica, nel suo cuore di rana legato agli atri, e come per questo non si possa attribuire la pausa alla stanchezza del centro, ed il periodo alle energie accumulate durante il riposo. Questa stessa indipendenza fra la lunghezza delle pause e dei gruppi la osservò pure il Luciani nel fenomeno respiratorio di Cheyne e Stokes, da lui provocato nei conigli e nei cani,² ed io stesso ebbi occasione di confermarlo nelle testuggini ibernanti. Ho istituito le stesse indagini sul centro della deambulazione. Ho voluto cioè vedere se alle pause più lunghe succedessero i più lunghi periodi, e viceversa le più brevi pause fossero seguite dai periodi più brevi. A questo scopo ho legato alla coda di una testuggine scerebrata, che cammina periodicamente, un pennellino imbevuto di una soluzione di anilina. Sul pennellino ho fissato una piccola pipetta ad ampolla, ripiena della stessa soluzione di anilina. Essa è curvata in modo che colla punta si immerge nel pennellino, che così rimane per capillarità bagnato un lungo tratto di tempo. Ho, con questo mezzo, potuto segnare sul terreno il percorso seguito dalle testuggini. Contemporaneamente, con l'orologio alla mano, ho determinato il tempo impiegato dalle testuggini nell'eseguire ciascun gruppo, e quello occupato da ogni pausa. Ottemi così tre elementi, coi quali ho potuto stabilire i rapporti esistenti fra il periodo di attività ed il riposo; e cioè: la lunghezza del gruppo, la sua durata ed il tempo occupato dalla pausa. Dividendo la lunghezza di ciascun gruppo per la durata di esso, io ottengo la velocità deambulatoria presentata dall'animale in ciascun gruppo. Con questo dato numerico e con quello della durata dei gruppi e delle pause, ho costruito i tracciati segnati alle figure 2, 3, 4, 5, e 6, nei quali le linee ordinate rappresentano la velocità sviluppata in ciascun gruppo, quelle parallele all'asse dell'ascissa la durata dei gruppi, quelle corrispondenti all'asse dell'ascissa stessa, la lunghezza delle pause. Noi possiamo così, con un solo sguardo, farci un concetto generale dei rapporti esistenti fra le pause ed i gruppi, cioè fra la somma delle energie sviluppate in un certo momento di



¹ Luciani, *Eine periodische Function des isolirten Froschherzens*. Arbeit. aus der physiolog. Anst. zu Leipzig, 1873. — Lo stesso, *Sulla fisiologia degli organi centrali del cuore*; *Rivista clinica* di Bologna, 1873.

² Luciani, *Del fenomeno di Cheyne e Stokes in ordine alla dottrina del ritmo respiratorio*; *Lo Sperimentale*, 1879.

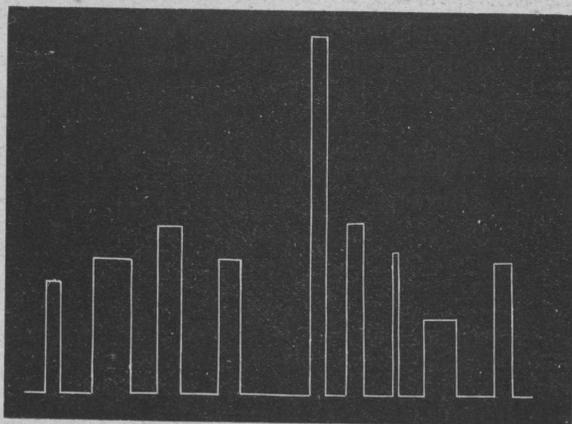
attività, e la lunghezza dello stadio di riposo che lo ha immediatamente preceduto o seguito.

Questi tracciati ci indicano nettamente come i valori delle superfici racchiuse dalle linee che si elevano sull'asse dell'ascissa, non sieno proporzionali alle linee parallele all'asse dell'ascissa, che le costeggiano. In altre parole, non esiste alcun rapporto fra la lunghezza dei gruppi e quella delle pause, e perciò l'attività sviluppata durante i primi non può dipendere unicamente dalla somma di energie accumulate durante i periodi di riposo.

La periodicità dei movimenti di deambulazione, come quella dei respiratorii, non desta soltanto l'interesse comune ad ogni fatto bene osservato, ma è molto importante perchè contribuisce a definire la natura dei movimenti di cui trattiamo. A proposito della respirazione periodica noi abbiamo, infatti, espresso la nostra opinione sull'argomento, quale ci veniva imposta dai fatti, e dimostrato come tutte le dottrine, che attribuiscono le forme periodiche ad una azione di stimoli esterni, non possano conciliarsi colla struttura dei gruppi respiratorii presentati dalle testuggini in ibernazione, costituiti da escursioni respiratorie che si elevano tutte egualmente sull'asse dell'ascissa, e mancano perciò della fase crescente e decrescente, caratteristica del fenomeno classico di Cheyne e Stokes.

Lo stesso si può dire dei gruppi deambulatori; giacchè essi presentano molto spesso una eguale energia in tutta la loro lunghezza. Non ci è dato cioè di notare quel crescendo all'inizio, e quel decrescendo al loro termine, che soltanto varrebbero a rendere possibili le dottrine sostenute da altri Fisiologi sulle forme periodiche. Bensì qualche volta i primi e gli ultimi passi nei gruppi sono incerti ed incompleti, come pure alcune volte la deambulazione è preceduta da

Fig. 2.



movimenti isolati del capo e della coda; ma questi fatti sono piuttosto rari. In generale le testuggini scerebrate, che camminano in forma periodica, passano bruscamente dall'attività al riposo e dal riposo all'attività. Questa forma di gruppi, come ho già dimostrato nel mio

Fig. 3.

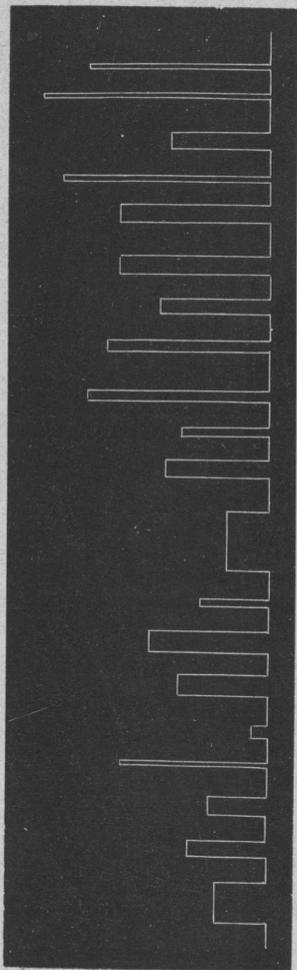
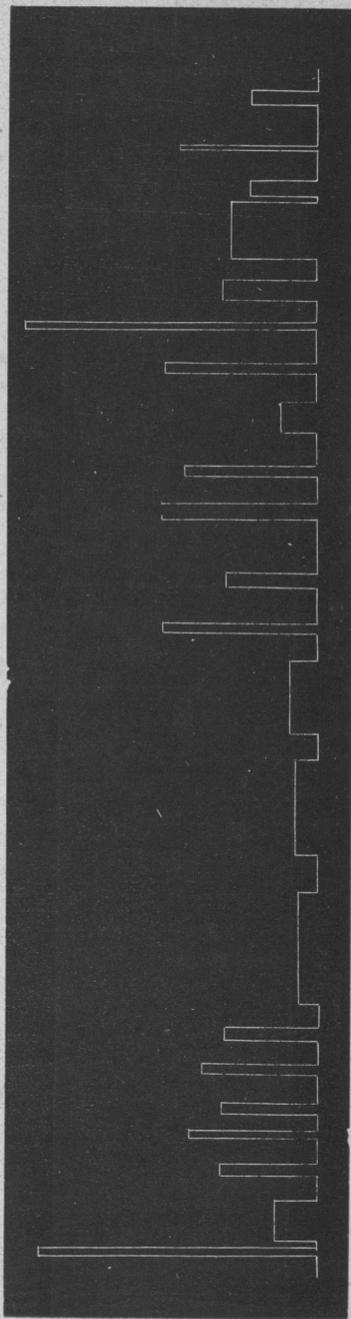


Fig. 4.



lavoro sulla respirazione periodica, ci conduce necessariamente ad

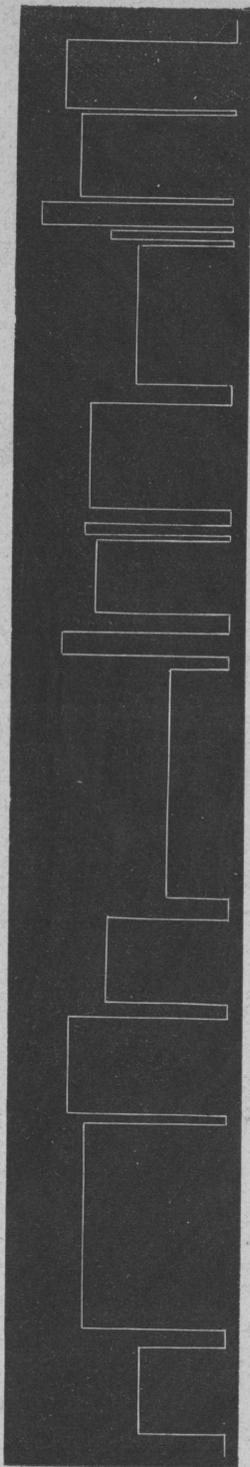


Fig. 5.

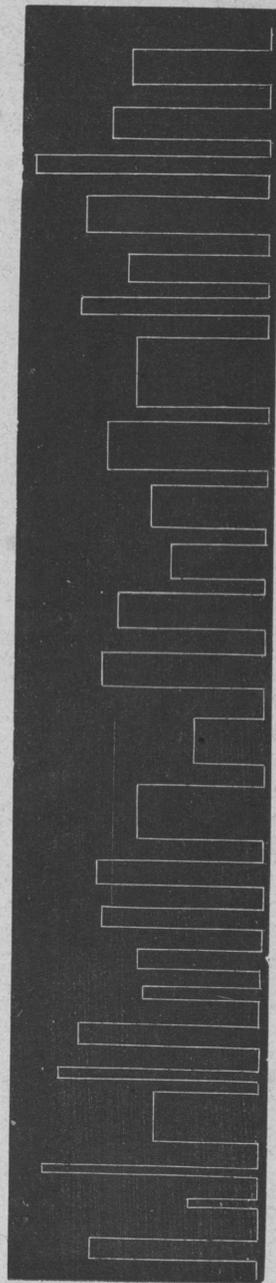


Fig. 6.

ammettere che i movimenti che li costituiscono siano di natura automatica.

Chi del resto pensi alla poca eccitabilità dei centri nervosi dell'*Emys europaea*, ed al modo col quale la periferia del suo corpo è corazzata, potrà difficilmente comprendere come l'enorme attività che essa dispiega, dopo l'ablazione del cervello, possa essere considerata quale una reazione a stimoli che vengano dall'esterno. Anzi, come dimostrerò in seguito, gli stimoli che arrivano dall'esterno al centro, lungo le fibre di senso, non che aumentare i movimenti di deambulazione, li diminuiscono o li arrestano.

Neanche i prodotti di riduzione, che si accumulano nel sangue in conseguenza del movimento nutritivo degli organi e tessuti, possono essere considerati come stimoli dei movimenti in questione. Ecco in proposito un'esperienza molto dimostrativa. Ad una testuggine viene esportato tutto il cervello, ed essa, dopo l'operazione, comincia a camminare periodicamente. Allora le si stringe la trachea con una pinza a pressione, e viene tenuta così, colla trachea occlusa, per più di 24 ore. Benchè il sangue si carichi, in tal modo, enormemente di prodotti di metamorfosi regressiva, non per questo vediamo aumentare in numero od energia i movimenti di deambulazione. Essi sono anzi notevolmente diminuiti.

Avrebbe potuto anche darsi il caso che il sangue, accumulatosi in conseguenza dell'operazione attorno alla midolla allungata, servisse di stimolo per essa. E perciò, in molte delle mie testuggini, ho mantenuto il bulbo il più che mi fosse possibile pulito dalle menome tracce di sangue; il mio metodo emostatico del resto rendeva assai facile questa bisogna. Anche queste testuggini presentarono, colla massima evidenza, i fenomeni che abbiamo descritti, e quelli che esporremo in seguito.

Neppure il sangue, che circola nella trama del centro funzionante, è indispensabile perchè esso continui ad emettere per un certo tempo degli impulsi automatici. Infatti vidi molte volte camminare benissimo le mie testuggini scerebrate, mentre ancora avevano la legatura al collo, che intercettava assolutamente la circolazione nel bulbo. Ho inoltre in alcune testuggini scerebrate applicato uno strettissimo laccio elastico al collo, ed osservato che non per questo si arrestava la loro deambulazione automatica. E qui aggiungo come in una testuggine scerebrata, alla quale erano stati esportati tutti i visceri toraco-addominali, io abbia osservato i soliti movimenti di deambulazione. Essi, per la gravità dell'operazione, erano però molto più fiacchi e molto più rari, e si arrestarono dopo breve tempo.

Un'altra obiezione ci si potrebbe fare, ed è che i movimenti da noi osservati potessero essere provocati dall'irritazione portata sul bulbo dal traumatismo operatorio. Per rispondere a questa obiezione

basterà osservare che la resistenza dei centri nervosi dell' Emys europaea è tale da permettere la persistenza di funzioni delicatissime, come vedremo, anche dopo l'azione di traumi violentissimi, portati sull'encefalo. Come si potrebbe inoltre spiegare, coll'irritazione traumatica, una deambulazione che dura quasi quanto la vita dell'animale, per un lasso di tempo che può superare le tre settimane? Del resto, nelle nostre necrosco pie, non abbiamo quasi mai trovato un rammollimento delle parti contigue a quelle asportate, e quando lo trovammo, noi l'avevamo potuto prevedere, non già per l'*accentuazione* ma per l'*assenza* di quei fenomeni che ordinariamente accompagnano le operazioni da noi eseguite sull'encefalo. Nel terzo e quarto capitolo di questo lavoro avremo occasione di ritornare con maggiore efficacia sull'argomento. Per ora ci basti di osservare che noi abbiamo potuto spesso convincerci che l'azione traumatica, non che eccitare le funzioni deambulatorie del bulbo, le deprime o le abolisce. Sono infatti le testuggini più deboli, quelle che non imprendono a camminare che qualche ora od anche un giorno o due dall'operazione. Le testuggini robuste, svegliate, vivaci, si muovono subito, o quasi, dopo la scerebrazione, e continuano il loro cammino sin presso alla morte. Ed è precisamente in queste ultime che non ci è dato di vedere alla necropsopia la menoma lesione del bulbo; mentre non è raro di riscontrare un leggero rammollimento di esso, in quelle che durante la vita mostrarono dei movimenti fiacchi e rari.

Di più nei rospi come nelle testuggini il centro deambulatorio è, come vedremo, affatto contiguo al centro respiratorio. Quest'ultimo perciò dovrebbe subire le stesse influenze traumatiche, che venissero per avventura a ledere il centro deambulatorio. Or bene, nei rospi come nelle testuggini non ho veduto mai, in seguito alla scerebrazione, modificarsi il ritmo respiratorio. È strano anzi il vedere nei rospi scerebrati una deambulazione costantemente periodica, accompagnata da una respirazione perfettamente ritmica, e che in nulla si distingue da quella di un animale normale. Per tutto questo e per quanto si vedrà in seguito, io mi credo autorizzato ad escludere assolutamente il concetto, che i movimenti deambulatori, presentati dalle testuggini scerebrate, possano essere il risultato di una irritazione del bulbo, provocata dall'azione del traumatismo operatorio.

Le osservazioni fin qui esposte ci indurrebbero già ad asserire, che i movimenti osservati nelle tartarughe scervellate non si devono a stimoli estrinseci all'organo da cui emanano. Ma noi abbiamo fatto di più; non contenti di aumentare gli stimoli funzionali e chimico-nutritivi, noi abbiamo anche voluto esagerare l'eccitabilità dei centri nervosi, per vedere se per avventura si potessero così aumentare i movimenti di deambulazione. Ad una Emys europaea noi abbiamo

esportato tutto il cervello, non rispettando dell'encefalo che la midolla allungata. Questo animale dopo l'operazione presenta i soliti movimenti deambulatori, sviluppati questa volta a lunghi periodi di attività, intercalati da pause piuttosto brevi. Per esprimere numericamente l'attività di questo animale dirò che esso presentò una velocità media di metri 10, 24 per ora. Dopo questa determinazione, venne fatta all'animale una iniezione sottocutanea di 0,5 centimetri cubici di una soluzione all'1 per 1000 di solfato di stricnina. L'animale venne lasciato a sé fino all'indomani, affinché l'assorbimento della stricnina fosse completo. Il giorno dipoi, come era da attendersi, la tartaruga stricnizzata era eccitabilissima; essa reagiva cioè con molta energia ai colpi dati sul pavimento o sul suo piastrone, senza però mai presentare delle contrazioni tetaniche. Lasciata a sé, in una completa tranquillità, essa camminava presentando una velocità media di metri 1, 29 per ora. Ai colpi che le si fanno poi subire, essa reagisce ordinariamente alzandosi sugli arti. Se pure qualche volta ad un colpo segue un passo, noi possiamo ammettere, dalla pausa che lo ha preceduto, che esso potrebbe essere egualmente avvenuto, anche senza la provocazione dello stimolo meccanico. Dopo tre ore dalla iniezione di stricnina le venne preparata la trachea, che si chiuse per mezzo di una piccola pinza a pressione. In 100 minuti primi fece un percorso di metri 3, 17, presentando cioè una velocità media di metri 1, 90 per ora. Il mattino dipoi essa venne trovata a soli 80 centimetri di distanza dal punto che occupava al finire dell'osservazione precedente. Allora le viene tolta la pinza che stringe la trachea, e le si fa un'altra iniezione di 0,5 centimetri cubici della solita soluzione di stricnina. Benchè essa fosse eccitabilissima, e si mantenesse tale per parecchi giorni, pure non si mosse più mai.

