

Contributi alla Fisiologia del movimento e del sistema nervoso degli animali inferiori. (V.)

OPISTOBRANCHIA: *Aplysia depilans* L., *Aplysia limacina* L.,
Aplysia punctata Cuv.

Per Osv. Polimanti

(dalla Sezione fisiologica della Stazione Zoologica di Napoli).

Molto a ragione Vulpian nel 1866 poteva affermare che (p.759) „la Physiologie du système nerveux des Mollusques se réduit encore presque exclusivement à des inductions fondées sur l'Anatomie.“

Non aveva però torto l'A., perchè non si trovava infatti, in quell'epoca, sui Molluschi lavoro alcuno, se si toglie quello di Bonnet dell'anno 1781, di ordine prettamente anatomico. —

Vulpian dice che i Molluschi hanno degli istinti come per es. quello dell'alimentazione, del procrearsi, alcuni hanno anche degli istinti speciali, come per esempio le Foladi che fanno dei buchi nelle rocce per starvi innicchiate dentro. Per analogia ritiene che questi istinti hanno la loro sede nel ganglio dorsale, ma per non lo può affermare sicuramente.

Vulpian ha molto spesso provato sia nel *Limax* come nella *Helix pomatia* di levare il ganglio dorsale; l'operazione gli riuscì, però non era mai così netta da poter giungere ad una conclusione in queste ricerche. Egli potè vedere solo una differenza molto netta levando o il ganglio sopraesofageo o il ganglio sottoesofageo: nel primo caso l'animale vive 4—5 settimane, nel secondo caso solo un giorno. La causa della differenza, secondo il mio parere, sta nel fatto anatomico che nel ganglio sottoesofageo fanno capo nervi per la vita vegetativa e nell'altro ganglio invece no. —

Lo stimolo elettrico del ganglio sopraesofageo dà solamente degli effetti molto deboli, mentre lo stimolo dell'altro ganglio ha come conseguenza una attività muscolare molto forte e molto estesa. —

Vulpian non potè giungere a delle conclusioni molto nette sui rapporti che corrono fra sistema nervoso e movimenti cardiaci e respiratori nei molluschi.

Chéron fece qualche ricerca sui gangli centrali dei Molluschi, ma non giunse a conclusioni nette e precise. —

Petit fa una lesione del ganglio sottoesofageo in una lumaca e vede, appena dopo 3—4 settimane, che la ferita è rimarginata, che l'animale compie molto più lentamente del normale i suoi movimenti striscianti di progressione e contemporaneamente compie anche dei movimenti di maneggio dal lato sano verso il lato lesio.

Dopo il taglio delle vie di unione fra il ganglio cefalico e pedale come anche dopo il taglio della commissura fra i gangli cefalici, gli animali compiono ugualmente dei movimenti di maneggio. —

Steiner, (III p. 30) però ritiene che queste ultime ricerche non siano del tutto giuste ed esenti completamente da errori.

Yung non si è fatto un concetto esatto sopra la parte che prende ai movimenti, nella *Helix pomatia*, il ganglio sopraesofageo; sembra quasi che, con tutti i tentativi da lui fatti, abbia trovato delle difficoltà tecniche sperimentali molto grandi.

Steiner, per meglio studiare la funzione del ganglio dorsale nei Molluschi marini, si rivolse a quelli che rassomigliano alle lumache terrestri (*Arion*, *Limax*), ossia alla *Aplysia depilans* ed alla *Pleurobranchia Meckelii*. Quantunque l'*Aplysia* si contragga molto, pure riuscì a farvi operazioni. Raccomanda però „(III S. 93) statt des Ganglions auch hier die abgehende Commissur (Dorsoventralcommissur) zu durchschneiden.“

Ebbene, messa l'*Aplysia* nell'acqua, il risultato fu negativo. la lumaca non andava a fare movimenti di maneggio. „(III S. 93). Die Schnecke ging nicht im Kreise herum, bevorzugte auch nicht irgend eine Richtung, sondern hatte ihre normale Gangart beibehalten.“

Secondo lo Steiner l'*Aplysia depilans* e la *Pleurobranchia Meckelii* si comportano, riguardo alla funzionalità degli gangli, come le forme *Pterotrachea* e *Cymbulia*. E lo stesso si avvererebbe, secondo lui, negli altri molluschi che hanno la stessa costituzione anatomica.

Egli così riassume le sue ricerche:

(III. S. 131). „Es ist übrigens möglich, daß in dem Dorsalganglion der anderen Mollusken neben dem Opticuscentrum auch schon ein Großhirn vorhanden ist, aber wir sind aus naheliegenden Gründen nicht imstande, diese beiden Bildungen dort funktionell von einander zu sondern.“ —

Loeb, nei vermi segmentati e non segmentati, „Großhirnfunktionen zuspricht und diese Qualitäten in das dorsale Schlundganglion verlegt. Kurz, wir haben es als ein allgemeines Gesetz anzusehen, daß überall da, wo isolierte höhere Sinneszentren vorhanden sind, die Basis zur Entwicklung eines Großhirns gegeben ist.“

In ordine cronologico vengono ora appanto le osservazioni di J. Loeb, il quale criticò aspramente le idee emesse dallo Steiner sopra la funzionalità del ganglio pedale dei Molluschi. Egli si esprime con queste testuali parole:

„Steiner schließt: Also das Pedalganglion allein hat Herrschaft über die gesamte Lokomotion des Tieres. Ein derartiger

anthropomorpher Schluß geht allerdings viel zu weit. Wir haben nun das Recht, aus dieser Beobachtung zu schließen, daß die protoplasmatischen Verbindungsfasern zwischen Haut und Fuß-muskel des Tieres durch das Ganglion ziehen.“

Nella monografia di Mazzarelli delle Aplysiidae non si trova alcun accenno fisiologico al sistema nervoso della Aplysia. —

Possiamo dire senza tema di errare, che le ricerche anatomiche fatte dai vari autori sopra i gangli ed i connettivi del sistema nervoso della Aplysia non spiegano nulla sopra la loro funzione possibile e probabile.

Graber, adoperando varie sostanze odorose, osservò che la Aplysia rimane assolutamente indifferente in contatto di queste.

Graber dice che „gegen alle Erwartungen unempfindlich sich . . . Aplysia leporina L. erwies . . . letztere blieb völlig indifferent allen angewandten Reizstoffen gegenüber“.

Queste osservazioni di Graber, messe in confronto con le altre fatte da vari autori con vari stimoli chimici e fisici sulla Aplysia, ci fanno fermamente ritenere, che in questi animali è assolutamente impossibile determinare con questi il minimo movimento. Quasi costantemente, in seguito a tutti gli stimoli, l'Aplysia si contrae ed aumenta il suo tono.

Schönlein scoprì che la Pelletierina ha la proprietà di abbassare enormemente il tono dell'Aplysia limacina. Questo fatto, come vedremo poi appresso, fu confermato anche da altri sperimentatori. —

Jolyet e Sellier fecero ricerche sopra i muscoli di vari invertebrati marini e fra gli altri si occuparono anche dell'Aplysia. Questi sono i caratteri riassuntivi:

(P.72): Certains de ces muscles même, comme les bandes musculaires de l'holothurie, les muscles de l'Aplysie et de l'astérie, ont tous les caractères des muscles lisses des vertébrés: longueur de secousse et de ses diverses phases, nombre restreint des excitations nécessaires à les tetaniser“.

Per altri muscoli di molluschi hanno trovato, come vedremo appresso, dei fatti molto differenti.

Bottazzi ed Enriques si occuparono di studiare specialmente il sistema nervoso viscerale delle Aplysie, e per le loro ricerche si servirono di Aplysia depilans e limacina, che venivano studiate allo stato normale, oppure trattate con alcaloidi e glicosidi.

Naturalmente io, della memoria di Bottazzi ed Enriques, non mi occuperò che di quella parte, che ho fatto argomento del mio studio, tralasciando tutto quanto riguarda la fisiologia del sistema nervoso viscerale.

Notarono che la stimolazione dei gangli periesofagei produce movimenti vivaci del mantello e del piede. Ritengono che esista una relazione molto stretta fra il campo di innervazione del sistema nervoso viscerale e quello che presiede alla innervazione della muscolatura del corpo.

Contemporaneamente però vengono a sostenere che esista una grande indipendenza fra i vari centri nervosi delle *Aplysie*, specialmente tra i centri della vita di relazion e i centri viscerali.

La nuova nomenclatura dei gangli e dei connettivi dell'*Aplysia* proposta da Bottazzi ed Enriques non è stata accettata da nessuno dei ricercatori, che si occuparono di studiare non solo questo animale, ma i molluschi in genere.

Altro grave errore, commesso da Bottazzi ed Enriques, è quello di ammettere l'incrocciamento delle fibre nervose nei gangli. Nessuno degli autori, che si sono occupati di studiare la fisiologia e l'anatomia del sistema nervoso dei molluschi, ammise un tale incrocciamento. Lo Steiner che si occupò di ricerche sui molluschi (*Cymbulia*, *Pterotrachea*) vide che la lesione del ganglio pedale, per lui centro motorio, ha sempre un effetto omolaterale. Jordan poi poté confermare nella *Aplysia* queste ricerche di Steiner, che cioè le vie nervose non sono crociate. Questi autori, sia col metodo del taglio come colla ignipuntura e colla eccitazione elettrica, studiarono la funzione dei vari gangli e dei vari connettivi. —

Tutti i movimenti (piedi ed ali) dipenderebbero, secondo questi autori, dai gangli ventrali (pedali) mentre i dorsali (cervicali) servono all'innervazione della regione cefalica ed i laterali (viscerali) sono gangli, che presiedono ai visceri. Le commissure ventrali servirebbero a coordinare da ambedue i lati i movimenti di tutto il corpo. Nei gangli dorsali (cervicali) prevalgono le funzioni recettive alle motrici, perchè sono in rapporto con i tentacoli, colle appendici boccali: l'animale avanza sempre colla parte anteriore del corpo. Mettono infine in dubbio che i gangli dorsali (cervicali) siano veramente motori, perchè potrebbero contenere solo fibre di passaggio che partono dai gangli ventrali (pedali). I nervi destinati alla muscolatura delle pareti del corpo nascono dai gangli e da questi si dipartono come raggi senza anastomizzarsi, senza suddividersi e senza attraversare gangli.

Bottazzi ed Enriques ritengono che le due *Aplysie* da loro studiate siano dotate di un grado differente di tonicità; è bassissimo il tono nell'*Aplysia limacina* e molto accentuato nell'*Aplysia depilans*. Partendo da quanto aveva trovato Bottazzi nell'esofago di rospo, che cioè in generale gli alcaloidi sono espansori ed i glicosidi estrattori dei muscoli lisci, iniettarono gli alcaloidi (tebaina, morfina, nicotina, cocaina, coniina, pelletierina, iosciamina) nell'*Aplysia depilans* (molto tonica) ed i glicosidi (digitalina, sparteina, strofantina) nell'*Aplysia limacina* (atonica). Ebbene gli alcaloidi (i più attivi sono la nicotina e la pelletierina) esagerano ancora più lo stato di atonicità dell'*Aplysia limacina*, ed i glicosidi il tono dell'*Aplysia depilans*. E viceversa gli alcaloidi aboliscono il tono elevato della *Aplysia depilans*, e i glicosidi elevano considerevolmente il tono depresso dell'*Aplysia limacina*.

Bottazzi ed Enriques però non hanno notato che c'è una grande differenza, come nota bene Jordan (I. S. 197), fra i muscoli

lisci degli animali superiori e quelli dell'*Aplysia*, quindi una comparazione perfetta non può essere assolutamente istituita. Difatti nei primi i muscoli lisci fanno dei fasci con fibre intimamente unite fra di loro, mentre nell'*Aplysia* abbiamo dei piccoli fasci che si vanno incrociando fra di loro e formano delle cavità, nelle quali circola il liquido sanguigno.

È assolutamente errato, secondo lo Jordan, quanto sostiene il Bottazzi, che cioè „(S.495). Der Gebrauch des Cocains ist bei *Aplysia* limacina ganz überflüssig, denn ihre Muskulatur ist von Natur schlaff, besonders während des Sommers“.

Non si può assolutamente comparare l'azione della cocaina e quella della temperatura. Non farò nemmeno cenno alla risposta polemica fatta dal Bottazzi allo Jordan, a proposito delle critiche che mosse questo al suo lavoro, perchè ciò è assolutamente inutile.

Jordan si occupò, in un lungo studio, del movimento, del sistema nervoso e del tono della *Aplysia* limacina. Egli, partendo da una osservazione di Schönlein, fatta nelle lumache, „daß die noch mit Haut bedeckten Organe viel leichter und vollkommener erschaffen, als ein ausgezeichnete Muskelstreifen“ studiò il tono nel mantello e nel piede dell'*Aplysia*.

Queste sono le conclusioni alle quali giunge dalle sue ricerche: „Aus diesen Versuchen also geht hervor, daß die Ausdehnung der erschafften, tonuslosen Muskulatur von der in den Blasen enthaltenen Blutflüssigkeit abhängt, welche aus den gespannten Behältern in die intramuskulären Lacunen gepresst wird und dabei die einzelnen Muskelbündel ausdehnt, indem diese, erschlafft, einen „locus minoris resistentiae“ bilden. — Sie ihrerseits treiben durch Kontraktion das Wasser in die Blasen.“

Dipenderebbe dalla elasticità degli elementi dei tessuti, che circondano queste vesciche e le comprimono. Si convinse in ciò facendo dei preparati, secondo il metodo di Gieson, del piede ritirato e completamente esteso: „(S.203) in allen Blasen so gut wie keine Muskelfasern vorhanden sind“. Sembra allo Jordan che, piuttosto che parlare dell'uscita di acqua dall'organo (ala, piede) nello stato di rilasciamento, si debba ciò far dipendere da una diminuzione di elasticità delle singole vesciche.