Questa esperienza è a parer nostro molto espressiva. Infatti non solo l'aumento degli stimoli da noi conosciuti, tanto funzionali che chimico-nutritivi, ma anche l'esagerazione della stessa eccitabilità, non valse a provocare il menomo incremento nella deambulazione. Non è dunque all'eccitabilità dei centri nervosi, non è, in altre parole, agli stimoli che circondano questi centri, o che arrivano ad essi lungo la via dei nervi sensiferi, che noi dobbiamo i movimenti in questione. Certo le sensazioni esterne ed interne, e gli stimoli di qualsiasi natura possono modificare questi movimenti, ma essi non valgono mai a provarli direttamente. Noi siamo dunque obbligati ad ammettere che gli impulsi a questi movimenti si originino nell'organo funzionante. Come un orologio sviluppa a periodi determinati dalla sua struttura, l'energia in esso accumulata dalla carica, così il centro in questione emette degli impulsi non già in causa di un eccitamento esterno, ma perchè il suo stesso movimento nutritivo, in rapporto colla sua intima struttura, provoca, in dati momenti, la

formazione di speciali impulsi interiori. Ciò è quanto dire che il *centro deambulatorio* è un *centro automatico*.

Come in una reazione chimica, di carattere ciclico, noi possiamo teoricamente ammettere la formazione periodica di una data sostanza; così tutto ci conduce a credere che in un centro automatico si formino periodicamente dei composti speciali, che provochino lo sviluppo degli impulsi motori, di cui noi trattiamo. A questa stessa conclusione fummo condotti studiando il centro respiratorio: che cioè negli organi automatici, *il movimento nutritivo ha sempre il suo lato funzionale*; e aggiungemmo allora che, in questi casi, la funzione va considerata come l'*espressione meccanica*, come il *tracciato del movimento nutritivo*.

Nelle piante il rapporto o corrispondenza fra i movimenti esterni ed il movimento nutritivo è molto più evidente. È noto infatti come le *circumnutazioni*¹ delle piante sieno dovute ad una accentuazione della turgescenza delle cellule che le compongono, e della estensibilità delle pareti di queste cellule, prodotta da oscillazioni automatiche del movimento nutritivo. « Noi non sappiamo, dice il Darwin,² perchè » in ciascuna parte di una pianta durante il suo accrescimento, e in » qualche caso allorchè questo accrescimento si è arrestato, si possano » vedere le sue cellule divenire più turgescenti e le sue pareti cellulari » più estensibili da principio sopra una faccia poi sull'altra, per de- » terminare il movimento circumnutante. » E più innanzi³ aggiun- » ge: « La circumnutazione è, per la vita della pianta, di un' impor- » tanza considerevole; è infatti in conseguenza delle sue modificazioni » che il vegetale acquista dei movimenti che gli sono necessari e » molto utili. Se la luce colpisce una pianta da un lato, o se ad essa » sottentra l'oscurità, o se la gravità agisce sopra una parte spostata, » la pianta può, in un modo ancora sconosciuto, accrescere la turge- » scenza *sempre variabile* delle sue cellule su una faccia; è così che il » *movimento ordinario* di circumnutazione si modifica, e che l'organo » si inclina verso la sorgente dello stimolo, o dal lato opposto: esso » può anche occupare una posizione nuova, come nel sonno delle foglie. » L'influenza che modifica la circumnutazione si trasmette da una » parte all'altra. *Dei cambiamenti innati, costituzionali, indipendenti da ogni » influenza esterna, vengono sovente a modificare il movimento circumnutante, » in certi periodi particolari della vita della pianta.* » Non si potrebbe in- » vero esprimere più nettamente il nesso che esiste fra l'automatismo e l'eccitabilità. Colle parole sopra citate il Darwin descrive degli organi

¹ Il Darwin ha dato il nome di *circumnutazioni* ai movimenti circolari delle diverse parti di una pianta.

² Darwin, *La faculté motrice dans les plantes*, trad. de Heckel, Paris 1882, pag. 552.

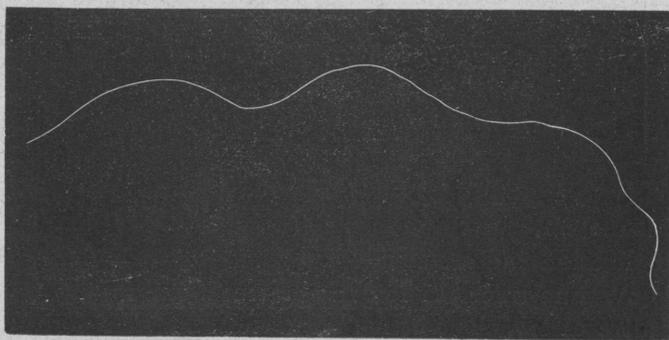
³ Loc. cit., pag. 552 e seg.

che, mentre sviluppano delle energie sotto forma di movimento per una causa tutto affatto interna, possono pure reagire con movimenti appropriati agli stimoli esterni. Notiamo anzi ora, per utilizzarlo in seguito, che, secondo il Darwin, i movimenti responsivi delle piante dovrebbero considerarsi come modificazioni portate dagli stimoli esteriori ai movimenti di circumnutazione, i quali ultimi sono nella loro forma essenziale, evidentemente automatici.

Anche negli animali provvisti di centri nervosi vi è un nesso strettissimo fra il movimento nutritivo degli organi centrali e le loro capacità automatiche. Esso però è molto meno evidente che nelle piante. Negli animali infatti le oscillazioni automatiche delle azioni nutritive delle cellule nervose non producono già direttamente il movimento degli organi muscolari, ma inducono nelle fibre nervose centrifughe quelle modificazioni, che noi chiamiamo vibrazioni nervose, che, indirettamente, provocano il movimento. Non era perciò una semplice curiosità quella che mi conduceva a prendere il tracciato della via seguita dalle testuggini scerebrate, nella loro deambulazione periodica o ritmica. La configurazione di questi tracciati infatti, può essere considerata come l'espressione funzionale del movimento nutritivo del centro deambulatorio, alquanto deformata, pur troppo, dagli stimoli esterni.

Molte delle mie tartarughe, alle quali era stato legato alla coda il pennellino imbevuto di una soluzione di anilina, e sormontato da una pipetta ripiena della stessa tinta, vennero lasciate liberamente camminare in una delle più spaziose stanze del laboratorio, provvista di un pavimento di legno, avendo tolto di mezzo i mobili che potevano deviare gli animali in esperimento dal loro cammino. Ho ottenuto così molti tracciati, dei quali dò alcuni saggi nelle figure 7, 8, 9, 10 e 11, che

Fig. 7.



riproducono assai fedelmente la loro forma, nella scala di $\frac{1}{100}$. Nelle loro irregolarità questi tracciati presentano evidentemente dei caratteri generali. Anzitutto notiamo che il loro decorso non è mai rigo-

rosamente rettilineo; esso presenta ordinariamente delle ondulazioni che esprimono un periodico alternarsi di maggiore attività nelle metà laterali del corpo, e negli arti anteriori in special modo (vedi a questo proposito le fig. 7, 8 e 9). Vediamo poi che le testuggini deambulanti tracciano periodicamente delle curve più o meno complesse, le quali, per solito, vengono eseguite sullo stesso lato del-

Fig. 8.

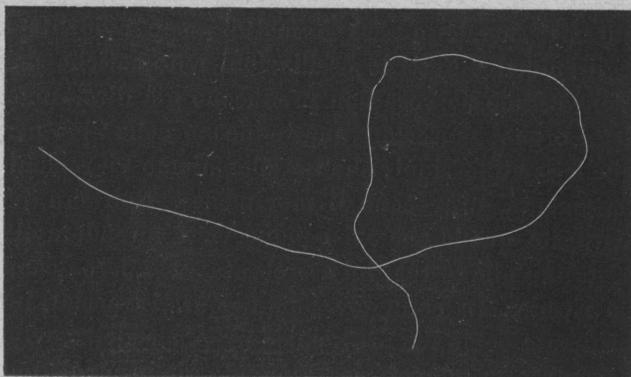
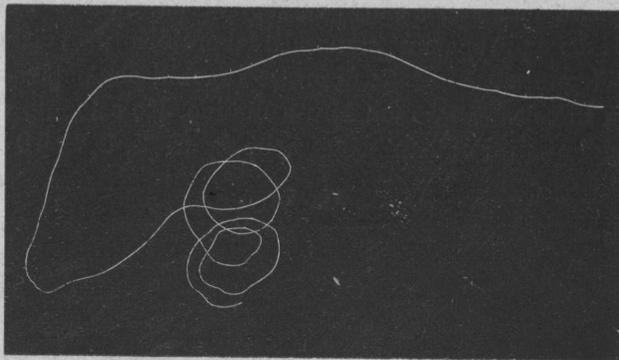


Fig. 9.



l'animale (vedi le fig. 9, 10 e 11). Codesto fatto però non è costante, perchè alcune volte, come in x della fig. 10, esse cambiano bruscamente di direzione, imprendendo a girare sul lato opposto a quello sul quale avevano tracciato le curve antecedenti.

Un'altra osservazione debbo fare; ed è che ogniquivolta l'animale ricomincia a camminare, dopo essere stato arrestato da una scossa piuttosto violenta, che gli si è fatta subire, non s'avvia già in linea retta, ma girando una volta incompletamente sopra sè stesso, e tracciando così sul terreno una curva a piccolo raggio, che per la

sua costanza merita di essere designata col nome di *uncino iniziale*. Una simile curva è stata riprodotta in *y* della fig. 11.

Le indagini che riguardano il tracciato del cammino, nelle testuggini scerebrate, furono da parte nostra forse troppo incomplete, per poterne cavare delle leggi generali. Ciò nonostante ci sembra degno di nota il fatto del periodico aumentare di energia degli arti ora

Fig. 10.

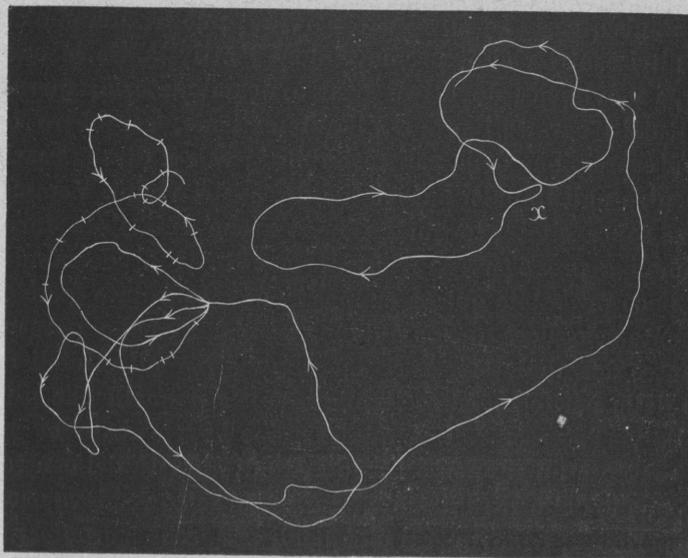
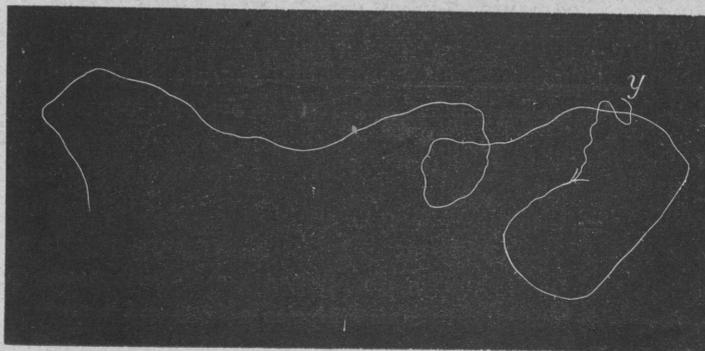


Fig. 11.



di un lato ora dell'altro intercalatamente, e del periodico modificarsi della deambulazione ondulata in quella di maneggio. Si noti a questo proposito che le operazioni vennero fatte, per quanto ci fu possibile, simmetriche, sicchè non è certo nella lesione anatomica che noi possiamo ricercare la causa della strana asimmetria nel modo di agire dei

muscoli degli arti dei due lati. O non sarebbe piuttosto il caso di considerarla come un esempio di quella asimmetria organizzata, che noi riscontriamo costantemente nel sistema nervoso encefalico degli animali superiori?

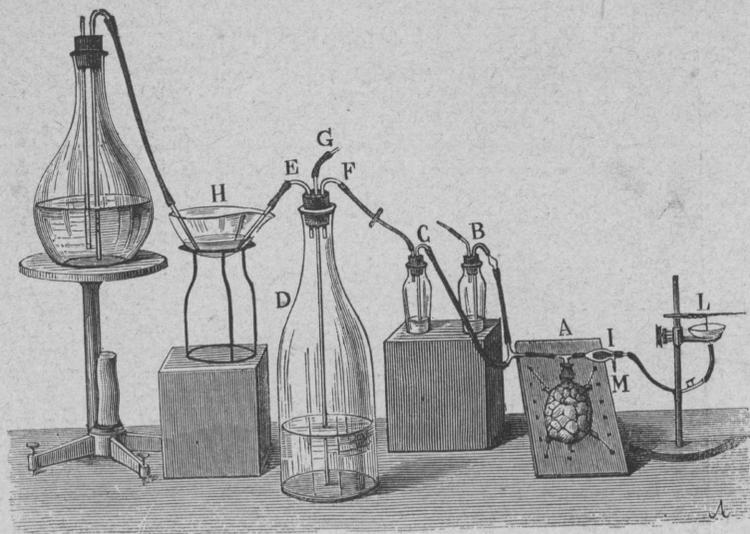
Una difficoltà si presenta a chi voglia stabilire che i movimenti di deambulazione delle testuggini scervellate si debbano ad un automatismo di un centro deambulatorio speciale. Perchè potrebbe darsi che lo stato di attività di questo centro fosse dovuto alla trasmissione d'impulsi automatici emanati da un centro contiguo. È noto infatti che un impulso, sorto in un centro nervoso, può irradiarsi e comunicarsi ad altri centri vicini, promovendone l'attività. Se le cose stessero così, i movimenti dovuti al centro deambulatorio, quantunque avessero tutti i caratteri propri all'automatismo, sarebbero cioè nonostante l'espressione della sua eccitabilità; vale a dire la reazione di questo centro agli impulsi automatici dei centri vicini. Veramente le esperienze sopra citate, le quali dimostrarono l'assoluta incapacità degli stimoli a provocare movimenti coordinati di deambulazione, rendono poco probabile questa supposizione. Ho voluto però sperimentalmente sciogliere questo dubbio, perchè avrebbe potuto darsi che il centro deambulatorio fosse inecceitabile per gli stimoli che gli arrivano dalla periferia, ed eccitabile invece per quelli che gli giungono dalle vie intercentrali. A questo scopo ho ricercato se per avventura esistesse un rapporto fra lo stato di attività del centro respiratorio e quello del centro deambulatorio. Un fatto rendeva necessaria questa esperienza; i movimenti cioè degli arti, che accompagnano i gruppi respiratorii nei pazienti affetti dal fenomeno di Cheyne-Stokes, fatto confermato dal Wedenskii¹ nelle rane e da me nelle testuggini respiranti periodicamente.

Come dirò nel lavoro che farà seguito al presente, io ho potuto assolutamente escludere in altri animali il dubbio sovraesposto, per mezzo della semplice ispezione; nei rospi scervellati, per esempio, nei quali la respirazione è sempre ritmica, mentre la deambulazione è sempre periodica. Ma per farlo nelle testuggini ho dovuto registrare i movimenti respiratorii con uno speciale apparecchio, inquantochè essi non si rivelano con movimenti esteriori, se non per le respirazioni esageratamente escursive. Ho adoperato a questo scopo un apparecchio registratore, del quale mi limito a dare qui la figura (vedi fig. 12), rimandando per la sua descrizione il lettore al mio lavoro sulle cause del ritmo respiratorio. Dirò soltanto che con questo apparecchio, mentre registro il ritmo respiratorio, permetto all'animale di

¹ Wedenskii, *Ueber die Athmung des Frösches (Rana temporaria)*, Arch. für gesammte Physiol., B. XXV, s. 129.

respirare dell'aria sempre rinnovata. L'animale in esperienza, applicato all'apparecchio, è poi fissato assai lassamente, in modo da non impedire i suoi movimenti, ad una tavola forata, per mezzo di cordicelle passate attorno alle sue estremità. I movimenti di deambulazione vennero registrati per mezzo di un tamburo ricevitore, messo

Fig. 12.



in connessione con un timpano registratore che scriveva sulla carta affumicata del cilindro ruotante. Ho ottenuto così molti tracciati dei quali riproduco alcuni saggi (vedi le fig. 13-17), e nei quali la linea registrante la deambulazione è l'inferiore, mentre quella che dà il decorso della respirazione è segnata superiormente. Queste linee si corrispondono perfettamente sulla stessa ordinata. Le esperienze che ho eseguito, sui rapporti della deambulazione colla respirazione, furono fatte al principio della primavera dell'anno scorso. Gli animali sottoposti a queste ricerche presentarono tutti una respirazione ed una deambulazione periodica. Benchè queste due forme di movimento avessero il carattere comune della periodicità, pure dai tracciati grafici chiaramente si vede come non vi sia una corrispondenza costante fra di essi. Infatti i nostri tracciati ci danno esempi di tutti i rapporti possibili fra la respirazione e la deambulazione. I movimenti respiratori o si presentano isolatamente (vedi fig. 13 e 15) o combinano coi deambulatori, o li precedono, o li seguono (vedi fig. 16), o sono perfettamente intercalati fra i periodi di deambulazione (vedi fig. 17). Infine abbiamo anche dei movimenti di deambulazione, sovente ripetuti, senza che contemporaneamente fosse fatto dall'animale alcun

movimento respiratorio (vedi fig. 14). I movimenti di deambulazione possono dunque essere indipendenti dai movimenti respiratori, ed il

Fig. 13.

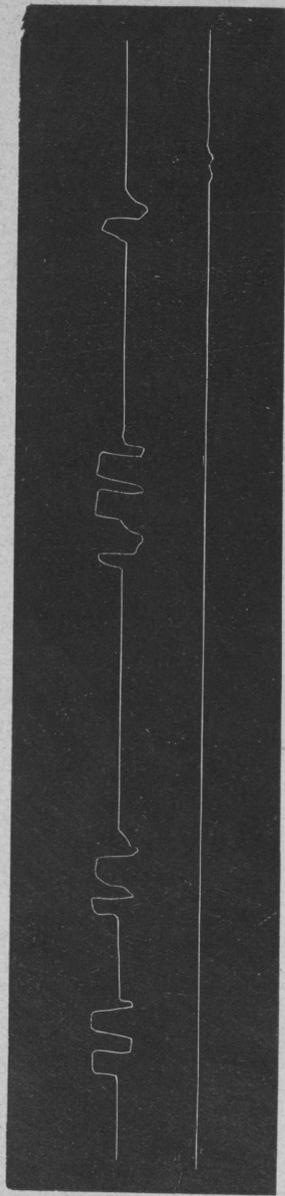


Fig. 15



Fig. 14.



loro automatismo non è per questo dovuto alla trasmissione di impulsi da parte del centro della respirazione.

Volli definire la stessa questione per quanto spetta al centro de-

glutitorio, il quale presenta nelle testuggini normali un'attività ritmica di un carattere assai probabilmente automatico. A questo

Fig. 16.

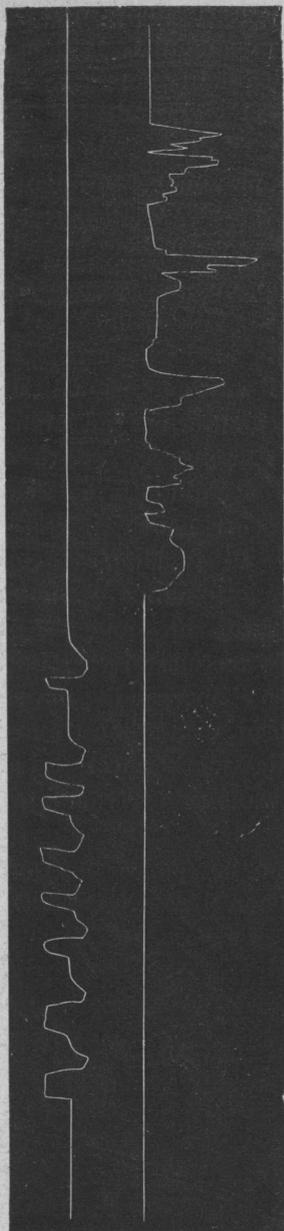
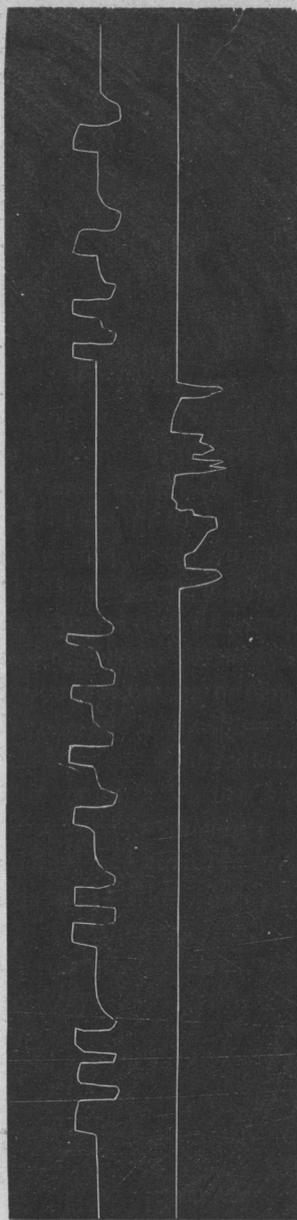


Fig. 17.



scopo ho messo a camminare una testuggine scerebrata sopra uno specchio. In questo modo i movimenti del pavimento boccale, riflessi

dallo specchio, cadevano sotto i miei occhi senza che per questo la deambulazione dell'animale ne fosse menomamente inceppata. In questo modo ho riconosciuto che, fra le deglutizioni ed i movimenti di locomozione, non vi è alcun rapporto costante il quale dimostri la dipendenza dell'attività del centro deambulatorio da quella del centro deglutitorio. A vero dire durante le pause deambulatorie non ho mai potuto vedere alcun movimento peristaltico del pavimento della bocca, che mi rivelasse lo stato di attività del centro deglutitorio. Ho però assai spesso osservato dei movimenti di deambulazione non accompagnati, nè preceduti, nè seguiti da movimenti di deglutizione. Le rare deglutizioni, che mi venne fatto osservare nelle testuggini scerebrate, le ho quasi tutte notate dopo un energico movimento di deambulazione. Fatto che appare strano quando si pensi che le testuggini normali presentano una vera attività ritmica del centro deglutitorio. Non ho potuto istituire delle analoghe esperienze per quanto riguarda gli altri centri bulbari, il vaso-motorio ed i cardiaci in special modo. Quanto si è detto però ci autorizza ad ammettere, che la deambulazione di una testuggine scerebrata si deve ad uno stato di attività automatica del centro deambulatorio, e non alla trasmissione di impulsi da parte di altri centri contigui.

Ed ora che abbiamo studiato il modo di funzionare del centro deambulatorio, e stabilito il suo carattere automatico, prendiamo ad esaminare i suoi rapporti coi centri spinali di riflessione per gli arti.

Anzitutto osserviamo che, mentre le testuggini scerebrate non cominciano spesso a muoversi subito dopo l'operazione, ma soltanto dopo qualche ora, e perfino dopo 2 o 3 giorni, esse si mostrano invece eccitabilissime, anche nei momenti immediatamente successivi all'operazione. Infatti al menomo tocco esse ritirano con vivacità gli arti nel loro guscio.

Nelle forme periodiche noi vediamo comparire e scomparire l'attività automatica; l'eccitabilità invece non si mostra menomamente alterata, nei diversi periodi di attività o di riposo. Infatti anche durante le pause gli arti sono eccitabilissimi.

Mentre gli arti anteriori sono quelli che più efficacemente prendono parte ai movimenti automatici, essi invece sono manifestamente meno eccitabili agli stimoli meccanici che gli arti posteriori. Le molte nostre osservazioni ci autorizzano ad asserirlo, senza le tema di illuderci. Citiamone una come esempio.

27 aprile 1884. — Ad un'Emys europaea viene estirpato, col solito metodo, il cervello ed il cervelletto, senza che l'animale subisca la menoma emorragia. Subito dopo l'esperienza cominciò a camminare in forma ritmica, e continuò così, fino al giorno 4 maggio, vale a dire per 8 giorni consecutivi. Il giorno 5 non fece più che qualche movimento cogli arti anteriori, e riuscì così a trascinarsi

penosamente. Tutt' al più, di tratto in tratto, gli arti posteriori accompagnarono i movimenti di deambulazione del treno anteriore, con qualche piccola escursione assolutamente inefficace. La nostra testuggine presentò questi incompleti movimenti di deambulazione sino al giorno 10 di maggio. D' allora sino al 15 dello stesso mese fece a lunghi intervalli dei movimenti coi soli arti anteriori, coi quali però essa non riuscì a spostarsi dal punto che occupava, mentre i posteriori non presentarono più alcun movimento. Il giorno 16 essa rimase completamente immobile e per sempre. Ebbene, questo stesso animale presentò sempre il treno posteriore molto più eccitabile dell' anteriore. Il giorno 16 di maggio si riesce ad estrarlo dal guscio il treno anteriore senza incontrare la menoma resistenza, e senza che l' animale tenda a retrainarlo, quando lo si abbandona; il treno posteriore invece resiste moltissimo alle trazioni, ed una volta lasciato a sè viene violentemente retrainato nel carapace.

Queste osservazioni che ho molte volte confermate in altre testuggine dimostrano due cose: la prevalenza cioè degli arti anteriori nei movimenti automatici, e dei posteriori nei movimenti riflessi, e che gli arti anteriori divengono ineccezionabili prima assai dei posteriori, mentre questi ultimi perdono molto prima la capacità di muoversi automaticamente.

Il che è una nuova prova molto dimostrativa e di grande valore a conferma della indipendenza dell' eccitabilità dall' automaticità. Ne è a credere che questa mancanza di eccitabilità del treno anteriore, mentre persiste quella del posteriore, dipenda da una paralisi di senso degli arti anteriori, perchè molto spesso si riscontra uno stadio nel quale un eccitamento portato sugli arti anteriori produce una reazione nei soli arti posteriori, mentre gli anteriori direttamente stimolati rimangono immobili. Questa nuova eccezione alle leggi sui riflessi del Pflüger consuona con quanto osservarono Mosso e Guarreschi¹ nelle loro esperienze sull' azione delle ptomaine.

Da queste ultime osservazioni sorge una nuova questione di qualche rilievo. E cioè se nei movimenti, dovuti agli impulsi dei centri automatici bulbari, vengano utilizzate le energie potenziali, accumulate nei centri spinali. Abbiamo detto che il treno anteriore, il quale reagisce tanto meno del posteriore agli stimoli meccanici, contribuisce assai più di quest' ultimo ai movimenti automatici di deambulazione. Ciò potrebbe farci credere che la sua attività non fosse dovuta alle energie accumulate nelle cellule dei suoi centri spinali di riflessione, ma fosse piuttosto dipendente soltanto da quelle derivanti dal centro

¹ Guarreschi et Mosso, *Les Ptomaines*; *Arch. italiennes de Biologie*, tomo III, pag. 241.

automatico deambulatorio. Potrebbe anche essere però che le resistenze, che l'impulso automatico deve vincere per giungere fino alle membra posteriori, lo indebolissero così che esso, ad onta della molto maggiore eccitabilità di quest'ultimo, non potesse ottenerne che degli effetti molto minori a quelli provocati sulle membra anteriori. Ed è da ciò probabilmente che deriva il contributo maggiore dato dal treno anteriore ai movimenti automatici di deambulazione, presentati dalle testuggini scerebrate. Ci sembrano efficaci argomenti in favore di questa ipotesi le due seguenti osservazioni:

I. Il rilevante ritardo presentato dal treno posteriore nei movimenti coordinati con quelli del treno anteriore, che dimostra l'enorme resistenza presentata dal midollo spinale alla trasmissione degli impulsi automatici;

II. L'osservazione che il treno posteriore si mantiene eccitabile ancora quando l'anteriore non lo è più da lungo tempo; il che dimostra come il treno anteriore, nei suoi movimenti automatici, preponderanti su quelli del treno posteriore, esaurisca assai prima di quest'ultimo la provvigione di forze accumulata nei propri centri diastaltici spinali.

Depone in questo stesso senso una terza osservazione che ho fatto accidentalmente. Per l'imprevedibile sottigliezza della teca cranica di una grossa testuggine, io penetrai inavvertitamente nella sua cassa cefalica, comprimendo gravemente il cervello. Aperta la dura madre, mi accorsi di avere scomposto tutto il cervello anteriore, l'intermediario, e buona parte del medio, ossia dei lobi ottici, che erano quasi del tutto disfatti. Lasciata a sè la testuggine, non so perchè, presentò d'allora in poi sin presso alla morte dei movimenti periodici degli arti posteriori, i quali la conducevano ad una deambulazione retrograda. Il treno anteriore non partecipava che in piccolissima parte a questa locomozione invertita. Questa testuggine continuò così per 4 giorni, e cessò dal muoversi spontaneamente due giorni prima di morire. In questi due ultimi giorni della sua vita, io ho potuto riscontrare come gli arti anteriori fossero assai più eccitabili dei posteriori, e come questi ultimi perdessero la loro eccitabilità assai prima degli anteriori. Ho tentato di riprodurre ad arte in altre tre testuggini questo fatto accidentalmente osservato, ma non vi sono riuscito, certamente perchè esso dipende da condizioni molto complesse. Esso però, in ogni modo, consolida il concetto dianzi esposto che gli stimoli ai movimenti di deambulazione, che partono dal centro automatico, utilizzino, per estrinsecarsi in impulsi motori, le sostanze dinamogene accumulate nei centri diastaltici spinali degli arti. Come infatti nei casi normali di ablazione cerebrale, nei quali vi è preponderanza nelle azioni automatiche del treno anteriore, è questo che si esaurisce per primo; così in questo caso

accidentale di deambulazione retrograda, in cui si ebbe attività prevalente degli arti posteriori, furono questi i primi ad esaurirsi.

La nostra osservazione accidentale, sulla testuggine a cervello contuso, ci dimostra anche un'altra cosa; e cioè che un centro può essere eccitabile per gli stimoli automatici che gli arrivano lungo le connessioni intercellulari, e non per un eccitamento che gli giunge dalla periferia. Infatti in quella testuggine dalla deambulazione retrograda, il treno anteriore assai più eccitabile che il posteriore agli stimoli esterni, non rispondeva che molto debolmente o punto agli stimoli provenienti dal centro automatico bulbare, benchè fosse in assai più immediato rapporto con esso che il treno posteriore, pel quale quegli impulsi si mostravano efficacissimi.

Che l'eccitabilità possa essere messa in azione o no, a seconda della natura particolare e del modo di agire dei diversi stimoli, era già noto ai fisiologi; ed io credo di aver portato un contributo a questa cognizione colle mie osservazioni sul centro respiratorio. Ma nessuno, che io mi sappia, aveva dato un esempio od espresso l'opinione che vi possa essere un centro eccitabile per gli stimoli esterni, e non eccitabile per quegli impulsi che gli giungono dai centri vicini, lungo le connessioni intercellulari.

Ho assai spesso parlato del centro deambulatorio automatico come di un centro bulbare, senza giustificare questa mia opinione. È tempo ora che dica come io veramente sia stato condotto a questa conclusione, dalle molte ricerche fatte per determinare, colla maggiore esattezza possibile, la localizzazione del centro deambulatorio automatico nell'*Emys europaea*. In questo animale il quarto ventricolo è anteriormente limitato da linee quasi parallele, mentre posteriormente le sue pareti convergono, e fanno così continuare la sua cavità col canale centrale del midollo rachidiano (vedi fig. 18). Per

Fig. 18.



Il bulbo della Testuggine palustre.

determinare in qual punto fosse posto questo centro deambulatorio, noi abbiamo, in diverse testuggini scerebrate, esportato gradatamente delle sottili porzioni della midolla allungata, sino a che fossero scomparsi i movimenti automatici degli arti. Abbiamo così trovato che essi si aboliscono, contemporaneamente ai movimenti respiratori, quando si tolga tutta la porzione della fossa romboidale che è limitata da bordi paralleli, non rispettando quindi che quella limitata da

bordi convergenti (vedi fig. 19). Dobbiamo dunque localizzare il centro deambulatorio nella midolla allungata, e precisamente in una linea corrispondente al limite fra il 3° posteriore ed il 3° medio del

Fig. 19.



Il bulbo della Testuggine palustre sezionato fino all'arresto dei movimenti deambulatorii.

pavimento del 4° ventricolo. Siccome poi le sezioni longitudinali, praticate lungo la linea mediana del seno romboidale, non arrestano i movimenti automatici di deambulazione, così noi dobbiamo ritenere che il centro deambulatorio, come era da prevedersi, sia divisibile in due centri simmetrici che possono funzionare indipendentemente.

Non sempre però la distruzione della midolla allungata valse ad abolire assolutamente i movimenti di deambulazione. In tre testuggini alle quali, colla decapitazione, si era tolto la midolla allungata e parte del midollo cervicale, si osservarono, dopo la stricnizzazione, *alcuni gruppi* di movimenti degli arti, intercalati da *lunguissime pause*. E questi movimenti erano coordinati in modo, da provocare una vera deambulazione periodica dell'animale, la quale durò una mezza giornata circa. Inoltre in due testuggini decapitate, mi occorre di osservare, immediatamente dopo l'operazione, dei movimenti di deambulazione, senza che esse avessero subito l'azione di qualche sostanza sovraeccitante. Molto probabilmente, in tutti questi casi, lo stimolo ai movimenti era occasionato dall'azione immediata del trauma. Infatti essi movimenti cessarono dopo pochi istanti nelle testuggini non stricnizzate, e, come si disse, dopo alcune ore in quelle che avevano subito l'azione della stricnina; questi movimenti si presentarono cioè precisamente in quel periodo nel quale tacciono ordinariamente ancora i movimenti di deambulazione nelle testuggini scervellate, alle quali fu rispettato il bulbo.