Jordan saggì i gangli ed i connettivi per mezzo della corrente elettrica, narcotizzando contemporaneamente anche l'animale. Scartò la pellettierina dello Schönlein, perchè non è dosabile e non si mantiene in soluzione. Scartò anche l'alcool al 10%, il bromuro di etile, il pulegone e adoperò solo una soluzione di cocaina al 2% (la dose migliore la trovò in c. c. 0,3 di una soluzione 2% per 100 gr di animale)

Per non fare uscire il sangue, teneva le *Aplysie* in posizione verticale, faceva tutte le operazioni dal lato del piede e richiudeva con pochi punti a sutura continua e metteva poi gli animali in un bacino. Estirpando i vari gangli e le varie commissure poté tenere in vita gli animali anche per mesi. —

L'estirpazione dei gangli cerebrali, come anche il taglio delle commissure cerebro-pedali, fatti omolateralmente, hanno per effetto una lesione omolaterale della muscolatura. —

Con queste parole descrive Jordan i movimenti, che compie l'Aplysia dopo la estirpazione omolaterale del ganglio cerebrale: (S. 192.) „Nach einseitiger Exstirpation des gleichen Ganglions zeigen sich Kreisbewegungen der Art, daß die vom Ganglion isolierte Seite sich schneller bewegt als die normale.“ —

Conferma dunque lo Jordan, quanto era stato già visto da Steiner, che cioè nella Aplysia i nervi non decorrono crociati. E ciò contrariamente a quanto avevano visto Bottazzi ed Enriques, che cioè queste fibre decorressero crociate.

Jordan osservò inoltre che una parte di muscolo (ciò si vede meglio nell'ala che nel piede), separata dal ganglio cerebrale, ha un tono superiore alla parte normale. —

Partendopoi dal fatto, che pezzi di muscolo, che stanno in rapporto col ganglio cerebrale, sono meno eccitabili di quelli che sono isolati, giunge alla conclusione, che questo ganglio ha un potere inibitore sui riflessi e talvolta anche uno dinamogeno. Anche avvelenando con la cocaina il ganglio cerebrale, proporzionalmente diminuisce la eccitabilità; anche meglio ciò avviene senza veleno alcuno.

Asportando il ganglio cerebrale „(S. 211). So Fühler wie Tentakel ständig eingezogen getragen werden.“

F. B. Hoffmann ritiene come cosa stabilita:

(II S. 72.) „Daß die vom Pedalganglion zum Mantellappen hinziehenden Nervenbündel ebenfalls die Ausläufer der letzten (terminalen) motorischen Neurone darstellen, und können mit noch größerer Bestimmtheit sagen, daß die koordinierte Muskelaktion beim Schwimmen dieser Tiere gleichfalls auf einer zentralen Organisation beruht. — Aus der isolierten zentralen Innervation dieser Muskulatur folgt ferner, daß durch lokale elektrische Reizung derselben, bei welcher ja außer den Muskelfasern auch die in ihr enthaltenen Nervenengeflechte mitgereizt werden, eine bloß lokale Erregung gesetzt wird, die sich nicht allseitig ausbreitet.“ —

Gli stessi fatti sono stati visti da Biedermann nel muscolo retrattore dell'occhio e del capo della lumaca, che sono senza ganglii, (almeno sinora nessuno ve li ha trovati: ciò non esclude però, che un giorno con nuovi metodi vi possano essere riscontrati).

È cosa nota da tempo che nei muscoli lisci dei molluschi (Hoffmann II S. 72.) „Daß in ihnen eine diffuse Erregungsleitung nicht nachgewiesen werden konnte.“ Gli stessi fatti di locale contrazione, dietro uno stimolo locale, si vedono anche sia nei muscoli di animali vertebrati che invertebrati (nel lavoro di Hoffmann si trova tutta la letteratura dell'argomento). —

F. B. Hoffmann eseguì un bel lavoro sopra la muscolatura dei molluschi ed anche della Aplysia e giunse a dei risultati, che si allontanano un po' da quelli di Bethe. Anche lui distingue due specie di movimenti nelle ali: l'uno è dovuto ad un vero e proprio

riflesso, assolutamente indipendente dal sistema nervoso centrale (anche dopo l'estirpazione del ganglio pedale) „(II S. 59) auf lokale (mechanische) Reizung hin eine Einziehung der gereizten Stelle des Flügels erfolgt. Dieser Reflexmechanismus ist nicht bloß an den Flügeln, sondern auch an den übrigen Stellen des Mantels ausgebildet.“

L'altro movimento è il vero e proprio moto regolare con le ali, che va compiendo l'Aplysia. —

Stimolando con una corrente piuttosto forte un nervo, che vada alle ali, ha visto Bethe che lo stimolo si trasmette sia avanti come dietro e, secondo questo autore, lungo la rete nervosa periferica, traverso la quale passano sia le vie lunghe che vengono dal sistema nervoso centrale, come anche le vie brevi delle fibre nervose della pelle. Però Hoffmann ritiene che vi sia un'altra possibilità: quando l'ala si muove e si rialza per lo stimolo, entra in funzione il meccanismo riflesso periferico, ossia con lo stimolo si rialza passivamente la parte dell'ala, vicina a quella che viene stimolata direttamente dal nervo. È la parte dunque vicina a quella stimolata, che si contrae per il meccanismo nervoso riflesso. E sostiene, che questa sia l'unica vera spiegazione, per spiegare questo meccanismo del movimento delle ali. —

Hoffmann, stimolando i singoli nervi dell'ala dell'Aplysia, ottenne (come per i cromatofori nei cefalopodi) una contrazione molto più limitata di questa, eliminando il riflesso periferico. Contemporaneamente si ha una grande diminuzione di velocità nella trasmissione dello stimolo, lasciando stare il preparato per molto tempo, oppure avvelenando l'animale con pelletierina.

In questi ultimi tempi il F. W. Fröhlich si occupò di studi sul sistema nervoso dell'Aplysia, che hanno una certa relazione coll'argomento da me trattato. Fröhlich nei suoi studi si servì di animali non narcotizzati ed ottenne dei buonissimi risultati andando a stimolare i vari nervi, gangli e commissure. —

(S. 125.) „Die Flügel kontrahieren sich bei Reizung der Flügelnerven, der Kommissuren zwischen Cerebral- und Pedalganglion, der Kommissur zwischen den Pedalganglien und der Intervisceralkommissur. Da das Pedalganglion Sitz von Flügelreflexen ist, kann auch der zentrale Stumpf eines Flügelnerven mit Erfolg zu Reizversuchen verwendet werden.“

Non potè confermare, quanto aveva visto lo Jordan, che cioè l'ala, dopo la separazione dei nervi dal ganglio pedale, entra in uno stato di contrazione tonica.

Così anche osservò, che: (S. 130.) „Das Cerebralganglion hat auf die Tonusentwicklung keinen Einfluß. Die Verkürzung tritt erst auf, wenn die Cerebropedal- oder Interpedalnervenreizung zeigt, daß die Leitung der Erregung durch das Pedalganglion gelitten hat. Es verhält sich das Präparat so, als ob erst jetzt das Ganglion entfernt worden wäre.“

Un fatto molto importante, che risulta dalle ricerche di Fröhlich, si è la lentezza con la quale si trasmette la eccitazione nervosa nell'*Aplysia*: 400 mm al secondo. Questa lentezza nella trasmissione della eccitazione nervosa starebbe in rapporto con la lentezza dei processi ossidativi nell'*Aplysia* e con la indipendenza relativa dall'ossigeno.

Biedermann fece uno studio fondamentale sopra la fisiologia del movimento peristaltico. Egli intende per peristaltici:

(S. 476.) „Nur solche Bewegungen darunter verstehen, welche durch das wellenförmige Fortschreiten eines Kontraktionsvorganges in einem muskulösen, aus zahlreichen glatten oder gestreiften Elementen bestehenden hohlen oder flächenhaft ausgebreiteten Organe charakterisiert sind“.

Due sarebbero le origini della peristalsi, secondo Biedermann: la contrazione si trasmetterebbe da cellula a cellula, ossia si avrebbe una peristalsi di natura miogena (Engelmann), oppure interverrebbero anche i nervi e si avrebbe una peristalsi di origine neurogena. Biedermann fece il suo lavoro sui *Lumbricoides*, che hanno una peristalsi destrorsa (l'onda di contrazione dall'avanti all'indietro) e raramente presentano anche un movimento inverso (controperistalsi-l'onda di contrazione va dall'indietro in avanti).

Friedländer distinse nel lombrico il moto peristaltico, suo proprio, dalla contrazione fortissima che si ha anche (fatto confermato poi anche da Biedermann) con uno stimolo minimo portato sull'animale. Ed il primo autore ritiene che questa contrazione velocissima si trasmetta per i nervi. —

Rollett aveva visto nei muscoli degli insetti, che si muovono o molto piano o molto velocemente: ebbene questo stesso fatto si avverte anche nei muscoli dei *Lumbricoides*. Friedländer difatti osservò „daß jede passive Verdünnung von hinlänglicher Stärke eine aktive Verdickung auslöst: zieht man an dem Vorderende des Wurmes, so tritt regelmäßig eine aktive Kontraktion ein“.

Biedermann confermò questo fatto, perchè, stimolando un Lombrico limitatamente con uno spillo, ivi si aveva un ingrossamento e retrazione del segmento stimolato (dunque una reazione molto limitata dei muscoli longitudinali). La temperatura aumenta la peristalsi sino a 30° e contemporaneamente aumenta quindi la velocità di trasmissione. A 35° la peristalsi cessa e il lombrico rimane assolutamente in uno stato atonico.

Friedländer aveva visto che, tagliando la catena gangliare, il lombrico fa benissimo il suo movimento peristaltico. Questo fatto fu confermato da Biedermann, che interrompeva con un ferro rovente la catena dei gangli. Ciò dipende dal fatto, notato bene da questo autore, che in un lombrico qualunque minimo stiramento di un anello produce subito una contrazione e da qui un moto peristaltico. Difatti Friedländer, spezzando in due un lombrico e unendo le due metà per un filo, il pezzo posteriore entrava in peristalsi, appena il filo stirava il suo estremo anteriore.

Krukenberg anche aveva provato a fare tali esperimenti nella *Hirudo* ledendo il cordone ventrale con cloroformio, etere, ecc. ma crede che prima vengano ad essere lesi i muscoli. „(S. 88.) Die Muskeln nur sind starr und unerregbar und bleiben es immer oder wenigstens einige Zeit.“ —

Biedermann però giustamente soggiunge che, se invece di cloroformio ed etere avesse adoperato alcool, come lui fece, allora avrebbe visto prima l'azione sul sistema nervoso e poi sui muscoli. Adoperando una soluzione di alcool al 5—7%, dopo 5—6 ore il lombrico è narcotizzato, e stimolando si ha sempre una contrazione nel punto stimolato. Dalle sue esperienze conclude (S. 494), „daß eine physiologische Leitung (Erregungsleitung) noch möglich ist, wenn der Hautmuskelschlauch des Wurmes partiell kontraktionsunfähig gemacht wurde, und daß der Bauchstrang diese Leitung vermittelt“.

I muscoli, pur rimanendo eccitabili, nella peristalsi non vi prendono parte alcuna, quando non siano in rapporto con il cordone nervoso ventrale e conclude che, nella peristalsi normale, non si può parlare di trasmissione muscolare diretta nel senso di Engelmann. Biedermann fece un preparato di lombrico, nel quale erano stati levati tutti i muscoli attorno ed era rimasto solo il cordone nervoso centrale. Da queste esperienze egli concluse che: (S. 498 bis 499) „die Koordination zweier Abschnitte des Hautmuskelschlauchs lediglich durch die Ganglienkette vermittelt werden kann, ohne daß Reflexe durch Verschiebung der Segmente auf der Unterlage als auslösendes Moment in Betracht kommen, was ja unter Verhältnissen stets der Fall ist.“

v. Uexküll e Magnus (questi sperimentando colla cocaina) avevano già visto con bellissime ricerche nel *Sipunculus* che la trasmissione e la coordinazione in questo sono assolutamente di origine neurogena. Io dimostrai ciò in *Bombyx mori*.

Straub vide inoltre che un pezzo di lombrico, quando venga stirato, dà una contrazione che ha luogo solo nei muscoli longitudinali (confermato da me in *Bombyx mori*).

Biedermann preparando il verme nel solito modo vide che: (S. 502) „die mechanische Dehnung des Wurmsegmentes, welche normalerweise für die Auslösung und Fortleitung der peristaltischen Wellenbewegung in den beiden Muskelschichten von wesentlicher Bedeutung ist, ihren primären Angriffspunkt nicht sowohl in den Muskelfasern (-zellen) selbst findet, als vielmehr in (sensiblen) Nervenendigungen der Haut, von denen aus erst sekundär (reflektorisch) die Muskeln in Erregung versetzt werden.“ —

Bethe ritiene che il solfato di pelletierina risponda molto meglio della cocaina sull'*Aplysia*, in modo che vi si possano fare molto bene tutte le operazioni.

Stimolata una *Aplysia* narcotizzata in un punto, assume in questo la forma ad imbuto. Levati tutti i gangli, aumentano fortemente i movimenti peristaltici, poi vanno diminuendo mano

mano: non esiste più alcuna coordinazione nel movimento delle ali. Appena si tolgano i gangli viscerali, gli animali muoiono, perchè non respirano. Stimolando un'Aplysia senza i gangli periesofagei, si ritira più o meno completamente a seconda dello stimolo maggiore o minore che vi si porta sopra: in questi animali così operati i tentacoli e le labbra sono completamente estesi, però stimolati li ritirano subito.

Tutti i movimenti che eseguisce l'Aplysia, in seguito a stimoli piccoli, durano più a lungo e sono di maggiore effetto in animali operati che in normali. Tutti gli stimoli, secondo Bethe, si dirigerebbero all'indietro, ed in ciò queste sue idee concordano con quelle di v. Uexküll. Stimolando i nervi periferici lo stimolo può trasmettersi da un punto limitato di muscolo sino a tutta la muscolatura del corpo. Ingegnosi sono stati gli esperimenti di Bethe a questo proposito. Stabilita la corrente minima per eccitare i nervi, si muove solo una parte dell'ala, con una corrente più forte si muove una parte maggiore di ala, aumentando ancora l'intensità della corrente si hanno dei movimenti ritmici dell'ala intera, con una corrente fortissima tutto il corpo entra in movimenti ritmici.