Esperienze analoghe vennero isfuite da altri sui movimenti respiratori, e vennero così osservate delle respirazioni, anche dopo la distruzione del bulbo, in alcuni animali superiori, soprattutto però dopo averli stricnizzati.¹

Queste osservazioni condussero alcuni fisiologi ad ammettere che il centro respiratorio non fosse limitato ad un punto circoscritto del

¹ Rokitsky, *Untersuchungen über die Athemnerven-Centra*. Wiener med. Jahrbücher, 1874, s. 30. — Schroff, *Beiträge zur Kenntniss der Anordnung der motorischen Nervencentra*. Wiener med. Jahrb., 1875, s. 319. — Langendorff und Nitschmann, *Ueber die spinalen Centren der Athmung*. Arch. f. Anat. und Physiol. 1880, s. 518.

pavimento del quarto ventricolo, ma piuttosto si diffondesse lungo buona parte dell'asse spinale. A questa opinione venne in appoggio l'osservazione del Gierke, ¹ che il posto del preteso centro respiratorio non è occupato da cellule gangliari, ma da un fascio di fibre. Potrebbe anche darsi che il centro respiratorio non si limitasse nel bulbo, ma si irradiasse nel midollo spinale; ma le esperienze eseguite in proposito non lo dimostrano affatto, perchè le deboli, rare, fugacissime respirazioni osservate in animali decapitati, per la massima parte stricnizzati, ed il maggior numero delle volte in conseguenza di stimoli esteriori artificialmente provocati, sono evidentemente dei movimenti riflessi, e non hanno perciò nulla a che fare colle respirazioni di un animale normale, che sono essenzialmente *automatiche*. Tanto è vero, che quelle respirazioni di origine spinale furono provocate specialmente esaltando l'eccitabilità colla stricnina, come noi siamo riusciti a prolungare i movimenti di una testuggine decapitata stricnizzandola; mentre collo stesso alcaloide non abbiamo mai potuto esaltare i movimenti deambulatori e le escursioni respiratorie di una testuggine scervellata, ma col bulbo intatto. Anzi in questa la stricnina, aumentando l'eccitabilità, esagera l'influenza degli stimoli esteriori, che valgono ad inibire i movimenti automatici; ciò che fa della stricnina un reattivo differenziale fra i movimenti automatici ed i riflessi.

Ora se per *centro deambulatorio automatico* vogliamo intendere tutto il complesso dei gangli, che colle loro energie contribuiscono a sviluppare quegli impulsi che determinano la deambulazione, allora dovremmo ammettere che una parte di questo centro si trova nel midollo spinale. Le nostre esperienze anzi ci hanno dimostrato all'evidenza l'importanza dei centri spinali nell'effettuazione della deambulazione automatica. E quanto si dice dei movimenti di deambulazione, si può dire di qualunque altro atto automatico, al quale contribuisca l'innervazione spinale. Ma il carattere *essenziale* dei movimenti di deambulazione, osservati nelle testuggini scerebrate è appunto l'*automaticità*, e noi abbiamo visto che nel bulbo, e precisamente nel limite fra il terzo posteriore ed il terzo medio di esso, esistono le condizioni indispensabili perchè esso possa manifestare queste sue capacità automatiche. Distrutto quel punto del bulbo l'animale può ancora muoversi, ma quei movimenti rari e fugacissimi sono evidentemente di natura riflessa, e dovuti all'irritazione traumatica; quella regione speciale del bulbo è quindi, pei movimenti automatici di deambulazione, ciò che è rappresentato dal *nodo vitale* di Flourens pel ritmo respiratorio. Si potrebbe

¹ Gierke, *Die Theile der Medulla oblongata, deren Verletzung die Athembewegung hemmt, und das Athmungscentrum*, Arch. f. d. ges. Phys. B. VII, s. 583.

perciò parlare di un *nodo deambulatorio bulbare*, non attribuendo a questa parola un significato morfologico speciale di gruppo di cellule, ma intendendo per esso quel punto *ben delimitato e circoscritto* dei centri nervosi, nel quale si trovano le condizioni indispensabili allo sviluppo dei movimenti *automatici* di deambulazione, distrutto il quale questi movimenti automatici cessano *del tutto*, lungo *tutto* l'asse bulbo-spinale. Noi continueremo però a parlare di centro deambulatorio bulbare, per non introdurre una distinzione che non è assolutamente necessaria. E quanto si dice pel centro deambulatorio, si applica perfettamente alla questione sulla localizzazione del centro respiratorio.

La deambulazione osservata nelle testuggini decapitate serve inoltre a dimostrarci che gli stimoli automatici, i quali si dipartono dal bulbo, non devono necessariamente essere tali da stabilire per sé stessi la coordinazione dei movimenti deambulatori. Infatti queste testuggini, che senza encefalo possono pure presentare una deambulazione coordinata, ci dimostrano che essa coordinazione è organizzata nella midolla spinale. Un'altra prova dello stesso fatto ci viene data dalla seguente esperienza:

Una testuggine scerebrata e scerebellata cammina automaticamente. Dopo sei giorni di deambulazione essa si arresta. Il giorno successivo a questo periodo il treno posteriore risponde ancora, quando sia meccanicamente stimolato, non l'anteriore. Ad ogni stimolo di un arto anteriore invece risponde l'arto posteriore dello stesso lato, flettendosi. Ma ciò che è notevole, a proposito di quanto ora sosteniamo sull'organizzazione della deambulazione nella midolla spinale, si è che quando si eccita un arto posteriore piuttosto energicamente, tutto il treno posteriore risponde allo stimolo, ma sempre così che *mentre l'arto eccitato si flette, l'arto non stimolato si estende attivamente*, come avviene appunto mentre la tartaruga cammina.

Questo fatto ci sembra una prova della organizzazione della funzione deambulatoria nel midollo spinale.

Riassumendo quante ci occorre di osservare sino ad ora nelle testuggini scerebrate, e private anche del bulbo, per quanto spetta ai movimenti di deambulazione, noi possiamo asserire che nel sistema bulbo-spinale abbiamo tutte le condizioni perchè si determinino dei movimenti automatici di deambulazione perfettamente coordinati. Gli impulsi a questi movimenti si dipartono dal bulbo, e si scaricano o ritmicamente o, in condizioni speciali di depressione, in forma periodica. Abbiamo poi ragioni per credere che questi impulsi bulbari, perchè possano esprimersi sotto forma di movimenti deambulatori coordinati, debbano essere elaborati nei centri e nelle vie spinali. Quanto si dice della deambulazione va anche inteso per tutti gli altri movimenti del corpo; perchè le testuggini scerebrate non solo camminano, ma presentano pure delle escursioni del capo, della

coda e della mandibola, che hanno esse pure tutti i caratteri dei movimenti automatici.

Ma di altre proprietà molto più elevate è capace l'apparecchio bulbo-spinale di una testuggine.

Mentre un'emide scerebrata cammina continuamente, scuotiamola con energia, o battiamola sul dorso, o afferriamola bruscamente. Rimessa a terra essa non riprende subito a camminare. Rimane anzi immobile al punto nel quale fu deposta, per un tempo che può essere notevolmente lungo. Esso variò infatti, nelle moltissime esperienze da me eseguite in proposito, da 3 a 20 minuti primi.

Le impressioni piuttosto vive arrestano adunque i movimenti automatici di deambulazione, e questo arresto si mantiene per lungo tempo ancora, dopo che l'impressione ha cessato di agire. Il sistema bulbo-spinale esprime così, per un certo lasso di tempo, l'effetto di una impressione istantanea, o, in altre parole, rivela la capacità di ritenere le sensazioni che lo colpiscono. Noi non sapremmo altrimenti comprendere il fatto ora descritto, che come l'espressione di una speciale ritentiva, o per essere più espliciti di una vera e propria capacità mnemonica del sistema bulbo-spinale.

Questo fatto contribuisce pure ad escludere assolutamente, che gli stimoli esteriori possano essere considerati come causa provocatrice dei movimenti di deambulazione, nelle testuggini scerebrate. Esso vale anche a spiegarci perchè nell'acqua le emidi senza cervello presentino una attività molto minore a quella sviluppata mentre sono a terra. Sono forse le continue scosse che la mobilità dell'acqua provoca in esse, ad ogni movimento degli arti, che producono degli impulsi inibitori, i quali neutralizzano in parte quelli automatici di deambulazione emanati dal centro bulbare.

Un altro fatto degno di nota presentano le mie testuggini scerebrate e scerebellate. Se esse vengono rovesciate, rimangono così un certo tempo immobili col capo e gli arti alquanto retratti nel carapace. Poi cercano di raddrizzarsi, comportandosi come una testuggine normale. Allungano cioè il collo, facendo leva del muso contro terra, mentre scuotono fortemente gli arti in modo da provocare una rotazione del corpo, sul suo asse longitudinale, che le riconduca nella posizione normale. Non sempre riescono nel loro scopo, ma spesso volte ho veduto delle testuggini completamente scerebrate e scerebellate raddrizzarsi rapidamente, quasi come una testuggine normale.

I movimenti automatici di cui abbiamo trattato e le capacità mnemoniche riconosciute nelle nostre testuggini senza cervello e senza cervelletto, sono coscienti od incoscienti? Discuteremo questa questione nel terzo capitolo di questo lavoro.

CAPITOLO II.

Il Cervelletto.

Le mie esperienze sul cervelletto non mi condussero a nessun risultato positivo sulle funzioni di quest'organo nella testuggine palustre. Le mie ricerche furono di due specie. Nelle prime ho tolto tutto l'encefalo, rispettando di esso soltanto il cervelletto e la midolla allungata. Determinati i fenomeni presentati dalle testuggini così operate, io ho poi esportato il cervelletto e ripetute le mie osservazioni. Or bene, io non ho mai osservato alcuna differenza fra le manifestazioni di una tartaruga scerebrata, che possiede ancora il cervelletto, e quelle di una tartaruga senza cervello e senza cervelletto. Ho preso anche in considerazione la dottrina espressa dal Luciani,¹ come risultanza delle sue esperienze sui cani, che cioè « l'atassia cerebellare è condizionata dall'imperfetto tono e dall'insufficiente energia di cui dispone il sistema nervoso motore dei muscoli della vita animale. » Ho preso a questo proposito dei tracciati deambulatori di un animale scerebrato, prima e dopo l'eliminazione del cervelletto, e non ho mai potuto riscontrare alcuna modificazione costante nel loro decorso, in conseguenza di quest'ultima operazione. Riguardo all'energia ed al tono dei movimenti deambulatori nelle testuggini senza cervello e senza cervelletto, mi riferisco a quanto ne ho detto nel precedente capitolo.

In una seconda serie di ricerche ho estirpato il solo cervelletto, rispettando tutte le altre parti dell'encefalo. Per far questo basta divaricare i muscoli della nuca, previa incisione della cute che li ricopre, ed applicare una coroncina di trapano nella parte posteriore della porzione crestata dell'occipitale superiore. Tagliata la dura madre, si mette a nudo il cervelletto, che sotto forma di una sottile lamella grigiastra sta adagiato sulla porzione anteriore del seno romboidale. Con un uncino ottuso si solleva il suo bordo libero posteriore, e lo si rovescia così sul cervello medio. Separato dalle sue aderenze

¹ Luciani, *Linee generali della fisiologia del cervelletto*. Pubblicazioni del R. Istituto di Studi superiori in Firenze, 1884, pag. 24.

anteriori, esso viene afferrato con una pinza ed estratto dal cranio. Un' *Emys europaea* così operata cammina e nuota perfettamente bene, schiva gli ostacoli, si arresta a tempo e luogo, rovesciata che sia sa raddrizzarsi, percossa si ritira nel guscio, è insomma in tutte le sue manifestazioni affatto simile ad una testuggine normale. Non asserirei per questo che il cervelletto non abbia nelle testuggini una funzione determinata; essa però non è rilevabile, per quanto riguarda le espressioni esteriori di movimento, coi mezzi d'indagine finora impiegati. Se pensiamo del resto al pochissimo sviluppo che quest'organo ha nelle testuggini, non potrà farci meraviglia che la sua ablazione non porti quei disturbi funzionali che sono tanto caratteristici negli animali superiori scerebellati.

CAPITOLO III.

I lobi ottici.

Il cervello medio si presenta, visto dall'alto, sotto forma di due eminenze emisferiche, i lobi ottici, che spiccano sulle altre parti dell'encefalo per la loro bianchezza (vedi fig. 1-C). Esso è limitato in avanti dal cervello intermedio, posteriormente dal bordo anteriore del cervelletto. Riconosciamo collo Stieda¹ che benchè vi sia un intimo rapporto fra la parte basilare e la volta dei lobi ottici, pure si può distinguere l'una dall'altra sufficientemente bene. Anche noi faremo questa distinzione, descrivendo le nozioni raccolte nelle nostre esperienze sul cervello medio, e pure collo Stieda daremo alla volta di esso il nome di lobi ottici propriamente detti, ed alla sua base il nome di parte peduncolare.

Le testuggini alle quali siano stati esportati gli emisferi ed i talami ottici, rispettando dell'encefalo i lobi ottici, il cervelletto e la midolla allungata (vedi fig. 20), si comportano affatto diversamente

Fig. 20.



L'encefalo della testuggine palustre senza emisferi e talami ottici.
C, lobi ottici.—D, cervelletto.—E, bulbo.

da quelle che subirono anche l'esportazione del cervello medio. Mentre queste ultime presentano, come abbiamo veduto, una grandissima attività deambulatoria, quelle cui furono rispettati i lobi ottici rimangono sempre immobili al punto nel quale furono poste. Delle moltissime esperienze fatte in proposito ne riferirò una come esempio, giac-

¹ Loc. cit., pag. 59.

chè tutte mi diedero gli stessi risultati, ad eccezione di qualche caso speciale che verrà in seguito esposto ed interpretato.

18 maggio 1883. -- Ad un' *Emys europaea* vengono esportati i talami ottici e gli emisferi cerebrali. Messa a terra sopra una croce segnata col gesso sul pavimento, per riconoscere i menomi spostamenti dell' animale, si osserva che essa rimane assolutamente immobile. Solamente quando viene colpita, scossa, od eccitata in qualche modo reagisce spesso, non sempre, assai debolmente, retraendo il capo e gli arti; qualche rarissima volta poi con un movimento di deambulazione che si limita ad un passo soltanto. Messa nell' acqua essa rimane a galla immobile come un corpo morto. Anche quando si sbatte l' acqua energicamente, in modo da scuoterla violentemente, essa non reagisce nè col capo nè cogli arti. Dopo sei giorni dalla esportazione del cervello anteriore, durante i quali essa non fece il menomo movimento, la nostra testuggine viene operata dei lobi ottici. In conseguenza dell' esportazione di questi ultimi, essa presenta i soliti movimenti di deambulazione, descritti nel primo capitolo di questo lavoro. Così si comportò la massima parte delle mie testuggini private del cervello anteriore, ogni qual volta furon lasciate a terra; alcune poche di esse, le più giovani e vivaci, presentarono, appena messe nell' acqua, alcuni rarissimi movimenti di natazione, che si arrestarono però dopo pochi minuti, per dar luogo ad una assoluta immobilità.

Concludendo noi vediamo come, mentre una testuggine senza cervello si muove o periodicamente o incessantemente, per impulsi automatici che partono dal bulbo, essa resti invece sempre immobile quando sieno rispettati i lobi ottici. Noi dobbiamo perciò attribuire al cervello medio un' azione *inibitrice tonica* sopra i centri automatici del bulbo.

Le stesse apparenti eccezioni al fatto generalmente osservato sono una evidente controprova di questa conclusione. Infatti alcune testuggini, operate degli emisferi e dei talami, presentarono, nei primi giorni dell' operazione, dei movimenti di deambulazione, poi si arrestarono, per non muoversi più. Questo fatto è perfettamente analogo a quello osservato nel primo capitolo, che cioè alcune testuggini, che subirono l' esportazione di tutto il cervello, non cominciarono a muoversi che uno o due giorni dopo l' operazione. Infatti ambedue i risultati sono facilmente spiegabili, quando si pensi all' azione deprimente che tutte le forti impressioni hanno sulle funzioni dei centri nervosi. L' influenza traumatica dell' estirpazione di tutto il cervello abolisce momentaneamente l' azione automatica del bulbo, come l' estirpazione del cervello anteriore sospende per qualche tempo l' influenza inibitrice dei lobi, permettendo lo svolgimento degli impulsi automatici bulbari. Ma appena l' organo centrale, immediatamente contiguo a

quello che venne estirpato, si rimette dal colpo subito, esso riprende le sue funzioni, che durano fin presso alla morte dell'animale.

Nella necropsia delle mie testuggini, che per l'ablazione del cervello anteriore furono immobilizzate, non ho mai trovato alcun indizio di rammollimento dei lobi ottici. Fece eccezione una sola testuggine, in cui realmente ho potuto riscontrare questo rammollimento, ma essa, dopo essere rimasta cinque giorni immobile, cominciò poi a camminare continuamente, e perdurò così sin presso alla morte, come una testuggine completamente scerebrata.

Fissato adunque il fatto che l'immobilità della tartaruga, privata degli emisferi e talami ottici, è legata all'integrità anatomica e fisiologica dei lobi ottici, esponiamo le indagini fatte allo scopo di localizzare, con maggior precisione, quest'azione inibitrice dei lobi ottici, di ricercare cioè se essa si trovasse nella porzione lobare propriamente detta, o nella parte basilare del cervello medio, ricca pur essa di elementi gangliari.

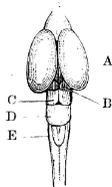
A questo scopo vengono esportati ad una testuggine gli emisferi ed i talami ottici. Messa a terra viene segnato col gesso attorno ad essa sul pavimento un circolo intersecato da una croce, per stabilire la posizione che essa occupa. Tre giorni dopo la nostra testuggine si si trova nello stesso posto e nella stessa direzione. Riaperta la ferita le venne allora esportata la parte lobare del cervello medio. Per eseguire questa operazione con un taglio superficiale e circolare si stacca la volta dei lobi e la si esporta con un cucchiaino a bordi taglienti, oppure si penetra dal margine anteriore dei lobi nell'acquedotto del Silvio, con un colpo di forbici lo si apre superiormente e si esporta poi a pezzetti col cucchiaino quello che resta dalla volta dei lobi, regolandone poi i bordi con una forcina da oculista. La testuggine così operata e rimessa nel circolo segnato col gesso, rimase immobile al suo posto. Ripresa, dopo due giorni di assoluta immobilità, con un taglio longitudinale d'ambo i lati le esporto la porzione laterale esterna della parte basilare del cervello medio, non rispettando di esso che la parte prettamente peduncolare; quella parte cioè che costituisce la porzione mediana del pavimento dell'acquedotto del Silvio, e che si distingue per l'assai marcata direzione longitudinale dei fasci fibrosi che per la massima parte la costituiscono. La testuggine così operata non prese a muoversi per questo. Soltanto quando le venne estirpato quanto ancora rimaneva del cervello medio, essa presentò la deambulazione automatica propria alle testuggini scerebrate.

Questa esperienza ci dimostra come nella porzione basilare dei lobi ottici, e più particolarmente nella peduncolare (che è ricchissima di elementi gangliari, come venne dimostrato dallo Stieda), vi sieno dei centri che valgono ad inibire gli impulsi automatici bulbari.

Ma noi non possiamo escludere che dei centri inibitori simili

esistano anche nelle altre parti del cervello medio. Per sincerarci se realmente anche la volta dei lobi ottici possedga dei centri inibitori, noi abbiamo esportato ad alcune testuggini la porzione lobare del cervello medio, rispettando tutte le altre parti dell'encefalo. I risultati che ho ottenuto con questa operazione mi sembrano altamente interessanti, e ne darò qui una particolareggiata descrizione. Prima di tutto descriverò il metodo operatorio da me impiegato. Dopo avere con un taglio longitudinale inciso la pelle della nuca, ed aver divaricato i muscoli della stessa regione, staccandoli dalle loro aderenze coll'occipitale superiore, escido la cresta di quest'ultimo, per mezzo di una pinza osteotoma, ed applico una piccola corona di trapano sulla regione ossea scoperta, in modo che il bordo anteriore del trapano cada sul limite fra la parte piana e quella crestata dell'occipitale. Tagliata tutt'attorno all'apertura la dura madre, si scopre così il cervello medio. Per mezzo di un taglio circolare superficiale si stacca la porzione più superiore dei lobi, e si apre in questo modo l'acquedotto del Silvio. Poi, sempre colle forbici, oppure con un cucchiaino a bordi taglienti, si toglie quanto rimane della porzione lobare del cervello medio, non lasciando di esso che i peduncoli, ben distinti per la direzione longitudinale delle fibre che li costituiscono. Mentre si distrugge così la volta dei lobi ottici, l'animale fa dei violenti movimenti cogli arti, emette con impeto i gas intestinali, o presenta delle energiche escursioni respiratorie. In queste esperienze, come in tutte le altre, si ebbe l'avvertenza di applicare avanti la legatura elastica al collo, che si lascia poi per una mezz'ora dopo l'operazione. Con quest'atto operatorio noi abbiamo eliminato l'azione della volta dei lobi ottici, della parte cioè del cervello medio più ricca in elementi cellulari (vedi fig. 21); e ciò senza ledere le connessioni che esi-

Fig. 21.



L'encefalo della testuggine palustre
privato della porzione lobare del cervello medio.

stono fra il cervello anteriore (A e B) e il posteriore (D e E) per mezzo dei peduncoli cerebrali (C); perchè la porzione lobare del cervello me-

dio, come il cervelletto, non è già intercalata, ma semplicemente sovrapposta nelle vie di conduzione cerebro-spinali.

Il primo fenomeno che presentano gli animali così operati consiste in una grande irrequietezza, in una vivacità inusitata. Nella mia stanza di lavoro tengo una cesta nella quale ho raccolto molte testuggini, alcune normali, altre operate della porzione lobare del cervello medio. Or bene, mentre le testuggini normali se ne stanno quasi sempre rincantucciate e ritirate nel loro carapace, quelle operate come sopra sono assai spesso in movimento, aggirandosi vivacemente nella cesta, o arrampicandosi sul gratteggiato di essa. Se noi percuotiamo sul dorso una testuggine normale mentre cammina, essa ritira violentemente il capo e gli arti nel carapace, e rimane così raccolta in passiva difesa per lunghissimo tempo. In modo molto diverso si comportano le testuggini orbate della porzione lobare del cervello medio. Esse invece di arrestarsi affrettano vieppiù la loro corsa, sgambettando in modo così franco e spigliato, da sconfessare il loro proverbiale torpore. Neppure ritirano il capo, movimento che potrebbero fare benissimo, non essendo stati lesi per l'operazione i muscoli della nuca. Mentre camminano, non valgono ad arrestarle nè i rumori, nè gli oggetti illuminati posti innanzi ai loro occhi, non lo sbattere le mani o percuotere con violenza il pavimento in vicinanza ad esse. Afferrate che sieno non si ritirano nel guscio, ma si dimenano invece continuamente, con grande vivacità. Mentre una testuggine normale gettata nella vasca annessa al giardino del laboratorio nuota subito verso il fondo, per accovacciarsi nel limo, e va a rimpiazzarsi sotto le foglie delle piante palustri che galleggiano sull'acqua, una testuggine privata della volta dei lobi ottici o se ne sta a galla tranquillamente senza nuotare, o nuota con molta vivacità alla superficie della vasca, senza presentare la menoma tendenza a rifugiarsi o a nascondersi, anche quando sia violentemente battuta. Insomma tutte quelle impressioni che provocano nelle testuggini normali quei movimenti di passiva difesa che le distinguono, e che ci rivelano le emozioni da esse provate, riescono inefficaci, o quasi, nelle testuggini alle quali sia stata esportata la volta del cervello medio.

Nè tuttocìò proviene dacchè le capacità sensoriali in queste nostre testuggini sieno state lese. Se vi è un senso che dovrebbe subire una influenza paralizzante per l'operazione descritta, egli è certamente quello della vista. Tutti sappiamo infatti come si ammetta generalmente che i nervi ottici abbiano la loro origine nel cervello medio. Ricorderò anzi particolarmente come lo Stieda, nella sua monografia sul cervello delle testuggini, a pagina 62, dica: « Io ritengo » che le piccole cellule nervose della volta del cervello medio costituiscono il vero punto di origine delle fibre del nervo ottico. »

Ebbene, ciò nonostante nulla è più facile quanto il convincersi che le testuggini private della volta dei lobi ottici vedono ancora perfettamente bene. Infatti basta, mentre camminano, di opporre innanzi a loro un ostacolo qualunque, perchè esse o si arrestino per un certo tempo, eppoi si rivolgano in modo da schivarlo, oppure lo evitino rapidamente, senza frenare i loro movimenti di deambulazione. E ciò senza che esse abbiano urtato contro l'ostacolo, o possano essere state edotte dalla presenza di esso da qualche altro senso. Non è dunque nella volta del cervello medio, o per lo meno non è soltanto in essa, che si devono ammettere i nuclei d'origine del nervo ottico, come non è a delle lesioni sensoriali che si deve attribuire l'incapacità di emozionarsi riscontrata nelle testuggini di cui trattiamo.

Nelle testuggini normali le emozioni si esprimono in un modo affatto passivo, con processi di inibizione; in un luogo nel quale si faccia appena un po' di rumore, esse se ne stanno costantemente immobili, col capo e gli arti retratti nel guscio. Queste manifestazioni di una paura pressochè costante, di un sospetto organizzato, scompaiono coll'ablazione della porzione lobare del cervello medio. E di più l'animale diventa più vivace, più agile; e se qualche volta le impressioni esteriori modificano le sue manifestazioni, esse lo fanno eccitandolo al moto, non facendolo arrestare. Osservando questi animali, si riceve l'impressione che ad essi manchi un freno al quale erano abituati; sembra proprio che, esportando la volta dei lobi ottici, si sia tolta una *resistenza* all'azione della sfera encefalica; ed è forse a ciò che si deve il fatto che questi animali non si spaventano più. Perchè l'impressione di un oggetto esterno acquisti un carattere emozionale, occorre che essa si arresti per un certo tempo nel territorio della psiche. Se un'impressione non trova nel centro encefalico sufficiente resistenza, essa si proietta subito all'esterno sotto forma di movimento, senza quasi lasciare traccia di sè nella coscienza. Con buoni argomenti razionali ha sostenuto l'Herzen¹ che « l'intensità » della coscienza è in proporzione inversa colla rapidità onde il lavoro interno di ogni elemento nervoso si scarica sopra un altro elemento sensitivo o motore, centrale o periferico. » Alle buone ragioni dell'Herzen si sono aggiunti altri argomenti del Buccola,² il quale, dopo aver ricordato i rapporti fra memoria e coscienza, nota la diversissima intensità e permanenza delle rappresentazioni mentali fra i maniaci ed i lipemaniaci. « Nei primi, per dirla col Buccola, » le immagini rappresentative, le idee corrono e si avvicendano » rapidissimamente proiettandosi senza nessun ostacolo all'esterno, » cioè dando luogo ad una viva reazione ideomotrice, che si mani-

¹ Herzen, *Il moto psichico e la coscienza*, Firenze, 1879, pag. 56.

² Buccola, *La legge fisica della coscienza nell'uomo sano e nell'uomo alienato*.

» festa nel caos di atti e di parole; ed in essi, per la stessa rapidità
 » colla quale hanno luogo, questi movimenti non si fissano nella
 » coscienza, non vengono ricordati. Nei lipemaniaci avviene il con-
 » trario; in essi i processi mentali decorrono con minore celerità,
 » non si proiettano all'esterno nella sfera motrice e possono perciò
 » disintegrare il tessuto nervoso. E così, osserva il Buccola, vediamo
 » individui che furono colpiti da frenosi melanconica, anche accom-
 » pagnata da stupore, analizzare e ricordare minutamente, nel
 » periodo di sanità, tutte le idee, le immagini, le impressioni susci-
 » tate dal mondo esterno, che occuparono la loro mente durante la
 » malattia, nella quale sembrava quasi sospesa del tutto la vita di
 » relazione. »

Mentre le testuggini normali ci richiamano alla mente i lipemaniaci, quelle alle quali abbiamo esportato la porzione lobare del cervello medio ci ricorda i maniaci. Nelle prime infatti le impressioni esteriori non si proiettano all'esterno sotto forma di movimento, ma anzi provocano nel sistema nervoso centrale lo sviluppo di energie inibitrici. Nelle seconde invece le impressioni del mondo esterno hanno perduto il loro abituale potere di emozionare, e vengono subito riflesse all'esterno sotto forma di movimento. Ci sembra dunque logico l'ammettere che i fenomeni osservati nelle testuggini prive della volta del cervello medio sieno attribuibili al fatto che in esse manca nella sfera psichica una resistenza abituale.

Le esperienze del Setschenow¹ che sono irrefutabili, checchè abbiano sostenuto in contrario Schiff² ed Herzen,³ e quelle del Cyon,⁴ che lo condussero ad ammettere che l'azione inibitoria dei lobi osservata dal Setschenow sui movimenti riflessi, esplicita dal ritardo provocato in questi ultimi, esprima la capacità nel cervello medio di aumentare le resistenze che si oppongono al rapido trasmettersi dall'eccitamento attraverso alle cellule gangliari, sono conformi alla mia interpretazione. Però la dottrina dell'inibizione del Cyon, sebbene forse applicabile alle testuggini nelle quali fu esportata la volta del cervello medio, rispettando tutte le altre parti dell'encefalo, non basta a farci comprendere l'immobilità delle testuggini private del prosen-

¹ Setschenow, *Physiologische Studien über d. Hemmungsmechanismen f. d. Reflexfähigkeit im Gehirn d. Frosches*, Berlin, 1863. — Lo stesso, *Weiteres über Reflexhemmung beim Frosch*; *Zeitschr. f. rat. Med.* XXII, s. 6. — Setschenow und Paschutin, *Neue Versuche am Hirn u. Rückenmark d. Frosches*; Berlin, 1865. — Setschenow, *Zur Frage über Reflexhemmungen*, *Bull. d. l'Acad. imp. de St. Petersb.* XX, pag. 537. — Setschenow, *Ueber d. elektrische und chemische Reizung d. sensiblen Rückenmarksnerven d. Frosches*; Graz., 1868.

² Schiff, *Lehrbuch d. Physiologie d. Menschen*; I, Muskel u. Nervenphysiologie.

³ Herzen, *Expériences sur les centres modérateurs*; Turin, 1864.

⁴ Cyon, *Zur Hemmungstheorie der reflectorischen Erregungen*; Beitr. als Festg. C. Ludwig, Leipzig, 1874, s. 166.

cefalo; in queste abbiamo evidentemente una vera e propria azione inibitrice, nello stretto senso della parola; perchè l'influenza dei lobi ottici in questi casi si esprime non già ritardando ma neutralizzando assolutamente gl' impulsi automatici bulbari, dandoci l'esempio di un fenomeno di completa interferenza nervosa quale fu osservata ad es. dal Goltz¹ per alcuni movimenti riflessi nelle rane.

Per tutto quanto si è ora incidentalmente osservato, si comprenderà facilmente come in un cervello normale le impressioni esteriori, dovendo vincere la resistenza presentata dai lobi ottici, restino per un tempo sufficiente nel territorio psichico per potere acquistare un carattere emozionale. Coll'ablazione della porzione dei lobi ottici, di quella anzi più ricca di elementi cellulari nervosi, tolta per buona parte questa resistenza, le impressioni *non durature* vengono subito proiettate all'esterno sotto forma di movimento, non modificando che assai debolmente lo stato cosciente dell'animale, non potendo così dar luogo a quei processi psichici di associazione pei quali una sensazione acquista un'intensità emozionale. E diciamo a bella posta che ciò succede specialmente per le impressioni non durature, perchè spesso gli animali, cui fu asportata la volta del cervello medio, si arrestano per un certo tempo dinanzi ad un ostacolo, ed esitano a precipitarsi da una tavola sulla quale sieno stati posti. Tutto quanto si è detto rende molto probabile che nelle testuggini operate della volta del cervello medio a delle manifestazioni esteriori più vivaci corrispondano delle debolissime modificazioni nello stato della loro coscienza; mentre nelle testuggini normali, la loro stessa abituale immobilità è l'espressione di profondi cangiamenti nel campo della psiche. Così i grandi pensatori sono di rado compresi ed apprezzati, giacchè le loro idee, appunto perchè profonde, non possono avere un'espressione esterna adeguata; mentre sotto le brillanti immagini del semplice volgarizzatore si nasconde sovente un ingegno poco più che mediocre, e nessuna profondità di concetti.

Queste ultime esperienze mentre dimostrano l'esistenza di centri inibitori nella volta dei lobi ottici, sembrano dare un certo fondamento sperimentale alla felice intuizione dell'Herzen sulle basi fisiche della coscienza.

E qui giova che io ritorni sul mio cammino per chiedermi se si possa attribuire un certo grado di coscienza al sistema bulbo-spinale delle testuggini. È noto come fisiologi insigni abbiano studiato la questione del sensorio spinale. Pfüger² prima di tutti e l'Oehl³ assai

¹ Goltz, *Beitr. zur Lehre v. d. Functionen d. Nervencentren d. Frosches*; Berlin, 1869.

² Pfüger, *Die sensorischen Functionen d. Rückenmarks etc.*; Berlin, 1853.

³ Oehl, *Sulla probabile diffusione dei centri di volontà nel midollo spinale dei vertebrati inferiori*; Morgagni, 1881.

recentemente hanno creduto di poter dedurre l'esistenza di un sensorio spinale dal modo di comportarsi di una anguilla e di una rana decapitata verso gli stimoli esterni. « I movimenti coi quali una » rana reagisce agli stimoli esterni (conchiude l'Oehl nella sua memoria, nella quale completa le ricerche e dà uno svolgimento ulteriore alle idee del Pfüger sull'argomento) non tanto per la isolata » loro opportunità, quanto per la congiunzione di essi colla varietà, » malgrado la unità del punto eccitato, offrono il carattere della volontarietà, e traggono quindi al concetto che, discendendo ai vertebrati inferiori, i relativi centri di volontà non sieno limitati, » come forse pei vertebrati superiori, alle sole masse encefalica e » bulbare, (?)¹ ma si estendano anche al midollo spinale. » È indiscutibile che i fatti provocati da Pfüger e da Oehl sono tali da permettere il sospetto che realmente esista un sensorio spinale, almeno nei vertebrati inferiori. Il sospetto soltanto però sarebbe concesso, perchè noi non sapremmo concepire un'esperienza che valga a rivelarci indiscutibilmente il carattere cosciente nei movimenti di un animale, specialmente se esso appartenga alle ultime sfere della classe dei vertebrati. Come in fatti si potrà mai direttamente stabilire che lo stimolo, che ha provocato un movimento, per quanto quest'ultimo sia complesso e adattato alle condizioni dell'ambiente eccitante, sia sentito dall'animale che lo ha subito? Tutte le esperienze in proposito non possono, a parer nostro, combattere efficacemente il concetto del Lotze² e del Maudsley,³ che i movimenti responsivi di un animale scerebrato sieno il risultato di una funzione organizzata; benchè questo concetto sia stato attaccato con un'ironia che colpisce dal Du Bois-Reymond.⁴ Anzi le osservazioni sopraesposte della deambulazione *coordinata* nel midollo spinale, sarebbero una conferma dell'idea sostenuta dal filosofo di Gottinga e dallo psichiatra di Londra, che cioè, dal fatto che certi stimoli speciali provocano sempre certe speciali reazioni ideomotrici, ne derivi la formazione nell'ambito spinale di vie potenziali di facile conduzione, per le quali si possa avere poi una reazione coordinata ad uno scopo, senza che la coscienza ne sia avvertita, senza che questa reazione sia il risultato di un atto volontario. Inoltre avendo noi sperimentalmente resa probabile la dottrina dell'Herzen, sulle condizioni determinanti la coscienza, possiamo domandarci se esse si riscontrino nel sistema bulbo-spinale; se in esso cioè vi sieno sufficienti resistenze perchè le impressioni

¹ Questo punto interrogativo fu messo dall'Oehl nel testo della sua Memoria.