„Es hängt also jeder Nerv durch das Nervenetz indirekt mit der gesamten Muskulatur zusammen; die Nerven sind nur lange Bahnen, welche zwischen einzelnen Teilen des Nervenetzes kürzere Verbindungen herstellen.“ —

Bisogna notare però che il reticolo nervoso di Bethe è costituito di cellule gangliari che si anastomizzano fra di loro e non è affatto identico con il reticolo nervoso terminale di Hoffmann, perchè questo è assolutamente privo di cellule gangliari.

Bethe studiò anche, servendosi di uno speciale manometro, il tono nell'Aplysia e vide, che questo diminuisce in via riflessa agitando gli animali fra le mani nell'acqua, oppure avvelenandoli con pelletierina, cocaina, morfina. Normalmente la pressione nell'Aplysia limacina sarebbe di cm 2,5—4,0, mentre nell'Aplysia depilans sarebbe maggiore. Il digiuno anche diminuirebbe di molto il tono nell'Aplysia. In genere tutti gli alcaloidi diminuiscono il tono, mentre i glicosidi l'aumentano di molto; così anche aumenta levando il sistema nervoso centrale (sino a 11—13 cm di acqua del manometro). Stimolando la superficie esterna, aumenta il tono nell'Aplysia, ma molto più quando venga stimolata in animali senza gangli. Rassomiglia l'azione dei nervi nell'ala della Aplysia alla fibre nervose del vago, le quali non influenzano direttamente la muscolatura cardiaca: nell'Aplysia anche i nervi non hanno influenza diretta sopra i muscoli delle ali, ma solo per mezzo delle fibrille nervose. Facendo nell'Aplysia l'ablazione di tutto il sistema nervoso centrale si hanno contrazioni ritmiche nelle ali, mentre normalmente, con i gangli nervosi, la muscolatura rimane contratta dando delle piccole variazioni. Da ciò conclude, che i movimenti ritmici delle ali della Aplysia sono una conseguenza dello stimolo continuo, che parte dal sistema nervoso centrale.

Kunkel trovò delle differenze molto grandi nel contenuto in acqua delle lumache e Jordan studiò nella *Helix* il tono con un apparecchio speciale e sopra parti di muscolo in rapporto o no col sistema nervoso centrale.

Jordan trova due spiegazioni per lo „Sperrtonus“, ossia può essere di origine centrifuga o centripeta, la prima ipotesi (unipolare) si riattacca alle idee di Biedermann e von Uexküll, e la seconda (bipolare) alle idee di von Uexküll.

Questi sono i fatti fondamentali trovati da Jordan come conclusione del suo lavoro:

(S. 222.) „Tatsache I. Ein seiner Ganglien beraubtes Tier befindet sich im dauernden Zustand des gesteigerten Tonus.“

(Questo era un fatto visto anteriormente anche da Bethe.)

(S. 226.) „Tatsache II. Während das System I. Ordn. unter dem Einfluß hoher Belastung langsam und gleichmäßig an Tonus verliert, sinkt in normalen Muskel der Tonus erst schneller, später aber langsamer als im System I. Ordn., um sich zuletzt höher einzustellen als dieses —“ (Si spiega secondo la ipotesi I—II).

„Tatsache III. Die Ganglien bedingen, daß die Tonussteigerung, die auf Entlastung folgt, nach geringer voraufgegangener Dehnung vermindert, nach starker Dehnung aber vermehrt wird.“

(S. 227.) „Tatsache IV. Belaste ich die eine Tierhälfte „hoch“, so sinkt in der anderen, die mit der ersten nur durch ein Stück Nerven-netz oder aber durch das Zentralnervensystem mit Bahnen kommuniziert, der Tonus, und steigt wieder nach Entlastung.“ —

Eccitando i nervi che partono dal ganglio pedale, non si hanno che contrazioni, mentre, eccitando questo ganglio, spesso si hanno movimenti ondulati degli organi locomotori. Sembra, secondo lo Jordan, che ogni movimento spontaneo sia funzione del ganglio cerebrale, mentre il ganglio pedale ha funzione prevalentemente automatica, funzione questa che in parte compie anche il ganglio cerebrale. Jordan non si occupò di vedere la funzione delle statocisti nell'*Aplysia*. —

Kunkel dimostrò che *Limax decapitate* erano ancora capaci di dare delle onde locomotorie molto vivaci. Queste ricerche furono confermate anche dallo Jordan. Bethe poi aggiunge che, anche in *Aplysia* e in lumache decapitate, si possono avere tali movimenti, anche se il tono non viene più ad essere regolato dal ganglio pedale. Anzi sembra, secondo le ricerche dei due ultimi autori, che tali molluschi decapitati compiano anche dei movimenti molto più energici che non allo stato normale. Jordan si occupò molto anche del tono: egli ritiene che: „S. 194. Die Dauerverkürzung als Folge eines dauernden Stoffwechselprozesses zu betrachten sei.“ —

Biedermann e Bethe notano che, durante il letargo della *Helix*, la muscolatura subisce un raccorciamento relativo. Jordan, partendo dal concetto di questi autori e soprattutto di Bethe, che (S. 371) ritiene il tono sia „eine andere Form wirklicher Ruhe“,

divide il Tono in due forme assolutamente differenti fra di loro: (S. 194) *Sperertonus* (che corrisponde al *Substanztonus* di P. Schulz) e *Zentraltonus*. Il primo sarebbe in dipendenza assoluta delle terminazioni nervose muscolari e del muscolo stesso, che rimane quindi in uno stato di contrazione permanente. Il secondo invece è in dipendenza di una eccitazione continua, che parte dal centro nervoso e che agisce sul muscolo, che non è in stato tonico.

Estirpando uno od ambedue i gangli pedali, osservò che parti di muscolo, che non sono in relazione con questo ganglio corrispondente, stanno sempre in continua e forte contrazione sino alla morte. Stimolando poi uno di questi pezzi di muscolo, non più in rapporto col ganglio pedale, rimangono in tono maggiore, mentre normalmente si ha sempre rilasciamento.

Studiò anche l'influenza dei vari gangli e dei vari connettivi sul movimento. Isolando il ganglio cerebrale dai suoi organi di senso, l'*Aplysia* si comporta come un animale normale, da ciò conclude (S. 214): „Daß Augen und Fühler zur Orientierung wenigstens nicht notwendig sind.“

Isolando un ganglio cerebrale e osservando poi il piede, la metà di questo, omolaterale alla estirpazione, si ripiega verso l'alto e si muove molto di più della metà normale, che talvolta rimane anche ferma: non credo però, come ritiene Jordan „(S. 215), weil ihn der Wasserspiegel augenscheinlich reizt“ mentre la metà normale „(S. 215) ganz richtig den Boden fassen will“. — La metà non normale si trascina l'altra: „(S. 215). Es entspinnt sich ein förmlicher Wettkampf zwischen beiden Hälften, in dem meist der unnormale Teil Sieger bleibt, so daß der ganze Fuß nunmehr den Wasserspiegel absucht.“

Ponendo l'*Aplysia* senza un ganglio cerebrale sul lato non normale, o il margine del piede non tocca il fondo, ed allora ambedue le metà del piede lavorano ugualmente per l'orientamento, oppure tocca il fondo, ed in questo caso il piede si ritira e diventa concavo.

Un'*Aplysia*, senza anche un ganglio cerebrale, non può assolutamente più mangiare. Negli animali operati omolateralmente di questo ganglio „(S. 218): zeigten diese Tiere eine kreisende Bewegung um die normale Seite.“

Estirpando il ganglio pedale da ambedue i lati, si ha paralisi come conseguenza e quindi l'impossibilità di ogni movimento; nella estirpazione omolaterale la metà normale si comporta normalmente, mentre l'altra metà è rivolta in alto ed ostacola l'altra nel movimento.

Stimolando elettricamente uno dei gangli pedali, ambedue le ali cominciano a muoversi, maggiormente poi quella del lato stimolato; tagliando la commissura intrapedale, l'altra ala cessa subito di muoversi.

Tagliando la commissura intrapedale, manca assolutamente la coordinazione nel movimento delle ali. Le onde di contrazione

delle ali non coincidono nella stessa fase e quindi l'animale non si muove in linea retta, ma bensì a zig-zag, oppure fa movimenti di retropulsione; questa commissura avrebbe poi una funzione vicaria della commissura cerebropedale, quando questa venga ad essere tagliata.

Tagliando la commissura cerebropedale, omolateralmente o bilateralmente, non poté notare il minimo disturbo nel nuoto dell'Aplysia.

L'asportazione di tutto l'anello nervoso esofageo (gangli pedali e cerebrale) ha come conseguenza un aumento di tono di tutto l'animale.

Lo Jordan giunge a queste conclusioni generali sulla funzione motoria dei vari gangli dell'Aplysia:

(S. 219.) „1. Ist das Zentralganglion vorhanden, so kann jede Bewegung ausgeführt werden;

2. ist nur das Pedalganglion vorhanden, dann nur die automatische, nicht zu inhibierende Normalbewegung;

3. ist keines von beiden Ganglien vorhanden, so kann keinerlei Bewegung ausgeführt werden.“

È stato merito grande di Jordan l'averne nettamente stabilito i rapporti che corrono fra lo stato tonico dei muscoli ed i vari gangli, e poté giungere a fissare due fatti fondamentali molto bene distinti:

„I. Muskelpartien, die nicht mehr mit dem Pedalganglion in Verbindung stehen, sind stets tonisch kontrahiert, und

II. Muskelpartien, die nicht mehr mit dem Zentralganglion, wohl aber mit dem Pedalganglion in Verbindung stehen, befinden sich im dauernden Zustand einer Bewegung, die nicht inhibiert werden kann.“

Goltz aveva visto nella rana, che l'ablazione del sistema nervoso centrale, o il taglio dei vaghi facevano aumentare di molto i movimenti dell'esofago e dello stomaco; in questo stato stimoli piccolissimi hanno sempre un effetto massimo. Goltz ritiene, che ciò dipenda dall'aumento di eccitabilità dei muscoli.

Però le ricerche di Jordan sull'Aplysia parlano in contrario (S. 235). „Brachten wir den Tonus im Ganglion zum Sinken, so sank er auch in den Muskeln, erst wenn das Ganglion abstarb, stieg der Tonus im Mantelsystem ganz plötzlich.“

Secondo lo Jordan, il ganglio pedale ha due funzioni principali: (S. 235): „erstens den Tonus der Muskulatur zu regulieren und in Schranken zu halten, zweitens die Muskulatur in jene ständige Wellenbewegung zu versetzen, daß nur das Cerebralganglion erhalten kann, und beide Funktionen muß es stets — ist es von seinem übergeordneten Ganglion befreit — zugleich ausführen: stets Tonus einsaugen und rhythmischen Tonus abgeben. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß wir diese beiden Funktionen an getrennte Orte des Ganglions verlegen und so von einem regulatorischen und einem locomotorischen Zentrum desselben sprechen müssen.“ —

Movimento dell'*Aplysia*.

Le *Aplysie* hanno due specie di apparecchi locomotori: il piede ed i parapodi (questo nome è stato dato da Vayssière a questi organi di locomozione), detti anche comunemente ali. Questi due apparecchi danno luogo a due tipi di movimento, del tutto differenti fra di loro. Per mezzo del piede l'*Aplysia* compie un movimento di strisciamento, come si avvera nelle comuni lumache terrestri; per mezzo delle ali un vero e proprio movimento di natazione. —

Fischer divide le lumache in *Glisseurs* (striscianti sul suolo) e *Arpenteurs* (rampanti), movimento che si vede ad es. nei ciclostomi, in alcuni vermi, ecc. e che consiste nel fissamento della testa al suolo e nel ritiramento verso la parte anteriore di tutto il resto del corpo (studiato da me e analizzato in *Bombyx mori*).

L'*Aplysia punctata*, che è molto piccola, si muove costantemente col piede, per strisciamento, almeno come ho potuto osservare costantemente, quando si trovano nel bacino. Nel libero mare invece le ho vedute anche nuotare.

L'*Aplysia depilans*, limacina, quando vanno strisciando col piede, si aiutano talvolta leggermente anche colle ali, ma i movimenti di queste sono sempre molto leggeri, talvolta quasi impercettibili.

Esiste però indubbiamente, in questo caso, una vera e propria coordinazione fra il movimento del piede e delle ali. —

Questa maniera tutta speciale di locomozione nella *Aplysia* potrebbe chiamarsi movimento di strisciamento-natazione. In questo caso il movimento delle ali serve indubbiamente ad aiutare quello di strisciamento del piede. —

Parlando del movimento delle *Aplysie*, bisogna ben distinguere e trattare separatamente quello dei vari animali fra di loro, e ciò è in dipendenza della differente loro costituzione anatomica. —

Nella *Aplysia depilans* ambedue i parapodi sono fissati posteriormente del tutto fra di loro, in modo che si forma una vera e propria tasca: questa poca distensione delle ali fa sì che non si vedano mai nuotare nel bacino (forse però lo faranno in mare in condizioni opportune). Lo stesso si dica anche dell'*Aplysia punctata*, che si muove più col piede che colle ali, mentre il nuoto è bellissimo nella *Aplysia* limacina, che ha le ali completamente libere e divise anche posteriormente. Riguardo al fissamento del piede alle pareti del bacino, ho visto che l'*Aplysia* più è piccola e più si attacca col piede, più è grande e maggiormente ne rimane distaccata. —

Ad esempio la *A. punctata* rimane più attaccata delle altre due *Aplysie* (*depilans* e limacina), perchè molto più piccola. E di queste due ultime, gli esemplari piccoli sono quelli che rimangono maggiormente attaccati rispetto ai più grandi.

Il colore della *Aplysia punctata* è più intensamente nero, quando l'animale è completamente retratto. Mentre invece

quando è rilasciata, tende al colore grigiastro, perchè sono i punti neri che si vanno man mano diradando e si ha così, col resto della superficie del corpo, un colorito quasi uniforme grigio intenso.

Movimento del piede.

Quando l'*Aplysia* è in posizione di riposo può stare col piede completamente espanso, però rimane quasi sempre attaccata per una parte limitata del piede, come dimostra bene l'unita figura di una *Aplysia punctata*. (Fig. 1).