² Lotze, *Gottinger gelehrte Anzeigen*, 1858, Stück, 174-177, s. 1748-1759.

³ Maudsley, *Physiologie de l'esprit*, traduit par Herzen; Paris, 1879.

⁴ Du Bois-Reymond, *Berichtigung eines Missverständnisses*; Arch. f. gesamt. Physiol., XV, s. 149.

che riceve diventino coscienti. Basta osservare il modo nel quale camminano le testuggine scerebrate, per dubitarne. Esse infatti, lo abbiamo già detto, presentano dei movimenti di deambulazione caratteristici per l'enorme dispendio di energia. Esse si muovono facendo eseguire ai loro arti delle escursioni esagerate, molto superiori a quelle che sarebbero sufficienti per ottenere i deboli spostamenti del loro corpo, che con esse raggiungono. Questo fatto ci dimostra come manchi nella sfera centrale d'azione di questi movimenti una resistenza abituale, opposta in modo speciale dai lobi ottici. Col togliere questi ultimi non avremmo noi eliminate assolutamente quelle condizioni che sono necessarie perchè si determinino dei fenomeni psichici? O rimarrebbero ancora nel sistema bulbo-spinale sufficienti resistenze per dare origine ad « un sentimento indeterminato e confuso di esistenza in generale, senza alcuna delimitazione della propria individualità, senza traccia della distinzione tra l'io e il non io »? Lo abbiamo veduto; le nostre osservazioni fisiologiche non ci permetterebbero di sciogliere questa questione in senso affermativo.

Ma una considerazione di un carattere biologico astratto ci rende più condiscendenti, per quanto riguarda l'affermazione del sensorio spinale. Il cervello va considerato come il risultato di una evoluzione del midollo spinale. Lo studio del suo sviluppo, della sua struttura, degli elementi che lo compongono non possono lasciarci dubbio sopra tale questione. Ciò che è esatto da un punto di vista morfologico non deve avere meno valore dal punto di vista funzionale. E perciò tutte le proprietà del cervello vanno considerate come il prodotto dell'evoluzione fisiologica, parallela all'evoluzione morfologica, del midollo spinale. Quale altra capacità dell'asse bulbo-spinale, che non sia la coscienza, per quanto rudimentale, può essere considerata come il substratum genetico del sensorio cerebrale? Non sapendo davvero rispondere a questa domanda, dobbiamo concedere anche al midollo un rudimento di coscienza. Ciò che si è detto in senso ontogenico, deve pure essere ammesso quando si consideri la questione dal punto di vista filogenico. Perchè, come osserva Pflüger,² dovremmo noi negare all'*Amphioxus lanceolatus* delle capacità coscienti, per la ragione che esso non possiede un cervello?

¹ Herzen, loc. cit.

² Pflüger, *Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur*; Arch. f. gesamm. Physiol., XV, s. 61.

CAPITOLO IV.

I talami ottici e gli emisferi cerebrali.

Abbiamo raccolto in un solo capitolo il cervello intermediario ed il cervello anteriore propriamente detto, sia per ragioni embriologiche che fisiologiche. È noto infatti che il cervello intermediario ed il cervello anteriore propriamente detto, ossia i talami ottici, e corpi striati ed emisferi cerebrali, rappresentano lo sviluppo ulteriore della stessa vescicola cerebrale; vedremo poi come essi rivelino la comunanza della loro origine, esercitando le stesse influenze nel compimento degli atti volontari.

Parliamo anzitutto del cervello intermediario; esso costituisce una porzione piccola, corta, ma piuttosto alta del cervello, e viene coperto dagli emisferi cerebrali tanto in alto quanto in parte di lato; soltanto la faccia inferiore di esso è scoperta, ed è quella che forma il *tuber cinereum*. Una profonda scissura longitudinale, che si allarga in avanti, il terzo ventricolo, divide il cervello intermediario in due metà simmetriche, che vengono distinte col nome di talami ottici. Gli emisferi cerebrali sono molto sviluppati in confronto del resto del cervello; essi sono cavi internamente, e di forma ellittica. Il solco che divide i due emisferi, e con essi i lobi olfattivi, va in basso fino al *tuber cinereum*, dove gli emisferi sono uniti insieme dal cervello intermediario, il quale in parte si insinua nella cavità mediana che unisce i ventricoli laterali e che è limitata esternamente dai forami del Monroe. Togliendo perciò col cucchiaino a bordi taglienti la parte superiore dei lobi emisferici, si mettono allo scoperto nella loro totalità i talami ottici, i quali colla forbice possono poi essere liberati dai loro rapporti di continuità cogli emisferi cerebrali (vedi fig. 22). Per esportare gli emisferi cerebrali, rispettando tutto il resto

Fig. 22.



L'encefalo della testuggine palustre privato degli emisferi cerebrali.
B, chiasma dei nervi ottici e talami ottici. — C, cervello medio. — D, cervelletto. — E, bulbo.

dell' encefalo, possiamo anche seguire un altro metodo. Divaricato il solco longitudinale che separa i due emisferi, con un colpo di forcipe si disgiungono gli emisferi dalle loro congiunzioni coi talami ottici (B), e col cucchiaino si asportano dal cranio. Questa operazione, che non presenta alcuna difficoltà tecnica, per chi abbia una certa pratica della topografia cerebrale delle emidi palustri, mi ha dato, nelle molte volte che l'ho praticata, dei risultati perfettamente costanti. Per questa ragione non riporterò dal mio giornale che la descrizione di una soltanto delle esperienze fatte in proposito.

9 luglio 1883. — Testuggine palustre. Estirpazione degli emisferi rispettando i talami, il nervo ottico ec. ec. Operazione riuscita perfettamente. L'animale cammina. La sua deambulazione presenta tutti i caratteri dei movimenti volontari. Colpita ritira il capo e si arresta, ma con una certa lentezza. Messa sopra una tavola, quando è giunta al suo bordo si ferma esitante, guardandosi attorno. Dopo molta esitazione si slancia giù, ritirando il capo e ruotando in modo da cadere sul dorso, perfettamente come una testuggine normale. Si distingue dalle normali però perchè presenta una maggiore esitazione, e sta sempre molto più tempo all'orlo della tavola prima di precipitarsi. Nuota benissimo, ma molto lentamente. È nel complesso delle sue manifestazioni, più lenta, più torpida, più indecisa di una testuggine normale.

In conclusione l'esportazione degli emisferi cerebrali non toglie completamente all'animale, almeno in apparenza, alcuna di quelle capacità che noi attribuiamo al cervello. Esso si muove volontariamente, schiva gli ostacoli, vede perfettamente bene, risponde adeguatamente alle impressioni che riceve; si comporta in tutto e per tutto come una testuggine normale. Soltanto esso si mostra più lento, meno vivace, meno intelligente, manifesta una vera e propria astenia della volontà. Ma ciò che a noi importa sopra tutto di fissare in questo momento, è la capacità che hanno anche i talami ottici di emettere degli impulsi di carattere nettamente volitivo.

Oltre alle osservazioni esposte, che ci danno la prova di quanto asseriamo, noi possiamo anche coll'esperienza dimostrare le attitudini volitive dei talami ottici. Eccone un esempio:

Ad un'Emys europaea si allaccia strettamente il collo con un tubo elastico, il quale mentre elimina le emorragie che altrimenti conseguirebbero all'operazione, impedisce anche all'animale di retrarre il capo. Il cervello viene messo a nudo, col metodo più volte descritto. Eccitando elettricamente, con una corrente indotta assai bene tollerabile alla punta della lingua, i *lobi ottici*, noi osserviamo come, ad ogni contatto dell'eccitatore, l'animale ritragga con violenza gli arti, e cerchi di ritirare il capo nel guscio, come se risentisse un forte dolore. Appena cessato lo stimolo elettrico la testuggine riprende la sua

posizione di riposo, cogli arti semiflessi e il capo abbandonato. Essa si comporta ben diversamente se noi eccitiamo colla stessa corrente indotta gli *emisferi cerebrali*. Essa non reagisce subito allo stimolo, non dimostra di sentire alcun dolore; anzi se ne sta tranquilla per un certo tempo, che varia da mezzo ad un minuto primo circa, poi comincia a fare dei movimenti di deambulazione, che con nessun colpo o ad altro atto coercitivo ci riesce di arrestare. Dopo aver eseguito con molta vivacità un certo numero di passi, essa ritorna spontaneamente in quiete. Sembra proprio che collo stimolo elettrico si sia risvegliata negli emisferi un'attività volitiva che prima era assopita. Applichiamo di nuovo l'eccitatore sugli emisferi, e continuiamo l'eccitamento per un mezzo minuto; dopo 30 secondi circa, dacchè lo stimolo è cessato, l'animale riprende i suoi movimenti di deambulazione perfettamente coordinati, e che noi non riusciamo ad arrestare. Anche quando sia afferrato esso continua ad agitarsi violentemente, come se fosse spinto a camminare da qualche ragione imperiosa, come se volesse muoversi ad ogni costo. Dopo aver ripetuto le stesse prove altre volte, ed averne ottenuti gli stessi risultati, esportiamo gli emisferi, rispettando i talami ottici. Lasciamo poi riposare qualche tempo l'animale, e poi eccitiamo i *talami ottici* per un mezzo minuto. Dopo 30 secondi circa, dacchè si è levato l'eccitatore, l'animale comincia a camminare; ma i passi che fa sono in minor numero, e più fiacchi. Non sempre lo stimolo dei talami ottici riesce efficace, ma però il più delle volte la testuggine ad esso reagisce con dei movimenti di deambulazione, che si presentano un certo tempo dopo lo stimolo e durano qualche minuto. Leviamo ora la volta dei lobi ottici, rispettando i peduncoli, ed allora l'animale risponde assai più di sovente, con maggiore energia e con maggior durata di movimenti allo stimolo dei talami. La ragione di questo fatto ci è facile comprenderla quando ricordiamo che i lobi ottici agiscono come una resistenza nell'ambito encefalico. In un animale senza emisferi, coi lobi ottici intatti, non sempre gli impulsi volitivi, sviluppati dai talami in conseguenza della loro stimolazione elettrica, sono abbastanza energici per vincere le resistenze presentate dal cervello medio, e manifestarsi all'esterno sotto forma di movimento. Tolta la volta dei lobi, e diminuite così le resistenze nella sfera cerebrale, gl'impulsi emanati dai talami possono assai più di sovente riuscire efficaci. Da questa esperienza risultano dei fatti molto importanti. In primo luogo abbiamo determinato la possibilità di ottenere dei gruppi di movimenti, che hanno tutti i caratteri dei movimenti volontari, per mezzo della stimolazione elettrica del cervello anteriore. Il tempo latente, relativamente enorme, presentato da questi movimenti, la loro forma complessa, la loro coordinazione, la loro durata, ne fanno qualche cosa di diverso da quei movimenti isolati che si presentano e cessano

col principiare e col finire della stimolazione, quali si osservano col l'eccitamento elettrico della zona motrice della corteccia cerebrale negli animali superiori. Di più queste nostre ultime indagini ci danno la conferma sperimentale di quanto già l'osservazione ci aveva dimostrato, che cioè nell'*Emys europaea* anche i talami ottici sono capaci di sviluppare degli impulsi volontari. Perchè mentre i talami ottici reagiscono come gli emisferi cerebrali agli stimoli elettrici con gruppi di movimenti deambulatori, che hanno tutti i caratteri dei movimenti volontari, questo non succede per la stimolazione delle altre parti dell'encefalo.¹

Oltre a tutto questo, i risultati ottenuti coll'esportazione degli emisferi cerebrali valsero a darmi una nuova prova del valore fisiologico delle mie osservazioni; essi mi dimostrarono cioè una volta di più l'enorme resistenza alle azioni traumatiche dell'encefalo nella testuggine palustre. Infatti quel piccolo segmento del cervello, rappresentato dai talami ottici, può, subito dopo una forte lesione portata sugli emisferi, che sono con esso in immediata continuità, manifestare intatte le sue capacità volitive, e mantenerle così sino alla morte dell'animale.

¹ Che i gangli della base, corpi striati e talami, abbiano funzione analoga a quella della corteccia dei lobi cerebrali, è stato sostenuto, per gli animali superiori dal Luciani e Tamburini nei loro lavori: *Sui centri psicomotori corticali*; Riv. sp. di fren., 1878, c: *Sui centri psico-sensori corticali*; stessa Rivista, 1879.

CAPITOLO V.

Tutto l'encefalo.

Molto espressive sono state per me le lesioni asimmetriche praticate sull'encefalo delle testuggini palustri. Ho fatto sei esperienze in proposito, che mi diedero dei risultati tanto corrispondenti, che io, *more solito*, non riferirò che quanto ho ottenuto in una di queste, che riassume tutte le altre.

4 giugno 1884. — È una grossa testuggine palustre del peso di 350 grammi; uno degli esemplari più grandi che io abbia potuto procurarmi. Le pratico sul lato destro del cranio un'apertura col trapano, ed allargo poi la breccia colla tanaglia osteotoma, in modo da scuoprire l'emisfero ed il talamo destro. Aperta la dura madre ed incisa la pia lungo la linea mediana e lungo il bordo anteriore dei lobi ottici, taglio con un affilato coltellino del Gräfe le aderenze del cervello anteriore destro col lobo ottico dello stesso lato e col talamo del lato opposto, ed esporto dal cranio la parte separata per mezzo di un cucchiaino. Ottengo così una testuggine senza il cervello anteriore destro, il di cui encefalo può essere rappresentato dallo schema della figura 23.

Fig. 23. ¹

La testuggine così operata se ne sta raccolta nel suo guscio perfettamente immobile. La tenni tutto il giorno in osservazione e non

¹ In questo schema e nei seguenti venne ommesso il contorno del talamo ottico sinistro.

mi occorse mai di vederla muovere un passo o spingere il capo fuori del carapace. I rumori, le scosse, i colpi non valsero a scuoterla dalla sua immobilità. Il mattino seguente all'operazione essa fu trovata nello stesso luogo in cui era stata posta. Se la teniamo sospesa agli arti anteriori, questi restano semiflessi, presentando *forse* l'arto anteriore destro una flessione un poco più accentuata. Diciamo forse, perchè la differenza rilevata è tanto piccola, da poterci trarre in errore. Alle ore 2 dello stesso giorno le viene levato a destra anche il lobo ottico. Il cervello della nostra testuggine può ora essere rappresentato dallo schema segnato dalla figura 24. Quasi ogniqualvolta

Fig. 24.



sia colpita, e spesso anche spontaneamente, essa presenta dei periodi di una strana attività deambulatoria. Si tratta di veri movimenti di maneggio, perchè l'animale gira continuamente sullo stesso lato, il sinistro, descrivendo delle linee circolari di un raggio superiore di molto a quello dell'asse longitudinale del suo corpo. Questa forma di maneggio, eseguito sul lato opposto a quello della lesione cerebrale, non va attribuito che in menoma parte a che gli arti di destra possono sviluppare una forza maggiore a quelli di sinistra. A vero dire colla sospensione degli arti anteriori noi abbiamo potuto dimostrare, dopo l'estirpazione del lobo ottico destro, una differenza evidente fra la forza dell'arto anteriore destro e quello del sinistro, e precisamente in questo senso che l'arto sinistro è più debole del destro. Questa differenza è molto più evidente per quanto spetta agli arti posteriori, dei quali il destro può da solo sostenere, mantenendosi in flessione, il peso del corpo, mentre il sinistro, anche eccitato meccanicamente, non può flettersi, quando ad esso soltanto si tenga sospeso il corpo dell'animale. Ma il fatto che l'arto di un lato può sviluppare più forza del lato opposto, non conduce necessariamente ad ammettere che ad ogni movimento il membro più forte faccia de-

gli sforzi preponderanti e quindi produca una deambulazione asimmetrica. Noi stessi abbiamo quasi tutti la metà destra del corpo molto più forte della sinistra, e ciò nonostante possiamo camminare in linea perfettamente retta. Così succede del resto nelle nostre testuggini a metà scerebrate. In esse infatti ho potuto convincermi che non vi è una differenza notevole nella forza sviluppata dagli arti dei due lati col metodo seguente. Sdraiatomi supino sopra tre sedie messe in fila, ho lasciato camminare la testuggine sul mio petto denudato. In questo modo poteva, dalle pressioni esercitate dagli arti della testuggine deambulante sulla cute del mio petto, giudicare della forza esercitata da ciascun arto. Così mi sono convinto che realmente non vi è una differenza apprezzabile fra la forza degli impulsi dati dagli arti anteriori ad ogni passo, quale dovrebbe essere per determinare il maneggio osservato. Basta del resto considerare le nostre testuggini mentre camminano, per convincersi che il maneggio è dovuto ad una asimmetria nella forma e non nell'energia dei movimenti degli arti anteriori. Infatti le due zampe anteriori presentano la stessa attività, anzi spesso si osserva che il membro di sinistra esegue dei movimenti, quando quello di destra sta immobile; mentre non ci è mai dato di osservare il caso opposto. Per comprendere il maneggio di cui facciamo questione ricordiamo anzitutto come alla locomozione delle emidi l'arto anteriore contribuisca con movimenti che sono preponderantemente di adduzione e di abduzione, mentre il posteriore presenta delle escursioni che si risolvono sopra tutto in estensioni e flessioni. Or bene; le nostre testuggini, alle quali fu tolto il cervello destro, presentano il maneggio sul lato sinistro, perchè esse adducono in un primo tempo il membro anteriore sinistro dopo averlo appoggiato al suolo, e in un secondo tempo abducono l'arto scapolare destro dopo averlo medesimamente impostato. Così il carapace dell'animale tratto dall'arto sinistro, spinto dall'arto destro deve necessariamente ruotare sul lato sinistro. Gli arti posteriori si muovono intanto simmetricamente, con alterne flessioni ed estensioni, vale a dire nel primo tempo l'arto posteriore destro, nel secondo il posteriore sinistro, e non prendono parte nel dare alla deambulazione la forma di maneggio, che accompagnando la deviazione indotta dal treno anteriore.

Questa forma di maneggio è di una costanza grandissima; ogni qual volta si levò una metà del cervello ad una testuggine si osservarono dei movimenti di maneggio sul lato opposto a quello della lesione, e sempre prodotti dalla preponderanza dei movimenti adduttivi del lato opposto, e dei movimenti abduttivi del lato corrispondente a quello della esportazione cerebrale. Era logico quindi cavarne la conclusione che il cervello delle testuggini domini sui movimenti di adduzione degli arti per vie prevalentemente dirette di conduzione nervosa,

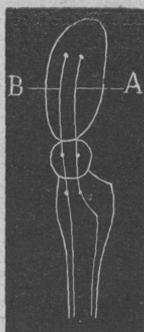
e su quelli di abduzione per vie prevalentemente incrociate. Per quanto inattesa questa conclusione, pure essa non è che la nuda espressione dei fatti osservati; perchè come si disse, l'ablazione di mezzo cervello abolisce quasi i movimenti abduttivi del lato opposto, e gli adduttivi dello stesso lato.

Vi è però una difficoltà da vincere, per comprendere il meccanismo da noi espresso, ed è che i movimenti di adduzione da un lato e di abduzione dall'altro, che determinano il maneggio, implicano una precedente adduzione dell'arto addotto e reciprocamente una abduzione dell'arto addotto. Ma questa difficoltà è soltanto apparente ed eccone il perchè. I movimenti eseguiti da un arto anteriore nella locomozione della testuggine si possono dividere sommariamente in due fasi; nella prima l'arto viene portato in avanti ad all'esterno ed appoggiato a terra, nella seconda esso produce uno spostamento del corpo. Nella prima fase non è necessario che un debole sviluppo di forze, quello che basta allo spostamento dell'arto; è nel secondo stadio che i muscoli locomotori devono contrarsi con energia per ottenere la spinta del corpo in avanti. Questa differenza è tanto maggiore nella testuggine per la brevità degli arti, e pel peso relativamente enorme del corpo. È perciò soltanto nella seconda fase del movimento volitivo di locomozione che si accentuano nella nostra testuggine le differenze di energia nei diversi gruppi muscolari, prodotte dall'abolizione unilaterale della maggior parte delle vie di conduzione per speciali movimenti, perchè l'interruzione di gran parte delle vie di trasmissione dei movimenti adduttivi da un lato ed abduttivi dall'altro, non permette l'ostinazione completa degli impulsi che per quella forma di movimento, da ciascun lato, per la quale le vie di conduzione sono rimaste per la massima parte intatte. I deboli impulsi volitivi che provocano i movimenti della prima fase possono invece sufficientemente trasmettersi, appunto perchè deboli, attraverso alle poche conduzioni, che ad onta della lesione rimasero intatte, sia perchè esse si fanno direttamente, sia perchè il loro incrociamento ha luogo più in basso del punto lesa. Concludendo dunque, le trasmissioni pei movimenti di adduzione si fanno per la massima parte in via diretta, e quelle pei movimenti di abduzione in via incrociata. Di più possiamo aggiungere: l'incrociamento delle vie di abduzione si fa al disotto dei lobi ottici. Il cervello delle nostre testuggini poteva perciò essere rappresentato dallo schema impresso alla fig. 25 (vedi pag. seg.), nel quale sono segnate le vie di conduzione principali agli impulsi volitivi pei movimenti adduttivi (B) ed abduttivi (A).

Noi possiamo anche dare una prova sperimentale diretta della attendibilità di questa nostra asserzione. Sezionando longitudinalmente lungo la linea mediana le parti dei centri nervosi sottoposte

ai lobi ottici, noi dovremmo, se le cose stanno come si disse, abolire i movimenti preponderantemente abduttivi dell'arto corrispondente alla lesione cerebrale, togliendo così a questo arto la capacità di muoversi volontariamente, mentre dovrebbero rimanere invariate le funzioni già osservate nel membro corrispondente al lato opposto a quello del cervello esportato. Basta gettare uno sguardo sull'ultimo

Fig. 25.



schema per comprendere la cosa. La prima esperienza fatta in proposito sulla mia testuggine era tale da incoraggiarmi.

Scoperta buona parte del midollo cervicale anteriore, dopo avere aperta la dura madre, ed incisa con sottile forbicina la pia, seziono longitudinalmente lungo la linea mediana il midollo cervicale per un tratto di un po' più di un centimetro, partendo dall'apice del calamo scriptorio. Immediatamente dopo l'operazione l'animale è molto depresso, e tiene gli arti rilassati ed abbandonati fuori del guscio. Un'ora e mezza dopo comincia a girare come prima sul lato sinistro, ma eseguendo delle curve di un raggio molto maggiore a quello che compieva prima. Osservandolo mentre cammina si nota subito che gli arti di destra si muovono meno energicamente e con minore espansione di prima; evidentemente in essi l'elemento abduttore è diminuito. Dal quale fatto si può dedurre che una piccola parte delle fibre abducenti si incrociano nel midollo cervicale in prossimità del bulbo. L'indomani mattina riapro la larga breccia aperta nel cranio e nel collo, e ripulisco attentamente quello che ancor rimane dell'encefalo con dei pezzetti di soffice spugna. Rischiato così il campo operativo, rovescio in avanti il cervelletto ed esporto la tela coroidea che occupa il 4° ventricolo, in modo da poter mettere allo scoperto il bulbo in tutta la sua estensione. Quest'ultimo viene poi longitudinalmente sezionato lungo la linea me-

diana, dal calamo scriptorio all'imboccatura dell'acquedotto del Silvio. L'encefalo così operato poteva essere rappresentato dal seguente schema (vedi fig. 26). D'allora in poi l'animale *invertì* la direzione del suo maneggio. Mentre prima girava sul lato *sinistro*, cominciò a girare sul lato *destro*. Esaminiamo particolarmente il meccanismo di questa inversione. L'arto anteriore sinistro si muove come prima della sezione del bulbo, presentando cioè degli energici movimenti

Fig. 26.



di adduzione, mentre l'arto posteriore dello stesso lato continua nei suoi movimenti di estensione e di flessione; l'arto anteriore destro accompagna i movimenti del suo omonimo di sinistra, facendo quelle grandi e poco efficaci escursioni deambulatorie che sono caratteristiche della massima parte delle testuggini scerebrate, mentre l'arto posteriore destro rimane sempre immobile. I movimenti dell'arto posteriore sinistro, aggiunti alle escursioni dell'anteriore dello stesso lato (benchè quest'ultimo presenti dopo l'impostatura dei movimenti prevalentemente adduttivi), mentre l'arto posteriore destro è immobile, e l'anteriore dello stesso lato presenta delle escursioni poco efficaci e poco energiche (per la profonda lesione subita dal bulbo) provocano il maneggio sul lato destro, dopo la sezione longitudinale del bulbo. Ma il fatto più notevole, tra quanto abbiamo osservato in questa esperienza, è che mentre per la sezione longitudinale del bulbo i movimenti degli arti del lato sinistro rimangono invariati, quelli del destro, in quanto sono movimenti volontari, vengono eliminati. Infatti le escursioni dell'arto anteriore destro si rivelano nella loro forma come prodotti dagli impulsi automatici della metà destra del bulbo. Questa che per quanto verosimile era pur sempre una supposizione, perchè gli impulsi volontari potrebbero essere trasmessi alla metà destra per incrociamenti posti al disotto

della sezione, io l'ho dimostrata all'evidenza, levando alla nostra testuggine la metà destra del bulbo. L'encefalo del nostro animale poteva allora essere rappresentato dallo schema segnato alla fig. 27. Dopo l'operazione, l'animale continuò a muovere come prima gli arti di sinistra, mentre quelli di destra rimasero sempre assolutamente immobili.

Fig. 27.



Chi mi ha seguito in questa ultima serie di esperienze, si sarà, spero, persuaso della attendibilità delle seguenti induzioni:

- I. Che gl'impulsi volontari ai movimenti di adduzione si trasmettono quasi tutti per vie dirette.
- II. Che gl'impulsi volontari ai movimenti di abduzione si trasmettono quasi tutte per vie incrociate.
- III. Che la decussazione delle vie di conduzione ai movimenti abduttivi ha luogo per la massima parte nel bulbo.

EPILOGO.

Volendo in poche parole riassumere i risultati delle nostre esperienze, lasciando da parte le particolarità per arrestarci ai fatti più salienti, noi possiamo anzitutto dividere l'encefalo, da un punto di vista fisiologico, come il suo sviluppo ci ha appreso a scinderlo sotto l'aspetto morfologico; cioè in cervello posteriore o midolla allungata e cervelletto, in cervello medio o lobi ottici e peduncoli, in cervello anteriore o talami ottici ed emisferi cerebrali, ammettendo inchiusi in questi ultimi, benchè non distinti, i corpi striati.

Nella midolla allungata troviamo dei centri automatici in tensione, i quali hanno la tendenza a sviluppare continuamente o periodicamente, a seconda delle loro condizioni, le energie in essi accumulate. Queste energie si svolgono in forma d'impulsi, che elaborati dal midollo spinale si estrinsecano come movimenti coordinati. Inoltre nel tratto bulbo-spinale abbiamo trovato delle capacità mnemoniche ed uno speciale senso d'equilibrio. Nel cervelletto invece non abbiamo potuto riconoscere alcuna speciale funzione.

Nei lobi ottici, propriamente detti, e nei peduncoli abbiamo rinvenuto dei centri di resistenza, che mentre inibiscono gl'impulsi automatici bulbari, danno alle impressioni che giungono al cervello in via centripeta, ed agli impulsi che da esso si dipartono in via centrifuga, il carattere psichico.

Gli emisferi cerebrali ed i talami ottici, come hanno embriologicamente la stessa origine dalla vescicola cerebrale anteriore, così presentano fisiologicamente le stesse attitudini nella capacità di emettere degli impulsi volitivi propriamente detti.

I movimenti volontari nella testuggine europea si riassumono sopra tutto nella deambulazione, nelle movenze del capo, della coda e della mandibula, e nei movimenti eseguiti per scavare cunicoli. Esse sono incapaci di compiere quei movimenti complessi di prensione, di salto, di varie andature che caratterizzano altri animali. Il nuoto in cui sono abilissime, non è in esse che una deambulazione leggermente modificata. Il movimento più complesso, di cui esse sono

capaci, è quello che impiegano nel raddrizzarsi, quando siano state rovesciate. Tutti questi movimenti, noi lo abbiamo veduto, sono organizzati nel midollo spinale, e si svolgono continuamente in una testuggine scerebrata per effetto degli impulsi automatici bulbari. Ma una testuggine normale si comporta ben diversamente, perchè essa non si muove già di continuo, ma soltanto quando vi sia spinta da qualche motivo, da qualche impulso ideomotore, o, come si suol dire, quando vuole. Come si esplica questo atto volitivo?

Non è certo necessario che dal cervello parta uno stimolo coordinato per produrre un dato movimento, perchè quest'ultimo si trova organizzato nel midollo spinale, per quanto riguarda la sua coordinazione, mentre gli impulsi sono sempre pronti a svolgersi nella midolla allungata. Se essi non si svolgono egli è perchè nel cervello medio vi è una potenza inibitrice che lo impedisce. Basterà per questo che il cervello anteriore tolga od attenui questa inibizione, perchè gl'impulsi automatici bulbari, seguendo le vie spinali aperte per eredità od acquisite per lunga abitudine, ed utilizzando le energie accumulate negli archi diastaltici del midollo, provochino quel dato movimento volontario. Come gli stimoli esteriori, secondo le osservazioni del Darwin, sanno utilizzare i movimenti automatici di circumnutazione delle piante per trasformarli in atti responsivi, così il cervello anteriore delle testuggini palustri utilizza le energie automatiche in continua tensione nel bulbo per farne dei movimenti volontari, che in ultima analisi sono pur essi dei movimenti responsivi.

L'apparecchio encefalico può essere schematicamente rappresentato da un orologio a pendolo, per quanto riguarda la sua capacità di emettere degli impulsi volitivi. Le forze automatiche accumulate nel bulbo dal movimento nutritivo rappresentano la molla carica, il cervello medio lo scappamento, il cervello anteriore il pendolo che rimuove l'ancora e distribuisce così in forma speciale lo svolgimento delle forze immagazzinate nella molla; ma non un pendolo che si muove ritmicamente, ma che è messo in movimento o dalle energie dell'ambiente, o da un misterioso meccanismo interno che si sottrae; per ora almeno, alle nostre indagini. E per continuare nei paragoni, come le resistenze interposte in un circuito elettrico possono esprimersi sotto forma di luce e di calore, così la coscienza che accompagna i movimenti provocati dal cervello, e la intelligenza che per essi si rivela sono il risultato della resistenza presentata dal cervello medio nel circuito psichico. È appunto nei fenomeni d'interferenza che hanno luogo nei lobi ottici, che noi troviamo le cause di quelle trasformazioni di energie dalle quali si determina il *substratum* meccanico dei fenomeni psichici. Se un impulso che parte dagli emisferi e dai talami ottici potesse trasmettersi alla sfera motrice senza incontrare resistenza, esso non lascerebbe traccia di sé nell'encefalo, non

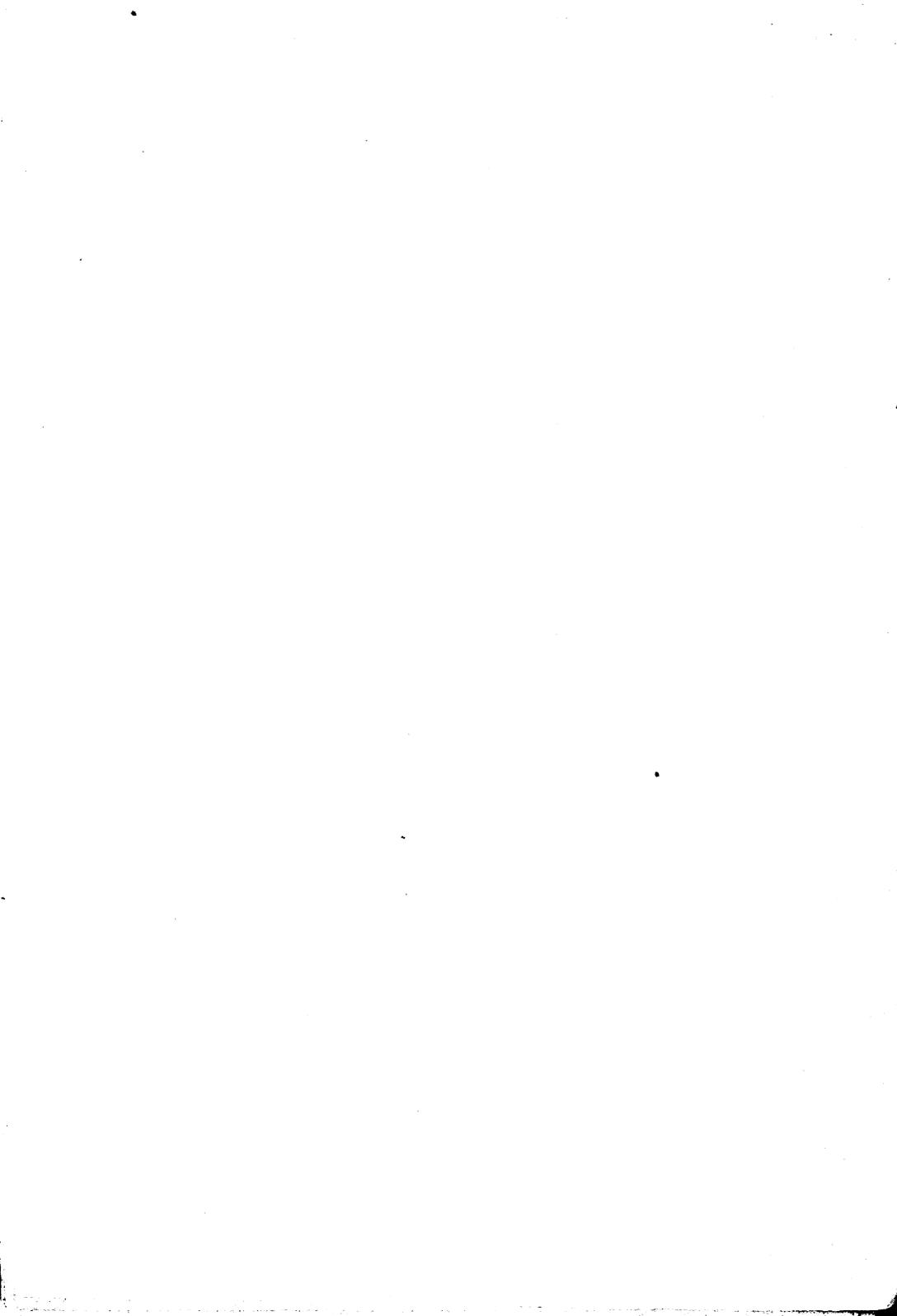
potrebbe determinare lo sviluppo di quella coscienza che lo caratterizza e lo distingue dalle altre forme di movimento eseguite dall'animale.