In questo caso, quando rimane attaccata al bacino per l'estremità posteriore del piede, più o meno ampiamente, va muovendosi colla parte anteriore del corpo in tutti i sensi, come per „tastare“, per saggiare l'ambiente, forse in cerca di nutrimento. In questa posizione, specialmente se la parte posteriore è attaccata ad una parete del bacino, con un'ampia parte di questa regione del piede, può procedere anche verso l'avanti.

Io ritengo che, quando l'*Aplysia* va strisciando, il tono diminuisca di molto più, rispetto a quando sta completamente ferma attaccata al bacino. —

Quando striscia col piede lungo il bacino, è molto allungata e mi pare diminuita di volume, rispetto a quando sta completamente ferma o addossata col piede al bacino, oppure sta compiendo l'accoppiamento.

Il tono anche dovrà sicuramente diminuire, quando sta attaccata al bacino solamente colla parte posteriore del piede e va vagando col corpo anteriormente, muovendolo continuamente nel bacino come per „tastare l'ambiente“.

Si potrebbero vedere queste variazioni di tono con un manometro, ma, infiggendo un ago nell'animale e mettendolo in comunicazione con questo, si porterebbe uno stimolo forte sull'*Aplysia*, che potrebbe far variare da sè la pressione nell'interno dell'animale, indipendentemente dallo stato tonico nel quale si potrebbe trovare, o quando va strisciando, o in istato di riposo. —

Molti autori si sono occupati del movimento del piede dei molluschi in genere e di quello delle lumache specialmente.

Fleischmann studiò i movimenti del piede dei Lamellibranchi, e ritiene che l'ingrossamento di questo avvenga, perchè dell'acqua, da una speciale riserva del mantello, passa nel piede che così viene ad essere rigonfiato. —

Jordan poi ha dimostrato che al piede della *Aplysia* non si poteva applicare questo meccanismo, escogitato da Fleischmann per il piede dei Lamellibranchi.

Simroth fece un lavoro, per i suoi tempi molto importante, sul movimento del piede delle lumache senza guscio. Simroth trovò che più la lumaca è piccola e maggiormente ha onde locomotorie nel piede. Ritiene inoltre che la *Helix* abbia due ordini di muscolature: „(S. 217). Die extensile Muskulatur besorgt

die Locomotion, die kontraktile, die Lageveränderung der einzelnen Körperteile gegen einander.“

Egli ammette due centri ben differenti, dei quali uno agirebbe sulla contrazione muscolare e l'altro sulla locomozione ed ambedue avrebbero la loro sede nei gangli pedali. Nella lumaca infine si ha una doppia funzione: „(S. 220). Die Wasseraufnahme und Quellung wird von der locomotorischen Muskulatur mitbesorgt, dazu zweitens die Entleerung der Fußdrüse.“

Ammette poi il Simroth, che i movimenti singoli ad onda del piede siano assolutamente indipendenti, non solo dall'anello esofageo, ma anche dal ganglio pedale.

Ammette inoltre Simroth che ci sia sangue nel piede, però egli ascrive al sangue una proprietà trofica solamente e semplicemente ed invece nessuna locomotoria.

Egli descrive anche un sistema nerveo-muscolare nel mantello dei suoi animali e chiama la parte nervosa di questo „ein Mittelding zwischen einem eigentlichen Sympathikus und den Hirnnerven.“



Fig. 1.

Jordan potè vedere nel piede di *Limax* quelle vesciche completamente in tensione, come aveva visto Simroth. Il quale non parla poi mai di nervi inibitori, ma solamente di „negative Erregung“.

Per quanto riguarda il movimento del piede questo può essere contratto in maniera molto differente:

A. L'onda di contrazione comincia nella regione anteriore del piede che s'ingrossa di molto; la parte immediatamente vicina contemporaneamente si restringe, mentre la regione posteriore rimane allo stato di lunghezza e di grandezza normale. Si avrebbero insomma dei nodi e dei ventri, osservando il piede in movimento. La direzione dell'onda contrattile nel piede va sempre in questo caso dall'avanti all'indietro, il comando al movimento parte sempre dalla regione anteriore pedale. Molto spesso l'*Aplysia* può attaccare alla parete del bacino solo la metà anteriore del piede e anche di meno e trascinarsi, così strisciando, l'altra parte del corpo, senza che questa sia affatto attaccata alla parete.

La figura che riporto (Fig. 1) dimostra molto chiaramente questo movimento: sembra che la regione del piede, che tiene immediatamente dietro alla parte anteriore ingrossata e che ha iniziato il movimento, non solo sia rimpiccolita, ma che anche si sia distaccata un po' dalla parete, alla quale era attaccato l'animale.



Fig. 2.

B. Questo fatto si vede molto più chiaramente in questa figura, dove la parte, che tiene immediatamente dietro alla regione anteriore ingrossata e che inizia il movimento, si è completamente



Fig. 3.

distaccata dalla parete e l'Aplysia rimane attaccata solo colla parte anteriore del piede che ha iniziato il movimento e colla parte posteriore che è in stato di assoluto riposo. (Fig. 2.) —

C. Simroth aveva osservato in alcune lumache che molto spesso il movimento del piede ha il suo punto di partenza dalla regione posteriore verso l'anteriore. Ebbene, anche nell'Aplysia io ho potuto dimostrare chiaramente questo fatto. (Fig. 3.) —

L'*Aplysia*, anche stando completamente ferma, muove continuamente il piede (ciò si vede manifestamente quando giace di lato nel fondo del bacino e non tiene il piede aderente a corpo alcuno) facendo quei caratteristici nodi e ventri, che ho descritto e che compaiono e scompaiono continuamente.

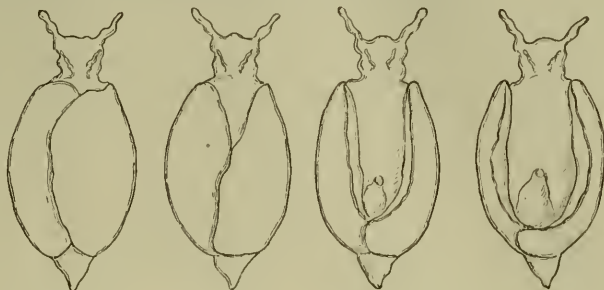


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Il piede della *Aplysia*, col muco che va segregando e dal quale rimane completamente protetto e ricoperto, può andarsi a posare, come ho visto qualche volta, specialmente in esemplari di *Aplysia punctata*, sopra i tentacoli completamente espansi di una *Attinia* (*Adamsia Rondeletii*).

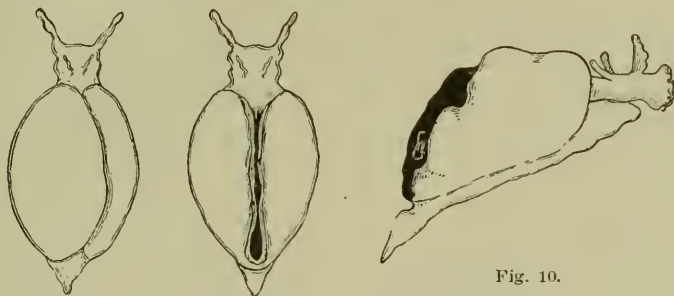


Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Nella *Aplysia* non ho mai notato movimenti di retropulsione: sia col piede che colle ali i movimenti si avverano sempre verso l'avanti.

Movimento dei parapodi (ali) = Servono alla *Aplysia* per il nuoto, e ad aiutare anche, come abbiamo sopra visto, lo strisciamento col piede. Il nuoto si avvera, appena l'*Aplysia* si stacca col piede dalla superficie, dove si trova e rimane completamente libera da ogni sostegno. È abbastanza semplice a spiegarsi il meccanismo, col quale si muovono le ali. Ho provato di prendere la cinematografia di una *Aplysia* mentre va nuotando, ma, per quanto numerosi e ripetuti siano stati i tentativi fatti, non mi è mai riuscito di ottenere una prova esatta, e ciò dipende dall'essere l'animale quasi completamente nero. Anche mettendo un fondo bianco sul quale l'*Aplysia* può risaltare anche meglio, tuttavia il

movimento delle ali non si può vedere e studiare nettamente. Ad ogni modo, anche senza l'aiuto della cinematografia, si fa abbastanza bene e perfettamente l'analisi del nuoto della *Aplysia*.

Jordan rassomiglia il movimento delle ali di una *Aplysia* limacina a quello che va facendo una danzatrice di danza serpentina.

Nel nuoto cominciano a muoversi e contrarsi le parti anteriori e superiori delle ali, ed è da qui appunto che parte l'inizio del movimento; la contrazione poi si va a portare verso l'indietro e avviene sempre costantemente che le parti anteriori-superiori delle ali cominciano a muoversi, quando le posteriori non si sono ancora completamente toccate e chiuse fra di loro. (Fig. 4, 5, 6, 7, 8)



Fig. 11.



Fig. 12.

Nel movimento di natazione le due ali vanno l'una sotto l'altra vicendevolmente in modo ritmico. Poi ogni 3—4—5 battute cambiano di lato.

Talvolta le due ali si incontrano fra di loro coi loro bordi liberi e non si mettono l'una sotto l'altra: (Fig. 9) rimangono così per brevissimo tempo, e poi seguitano a muoversi nel modo ora descritto.



Fig. 13.

In fondo il movimento delle ali della *Aplysia* può benissimo rassomigliarsi, come dice bene lo Jordan, a quello di *Loligo*, *Sepia*, *Raja* ecc. Colla differenza però, aggiungo io, che mentre in questi animali il movimento delle ali ha luogo in senso antero-posteriore, nella *Aplysia* il movimento si determina dalla regione antero-superiore alla regione postero-inferiore. Questo per quanto riguarda il movimento di ogni singola ala; però, mentre in questi animali ora ricordati, ogni ala è situata in modo che si muove indipendentemente, qui invece le due ali si incontrano sempre nel mezzo.

Non ho mai notato, riguardo al numero dei movimenti di ogni singola ala, che fossero differenti tra di loro, ossia che l'una

facesse, ad esempio, maggiori o minori movimenti dell'altra, e quindi non ho potuto mai notare dei movimenti di maneggio che susseguono sempre alla differenza del numero dei movimenti che si avverano nelle due metà del corpo dell'animale. —

Nel nuoto il piede sta ermeticamente chiuso, le due metà combaciano completamente fra di loro. Coll' estremo anteriore, mentre va nuotando, fa dei movimenti antero-posteriori: si piega anteriormente, quando comincia ad aprire le ali, si piega quindi posteriormente, quando l'apertura delle ali è arrivata a metà. —

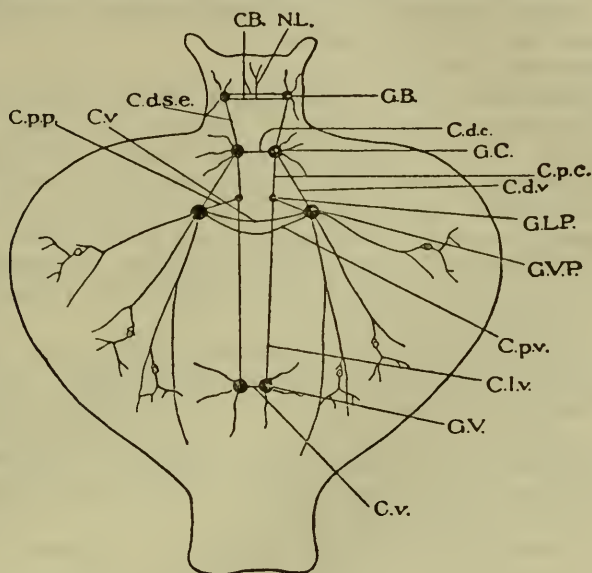


Fig. 14.

Questi movimenti dell' estremo anteriore, contemporanei a quelli delle ali, possono ritenersi come veri e propri movimenti compensatori, e accompagnano costantemente quelli delle ali (Fig. 10—11—12.) Guardando una *Aplysia* che va nuotando, il profilo si vede bene che segue sempre una linea ad S molto marcata. (Fig. 13.)

I tentacoli anteriori e posteriori possono stare contemporaneamente ritirati, o più o meno completamente estesi. Talvolta muovono leggermente le ali, come sopra ho accennato, anche quando vanno strisciando col piede lungo le pareti dell'acquario (movimento di strisciamento-natazione).

Ricordi anatomici.

Il sistema nervoso centrale della *Aplysia* è composto di gangli e di commissure (connettivi), che uniscono questi gangli fra di loro. (Fig. 14.) —

- I. Gangli (sono sempre in numero di due: uno per ogni lato).
- A. Boccali (stomatogastrici-stomatoesofagei), molto piccoli, sono situati alla base del bulbo faringeo. (G B).
 - B. Cervicali: (cerebroidi-dorsali). (G C).
 - C. Pedali: (ventrali) che sono molto grandi. (G V P).
 - D. Pleurali: (Spengel) (laterali, palleali, protoviscerali). (GLP).
 - E. Viscerali: deutoviscerali (Mazzarelli), genitobranchiale (v. Ihering), centro asimmetrico (Lacaze—Duthiers). (GV).
 - F. Ottici: costituiti da poche e piccole cellule nervose: ognuno di questi è unito al ganglio cerebrale corrispondente con un corto peduncolo.

II. Commissure (connettivi).

- A. Boccale (1) unisce i due gangli boccali fra di loro. (CB).
- B. Boccale-cervicale. (sono in numero di 2, una per ogni lato): sono due connettivi molto lunghi. (Cdse).
- C. Cerebrale (dorsale) (1), è una commissura assai larga ma cortissima, tanto che in alcune Aplysie si crede che i gangli cerebrali costituiscano una massa unica. (Cdc).
- D. Cerebro-pedali (dorso-ventrali) (sono in numero di 2 una per ogni lato) uniscono fra di loro i gangli pedali coi cervicali. (Cdv).
- E. Pedale (ventrale) (1). È una larga commissura, ma molto corta, che unisce tra loro i due gangli pedali. (Cv).
- F. Parapedale (paraventrare) (1). È una commissura lunga e sottile che unisce fra di loro i due gangli pedali ed è situata al disotto della pedale (ventrale). (Cpv).
- G. Pleuro-pedale (latero-ventrale) (2) uniscono i gangli pedali con i pleurali. (Cp p).
- H. Pleuro-cervicale (latero-dorsale) (2) uniscono i gangli pleurali con i cervicali. (Cp c).
- I. Pleuro-viscerali (latero-viscerale) (2) uniscono i gangli pleurali con i viscerali. Sono due lunghissimi connettivi. (Clv).
- K. Viscerale (1) È brevissima e talvolta nulla, e unisce i due gangli viscerali fra di loro. (Cv).

I nervi, che si dipartono dai vari gangli e che interessano da vicino le nostre ricerche, sono:

1. Gangli boccali. Si dipartono nervi che si diramano nei muscoli del faringe, che vanno alla glandola salivare, a tutto il tubo digerente, alle mascelle e ai muscoli della rotella sopra la quale è impiantata la radula. (NL).
2. Gangli cerebrali. Partono rami nervosi che vanno alla bocca e al suo orificio, al tentacolo anteriore, al tentacolo posteriore, al bulbo oculare e alla statociste.
3. Gangli pedali. Distribuisce rami alla suola pedale, ai parapodi (ali), al muscolo retrattore del capo.

Biologia della Aplysia. — Tutte le Aplysie rimangono per un tempo lunghissimo sempre ferme nello stesso punto, vi sia o no

della *Ulva lactuca*, della quale si cibano. Appena venga fatto uno stimolo qualunque sopra l'animale, questo, invece di muoversi (strisciare col piede o nuotare con le ali), rimane fermo assolutamente, aumenta il suo stato tonico ed emette quasi sempre il liquido colorato in violetto e il lattiginoso (mezzo di difesa).

Ho provato nella *Aplysia punctata*, nella *Aplysia depilans* e nella *Aplysia limacina*, tutti gli stimoli meccanici, dai più deboli (vellicamento) sino ai più forti. Ebbene, sempre costantemente l'*Aplysia*, sotto l'azione di questi stimoli meccanici come degli elettrici, si è costantemente più o meno contratta. Mai mi è riuscito, per quanto numerosi siano stati i miei tentativi, a determinare nella *Aplysia* stimolata, sia pure un solo movimento col piede o colle ali. Anzi mi sembra che, quando le *Aplysies* vengano ad essere stimulate, si attacchino molto più fortemente col piede alla parete, sopra la quale riposano. —

Da ciò io concludo, che tutti gli stimoli meccanici concorrono a fare aumentare il tono in questi animali. —

Stimolando meccanicamente, sia con uno stimolo debole o forte, una parte qualunque della *Aplysia*, si ha sempre un infossamento nel punto stimolato; però questo è maggiore o minore a seconda dell'intensità dello stimolo, così anche si produce più o meno presto (il tempo varia da un animale all'altro) a seconda della maggiore o minore eccitabilità, della temperatura ambiente, ecc. . . . —

Quando poi si faccia sulla superficie della *Aplysia* un vellicamento, ad es. con una bacchetta di vetro, od anche con un dito, allora non si ha un infossamento, bensì i tessuti tendono a dilatarsi e quindi ad aumentare di superficie. —

I primi stimoli avrebbero dunque un effetto inibitorio, ed i secondi un effetto dinamogeno. —

Mi sembra che l'*Aplysia limacina* sia meno eccitabile della *Aplysia depilans*. —

Quanto è stato visto da me è una cosa costante, già osservata da Jordan: nella *Aplysia* non esiste un riflesso di fuga (Flucht-reflex); dietro qualunque stimolo portato su questa, si ha difatti secondo questo autore una contrazione più o meno valida e null'altro. —

Quando una *Aplysia* è attaccata solo con una parte più o meno grande del piede ad una delle pareti del bacino ed è situata vicino allo specchio d'acqua, colla regione libera del piede va aggirandosi e tenendolo sempre in alto affiorando la superficie (stimolo dell'aria). Il piede contemporaneamente è quasi sempre aperto completamente nel senso trasversale ed anche omogeneamente allungato, e va compiendo dei movimenti sia lateralmente (di chiusura ed apertura), come dall'avanti all'indietro. Appena in questo stato, con un mezzo qualunque (un dito, una bacchetta ecc.) si vada a toccare il piede, il corpo stimolante viene subito

ad essere più o meno abbracciato: si tratta, come giustamente ritiene Jordan, di un vero e proprio riflesso. —

Appena dalla posizione normale pedale, come si trova sempre normalmente, venga posta di lato o sulle ali, in brevissimo tempo ritorna in stato normale. Esiste insomma quello che viene chiamato dagli autori tedeschi „Umdrehreflex“. —

Appena in un bacino, dove sono esemplari di *Aplysia*, si metta dell'Ulva, le *Aplysie* si pongono subito in movimento e strisciando col piede, oppure (più raramente) nuotando, si portano quasi tutte attorno alle alghe e cominciano a mangiare. Naturalmente questi movimenti sono molto più rapidi e maggior numero di *Aplysie* va attorno all'Ulva, se queste sono state allo stato di digiuno per un tempo più o meno lungo. —

Quando l'*Aplysia* è in cattive condizioni e sta per morire si va raggrinzando di molto e diminuisce di tanto sino a raggiungere la metà del volume primitivo ed anche di meno. —

Quando le *Aplysie* siano state messe in un ambiente nuovo od anche, come abbiamo già visto, quando vengano ad essere stimolate in una maniera qualunque, emettono sempre quella caratteristica secrezione lattiginosa e violetta dalla regione posteriore. Quando ha luogo questa secrezione, contemporaneamente restringono molto anche le ali, le quali aiutano quasi alla espressione di questa secrezione. Non sempre però le ali si muovono, quando si va facendo questa secrezione. Si restringe allora solamente quella parte, che è unita alla conchiglia.

Metodi di esperimento.

Vari sono stati i metodi da me adoperati per lo studio del sistema nervoso centrale nell'*Aplysia*. —

1. Metodo della eccitazione colla corrente elettrica. Per mezzo di una corrente interrotta si eccitavano i vari gangli e le varie commessure e si notavano gli effetti motori, che questa eccitazione aveva sulle varie parti del corpo. —

L'eccitabilità (come avviene anche in tutti gli altri animali, dagli inferiori ai superiori) va diminuendo, man mano che si va sperimentando, sino a divenire nulla dopo un tempo più o meno lungo che si eccita colla corrente elettrica. In genere i risultati più netti, sia studiando i gangli come le commessure e così anche i nervi, si ottengono sempre costantemente colle correnti medie. —

2. Metodo della asportazione e del taglio. Aperta l'*Aplysia* dal lato delle ali, si faceva rapidamente l'asportazione di un ganglio, oppure si tagliava una commissura. Si richiudeva poi immediatamente l'animale con punti continui di sutura. —

Con questi metodi di esperimento ho adoperato esemplari di *Aplysia depilans*, limacina e punctata non narcotizzati. Gli animali con un taglio longitudinale fatto nella regione delle ali, rimanevano più o meno completamente vuotati del liquido sanguigno, e con degli spilli venivano poi fissati sopra recipienti.

da preparazione con fondo di cera. Nel caso l'*Aplysia* doveva rimanere ancora in esperimento, per fare uscire poco liquido dalla cavità, si metteva, dopo fissata, in posizione quasi verticale. Solo qualche rara volta si narcotizzavano le *Aplysies* o con la pellettierina o con la cocaina, e ciò per evitare le contrazioni energiche dell'animale. In genere però questi narcotici non venivano affatto adoperati, quando si adoperava la corrente elettrica come mezzo di studio per conoscere la funzione dei vari gangli e delle varie commissure, perchè abbassavano di molto, come ben facilmente si comprende, la eccitabilità dell'*Aplysia*. —

I. Eccitazione colla corrente elettrica.

Gangli boccali. Presiedono ai movimenti dell'intero orificio boccale e del bulbo faringeo. Quando vengano stimolati, entrano in movimento tutto l'orificio boccale colle sue pliche, la massa muscolare del bulbo faringeo, le mascelle e la radula, tanto che si ha così riprodotto il movimento complesso della masticazione. —

Naturalmente ciò è maggiormente manifesto, quando si stimolano ambedue i gangli boccali, perchè, stimolandone uno solo, l'azione che si esplica da questo è anche bilaterale, però con prevalenza omolateralmente (l'eccitazione si trasmette all'altro ganglio boccale non stimolato traverso i connettivi boccali). —

Contemporaneamente si notano sempre costantemente anche movimenti dell'esofago. —

Gangli cervicali. Hanno azione sul movimento della bocca, delle due paia di tentacoli, del piede e dei parapodi. —

Stimolando i nervi pedali tutti insieme omolateralmente e contemporaneamente il ganglio cervicale dallo stesso lato si ha costantemente un arresto nel movimento dell'ala. Mentre, dall'altro lato opposto allo stimolo, l'ala si muove ritmicamente e molto fortemente dall'avanti all'indietro. —

Mi sembra che il cervicale abbia influenza inibitoria non solo sul ganglio pedale, ma anche su tutti gli altri gangli dell'animale.

Gangli pedali. Hanno azione sulle ali, sul piede e sugli annessi della conchiglia. Stimolando il ganglio pedale di un lato, non solo si ha il movimento dalle parti suddette omolateralmente, ma anche quasi sempre, naturalmente in modo molto più leggero e sicuramente per trasmissione dello stimolo, di queste stesse parti dal lato opposto. Stimolando ambedue i pedali insieme, naturalmente il movimento è bilaterale ed è un vero e proprio movimento coordinato. —

Connettivi cerebro-boccali. (dorso-stomato-esofagei).

Stimolando queste commissure che uniscono fra loro omolateralmente il ganglio cervicale con il boccale si ha un movimento della

bocca (membrane labiali, bulbo faringeo, mascelle e radula) dell'esofago e della regione anteriore dell'animale, dove si impiantano le due paia di tentacoli (specialmente si ha movimento del paio anteriore, però contemporaneamente anche del paio posteriore). —

Qualche volta si ha anche un movimento della regione anteriore-superiore delle ali. Questi ultimi movimenti, che si ottengono, sono sempre omolaterali, quando la corrente è forte si può trasmettere anche all'altro connettivo ed aversi un movimento bilaterale. —

Connettivi cerebro-pedali (dorso-ventrali).

Si ha costantemente un movimento del paio posteriore dei tentacoli. —

Si ottiene anche un movimento di ambedue le ali, della conchiglia ed una secrezione del liquido violetto e del liquido lattiginoso. —

Commessura Ventrale e Commessura Paraventrale.

Si ha movimento consono e coordinato di ambedue le ali, che si muovono contemporaneamente e nello stesso tempo un movimento anche della conchiglia. —

Gangli viscerali o Massa gangliare viscerale.

Stimolando la massa gangliare viscerale si ha una abbondante secrezione di colore violetto e di liquido lattiginoso: qui starebbe dunque il vero centro per la secrezione del colore e della sostanza lattiginosa. Non ho mai visto colla stimolazione della massa gangliare viscerale il minimo movimento degli intestini.

I connettivi latero-viscerali presiedono alla secrezione del colore e del liquido lattiginoso e al movimento delle ali posteriormente.

Talvolta, stimolando una delle commissure che mettono in rapporto il ganglio pedale col viscerale, si ha un movimento leggero anche dell'ala opposta. In questo caso può essere si tratti di una eccitazione trasmessa.

Nervi alari (parapodiali).

Stimolando un nervo che si distribuisce all'ala, questa si muove sempre costantemente dall'avanti all'indietro sotto forma ondulata. —

Ho osservato che andando a stimolare i nervi che si distribuiscono alle ali, quelli che si distaccano più anteriormente dai gangli cervicale e pedale hanno un raggio di azione sulle ali, molto più grande di quelli che sono situati più posteriormente. Ad esempio il nervo I alare ha una azione non solo sulla parte anteriore delle ali, ma anche sulle parti lontane posteriori e spesso su tutta l'ala. Mentre invece, andando a stimolare l'ultimo nervo che si distribuisce alle ali, si ha una reazione motoria limitata al massimo

alla regione alare posteriore e non a quella parte delle ali, che è situata più vicina alla regione anteriore dell'animale. —

Secondo me, ogni nervo che si distribuisce alle ali, ha uno speciale e ben determinato campo di irradiazione. I vari nervi poi comunicano fra di loro per anastomosi: naturalmente le anastomosi del I nervo sono molto più larghe e prendono un campo molto più vasto che non quelle degli altri nervi, che sono situati più posteriormente.

I nervi più distali, che partono dal pedale, provvedono all'innervazione di minore superficie di ali, ma pensano alla innervazione del piede, difatti stimolandoli si ha sempre una eccitazione fortissima del piede, omolaterale o bilaterale. —

I nervi pedali presiedono anche alla secrezione del liquido lattiginoso e di quello violetto. —

Inoltre nella *Aplysia* mi sembra poi che ogni nervo alare abbia il suo campo di azione di tanto più grande, per quanto più questo nervo si trova vicino ai gangli cervicali e pedali. Ne risulta da ciò che noi, man mano che stimolando un nervo alare ci allontaniamo

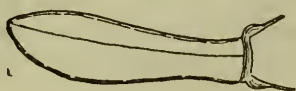


Fig. 15.



Fig. 16.

dal centro gangliare e andiamo verso la periferia, il campo di azione di questo nervo diviene sempre molto più piccolo. Io credo che i nervi più sono vicini ai gangli e maggiormente hanno una rete nervosa molto più lunga e molto più larga: un'irradiazione, un campo di azione tanto grande, che possono irradiarsi a tutta l'ala quasi o almeno a buona parte di questa. Quei rami di nervi invece, che sono più lontani dai gangli, hanno un campo di azione molto più piccolo di diramazioni nervose e così si spiegano i vari risultati ottenuti. —

Si può ritenere, senza tema di errare, che ogni nervo alare abbia una vera e propria distribuzione a zampa d'oca.

Stimolando un nervo di un lato, specialmente molto vicino al ganglio, talvolta lo stimolo si trasmette anche al nervo omonimo dell'altro lato e si ha allora il movimento della parte omonima dell'ala del lato opposto a quello stimolato. Però in questo caso la reazione motoria è sempre maggiore nel lato, dove si stimola il nervo che non nel lato opposto, dove la eccitazione si trasmette per semplice conduzione: insomma in regola generale il movimento è molto più forte nel lato, dove si stimola il nervo. —

Talvolta lo stimolo si trasmette anche all'ala opposta al nervo stimolato, in questo caso però il movimento dell'ala opposta è molto limitato, spesso solo ad un punto. Non si avrebbe insomma il movimento di tutta l'ala, come stimolando i nervi dello stesso lato, ma ad un solo punto limitato, che è appunto quello, al quale si distribuisce il nervo, che viene ad essere eccitato dal lato opposto.