Ma gl' impulsi volontari che si estrinsecano dal cervello anteriore, non si limitano soltanto ad attenuare o ad abolire l'azione inibitrice che i lobi ottici esercitano sui centri automatici bulbari, ma possono anche aggiungersi a questi ultimi per dare maggiore energia agli atti volitivi. La prova di questo la troviamo, fra le altre, nella esperienza descritta a pagina 57. In essa vediamo una testuggine a metà scerebrata e col bulbo longitudinalmente sezionato lungo la linea mediana, muoversi con maggiore energia dal lato nel quale gli restano ancora dei rapporti fra il cervello e la midolla allungata, che da quello che è messo in movimento dai soli centri automatici del bulbo. Stabilito il meccanismo pel quale si estrinsecano gli impulsi ai movimenti volontari noi abbiamo anche sperimentalmente provato come gli stimoli emanati dal cervello anteriore seguano delle vie centrali speciali, pei singoli movimenti che essi sono destinati a provocare, e come questa particolare divisione delle vie di trasmissione si faccia principalmente nel bulbo.

Firenze, 15 giugno 1881.

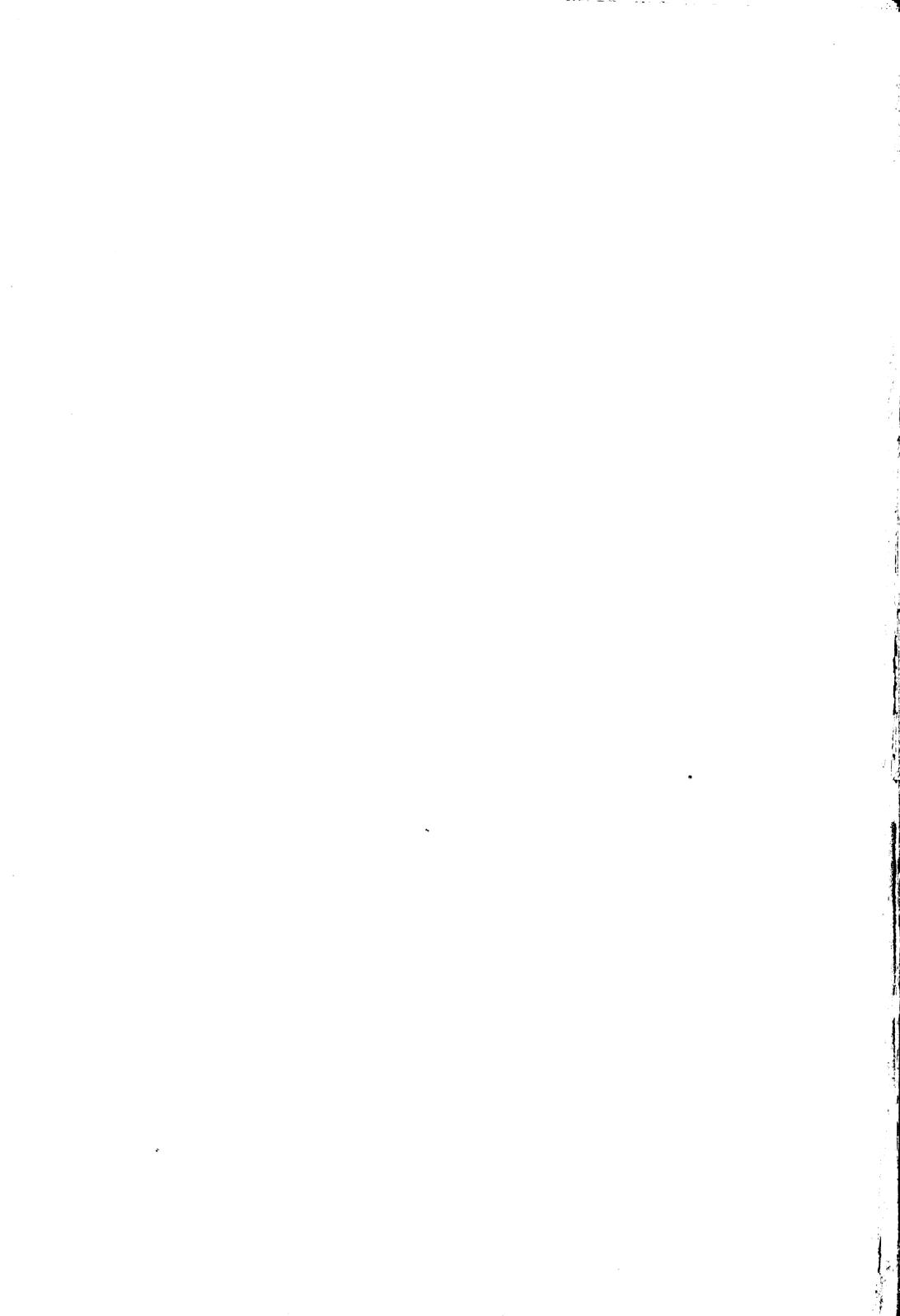
56881





INDICE.

DEDICA.....	Pag. 3
CAP. I. — Il tratto bulbo-spinale.....	5
» II. — Il cervelletto.....	36
» III. — I lobi ottici.....	38
» IV. — I talami ottici e gli emisferi cerebrali.....	48
» V. — Tutto l'encefalo.....	52
Epilogo.....	59



OPERE GIÀ PUBBLICATE DAL R. ISTITUTO.

Sezione di FILOSOFIA E FILOLOGIA.

VOLUME I. — Lire 10.

Illustrazione di due Iscrizioni arabe delle quali possiede i gessi l'Istituto di Studi superiori in Firenze, per MICHELE AMARI.

L'Inno dell'Atarvaveda alla Terra [XII, 1], per FRANCESCO LORENZO PULLÈ.

L'Evoluzione del Rinascimento. Studio del prof. ADOLFO BARTOLI.

Corso di Letteratura greca dettato da GREGO-

RIO UGDULENA nel R. Istituto di Perfezionamento in Firenze, l'anno 1867-68.

Il Tumulto dei Ciompi. Studio storico di CARLO FOSSATI (con l'aiuto di nuovi Documenti) presentato per tesi di laurea nel R. Istituto di Studi superiori in Firenze il 15 giugno 1873.

Elenco delle OPERE PUBBLICATE DAI PROFESSORI DELLA SEZIONE DI FILOSOFIA E FILOLOGIA DEL R. ISTITUTO SUPERIORE.

VOLUME II.

1. **Sull'autenticità della Epistola ovidiana di Saffo a Faone e sul valore di essa per le Questioni saffiche.** Studio critico del professore DOMENICO COMPARETTI. — Lire 1. 75.

2. **In Hegesippi oratione de Halonneso,** Codicum florentinorum lectionis discrepantium, descriptis HIERONYMUS VITELLI. — Lire 1.

3. **Enciclopedia Sinico-Giapponese** (Fascicolo 1°). Notizie estratte dal *Wa-kan san-sai tu-ye* intorno al Buddismo, per CARLO PUINI. — Lire 4.

4. **Sei Tavolette Cerate,** scoperte in un'antica

Torre di casa Maiorfi in via Porta Rossa in Firenze, per LUIGI ADRIANO MILANI. — Lire 4.

5. **Miscellanea** (ad Cic. p. Sex. Rosc. 23, 64; p. Sest. 51, 110; Brut. 8, 31; de Legg. 1, 2, 6; Horat. A. P. 29; Epigramm. ap. Demosth. de Cor. § 289, pag. 322 R.), del prof. GIROLAMO VITELLI. — Lire 4.

6. **Le Origini della Lingua poetica italiana.** Principi di Grammatica storica italiana ricavati dallo studio dei Manoscritti con una introduzione sulla formazione degli antichi Canzonieri italiani, del Dott. C. N. CAIX. — Lire 12.

Intorno ad alcuni luoghi della Ifigenia in Aulide di Euripide. Osservazioni di GIROLAMO VITELLI, con una nuova collazione del Cod. Laur. pl. 32, 2 e sette tavole fotolitografiche. — Lire 5.

Del Papiro specialmente considerato come materia che ha servito alla scrittura. Memoria del prof. CESARE PAOLI. — Lire 3.

Il Mito di Filottete nella Letteratura classica e nell'Arte figurata. Studio monografico di LUIGI ADRIANO MILANI, con una cromolitografia e tre tavole fotolitografiche. — Lire 6.

Della Interpretazione panteistica di Platone, tesi di laurea di ALESSANDRO CHIAPPELLI. — Lire 8.

L'invitc di Eudossia a Genserico, studio critico del prof. GIUSEPPE MOROSI. — Lire 3.

Stato e Chiesa negli scritti politici dalla fine della lotta per le investiture, sino alla morte di Ludovico il Bavaro [1122-1347], studio storico di FRANCESCO SCADUTO. — Lire 4. 50.

I più antichi frammenti del Costituto Fiorentino raccolti e pubblicati da GIUSEPPE RONDONI. — Lire 4. 50.

Accademia Orientale.

Il Commento medio di Averroè alla Retorica di Aristotele, pubblicato per la prima volta nel Testo arabo dal prof. FAUSTO LASINIO. — Fascicoli I, II e III, pag. 1-96 del Testo. — Lire 6.

Repertorio Sinico-Giapponese, compilato dai professori A. SEVERINI e C. PUINI. — Lire 50.

La Ribellione di Masacado e di Sumitomo. Testo giapponese riprodotto in caratteri cinesi quadrati e in catalana per cura di LODOVICO NOCENTINI. — Lire 3.

Detto. Traduzione italiana con Proemio e Tavola geografica del Giappone. — Lire 2.

Il Santo Editto di K'añ-hi e l'amplificazione di Yuñ-Ceñ, tradotti con note filologiche da LODOVICO NOCENTINI. — Lire 4.

Detto. Versione mancese riprodotta a cura di LODOVICO NOCENTINI. — Lire 40.

Il Commento del Donnolo sul Libro della Creazione, pubblicato per la prima volta nel testo ebraico, con note critiche e introduzione, dal prof. DAVID CASTELLI. — Lire 8.

Il primo sinologo P. Matteo Ricci, per LODOVICO NOCENTINI. — Lire 2. 50.

Il LI-KI o Istituzioni, Usi e Costumanze della Cina antica, Traduzione, Commento e Note di CARLO PUINI. (Fascicolo primo contenente i Capitoli I e II). — Lire 2. 50.

Sezione di **MEDICINA E CHIRURGIA** e **SCUOLA DI FARMACIA.**

VOLUME I. — *Lire 40.*

- Della non attività della Diastole Cardiaca e della Dilatazione Vasale.** Memoria quattro del prof. RANIELI BELLINI.
- Storia compendiativa della Chirurgia Italiana dal suo principio fino al Secolo XIX.** del prof. CARLO BUCCHÌ.
- Due Osservazioni raccolte nella Clinica delle Malattie della Pelle** durante l'anno accademico 1874-75 dai dottori CESARE NEBBAZZINI e DOMENICO BARBUZZI sulla **Elefantiasi degli Arabi** e sulla **Sclerodermia**, e pubblicate per cura del professore AUGUSTO MICHELACCI.
- Sopra un Caso di Sclerodermia.** Studio clinico del dottor DOMENICO BARBUZZI.
- Studi Chimici** effettuati durante l'anno accademico 1874-75 dagli Studenti di Farmacia di terzo anno nel Laboratorio di Chimica-Farmaceutica sotto la direzione del prof. LUIGI GUERRI.
- Elenco delle OPERE PUBBLICATE DAI PROFESSORI DELLA SEZIONE DI MEDICINA E CHIRURGIA DEL R ISTITUTO SUPERIORE.
- Del Processo morboso del Colera Asiatico, ec.** Memoria del Dott. FILIPPO PAGINI. — *Lire 2.*
- Il primo anno della Clinica Ostetrica** diretta dal prof. VINCENZO BALOCCHI nella Nuova Maternità di Firenze, Rendiconto del Dott. ERNESTO GRASSI aiutato alla Clinica stessa. — *Lire 50.*
- Archivio della Scuola d'Anatomia Patologica,** diretto dal prof. GIORGIO PELLIZZARI. Volume I. (Con 10 Tavole) — *Lire 10.*
- — Volume II. (Con 8 Tavole). — *Lire 8.*
- Esegesi medico legale sul Methodus Testificandi di Giovan Battista Codronchi** per prof. ANGELO FILETTI. — *Lire 3. 00.*

Sezione di **SCIENZE FISICHE E NATURALI.**

- Zoologia del Viaggio intorno al Globo della Regina Pinacoretta Magenta** durante gli anni 1855-68. — **Crostacei Erachiuri e Anomouri** per ADOLFO TARGIONI-TOZZETTI. — Un Volume (con 13 Tavole). — *Lire 20.*
- Studi e ricerche sui Pienogoudi** Parte Prima: **Anatomia e Biologia** (con 2 Tavole). — **Descrizione di alcuni Batraci Anuri Polimeliani e Considerazioni intorno alla Polimelia** (con 1 Tavola). Due Note del dottor G. GAVANNA. — *Lire 3.*
- Sulla Teoria fisica dell'Elettrotone nei Nervi.** Esperienze del dott. A. ECHNER (con 2 Tavole). — *Lire 1. 50.*
- Sulle Forze elettromotrici** sviluppate dalle Soluzioni saline a diversi gradi di concentrazione coi metalli che ne costituiscono la base, del dottor A. ECHNER (con 2 Tavole). — *Lire 1. 80.*
- Anora sulla Polimelia dei Batraci anuri** (con una Tavola). — **Sopra alcuni Visceri del Gallo cedrone** (*Tetrao Urogallus* Linn.) (con una Tavola). Due Note del dottore G. GAVANNA. — *Lire 2.*
- Il Globo Celeste arabico del secolo XI,** esistente nel Gabinetto degli strumenti antichi di Astronomia, di Fisica e di Matematica del R. Istituto di Studi superiori, illustrato da F. MENGOLI. — *Lire 2. 80.*
- Ricerche sulle Formole di costituzione dei Composti ferrici.** — Parte Prima: **Idrati ferrici.** — Nota del Dottore DOMENICO TORRELLA. — *Lire 1. 50.*
- Tavole per una « Anatomia delle Piantie Aquatiche »** Opera rimasta incompiuta di FILIPPO PARLATORE. — *Lire 5.*
- Sulle Convulsioni epilettiche per vecepi.** Ricerche critico-sperimentali per A. ROVIGHI e G. SANTINI fatte nel laboratorio di Fisiologia diretto dal p. E. LUCIANI. — *Lire 1. 50.*
- Linee generali della Fisiologia del Cervelletto.** Prime Memorie del prof. LUIGI LUCIANI. — *Lire 2.*
- Osservazioni continue sulla Elettricità Atmosferica istituite a Firenze** dal prof. ANTONIO RÖITI, in collaborazione col dott. LUIGI PASQUARINI. — *Lire 3. 50.*
- Saggio sperimentale sul Meccanismo dei movimenti volontari nella Testuggine palustre (Emys Europaea)** del dott. GIULIO FANO. — *Lire 2.*

COLLEZIONE SCOLASTICA.

Accademia Orientale.

- Le Curiosità di Jochama.** Testo Giapponese trascritto e tradotte da A. SEVERINI. — Parte Prima, Testo riprodotto in Fotolitografia. — *Lire 3.*
- Detto, Parte Seconda e Terza.** Trascrizione, Traduzione e Note da A. SEVERINI. — *Lire 2.*
- La Via della Pietà Filiale.** Testo Giapponese trascritto, tradotto ed annotato da CARLO VALENZIANI. — Parte Prima, Testo riprodotto in Fotolitografia. — *Lire 6.*
- Detto.** Parte Prima, trascrizione, traduzione e Note. — (Seconda edizione riveduta e corretta). — *Lire 3.*
- Elementi della Grammatica Mongolica** di CARLO PRINI. — *Lire 2.*
- Il Taketori Monogatari ossia la Fiaba del Reano Tagitabambù.** Testo di lingua Giapponese del nono secolo, tradotto, annotato e pubblicato per la prima volta in Europa da A. SEVERINI. — Parte Prima, Traduzione. — *Lire 2.*
- Grammatica Mancese,** compendiativa dall'opera cinese **Zing-ven-ki-mung** e pubblicata per cura di GIOVANNI HOFFMANN. — Parte Prima. — *Lire 1. 80.*
- Programma di Paleografia latina e di Diplomatica,** e posto sommariamente da CESARE PAOLI. — *Lire 1.75.*