I movimenti delle ali (omolateralmente) sono molto più forti, quando vengono tagliati tutti i nervi, che partono dal ganglio pedale dell'altro lato e che si distribuiscono all'ala. Così ad esempio, tagliando i nervi alari a destra e stimolando quelli di sinistra, i movimenti dell'ala di questo lato sono molto più forti, di quando si stimolano essendo al loro posto in situ tutto il ganglio pedale controlaterale con i relativi nervi. —

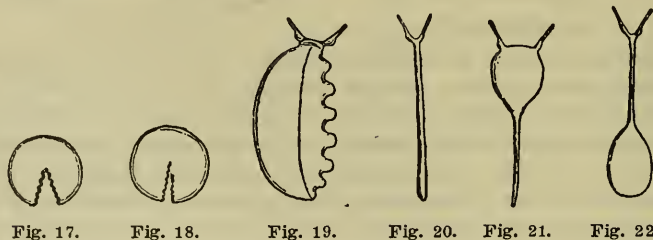
I gangli che presiedono ai nervi delle ali non solo fanno da coordinatori di tutti i movimenti successivi, che si hanno per il movimento di ogni singola ala, ma anche per il movimento complesso e consono delle due ali, in modo che si abbia un movimento coordinato che serva al nuoto perfetto. —

II. Metodo della ablazione e del taglio.

Ganglio cervicale.

1. Ablazione omolaterale.

Osservata l'Aplysia dal lato pedale si vede, come la metà del piede, omolaterale all'ablazione, si riduce sempre di molto ($\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$) rispetto all'altra metà, che è normalmente innervata



dall'altro ganglio cervicale. Qualche volta però, invece della riduzione del volume della metà del piede, corrispondente alla ablazione, si ha invece un aumento ($\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$) rispetto al normale. (Fig. 15.) —

2. Ablazione bilaterale.

Le due metà del piede sono quasi completamente addossate fra di loro, tanto che questo assume un aspetto lineare, oppure al massimo sono tanto divaricate da formare fra di loro un angolo acuto. Sono del tutto uguali tra di loro le due metà, però i bordi assumono contemporaneamente un aspetto ondulato. — (Fig. 16., Fig. 17 e Fig. 18.)

Le ali anche sono uguali perfettamente fra di loro in stato o di retrazione quasi completa, o di semi-estensione, o anche di estensione completa. —

L'Aplysia è tutta completamente raggrinzata, ridotta alla metà quasi del volume normale e rimane sempre assolutamente immobile. Può qualche volta però rimanere completamente atonica, rilasciata e quindi piuttosto aumentata di volume.

Ganglio pedale.

1. Ablazione omolaterale.

Appena tolto un ganglio pedale, la parte corrispondente rimane completamente atonica, rilasciata (raggiunge quasi $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ meno del volume normale). —

La metà dell'*Aplysia* che contiene ancora il ganglio pedale entra in fortissima contrazione, si raggrinza e presenta uno spiccato stato pleurotonico, in modo che la metà senza il ganglio pedale viene quasi attirata verso il lato sano. — (Fig. 19.)

Striscia sul fondo facendo dei movimenti di maneggio verso il lato che ha ancora il ganglio pedale intatto. —

Le ali sono normalmente allungate da ambedue i lati, però è più espansa sempre l'ala, che corrisponde al lato, dove è stato tolto il ganglio pedale. —

2. Ablazione bilaterale.

Il piede rimane permanentemente del tutto chiuso all'inizio, poi può rimanere in tale stato, oppure quasi sempre si apre di nuovo e rimane solcato in senso trasverso, in modo che rimane suddiviso in tanti piccoli lobi. —

Quando le due metà sono completamente addossate fra di loro termina a forma di coda. (Fig. 20.) Oppure spesso accade che, o la metà anteriore (Fig. 21) o la posteriore (Fig. 22) rimangono espanse, solcate trasversalmente e, nella parte opposta a questa espansione, le due metà del piede si riuniscono completamente fra di loro e così combaciano. —

Le ali sono molto allungate e divaricate anche dalla linea mediana. —

3. Ablazione del ganglio cervicale e pedale omolateralmente.

Tutta la metà dell'*Aplysia*, omolaterale alla ablazione del ganglio cervicale e pedale, riguardo a dimensioni è ridotta da $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ della metà normale, molto raramente la metà corrispondente ai gangli levati è più grande (di poco però: $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ della metà normale). —

Assume una forma pleurotonica nella metà normale, tanto che questa attira a sé anche l'altra metà, molto spesso però si ha anche l'inverso. —

Il piede dal lato operato è talvolta molto più voluminoso di quello del lato sano, quasi sempre però è molto più piccolo. —

Molto spesso il piede presenta degli strozzamenti nel suo decorso, tante suddivisioni dovute a solchi trasversi più o meno profondi, che occupano le due metà del piede e spesso questo assume una forma ad 8. —

Le due metà del piede tendono ad addossarsi più o meno completamente tra di loro, facendo un angolo acuto più o meno forte. —

Le ali sono completamente divaricate fra di loro, molto di più quella del lato operato, talvolta si ha però il fenomeno inverso. —

Si ha costantemente pleurotono verso il lato non operato. —

4. Ablazione controlaterale del ganglio cervicale e pedale.

La parte del piede, corrispondente alla ablazione del ganglio pedale, è uniformemente ridotta di volume di circa la metà e raggrinzata, con solchi profondi trasversali e longitudinali.

Anche l'altra metà del piede, corrispondente alla ablazione del ganglio cervicale, è ridotta di volume ma in modo molto minore e con solchi meno profondi sia i trasversali che i longitudinali. —

Le ali sono estese da ambedue i lati, ma sono raggrinzate in tutto il loro spessore, molto di più ciò si avvera nel lato, dove è stato levato il ganglio pedale. — (Fig. 23.)

5. Ablazione dei gangli cerebrali e pedali bilateralmente.

Le due metà del piede sono completamente addossate fra di loro, in modo che questo assume un aspetto lineare, anziché piano, ed è solcato nei suoi bordi da linee trasverse equidistanti (in numero di 4—6—8).

L'Aplysia è completamente ed omogeneamente raggrinzata ed è di molto diminuita, in volume (quasi della metà). —

Non compie il minimo movimento, sta sempre ferma riposata sul lato, dove è stata messa al principio della esperienza. (Fig. 24.) —

Taglio della commissura cerebrale.

Le due metà dell'animale rimangono perfettamente normali fra di loro. —

L'Aplysia si muove, ma molto poco, il movimento col piede per strisciamento avviene abbastanza normalmente, però le due metà si muovono non coordinatamente fra di loro. —

Strisciando lungo il fondo, muove sempre contemporaneamente anche le ali. È caratteristico questo movimento delle ali e forse dipende dal fatto, che essendo divenuti poco validi i movimenti del piede per la operazione fatta, il movimento di traslazione viene ad essere agevolato dal moto contemporaneo delle ali. È un vero e proprio movimento compensatorio. — Come abbiamo già visto, questo è un movimento, che si avvera anche allo stato normale, non però in modo così spiccato come dopo questa operazione. —

Le ali, anche quando l'Aplysia sta ferma, sono uniformemente aperte.

Molto spesso, invece di strisciare lungo il fondo, rimane in stato emprostotonico (ciò avviene specialmente in primo tempo, appena eseguita l'operazione) col piede più o meno completamente retratto, raggrinzato. Il piede però può rimanere in tale stato, anche se l'Aplysia non è in stato emprostotonico. Anche in questo stato però, in qualche punto il piede (specialmente o nell'estremo anteriore o nel posteriore) è normalmente esteso. Può così strisciare oppure rimanere anche attaccata per mezzo di queste parti del piede estese normalmente. Anche quando va strisciando, fa ciò non con la intera superficie del piede, bensì solamente con una parte limitata di questo, che rimane normalmente estesa. —

Talvolta non va strisciando, ma rimane poggia di lato e le due metà formano fra di loro un angolo acuto. Però non durano molto in questo stato, perchè incominciano subito i movimenti di progressione col piede. —

Taglio omolaterale della commissura dorsoventrale (cervico-pedale).

La metà del piede omolaterale al taglio è ridotta di molto (quasi sempre della metà, di un terzo) rispetto alla corrispondente controlaterale, che si conserva in stato assolutamente normale. Il piede, o è situato in linea retta, oppure è ripiegato e incurvato nel lato sano. Le due metà, o sono perfettamente piane, oppure formano fra di loro un angolo che ha tutte le gradazioni dall'acuto all'ottuso. Le ali sono omogeneamente allungate ed allargate: sono divaricate ugualmente da ambedue i lati dalla linea mediana. —

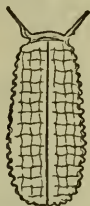


Fig. 23.



Fig. 24.

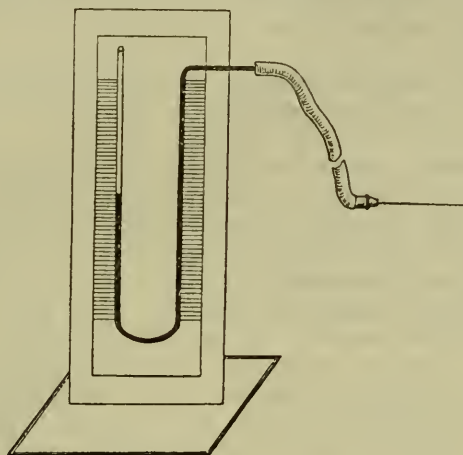


Fig. 25.

Rimane spesso in stato pleurotonico nel lato controlaterale, a quello dove è stato fatto il taglio della commissura; però ciò non si avvera costantemente e permanentemente, perchè, anche se esiste questo stato pleurotonico, è di brevissima durata. —

Taglio delle commissure ventrale e paraventrle.

Il piede è completamente retratto, chiuso e ondulato in tutta la sua superficie con le due metà addossate fra di loro, oppure nella metà anteriore e posteriore può essere contemporaneamente anche completamente piano. —

Quando ha tutto il piede o una buona parte di questo completamente esteso, striscia lungo il bacino, però le due metà non si muovono coordinatamente fra di loro. Quando le due metà del piede sono retratte in tutto o in parte, fanno quasi sempre un angolo acuto fra di loro, oppure sono del tutto addossate e combaciano perfettamente. —

Spesso il piede può essere tutto pianeggiante, però in uno o più punti subisce un restringimento laterale, tanto che perde in larghezza da $\frac{1}{3}$ ad $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{5}$ del normale. Quasi sempre però si ha un solo restringimento nella parte mediana fra la metà anteriore e la posteriore, oppure fra il terzo anteriore e medio, oppure fra il terzo medio e il terzo posteriore. —

Le ali sono ugualmente estese da ambedue i lati in modo del tutto normale e rimangono quasi sempre abbastanza divaricate fra di loro.

L'*Aplysia* può stare anche poggiata di lato ed in questo stato può elevare dal fondo la sua metà anteriore e tenerla più o meno in moto in tutti i sensi. Anzi, piuttosto che andare strisciando, sta quasi sempre ferma in questa posizione. —

Azione degli alcaloidi sul tono delle *Aplysiidae*.

Ho voluto vedere quale influenza avessero sopra il tono delle *Aplysie* la pelletierina, la cocaina, la morfina, la chinina ed il curaro. —

Di queste sostanze ne feci delle soluzioni al 2% in acqua di mare e ne iniettai poi una certa quantità ($\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ di c. c.) nella cavità di varie *Aplysie*. —

Bisogna avere l'avvertenza di iniettare tutti i narcotici colla siringa di Pravaz non lateralmente, ma nel mezzo dell'animale. Altrimenti, facendo l'iniezione con alcuni veleni lateralmente (in un ala, oppure omolateralmente nel piede), le parti dove cade l'iniezione rimangono enormemente distese, atoniche, rispetto all'altre, che sono relativamente più retratte, più o meno in forte contrazione.

Anzi ho notato, che la parte opposta, a quella dove è stata fatta l'iniezione, rimane in ipercontrazione e si può dire, che tiri dal suo lato la metà iniettata, completamente rilasciata e atonica. —

Contemporaneamente non mi sono limitato a studiare lo stato di tonicità dopo tali iniezioni, colla sola osservazione, ma sono ricorso all'uso di un apparecchio manometrico, che serviva appunto a notarmi la pressione interna delle *Aplysie*. —

E questo era assolutamente indispensabile per rendersi conto in cifre dello stato di tonicità dei vari animali iniettati. —

Apparecchio per prendere la pressione interna delle *Aplysie*.

Per prendere la pressione nell'interno delle *Aplysie* ho costruito un piccolo apparecchio, (Fig. 25) che ha risposto molto bene al mio scopo. — Un tubo di vetro ad U, del calibro interno di mm. 2, dietro il quale si trova una scala graduata in millimetri, comunica con un tubo di gomma molto robusto e che porta al suo estremo un ago di una siringa di Pravaz. — L'apparecchio, dal punto O sino all'ago, viene completamente riempito di acqua di mare prima di cominciare l'esperienza. — Quando si voleva prendere la pressione nell'interno di una *Aplysia*, si configgeva l'ago nella regione posteriore e superiore, nel punto di riunione delle due ali, e si notavano poi le variazioni che subiva il punto O del

manometro. Contemporaneamente si teneva anche conto della temperatura dell'aria ambiente e dell'acqua del bacino, dove era contenuta l'Aplysia. In questo modo ho potuto prendere la pressione di varie Aplysie (limacina, depilans, punctata) allo stato normale e anche sotto l'azione di vari veleni e di vari agenti fisici (temperatura). —

Naturalmente l'Aplysia, sulla quale si doveva sperimentare, rimaneva allo stesso livello del punto O del manometro e solo in questa maniera si potevano ben vedere le differenze. —

Riassumo molto brevemente i risultati delle mie esperienze, limitandomi naturalmente a riportare solo quelle più caratteristiche.

I. Pelletierina.

17. 3. 08 — Aplysia limacina 2. T. dell'aria e dell'acqua 17 °C. Ore 10,2 si prende la pressione dell'Aplysia che corrisponde a cm 1,5 al disopra dello 0.

Ore 10,4 si fa una iniezione di $\frac{3}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di solfato di pelletierina: appena praticata questa, l'animale comincia subito a rilasciare le ali. —

Ore 10,8 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1.

Ore 10,9 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,5.

Ore 10,12 il manometro è allo 0. —

Durante questo frattempo l'Aplysia è stata in continua vibrazione e contrazione col piede e più specialmente colle ali. —

Ore 10,20 il manometro è sempre allo 0, sicchè si sospende l'esperienza e con un colpo di forbice si apre l'Aplysia per fare esperimenti sulla eccitabilità dei gangli. —

Quando veniva stimolata meccanicamente in un punto qualunque, ivi si ritirava subito. —

21. 3. 08 — Aplysia limacina 3. T. 17.2° C.

Ore 9,56 si fa una iniezione di $\frac{1}{2}$ c. c. di una soluzione 2% di solfato di pelletierina. —

Conficcato l'ago, prima della iniezione, il manometro segna una pressione positiva di cm. 2. —

Ore 9,59 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1.4. —

Va contraendosi continuamente con tutto il corpo.

Ore 10 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1.0. —

Status idem: quando venga stimolata, le contrazioni diventano molto più forti.

Ore 10,4 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0.5. —

Le contrazioni spontanee, che va facendo con tutto il corpo, non sono più molto forti. Toccata con una bacchettina di vetro in una parte qualunque del corpo, si ritira immediatamente in quel punto, ma poi si rilascia subito.

Ore 10,7 il manometro segna una pressione di cm. 0. —

Ore 10,11 il manometro segna una pressione negativa di cm. 0,2. —

Normalmente non si contrae più molto, ed anche

stimolata meccanicamente, la contrazione non è molto forte. —

Ore 10,20 la pressione nell'interno dell'animale è sempre rimasta costante a cm 0,2 al disotto dello zero, sicchè si apre l'Aplysia e viene adoperata per ricerche sulla eccitazione dei gangli colla corrente elettrica. —

Aplysia limacina 24. 4. 08. — T. 17.2° C.

Ore 13,47 si fa l'iniezione di $\frac{1}{2}$ c. c. di una soluzione 2% di solfato di pelletierina. —

Ore 13,47 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1.

Ore 13,52 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,8.

Ore 13,53 $\frac{1}{2}$ il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,4.

Ore 13,54 $\frac{1}{2}$ il manometro segna una pressione di cm. 0.

Ore 13,58 il manometro segna una pressione negativa di cm. 0,2.

Ore 14,10 la pressione è rimasta costante a questo punto, sicchè si sospende l'esperienza.

24. 3. 08 — Aplysia limacina 4. T. 17.2° C.

Ore 2,20 si fa l'iniezione di $\frac{3}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di solfato di pelletierina. —

Ore 2,26 il manometro segna una pressione positiva di cm. 4.

Ore 2,27 si contrae specialmente l'ala sinistra. Ambedue le ali vengono mosse sincronamente.

Ore 2,39 sinora è stata sempre in continua contrazione fibrillare: comincia a venire la risoluzione completa dell'Aplysia.

Ore 2,40 il manometro segna una pressione positiva di cm. 3,4

Ore 2,43 il manometro segna una pressione positiva di cm. 2,4

La superficie dell'Aplysia assume una forma mammellonata.

Ore 2,44 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1,9.

Ore 2,47 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1,4.

Ore 2,50 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,8.

Ore 2,52 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,3.

Stimolando meccanicamente una parte qualunque del corpo si forma in quel punto un innalzamento, che poi scompare e tutti i tessuti tornano allo stesso livello. —

Ore 2,56 il manometro segna una pressione 0.

Ore 2,58 il manometro segna una pressione negativa di cm. 0,2.

Ore 3 il manometro segna una pressione negativa di cm. 0,5.

Ore 3,1 il manometro segna una pressione negativa di cm. 1

Ore 3,2 il manometro segna una pressione negativa di cm. 2.

Ore 3,3 il manometro segna una pressione negativa di cm. 3.

Ore 3,5 il manometro segna una pressione negativa di cm. 3,5.

Ore 3,20 essendo rimasta costante la pressione, si passa ad un altro esperimento.

12. 3. 08 — Aplysia depilans 2. T. 16.5° C.

Ore 9,57 si fa l'iniezione di $\frac{1}{2}$ c. c. di una soluzione 2% di solfato di pelletierina. —

- Ore 9,59 la pressione è andata scendendo a mm. 4 sotto lo 0.
— Emette il liquido latteo e violetto e fa continui movimenti peristaltici col piede.
- Ore 10,2 il manometro è a mm. 4 sotto lo zero.
- Ore 10,3 il manometro segna una pressione negativa di cm. 1,2:
l'*Aplysia* fa vari movimenti peristaltici.
- Ore 10,4 il manometro segna una pressione negativa di cm. 2.
- Ore 10,5 il manometro segna una pressione negativa di cm. 2,5.
- Ore 10,6 il manometro segna una pressione negativa di cm. 3.
- Ore 10,9 il manometro segna una pressione negativa di cm. 3,5.
Stimolandola meccanicamente si restringe e la colonna del manometro s'innalza sempre di mm. 2 ad ogni contrazione. —
- Ore 10,15 Idem: la colonna del manometro ad ogni contrazione si innalza di mm. 4: nel punto dove si stimola meccanicamente, non si affonda che per tutto il tempo che si fa lo stimolo e poi ritorna allo stato normale.
- Ore 10,15 si apre l'*Aplysia* e si smette quindi di prendere la pressione.
16. 3. 08 — *Aplysia depilans* 3. T. 17,1° C.
- Ore 9,25 conficcato l'ago del manometro nell'interno dell'animale segna una pressione di cm. 1,8 sopra lo 0.
- Ore 9,25 si fa l'iniezione di $\frac{3}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di solfato di pelletterina. Muove subito molto fortemente le ali.
- Ore 9,27 stimolandola meccanicamente reagisce molto fortemente, allontanandosi di molto dallo stimolo; non mi sembra però che sia nemmeno un tentativo di fuga.
- Ore 9,30 il manometro segna una pressione positiva di cm. 1,1. — stimolata meccanicamente reagisce pochissimo.
- Ore 9,31 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,6 — stimolata, ritira le ali.
- Ore 9,33 il manometro segna una pressione positiva di cm. 0,1 — stimolata, ritira leggermente l'ala dove fu toccata.
- Ore 9,34 il manometro segna una pressione negativa di cm. 0,35 — stimolata nell'ala, la ritira subito.
- Ore 9,37 il manometro segna una pressione negativa di cm. 1,0 — compie continui movimenti peristaltici.
- Ore 9,39 il manometro segna una pressione negativa di cm. 1,4 — di quando in quando, nelle ali, toccate o no, presenta delle contrazioni ritmiche ed anche di tutto l'apparecchio di sostegno della conchiglia e delle glandole.
- Ore 9,42 il manometro segna una pressione negativa di cm. 1,9 — Toccando o no le ali, queste presentano sempre delle contrazioni ritmiche.
- Ore 9,47 il manometro segna una pressione negativa di cm. 2,5 — tutto il corpo è in continua contrazione vermiforme. Questo è stato un fenomeno costante, che si è avverato sino dal principio della esperienza.

Ore 9,51 il manometro segna una pressione negativa di cm. 2,7 — toccata, reagisce sempre molto fortemente: ha insomma una eccitabilità quasi normale. E in continua contrazione fibrillare.

Ore 9,57 il manometro segna una pressione negativa di cm. 3,0 — status idem.

Ore 10,2 il manometro segna una pressione negativa di cm. 3,1 — status idem.

Ore 10,4 si apre l'Aplysia con un colpo di forbice e si adopera per fare delle ricerche eccitando i vari gangli e connettivi colla corrente elettrica.

Ho eseguito poi un grande numero di esperienze con la Pelletierina sopra esemplari di *Aplysia punctata* e che riporto qui sotto forma schematica.

Tabella (v. p. 225).

Da queste esperienze si conclude che la pelletierina ha indubbiamente una influenza spiccatissima sullo stato tonico della *Aplysia*, perchè lo abbassa immediatamente ed in tale stato di abbassamento lo mantiene sino alla morte dell'animale.

E con queste esperienze io sono venuto a confermare, quanto era stato già visto dagli altri autori, che mi hanno preceduto e dei quali ho già tenuto parola. Naturalmente ho potuto nettamente stabilire, molto meglio di questi, l'intimo meccanismo della influenza che la pelletierina esercita sul tono della *Aplysia*. —

Un fatto costante, che ho osservato in tutte le *Aplysiae* avvelenate con pelletierina, si è che, sino che rimangono vive, sono sempre in continua contrazione, si raggrinzano continuamente e vibrano sempre sino alla morte, in tutte le parti del corpo.

II. Cocaina.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 9,56 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di cocaina. —

Ore 10,5 emette una grande quantità di liquido latteo. È poggiata sul lato destro, è molto atonica, più dal lato destro, dove è caduta l'iniezione che dal lato sinistro: non fa movimento alcuno. Il piede è completamente raggrinzato, specialmente nella metà posteriore, le ali sono completamente divaricate. Il manometro segna mm. 2 sotto lo 0.

Ore 10,10 è tutta completamente atonica, immobile, non risponde affatto a qualunque stimolo meccanico venga portato sopra. Il manometro segna mm. 2,5 sotto lo 0. —

Ore 10,12 È morta. —

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 13,52 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di cocaina.

Ore 13,53 il manometro si abbassa a mm. 1 sotto lo 0.

Numero	Data	Iniezione di c. c.	T. gradi Celsius	Ore	Pressione Normale	Altezza del manometro in mm. al disotto dello 0 dopo minuti									
						1'	2'	5'	15'	30'	45'	60'	75'	90'	105'
1.	1. 3. 08	$\frac{1}{4}$	16 ^{0.5}	10.40	+ 4	+4	3	3	3	3.5	4.5	4.5	5	5	5
2.	2. 3. 08	$\frac{1}{4}$	16 ^{0.5}	10.50	+ 3	+3	2	2.5	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5
3.	3. 3. 08	$\frac{1}{4}$	16 ^{0.5}	11.5	+ 4.5	+4.5	2.5	2.5	3	4	4	4.5	4.5	4.5	5
4.	4. 3. 08	$\frac{1}{4}$	16 ^{0.7}	10.30	+ 5	+5	3	3.5	3.5	4	4	4.5	4.5	4.5	4.5
5.	5. 3. 08	$\frac{1}{4}$	16 ^{0.7}	10.45	+ 4.5	+4.5	2	3	3.5	4	4	4.5	4.5	4.5	4.5
6.	6. 3. 08	$\frac{1}{4}$	16 ^{0.5}	10.5	+ 3.5	+3.5	2	3	3.5	4	4.5	4.5	5	5	5

Ore 13,56 il manometro si abbassa a mm. 2 sotto lo 0.

Ore 14,,5 è morta ed il manometro ha segnato sempre mm. 2 sotto lo 0. — La cocaina dunque, al pari della pelletierina, ha una influenza spiccatissima sopra lo stato tonico della *Aplysia*: in brevissimo tempo lo abbassa molto al disotto del normale.

III. Morfina.

3. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 10,50 si fa l'iniezione di $\frac{1}{5}$ di c. c. di una soluzione 2% di solfato di morfina.

Ore 10,52 sta in continua contrazione, specialmente col piede.

Ore 11,5 la contrazione del piede è diventata anche più forte.

Ore 11,12 è in stato di fortissima contrazione e va muovendo sempre il piede, il quale è estremamente rigonfio.

Ore 11,20 il piede è sempre molto rigonfio.

Ore 11,21 sta coi quattro tentacoli completamente elevati ed in continuo movimento.

Ore 11,32 ha assunto una forma di palla ed è tutta bitorzoluta.

Ore 11,35 toccata, è molto lenta nel retrarsi.

Ore 13 è sempre molto grande, risponde molto tardamente agli stimoli meccanici.

Ore 13,15 stimolando molto forte con stimoli meccanici è capace ancora di retrarsi, però molto limitatamente.

Ore 17 è morta. L'eccitabilità agli stimoli meccanici è andata man mano spegnendosi.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 12 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione di solfato di morfina al 2%.

Ore 12,2 il manometro sale a cm 1.

Ore 12,50 il manometro è di nuovo a 0.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 12,25 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di solfato di morfina.

Ore 12,27 il manometro sala di 1 cm.

Ore 12,30 il manometro è a cm 1,2.

Ore 12,35 il manometro è a 0.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 9,45 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di solfato di morfina.

Ore 10 sta a forma di palla, stimolata risponde pochissimo, presenta molta secrezione di liquido latteo, di quando in quando emette la parte anteriore coi tentacoli.

Ore 10,10 è sempre a forma di palla e di quando emette i tentacoli e li ritrae ritmicamente.

Ore 11,35 ha cominciato ad allungarsi un po' coll'estremo anteriore. La metà anteriore del piede è quasi il doppio del normale, mentre la metà posteriore caudale è ristrettissima

e colle due metà addossate fra di loro. Di quando in quando fa delle contrazioni, ma solamente colla metà anteriore del corpo.

Ore 14,50 è morta ed ha conservato il volume normale.

La morfina dunque, come risulta bene da queste esperienze, nel periodo iniziale è capace di aumentare la pressione interna dell'animale e in un secondo tempo di abbassarla definitivamente. Anche in questo mollusco dunque si verifica l'azione della morfina, come si ha negli altri animali vertebrati e invertebrati, e come io ho avuto occasione di verificare e di controllare più volte: in un primo tempo si ha un'azione eccitante, ed in un secondo tempo un'azione deprimente.

IV. Chinina.

3. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 11,32 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di chinina.

Ore 11,34 le ali sono completamente retratte, si vede molto manifestamente la contrazione del piede, che è però molto retratto e con le due metà addossate quasi completamente fra di loro.

Ore 11,38 ha una consistenza durissima ed è tutta bitorzoluta, ridotta di $\frac{1}{3}$ del volume primitivo.

Ore 13 è sempre molto piccola, raggrinzata, il piede è sempre un po'tozzo, ma non molto. Il volume è ridotto di circa la metà del volume primitivo.

Ore 13,35 è sempre molto rimpiccolita, stimolata meccanicamente non risponde.

Ore 17 è morta. È ridotta di meno che la metà del volume primitivo.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 9,52 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di chinina.

Ore 10,2 ha assunto una forma sferica e, stimolata meccanicamente, non risponde affatto.

Ore 10,10 è sempre sotto una forma sferica durissima e non risponde affatto a qualunque stimolo meccanico venga portato sopra.

Ore 11,35 è sempre molto resistente alla pressione. Comincia a suddividersi in tre lobi e non risponde affatto agli stimoli meccanici.

Ore 11, 5 è morta ed ha conservato la caratteristica forma ora descritta.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 11,43 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di chinina. — Il manometro sale di mm. 2.

Ore 11,44 il manometro sale a mm. 3.

Ore 11,45 il manometro si abbassa a mm. 2.

Ore 11,50 il manometro è a mm. 5.

Ore 12 il manometro è allo 0.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 11,45 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di chinina.

Ore 11,54 il manometro è a mm. 2.

Ore 12 il manometro è a 0.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 11,55 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ c. c. di una soluzione 2% di idroclorato di chinina.

Ore 11,58 il manometro è a mm. 3.

Ore 12 e il manometro è a 0.

Da queste esperienze si conclude, come la chinina abbia la proprietà di fare innalzare il tono della *Aplysia* e che quindi abbia una vera e propria azione eccitante.

V. Curaro.

3. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,5° C.

Ore 11,18 si fa l'iniezione di $\frac{1}{2}$ di c. c. di una soluzione di curaro al 2%. Rilascia quasi subito le ali, ed il piede si chiude quasi completamente, facendo combaciare fra di loro le due metà. Tiene in continuo movimento l'estremo anteriore ed il piede, il resto del corpo è quasi immobile.

Ore 11,32 è tutta bitorzoluta, è durissima al tatto e toccata si ritrae subito.

Ore 13 è sempre molto grande, sotto forma di pallottola, ha una pressione piuttosto forte (6 mm) e risponde molto prontamente ad ogni stimolo meccanico.

Ore 15,15 stimolata muove continuamente le ali ed il piede.

4. 3. 08 — Ore 9,40 sta poggiata sul lato sinistro, muovendo ritmicamente e sincronamente le ali.

Ore 10,10 sta ad ali completamente dilatate, immobile e si vede nettamente la parte superiore del corpo.

Ore 14,55 status idem.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 9,54 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione 2% di curaro.

Ore 10,5 è solcata da 5 profondi solchi trasversali da ambedue i lati e va muovendosi lungo il bacino, stando poggiata sul lato destro.

Ore 10,10 è sempre tutta bitorzoluta, è molto contratta e, giacendo sul lato destro, muove di quando in quando specialmente la regione anteriore coi tentacoli.

Ore 11,35 è divenuta completamente liscia, ed è diminuita molto di volume; quando venga stimolata, va continuamente contraendosi.

Ore 14,50 è sempre nello stesso stato e si sospende l'osservazione.

4. 3. 08 — *Aplysia punctata*. T. 16,2° C.

Ore 14,28 si fa l'iniezione di $\frac{1}{4}$ di c. c. di una soluzione al 2% di curaro. Il manometro è a 0.

- Ore 14,30 il manometro è stazionario a 0.
Ore 14,32 il manometro sale di 2 mm.
Ore 14,35 il manometro sale a 4 mm.
Ore 14,36 il manometro sale a 6 mm.
Ore 14,37 il manometro discende a 1,2 mm.
Ore 14,38 il manometro sta a mm. 1,4. Ha assunto un aspetto bitorzolato.
Ore 14,50 il manometro è a 0. L'Aplysia ha assunto di nuovo l'aspetto normale.

Dunque anche nell'Aplysia il curaro ha senza dubbio una spiccata azione eccitante, che si esplica appena dopo pochi minuti fatta l'iniezione. La stessa azione esplica il curaro, come è stato da me visto, in altri animali invertebrati e vertebrati.

Bibliografia.

- S. Baglioni. *Physiologie des Nervensystems: in Handbuch der vergleichenden Physiologie* Bd. IV. Jena 1910—1911. (Lo schema dato da questo A. del sistema nervoso di Aplysia è sbagliato, perché non vi è indicata la commissura boccale). —
A. Bethe. *Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems*. G. Thieme, Leipzig. 1903. —
W. Biedermann. *Studien zur vergleichenden Physiologie der peristaltischen Bewegungen*. I. Die peristaltischen Bewegungen der Würmer und der Tonus glatter Muskulatur. *Pflügers Archiv* Bd. 102. — 1904. S. 475. — II. Die lokomotorischen Wellen der Schneckensole. *Ibidem* Bd. 107. 1905 S. 1. — III. Die Innervation der Schneckensole. *Ibidem* Bd. 111. 1906. S. 251.
Ch. Bonnet. *Expériences sur la régénération de la tête du Limaçon terrestre* in: *Traité d'Insectologie*. 2 Vols. Paris 1740—1781 p. 246—283.
F. Bottazzi (in collaborazione con P. Enriques). *Ricerche fisiologiche sul sistema nervoso viscerale delle Aplysiae e di alcuni cefalopodi*. — *Rivista di scienze biologiche* I. 1899 pp. 837—924. —
Phil. Bottazzi. *Zur Physiologie der periösophagealen Ganglien von Aplysia limacina*. *Zeitschrift f. Biologie* Bd. 41. 1901. S. 493. —
I. Chéron. *Der nerfs corrélatif dit antagonistes et du noeud vital dans un groupe d'invertébrés*. *Comptes rendus Acad. de Sciences* T. LXVI. p. 1163—1167. 1868. —
Fischer. *Journal de Conchyologie*. Paris 1857. —
A. Fleischmann. *Die Bewegung des Fußes der Lamellibranchiaten*. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* Bd. 42. 1885 H. 3. S. 367. —
Friedländer. *Beiträge zur Physiologie des Zentralnervensystems und des Bewegungsmechanismus der Regenwürmer*. *Pflügers Archiv* Bd. 58. S. 168. 1894. —
F. W. Fröhlich. *Experimentelle Studien am Nervensystem der Mollusken*. 9. Das Sauerstoffbedürfnis des Nervensystems von Aplysia limacina. *Zeitschrift für allgemeine Physiologie*, XI. Bd. 1910. S. 121—140. 10. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung in den Flügel-nerven von Aplysia limacina. *Ibidem* XI. Bd. 1910. S. 141—144.
V. Graber. *Über die Empfindlichkeit einiger Meertiere gegen Riechstoffe*. *Biolog. Centralbl.* Bd. 8.
Heymans. *Exposé de l'état actuel de nos connaissances et observations personnelles sur la terminaison des nerfs dans les muscles lisses de la sangsue, etc.* *Mém. d'Anatomie générale*. Bruxelles 1889. —

- F. B. Hoffmann.** Histologische Untersuchungen über die Innervation der glatten und der ihr verwandten Muskulatur der Wirbeltiere und Mollusken. Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 70. S. 361. —
- F. B. Hoffmann.** Gibt es in der Muskulatur der Mollusken periphere kontinuierlich leitende Nervenetze bei Abwesenheit von Ganglienzellen? I. Mitteilung. Untersuchungen an Cephalopoden. Pflügers Archiv f. Physiologie, Bd. 118. S. 375.
- F. B. Hoffmann.** Über einen peripheren Tonus der Cephalopoden—Chromatophoren und über ihre Beeinflussung durch Gifte. Pflügers Archiv f. Physiologie, Bd. 118, S. 413.
- F. B. Hoffmann.** Gibt es in der Muskulatur der Mollusken periphere, kontinuierlich leitende Nervenetze bei Abwesenheit von Ganglienzellen? II. Mitteilung. Weitere Untersuchungen an den Chromatophoren der Cephalopoden. Innervation der Mantellappen von Aplysia. Pflügers Archiv f. Physiologie, Bd. 132, S. 43—81, 1910. —
- E. Jendrassik.** Allgemeine Betrachtungen über das Wesen und die Funktionen des vegetativen Nervensystems. Virchow's Archiv, Band CXLV, 1896, S. 427. —
- F. Jolyet et J. Sellier.** Contributions à l'étude de la Physiologie comparée de la contraction musculaire chez les animaux invertébrés. Travaux d'Arcachon 1899, p. 49. —
- H. Jordan.** Die Leistungen des Centralnervensystems bei den Schnecken. Biologisches Centralblatt, Bd. 26, S. 124. —
- H. Jordan.** Die Physiologie der Locomotion bei Aplysia limacina. Zeitschrift f. Biologie, Bd. 41, S. 196—238, 1901.
- H. Jordan.** Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems bei Pulmonaten. I. Einleitung. Der Tonus. Hypothetische Basis dieser Untersuchungen. Pflügers Archiv, Bd. 106, S. 189—228. 1904—05. II. Tonus und Erregbarkeit. Die regulierende Funktion der Cerebralganglien. Ibidem, Bd. 110, S. 533—597.
- Jourdain.** Bruit particulier produit par les Gastéropodes pulmonés C. R. Soc. Biol., 20 avril 1901. Vol. 53, 1901 p. 406.
- Jousseume.** Locomotion des mollusques pulmonés. Bulletin Soc. Zoologique de France. Séances, 25. Maj 1909, p. 108.
- Kefersstein.** Weichtiere in: Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches. Bd. 3, 2. Abt., 1862—66.
- Krukenberg.** Adriatica p. 88.
- K. Künkel.** Zur Lokomotion unserer Nacktschnecken. Zool. Anzeiger, Bd. 26. S. 560—566. 1903.
- K. Künkel.** Zur Biologie des Limax variegatus. Zool. Anzeiger, Bd. 27. S. 571—578. 1904.
- H. de Lacaze-Duthiers.** Les ganglions dit palléaux et les stomato-gastriques de quelques gastéropodes. Arch. de zool. expér. (3e) VI, 331. 1898—99.
- J. Loeb.** Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie, mit besonderer Berücksichtigung der wirbellosen Tiere. Leipzig. J. A. Barth 1899.
- G. Mazzarelli.** Monografia delle Aplysiidae del golfo di Napoli. Memorie della società italiana delle Scienze dei XL. Tomo IX. Ser. 3a, No. 4. 1893.
- G. Mazzarelli.** Nota sulla morfologia dei Gasteropodi tectibranchi. Biologisches Centralblatt, Bd. XIX, p. 497, u. 615.
- De Nabias.** Recherches sur le Système nerveux des Gasteropodes pulmonés aquatiques. Travaux d'Arcachon 3. 1898, p. 43.
- P. Pelseneer.** Introduction à l'étude des mollusques. Ann. de la Soc. Roy. malacologique de Belgique. Tome XXVII. 1892.
- P. Pelseneer.** Recherches sur divers Opisthobranches. Mém. cour. de l'Acad. Roy. de Belgique. Vol. 53, 1—157. 1893—94.

- L. Petit.** Sur les mouvements de rotation provoqués par la lésion des ganglions sous-oesophagiens chez l'escargot. Compt. rend. Ac. Sciences T. CVI. p. 1809—1888.
- O. Polimanti.** Contributi alla fisiologia del baco da seta. Scansano 1906. — Contributions à la physiologie de la larve du ver à soie (*Bombyx mori*). Archives italiennes de Biologie. T. XLVII—1907 p. 341—372.
- O. Polimanti.** Beitrag zur Physiologie der Varolsbrücke (*Pons Varolii*) und der Vierhügel (*Corpora bigemina*). Archiv f. (Anatomie und) Physiologie 1908. S. 271—312.
- O. Polimanti.** Contributi alla fisiologia del movimento e del sistema nervoso degli animali inferiori. (III) Heteropoda-Pteropoda. Zeitschrift f. allg. Physiologie XII. Band, S. 379—406.
- O. Polimanti.** Beiträge zur Physiologie des Nervensystems und der Bewegung bei den niederen Tieren. II. *Ciona intestinalis* L. Archiv f. (Anatomie und) Physiologie. Suppl. Band 1910, S. 39—152.
- O. Polimanti.** Contributi alla fisiologia del Sistema nervoso centrale e del movimento dei pesci. I. Selacoidei II. Batoidei III. Teleostei. Zoologische Jahrbücher. Abt. f. allg. Zoologie u. Physiologie d. Tiere, Bd. XXX—XXXII.
- K. Schönlein.** Über das Herz von *Aplysia limacina*. Zeitschrift für Biologie. Band XXX, S. 187—220. 1894.
- K. Schönlein.** Über Säureaktion bei Schnecken. II. Über die Einwirkung der Wärme auf den Tonus der Muskeln von Schnecken und Holothurien. Zeitschr. f. Biol., Bd. 36, S. 523—548.
- H. Simroth.** Die Tätigkeit der willkürlichen Muskulatur unserer Landschnecken. Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. XXX, Supplement Band 1878, S. 166.
- H. Simroth.** Die Bewegung unserer Landnachtschnecken, hauptsächlich erörtert an der Sohle des *Limax cinereoniger* Wolf. Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. 32. 1879. H. 4. S. 284.
- I. Steiner.** Die Funktionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese. III. Abteilung. Die Wirbellosen. Braunschweig 1898.
- J. von Uexküll.** Die Physiologie des Seeigelstachels. Zeitschr. f. Biol., Bd. 39. 1900. S. 73—112.
- J. von Uexküll.** Leitfaden in das Studium der experimentellen Biologie der Wassertiere. Wiesbaden. J. F. Bergmann. 1905.
- E. Yung.** Contributions à l'histoire physiologique de l'escargot. (*Helix pomatia*.) Bruxelles 1887—1888. Mem. cour. de l'acad. Roy. de Belgique, XLIX, 1—116.
- A. Vayssière.** Atlas de l'Anatomie comparée des Invertébrés. Paris 1890.
- A. Vulpian.** Leçons sur la Physiologie générale et comparée du système nerveux. Paris 1866.
- 

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [78A_5](#)

Autor(en)/Author(s): Polimanti Osvaldo

Artikel/Article: [Contributi alla Fisiologia del movimento e del sistema nervoso degli animali inferiori. \(V.\) 190-231](#)